

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

4(18)/2021



ISSN-2181-9211



MUHAMMAD AL-XORAZMIY AVLODLARI

ILMIY-AMALIY VA AXBOROT-TAHLILY JURNALI

DESCENDANTS OF MUHAMMAD AL-KHWARIZMI
SCIENTIFIC-PRACTICAL AND INFORMATION-ANALYTICAL JOURNAL



МУҲАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ АВЛОДЛАРИ

Илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал
2017 йилда таъсис этилган

4(18)/2021

ТАХРИРИЯТ КЕНГАШИ АЪЗОЛАРИ		МУНДАРИЖА	
Махкамов Б.Ш.	– Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети (ТАТУ) ректори, Таҳририят кенгаши раиси	ДАСТУРИЙ ВА КОМПЬЮТЕР ИНЖИНИРИНГ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ ЗАМОНАВИЙ МУАММОЛАРИ	
Садуллаева Ш.А.	– ТАТУ ўқув ишлари бўйича биринчи проректор, Таҳририят кенгаши раиси ўринбосари	Mo'minov B.B., Muhamadiyev S.I. Dasturlarni sintaktik tahlil qilishda hosil qiluvchi gramatikalar usuli.	3
Ташев К.А.	– ТАТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори, Таҳрир кенгаши раиси ўринбосари	Джаналилов Ш.Ў., Тошматов М.З. “ТОЖМОТ” компьютер ўйинининг сунъий интеллект алгоритми	9
Носиров Х.Х.	– Ph.D., доц. бош муҳаррир	Ганиев А.А., Мавлонов О.Н., Юсупов Р.З. Файл тизимида ахборотларни стеганографик яшириш имкониятларининг таҳлили	14
Рахимов Б.Н.	– т.ф.д., проф. бош муҳаррир ўринбосари	Kuchkorov T.A., Ochilov T.D. Tasvirlarni segmentlashning chuqur o'qitishga asoslangan arxitektura va algoritmlari	22
Муҳаррирлар:		Seitnazarov K.K., Aytanov A.Q. Geoaxborot tizimlarida turli xil ma'lumotlarni jarayon oldi qayta ishlash	29
Камилов М.М.	– т.ф.д., проф., акад.	Kaxarov Sh.S., O'rinov E.M. Shaxsni yuz tasviri orqali identifikatsiyalashda ko'p pog'onali biometrik tizim qurish masalasi va yechimlari	32
Мусаев М.М.	– т.ф.д., проф.	Иргашева Д.Я., Агзамова М.Ш. Исследование многоэтапной системы анализа трафика локальной беспроводной сети на основе методов машинного обучения в задаче обнаружения вторжений	36
Арипов Х.К.	– ф.-м.ф.д., проф.	ОПТИК АЛОҚА ТИЗИМЛАРИ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТАРМОҚЛАРИ ВА КОММУТАЦИЯ ТИЗИМЛАРИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ТАМОЙИЛЛАРИ	
Абдурахмонов К.П.	– ф.-м.ф.д., проф.	Рахимов Б.Н., Бердиев А.А., Мирсагдиев О.А. Анализ физических принципов функционирования волоконно-оптических датчиков в зависимости от изменяемого свойства света	43
Ганиев С.К.	– т.ф.д., проф.	Давронбеков Д., Мухаммадиев Ж., Мадаминов Х., Файзуллаева Б. Экспериментальная установка для исследования однонаправленного распространения оптических сигналов в оптическом волокне.	52
Жуманов Ж.Х.	– т.ф.д., проф.	Хужаматов Х.Э., Ахмедов Н.М., Лазарев А.П., Кудратхонова М.К. Беспроводные персональные сети как средства реализации решений умного города	56
Мухамедиева Д.Т.	– т.ф.д., проф.	Normatova D.T. Abonent kirish tarmog'ining o'tkazish qobiliyatini oshirish usullari	66
Исаев Р.И.	– т.ф.н., проф.	Нурматова С.Б. Модель управления перегрузкой в подсистеме IMS	70
Юсупов А.	– ф.-м.ф.д., проф.	Якубова М.З., Мананкова О.А., Якубов Б.М. Разработка и исследование модели беспроводной сети на основе программной IP PBX ASTERISK и анализе безопасности	73
Якубова М.З.	– академик (Қозоғистон)	Музафаров Ф.А. Симсиз сенсор тармоғида тугунларни жойлаштиришнинг математик модели	78
Халиков А.А.	– т.ф.д., проф. (ТГЙТМИ)	РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ВА РАДИОЭШИТТИРИШ, СИМСИЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА РАДИОТЕХНИКАНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ	
Назаров А.М.	– т.ф.д., проф. (ТДТУ)	Давронбеков Д.А., Фозилжонов Х.И., Фозилжанов И.Р. Исследование спектра побочных электромагнитных излучений видео интерфейса DVI	84
Рахимов Н.Р.	– профессор (Россия)	Nosirov Kh.Kh., Arabboev M.M., Begmatov Sh.A. Development of a multi-parametric monitoring wearable device for human health using wireless technology	93
Жмуд В.А.	– профессор (Россия)		
Miroslav Skoric	– профессор (Австрия)		
Dzhurakhalov A.	– профессор (Белгия)		
Abrafov S.M.	– профессор (Канада)		
Siddikov B.	– профессор (АҚШ)		
Куатакуа К.	– профессор (Австрия)		
Chedjou J.Ch.	– профессор (Австрия)		
Давронбеков Д.А.	– т.ф.д., доц.		
Анарова Ш.А.	– т.ф.д., доц.		
Писецкий Ю.В.	– т.ф.д., доц.		
Нишонов А.Х.	– т.ф.д., доц.		
Муминов Б.Б.	– т.ф.д., доц.		
Рахимов Н.О.	– т.ф.д., доц. (ЎзМУЖФ)		
Амирсaidов У.Б.	– т.ф.д., доц.		
Керимов К.Ф.	– т.ф.д., доц.		
Гаврилов И.А.	– т.ф.н., доц.		
Губенко В.А.	– т.ф.н., доц.		
Тўраев Ш.Ш.	– и.ф.н., доц.		
Шахобиддинов А.Ш.	– Ph.D		
Мадаминов Х.Х.	– Ph.D		
Худайбергенов Т.А.	– Ph.D, доц		
Рўзиев О.Б.	– Ph.D, доц		
Яхшибаев Д.С.	– Ph.D, доц.		
Мирсагдиев О.А.	– Ph.D, доц		
Пузий А.Н.	– Ph.D		
Бердиев А.А.	– бош муҳаррир ёрдамчиси		
Араббоев М.М.	– техник муҳаррир		

Муассис:

*Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги
Тошкент ахборот технологиялари
университети*

Манзил:

*100084, Ўзбекистон, Тошкент ш., Амир
Темур кўчаси, 108
Телефон: 71 238-64-38;
e-mail: alxorazmiy@tuit.uz
Журнал сайти: <http://alxorazmiy.uz>*

Босишига рухсат этилди:

Қоғоз бичими 60x84 1/8

Босма табоғи 15,5. Адади 100 нусха

Буюртма рақами №195 “Фан ва технологиялар

Марказининг босмахонаси”да чоп этилди

Тошкент шаҳри Олмазор кўчаси, 171.

*Журнал Ўзбекистон Матбуот ва ахборот
агентлигида 2017 йил 22 июнда 0921 рақами*

билан рўйхатдан ўтган.

Журнал йилда 4 мартаба

(ҳар чоракда) чоп этилади

ISBN 978–9943–11–665–8

Султонова М. Сети Fronthaul network на основе ООСП	97
Boltayev S.T., Mirsagdiyev O.A., Valiyev S.I., Kasimova Q.A. Turli toifadagi poyezdlar uchun temir yo‘l stansiyalarida marshrutlarni tayyorlash uslubiyati	102
Бимурзаев Г.А., Рахимов Б.Н., Хушвактов С.Х. Бердиев А.А., Батгалова А.В. Методы проведения измерений и выполнение экспериментальных исследований устройства радиомониторинга земного грунта	109
Азизов А.Р., Аметова Э.К., Юлдашев Ш.М. Практическая реализация метода оптимального выбора частоты дискретизации аналогового сигнала в условиях железнодорожной автоматики и телемеханики	114
Yusupov Ya.T. Yaqin masofa qidirib topish radiotexnik qurilmalari yordamida Gauss shovqini fonidagi tasodifiy signallarni aniqlash va farqlash	117
“ЭЛЕКТРОН ҲУКУМАТ” ТИЗИМИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ	
Саидрасулов Ш.Н. Электрон ҳукумат тизимида жисмоний ва юридик шахсларнинг матнли мувожаатларини автоматик қайта ишлаш масаласи	121
ЎЗБЕКИСТОНДА АХБОРОТЛАШГАН ЖАМИЯТ РИВОЖЛАНИШИНИНГ ИҚТИСОДИЙ МАСАЛАЛАРИ	
Каримжонова М., Жуманова Г. Кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш ва рақамли иқтисодиёт	125
Baltaev R.D., Maksudov M.M., Hakimova M.T., Rahmanov F.SH. Raqamlashtirish jarayonida katta hajmdagi ma’lumotlar (Big data) bilan ishlashning asosiy texnologiyalarining tahlili	131
ИЛМІЙ АХБОРОТЛАР	
Axatov A.R., Rashidov A.E. Big Data va unig turli sohalardagi tadbiqu	135
Sarbolayev F.N., Usmanov K.I., Islomova F.K. Davriy rejimda ishlovchi kimyoviy reaktorning avtomatik boshqarish tizimini shakllantirish	145
Садиков А.Н., Арипов Н.М. Алгоритмы субоптимальной фильтрации при наличии отказов в канале измерения в системах контроля рельсовых линий	149
Парсиев С.С., Бадалов Ж. И., Аденов Б.Э. Оптимальное распределения нагрузки по инфокоммуникационным узлам	158

UDK: 556.3: 004 (575.1)

Mo'minov B.B., Muhamadiyev S.I.

Dasturlarni sintaktik tahlil qilishda hosil qiluvchi grammatikalar usuli.

Maqolada leksik tahlil tushunchasi va uning qo'llanilish sohalari, leksik tahlilda sintaktik tahlilning ahamiyati hamda sintaktik tahlilda qo'llaniladigan grammatikalar keltirib o'tilgan. Formal tillarga qo'yilgan talablar, formal tilning formulalari keltirilgan. Formal tillarni sintaktik tahlil qilishda hosil qiluvchi grammatikaning qo'llanilishi keltirilgan. Hosil qiluvchi grammatika, kontekstli grammatika va kontekstdan xoli grammatikalarning bir biridan farqli tomonlari hamda qo'llanilishi keltirilgan. Amallarning assotsiativlik xususiyatini aniqlash, o'ng assotsiativ va chap assotsiativ amallarning tahlili keltirilgan. Amallarning ustunlik darajalari bo'yicha bajarilishini nazorat qilish vositalari yoritilgan.

Tayanch so'zlar: alfavit, leksik tahlil, hosil qiluvchi grammatika, kontekstli grammatika, kontekstdan xoli grammatika, terminal, noterminal, chiqaruv daraxti, assotsiativlik, o'ng va chap assotsiativ amallar.

Axborot texnologiyalari sohasida sintaktik tahlil - bu tilning leksemalari (so'zlar, belgilar)ning chiziqli ketma -ketligini uning rasmiy grammatikasiga moslashtirish jarayonidir. Sintaktik tahlil natijasi odatda tahlil daraxti (sintaksis daraxti) asosida quriladi. Odatda leksik tahlil bilan birgalikda ishlatiladi. Sintaktik tahlilchi (parser) - bu dastur yoki dasturning bir qismi bo'lib, tahlilni amalga oshiradi.

Sintaktik tahlil sintaksisga ega bo'lgan har qanday buyruqni avtomatik tahlil qilishga yordam beradi.

Sintaktik tahlil dasturi quyidagi sohalarda qo'llanilishi mumkin.

Dasturlash tillari- kompilyatsiya jarayonida (kompilyatsiya yoki talqin qilish) dasturlash tillarida yozilgan kodni tahlil qilish;

Strukturalangan ma'lumotlar - ma'lumotlar, ularning tavsifi, dizayni va boshqalar. Masalan, XML, HTML, CSS, INI - fayllar, maxsus konfiguratsiya fayllari va boshqalar;

SQL so'rovlari tili;

matematik ifodalar;

regulyar ifodalar (bu o'z navbatida leksik tahlilni avtomatlashtirish uchun ishlatilishi mumkin);

rasmiy grammatikalar;

Tabiiy tillar. Masalan, mashina tarjimai va boshqa matnli generatorlar.

Dasturlashni o'rganish obyekti sifatida odatda bir necha kategoriyaga bo'linadi. Bu kategoriyalar dasturlashga qaysi nuqtai nazardan qarashga bog'liq. Tuzilmali dasturlash, obyektga mo'ljallangan dasturlash, komponentli dasturlash, Web dasturlash, parallel dasturlash, mantiqiy dasturlash va boshqalar. Bunday nuqtai nazar dasturlash stili, ishlatiladigan dasturlash tili spetsifikasi, qo'llaniladigan texnologiya va matematik apparat va shunga o'xshash faktorlar bo'lishi mumkin. Har qanday dasturlash tilida dasturlar aniq o'rnatilgan qonun-qoidalar va ma'lum kalit so'zlar to'plami yordamida yoziladi. Bu esa dasturni tahlil qilish va baholash imkoniyatini beradi. Dasturlash tillarini leksik tahlil qilishda hosil qiluvchi grammatikadan foydalaniladi.

Umuman aytganda ixtiyoriy tilda (formal yoki tabiiy) tuzilgan gap to'g'ri gap bo'lishi uchun u quyidagi shartlarni qanoatlantirishi kerak:

- Til alfaviti asosida so'z tuzish qoidalari (morfoloqiya, leksika);

- To'g'ri so'zlardan gap tuzilmasini tayyorlash qoidalarini (grammatika, sintaksis);

- Gapga ma'no "berish" qoidalarini (semantika);

Tabiiy tillarda morfologik yoki sintaktik noto'g'ri bo'lgan gapdan ham ma'no chiqarsa bo'ladi, ya'ni, tilini to'la o'rganmasdan bu tilda o'z fikrini bildirishi mumkin. Lekin formal tillarda bunday emas. Sintaktik to'g'ri bo'lmagan dasturni bajarishga hojat yo'q.

Dastur semantikasini aniqlash uchun uning ma'nosini (logikasini) bilish lozim. Quyidagi Java operatorlari o'zaro ekvivalent: mahsulotlarni qo'llanish sohasiga qarab tasniflash mumkin.

1. $oneVar = oneVar + (anotherVar * 12);$

2. $oneVar = oneVar + anotherVar * 12;$

3. $oneVar += anotherVar * 12;$

Dastur sintaksisini tushunish uchun uning grammatik tuzilmasini aniqlash kerak. 2- operatorning grammatik tuzilmasini aniqlash uchun Java tilining grammatik qoidalarini bilishi kerak.

$\langle operator \rangle \rightarrow \dots | \langle qiymat\ berish\ operatori \rangle | \dots;$

$\langle qiymat\ berish\ operatori \rangle \rightarrow \langle chap$

$ifoda \rangle = \langle qiymat\ berish\ operatori \rangle ;$

$\langle qiymat\ berish\ operatori \rangle \rightarrow \langle o'ng\ ifoda \rangle ;$

$\langle chap\ ifoda \rangle \rightarrow \dots | \langle identifikator \rangle ;$

$\langle o'ng\ ifoda \rangle \rightarrow \langle ifoda \rangle ;$

$\langle ifoda \rangle \rightarrow \dots | \langle ifoda \rangle + \langle term \rangle | \langle ifoda \rangle -$

$\langle term \rangle | \langle term \rangle | \dots ;$

$\langle term \rangle \rightarrow \dots | \langle term \rangle * \langle factor \rangle | \langle term \rangle / \langle factor \rangle /$

$\langle factor \rangle | \dots ;$

$\langle factor \rangle \rightarrow \dots | \langle identifikator \rangle | \langle literal \rangle | (ifoda) |$

$\dots ;$

$\langle identifikator \rangle \rightarrow \langle letter \rangle \{ \langle letter \rangle | \langle digit \rangle \} ;$

$\langle literal \rangle \rightarrow \dots | \langle intLiteral \rangle | \dots ;$

$\langle intLiteral \rangle$

\rightarrow

$\dots | [\langle sign \rangle] [0x] \langle digit \rangle \{ \langle digit \rangle [L / l] \} ;$

Bizning qiymat berish operatorimizni yuqoridagi qoidalarini keraklilarini ketma-ket qo'llab, quyidagicha hosil qilinishi mumkin:

$\langle operator \rangle \Rightarrow$

$\langle qiymat\ berish\ operatori \rangle \Rightarrow$

$\langle chap\ ifoda \rangle = \langle o'ng\ ifoda \rangle \Rightarrow$

$\langle identifikator \rangle = \langle o'ng\ ifoda \rangle \Rightarrow$

$oneVar = \langle o'ng\ ifoda \rangle \Rightarrow$

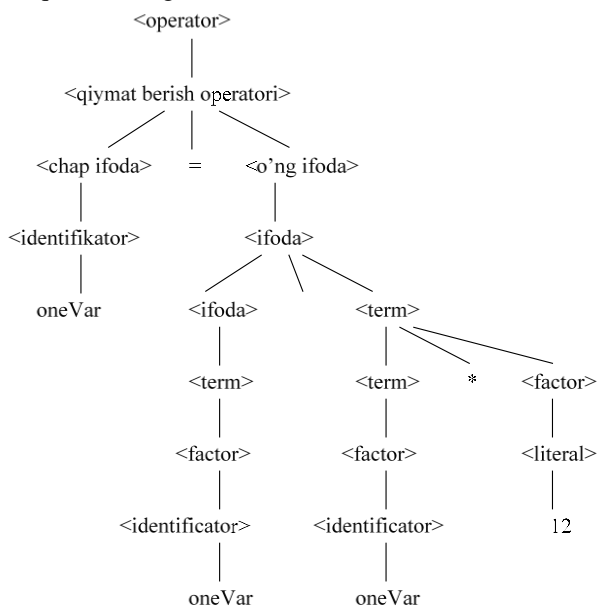
$oneVar = \langle ifoda \rangle \Rightarrow$

$oneVar = \langle ifoda \rangle + \langle term \rangle \Rightarrow$

$oneVar = \langle term \rangle + \langle term \rangle \Rightarrow$

$$\begin{aligned}
 oneVar &= \langle factor \rangle + \langle term \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= \langle identifier \rangle + \langle term \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= oneVar + \langle term \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= oneVar + \langle term \rangle * \langle factor \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= oneVar + \langle factor \rangle * \langle factor \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= oneVar + \langle identifier \rangle * \langle factor \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= oneVar + anotherVar * \langle factor \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= oneVar + anotherVar * \langle literal \rangle \Rightarrow \\
 oneVar &= oneVar + another * 12
 \end{aligned}$$

Yuqorida $\langle identifier \rangle$ dan $oneVar$, $anotherVar$ va $\langle literal \rangle$ dan 12 ni keltirib chiqarish ketma-ketligi aniqlashtirilmagan.



1-rasm. $oneVar = oneVar + another * 12$ ifodaning chiqaruv daraxti.

Hosil qiluvchi grammatika (0-tipli grammatika, generative grammar, rewrite grammar) deb N, Σ - chekli alfavitlar va $N \cap \Sigma = \emptyset$; $P \subset (N \cup \Sigma)^* N (N \cup \Sigma)^* \times (N \cup \Sigma)^*$ va $S \in N$ shartlarni qanoatlantiruvchi $G = (N, \Sigma, P, S)$ to'rtlikka aytiladi.

Bu yerda: N - noterminal simvollar alfaviti;

Σ - terminal simvollar alfaviti;

P - qoidalar (produksiyalar) to'plami

S - bosh noterminal

Agar $(\alpha, \beta) \in P$ bo'lsa α (satr) dan β (satr) kelib chiqadi deyiladi va $\alpha \rightarrow \beta$ deb yoziladi. $\alpha \rightarrow \beta$ - produksiya yoki qoida deb ham ataladi.

Misol uchun $G_1 = (\{A, S\}, \{0, 1\}, \{S \rightarrow 0A1, 0A \rightarrow 00A1, A \rightarrow \varepsilon\}, S)$ grammatika bo'ladi, chunki I, II va III shartlar bajariladi.

Kontekstli grammatika (kontekstga bog'liq grammatika, bevosita tashkil etuvchilar grammatikasi, 1-tipli grammatika, context-sensitive grammar, phrase-structure grammar) deb shunday $G = (N, \Sigma, P, S)$ hosil qiluvchi grammatikaga aytiladiki, unda $\forall p \in P$ qoida $\eta A \theta \rightarrow \eta \alpha \theta$ ko'rinishida bo'ladi, qaysiki, $A \in N$, $\eta \in (N \cup \Sigma)^*$, $\theta \in (N \cup \Sigma)^*$, $\alpha \in (N \cup \Sigma)^*$.

G grammatikada chiqariluvchan satr quyidagicha rekursiv aniqlanadi:

S - bosh noterminal - chiqariluvchan satr.

Agar $\alpha\beta\gamma \in P$ bo'lsa α da chiqariluvchan satr bo'lsa va $\beta \rightarrow \delta \in P$ bo'lsa $\alpha\delta\gamma$ ham G da chiqariluvchan satr.

Agar α satr G da chiqariluvchan satr bo'lib, faqat terminal simvoldan tashkil topgan bo'lsa α G grammatikada chiqariluvchan terminal satr deyiladi.

G grammatikada chiqariluvchan barcha terminal satrlar to'plami G grammatika hosil qiladigan til deb ataladi va $L(G)$ deb belgilanadi.

G grammatikada $\varphi \in (N \cup \Sigma)^*$ satr $\psi \in (N \cup \Sigma)^*$ satrni bevosita chiqaradi (hosil qiladi) deyiladi va $\varphi \Rightarrow \psi$ deb belgilanadi, agar $\varphi = \alpha\beta\gamma$, $\psi = \alpha\delta\gamma$ bo'lib, $\beta \rightarrow \delta \in P$ bo'lsa.

Bevosita chiqarish - \Rightarrow munosabatning tranzitiv tutashmasini \Rightarrow^* bilan belgilaymiz. Shunda

$$L(G) = \{\omega \mid \omega \in \Sigma^*, S \Rightarrow^* \omega\}$$

Misol sifatida G_1 grammatikada bevosita chiqarishlarning quyidagi ketma-ketligini ko'ramiz: $S \Rightarrow 0A1 \Rightarrow 00A11 \Rightarrow 0011$. Bundan: $0011 \in L(G_1)$ kelib chiqadi.

Yuqorida ko'rsatilgan bevosita chiqarishlar ketma-ketligi G grammatikadagi chiqarish deb ham ataladi. $L(G_1) = \{0^n 1^n \mid n \geq 1\}$ ekanligini ko'rsatish mumkin.

P qoidalar to'plamida $\alpha \rightarrow \beta_1, \alpha \rightarrow \beta_2, \dots, \alpha \rightarrow \beta_n$ qoidalar mavjud bo'lsa ularni qisqartirib $\alpha \rightarrow \beta_1 | \beta_2 | \dots | \beta_n$ deb yozish mumkin.

Misol uchun G_2 grammatikani quyidagicha aniqlaymiz:

$$P = \{S \rightarrow aSBC \mid aBC, CB \rightarrow BC, aB \rightarrow ab, bB \rightarrow bb, bC \rightarrow bc, cC \rightarrow cc\}$$

$$N = \{S, A, B, C\}, \Sigma = \{a, b, c\}, S \text{- bosh noterminal.}$$

G_1 grammatikada quyidagi chiqarish mavjud:

$$S \Rightarrow aSBC \Rightarrow aaBCBC \Rightarrow aabCBC \Rightarrow aabBCC \Rightarrow aabb$$

$$CC \Rightarrow aabbCC \Rightarrow aabbcC \Rightarrow aabbbc$$

$$L(G_2) = \{a^n b^n c^n \mid n \geq 1\}$$
 ekanligini ko'rish mumkin.

Agar berilgan G_a va G_b grammatikalar uchun $L(G_a) = L(G_b)$ bo'lsa G_a va G_b grammatikalar o'zaro ekvivalent deb ataladi.

Masalan, $N = \{S, A, B\}$, $\Sigma = \{a, b, c\}$ alfavitlar uchun:

$$G_3 = (N, \Sigma, \{S \rightarrow aA|bB|a|b, A \rightarrow aA|a, B \rightarrow bB|b\}, S)$$

grammatika va $G_4 = (N, \Sigma, \{S \rightarrow A|B, A \rightarrow aA|a, B \rightarrow bB|b\}, S)$ grammatika o'zaro ekvivalent

Ko'pchilik dasturlash tillarining asosiy sintaktik tushunchalari formal ta'rif shunday grammatika bilan beriladiki, bu grammatika qoidalari to'plamidagi har bir qoidaning chap tomonida faqat bitta noterminal ishlatiladi. Bunday grammatika - kontekstdan xoli grammatika, u aniqlaydigan til esa kontekstdan xoli til deb ataladi. Kontekstdan holi grammatika formal quyidagicha ta'riflanadi:

Kontekstdan holi grammatika (kontekstsiz, 2-tipli grammatika, context-free grammar) deb shunday hosil qiluvchi grammatikaga aytiladiki, undagi \forall qoida $A \rightarrow \beta$ ko'rinishida bo'lib, $A \in N$, va $\beta \in (N \cup \Sigma)^*$ bo'lsa.

Masalan, $G = (\{S, A, T, U, V\}, \{a, b\}, P, S)$, qaysiki

$$P = \{S \rightarrow ASTA,$$

$$AT \rightarrow UT,$$

$$S \rightarrow AbA,$$

$$UT \rightarrow UV,$$

$A \rightarrow a,$ $UV \rightarrow TV,$
 $bT \rightarrow bb,$ $TV \rightarrow TA$

kontekstli, ammo kontekstdan xoli grammatika emas, oxirgi beshta qoida kontekstdan xolilik shartini bajarmaydi.

Misol: Kontekstdan holi grammatika bo'lmagan G_1 grammatikaga $G_5 = (\{S\}, \{0,1\}, \{SOS1|01\}, S)$ kontekstdan holi grammatika ekvivalent.

Agar satr chiqarishda doimo eng chap tomondagi noterminal almashtirilsa bunday chiqarish chap chiqarish deb ataladi. Agar doimo eng o'ng tomondagi noterminal simvol almashtirilsa bunday chiqarish – o'ng chiqarish deb ataladi. Masalan,

$G = (\{S, A, B\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AB, A \rightarrow aA|a, B \rightarrow bB|b\}, S)$ grammatikadagi $aaab$ satr uchun

$S \Rightarrow AB \Rightarrow aAB \Rightarrow aaAB \Rightarrow aaaB \Rightarrow aaab$ – chap chiqarish

$S \Rightarrow AB \Rightarrow Ab \Rightarrow aAb \Rightarrow aaAb \Rightarrow aaab$ – o'ng chiqaruv.

G grammatikada bo'sh bo'lmagan chiqariluvchan satrning chiqarilish jarayonini tasvirlovchi tuzilma – bu chiqaruv daraxti. Gohida chiqaruv daraxtini grammatik tahlil daraxti yoki sintaktik daraxt ham deb ataladi. Chiqaruv daraxtining formal tavsifi quyidagicha:

daraxt ildizi boshlang'ich simvol bilan belgilanadi

har bir barg terminal simvol yoki ϵ bilan belgilanadi

Har bir ichki tugun noterminal simvol orqali belgilanadi

Agar A noterminal-ichki tugun bo'lib, X_1, X_2, \dots, X_n shu tugunning chapdan o'ngga qarab o'g'il tugulari bo'lsa, u holda berilgan grammatikada $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$ qoida mavjud. Masalan,

$G_6 = (\{list\}, \{+, -, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}, P_6, list)$, qaysiki:

$P_6 = \{list \rightarrow list + list$

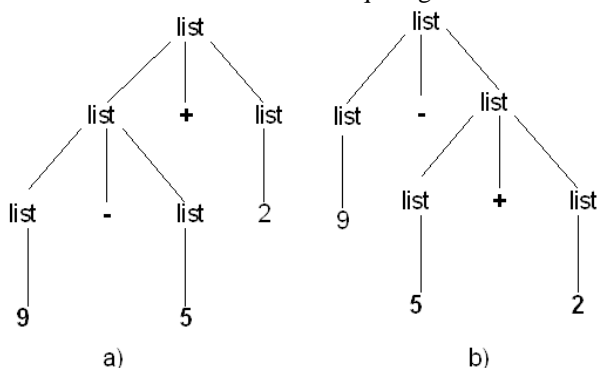
$list \rightarrow list - list$

$list \rightarrow 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9\}$

grammatikada $9-5+2$ ifodaning chiqaruv daraxtlari quyidagicha:

a) daraxt $list \Rightarrow list+list \Rightarrow list-list+list \Rightarrow 9-list+list \Rightarrow 9-5+list \Rightarrow 9-5+2$ chiqaruvga

b) daraxtga esa $list \Rightarrow list-list \Rightarrow 9-list \Rightarrow 9-list+list \Rightarrow 9-5+list \Rightarrow 9-5+2$ chiqaruvga mos keladi.



2-rasm. G_6 -grammatikada $9-5+2$ satri ikkita har xil chiqaruv daraxtlari

Chapdan o'ngga qarab daraxt barglari mos kelgan simvollarni tizib yasalgan satr daraxt uchi deb ataladi.

Chiqaruv daraxti uchi bo'sh noterminaldan chiqariladigan (generatsiya qilinadigan, hosil qilinadigan) satrni ifodalaydi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan har ikkala chiqaruv daraxti uchun daraxt uchi $9-5+2$ satri.

Chiqaruv daraxti qiyidagi prinsipga asosan tabiiy ravishda o'z barglarini chapdan o'ngga tartiblaydi: agar X va Y bitta ota tugunning o'g'il tugunlari bo'lsa va X tugun Y tugundan chapda joylashgan bo'lsa, u holda X tugunning barcha avlodlari Y tugunning avlodlaridan chapda joylashadi.

Kontekstdan holi grammatika tilining yana bir ta'rifi quyidagicha berish mumkin: Kontekstdan holi grammatika tili deb uning barcha chiqaruv daraxtlari tomonidan hosil qilinadigan satrlar to'plamiga aytiladi. Berilgan satr uchun uning chiqaruv daraxtini topish sintaktik tahlil (parsing) deb ataladi.

Kontekstdan holi grammatika tiliga tegishli terminal satr tuzilmasini qarayotgan vaqtda shuni aniqlash mumkinki, satrga bittadan ko'p chiqaruv daraxti mos kelishi mumkin. Bu holda Kontekstdan holi grammatika bir qiymatli emas (ambiguous) deyiladi. Kontekstdan holi grammatika bir qiymatli emasligini bittadan ko'p chiqaruv daraxti mavjud bo'lgan ixtiyoriy bitta Kontekstdan holi grammatika tiliga tegishli satr mavjudligini ko'rsatish bilan isbotlash mumkin.

Masalan, Yuqorida qarab o'tilgan G_6 – bir qiymatli bo'lmagan grammatika, chunki $9-5+2$ satrining ikki xil chiqaruv uchun ikkita har xil chiqaruv daraxti mavjud. Bu grammatikani unga ekvivalent bir qiymatli Kontekstdan holi grammatikaga quyidagicha almashtirish mumkin:

$G_7 = (\{list, digit\}, \{+, -, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}, P_7, list)$, qaysiki:

$P_7 = \{ list \textcircled{R} list + digit$

$list \textcircled{R} list - digit$

$list \textcircled{R} digit$

$digit \textcircled{R} 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9$

$\}$

Bu holda barcha terminal satrlarning har biri uchun satrning har xil chiqaruvlar sonidan qat'iy nazar bitta chiqaruv daraxti mavjud. (3-rasm)

Masalan, Javada metodni chaqirish grammatikasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$G_8 = (N, \Sigma, P_8, call)$, qaysiki:

$N = \{call, optparams, params\};$

$N = \{(\text{), param, id\};$

$P_8 = \{call \textcircled{R} id (optparams)$

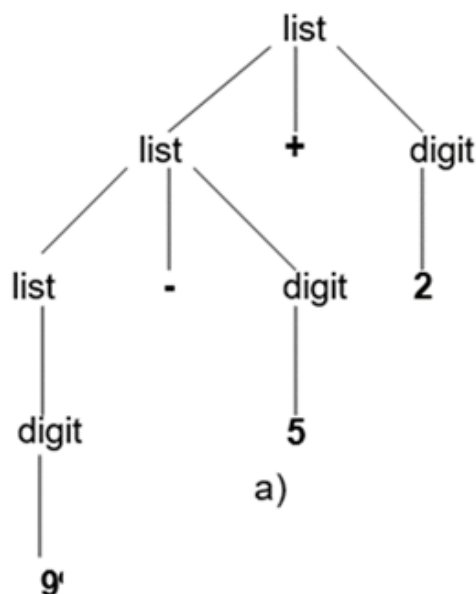
$optparams \textcircled{R} params | \epsilon$

$params \textcircled{R} params, param | param$

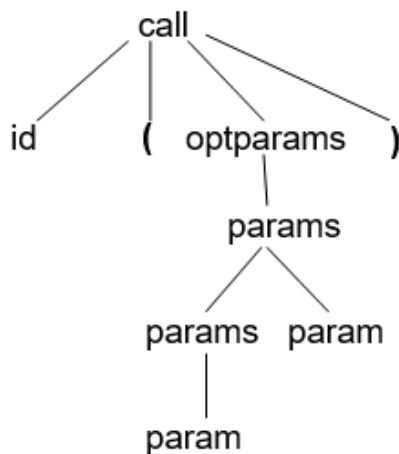
Bu grammatika orqali id (param, param).

Biror bir binar amal \textcircled{R} bilan bog'langan operandlar ketma-ketligini qaraylik : $E = a_1 \textcircled{R} a_2 \textcircled{R} \dots \textcircled{R} a_n$. Bunday ifodaning qiymatini hisoblash uchun \textcircled{R} amalining assotsiativlik xususiyatini aniqlash muhim. Agar $a_1 \textcircled{R}$ chap assotsiativ bo'lsa $E = (\dots((a_1 \textcircled{R} a_2) \textcircled{R} a_2) \dots \textcircled{R} a_n)$, agar o'ng assotsiativ bo'lsa $E = (a_1 \textcircled{R} \dots (a_{n-2} \textcircled{R} (a_{n-1} \textcircled{R} a_n)) \dots)$ bo'ladi. Dasturlash tillarining aksariyatida qo'shish(+), ayirish (-), ko'paytirish(*) va bo'lish (/) amallari chap

assotsiativ, darajaga ko'tarish amali (^) esa o'ng assotsiativdir.



3-rasm. G_7 grammatikada 9-5+2 satri uchun chiqaruv daraxti.



4-rasm. G_8 grammatikada id(param, param) satri uchun chiqaruv daraxti.

C++ va Java tillaridagi qiymat berish amali, masalan, $a=b=c$ o'ng assotsiativ. Qiymat berish amali bu tillarda quyidagi kontekstdan holi grammatikadek aniqlanadi:

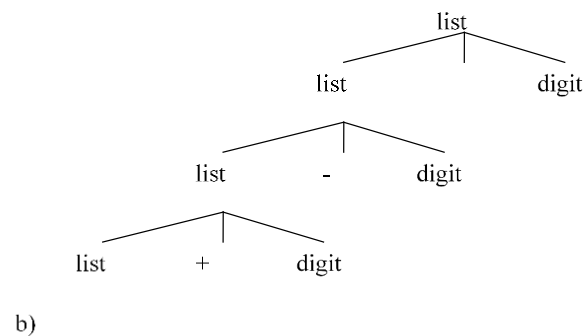
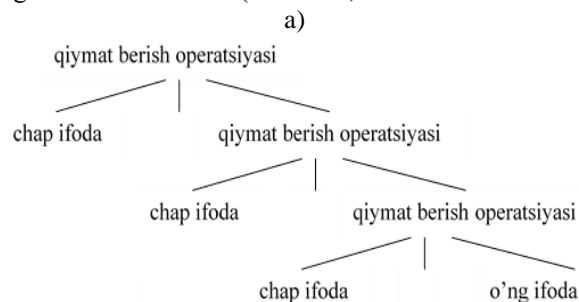
$\langle \text{qiymat berish operatori} \rangle \rightarrow \langle \text{chap ifoda} \rangle = \langle \text{qiymat berish operatori} \rangle$

$\langle \text{qiymat berish operatori} \rangle \rightarrow \langle \text{o'ng ifoda} \rangle$

Bir qiymatli kontekstdan holi grammatikalar uchun chiqaruv daraxti satrning tuzilmasini tavsiflab, unda ishtirok etgan amallarning assotsiativligini ham ko'rsatadi. G_4 grammatika orqali chiqarilgan 9-5+2 satr va chiqaruv daraxtlarida kontekstdan holi grammatika bir qiymatli bo'lmaganligi uchun 5 birinchi daraxtda chap tomondagi ayirish (-) amalida qatnashsa, ikkinchi daraxtda esa o'ng tomondagi qo'shish (+) amalida qatnashadi. Shuning uchun ifodaning qiymati birinchi

holda 6, ikkinchi holda esa 2 ga teng bo'ladi. Bir qiymatli kontekstdan holi grammatika G_9 da esa 5 doimo chap tomondagi ayirish(-) amalida qatnashib, ifodaning qiymati doimo 6 ga teng bo'ladi.

Chap assotsiativlikka ega bo'lgan amal ishtirok etgan ifoda chiqaruv daraxti yuqoridan pastga chap tomonlama o'ssa (5-rasm a.), o'ng assotsiativ amal ishtirok etgan ifoda chiqaruv daraxti yuqoridan pastga o'g tomonlama o'sadi. (5-rasm b.)



5-rasm. O'ng assotsiativ va chap assotsiativ amallar

Faraz qilaylik bir xil assotsiativiyaga ega bo'lgan \otimes va \odot amallar bilan bog'langan operandlar ketma-ketligi $E = a_1 \otimes a_2 \odot \dots \otimes a_n$ berilgan bo'lsin. Bunday ifodaning qiymatini hisoblash uchun \otimes va \odot amallarning qaysi biri yuqori ustunlik darajaga ega ekanligini aniqlash muhim. Agar \otimes yuqori ustunlik darajaga ega bo'lsa oldin shu amal bajarilishi, aks holda \odot amali bajarilishi kerak. Dasturlash tillarida qo'shish (+) va ayirish (-) bir xil ustunlik darajaga ega. Xuddi shunday ko'paytirish (*) va bo'lish (/) amallari ham bir xil ustunlik darajaga ega, lekin ko'paytirish (*) va bo'lish (/) amallarining ustunlik darajalari qo'shish (+) va ayirish (-) amallarining ustunlik darajalaridan yuqori.

Kontekstdan holi grammatika va uning chiqaruv daraxti satr tuzilmasida amallarning ustunlik darajalarini ham tavsiflaydi.

Masalan, $G_9 = (\{\text{expr, term, factor}\} \{+, -, *, /, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}, P_9, \text{expr})$.

Bu yerda: $P_9 = \{\text{yexrr} \rightarrow \text{yexrr} + \text{term} \mid \text{yexrr} - \text{term} \mid \text{term},$

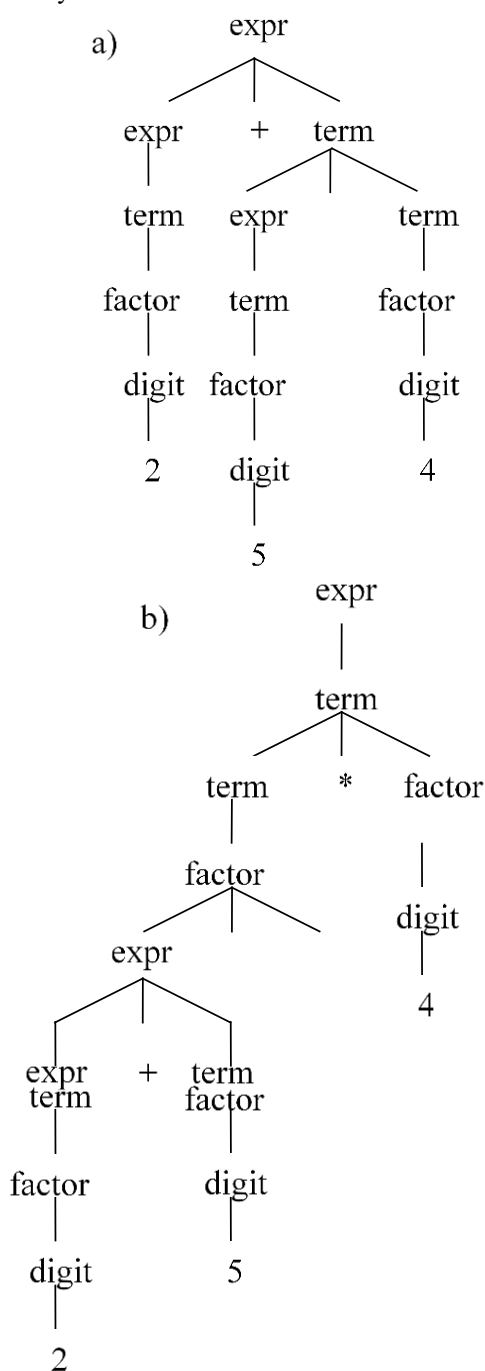
$\text{term} \rightarrow \text{term} * \text{factor} \mid \text{term} / \text{factor} \mid \text{factor},$

$\text{factor} \rightarrow \text{digit} \mid (\text{expr})$

$\text{digit} \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9 \}$

Bu grammatika orqali 2+5*4 ifodada oldin 5*4 bajariladi (6-rasm a.). Agar 2+5 oldin bajarilishi kerak bo'lsa u albatta (2+5)*4 shaklida yozilishi kerak (6-rasm.

b.), ya'ni ustunlik darajalari buzilgan ifoda yasab bo'lmaydi.



6-rasm. Amallarning ustunlik darajalariga ko'ra bajarilishi.

Dasturlash tillari grammatikalari asosan dastur instruktsiyalarining birinchi simvollarini kalit so'z yoki maxsus simvol bo'ladigan qilib yasaladi. Bu qoidadan ko'pincha dasturostini chaqirish chetda qoladi, qaysiki identifikator va ochiluvchi qavs ketma ketligi orqali aniqlanadi.

Quyidagi bir qiymatli bo'lmagan grammatikaga Java tili korrekt instruktsiyalari to'plamosti soddalashtirilgan qrammatikasi sifatida qarasa bo'ladi

(terminal simvollar burchakli qavslarda (" $\langle \rangle$ ") ko'rsatilgan):

```

<stmt> → <assignment>;
| if ( expr ) <stmt>
| if ( expr ) <stmt> else <stmt>
| while ( expr ) <stmt>
| do stmt while ( expr );
| { <stmts> }
| <call>
<stmts> → <stmts> <stmt>
| ε
<assignment> → id = <assignment>
| id = expr
<call> → id ( <exprs> );
<exprs> → <exprs>, expr
| expr
    
```

<stmts> noterminali bo'sh bo'lishi mumkin bo'lgan operatorlar ketma ketligini yasash uchun mo'ljallangan. Nuqtali vergul (“;”) simbolini o'rnatishda ulaning if, while, va h.k. operatorlaridan keyin ketma-ket kelib qolishini oldini olish uchun u faqat <stmt> noterminali bilan tugamaydigan instruktsiyalar oxirida qo'yilgan.

Xulosa

Bir qiymatli Konteksdan holi grammatikada grammatika tiliga tegishli bo'lgan har bir satr uchun yagona chiqarish daraxti mavjud. Satrning har xil chiqarishlari chiqarich jarayonidagi almashtiriladigan noterminalni tanlanishiga bog'liq. Chap chiqaruv (o'ng chiqaruv) esa satr uchun bitta. Shuning uchun bir qiymatli Konteksdan holi grammatika da har bir chiqaruv daraxti uchun yagona bitta chap (o'ng) chiqaruv mavjud

Foydalanilgan adabiyotlar:

[1]. Толковый словарь по вычислительным системам /Под ред. Б.Иллингворта и др.: Пер с англ. А.К. Белотского и др.: под ред. Э.К.Масловского. – М.: Машиностроение, 1990.-560с.: ил.

[2].Edsger W. Dijkstra. A Discipline of Programming, Prentice Hall, Englewood Cliffs (N.J.), 1976.

[3].C.A.R. Hoare: An Axiomatic Basis for Computer Programming, in Communications of the ACM, vol. 12, no. 10, October 1969, pages 576-580, 583. Reprinted in [Hoare 1989], pages 45-58.

[4].Donald E. Knuth: The Art of Computer Programming, Vol. 3: Sorting and Searching, Addison-Wesley, Menlo Park (Calif.), 1973.

[5].Bertrand Meyer: Object-Oriented Software Construction, Prentice Hall, Hemel Hempstead (U.K.), 1988 (the first edition of the present book).

[6]. Зиглер К. Методы проектирования программных систем: Пер с англ. – М. Мир, 1985. - 328с. ил.

[7]. Ахо Альфред В., Лам Моника С., Сети Рави, Ульман Джеффри Д. Компиляторы. Принципы, технологии и инструментарий. Вильямс, 2016- 1184 с.

[8]. Kleene, S. C, "Representation of events in nerve nets", in [16], pp. 3-40.

[9]. Lesk, M. E., "Lex — a lexical analyzer generator", Computing Science Tech. Report

[10]. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. В 2-х томах. Т1: Синтаксический анализ. –М. Мир. 1978. – 612с.

[11]. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. В 2-х томах. Т2: Компиляция. –М. Мир. 1978. – 488с.

[12]. Пенгус А.Е., Пенгус М.Р. Математическая теория формальных языков. www.intuit.ru

[13]. Реюорд-Смит В.Дж. Теория формальных языков. Вводный курс. Пер. с англ. – М. Радио и связь, 1988. -128с.: ил.

[14]. Daniel Jurafsky, James H. Martin. Speech and Language Processing. An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1999, 975s.

[15]. Хомский Н., Три модели для описания языка, Кибернетический сборник, вып. 2, ИЛ, 1961, 237—266 стр.

[16]. Хомский Н., Синтаксические структуры, сб. «Новое в лингвистике», вып. 2, «Прогресс», 412—527 стр.

Mo‘minov Bahodir Boltayevich

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU

"Informatika asoslari" kafedrasini mudiri, t.f.d., professor.

e-mail: mbbahodir@gmail.com

Muxamadiyev Sanjar Isoyevich

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU

"Informatika asoslari" kafedrasini doktoranti.

e-mail: mrmsi2885@gmail.com

Muminov B.B., Mukhamadiev S.I.

The use of generating grammar in lexical analysis of programs.

The article describes the concept of lexical analysis and its areas of application, the importance of syntactic analysis in lexical analysis as well as the rules used in syntactic analysis. Requirements for formal languages, formulas of formal language are given. In the syntactic analysis of formal languages, the application of formulary grammars are presented. There are different aspects and application of contextual grammar, and non-contextual grammars. The analysis of the right associative and left associative associative operations are presented, determining the associative nature of the associative operations. Means of control over the execution of actions according to the degree of superiority are illuminated.

Keywords: alphabet, parser, lexical analysis, derivation, formal grammar, context free grammar, terminal, nonterminal, parse tree, associative, right and left associative operations.

Джанадилов Ш.Ў., Тошматов М.З.

“ТОЖМОТ” компьютер ўйинининг сунъий интеллект алгоритми

Ушбу мақолада “Тожмот” математик ақл гимнастика ўйинининг келиб чиқиш тарихи, “Тожмот” компьютер ўйинининг инсонга қарши ўйнай олиш сунъий интеллект алгоритмини ишлаб чиқиш жараёнлари ўрганилган. Калит сўзлар: Тожмот, сунъий интеллект, математика, алгоритм.

Бугунги инсонлар ва ахборот-коммуникация технологиялари фаолияти натижасида ҳосил бўлаётган маълумотлар ҳажми, инсонларни ушбу маълумотларни ўзлаштириши, талқин қилиши ва мураккаб қарорларни қабул қилиши қобилиятидан анча устундир. Шу боисдан, катта ҳажмли маълумотларни тўплаш, сақлаш, қайта ишлаш ва тезкор қарорлар қабул қилиш жараёнларини сунъий интеллект асосида амалга оширишга эҳтиёж ортиб бормоқда.

Сунъий интеллект (СИ) - бу тезкор ҳисоблаш муҳитида алгоритмлар яратиш ва қўллаш орқали инсоннинг ақл-идрок жараёнларини тақлид қилиш учун заминдир. Содда қилиб айтганда, сунъий интеллект компьютерларни одам каби ўйлаш ва ечим топишга йўналтирилган технология[1].

Бугунги кунда Ўзбекистонда сунъий интеллектни ривожлантиришга барча тармоқларга кенг жорий этишга катта эътибор қаратилмоқда. Хусусан, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 17 февралдаги “Сунъий интеллект технологияларини жадал жорий этиш учун шарт-шароитлар яратиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4996-сон ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 26 августдаги “Сунъий интеллект технологияларини қўллаш бўйича махсус режимни жорий қилиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-5234-сон қарорлари «Рақамли Ўзбекистон — 2030» Стратегиясига мувофиқ ҳамда сунъий интеллект технологияларини жадал жорий этиш ва уларни мамлакатимизда кенг қўллаш, рақамли маълумотлардан фойдаланиш имкониятини ва уларнинг юқори сифатини таъминлаш, ушбу соҳада малакали кадрлар тайёрлаш учун қулай шарт-шароитлар яратишда муҳим аҳамиятга эга.

Ҳозирги вақтда сунъий интеллект нафақат бизнесда қарорларни қабул қилишнинг асоси ҳисобланади, балки компьютер ўйинларини ишлаб чиқишда ҳам компьютерларни инсонга қарши ўйнашини ташкил этиш учун асос бўлиб, турли компьютер ўйинларида мураккаб ечимлар топишнинг келажаги ҳисобланади. Мисол тариқасида, «крестики-нолики» ўйинида, аксарият одамлар қандай қилиб ютқазмасликни осонлик билан тушуниши мумкин. Ваҳоланки бу ўйинда 255168та ноёб (уникал) ҳаракатлар мавжуд бўлиб, улардан 46080таси дуранг билан тугайди. Шашка ўйинининг буюк чемпиони деб ҳисобланадиган одамлар сони эса анча кам, чунки бу ўйинда 500×10^{18} ёки 500 квинтиллиондан кўп турли потенциал ҳаракатлар мавжуд. Компьютерлар ушбу комбинацияларни ва

ҳаракатларни ҳисоблашда, ҳамда энг яхши ечим топишда ниҳоятда самаралидир[2].

1990 йилларда СИ тараққиётида янги саҳифа очилди. 1997 йилда Deep Blue номли IBM компютери шахмат бўйича жаҳон чемпиони Гарри Каспаровни енгган тарихдаги илк компьютер бўлди.

Миллий Тожмот ўйини ҳам шахматни севган, турнир ва мусобақаларда юқори натижаларга эришган Манолит Тошматов томонидан чуқур таҳлиллар асосида 2012 йилда яратилган, бўлиб, ихтирочи ақл гимнастикаси сифатида шахматдан фарқ қиладиган ўйин яратиш устида узок вақт ишлади. Унинг фикрича яратиладиган ўйин янгича кўринишда, янгича доскада, янгича катакларда, янгича фигураларда, янгича юриш йўналишларида ва турли комбинацияларда юришлар амалга ошириладиган бўлиши керак эди. Ниҳоят 7 йиллик изланишлардан сўнг 2012 йилда “ТОЖМОТ” номли янги ақл гимнастикаси ўйини яратилди.[3]

Тожмот ўйинида рақамлар кўринишидаги фигуралар иштирок этади. Тожмот ўйинидан ташқари ушбу 89 та катакларда оддий шашка ўйинига ўхшаш лекин, шашка ўйинидан юриш йўллари фарқли ва ўзига хос қизиқарли томонларини ўз ичига олган бошқача ўйин услублари ҳам мавжуддир. Тожмот шашкаси 35 та фақат оқ катакларда ўйналади.

Ўйин қоидалари барча ёшдагилар учун содда ва тушунарли қилиб ишлаб чиқилган бўлиб, қуйида келтирилган:

Доска ва фигураларнинг жойлашуви. Ўйин 2 киши томонидан оқ ва қора рангли араб ва рим рақамлари кўринишидаги 18 та ўйин доналари билан уларни суриш орқали ўйналади[4]. Ўйинда катаклар сони 89 та (1-расм).

Доска ичидаги катакларга жойлаштирилган ўйинчи тошлар

1- қаторга-1;

3 - қаторига X-7-X;

4-қаторга 2-5-8-9-6-4-3;

5 - қаторга II-V-VIII-IX-VI-IV-III доналарини жойлаштириш керак.

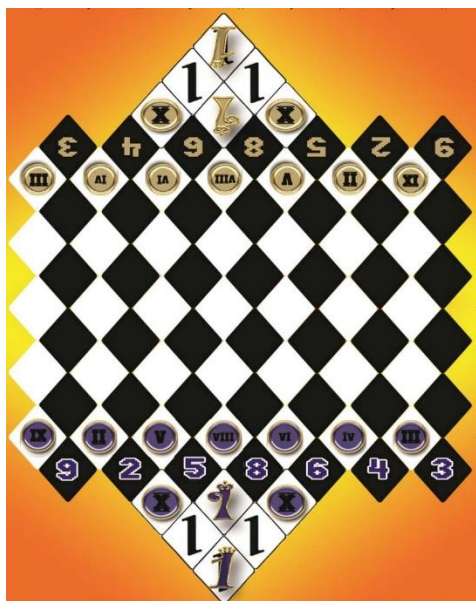
Партияни олиб бориш. Ўйинчилар навбат билан доналарни бир мартадан суриш орқали ўйнашади. Оқ донада ўйнайдиган ўйинчи юришни биринчи бошлайди.

Юриш қондаси. Доналар ўз юриш йўналишларида дуч келиб қолган доналарни олади. Бу ҳаракат фигурани олиш дейилади. Фақатгина 1 рақами олинishi мумкин эмас.

Рим рақамли доналар ўзидан ўнг ёки чап томонда турган қарама-қарши рангли катакка 45 градус остида 1 катак юра олади;

1 рақами катакнинг 8 та томонига 1 катак узокликда юриши мумкин;

2 рақамли дона эса ўзига нисбатан вертикал ва горизонтал жойлашган ўз рангидаги катакка 1 қадам юра олади;



1-расм. Тожмот ўйинининг доскаси ва унда доналарнинг жойлашуви.

3 рақами вертикал ёки горизонтал йўналишда ўз рангида 1 қадам ва қарама қарши рангда 45 градус остида 1 қадам юра олади;

4 рақами ўз рангидаги катаклар бўйича исталган узокликка юра олади;

5 рақами ўз ранги бўйлаб Г ҳарфи шаклида 1 катак горизонтал (вертикал) ва 1 катак вертикал (горизонтал) йўналишда юра олади;

6 рақами вертикал 2 қадам, сўнгра горизонтал 1 қадам юра олади;

7 рақами катакнинг 8 та йўналиши бўйлаб хохлаган томонига тўғри чизик бўйлаб юра олади;

8 рақами 45 градус остида истаган томонига истаган узунликда юриши мумкин;

9 рақами катакнинг 8 та томонига 1 катак узокликда юриши мумкин.

Рим рақамлари доналари қарши томоннинг Х рақамлари турган катакка борганда, ўзига тенг бўлган, Х доналар эса исталган (1 рақамидан ташқари) араб рақамига айланиши мумкин.

Доналар ўз йўналиши бўйича 1 рақамига кишт(тож) бериши мумкин. Кишт берганда 1 рақамининг йўли бошқа рақамлар ёрдамида тўсилиши ёки 1 рақами бошқа катакка юриб ўтиши

мумкин. Хужум қилаётган доналар 1 рақами жойлашган ҳудудга кириши мумкин эмас. 1 рақамининг ҳудуди чегараси доскада аниқ белгиланган. 1 рақамини кишт (тож) бериш орқали бошқа катакларга юриб бўлмайдиган ҳолатга келтирилганда рақиб томон ғалаба қозонган ҳисобланади(мот).

Дуранг. Қуйидаги ҳолларда партия дуранг билан тугайди: Ҳеч кимда ғалаба қозониш имкони қолмаганда (М: доналар етарли бўлмаганда— 1 донаси 1 донасига қарши ва б.); Агар рақибда фақатгина 1 донаси қолган бўлса ва у бошқа катакка тожга тушмасдан юриш имкони бўлмаса. Бу ҳолат пот дейилади.

“Тожмот” ўйинини оммалаштиришда компьютерни инсонга қарши ўйнай олиш имкониятини берувчи сунъий интеллектга асосланган компьютер ўйинини ишлаб чиқиш жуда муҳим ҳисобланади.

Тадқиқотларимиз давомида ишаб чиқилган сунъий интеллектга асосланган “Тожмот” ўйинида компьютернинг инсонга қарши ўйнай олиш алгоритми модуллари 2-расмда тасвирланган.

Ушбу моделда келтирилган модуллар қуйида келтирилган вазифаларни бажаради:

“Бошқарувчи” модули сунъий интеллект томонидан бажариладиган вазифаларни бошқаради ва ҳолатни назорат қилади;

“Дона танлаш” модули инсонга қарши ўйнаш жараёнида компьютер томонидан ўзи учун қайси донани юришини аниқлаштириб беради ва кейинги босқичлар ушбу белгилаб олинган дона ёрдамида амалга оширилади;

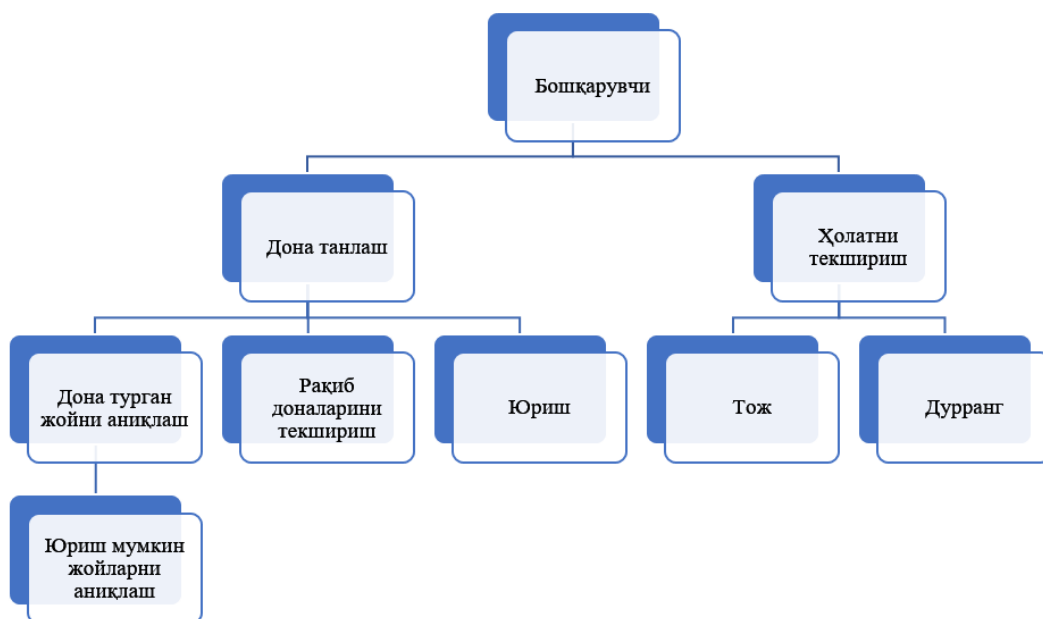
“Ҳолатни текшириш” модулдан ўйинда юриш амалга оширилгандан кейинги ҳолат, Тож қўйилгани, яъни ғолиб ёки мағлуб бўлганлиги ва дуррангни аниқлашда фойдаланилади;

“Дона турган жойни аниқлаш” модули сунъий интеллект томонидан компьютер учун танланган донанинг доскада жойлашган жойи, устун ва қаторини аниқлаб беради;

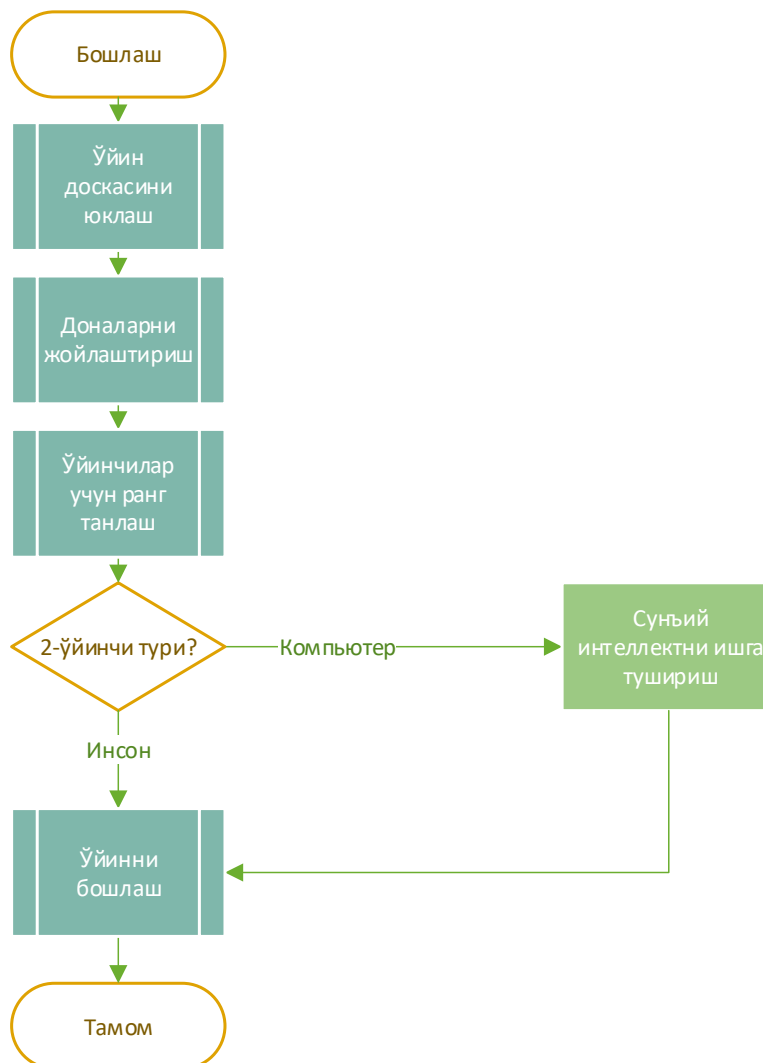
“Юриш мумкин жойларни аниқлаш” модули сунъий интеллект томонидан компьютер учун танланган донанинг юриши мумкин бўлган жойларини аниқлаб беради;

“Рақиб доналарни текшириш” модули сунъий интеллект томонидан компьютер учун танланган дона юришидан олдин уриш мумкин бўлган рақиб доналари жойларини аниқлаб беради;

“Юриш” модули сунъий интеллект томонидан компьютер учун танланган донанинг белгиланган йўналишда юришини таъминлайди;



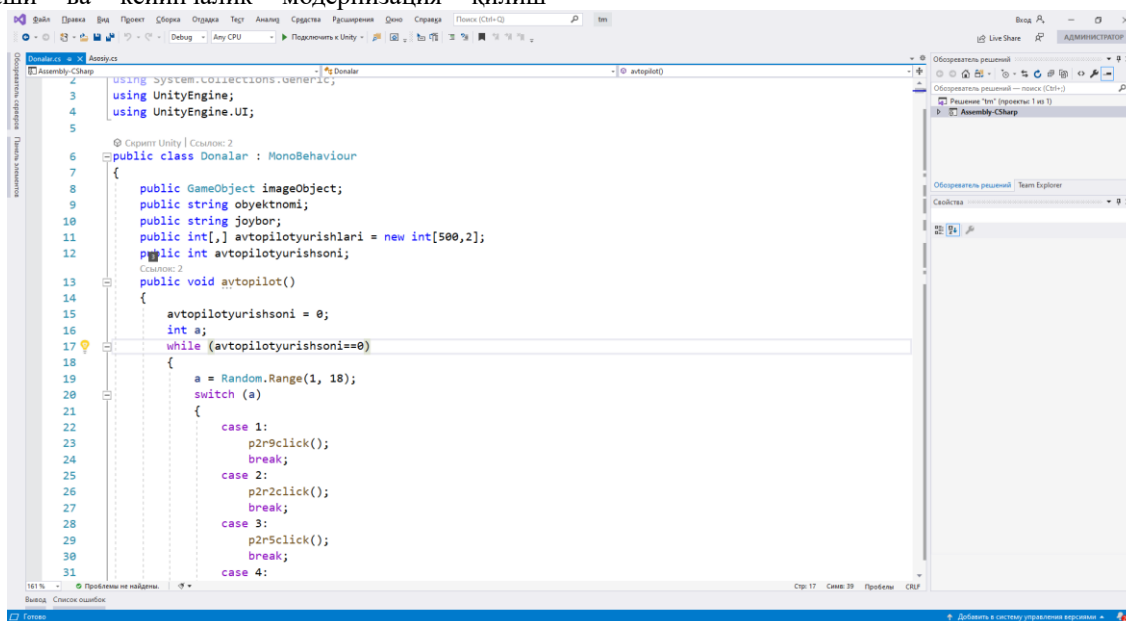
2-расм. Сунъий интеллектга асосланган “Тождот” ўйинининг модели.



3-расм. “Тождот” компьютер ўйинининг “Бошқарувчи” модули алгоритми.

Юқорида келтирилган сунъий интеллектга асосланган “Тожмот” ўйинининг моделида энг асосий ва катта ролни “Бошқарувчи” модули ташкил этади. “Бошқарувчи” модули сунъий интеллект томонидан бажариладиган вазифаларни бошқаради ва ҳолатни назорат қилади. Қолган барча модуллар ушбу “Бошқарувчи” модули орқали бошқарилади. 3-расмда “Тожмот” компьютер ўйинининг “Бошқарувчи” модули алгоритми келтирилган бўлиб, ушбу алгоритмдан кўришимиз мумкинки, “Тожмот” компьютер ўйинида компьютер инсонга қарши ўйнай олиши учун алоҳида “Сунъий интеллектни ишга тушириш” қисм дастурига мурожаат қилади ва бу жараён фақатгина иккинчи ўйинчи сифатида компьютер танлангандагина ишга туширилади.

Ўйин ягона бир мураккаб тизими сифатида ишлаши ва кейинчалик модернизация қилиши



4-расм. “Тожмот” компьютер ўйинининг Unity 3D дастури учун C# тилида ёзилган дастур коди намунаси.

Сунъий интеллект томонидан бажариладиган барча жараёнлар компьютер процессорининг тезлигига асосланган таймер орқали бошқарилганлиги боис инсон ва компьютер бир-бирига қарши ўйнаган вақтда компьютер амалларни жуда катта тезликда бажаради.

Хулоса.

Тадқиқотимиз давомида ишлаб чиқилган алгоритм, “Тожмот” компьютер ўйинининг компьютернинг инсонга қарши ўйнай олиш сунъий интеллектни алгоритми бўлиб, ушбу алгоритм асосида инсонларни бир-бирига қарши ёки компьютерга қарши ўйнаш имконини берувчи шахсий компьютер ва мобил қурилмалар учун дастурий таъминот ишлаб чиқилиши мумкин. Бу эса ўз навбатида, аҳолининг барча қатламини миллий “Тожмот” спорт ўйинини билан шуғулланишга ўргатиш, болаларда ақлий ривожланишни мустаҳкамлаш ҳамда такомиллаштириб бориш учун, ҳамда аҳолининг

жараёнида мураккабликларга дуч келмаслик учун барча модуллар алоҳида қисм дастурлаш шаклида яратилиши ва ўзаро ягона тизим сифатида бирлаштирилиши лозим.

Тадқиқот ишимизда ишлаб чиқилган алгоритм асосида “Тожмот” компьютер ўйинини яратишда Unity3D дастурини ва Visual C# дастурлаш тилидан фойдаланилди. Дастур коди 2 та модулга бўлинган бўлиб, “Асосий” модулда ўйинни ишга тушириш ва бошланғич созуламалар коди киритилди. “Доналар” модулида эса ўйиндаги юришларни бошқариш, ҳар бир доаналар бўйича ҳолатни назорат қилиш, инсонга қарши компьютер ўйнаши учун сунъий интеллект кодлари киритилди. “Тожмот” компьютер ўйинининг Unity 3D дастури учун C# тилида ёзилган дастур коди намунаси 4-расмда келтирилган.

барча қатламини (таълим муассасалари тарбияланувчилари, ўқувчилари ва талабалари, вазирлик, идора, корхона ва ташкилотлар ходимлари, ишлаб чиқариш ва хизмат кўрсатиш соҳасида иш билан банд бўлмаган аҳоли, хорижий фуқаролар) ақлий ривожлантирувчи Тожмот ўйинига қизиқтириш ва ҳеч қандай чекловларсиз ўйнай олиш имкониятини яратиш бўйича янги, замонавий, самарали услуб ҳисобланади.

Фойдаланилган адабиётлар:

Алекс Дж. Шампандар Искусственный интеллект в компьютерных играх // М.: ООО “И.Д.Вильямс”, 2007, 768 с.

Х. Поласиос Unity 5.x. Программирование искусственного интеллекта в играх // М.: ДМК Пресс, 2017, 272 с.

“Тожмот“ ақл гимнастикаси умумтаълим мактабларга ёйилмоқда / Ўзбекистон Республикаси Инновацион ривожланиш вазирлиги расмий веб-

сайти - Тошкент: 04.03.2020. Кириш имконияти ҳавола орқали: <https://mininnovation.uz/uz/news/1833>, очик.

Монолит Тошматов: “Тождот ўйини болларнинг математик қобилиятини ривожлантиради” // Ўзбекистон Республикаси Инновацион ривожланиш вазирлиги расмий веб-сайти - Тошкент: 13.11.2019. Кириш имконияти ҳавола орқали: <https://mininnovation.uz/uz/news/tojmot>, очик.

Джанадилов Ш.Ў. Иқтисодиёт фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), Миллий Тождот Федерацияси раиси

Тошматов М.З. Миллий Тождот Федерацияси

**Djanadilov Sh.O‘., Toshmatov M.Z.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHM
OF TOJMOT COMPUTER GAME**

This article examines the history of the game "Tojmot" mathematical mind gymnastics, the process of developing an artificial intelligence algorithm to play the computer game "Tojmot" against humans.

Keywords: Tojmot, artificial intelligence, mathematics, algorithm.

УДК 004.415

Ганиев А.А., Мавлонов О.Н., Юсупов Р.З.

Файл тизимида ахборотларни стеганографик яшириш имкониятларининг таҳлили

Файлларнинг вақт белгиларини стеганографик канал сифатида ишлатиб махфий ахборотларни файл тизимининг қисмларига яшириш мумкин. Юқори аниқликка эга таймерларга асосланган замонавий операцион тизимларининг вақт белгилари сақланиш ва ишлатилиш жараёнларида информацион узилишлар вужудга келади. Шу жараёнларни ҳисобга олиб маълумотларнинг махфийлигини, ишончилигини ва фойдаланувчанлигини таъминловчи кўп сатхли стеганографик тизимни шакллантиришни амалга оширса бўлади. Қуйида тақдим этилган тизим турли хил файл тўпламларидан иборат миллионлаб файлларга эга NTFS файл тизими ёрдамида назарий ва амалий таҳлилларга кўра баҳоланади. Файл тизимидан оддий фойдаланиш жараёнида ушбу тизим имкониятларини қўллаб яширинган маълумотларни аниқлаб олиш деярли имконсиз. Қолаверса, тақдим этилган усул рақамли криминалистика соҳасида ҳам маълумотларни яшириш ва уларнинг мавжудлигини фош этишда қўлланилиши мумкин.

Калит сўзлар: Стеганография, маълумотларни яшириш, рақамли суд экспертизаси, файл тизими экспертизаси, сақлаш қурилмаси экспертизаси.

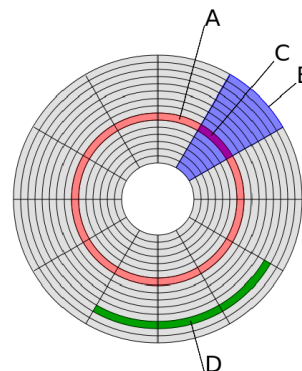
Кириш. Стеганографик усуллар алоқа каналлари орқали ўтадиган ёки сақлаш воситаларида сақланадиган маълумотларнинг мавжудлигини яширишга қодир. Ушбу услублар жуда кўп реал ҳаётий жараёнларда фойдалидир [1], [2].

Рақамли стеганографиянинг сўнгги ютуқлари орасида турли хил файл тизимларининг тузилишидаги имкониятларни ҳисобга олган ҳолда маълумотларни яшириш усулларини алоҳида таъкидлаб ўтиш зарур. Бу усуллар маълумотларни сақлаш воситалари билан бевосита боғланган [3]. Ушбу тадқиқотимизнинг асосий мақсади - кластерли файл тизимларида маълумотларни яшириш усулларининг таҳлилинини ўтказиш, уларнинг имкониятларини тадқиқ қилиш ва маълумотларни стеганографик ҳимоя қилишнинг самарали механизмларини яратишдан иборат. Тадқиқотни амалга оширишда албатта хорижий адабиёт манбаларидан фойдаланамиз.

Тадқиқот адабиётларида кўплаб стеганографик усуллар таклиф қилинган ва улар етарлича таҳлил қилинган. Таҳлилда дастурнинг аниқ ишланмалари бўйича эришилган махфийлик, стеганографик канал ҳажми ва ахборот каналидан фойдаланиш каби мезонларга эътибор қаратилади.

Сақлаш ёки форматга йўналтирилган стеганографик усуллар техник хусусиятларидаги ортиқча ёки ишлатилмайдиган майдонлардан фойдаланиб манتيқий каналларда маълумотларни яширади. Бунга юкланмайдиган қаттиқ дискларнинг асосий юклаш ёзувлари (Master Boot Record, MBR), қаттиқ диск сектори ҳажми ва файллар ҳажмининг нотўғрилиги оқибатида фойдаланилмаган диск майдони киради [4].

Замонавий файл тизимлари файлларни сақлаш қурилмаларига жойлаштиришнинг эскирган усулларидан ташқари қаттиқ диск секторлари кетма-кетлигини қамраб оладиган янги кўплаб операцияларни қўллаб-қувватлайди.



1-расм. Диск тузилиши. А-йўлак; В-геометрик сектор; С-йўлак сектори; D-кластер

Маълумотларни файл тизимларининг метамаълумотлар майдонида яшириш стеганографик файл тизимининг яратилиши билан бошланди. Бу GNU/Linux операцион тизимининг ext2 файл тизимига асосланган StegFS файл тизими эди. Бундан ташқари файл тизимининг ишлаш фаолиятига деярли таъсир кўрсатмайдиган жуда кўп бошқа яширин майдонлар мавжуд. Улар ёрдамида конфиденсиал маълумотларни беркитиш ва мазмуни ҳимоялаш мумкин. Энг кўп фойдаланиладиган яширин майдонларга файлларнинг фойдаланилмайдиган майдонлари (File slack) ва маълумотларнинг муқобил майдонлари яққол мисол бўла олади. Унчалик таниқли бўлмаган майдонларга файл тизимининг келгуси кенгайишлари учун заҳира майдонлари ва вақт белгилари маълумотлар тузилмалари киради. Рақамли суд экспертизаси нуқтаи назаридан ушбу майдонлар шубҳали изларни топишда ҳал қилувчи рол ўйнайди. Қуйида файл тизимининг маълумот яшириш мумкин бўлган баъзи бир майдонларини кўриб ўтамиз:

Маълумотларни “носоз” деб белгиланган кластерларда (Bad clusters) яшириши. Қаттиқ дискда нотўғри ёзилган ёки ўқилмайдиган, оддий ҳолатда

кириш чекланган секторлар “носоз” секторлар деб аталади. NTFS файл тизимининг Master File Table (MFT) қисмида “носоз” кластерлар (\$Badclus) номли рўйхат мавжуд бўлиб, бу рўйхатда дискдаги барча бузилган кластерларнинг рақамлари ёзилган бўлади. Шу рўйхат ёрдамида файл тизими ишламайдиган кластерларга муражаат қилиб ўтирмайди. Яширин ҳужжатларни “носоз” кластерларга гуруҳлаб, маълумотларни яшириш учун шу кластерларнинг кўрсаткичларини \$Badclus рўйхатининг бажарилувчи маълумотлари каторига қўшилади. Бу усулда яширилган маълумотларнинг ҳажми чекланмаган.

Маълумотларни яширишнинг файлларнинг қўшимча кластерлари (Extra cluster of files) усули. Бу усулда маълумотларни яшириш файллар учун мўлжалланган қўшимча кластерлардан фойдаланиш билан боғлиқ. Тасаввур қилайлик, 10752 битга эга бўлган файл берилган бўлсин. NTFS файл тизими ҳар бири 8 сектордан иборат 3 та кластерни файл учун ажратади. Лекин фойдаланувчи маълумотларни яшириш мақсадида кўпроқ кластерларни белгилаши мумкин. Бу махфий маълумотларнинг ҳажмини яшириш билан чекланмайди. Чунки шубҳали маълумотлар фойдаланувчиларнинг эҳтиёжларига қараб файлларнинг ортиқча кластерлари қисми сифатида қаралиши мумкин. Ушбу маълумотлар яшириш усулининг камчиликларидан бири бу сақланган файллар ҳажмини ўзгартириш имкониятининг йўқлигидир. Файллар ҳажмининг ортиши билан яширин маълумотлар йўқолади. Сақланадиган файлларнинг барқарорлиги бу усулнинг энг асосий талабидир. Бу усулни аниқлаш Windows операцион тизимнинг буйруқлар сатрида “chkdsk” буйруғи ёрдамида амалга оширилади.

Файлларнинг фойдаланилмайдиган майдонларида (File Slack Space) маълумотларни яшириш. Файлларнинг фойдаланилмайдиган майдонлари – бу рухсат этилган маълумотлар файлининг охири блоги ва сақлаш учун ажратилган майдоннинг охири орасидаги фарқ ҳисобланади. Windows операцион тизимининг файл тизимларида кластерлар фиксирланаган ҳажмга эга. Одатда кластерлар 4КБ, 8КБ, 16КБ, 32КБ, 64КБ, 128КБ ҳажмларга эга бўлади. Кластер ҳажми аниқланганидан сўнг маълумотларни ўқиш ва ёзиш кластер бўйича амалга оширилади. Мисол учун ҳажми 32КБ ли кластер берилган бўлсин. Файл ҳажми 15КБ бўлса тизим унга 32КБ майдон ажратади. 32КБли майдоннинг файл эгаллаган реал ҳажми 15КБни ташкил этади. Қолган 17КБ майдондан бошқа ҳужжатлар фойдалана олмайди. Бу майдон файлларнинг фойдаланилмайдиган майдонлари деб аталади. Бу майдонларнинг икки хил тури мавжуд: оператив хотирадаги фойдаланилмайдиган майдонлар ва қаттиқ дискдаги фойдаланилмайдиган майдонлар. NTFS файл тизимининг фойдаланилмайдиган майдонларига яширин маълумотларни Slacker.exe дастурий воситасида ёзилади.

Маълумотларнинг муқобил майдонларида маълумотни яшириш (Alternate Data Stream, AltDS) усули. Маълумотни муқобил майдонларда яшириш NTFS файл тизимининг ўзига хос хусусиятларидан биридир. Бу усулда файл тизимини қайта тикламасдан файл механизмига қўшимча атрибут ёки информацияни қўшиш мумкин. Бу усулнинг ишончлилиқ даражаси қолган усулларга қараганда паст ҳисобланади. Чунки AltDS майдонли файллар NTFS файл тизимидан бошқа тизимга ўтказилганда файлларнинг майдонлари автоматик равишда ўчириб юборилади.

Файл тизими асосида маълумотларни яшириш учун “fishy” тизими натижалари ёрдамида ҳозирги кунда энг оммабоп файл тизимлари бўлган NTFS, FAT ва ext4 лар учун маълумотларни яшириш усулларини таҳлил қилиш мумкин. Таҳлил натижалари 1-жадвалда берилган. Жадвалда ✓ белгиси билан белгиланган майдонлар текшириш ўтказилган усулларни, X белгиси билан белгиланган майдонлар ҳали ўрганиш жараёни кечаётганини ва – белгиси билан бу усул бошқа файл тизимларида мавжуд эмаслигини билдириш учун ишлатилган. Бундан ташқари жадвалда яшириш усулларнинг *ҳажми, бардошлилиги ва аниқланиш эҳтимолликлари* ҳам баҳоланган. Охириги устунлардаги X, A ва B ҳарфлари мос равишда яшириш усули *ҳажми (H), аниқланиш эҳтимоллиги (A)* ҳамда *бардошлилигини (B)* тасвирлаш учун ишлатилган (○=паст; ●=ўртача, ●=юқори).

Файл тизимининг техник хусусиятлари маълумотларни тавсифлаш учун қўшимча маълумотлар тузилмаларини (яъни “метамаълумотлар”) асл нусхаси каби кириш ҳуқуқлари ва муҳим файл воқеалари содир бўлган сана ва вақтни аниқлайди

Стеганографик канал сифатида *файл тизимининг вақт белгиларини* қўллаш куйидаги жараёнларни ўз ичига олади:

1. Замонавий файл тизимларининг вақт белгиларини қай даражада бўлақларга ажратиш жараёнини ва стеганографик дастурларда қўллаш мумкинлигини таҳлил қилиш..

2. Вақт белгиларидан NTFS ва бошқа файл тизимларида секунд даражасидаги аниқлик билан маълумотларни яшириш воситаси сифатида фойдаланиш.

3. NTFS файл тизими қисмларида маълумотларни хавфсиз яшириш учун турли даражадаги имкониятларни қўллаб-қувватлайдиган тизим дизайни ва концепцияни амалга оширувчи дастурни тавсифлаш.

4. Таклиф қилинган тизимни реал ва синтетик маълумотлар тўпламлари ёрдамида текшириш ва ўрнатилган стеганографик маълумотни оддий файл тизими операциялари натижасида ҳосил бўлган маълумотлардан ажратиб бўлмаслигини кўрсатиш.

1-жадвал.

Файл тизими майдонларида маълумотларни яшириш усуллари

Усул номи	Файл тизимлари			Таъриф	Ҳ	А	Б
	FAT	NTFS	Ext4				
File Slack	✓	✓	✓	File Slack дан фойдаланиш	●	○	○
MFT Slack	-	✓	-	MFT Slack дан фойдаланиш	●	●	○
AltDS	-	Х	-	AltDS ни қўллаш	●	●	○
Add cluster	✓	✓	Х	Қўшимча кластер/Блок жойлаш	●	○	○
Bad cluster	✓	✓	Х	Носоз кластерлар/ Блок жойлаш	●	○	●
Reserved_gdt_blocks	-	-	✓	Заҳира GDT блоклардан фойдаланиш	●	●	○
Superblock_slack	-	-	✓	Суперблок майдонидан фойдаланиш	○	●	●
Superblock_reserved	-	-	Х	Заҳира суперблок майдонидан фойдаланиш	○	○	●
Superblock_backups	-	-	Х	Суперблок заҳира нусхаларидан фойдаланиш	○	○	●
osd2	-	-	✓	Фойдаланилмаган osd2 инод майдонидан фойдаланиш	○	○	●
Obso_faddr	-	-	✓	Фойдаланилмаган Obso_faddr инод майдонидан фойдаланиш	○	○	●
Nanoseconds	-	Х	✓	Вақт белгиларининг наносония қисмидан фойдаланиш	○	○	●
Bootsector	Х	Х	Х	Юкловчи сектор майдонидан фойдаланиш	○	●	●
Null_dir_entries	-	-	Х	Нулли dir ёзув майдонидан фойдаланиш	●	○	○
Gdt_slack	-	-	Х	gdt ёзувлари каталогидан фойдаланиш	○	●	○
Groupdescr_reserved	-	-	Х	group-desc даги заҳира майдонидан фойдаланиш	○	○	●
Gdt_backups	-	-	Х	gdt заҳира нусхаларидан фойдаланиш	●	○	○
blockbitmapslack	-	-	Х	BlockBitmap заҳира майдонидан фойдаланиш	○	●	●
Inodebitmap_slack	-	-	Х	InodeBitmap заҳира майдонидан фойдаланиш	○	●	●
Inode_slack	-	-	Х	Индексланган inode заҳираларидан фойдаланиш	●	○	○
Inode_reserved	-	-	Х	Inode тузилмасида заҳира майдондан фойдаланиш	●	○	●
Uninit_datastructure	-	-	Х	Uninitialized Block Groups майдонидан фойдаланиш	●	○	○

5. Ушбу янги стеганографик усулнинг рақамли суд экспертизаси фаолияти равнақиға қўшадиған хиссасини муҳокама қилиш.

Маълумотларни яшириш. Рақамли стеганография бўйича дастлабки ишлар маълумотларни яширишга, маълумотларни жойлаштиришнинг турли усуллари муҳокама қилишга ва стеганографиянинг ҳозирги ва яқин

келяжакда қандай ишлатилишига қаратилган эди [5]. Бундай ишлар шахсий рақамли қурилмалардан кенг фойдаланиш ва Интернетнинг кундалик ҳаётимизда тутган ўрни ҳақида ҳали тўлиқ тасаввурга эга эмас эди. Асосий эътибор TCP / IP вақт белгиларини [6] ишлатишдан тортиб TCP / IP майдонларидан кенгрок фойдаланишга ва оддий тармоқ трафиғи ичида кузатиб бўлмайдиган алоқани

ўрнатишга бағишланган эди. Бундан ташқари сақланадиган файллар таркибида кузатилмайдиган маълумотларни киритишга, мултимедия сифатини аниқлаб бўлмайдиган даражада пасайишига олиб келишга қаратилган. Масалан, расмларда пикселларнинг паст аҳамиятли қисмларини манипуляция қилиш (LSB), GIF расмларида ранг палитрасини [7] ёки статик корга (static snow) ўхшаш YouTube видеофилмларидаги [8] маълумотларни кодлашга қаратилган эди.

Файл тизимлари. Бугунги кунда турли хил файл тизимлари ишлаб чиқарилган бўлиб, улар “Microsoft-Windows”га асосланган қурилмалар учун FAT ва NTFS, GNU / Linux тизимлари учун ext4 ва Btrfs, Apple OS X ва iOS қурилмалари учун HFS + кабиларни ўз ичига олади. Уларнинг аксарияти турли хил маълумотларни турли хил параллел қайта ишлаш қобилияти ва тафсилотлар даражасида сақлайди. Бу “файл тизимининг метамаълумотлари” деб номланади. Файл тизими метамаълумотларини бешта тоифага ажратиш мумкин: *файл тизими, дастур, файл номи, таркиб* ва *умумий метамаълумотлар* [9]. *Файл тизимининг метамаълумотлари* - бу файл тизимининг файлни қандай ўқиш кераклиги ва муҳим маълумотлар тузилмалари жойлашган жойни англатади. *Дастур* метамаълумотлари - бу файл тизимидан фойдаланадиган дастур учун фойдали маълумотлар, масалан, файл эгаси ҳақидаги маълумот ва файлга кириш ҳуқуқлари. *Файл номи* метамаълумотлари - бу одамлар томонидан ўқиладиган номларнинг мантикий маълумотлар жойлашувига хариталаш учун маълумотдир. *Таркиб* метамаълумот - бу файлларнинг мантикий манзиллари, файлларни жойлаштириш ҳолати ва файлларнинг ҳақиқий маълумотлари. *Умумий метамаълумотлар* - бу файл тизими томонидан асосан ўз фаолияти учун фойдаланиладиган маълумотдир. Бунга файлнинг ишлаш давридаги турли ҳодисаларнинг вақт белгилари каби маълумотлар киради.

Файл тизимининг метамаълумотларидан фойдаланган ҳолда стеганография Файл тизими метамаълумотларида маълумотларни яшириш билан боғлиқ ишлар 1990-йилларнинг охирида қаттиқ муҳокама қилинган [9]. Шу сабабли Linux ext2 [10] файл тизимига мос келадиган StegFS стеганографик файл тизими ишлаб чиқилган. Файл тизимида файл номларини индексация қилиш тартибида маълумотларни кодлаш (яшириш) [11] Ж.Айкок ва Н. де Кастро томонидан ёзилган “FAT файл тизимида стеганографияни кўлаш” асарида баён этилган.

Дастур метамаълумотлари (масалан, файл эгаси ёки файлга кириш учун рухсат) фақат бир неча байтли маълумотларни кодлаши мумкин ва кодлаш осонликча аниқланади. Масалан техник жиҳатдан NTFS файл тизими файлга ўзбошимчалик билан катта миқдордаги фойдаланувчи рухсат жуфтларининг рўйхатини қўшиб қўйиш мумкин [12]. Файл номини стеганографик операциялар учун яхши номзод деб ҳисоблаш мумкин эмас. Чунки

файл номларининг ғалати комбинацияси дарҳол шубҳали кўринади. Стеганографик маълумотни файлнинг ҳақиқий мазмуни билан аралаштириш жуда кўп ўрганилган. Мултимедия таркибидаги формат контейнерлари (масалан, аудио ёки видео) мултимедия файлини жойлаштирувчи асосий файл тизимига нисбатан шаффоф ва мустақил ҳисобланади. Шундай экан файл тизими даражасидаги таҳлил форматланган контейнерда стеганографик маълумотларнинг мавжудлигини ошқор эта олмайди. Бундан ташқари мултимедия транскодлаш усули стеганографик маълумотнинг асл маълумот каналига сезиларли таъсир кўрсатмасдан самарали равишда ўқ қилиниши мумкинлиги таъкидланади. Умумий метамаълумотлар ҳам файлнинг ишлаш даврини тавсифловчи вақтинчалик маълумотлар каби фойдаланувчи ҳаракатларига ва операцион тизимнинг ўзига жуда сезгир бўлишади. Масалан файллар ҳодисаларининг маълум вақт белгиларини исталган вақтда файл тизимидан нормал усулда ёзиб олиниши мумкин. Бунга файлнинг охириги модификацияси ва охириги кириш вақт белгиси кириши мумкин. Бизнинг маълумотимизга кўра вақтинчалик маълумотларнинг нозиклиги вақт белгиларининг ҳали ҳам стеганографик восита сифатида ўрганилмаганига сабаб бўлиши мумкин.

Замонавий файл тизимидаги вақт белгилари

Замонавий файл тизимлари вақт белгиларини қандай ишлатишини қуйидаги бўлимда таҳлил қилинади. Олға сурмоқчи бўлган тахмин шуни англатадики вақт белгиларида фойдаланилмаган (ортиқча) бўшлиқлар мавжуд бўлиб, улар стеганографик қувватга эга бўлган мантикий канални яратиш учун етарли. Кўпгина замонавий файл тизимлари вақт белгилари сифатида 64 битли қийматлардан фойдаланганлиги ва иккинчи сонияли бўлаклаш усулини тақлиф қилишини 1-жадвал ёрдамида аниқлашимиз мумкин. Ушбу жадвал маълумотлари бугунги кунда истеъмолчиларнинг асосий фойдаланадиган операцион тизимлари ёки унга кирадиган барча файл тизимларини қамраб олади (масалан, Apple OS X, Google Android, GNU/Linux ва Microsoft Windows).

Вақт белгиларини яратиш ноёб ҳодиса ҳисобланиб маълумотнинг катта статик қисми ҳисобланади. Ҳар сафар файлга муражаат қилинганда ёки унга ўзгартириш киритилганда вақт белгиларининг кириш ва ўзгартириш қисмлари ҳам янгиланади.

Вақт белгилари қисмларига маълумот яширишнинг иккита янги воситаси мавжуд. Timestamp-Magic тизими ext4 файл тизимининг бир неча вақт белгилари индекс рўйхатининг наносекунд қисмига маълумотларни яшириш имкониятига эга. TOMS тизими эса айнан шу усулни NTFS файл тизимининг MFT ёзувларининг Filename атрибутига маълумотларни яширади. Қуйида бу тизимни батафсил кўриб чиқамиз.

Жадвалдаги маълумотларга асосан таҳлил қилинган барча файл тизимлари қуйидаги 3 та вақт белгисини қўллаб қувватлайди. Булар яратиш, кириш ва ўзгартириш. Учала вақт белгилари ҳам сана ва вақт билан боғлиқ бўлган маълумотларни секунд аниқлигида сақлайди.

Наносаниядаги аниқлик файл тизимига қирадиган охириги фойдаланувчиларга аниқ ёки билвосита етказилмайди. Улар 2-расмда тасвирланганидек, иккинчи бўлаклашга эришадиган файллар вақт белгиси маълумотлари билан тўқнаш келмоқдалар. Шундай қилиб, вақт белгилари қандай сақланиши ва улардан фойдаланиш ўртасида ахборот узилиши мавжуд бўлиши мумкин.

2-жадвал.

Файл вақт белгилари хусусиятлари

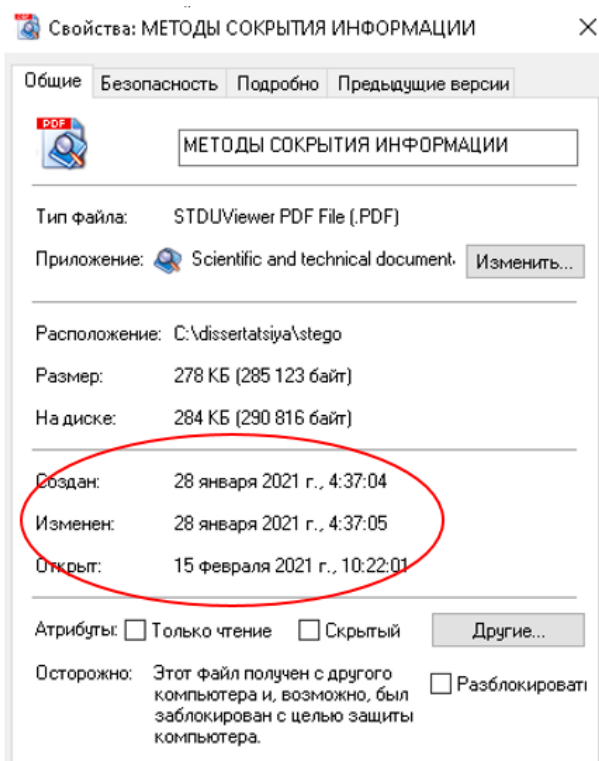
Файл тизими	Файл вақт белгиси	Ҳажми	Вақт бўлаклари
NTFS	Яратиш	64 бит	100 нсек
	Кириш	64 бит	100 нсек
	Ўзгартириш	64 бит	100 нсек
	MFT ёзувини ўзгартириш	64 бит	100 нсек
ext4	Яратиш	64 бит	1 нсек
	Кириш	64 бит	1 нсек
	Ўзгартириш	64 бит	1 нсек
	Ўзгартириш атрибути	64 бит	1 нсек
Btrfs	Яратиш	64 бит	1 нсек
	Кириш	64 бит	1 нсек
	Ўзгартириш	64 бит	1 нсек
	Ўзгартириш атрибути	64 бит	1 нсек
ZFS	Яратиш	64 бит	1 нсек
	Кириш	64 бит	1 нсек
	Ўзгартириш	64 бит	1 нсек
	Ўзгартириш атрибути	64 бит	1 нсек
FAT32	Яратиш	32 бит	2 сек
	Кириш	16 бит	1 кун
	Ўзгартириш	32 бит	2 сек
HFS+	Яратиш	32 бит	1 сек
	Кириш	32 бит	1 сек
	Ўзгартириш	32 бит	1 сек
	Ўзгартириш атрибути	32 бит	1 сек
	Захира нусхалаш	32 бит	1 сек
ext3	Кириш	32 бит	1 сек
	Ўзгартириш	32 бит	1 сек
	Ўзгартириш атрибути	32 бит	1 сек

Файл вақт белгиларига асосланган стеганография

Файлларнинг вақт белгиларига асосланган яширин, мустаҳкам ва кенг диапазонли соғламаларда қўлланиладиган стеганографик сақлаш тизими яъни TOMS (Time is on my side) тизимини кўриб чиқамиз. Юқоридаги "яширин" сўзи шуни англатадики, бузгунчи вақт белгиларини ўрганиш орқали стеганографик маълумотларнинг мавжудлигини ёки йўқлигини аниқлай олмайди. Шундай қилиб, бузгунчиларга фақат хизматни рад этиш имконияти, яъни барча вақт белгиларини ёзиш ва стеганографик канални йўқ қилиш, шу билан уларнинг мавжудлигини ошкор қилиш имконияти қолади.

"Мустаҳкам" сўзи эса тизим файлларни манипуляция қилиш хуружларини қўллаб-

қувватлаши ва тиклаши мумкинлигини англатади. "Кенг қўлланиладиган" дегани тизим турли хил операцион тизим соғламаларига мос равишда соғланиши, ишлаши ва махфийликни мувозанатлаштириши мумкин.



2-расм. Windows фойдаланувчиларида вақт белгиларининг намоён бўлиши.

Тизим хусусиятлари

TOMS (Time is on my side) тизимининг мақсади – маълумот ташувчи ёки хостнинг файл тизими метамаълумотлари ичига ахборотни яширишдир. Аниқлик учун тизим керакли бўшлиқни аниқлай олади (яъни фойдаланиладиган файл вақт белгилари) ва барча керакли жойлар аллақачон мавжуд деб тахмин қилинади. TOMS дизайни кўп сатхли ёндашувдан келиб чиқади. Юқоридан пастгача тизим қуйидагиларни ўз ичига олади: (I) хабарни сақлаш учун контейнер сатҳи, (II) ортикча хатоларни тузатиш сатҳи ва (III) шифрлаш сатҳи.

Сақлаш учун контейнер сатҳи.

Сақлаш учун контейнер сатҳи хабарни асосий файлнинг вақт белгиси метамаълумотида элементар сақлаш бирликлари (elementary storage unit, ESU) сифатида мослаштиради. Ёндашувда файл ва каталог ўрнатилган маълумот учун ишлатилган мутлақ юритиш йўли учун ушлаб қолиш мақсадида шифрланган метамаълумот файллари ва каталогларидан фойдаланилади. Файлларнинг метамаълумотлар ёндашуви фойдалидир, чунки маълумотни ажратиш олиш учун файлларни тўғри тартибда аҳамиятсиз. Бундан ташқари, ушбу файлни махфий маълумотлар билан бир хил файл тизимида сақлаш шарт эмас. Аксинча, у умуман

бошқа сақлаш воситаларида сақланиши мумкин. Албатта бу фойдалидир, чунки текширилган файллар тизимида унинг мазмуни шифрланган бўлса ҳам метамаълумот файли мавжудлиги яширин эмас. Аксинча, бундай шифрланган файл яна шубҳаларни келтириб чиқариши мумкин. Иккинчи вариант - маълумотни **фақат** файллар ва уларнинг вақт белгилари асосида ишончли жойлаштириш ва ажратиб олиш. Буни бутун файл тизимларида (масалан, NTFS томи) ёки папка ости даражасида (масалан, NTFS root бўлмаган каталог) **яширин алмаштиришлар** ёрдамида амалга ошириш мумкин. Бундай ҳолда, барча файллар ва каталоглар глобал микёсида (файл тизими даражаси) ёки локал (папка ости даражаси) яратилиш вақт белгиси бўйича сараланади. Ушбу тартиб махфий маълумотларни ёзиш ва кейинчалик ўқиш учун ишлатилиши мумкин бўлган (мантқиқий) доимий сақлаш майдонини белгилайди.

Хатоларни тузатиш сатҳи

Файл тизимига эга бўлган сақлаш воситасидан нормал фойдаланиш ва бузғунчиларнинг ҳаракатлари файл тизимида сақланган баъзи файлларни ўчириб ташлаши мумкин. Шунингдек, бузғунчилар баъзи файлларни яратиш вақт белгиларини атайлаб ўзгартириши мумкин. Бундай ҳаракатлар атайлаб қилинганми ёки йўқми барибир яратиш вақт белгиларининг янги тартибини келтириб чиқаради. Натижада кириш файллари сегментларига тўғри тартибда ёки умуман кириш имкони бўлмайди.

Хатоларни тузатиш сатҳи кириш файлининг дастлабки кўринишини юқорида айтиб ўтилган масалаларни енгиш учун кўшимча маълумот билан кўпайтиради. Биринчи қадам сифатида хато тузатиш коди (error correcting code, ECC) қўшилади. Хато тузатиш коди етишмаётган маълумотларни аниқлай олади ва қайта тиклайди. Иккинчи қадам сифатида ушбу сатҳ ишлатилган файллар учун *бошланғич ҳаракатни* амалга оширади. Бу дастурни исталган

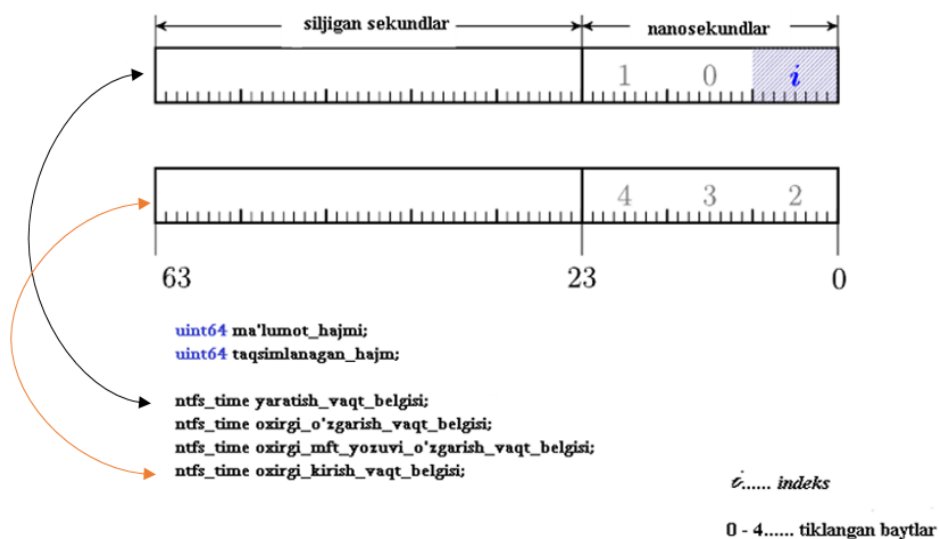
тасодифий нуқтасидан бошлашга ҳамда эски ва янги файллардан фойдаланишга имкон беради. Шундай қилиб, маълумотни яшириш учун фақатгина эски файллардан эмас янгиларидан ҳам фойдаланилади ва тегишли кодини танлашни амалга ошириш жараёнига топширилади. Умуман олганда, хатоларни тузатиш коди сақлаш учун кўшимча харажатларни талаб қилмаслиги керак .

Шифрлаш сатҳи

Хатоларни тузатиш сатҳи маълумотларнинг ортиқча миқдорини тақдим этади . Ушбу маълумотларнинг ортиқча миқдорини мантқиқий узлуксиз сақлаш майдонини яратиш учун вақт белгисидан вақт белгисига боғланишларни кўрсатиш учун зарур бўлган маълумотларга мос келади. Бу шаблонли вақт белгиларини келтириб чиқарадиган манбалар бўлиши мумкин. Агар қонуниятлар аниқланса, бутун стеганографик тизим қулайди, чунки улар яширин маълумотларнинг мавжудлигини очиб беради.

Шифрлаш сатҳининг роли икки хил: Бир томондан у махфий маълумотларни ошкор қилишдан ҳимоя қилади. Шифрланган ва яширин маълумотларга фақат тегишли криптографик калитларга эга бўлган киши кириш ҳуқуқига эга. Бошқа томондан хавфсиз шифрнинг чалкашлиги ва диффузия хусусиятлари чиқишда унинг умуман тасодифий кўринишига имкон берадиган деярли ҳеч қандай шаблон мавжуд бўлмаслигини кафолатлайди.

Шифрлаш сатҳи аввалги икки сатҳ маълумотларини шифрлаш учун симметрик криптографик алгоритмлардан фойдаланади. Ушбу сатҳда оқим шифрлари, масалан AES-OFB ёки RC4 дан фойдаланиш мумкин. Оқим шифрларининг блок шифрларидан устунлиги аввалгиси операция натижасини кенгайтиришга ҳожат йўқ ва улар маълум бир хатолардан (масалан, йўқолган вақт белгиларини) қайта тикланиш хусусиятига эга бўлади.



2-расм . Вақт белгиларининг наносекунд қисми майдонларида маълумот сақлашнинг таҳлили

Ахборотни тақдим этиш: NTFS мисолида

Енди TOMS тизими компонентлари қандай қилиб хабарни вақт белгиларида яшириш учун биргаликда ишлашни тасвирлашимиз мумкин. Қуйида биз NTFS файл тизимидан мисол сифатида фойдаланамиз. Шу билан бирга, тавсиф шунга ўхшаш хусусиятларга эга бўлган бошқа ҳар қандай файл тизими учун амал қилади. 2-расмда файл тизими ва каталогни ўз ичига олган турли хил файл тизимлари объектларини намойиш қилиш учун ишлатиладиган NTFS inode маълумотлар таркиби тасвирланган. Қуйида NTFS инодларига мурожаат қилиш учун "файл" атамасидан фойдаланамиз.

NTFS ҳолатида TOMS тизими томонидан иккита файл вақт белгиларидан фойдаланиш мумкин: *яратиш* ва *охирги кириш*. Ҳар бир вақт белгиси ўзининг наносаниядаги қисмини кўрсатиш учун 24 битдан фойдаланади. Шундай қилиб, маълумотни яшириш учун ҳар бир файл учун жами олти байтдан фойдаланиш мумкин. Бу TOMS тизими учун элементар сақлаш бирлигини (ESU) ташкил этади. Кириш (стеганографик) хабарнинг ҳажми M элементар сақлаш бирлигини ҳажмидан анча катта деб тахмин қилинад. Дастлаб хатоликни тўғрилаш коднинг функцияси киритиш хабарида қўлланилади, $E = ECC(M)$. Кейин n , E ни сақлаш учун зарур бўлган ESU сони олдиндан белгиланади ($n||E$).

Маълумотни яшириш

Ахборотни яшириш жараёни қуйидагича ишлайди. Кодланган хабар (E) ҳар бири беш байтдан иборат n блокларга бўлинади (B_1, B_2, \dots, B_n). Сўнгра ҳар бир блок индекс сифатида ишлатиладиган битта байт билан таъминланади ($i \in \{1, \dots, n\}$). Индекс байти учун $0x00$ махсус қиймати керакли элементар сақлаш бир-ликлари (ESU) лар сонини ўз ичига олган бешта байтлик блокни олдиндан ўрнатиш учун ишлатилади. Олинган структура олти байтлик блокларнинг боғланган рўйхатидан иборат: $(0, n), (1, B_1), \dots, (n, B_n)$. Кейин ушбу тузилма олти байтлик блокларнинг чиқиш рўйхатини ишлаб чиқарадиган оқим шифри ва махфий калит билан шифрланади: C_0C, \dots, C_n .

TOMS ташувчи сифатида ишлатилиши мумкин бўлган номзод файллар рўйхатини тузади. F рўйхат ҳар бир файлнинг яратилиш вақт белгиси асосида тузилади ва бошланғич S силжиш тасодикий тарзда танланади. Файлларнинг тартибланган рўйхати $F_s = \{f_s, f_{s+1}, \dots, f_{s+n}\} \subseteq F$ ташувчи сифатида ишлатилади. Кейин TOMS ҳар бир файлни яратиш ва кириш вақт белгиларини наносаниядаги қисмини олади ва F_s нинг олти байтлик шифрланган C_i қисм билан ўзгартиради.

Катта ҳажмдаги хабарлар билан ишлаш

Фақат битта байтнинг индекс сифатида ишлатиш махфий хабар (E) узунлигини атиги 255 байтгача чеклайди. Ушбу чекловни бир нечта индекс байтларининг бир хил қийматга эга бўлиши орқали енгиб ўтиш мумкин ($0xFF$ қийматига етиб боргандан кейин тўлдириш ва $0x01$ дан рақамлашни қайта бошлаш). Ҳар сафар индекс байтлари тўлиб қолганда

бутун хабар узунлигини сақлаш учун ESU сарфланади ва яна $0x00$ индекс байтидан фойдаланилади. $0x00$ қийматига эга бўлган индекс байти ҳар бир ESU хабарнинг *умумий* узунлигини ўз ичига олади.

Яширин маълумотларни қайта тиклаш

Ахборотни қайта тиклаб олиш жараёни қуйидагича ишлайди. Файл тизимидаги барча файллар учун вақт белгилари ажратиб олинади. Яратилиш вақти бўйича сараланади ва кейин G рўйхати сифатида сақланади. Рўйхатдаги ҳар бир ёзув учун яратилишнинг наносекундалар қисми ва кириш вақт белгилари маълумотни яшириш жараёнида ишлатиладиган бир хил оқим шифрини ва асосий материални қўллаш орқали дешифрланади. Агар яратилиш вақт белгисининг шифрланган биринчи байти индекс байтининг 0×00 қийматига тенг бўлса, тегишли вақт белгилари L силжиш рўйхатига қўшилади ва ESU, n сони тикланади. Сўнгра, тегишли n индексини (яъни $0 \times 01, 0 \times 02, \dots, n$) ва H тузилишини тиклаб кейинги n рўйхат ёзувлари қайта ишланади. Кейинги хатоликни тузатиш коди функцияси H -да қўлланилади ва асл M (яширин) хабар тикланади.

Хулоса

Ушбу мақолада файлларнинг вақт белгиларидан стеганографик канал сифатида фойдаланиш мумкинлиги назарий ва амалий жиҳатдан кўрсатиб ўтилган. Таҳлил натижаларига кўра, ҳозирги замонавий операцион тизим файл тизимларининг маълумотлар тузилмаларида файл ҳодисаларининг вақт кўрсаткичларининг сақланиши ва фойдаланувчиларга тақдим этилиши жараёнларида маълумотларни яшириш учун ортикча бўш майдонлар борлигини аниқлаш мумкин. Аниқланган майдонлардан кўп сатҳли тизимдан фойдаланган ҳолда маълумотларнинг махфийлигини, ишончилигини ва фойдаланувчанлигини таъминловчи стеганографик канал сифатида фойдаланиш самарали натижаларни беради. Мақолада бир неча миллион файллар тўпламидан иборат NTFS файл тизими мисолида тажрибавий ва назарий таҳлиллар келтириб ўтилган. Яширин ахборот статистик жиҳатдан оддий ҳолатда яратилган вақт белгиларидан умуман фарқ қилмайди. Бундан ташқари тизимни бошқа замонавий файл тизимларида ҳам қўлласа бўлади. Ва ниҳоят, ушбу тизим рақамли криминалистика соҳасида янги стеганографик усул сифатида ўрганилиши мумкин.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. M. Akgul, M. Kirlidog', Internet censorship in Turkey, Internet Policy Rev4(2)
2. Greenwald G. O'place to hide: Edward Snowden, the NSA, and the US surveillance state. Macmillan; 2014
3. Zielinska E, Mazurczyk W, Szczypiorski K. Trends in steganography. Commun ACM 2014;57(3):86e95

4. Khan H, Javed M, Khayam SA, Mirza F. Designing a cluster-based covert channel to evade disk investigation and forensics. *Comput Secur* 2011;30(1):35e49

5. Katzenbeisser S, Petitcolas F. *Information hiding techniques for steganography and digital watermarking*. Artech House; 2000

6. Giffin J, Greenstadt R, Litwack P, Tibbetts R. Covert messaging through TCP timestamps. In: *Privacy enhancing technologies*, Springer; 2003.p. 189e93

7. Bailey K, Curran K. An evaluation of image based steganography methods. *Multimed Tools Appl* 2006;30(1):55e88

8. A. Williams, Transfer data via YouTube, online at <https://hackaday.com/2015/08/23/transfer-data-via-youtube/>

9. Carrier B. *File system forensic analysis*. Addison-Wesley Professional; 2005

10. McDonald AD, Kuhn MG. StegFS: a steganographic file system for Linux. In: *Information hiding*, Springer; 2000. p. 463e77

Ганиев Абдухалил Абдужалилович

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, Ахборот хавфсизлигини таъминлаш кафедраси т.ф.н., доцент. e-mail: abduhalilganiev58@gmail.com

Мавлонов Обид Низомович Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, Ахборот хавфсизлигини

таъминлаш кафедраси докторанти. e-mail: mavlonov8686@gmail.com

Юсупов Рахматулла Зафар ўғли

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, 1-босқич магистрант.

e-mail: yusupovrahmatulla@gmail.com

Ganiyev A.A., Mavlonov O.N., Yusupov R.Z
Analysis of the possibilities of steganographic hiding of information in the file system

By using the timestamps of files as a steganographic channel, confidential information can be hidden in parts of the file system. In modern operating systems based on high-precision timers, information interruptions occur during storage and use of time signals. Taking into account these processes, it is possible to create a multi-level steganographic system that ensures the confidentiality, reliability and usability of the data. The system presented below is evaluated according to theoretical and practical analysis using an NTFS file system with millions of files consisting of different file sets. In the simple process of using a file system, it is almost impossible to detect hidden data using the capabilities of this system. In addition, the proposed method can be used in the field of digital forensics to conceal data and expose their existence.

Keywords: Steganography, data hiding, digital forensics, file system expertise, storage device expertise.

Kuchkorov T.A., Ochilov T.D.

Tasvirlarni segmentlashning chuqur o'qitishga asoslangan arxitektura va algoritmlari

Tasvirlarni segmentlash tasvirni qayta ishlash va kompyuter ko'rishining muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, tibbiy tasvirlarni tahlil qilish, sun'iy yo'ldosh orqali olingan tasvirlarni qayta ishlash, video kuzatuv, robotlar uchun qaror qabul qilish, tasvirlarni siqish va boshqa sohalarda foydalaniladi. Tasvirdagi obyektlarni tanib olish, sinflashtirish, segmentlash, video sahnalardagi obyektarni kuzatish kabi masalalarni yechishda, asosan mashinali o'qitish, sun'iy neyron tarmoqlari va chuqur o'qitish algoritmlaridan foydalanib kelinmoqda. Ushbu maqolada tasvirlarni segmentlash uchun ishlab chiqilgan modellarning keng qamrovli sharhi keltirilgan. Jumladan, semantik segmentlash uchun to'liq konvolyutsion neyron tarmoqlari (FCN), CNN (*Convolutional neural network*) va grafik modeli tarmoqlarning birgalikda qo'llanilgan modellari hamda encoder-decoder arxitekturali modellar tahlil qilingan va natijalari asoslangan. O'z navbatida maqolada hozirgi kunda ishlatilayotgan chuqur o'qitish modellarining o'xshashliklari, ustun jihatlari va kamchiliklarining tahlili keltirilgan.

Kalit so'zlar. tasvirlarni segmentlash, semantik segmentlash, neyron tarmoqlari, konvolyutsion qatlamlar, CNN, FCN, encoder va decoder, upsampling, downsampling, pooling.

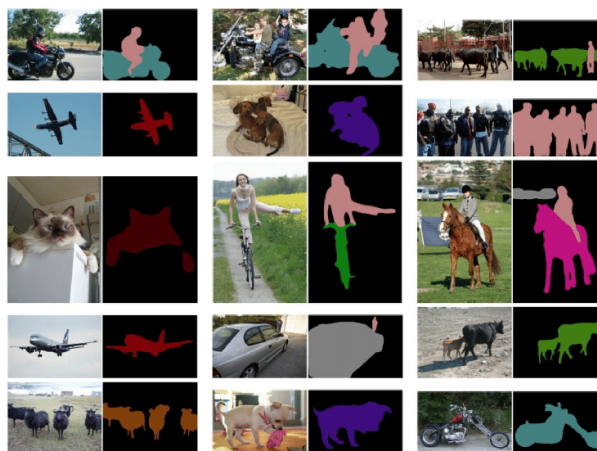
Kirish. Tasvirlarni segmentlash ko'plab vizual tanib olish (*visual understanding*) tizimlarining ajralmas qismidir. Bu tasvirlarda (yoki video freymlarni) bir nechta segmentlarga yoki ob'ektlarga ajratishni o'z ichiga oladigan jarayondir. Segmentlash tibbiy tasvirlarni tahlil qilish (o'simtaning chegaralarini ajratib olish yoki to'qimalar hajmini aniqlash), haydovchisiz transport vositalari (yo'l belgilarni va piyodalarni aniqlash), video kuzatuv, hudud tasvirlarini tahlil qilish va yana ko'plab sohalarda qo'llaniladi. Hozirgi kunda tasvirlarni segmentlashning bir qancha algoritmlari ishlab chiqilgan bo'lib, eng birinchi chegara qiymat qo'yish orqali ajratish (*thresholding*) [1], gistogrammaga asosida guruhlash, *k-means* klasterlash algoritmi [3], *watershed* [2] kabi algoritmlardan foydalanilgan. O'z navbatida tasvirni segmentlash uchun ishlatiladigan an'anaviy usullar tahlili bilan birgalikda, neyron tarmoqlarining samarali usullardan biri chuqur o'qitish algoritmi asosida tasvirlarni sinflashtirish, chuqur o'qitish tadbiqu uchun zamonaviy vositalar hamda kutubxonalaridan foydalanish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan va tahlil qilingan [Kuchkorov, Ruzibayev].

Keyinchalik esa, aktiv konturlar, grafik kesmalar (*graphic cuts*), shartli va Markov tasodifiy maydonlari (*Conditional and Markov random fields - CRF*), siyraklikka asoslangan usullar (*sparsity-based methods*) kabi yanada ilg'or algoritmlardan foydalanilgan. So'nggi yillarda, chuqur o'rganishga asoslangan yuqori aniqlikdagi modellar tasvirlarni segmentlash sohasida yangi davrni boshlab berdi. Bu modellar keng tarqalgan standart baholash platformalarida (*benchmark*) eng yuqori natijalarni egallab kelmoqda. Misol uchun 1-rasm chuqur o'qitish modeli DeepLabv3 ning tasvirni segmentlaganidan keying natijasini ko'rsatadi.

Tasvirlarni semantik segmentlash – semantik belgilar yordamida piksellarni tasniflash orqali amalga oshiriladi. Semantik segmentatsiya butun tasvir uchun piksellarni har xil to'plamlarga ajratadi (misol uchun: inson, mashina, daraxt, osmon), va shuning uchun tasvirlarni sinflashtirishdan murakkabroq vazifa hisoblanadi.

Ushbu maqolada tasvirlarni segmentlash uchun ko'p foydalaniladigan chuqur o'rganish modellari oxirgi

olib borilgan tadqiqot ishlari asosida tahlil qilingan. Shu bilan birga, modellarning o'qitish strategiyalari, va sohaga qo'shgan asosiy hissalar kabi har xil xususiyatlar asosida tahlil va xulosalarni taqdim etilgan. Shuningdek, ushbu maqolada ko'rib chiqilgan usullar bo'yicha taqqoslovchi xulosalar va chuqur o'rganishga asoslangan tasvirlarni segmentlash modellarining kamchiliklari hamda ularning kelajakdagi yo'nalishlari borasida ma'lumotlar beriladi. Tasvirlarni segmentlash uchun chuqur o'rganishga asoslangan usullarni quyidagi guruhlariga bo'lib tahlil qilamiz:



1-rasm. DeepLabV3 modelining turli xil tasvirlarni segmentlash natijalari to'liq konvolyutsion tarmoqlar (FCN); grafik modeli konvolyutsion modellar (CNN+CRF, CNN+MRF); encoder-decoder arxitekturali modellar (Unet, Unet++, SegNet); kengaytirilgan konvolyutsion qatlam (dilated CNN).

To'liq konvolyutsion tarmoqlari (Fully Convolutional Network – FCN)

To'liq konvolyutsion tarmoqlari (FCN) faqatgina konvolyutsion qatlamlardan tashkil topgan bo'ladi. Konvolyutsion qatlamlar berilgan massivlardan filter/kernel o'g'irlik koeffitsientlari yordamida konvolyutsiya amalidan foydalanib muhim parametrlarni ajratib olish amalidir. FCN istalgan o'lchamdagi tasvirni qabul qilib, xuddi shu o'lchamda segmentlangan tasvirni qaytaradi. Bu tarmoq turining Konvolyutsion neyron

tarmoqlaridan farqi shundaki, bu tarmoqning oxirgi qatlami sifatida to'liq bog'langan zich qatlam (*fully connected dense layer*) qatlamdan foydalanilmaydi.

Ushbu neyron tarmog'i kirish qatlami real tasvir bilan birgalikda, har bir pikseli qayta qiymatlangan tasvirni (*labeled image*) qabul qiladi, ya'ni har bir piksel tasvirdagi turli xil obyektlarga jumladan, daraxt, osmon, maysa va mushuk kabi qayta qiymatlangan (*label*) obyektlarga ega bo'ladi (2-rasm). Natijadagi tasvir esa $C \times H \times W$ o'lchamda shakllantiriladi va bu yerda C tasvirdagi sinflar soni, H tasvirning bo'yi va W tasvirning enini bildiradi.



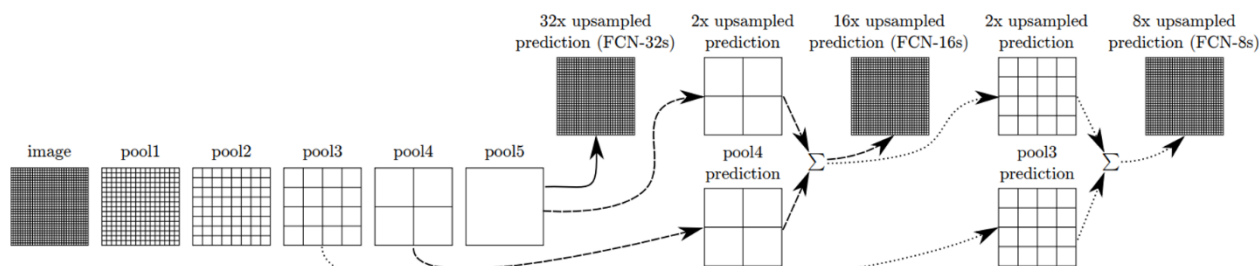
2-rasm. Pixel bo'yicha segmentlangan tasvir (*Semantik segmentlash*).

Demak, FCN tarmoq har bir pikselni kiruvchi tasvir va ma'lumotlar bo'yicha ma'lum sinflarga ajratadi. Shuning uchun har bir pikselning klassifikatsiya vektori bo'lib, bu vektor shu pikselni mavjud sinflardan biriga tegishli bo'lish ehtimolligini o'z ichiga oladi.

CNN tarmoqlarida kiruvchi tasvir o'lchamlari oldindan belgilab qo'yiladi. Bu esa yangi tasvir kelganda

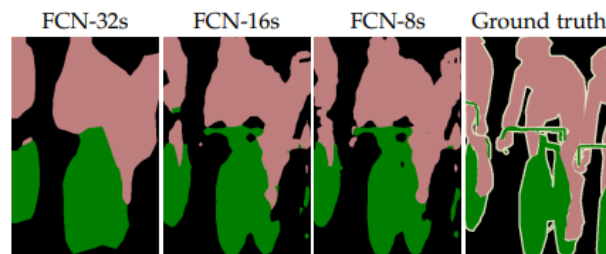
uni belgilangan o'lchamga keltirish talab qilinadi. FCN tarmoqlarida esa bunday cheklov mavjud emas, shuning uchun qanday o'lchamdagi tasvir qabul qilinsa, shu o'lchamdagi tasvir hosil bo'ladi [18]. Ushbu maqola [6] birinchilardan bo'lib to'liq konvulyutsion qatlamlarga asoslangan modelni taklif qilgan va mualliflar VGG16, GoogLeNet kabi mavjud CNN arxitekturalariga o'zgartirish kiritish orqali samarali va ishonchli natijalar olishgan.

FCN tarmog'ining muhim xususiyatlaridan biri bu neyron tarmog'idagi qatlamlararo ketma-ketlikni o'tkazish amali (*skip connection*) yordamida belgilar to'plamidan foydalanish hisoblanadi. Ushbu amal asosida kiruvchi tasvirdan muhim belgilar to'plamini ajratib olish jarayoni 3-rasmga berilgan. O'z navbatida tasvirdagi belgilar to'plamini shakllantirish (*downsample, sampling*) hamda belgilar to'plamining kiruvchi tasvir abstrakt ko'rinishiga keltirish (*upsampling*) amallari ham tasvirlarni segmentlash uchun ishlatiladi. Bunday upsampling amallaridan foydalanishning asosiy sababi shundaki, oldingi qatlamlar o'zida aniqroq va muhim ma'lumotlarni o'zidan keying qatlamlarga nisbatan ko'proq saqlaydi. Shuning uchun oldingi va keyingi qatlamlardagi ma'lumotlarni qo'shish orqali segmentlash masalalarini aniqroq yechadi. Ushbu amalni to'g'ri bajarish uchun belgilar to'plami (*pool4*) o'lchamlarini o'zidan oldingi qatlam belgilar to'plamining (*pool3*) o'lchami bilan bir xil o'lchamga keltirib, piksellar sinflarga ajratiladi.



3-rasm. FCN modelining ishlash prinsipi

FCN segmentlash modellarining turli xil ko'rinishlari mavjud. 2-rasmga ko'rsatilganidek FCN-32 modelida kiruvchi tasvirning o'lchami 32 marta qisqaradi (*filtr o'lchami 2x2 bo'lgan holatda*), va bu esa ko'plab muhim parametrlarni yo'qolishiga olib keladi. Segmentlangan tasvirni kiruvchi tasvir o'lchamiga keltirish uchun 32 marta upsampling amalini bajarish kerak bo'ladi. Bunday kichik o'lchamdagi tasvirdan foydalanib katta o'lchamdagi segmentlangan tasvirni hosil qilinganda aniqlik yuqori bo'lmaydi. Bu kamchilikni bartaraf qilish uchun FCN-16 va FCN-8 arxitekturalari ishlab chiqilgan. FCN-16 arxitekturasida tasvirni asl o'lchamga keltirish uchun 16 marta upsampling amali bajarilishi FCN-32 ga qaraganda aniqroq segmentlangan tasvirni hosil qilish imkonini beradi. FCN-8 kutilganidek FCN-16 ga qaraganda tasvirlarni undan ham aniqroq segmentlaydi. [6]



4-rasm. FCN-32, FCN-16 va FCN-8 natijalari hamda haqiqiy tasvirning qayta qiymatlangan ko'rinishi (*ground truth*)

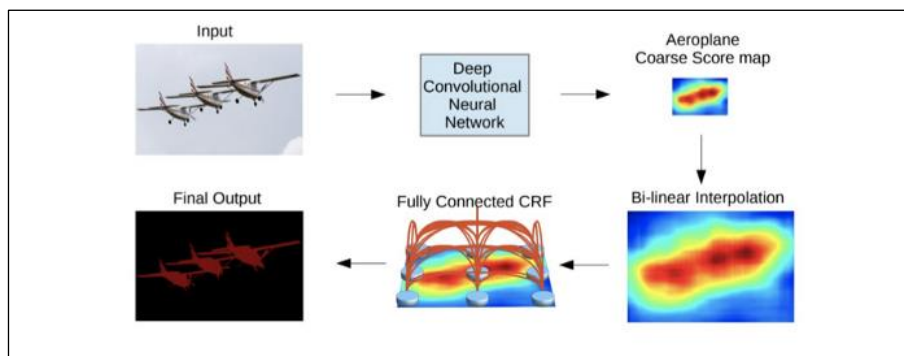
4-rasmga FCN-32, FCN-16 va FCN-8 modellarining natijalari ko'rsatilgan. FCN-8 modelining natijasi haqiqiy tasvirga ancha yaqinligini ko'rishimiz mumkin. Ammo, FCN modellarining effektiv va aniqlikligiga qaramasdan

ayrim kamchiliklari mavjud. Birinchidan, real-vaqt rejimidagi segmentlash masalalari uchun mos kelmaydi chunki parametrlar soni ko'proq. Ikkinchidan, 3D tasvirlar uchun moslashtirish sezilarli darajada murakkab hisoblanadi.

Grafik modelli konvolyutsion modellar

FCN modeli qo'shni piksellarni klassifikatsiya qilganda qo'shni piksellarni hisobga olmaydi. Shu muammoni yechish uchun DL arxitekturalari bilan birgalikda quyidagi ehtimollik grafik modellaridan foydalaniladi:

shartli tasodifiy maydonlar (*Conditional Random Fields*);



5-rasm. CNN va CRF algoritmlari asosida ishlab chiqilgan algoritmnining ishlash usuli.

Bu yerda CNN va CRF algoritmlari asosida tasvirlarni segmentlash ketma-ketligi ko'rsatilgan (5-rasm). Kiruvchi tasvirdan chuqur konvolyutsion neyron tarmoqlari asosida obyektning tasvirning qaysi piksellarida joylashganligi aks etkan belgilar to'plami shakllantiriladi. Odatda ushbu belgilar to'plami tasvir o'lchamini kamaytiruvchi amallar (*max-pooling, downsampling*) tufayli asl tasvir o'lchamidan kichikroq ko'rinishga keladi. Shuning uchun ushbu belgilar to'plamining o'lchamini tasvirning asl o'lchamiga keltirish lozim. Ushbu algoritmda buning uchun Bi-linear interpolatsiyadan foydalanilgan. Bi-linear interpolatsiya qo'shni piksellar orasida bog'liqliklarni inobatga olgani uchun, obyektning chegaralarini aniqroq ajratadi. Bi-linear interpolatsiya amalidan chiqqan natijalar to'liq bog'langan CRF qatlamiga uzatiladi, va ushbu qatlamda tasvirdagi har bir piksellar bir-biri bilan bog'liq deb qaralib sinflarga ajratiladi. Ushbu algoritm butun tasvirdagi obyektlarni bog'liqliklarini yaxshi aniqlaydi va sinflarga ajratishda ushbu ma'lumotlardan foydalanadi.

Schwing and Urtasun [14] to'liq bog'langan chuqur strukturalangan tarmoqni taklif qilgan. Mualliflar CNN va CRF dan birgalikda foydalangan. Ushbu algoritm PASCAL VOC 2012 o'quv tanlanmasida yaxshi natija ko'rsatgan (74.7%).

Lie et al. [18] CNN tarmog'idan chiqqan ma'lumotlardan foydalanib MRF asosida tasvir semantik segmentatsiyasini amalga oshiradigan algoritmi taklif qilgan.

Encoder-decoder arxitekturaga asoslangan modellar

Chuqur o'qitish algoritmlariga asoslangan yana bir keng tarqalgan tasvirlarni segmentlovchi modellarning

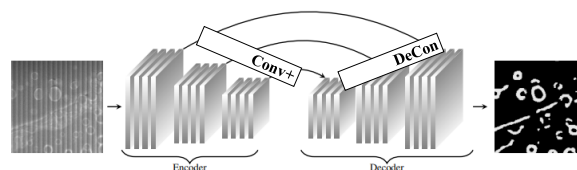
Markov tasodifiy maydoni (*Markov Random Field*).

Chen va boshqalar. [13] CNN va to'liq bog'langan Conditional Random Fields (CRF) ning kombinatsiyasi asosida ishlaydigan semantik segmentatsiya algoritmini taklif qilgan. CNN ning segmentatsiya xaritasida obyekt aniq qilib ajratilmagan bo'lishi mumkin. Shuning uchun CNN klassifikatsiya masalalari uchun qulay hisoblanadi. CNN ning yuqoridagi kamchiligini bartaraf qilish uchun CNN ning so'nggi qatlamidagi natijalarni CRF bilan birlashtirish lozim. Bu esa obyektning chegaralarini oldingi modellarga nisbatan aniqroq ajratib olish imkonini beradi.

turi bu konvolyutsion encoder-decoder arxitekturasiga asoslangan modellaridir. Ko'pgina chuqur o'qitish algoritmlariga asoslangan segmentlash masalalarida encoder-decoder modellaridan foydalaniladi.[7] Bu modellarning turlari asosan ikki guruhga bo'linadi:

- umumiy segmentlash;
- tibbiyot tasvirlarini segmentlash.

Ushbu modellar ikki qismdan tashkil topadi: encoder va decoder. Encoder tasvirni muhim parametrlarini vektor ko'rinishiga keltiradi. Encoding jarayonida tasvirning aniqligi uning o'lchami kichrayib borishi hisobiga qadamma-qadam pasayib boradi. Decoder esa encoding jarayoniga simmetrik jarayon bo'lib, tasvir o'lchamini (masshtabini) avvalgi holatiga qaytaradi.



6-rasm. Encoder-decoder arxitekturasi sistematiq ko'rinishi. Chap tomondagi tasvir kiruvchi tasvir hisoblanib, bir necha qatlamlar bo'yicha harakatlanadi. O'ng tomondagi binar tasvir esa natijaviy tasvirdir. (→) lar esa qatlamdagi ma'lumotlarni to'g'ridan to'g'ri encoder qismidan o'ziga mos keladigan decoder qatlami bilan almashishini ta'minlaydi.

6-rasmda odatiy encoder-decoder arxitekturasi asoslangan tasvirni segmentlash jarayoni keltirilgan. Har bir blok konvolyutsion qatlamni natijalaridir. Ushbu tarmoqda ma'lumotlar chapdan o'ngga qarab harakatlanadi. 5-rasmda berilgan (→) belgisi qatlamlararo ketma-ketlikni o'tkazish amalini bildirib, qatlamdagi

ma'lumotlarni to'g'ridan to'g'ri encoder qismidan o'ziga mos keladigan decoder qatlami bilan almashishini ya'ni, o'zidan keyingi qatlamdan o'tmasdan turib belgilangan qatlama to'g'ridan to'g'ri o'tadigan qismlarini belgilaydi. Qatlamlar soni, qatlamlararo ketma-ketlikni o'tkazish amallari hamda aktivatsiya funksiyalaridan tarmoqlarning turiga qarab turlicha foydalaniladi.

Ushbu arxitekturada encoder va decoder qismida turlicha tarmoqlardan foydalanish mumkin. Misol uchun encoder qismi uchun MobileNet, ResNet, VGG-net and UNet kabi tarmoqlardan foydalanish mumkin. Decoder qismi uchun esa UNet, FCNnet, PSPNet and SegNet kabi tarmoqlardan foydalanish yaxshi natija beradi. Ushbu tarmoqlardan foydalanish istalgan kombinatsiyada foydalanish mumkin ammo ba'zi tarmoqlar modellarida kiruvchi tasvirlar uchun shartlar mavjud. Misol uchun ResNet modeli kiruvchi tasvir o'lchami 32 ga karrali bo'lishini, PSPNet modellari esa 192 ga karalli bo'lishini talab qiladi. Mos ravishda MobileNet modeli esa kiruvchi tasvir o'lchami 224x224 bo'lishini talab qiladi. [9]

3.1. Umumiy segmentatsiya uchun encoder-decoder modellari. Noh va boshqalar. [17] teskari konvolyutsiya (*deconvolution, transposed convolution*) ga asoslangan semantik segmentlash modelini taklif qilgan. Ular encoder qismida VGG-16 tarmog'ining konvolyutsion qatlamlarini arxitekturaga moslashtirgan holda ishlatgan. Aniqlik qilib aytganda VGG-16 arxitekturasining zich qatlamigacha bo'lgan qismi ishlab chiqilgan modelning encoder qismi sifatida ishlatilgan. Decoder qismi esa ajratib olingan muhim parametrlar (*feature vector*) vektorini qabul qiladi va har bir pikselni sinflarga tegishlilik ehtimolligining belgilar vektorini hosil qiladi. Ushbu arxitektura PASCAL VOC 2012 o'quv tanlanmasida o'qitilganda 72.5% natija ko'rsatgan va bu o'z vaqtida eng yuqori natija bo'lgan.

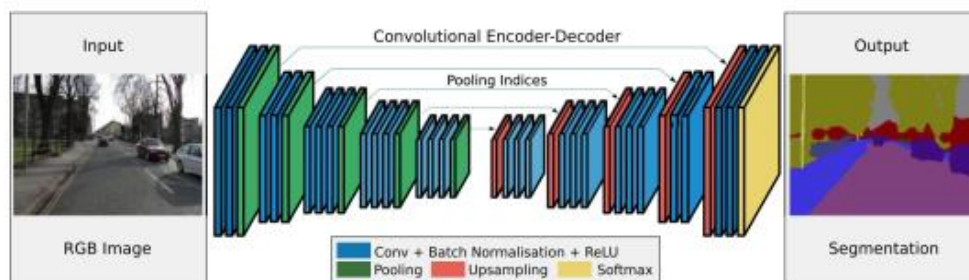
Navbatdagi tasvirlarni segmentlovchi encoder-decoder arxitekturaga asoslangan model SegNet deb nomlanib, 2015 yilda ishlab chiqilgan [12] (6-rasm). SegNet ning encoder qismi VGG16 tarmog'ining dastlabki 13 ta konvolyutsion qatlamlaridan tashkil topgan. Decoder qismi esa odatdagidek encoder qismiga simmetrikdir. Ammo SegNet modelida to'liq bo'lganishli qatlamlar mavjud emas, chunki SegNet natija sifatida segmentlangan tasvirni qaytaradi. Ushbu modelning asosiy yangiligi encoder jarayonidan chiqqan kichik masshtabli parametrlarni katta masshtabga o'tkazishidir.

1-jadval

Encoder-decoder tarmoqlarining turli xil kombinatsiyalari.

ENCODER	DECODER	ENCODER	DECODER
MobileNet ResNet VGGNet	PSPNet	MobileNet ResNet UNet VGGNet	Unet
MobileNet ResNet UNet VGGNet	SegNet	MobileNet ResNet UNet VGGNet	FCNNet

SegNet upsampling jarayonida decoder qismining mos ravishda encoder qismidagi max-pooling qatlamda olingan qiymatlarni indexlaridan foydalanadi. Bu esa o'z navbatida upsampling jarayonini soddalashtiradi. Shu jihatdan SegNet modelida o'qitiluvchi parametrlar soni boshqa arxitekturalardan kamroq bo'ladi. SegNet asosan tasvirdagi obyektlarning orasidagi bog'liqlikni o'rganish uchun ishlab chiqilgan (*scene understanding*). Shuning uchun xotira va hisoblash vaqti borasida samarali hisoblanadi.



7-rasm SegNet modelining arxitekturasi

3.2. Biotibbiy va tibbiy tasvirlarni segmentlash uchun encoder-decoder modellari.

Tibbiy va biotibbiy tasvirlarni segmentlash uchun ko'plab modellar ishlab chiqilgan. Ushbu modellar FCN va encoder-decoder modellari ishlash tamoyillari asosida yaratilgan. UNet ushbu modellarning ichida eng keng tarqalganlaridan biri hisoblanadi.

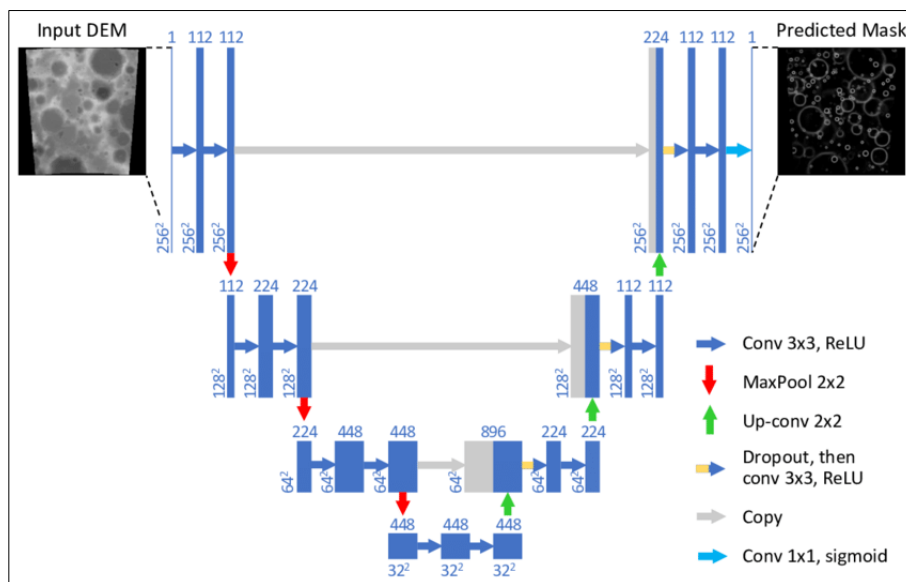
Ronneberger va boshqalar [8] 2015- yilda biologik mikroskop tasvirlarni segmentlash uchun UNet modelini taklif qildi. Ushbu modelda o'quv tanlanmani berilgan asosida o'z o'zidan ko'paytirish (*data augmentation*) usuli yordamida ma'lumotlarni juda kam sonli qayta

qiymatlangan tasvirlar (*labelled images*) yordamida o'qitish mumkin. UNet arxitekturasi ikki qismdan iborat. Encoding qismi ma'lumotlardan muhim parametrlarni ajratib olishga, decoding qismi esa tasvirdagi obyektlarni aniq lokallashtirishga xizmat qiladi.

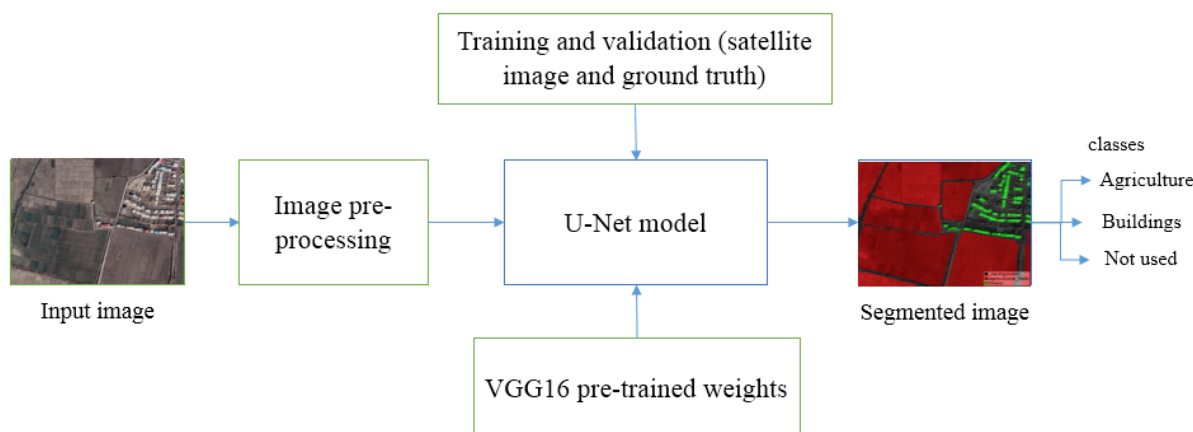
UNet modelining boshqa modellardan asosiy farqi shundaki, encoding jarayonidan so'ng upsampling jarayonida decoding qatlamida mos encoder qatlamidagi ma'lumotlardan foydalaniladi. Bu esa muhim parametrik ma'lumotlarni saqlab qolish imkonini beradi. Oxirgi qatlam har bir pikselni qaysi sinfga tegishli ekanligini aniqlaydi.

UNet ning turli xil ko'rinishlari ishlab chiqilgan. Misol uchun, CICEK [11] UNet arxitekturasi uch o'lchovli tasvirlar uchun moslashtirgan. U-Net boshqa sohalarda ham qo'llanilib kelinmoqda. Jumladan, UNet arxitekturasi sun'iy yo'ldoshdan olingan tasvirlarni qayta ishlash asosida qishloq xo'jaligi uchun mo'ljallangan

yerlar, binolar, foydalanilmayotgan yerlar kabilarni sinflashtirish segmentlash orqali yechilgan [16]. Bunda UNet modeli bilan birgalikda oldindan o'qitilgan model (ImageNet, VGG16) koeffitsentlaridan foydalanib (*transfer learning*) sun'iy yo'ldoshdan olingan tasvirlarni segmentlash arxitekturasi taqdim qilingan (8-rasm).



8-rasm. UNet modeli arxitekturasi



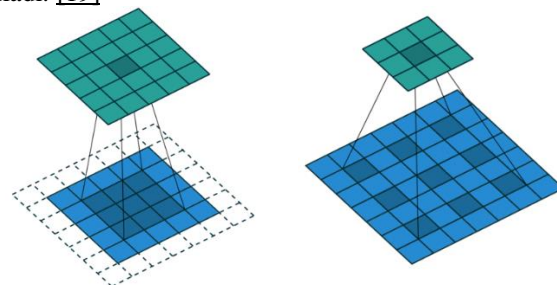
9-rasm. UNet va oldindan o'qitilgan model koeffitsentlaridan foydalanib tasvirni segmentlash arxitekturasi [16].

Ushbu taklif qilingan model Inter-IIT-CSRE o'quv tanlanma asosida NVidia, GeForce GTX 1080Ti, RAM 64 GB va GPU 11 GB xarakteristikali hisoblash tizimida o'qitilgan bo'lib, boshqa modellarga qaraganda kam sonli o'quv tanlanma asosida, kam vaqt sarflagan holda model 94,3% aniqlikka erishilgan.

Kengaytirilgan konvolyutsion qatlam (Dilated convolution)

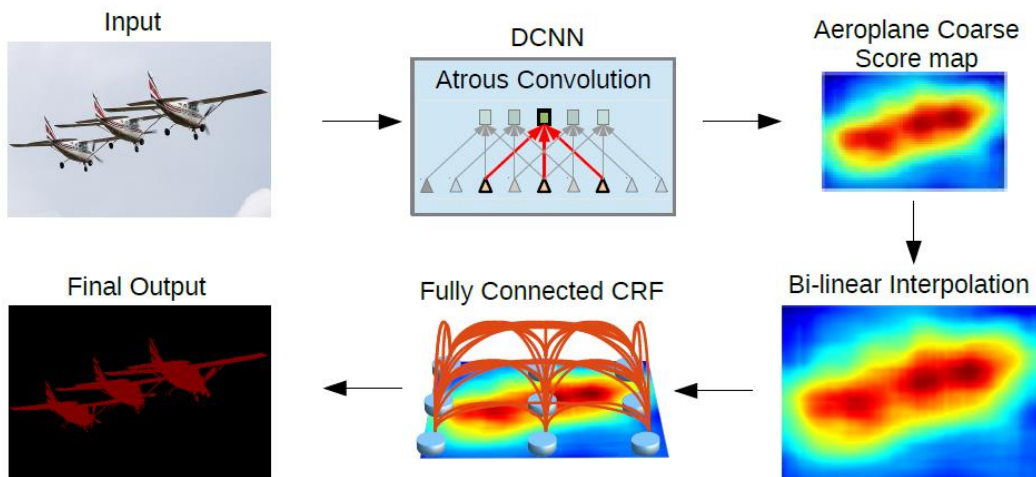
Ushbu kengaytirilgan konvolyutsiya arxitekturasi *dilation rate* nomli parametr kiritilgan bo'lib, bu filtr (kernel) orasidagi bo'sh joylarni bildiradi. Masalan *dilation rate* 2 ga teng bo'lganda 3x3 filtr oddiy konvolyutsion qatlamlardagi 5x5 o'lchamdagi filtrga mos keladi, ammo parametrlari soni 9 taga teng bo'ladi. Kengaytirilgan konvolyutsiya amali real-vaqt rejimidagi

semantik segmentlash masalalari uchun juda mos tushadi. Kengaytirilgan konvolyutsiya amalining asosiy yutuqlari qirralarni aniqroq ajratib olishi hamda segmentlangan tasvirning tiniqroq ko'rinishini hosil qiladi. [19]



a) Oddiy konvolutsion qatlam (Filtr: 3x3, oraliq : 1)
 b) Kengaytirilgan konvolutsion qatlam (Filtr: 3x3, dilation rate: 2)

Kengaytirilgan konvolutsion qatlamlarning yana bir asosiy jihatlaridan biri kiruvchi tasvirning o'lchamlari kamaymasligidir. Bu qatlamlarda hech qanday o'lchamlarni kamaytiruvchi amallar bo'lmaydi(max-pooling, striding). Bu esa muhim ma'lumotlarni saqlab qolish imkonini beradi.



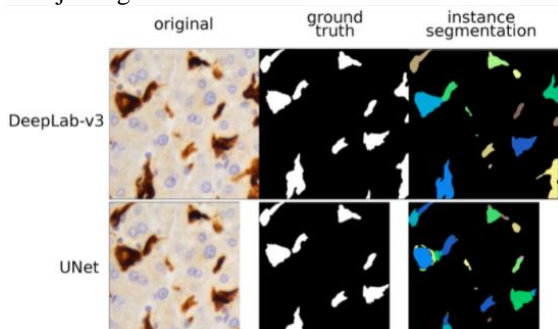
11-rasm DeepLab modelining umumiy ko'rinishi

Kengaytirilgan konvolutsion qatlamdan foydalangan eng keng tarqalgan arxitekturalardan biri DeepLab oilasi hisoblanadi(DeepLabv1, DeepLabv2, DeepLabv3, DeepLabv3+) [7]. DeepLabv1 and DeepLab2 modellarining 3ta asosiy ustunliklari bor:

o'lchamlari kamaymasligi ;

DeepLab oilasida Atrous Spatial Pyramid Pooling(ASPP) qatlamlaridan foydalanilgan. Bu qatlamlar tasvirdagi obyektlarni turli xil o'lchamlarda bo'lsa ham muvaffaqiyatli aniqlab oladi. Chunki ular obyektlarni har xil o'lchamlarga keltiradi;

chuqur CNN tarmoqlari hamda ehtimollik grafik modellaridan foydalanib tasvirdagi obyektlarning chegaralarini aniqroq qilib ajratib beradi. DeepLab modeli PASCAL VOC 2012 o'quv tanlanmasida 79.7% lik natija bergan.



12-rasm DeepLab-v3 va UNet arxitekturalarida segmentlangan tasvirlar.

2018-yilda Chen va boshqalar. [20] Encoder-decoder arxitekturasiga asoslangan DeepLabv3+ arxitekturasini ishlab chiqqan. Ushbu model PASCAL VOC 2012 o'quv tanlanmasida 89.0% natija ko'rsatgan.

Xulosa

FCN modellari tasvirlarni segmentlash sohasida haqiqiy inqilobni yuzaga keltirdi. FCN modellarida parametrlar soni ko'proq bo'lgani uchun real-vaqt tizimda segmentatsiya masalalari uchun foydalanish tavsiya etilmaydi. Qolgan arxitekturalar ham FCN ga asoslangan holatda ishlab chiqilgan bo'lib, FCN dan ko'ra ham xotira va vaqt borasida samaraliroq qilib ishlab chiqilgan. FCN modeli PASCAL VOC 2012 o'quv tanlanmasida 62.2% lik [6] natija bergan. CNN va CRF ga asoslangan model esa ushbu o'quv tanlanmasida 74.7% aniqlikni ko'rsatgan. Ushbu model ham real-vaqt tizimidagi masalalar uchun unchalik mos emas. Encoder-decoder arxitekturasiga asoslangan model esa hech qanday tashqi ma'lumotlarsiz 72.5% natija ko'rsatgan bu esa o'z vaqtida eng yuqori natija bo'lgan. Encoder-decoder arxitekturasiga asoslangan SegNet modeli oldingi modellardan farqli o'laroq real-vaqt rejimidagi segmentlash uchun ancha qulay hisoblanadi, chunki ushbu modelda o'qitiladigan parametrlar soni kamroq. Kengaytirilgan konvolutsion qatlamlardan foydalanadigan DeepLab oilasi real-vaqt rejimidagi segmentatsiya uchun keng qo'llanilmoqda. DeepLabv3+ modeli PASCAL VOC 2012 o'quv tanlanmasida 89.0 % lik natija ko'rsatgan.

Foydalanilgan adabiyotlari:

1. N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, 1979.
2. L. Najman and M. Schmitt, "Watershed of a continuous function," Signal Processing, vol. 38, no. 1, pp. 99–112, 1994.
3. N. Dhanachandra, K. Manglem, and Y. J. Chanu, "Image segmentation using k-means clustering algorithm and subtractive clustering algorithm," Procedia Computer Science, vol. 54, pp. 764–771, 2015

4. N. Plath, M. Toussaint, and S. Nakajima, "Multi-class image segmentation using conditional random fields and global classification," in Proceedings of the 26th Annual International Conference on Machine Learning. ACM, 2009, pp. 817–824.
 5. L.-C. Chen, G. Papandreou, F. Schroff, and H. Adam, "Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation," arXiv preprint arXiv:1706.05587, 2017
 6. J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell, "Fully convolutional networks for semantic segmentation," in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2015, pp. 3431–3440
 7. Shervin Minaee, Yuri Y. Boykov, Fatih Porikli, Antonio J Plaza, Nasser Kehtarnavaz, Demetri Terzopoulos. Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (2021).
 8. Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, and Thomas Brox. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Computer Science Department and BIOS Centre for Biological Signalling Studies(2015), University of Freiburg, Germany
 9. Evgenii Sovetkin, Elbert Jan Achterberg, Thomas Weber, and Bart E. Pieters. Encoder-decoder semantic segmentation models for electroluminescence images of thin-film photovoltaic modules. IEEE Journal of Photovoltaics (2020).
 - A. Kendall, V. Badrinarayanan, and R. Cipolla, "Bayesian segnet: Model uncertainty in deep convolutional encoder-decoder architectures for scene understanding," arXiv preprint arXiv:1511.02680, 2015
 10. O. Cicek, A. Abdulkadir, S. S. Lienkamp, T. Brox, and O. Ronneberger, "3d u-net: learning dense volumetric segmentation from sparse annotation," in International conference on medical image computing and computer-assisted intervention. Springer, 2016, pp. 424–432.
 11. Vijay Badrinarayanan, Alex Kendall, Roberto Cipolla. SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (Volume: 39, Issue: 12, Dec. 1 2017)
 12. Liang-Chieh Chen, George Papandreou, Iasonas Kokkinos, Kevin Murphy, Alan L. Yuille. Semantic image segmentation with deep convolutional nets and fully connected CRFs. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (Volume: 40, Issue: 4, April 1 2018)
 - A. G. Schwing and R. Urtasun, "Fully connected deep structured networks," arXiv preprint arXiv:1503.02351, 2015
 13. T.A. Kuchkorov, O.B. Ro'zibayev. Neyron tarmoqlari yordamida tasvirni sinflash va segmentlash usullari va vositalari. Дастурий ва компьютер инжиниринг технологияларининг замонавий муаммолари (2020)
 14. T. A. Kuchkorov, Sh. N. Urmanov and Kh. Kh. Nosirov. Perspectives of deep learning based satellite imagery analysis and efficient training of the U-Net architecture for land-use classification. Developments of Artificial Intelligence Technologies in Computation and Robotics, pp. 1041-1048 (2020)
 15. H. Noh, S. Hong, and B. Han, "Learning deconvolution network for semantic segmentation," in Proceedings of the IEEE international conference on computer vision, 2015, pp. 1520–1528.
 16. Z. Liu, X. Li, P. Luo, C.-C. Loy, and X. Tang, "Semantic image segmentation via deep parsing network," in Proceedings of the IEEE international conference on computer vision, 2015, pp. 1377–1385.
 17. F. Yu and V. Koltun, "Multi-scale context aggregation by dilated convolutions," arXiv preprint arXiv:1511.07122, 2015.
 18. L.-C. Chen, Y. Zhu, G. Papandreou, F. Schroff, and H. Adam, "Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation," in Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV), 2018, pp. 801–818
<https://github.com/Bennyhwangggg/FCN-Image-Segmentation>
- Temurbek Kuchkorov**
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Kompyuter tizimlari" kafedراسi doktoranti, Ph.D, dotsent. email: timanet4u@gmail.com
- Temur Ochilov**
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Komyuter tizimlari" kafedراسi magistranti. email: timnet2u@gmail.com
- Kuchkorov T., Ochilov T.**
Deep learning based architecture and algorithms for image segmentation.
- Image segmentation is a key topic in image processing and computer vision with applications such as medical image analysis, robotic perception, video surveillance, satellite image processing, and image compression, among many others. Machine learning, neural networks and deep learning algorithms are actively being used computer vision tasks such as object detection, image classification, image segmentation, object tracking. This paper provides key features of popular image segmentation models including fully convolutional networks (FCN), convolutional neural networks (CNN) with graphical models and models based on encoder-decoder architecture. Furthermore, this paper includes similarities, use-cases and limitations of analysed models.
- Keywords.** Image segmentation, semantic segmentation, neural networks, convolution layer, CNN, FCN, encoder and decoder, upsampling, downsampling, pooling.

Seitnazarov K.K., Aytanov A.Q.

Geoaxborot tizimlarida turli xil ma'lumotlarni jarayon oldi qayta ishlash

Ushbu maqolada, geoaxborot tizimining strukturasi jismoniy va mantiqiy vakillik qilish uchun oldindan ishlov berish mexanizmini amalga oshirish orqali funktsional yondashuvlar va aniq echimlar taklif etiladi, bu esa ma'lumotlarni ilovada ko'rsatilishidan oldin ma'lumotlarni ulash va o'zgartirishga imkon beradi. Shunday qilib, qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash uchun geoaxborot tizimida ishlashda qaror qabul qiluvchi shaxs o'z so'rovlari bo'yicha yaratilgan virtual ma'lumotlar bazasini saqlab qolish orqali olingan natijalarni aniqlash qobiliyatiga ega bo'lgan dolzarb ma'lumotlarga to'liq kirish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Kalit so'zlar: Geoaxborot tizimlari, ma'lumotlar bazasi, qaror qabul qilish, protsessor, model, ma'lumotlarni qayta ishlash.

Kirish.

Inson faoliyatiga axborot texnologiyalarining joriy etilishi axborot tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va mikroprotsessor texnologiyalarining rivojlanishi va takomillashuviga olib keldi. So'nggi o'n yillikda geoaxborot tizimlari (GAT) ayniqsa tez rivojlana boshladi va qo'llanila boshladi, ular yo'nalishni belgilash muammolarini hal qilish, turli tashkilotlar faoliyatini optimallashtirish, xaritada qiziqirgan ob'ektlarni topish, qarorlar qabul qilishni qo'llab-quvvatlashga qaratilgan.

Ko'pincha, ob'ektiv qaror qabul qilish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar, ma'lum bir tuzilma yoki bo'lim ehtiyojlari uchun yaratilgan, har xil axborot tizimlarida, ma'lumotlardan keyingi foydalanish va boshqa AT bilan integratsiyalashuv istiqbolini hisobga olmagan holda saqlanadi.

Bir geomaydonda barcha kerakli ma'lumotlarni birlashtirish va to'plash boshqaruv jarayonini shaffof qiladi va qarorlarni qo'llab-quvvatlash samaradorligini oshiradi. Bunday tizimlarni joriy etishning muvaffaqiyati geodatani qayta ishlash jarayonlarining uchta komponentiga bog'liq bo'ladi, ya'ni ishlov berish uchidan uchigacha, yuzaki va izchil bo'lishi kerak [1]. O'z navbatida, fazoviy taqsimlangan ma'lumotlarga kirishni ta'minlash kerak, bu operatsion hisoblanadi va kirishning o'zi ishonchlilik va to'liqlik xususiyatlarini qo'llab-quvvatlaydi. Yuqoridagi fazilatlariga ega bo'lgan geoaxborot tizimi qaror qabul qiluvchilarga strategik va boshqaruv operatsion harakatlarini oqilona bajarishga imkon beradi. Ma'lumotlar manbalarining hududiy uzoqligi, ma'lumotlar bazalarining turli tuzilmalari (MB) va unda saqlanadigan ma'lumotlar formatlari tufayli bunday geoaxborot yechimini har doim ham amalga oshirib bo'lmaydi. Ma'lumotlarni boshqarish tizimlari bir nechta ma'lumotlar bazasi bilan ishlashda ma'lumotlarning yaxlitligi, izchilligi talablariga javob berishi va ko'p qatlamli axborot maydoni darajasini hisobga olishi kerak. Muammo birlashtirilgan ma'lumotlarni markazlashtirilgan boshqarishdan ko'p formatli axborot muhitida tarqatiladigan ma'lumotlarni qayta ishlashga o'tishning texnologik murakkabligidadir, shu jumladan mahalliy tarmoqdagi turli hil ma'lumotlar bazasida ishlash uchun avtonom tizimlar, bu esa global bitimlarni boshqarish imkoniyatini bermaydi [2].

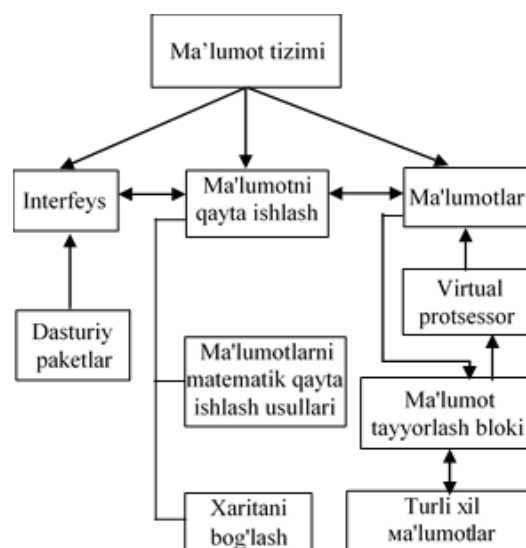
Ma'lumotlar bazalarining to'liqligi va tuzilishini bir vaqtning o'zida bir nechta foydalanuvchilar bilan saqlashning echimi, agar ular bir xil bo'lmasa, ma'lumotlar bazasi tizimlarining mustaqilligi va tarqatilishini ta'minlashga urinish bo'lishi mumkin

Axborotni keng miqyosda raqamlashtirish ishlab chiquvchilarni o'z ishlarida imkon qadar ko'proq ma'lumotlardan foydalanadigan axborot tizimlarini yaratishga yo'naltiradi va shu bilan menejer tomonidan qarorlar qabul qilish sifatini oshiradi.

Murakkab dasturiy ta'minot tizimlarini yaratish uchun ko'p bosqichli modeldan foydalanish yukni bir tekis taqsimlash, geoaxborot tizimining ishonchliligi va yanada kengaytirilishiga imkon beradi. [3].

Asosiy qism

Taqsimlangan geoaxborot tizim uchun eng maqbul model uch darajali "ma'lumotlar - qayta ishlash - interfeys" dan tashkil topgan model hisoblanadi. Taqsimlangan geoaxborot tizim (TGAT) uchun eng maqbul model uch bosqichdagi "ma'lumotlar - qayta ishlash - interfeys" dan iborat modeldir. Uch darajali taqdimot tizimning har bir darajadagi dasturiy modullar soniga bog'liqligini istisno qilishga imkon beradi. Axborot uzatishning oqim modeli strukturaviy modeldan olingan va 1 -rasmda keltirilgan.



1-rasm- Taqsimlangan geoaxborot tizimda ma'lumot uzatishning oqim modeli

Ma'lumotlarga ishonchli va tezkor kirishni ta'minlash uchun biz turli hil ma'lumotlarni dastlabki (oldindan ishlov berish) qayta ishlash kontseptsiyasini joriy qilamiz.

Bunday ishlov berish virtual ma'lumotlar protsessori va ma'lumotlarni tayyorlash blokini o'z ichiga oladi.

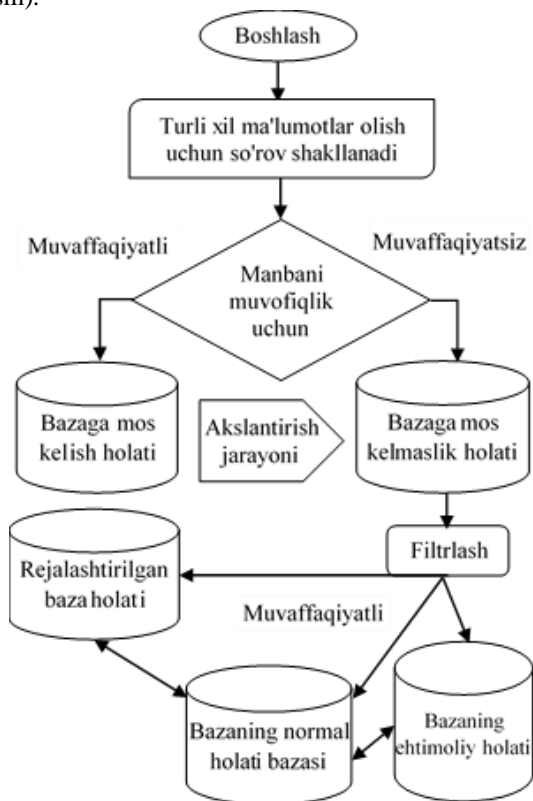
Virtual ma'lumotlar protsessori ma'lumotlarning joylashishini, ularning tuzilishi va formatlarini yashirgan holda turli xil tizim ma'lumotlariga bir xil kirishni ta'minlashga imkon beradi, bu esa asl ma'lumotlarni tizim formatiga aylantirmaslik va uni asl nusxada mahalliy sifatida ishlatish imkonini beradi. Ma'lumot yig'ish va ularni birlamchi qayta ishlash tizimdan foydalanuvchining talabiga binoan ma'lumotlarni tayyorlash bo'limi tomonidan amalga oshiriladi.

Virtual protsessordan foydalanish konvertatsiya qilinayotgan ma'lumotlarning ayrim holatlari mavjudligini nazarda tutadi, xususan:

haqiqiy holati. Boshqarish ob'ektining tashkiliy quyi tizimlarining ishlashi to'g'risida ma'lumot;

rejali va me'yoriy holatlar. Kirish hujjatlari, boshqaruv qarorlarini qabul qilish natijalari [4].

Virtual protsessor yordamida taqsimlangan ma'lumotlar bazasi asosida ko'rib chiqilayotgan TGATda ish quyidagi stsenariy bo'yicha amalga oshiriladi (2-rasm).



2-rasm. Virtual ma'lumotlar protsessordan foydalanish algoritmi

Algoritmning boshlanishi foydalanuvchi ma'lum bir muammoni hal qilish uchun (GAT)ga murojaat qilgan paytga mos keladi, so'ngra turli manbalardan ma'lumotlarni olish uchun so'rov shakllanadi.

Keyin manbalar muvofiqligi tekshiriladi [5].

Muvofiqlikni tekshirish muvaffaqiyatli bo'lsa, mustahkamlik bazasiga kirish ta'minlanadi. O'tkazilgan tekshiruvdan so'ng rejali, me'yoriy yoki ehtimolli holatlarning asoslari shakllanadi [6].

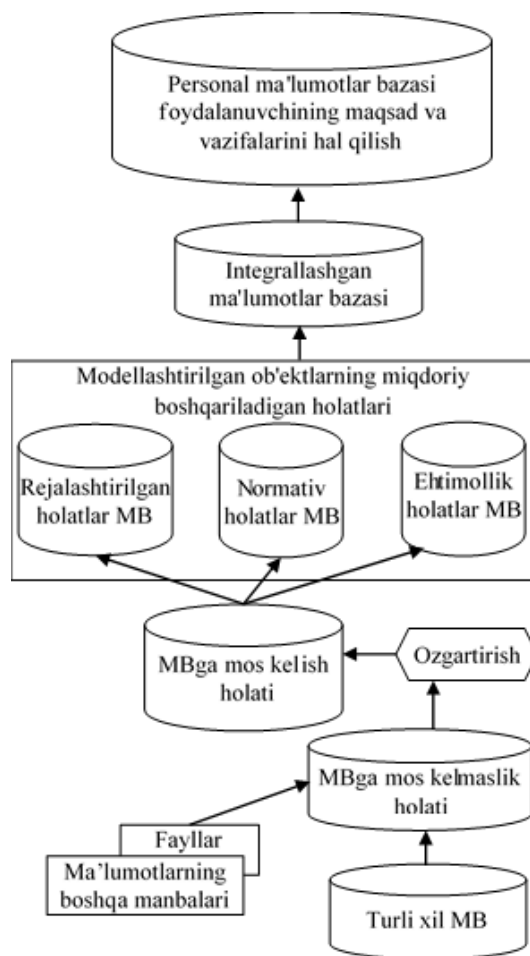
Agar izchillik tekshiruvi o'tkazilmasa, mos kelmaydigan holat ma'lumotlar bazalari yaratiladi.

Ushbu ma'lumotlar bazalari turli hil mahalliy ma'lumotlar bazalaridan ma'lumotlarni saqlaydi.

Ma'lumotlarni qayta ishlash mexanizmidagi barcha davlat ma'lumotlar bazalari yagona integratsiyalashgan ma'lumotlar bazasi bilan birlashtirilgan.

Yuqorida tasvirlangan virtual ma'lumotlar protsessoring mexanizmlarini hisobga olgan holda (TGAT) quyi tizimlarining qaramlik diagrammasi 3 - rasmda ko'rsatilgan shaklga ega.

Boshqaruv vazifalarini qabul qilish yordamida TGAT tuzilmasida protsessordan foydalanish alohida kichik vazifalarning o'zaro ta'sirini muvofiqlashtirish va ta'minlash imkonini beradi. Virtual protsessorning bir qismi bo'lgan ma'lumotlarni tayyorlash bo'limi, agar kerak bo'lsa, kengaytirilishi mumkin. Bunday holda, barcha qo'shimchalar allaqachon mavjud bloklarning dasturiy protokollarini meros qilib oladi [7].



3-rasm. TGAT quyi tizimlarining bog'liqlilik diagrammasi

Xulosa.

Ko'pincha, qaror qabul qilish uchun qaror qabul qiluvchi ko'p sonli omillarni, mezonlarni va unga mavjud bo'lmagan ma'lumotlarni hisobga olishi kerak. Ma'lumotga kirish ko'p sabablarga ko'ra cheklangan, shu jumladan uni ba'zida bir-biridan ancha uzoqroqda joylashgan boshqa tarkibiy bo'linmalar yoki tashkilotlar tomonidan topilishi va ishlatilishi bilan bog'liq. Agar taqsimlangan geoaxborotni boshqarish tizimini yaratgan

bo'lsak, shakllangan ma'lumotlar bazalaridan ma'lumotlarni birlashtirish mumkin, ammo ko'p sonli manbalarning mavjudligi va ularning xilma-xilligi global tranzaksiyalar o'rtasidagi ziddiyatlarga olib kelishi mumkin. Muammoni hal qilish boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun geoaxborot tizimini ishlab chiqishda qo'shimcha modul yaratish bo'lishi mumkin, bu ma'lumotlarni oldindan qayta ishlaydi va ularni kerakli shakl va formatga o'zgartiradi, bu esa ma'lumotlar bazalarining avtonomiyasi o'sishga olib keladi. Turli hil ma'lumotlarni qayta ishlashni oldindan qayta ishlash mexanizmini geoaxborot qarorlarni qo'llab-quvvatlash tizimlarida qo'llash, uning hududiy joylashuvi, formati va ma'lumotlarni saqlash tuzilishidan qat'iy nazar, kerakli ma'lumotlarning maksimal miqdoridan foydalanishga qaratilgan bo'lib, bu jarayon yoki ob'ektni boshqarish bo'yicha yaxshiroq qaror qabul qilish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

[1] Куракина Н. И., Минаева А. А. Система поддержки принятия решений по управлению водными объектами с использованием ГИС [Электронный ресурс]: журнал ArcReview. – 2008. – № 1 (44). – Режим доступа: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/list.php?SECTION_ID=37.

[2] Бурковский В. Л., Дорофеев А. Н., Семенин С. В. Моделирование и алгоритмизация управления гетерогенными базами данных в распределенных информационных системах. – Воронеж: Гос. техн. университет, 2003. – 136 с.

[3] Истомин Е. П., Колбина О. Н., Степанов С. Ю. Методика проектирования геоинформационной системы управления территориями Заполярья на основе распределенных гетерогенных баз данных // Ученые записки РГГМУ. – 2015. – Вып. 39. – С. 221–228.

[4] Истомин Е. П., Колбина О. Н., Сидоренко А. Ю., Петров Я. А., Степанов С. Ю. Математическая модель обработки пространственно-распределенных разнородных геоданных для принятия управленческих решений по прокладке оптимальных маршрутов следования судов в Арктике // Естественные и технические науки. – 2019. – № 4 (130). – С. 130–133.

[5] Гарсия Эскалона Х. А., Истомин Е. П., Колбина О. Н. Перспективы развития инфраструктуры пространственных данных с использованием данных с использованием современных технологий // Ученые записки РГГМУ. – 2018. – № 50. – С. 130–136.

[6] Степанов С. Ю., Колбина О. Н. Методика проектирования геоинформационной системы для поддержки принятия управленческих решений на основе использования пространственно-распределенной разнородной информации // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2016. – № 2 (18). – С. 16–21.

[7] Флегонтов, А. В., Воронов, Г. Б., Смирнов, В. Н., Задубина, Г. А. (2019). Cartographic support of ground-based navigation systems. Вестник SGUGIT [Вестник SSUGT], 24(3), 106–118 [Россия].

Seitnazarov K.K.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Nukus filiali “Kompyuter injiniringi” fakulteti dekani, texnika fanlari doktori, dotsent,

Aytanov A.Q.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU “Kompyuter tizimlari” kafedrasida doktoranti

Seitnazarov K.K., Aytanov A.Q.

Processing of different data in geoinformation systems

This article proposes functional approaches and clear solutions through the implementation of a preprocessing mechanism for the physical and logical representation of the structure of a geographic information system, allowing you to create something new. Thus, when working in a geographic information system to support decision-making, the decision-maker has access to up-to-date data with the ability to determine the results of virtual events.

Keywords: Geoinformation systems, database, decision making, processor, model, data processing.

UDK 004.95

Кахаров Ш.С., О'ринов Е.М.

Shaxsni yuz tasviri orqali identifikatsiyalashda ko'p pog'onali biometrik tizim qurish masalasi va yechimlari

Mazkur maqolada shaxsni yuz tasviri asosida avtomatik identifikatsiya qilish uchun mo'ljallangan ko'p pog'onali biometrik tizimni qurishdagi dastlabki muammolardan biri bo'lgan, yuz tasviridan yuzning lokal komponentalari hisoblanuvchi ko'zlar, burun va og'iz sohasini aniqlash masalasini hal etish usullari keltirilgan.

Kalit so'zlar: yuz tasviri, lokal komponentalar, belgilar vektori, biometrik tizim, identifikatsiyalash.

Kirish. Identifikatsiya, autentifikatsiya, xavfsizlik, kuzatuv tizimlari boshqaruvi kabi ko'plab masalalarni hal etishda foydalaniluvchi kompyuter ko'rishiga bog'liq bo'lgan real dasturiy vositalarda shaxsni yuz tasviri orqali tanib olish usulini qo'llash muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu usul, ma'lumotlarni to'plash davomida kuzatilayotgan shaxs bilan kontaktini (kod terish, barmoq izi orqali identifikatsiya qilish va h.k.) talab qilmaydi va uning salomatligiga xavf solmaydi. Bundan tashqari, insonning yuzi u haqidagi ko'plab noverbal axborotlar manbai hisoblanadi [1].

Yuzning ko'p o'lchamli va murakkab tuzilishi sababli, uni tanib olish katta hajmdagi hisoblashlarni amalga oshirishni talab etadi. Yuzni avtomatik tanib olish masalasi, bugungi kungacha ko'plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan o'ranib kelinayotganligi uchun ular tomonidan katta hajmli murakkab hisoblashlarni qisqartirish hamda optimallashtirish orqali masalani hal etishning ko'plab usullarini taklif etishgan. Yuzni tanib olishdagi asosiy muammolar sifatida yoritilganlik, yuz ifodalari, yuzning turli joylashuvi, qisman okklyuziya, yuzning tuzilishi va halaqit fon kabilarni ko'rsatish mumkin.

Yuzlarni tanib olish – bu tasvirlardagi bir yoki bir nechta shaxslarni yuz tasvir orqali identifikatsiyalash usulidir. Yuzni tanib olish algoritmlari odatda yuzning alohida belgilari hisoblanuvchi yuz burchak nuqtalari va yuz komponentalarining qiymatlarini aniqlab oladi, hamda mazkur qiymatlarni ma'lumotlar bazasidagi mavjud qiymatlar bilan o'zaro taqqoslab eng mos keluvchilarini topishga xizmat qiladi. Yuzning nisbatan yaqqol ajralib turuvchi belgilariga yuzning burchaklari, ko'zlar, burun teshiklari va og'iz sohasi kiradi [2]. Yuz burchaklari – bu ko'z burchaklari, burun teshiklari, burunning uchi va og'iz burchaklaridir. Ular yuzni tanib olish uchun asosiy xarakteristikalar hisoblanadi. Barcha ma'lumotlarni mos keluvchi namunalar bilan taqqoslash asosida tanib olishning yakuniy qarori qabul qilinadi. Tanib olish algoritmlari yuz tasvirlari bazasidagi mavjud tasvirlarga tizimga kiruvchi yuz tasvirlarlari mos kelsa ularni identifikatsiya qilish, aksincha bo'lsa rad etish vazifasini bajaradi.

2. Masalaning qo'yilishi. Yuzni tanib olish algoritmlari quyidagi kategoriyalarga bo'linadi va mazkur algoritmlar tanib olish, lokallashtirish hamda yuzlarni tekshirish algoritmlariga ham qo'llanadi: a) xolistik (global) - tashqi ko'rinishga asoslangan (appearance-based); b) belgilarga (lokal komponentalarga) asoslangan (feature-based); c) gibridd

(fusion) usullar va ularning taksonomiyalari [3]. Yuzni xolistik (global) usulda tanib olishda yaxlit yuz tasvirining barcha ma'lumotlari uchun bitta belgilar vektori shakllantiriladi. Belgilarga asoslangan usulda qoshlar, ko'zlar, burun va og'iz kabi yuzning har bir komponentasi uchun alohida belgilar vektorlari shakllantiriladi. Burun teshiklari mos ravishda yuzning o'ng va chap chetlariga nisbatan simmetrik bo'ladi va burun boshning pozasini ko'rsatuvchi ko'rsatkich hisoblanadi. Shuningdek, og'iz ham yuzni tanib olishda muhim o'rin tutuvchi komponenta sifatida lablar va og'iz kengligi o'zgarishiga qarab yuz ifodasi haqida ma'lumot beradi.

Belgilarga asoslangan usullar turli vizualizatsiya sharoitlarida ishlaydi va ularni yuqori samaradorlikka erishish uchun qo'llash mumkin. Gibridd usul – ko'zlangan natijani olish uchun qo'llanuvchi global va lokal konsepsiyalarni birlashmasi hisoblanadi. Agar yuzning har bir komponentasini ajratib olish imkoni bo'lsa, xolistik (global) belgilarni ajratish zarurati bo'lmaydi [1].

Yuzni tanib olishda xolistik (global) usullarda Eigenfaces [5], Fisherfaces [6], Mustaqil komponentalar tahlili (ICA) [12], momentlar invarianti [7], diskret kosinusli o'zgartirishlar (DCT) [8] va boshqa usullardan foydalaniladi. Belgilarga asoslangan usullarga esa tayanch vektorlar usuli (SVM) [9], chiziqli diskriminant tahlil (LDA) [10], uch o'lchovli modellashtirish (3D-model) [11] va boshqa usullar kiradi.

[12] ishda mualliflar invariant yoritilganlikda yuzni tanib olishning xolistik yondashuvi taklif etilgan, bunda faqat yuqori chastotali komponentalardan foydalaniladi, past chastotali komponentalarni tashlab yuborilishi hisobiga ma'lum miqdordagi kerakli identifikatsion ma'lumot yo'qotiladi. [13] da invariant yuz ifodasi uchun xolistik yuzni tanib olish tizimi taklif etilgan, unda chegaralangan optik oqim algoritmidan foydalanilgan. Bu katta hajmdagi hisoblash sarfini talab etishi hisobiga, qoniqarsiz natijalar olingan.

3. Taklif etilayotgan yondashuv. Biz taklif etayotgan yondashuvda shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalashni ko'p pog'onali biometrik tizim qurish algoritmlarini ishlab chiqish orqali hal etish ko'zda tutilgan. Bunda yuz tasviri lokal komponentalarga ajratib olinadi, hamda har bir komponenta tasviridan bir nechta deskriptor va detektorlar yordamida belgilar vektorlari hosil qilinadi. Shuningdek, yaxlit yuz tasviridan ham mavjud usullar yordamida alohida belgilar vektori hosil qilinadi. Belgilar vektorlari ma'lumotlar bazasida

saqlanadi, mazkur vektorlar tanib olish samaradorligini oshirish uchun hosil qilinuvchi yuz komponentalari kombinatsiyalari (o'ng ko'z+chap ko'z; o'ng ko'z + chap ko'z + burun; burun+og'iz va h.k.) bo'yicha mos ravishda konkatinatsiya qilishda foydalaniladi va tanib olish algoritmlariga kiruvchi qiymatlar vazifasini bajaradi. Bunda komponentalar kombinatsiyasi ko'p pog'onali tizimning pog'onalari sifatida qaraladi. Pog'onadan pog'onaga o'tishda kombinatsiyalanuvchi komponentalar bittaga oshirib boriladi va yakuniy pog'onada barcha komponentalar ishtirok etadi. Belgilar vektorlari va ularning konkatinatsiyasi asosida klassifikatsiyalash amalga oshiriladi va olingan natijalar yakuniy qaror qabul qilish integratorlariga uzatiladi. Integratorlar mustaqil klassifikatorlardan olingan qiymatlar asosida yakuniy qaror qabul qiladi. Tizimda ehtimoliy Bayes, neyrotarmoqli, log-chiziqli integratorlardan foydalaniladi.

Tizim funksionalligini tashkil etish uchun dastlabki qadam bu tizimga kiritiluvchi yuz tasvirlardan yuzning lokal komponentalari joylashgan ROI (Region Of Interest – O'rganilayotgan soha) maydonlarini aniqlab olish kerak, buning uchun:

- tasvirdan yuzni aniqlash;
- tasvirdan aniqlangan yuz sohasidan yuzning lokal komponentalarini ajratish kabi bosqichlar bajarilishi lozim.

3.1 Tasvirdan yuzni aniqlash va yuzning lokal komponentalarini ajratib olish. Bugungi kunda yuzni aniqlashda eng ko'p foydalanilayotgan algoritmi bu Viola-Djones algoritmi hisoblanadi. Chunki u yuqori tezlik va sifatni ta'minlash bilan birga yuzni avtomatik aniqlashda foydalaniladigan turli tizimlarga oson joriy qilinishi bilan ajralib turadi. Algoritm 2001 yilda Pol Viola va Maykl Djonslar tomonidan taklif etilgan. Viola-Djones algoritmi real vaqt rejimida tasvirdagi ob'ektlarni aniqlay oladi. Algoritmni yaxshiroq tushunish uchun uning ishlash jarayonini quyidagi qismlarga ajratamiz [14]:

tasvirda kerakli ob'ektni qidirishda haar belgilaridan foydalaniladi;

Xaar belgilarini hisoblash uchun tasvirni integral ifodalash usulidan foydalaniladi;

AdaBoost algoritmi yordamida kam informativlikka ega belgilar filtrlanadi va kuchli klassifikatorlar ajratib olinadi;

barcha belgilar klassifikatordan o'tkaziladi;

yuz mavjud bo'lmagan sohani tashlab yuborish uchun belgilar kaskadi qo'llaniladi.

Xaar belgilari – oq va qora sohalar o'rtasidagi piksellar yig'indilari o'rtasidagi farqni ifodalovchi son. Yuz sohasini aniqlash doirasida barcha belgilar to'plami tasvirning shakli, o'lchami va joylashuviga ko'ra belgilanadi. Standart Viola-Djones usulida Xaar primitivlari deb ataluvchi Xaar belgilariga o'xshash to'g'ri to'rtburchakli belgilardan foydalanilgan.

Belgili oynani skanerlash algoritmi quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

tasvir mavjudligi, skanerlash oynasi va foydalaniladigan belgilar tanlangani tekshiriladi;

skanerlash oynasi ketma-ket 1 katak qadam bilan tasvir bo'ylab xarakatlana boshlaydi (masalan, skanerlash oynasi 24×24 katakchadan iborat);

tasvir skanerlanayotganda har bir oynada belgilar masshtabning o'zgarishi va skanerlash oynasidagi holatidan kelib chiqib belgilar joylashuvining 200 000 ga yaqin variantini hisoblab chiqadi;

skanerlash turli masshtablar uchun ketma-ket bajariladi;

tasvir o'zi masshtablanmaydi balki, skanerlash oynasi masshtablanadi (yacheyka o'lchami o'zgaradi);

topilgan barcha belgilar klassifikatorga tushiriladi va sinflarga ajratiladi [15].

Yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalashda yuzni tashkil etuvchi lokal komponentalar (elementlar) bo'lgan ko'z, qosh, burun va og'iz kabi yuz qismlaridan foydalaniladi, chunki ko'rsatilgan yuz bo'laklarini aniq ajratib olish butun tanib olish tizimi ishonchligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Qoidaga ko'ra, har bir usul ikki bosqichdan: qidiruv oynalarini aniqlash va ajratilgan fragmentlar ichidan xarakterli nuqtalarni (ko'z burchaklari, burun uchi, lab burchaklari va h.k.) topishdan iborat.

3.2. Ko'zlarni aniqlash. Yuzning lokal komponentalarini (elementlarini) tasvirdan avtomatik ajratib olishda dastlab Viola-Djones algoritmi va Xaar belgilariga o'xshash kaskad belgilar to'plami orqali yuz topiladi. Ko'zni qidirish maydoni ko'zlar taxminiy joylashuvi, yuzning yuqori qismida joylashishini hisobga olib minimallashtiriladi. Xaar belgilariga o'xshash belgili kaskaddan ko'zni aniqlash (topish) uchun foydalaniladi. U ko'zlar joylashgan to'g'ri to'rtburchakli maydonlarni topib beradi.

3.3. Og'iz va burunni aniqlash. Og'iz va burunni qidirishda qidiruv oynasi koordinatalarini olish uchun [16] da integral proyeksiyalar usulini qo'llangan. Dastlab olingan yuz tasviridan ikkita gorizontaal va vertikal integral proyeksiyalar olinadi. U quyidagicha bajariladi: $I(x, y)$ – dastlabki kiruvchi tasvir bo'lsin, u holda $I(x, y)$ tasvir vertikal proyeksiyasi burchak koordinatalari $[x_1, y_1]$ va $[x_2, y_2]$ bo'lgan kvadratda quyidagi ko'rinishda aniqlanadi:

$$V(x) = \sum_{y=y_1}^{y_2} I(x, y).$$

Xuddi shunday tartibda gorizontaal proyeksiya hisoblanadi:

$$H(y) = \sum_{x=x_1}^{x_2} I(x, y).$$

Og'iz va burun sohasi vertikal koordinatalari inson yuzi qismlarining antropometrik munosabatlaridan foydalanib topiladi. Gorizontaal koordinatalar esa integral proyeksiyalar gistogrammalari tahlili asosida olinadi. Ikkinchi bosqichda gorizontaal proyeksiyadagi vertikal gradiyentidagi eng yuqori nuqtalar bo'yicha burun joylashuvi va eng pastki nuqtalar bo'yicha og'iz joylashuvi topiladi, chunki tasvirlarda lablar orasidagi chiziq juda to'q qora rangda ko'rinadi. Burun chegaralari eng katta o'ng va chap nuqtalar orqali baholanadi,

og'izning xarakterli nuqtalari esa huddi shu tartibda vertikal proyeksiyadan aniqlanadi. Ko'zlar sohasini tasvirdan umuman boshqacha yondashuv etalon bilan taqqoslash (template matching) usuli yordamida ajratib olingan. Tasvirdan qoshlarni topish va ularni qalinligini aniqlash burun va og'izni topish kabi bajariladi. Qidiruv ko'zlardan (ko'zlar joylashuvi aniqlanganda) yuqorida joylashgan oyna bilan chegaralanadi va vertikal integral proyeksiya yordamida amalga oshiriladi. Algoritmida ikki qarama-qarshi yo'nalishdagi intensivlik gradiyenti eng yuqori nuqtalari qidiriladi. Chap ko'zdan yuqoridagi eng yuqori nuqtalar juftligi o'ng ko'zdan yuqoridagi nuqtalar bilan taqqoslanadi va bir-biriga o'xshash mos keluvchi nuqtalar tanlanadi. Soqolsiz yuzning pastki chegarasini (yonoqlar, iyaklar va h.k.) aniqlashda maxsus elliptik koordinatalar tizimidan foydalanilgan (bu tizimda ellips to'g'ridan-to'g'ri taqdim etiladi) shuning uchun, yuzning pastki konturini aniqlash jarayonida bu koordinata tizimida bevosita approksimatsiyalanish evaziga hisoblash amallari soni minimallashtirishga erishilishi mumkin.

Burun sohasini yana bir usul yordamida, ya'ni yuz sohasidan Haar belgisi kaskad funksiyalari va AdaBoost klassifikatsiyalash algoritmi yordamida ajratib olish mumkin. Burunni topish aniqligini oshirish uchun berilgan yuz tasviridan taxminiy burun sohasi joylashuvi hisoblab chiqiladi. Burun teshiklarini aniqlash, kulrang burun tasviriga bo'sag'aviy qiymatlarni o'rnatish usuliga ko'ra, maydon ichidagi konturlarni topish orqali amalga oshiriladi. Chegaralangan to'g'ri to'rtburchakli maydon (chegaralangan kontur) ning markazi burun teshigi hisoblanadi [17].

Xulosa

Mazkur ishda shaxsni ko'p pog'onali biometrik tizimlar orqali identifikatsiyalashda yakuniy qaror qabul qilish uchun foydalaniluvchi belgilar fazosini shakllantirishda asosiy manbaa vazifasini bajaruvchi tizimga kiritiluvchi yuz tasvirlaridan yuz joylashgan sohani belgilab olish, yuz elementlarini aniqlash va ajratib olishning ba'zi usullari tahlili keltirildi. Bu usullardan tasvirdan avtomatik yuzni tanib olish tizimlarini qurish va tasvirdagi yuz sohasini yuzni tashkil etuvchi lokal komponentlarga ajratish kabi masalalarni hal etishda foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Zhao W, Chellappa R, Phillips PJ, Rosenfeld A (2003) Face recognition: a literature survey. ACM Comput Surv 35(4):399–458.
2. Paul SK, Uddin MS, Bouakaz S (2015) Face recognition using facial features. In: SOP transaction on signal processing (STSP) Pub. Date (Web): 2015-03-23, ISSN (Print): 2377-0538 ISSN (Online): 2377-0546, Scientific Online Publishing Co., Ltd, USA. <http://www.scipublish.com/journals/STSP/>
3. Sh.S.Kaxarov, "Shaxsni identifikatsiyalashni ko'p pog'onali tizim asosida tashkil etish masalasi", "Amaliy matematika va axborot texnologiyalarining zamonaviy muammolari" xalqaro ilmiy-amaliy

anjumani, Buxoro davlat universiteti, Buxoro 15 aprel 2021 yil. – B. 394-396.

4. Turk Matthew, Pentland Alex (1991) Eigenfaces for recognition. J Cogn Neurosci 3(1):71–86.

5. Belhumeur PN, Hespanha JP, Kriegman DJ (1997) Eigenfaces vs. fisherfaces: recognition using class specific linear projection. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 19(7):711–720.

6. Comon P (1994) Independent component analysis; A new concept? Signal Process 36(3):287–314.

7. Nabatchian A, Abdel-Raheem E, Ahmadi M (2008) Human face recognition using different moment invariants: a comparative study, image and signal processing, 2008. In: CISP '08. Congress on, 27–30 May 2008, China.

8. Ekenel HK, Stiefelhagen R (2005) Local appearance based face recognition using discrete cosine transform. In: Proceedings of 13th European signal processing conference (EUSIPCO 2005), Antalya, Turkey, September 2005.

9. Heisele B, Serre T, Poggio T (2007) A component-based framework for face detection and identification. Int J Comput Vis 74(2):167–181.

10. Zhang W, Shan S, Gao W, Chang Y, Cao B (2005) Component-based cascade Linear Discriminant Analysis for face recognition. In: Advances in biometric person authentication lecture notes in computer science, vol 3338, pp 19–79.

11. Weyrauch B, et al. (2004) Component-based face recognition with 3D Morphable Models. In: 2004 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition workshop (CVPRW'04), June 27–July 2, 2004, Washington DC, USA.

12. Zhang J, Xie X (2012) A study on the effective approach to illumination-invariant face recognition based on a single image. In: Zheng WS, Sun Z, Wang Y, Chen X, Yuen PC, Lai J (eds) Biometric recognition. CCBP 2012. Lecture notes in computer science, vol 7701. Springer, Berlin.

13. Hsieh CK, Lai SH, Chen YC (2009) Integrated expression-in-variant face recognition with constrained optical flow. In: Wada T, Huang F, Lin S (eds) Advances in image and video technology. PSIVT 2009. Lecture notes in computer science, vol 5414. Springer, Berlin.

14. P. Viola and M. J. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), 2001, vol. 1, p. 511-518.

15. Sh.X.Fozilov, E.M.O'rinov, "Tasvirlarda yuz sohasini topish algoritmlari", "Informatika va Energetika muammolari", 2020. №3. 143-155 b.

16. R. Brunelli and T. Poggio, "Face recognition: features versus templates," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993. - Vol.15. - No 10. - P. 1042-1052.

17. Sh.X.Fozilov, Sh.S.Kaxarov, "Yuz tasviridan yuz elementlarini ajratib olish algoritmlari", "Informatika va Energetika muammolari", 2020. №3. 117-123 b.

Kaxarov Shukrullo Sa'dullo o'g'li – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti tayanch doktoranti. e-mail: sh.kaxarov93@gmail.com

O'rinov Elmurod Murodjonovich – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti tayanch doktoranti. E-mail: u.elmurod1988@gmail.com

Kakharov Sh.S., Urinov E.M.

Problems and solutions for the construction of a multi-level biometric system of personal identification based on the image of the face

This article proposes some of the ways to solve the problem of determining the eyes, nose and mouth areas, which are local components of the face from the face image, which is one of the first problems in the construction of a multi-level biometric system for automatic identification of a person from the face image.

Keywords: face image, local components, feature vector, biometric system, identification.

УДК 004.896

Иргашева Д.Я., Агзамова М.Ш.

Исследование многоэтапной системы анализа трафика локальной беспроводной сети на основе методов машинного обучения в задаче обнаружения вторжений

В статье проводится анализ существующих методов и средств по выявлению вторжений в локальных беспроводных сетях, а также анализируются достоинства и недостатки современных вторжений. В локальных беспроводных сетях рассматриваются особенности различных подходов к анализу трафика. Подробно анализируются алгоритмы машинного обучения по выявлению аномалий и методики классификации для решения задачи обнаружения сетевых вторжений, алгоритмы анализа данных, на основе которых создаются системы обнаружения

Ключевые слова: локальные беспроводные сети, обнаружения вторжений, машинное обучение, атака, интеллектуальный анализ данных, аномалия, кластеризация, ложноположительные ошибки.

Введение

В настоящий момент в результате широкого использования компьютерных сетей во всех сферах жизни человеческого общества обеспечение защищенности информационного пространства становится все более неотложным. Поэтому задача обнаружения атак на компьютерные сети является одной из самых актуальных. Существует множество уязвимостей в защищаемых системах: в программном обеспечении, операционной системе, веб-сайтах, линиях и средствах передачи данных и т.д. Широкое распространение мобильных устройств по всему миру является одной из причин большого спроса на беспроводные технологии, одна из которых – локальные беспроводные сети (ЛБС) стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). В отличие от проводных сетей, в локальных беспроводных сетях 802.11 имеются специфические проблемы, связанные со средой передачи сигнала. Поскольку передача данных в Wi-Fi осуществляется с помощью радиосигналов, то атака может производиться из различных удаленных мест в любое время.

Согласно прогнозам компании Cisco, опубликованным в отчете «Наглядный индекс развития сетевых технологий» (Cisco Visual Networking Index Complete Forecast, Cisco VNI), число пользователей Интернет, увеличится с 1 миллиарда от 2005 года до более 4,6 миллиарда в 2021 году, что составляет 58% мирового населения [1]. Компания Cisco оценивает, что к глобальной сети будут подключены более 28 млрд. устройств, в результате которого к одному пользователя будут приходиться 3,6 подключенных к сети устройств, тогда как в 2017 этот показатель составил 2,4. Как ожидается, мировой объем IP-трафика за прогнозный период вырастет втрое и к 2021 г. достигнет 3,3 зеттабайт (в 2016 г. аналогичный показатель составлял 1,2 зеттабайт). В частности, в Республике Узбекистан можно увидеть втрое увеличение количества интернет пользователей с 6 млн. в 2013 году до более 22,5 млн. в 2020 году, что составляет 67% от общего населения страны. Соответственно, с таким быстрым темпом роста пользователей Интернет, повышается скорость доступа к

глобальной сети с 7Гбит/с в 2013 году до более 1200Гбит/с [2].

На данный момент существует множество методов и средств обеспечения сетевой безопасности, таких как шифрование, VPN, брандмауэры и т.д. Но все они слишком статичны, чтобы обеспечить эффективную защиту. Используемая система должна иметь способность обновляться, так как мошенники постоянно меняют методы атаки на информационные ресурсы.

Современные исследования систем обнаружения вторжений (СОВ) пока не показали хороших результатов. Использование интеллектуальной модели может решить такую задачу. Системы обнаружения с интеллектуальной поддержкой обладают высоким потенциалом, поэтому исследования и разработка систем принятия решений в этой области активно ведутся в настоящее время.

Методы интеллектуального анализа данных (ИАД) в задаче прикладного применения для построения СОВ делятся на две группы: методы обнаружения злоупотреблений (misuse detection), которые позволяют построить модель атаки, а в процессе обнаружения использующие методы ИАД для классификации, и методы обнаружения аномалий (anomaly detection), используемые для построения модели нормальной активности, а в процессе обнаружения использующие методы ИАД в целях поиска аномалий.

Основная часть

В статье анализированы работы российских и зарубежных авторов, таких как И.В. Шарабыров, Е.С. Абрамов, Д.А. Андреев, М.Л. Евгеньевич, Д.Ю. Гамаюнов, А.Н. Назаров, Х.А. Фоелевич, А.А. Владимиров, В.А. Галатенко, С.В. Гордейчик, С.А. Ермакова, П.Д. Зегжда, И.В. Котенко, А.В. Лукацкий, Constantinos Koliass, Muhamad E.A., Kwangjo Kim, M. Usha и другие, которые на данный момент работают в области исследования методов ИАД для задач обнаружения вторжений и аномалий.

Автором И.В. Шарабыровым была построена СОВ в ЛБС, но не были рассчитаны показатели точности обнаружения атак. Также для экспериментальной проверки использовался набор

данных KDD'99, который был создан на базе трафика проводных сетей. В данной работе не проведено тестирование разработанной системы на основе трафика ЛБС. Разработанная им система не позволяет распознавать новые атаки.

В работе С. Kolias применяется множество методов для обнаружения вторжений в ЛБС, таких как метод дерева решений J48, Adaboost, Naive Bayes, Random Tree и т.д. В результате проведенных экспериментов получена невысокая точность обнаружения вторжений, особенно для вторжений "посредника".

В других работах задача обнаружения вторжений в ЛБС решалась только частично. Также существует много исследований, где задача решалась в иной среде передачи данных, например, в проводных сетях.

Анализ литературы показывает, что фактически не существует общего подхода к обнаружению вторжений, а системы с многоэтапными моделями для решения задачи обнаружения вторжений в ЛБС отсутствуют.

Таким образом, актуальным представляется исследование технологий ИАД для разработки методик и систем, автоматизирующих оценку и классификацию поведения пользователя посредством анализа трафика ЛБС с помощью многоэтапной интеллектуальной модели, основанных на данных технологиях ИАД и методах машинного обучения.

В настоящее время существует множество видов вторжений, выявление которых существующими методами является сложной и трудоемкой задачей. Изучение данных вторжений с точки зрения методологии их осуществления, позволило выделить следующие основные их группы: пассивные атаки, инъекции (injection), флуд (flooding) и атаки посредника (impersonation).

Рассматривая вопросы построения моделей и алгоритмов анализа трафика ЛБС для обнаружения вторжений и аномалий в ЛБС, а также различные подходы к анализу информации, передаваемых через компьютерную сеть, которые разделяются в зависимости от уровня сетевой модели OSI. Анализ передаваемой информации на канальном уровне в виде кадров является наиболее подходящим для задач выявления атак в ЛБС.

99% времени вычислений алгоритма LDS и других аналогичных алгоритмов, таких как LOF, тратится для нахождения К-ближайших соседей для всех исходных данных, поэтому вычислительная сложность определяется как $O(n^2)$. Рассматривается несколько подходов для ускорения поиска К-ближайших соседей, такие как использование специальных структур Kd-tree или X-tree, но они применяются ко всем исходным данным, что оказывает негативное влияние на их производительность. По этой причине предлагается идея оптимизации поиска пространства К-

ближайших соседей с помощью разбиения заданного пространства на подпространства.

Согласно идее разбиения пространства, происходит оптимизация алгоритма. Для разбиения пространства выбран алгоритм К-средних, поскольку он имеет множество достоинств, таких как простота понимания, простота программирования и низкая вычислительная сложность ($O(k \times n)$, k – количество кластеров, n – количество записей исходных данных). Алгоритм К-средних является базовым и популярным алгоритмом для большого числа приложений, поэтому не излагается в данной статье.

Комбинацией алгоритмов LDS и К-средних получается гибридный алгоритм FLDS (FastLDS) с низкой вычислительной сложностью $O(n^{1.5})$.

Алгоритм FLDS использует три параметра: k – количество кластеров алгоритма К-средних, k_{nn} – количество ближайших соседней, ϵ – порог для выбора кандидата, который является аномалией. Выбор параметра происходит экспериментально.

Перед изложением алгоритма FLDS дадим необходимые определения.

Определение 1. Для любой вершины x_i через $NN(x_i)$ обозначается множество К-ближайших соседей x_i , не включая x_i .

Определение 2. Длина ребра или значение веса между любой парой вершин (x_i, x_j) на графе обозначается $\omega(x_i, x_j)$ и определяется как количество общих точек двух множеств К-ближайших соседей $NN(x_i)$ и $NN(x_j)$:

$$\omega(x_i, x_j) = |NN(x_i) \cap NN(x_j)| \quad (1)$$

Основная идея предлагаемого алгоритма заключается в том, что сначала заданное множество X разбивается с помощью алгоритма К-средних на k подмножеств $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$, соответствующих k кластерам. После этого применяется алгоритм LDS на каждом подмножестве $X_i (i=1:k)$ для получения множества локальных аномалий E. Множество E является множеством кандидатов в глобальные аномалии. Для каждой локальной аномалии на множестве E на заданном множестве X величина локальной плотности Score любой вершины x пересчитывается по формуле:

$$\text{Score}(x) = \frac{\sum_{q \in NN(x)} \omega(x, q)}{k_{nn}} \quad (2)$$

В результате получается множество величин LDS, в котором пороге используется для выбора глобальной аномалии.

Алгоритм FLDS (Fast Local Density Score) [1]

Вход: множество исходных данных $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, k – количество кластеров, k_{nn} – количество ближайших соседней, ϵ – порог;

Выход: G – множество глобальных аномалий.

Процесс:

Шаг 1: инициализация центров с помощью min-max-подхода [2, 3, 4, 5] либо случайного выбора из исходных данных.

Шаг 2: реализация метода К-средних с k центрами для разбиения X на k подмножеств.

Шаг 3: применение алгоритма LDS на каждом полученном подмножестве для получения множества локальной аномалии E.

Шаг 4: получение множества величин Score каждой локальной аномалии с помощью переычисления всех локальных аномалий на 3-м шаге.

Шаг 5: получение множества G глобальных аномалий, которое является множеством записей, имеющих величину Score меньше ϵ .

Сложность FLDS составляет

$$O(n \times k) + O(k * (n/k)^2) + O(t \times n),$$

где k —количество кластеров, t —количество локальных аномалий ($t \ll n$), n —количество записей исходных данных. Значение t оценивается примерно равным k . Согласно исследованиям авторов Zhong

С., Chaoji V. и их коллег, значение k может быть использовано до $n^{0.5}$ раз. Таким образом, сложность FLDS равна $O(n^{1.5})$.

Для сравнения вместе с предложенным алгоритмом FLDS, были взяты алгоритмы LDS и LOF, которые также были применены для набора данных CHAMELEON, созданного автором Karupis G. и коллегами для тестирования эффективности алгоритмов кластеризации и поиска аномалий.

Аномалии, обнаруженные обоими методами, в основном схожи. Можно объяснить результаты тем фактом, что стратегия оценки того, является точка аномалией или нет, основана на локальном показателе плотности.

Сравнение времени выполнения алгоритмов показано на рисунке 1.

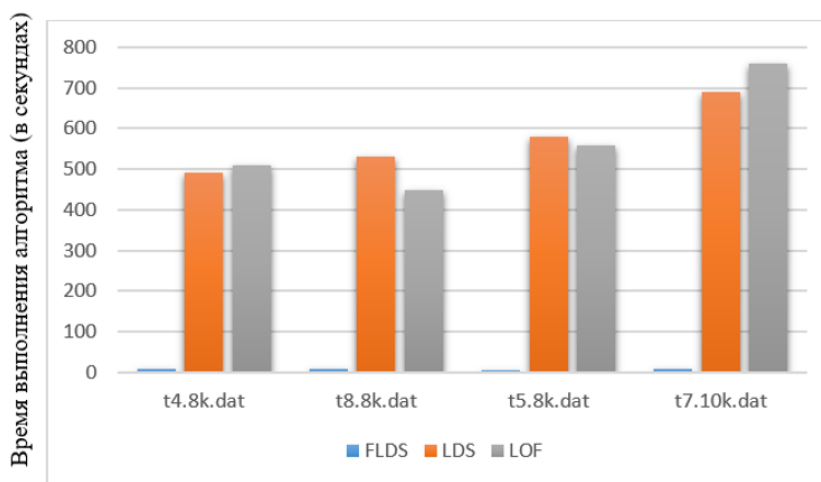
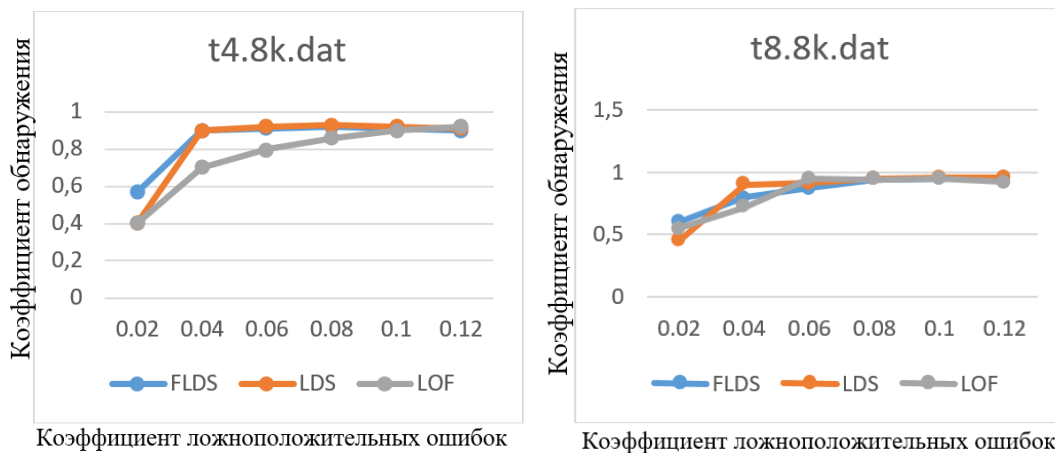


Рис. 1. Эксперименты по проверке FLDS. Набор данных CHAMELEON. Время обнаружения аномалий.

Также для оценки качества работы предложенного алгоритма обнаружения аномалий используется ROC-кривая (receiver operating characteristic curves). Основой этого метода оценки является анализ графика ROC-кривой, при построении которого используется два показателя: коэффициент обнаружения (Detection Rate –DR) и коэффициент ложноположительных ошибок (False Alarm Rate –FAR). По оси абсцисс графика кривой

откладываются значения коэффициента ложноположительных ошибок, по оси ординат – графике будет соответствовать одна точка. При этом в зависимости от параметров алгоритма получается множество точек. Кроме того, важной характеристикой ROC-кривой является то, что чем больше площадь фигуры под ROC-кривой, тем эффективнее соответствующий ей алгоритм. ROC-кривые представлены на рисунке 2.



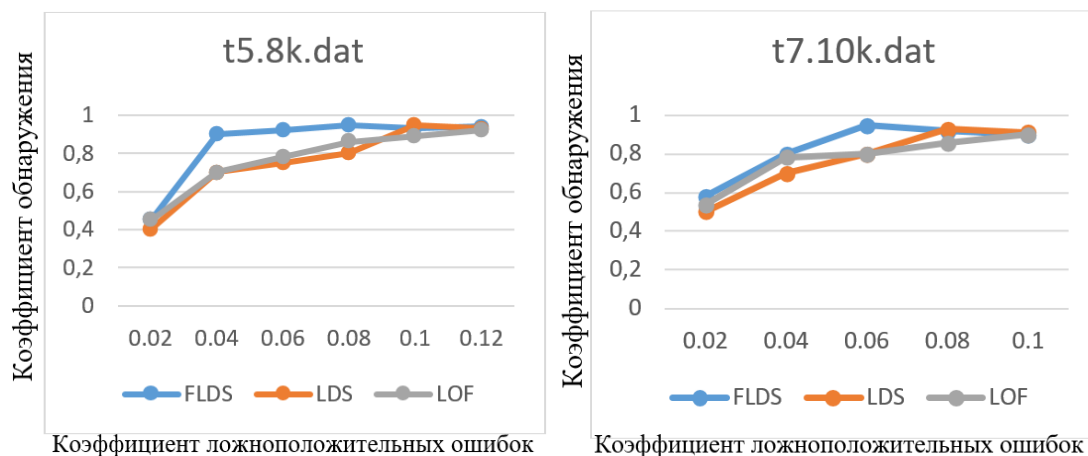


Рис. 2. Эксперименты по проверке FLDS. Набор данных CHAMELEON. Эффективность обнаружения аномалий

На рисунках 3 и 4 приведены результаты экспериментов на наборе данных ADFA, созданном авторами Creech G. и Hu J. для задачи выявления аномалий с целью обнаружения атак на информационные ресурсы. Он состоит из тысяч записей (traces) системных вызовов, собранных с локального сервера Linux, подвергнутого шести типами современных кибератак, таких как Hydra-FTP, Hydra-SSH, Adduser, Java-Meterpreter, Meterpreter и Webshell. Из представленных на рисунках результатов видно, что алгоритм FLDS можно успешно применять для решения задачи обнаружения компьютерных вторжений. Достигнутая средняя точность обнаружения составила 95% при сокращении времени обработки более чем в 20 раз по сравнению с алгоритмами LDS и LOF. На рисунке 5 показано сравнение времени работы алгоритмов FLDS и LOF на наборе данных AWID. AWID был разработан автором Koliyas и коллегами для задачи выявления вторжений в локальные беспроводные сети Wi-Fi. Данный набор

данных состоит из записей трафика передаваемого по локальной беспроводной сети в виде кадров данных. AWID содержит как примеры обычного трафика пользователей, так и большое количество сетевых вторжений различного типа.

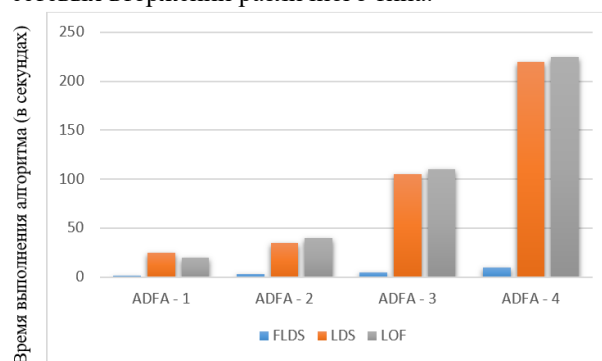
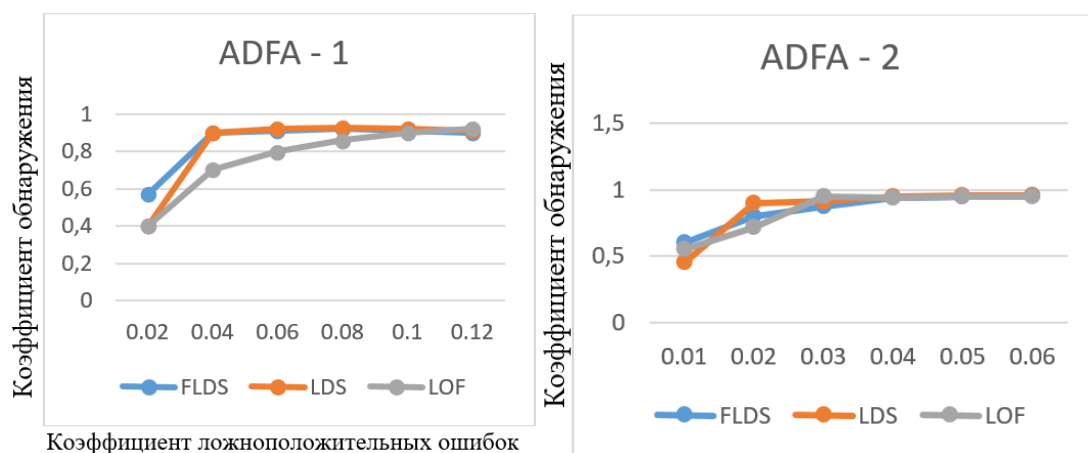


Рис. 3. Сравнение времени выполнения трех алгоритмов в зависимости от объема набора данных (для лучших по точности результатов)



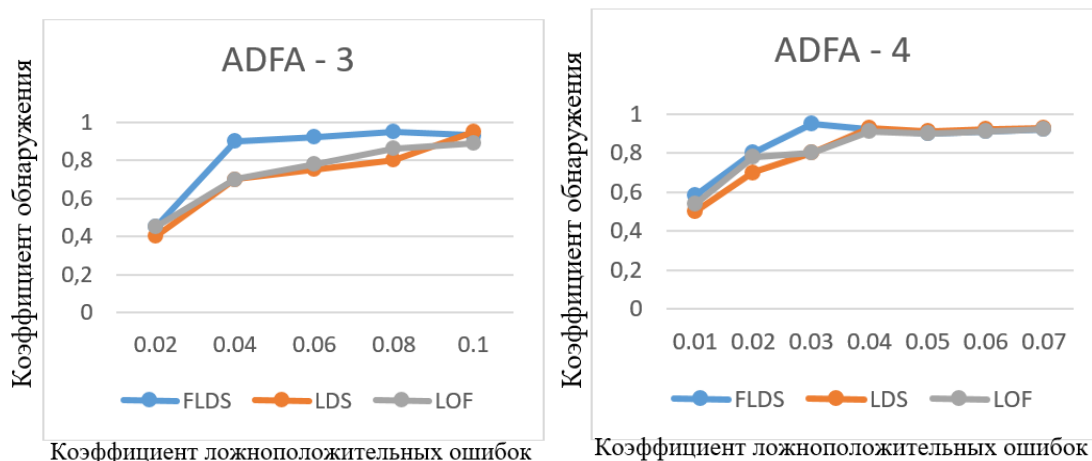


Рис.4. Сравнение точности трех алгоритмов на наборе данных ADFA

Из рисунка 5 видно, что для четырех наборов данных время расчета FLDS примерно в 12 раз меньше, чем время работы LOF. Это может быть объяснено тем фактом, что сложность FLDS составляет всего $O(n^{1.5})$ по сравнению с $O(n^2)$ для LOF.

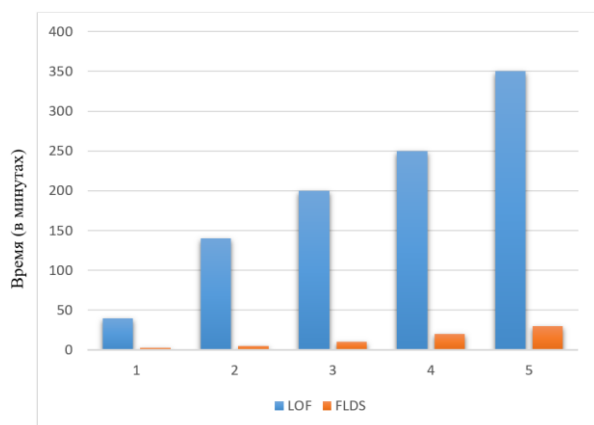


Рис.5. Сравнение времени выполнения алгоритмов FLDS и LOF для пяти наборов данных AWID

Чтобы объединить значения частоту ложноположительных срабатываний (ложных тревог) (FPR–False Positive Rate) и частоту ложноотрицательных срабатываний (злонамеренный трафик принят за нормальный) (FNR–False Negative Rate), был рассчитан половинный общий коэффициент ошибок (HTER–Half Total Error Rate), который определяется по формуле:

$$HTER = \frac{FPR + FNR}{2} \quad (3)$$

В таблице 1 приведены значение показателя HTER для LOF и FLDS для наборов данных AWID (чем меньше значение, тем лучше).

Показатель HTER для LOF и FLDS для наборов данных AWID

Алгоритм	O-AWID1	O-AWID2	O-AWID3	O-AWID4	O-AWID5
FLDS	0.13	0.12	0.10	0.11	0.06
LOF	0.23	0.11	0.11	0.09	0.09

Таблица 1

1.Первичный сбор данных трафика, передаваемого по ЛБС. Захват данных осуществляется сторонними инструментами, такими как tcpdump, Wireshark, NetFlow.

2.Загрузка собранных данных в COB, в ходе которой производится извлечение информации из исходных файлов, выборка параметров, необходимых для дальнейшего проведения анализа, и сохранение их в память программы.

3. Предварительная обработка, состоящая из двух шагов: преобразование символьных параметров в числовые значения и нормализация числовых значений в значения от нуля до единицы.

4.Обработка данных классификатором. В результате работы анализируемый трафик разделяется на нормальный и атакующий.

5.Дополнительная проверка данных на предмет наличия атак посредника. Трафик, распознанный инкрементной моделью кластеризации как нормальный, должен быть пропущен COB.

6. Обнаружение новых атак при помощи алгоритма выявления аномалий FLDS.

7.После анализа трафика ЛБС с помощью FLDS, система сохраняет данные о выявленных аномалиях. Данная информация должна быть изучена экспертом по сетевой безопасности. По результатам исследования эксперт маркирует кадры аномального трафика, являющегося злонамеренным, и сохраняет помеченные данные в базу данных маркированных вторжений. Далее обновленная база данных используется для дополнительного обучения модуля, а также для настройки параметров инкрементной кластеризации в модели ISSGC. Это позволяет в дальнейшем автоматически обнаруживать новые типы сетевых атак.

Основные этапы работы системы:

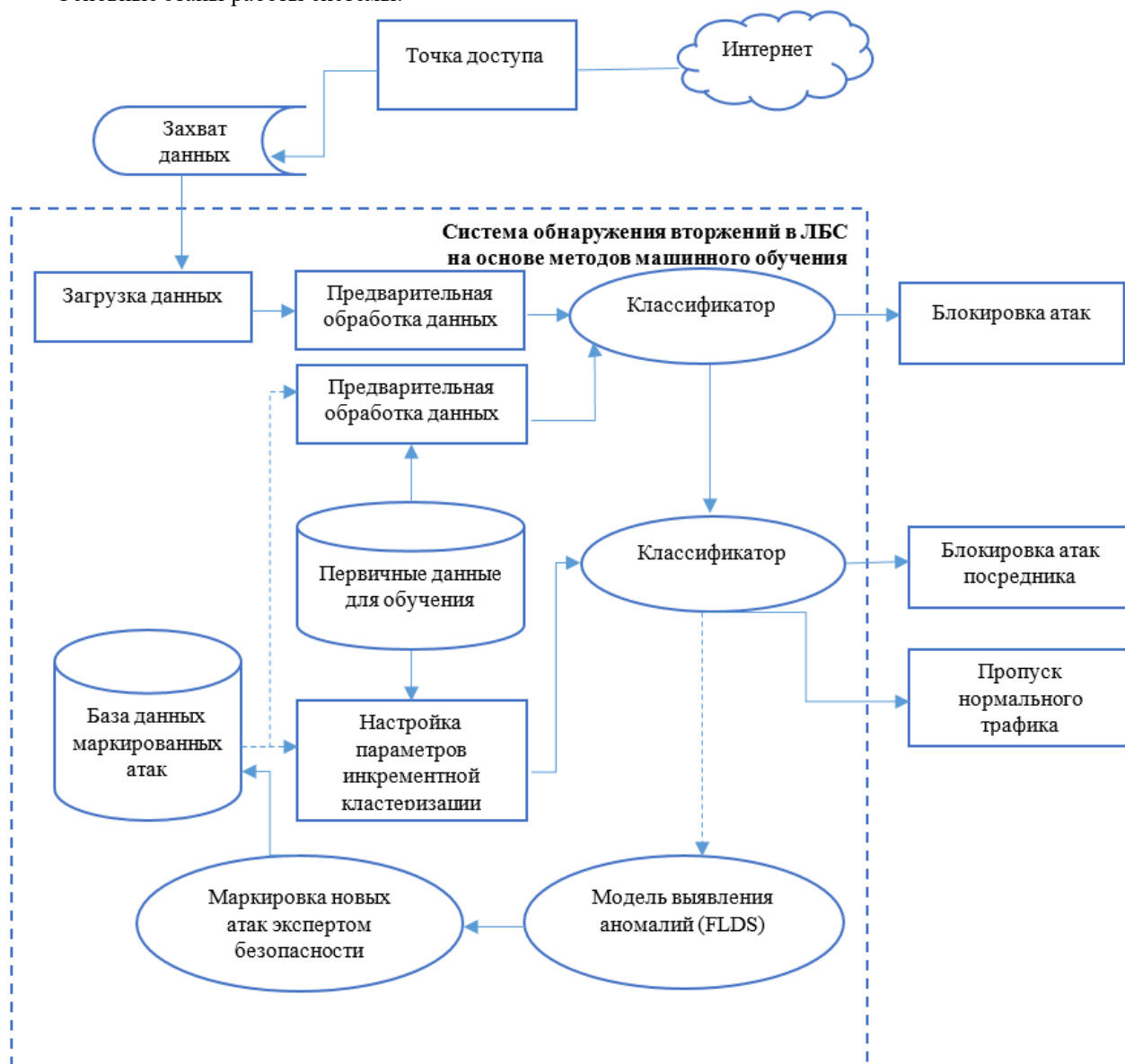


Рис. 6. Состав и схема работы, предлагаемой СОВ в ЛВС

Заклучение

В этой статье проведен анализ существующих методов и средств по выявлению вторжений в локальных беспроводных сетях. Рассмотрены достоинства и недостатки современных вторжений. Проанализированы особенности различных подходов к анализу трафика в локальных беспроводных сетях. Подробно рассмотрены алгоритмы машинного обучения по выявлению аномалий и методики классификации для решения задачи обнаружения сетевых вторжений, алгоритмы анализа данных, на основе которых создаются системы обнаружения

Кроме того, предложен алгоритм обнаружения аномалий FLDS, который имеет вычислительную сложность $O(n^{1.5})$, что значительно меньше по сравнению с наиболее известным алгоритмом оценки

локальной плотности (LDS) и алгоритмом фактора локального отклонения (LOF).

Для реальных приложений, в момент возникновения атаки система должна немедленно выдавать предупреждение. Предложенная многоэтапная система, основанная на методах машинного обучения, дает основу для построения систем IDS/IPS в реальном времени, что является одной из наиболее важных задач в сфере обеспечения безопасности компьютерных сетей.

Список литературы:

1. Check Point Security Report 2019. Available at: <https://blog.checkpoint.com/2019/03/04/check-points-2019-security-report/> (accessed November 07, 2020).
2. The National Coordination Center for Computer Incidents. Available at: <http://cert.gov.ru/> (accessed November 07, 2020).

3. Rebus-SOV Intrusion Detection Software Package. Available at: <https://rebus-sov.ru/> (accessed November 07, 2020).

4. NSL-KDD Dataset. Available at: <https://www.unb.ca/cic/datasets/nsl.html> (accessed November 07, 2020).

5. Bhattacharjee P., Fujail A., Begum S. Intrusion detection system for NSL-KDD data set using vectorised fitness function in genetic algorithm. *Advances in Computational Sciences and Technology*, 2017, vol. 10, pp. 235–246.

6. Guojie L., Jianbiao Z. Research of network intrusion detection based on convolutional neural network. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2020, vol. 2020, pp. 1–11. DOI: 10.1155/2020/4705982.

7. Choudhary S., Kesswani N. Analysis of KDD-Cup'99, NSL-KDD and UNSW-NB15 datasets using deep learning in IoT. *Procedia Computer Science*, 2020, vol. 167, pp. 561–573. DOI: 0.1016/j.procs.2020.03.367.

8. Paulauskas N., Auskalis J. Analysis of data preprocessing influence on intrusion detection using NSL-KDD dataset. *Proc. Open Conf. of eStream*, 2017, pp. 1–5. DOI: 10.1109/eStream.017.7950325.

9. Ingre B., Yadav A. Performance analysis of NSL-KDD dataset using ANN. *Proc. Intern. Conf. SPACES*, 2015, pp. 92–96. DOI: 10.1109/SPACES.2015.7058223.

10. Gafarov F., Galimjanov A.F. *Artificial Neural Networks and Applications*. Kazan, 2018, 121 p. (in Russ.).

11. Chockwanich N., Visoottiviseth V. Intrusion Detection by deep learning with TensorFlow. *Proc. XXI ICACT*, 2019, pp. 654–659. DOI: 10.23919/ICAICT.2019.8701969.

12. Zuev V., Kemajkin V. An improved neural network training algorithm. *Software and Systems*, 2019, vol. 32, no. 2, pp. 258–262 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.126.258-262.

Иргашева Дурдона Якубджановна DSc, декан, «Ахборот хавфсизлигини таъминлаш» кафедраси, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, e-mail: durдона.я@gmail.com

Агзамова Мохинобону Шахобиддин кизи «Ахборот хавфсизлигини таъминлаш» кафедраси ассистенти, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ e-mail: mokhina_nur@mail.ru

Irgasheva D.Ya., Agzamova M.Sh.
Study of a multi-stage system for analysis of local wireless network traffic based on machine learning methods on the problem of intrusion detection

The article analyzes the existing methods and tools for detecting intrusions in local wireless networks, as well as analyzes the advantages and disadvantages of modern intrusions. In local wireless networks, the features of various approaches to traffic analysis are considered. Machine learning algorithms for detecting anomalies and classification methods for solving the problem of detecting network intrusions, data analysis algorithms on the basis of which detection systems are created are analyzed in detail.

Keywords: local wireless networks, intrusion detection, machine learning, attack, data mining, anomaly, clustering, false positives

УДК 621.36.96:556+621.391.63

Рахимов Б.Н., Бердиев А.А., Мирсагдиев О.А.

Анализ физических принципов функционирования волоконно-оптических датчиков в зависимости от изменяемого свойства света

Рассмотрены физические основы волоконно-оптических датчиков и систем с модуляцией интенсивности света, фазомодулированных (интерферометрические) оптоволоконных датчиков, спектрометрических оптоволоконных датчиков, поляриметрических оптоволоконных датчиков. Приведены базовые конструкции волоконных интерферометров как чувствительные элементы волоконно-оптических датчиков.

Ключевые слова: двухволоконный датчик, числовая апертура, микроизгиб, макроизгиб, показатель преломления, интерферометры, гидрофон.

В зависимости от изменяемого свойства света оптоволоконные датчики можно в основном разделить на четыре основные категории [1]:

1. Датчик с модуляцией интенсивности света
2. Интерферометрический (фазомодулированный) датчик
3. Спектрометрический (волново-модулированный) датчик
4. Поляриметрический (поляризационно-модулированный) датчик.

Волоконно-оптические датчики с модуляцией интенсивности света

В схеме модуляции интенсивности оптический сигнал передается через оптические волокна, а затем его интенсивность модулируется различными данными, такими, как изгиб волокна, коэффициент отражения или изменение среды, через которую передается свет. Основными преимуществами датчиков с модуляцией интенсивности являются простота их изготовления, простая система обнаружения и высокие требования к обработке сигналов. Пример волоконно-оптического датчика с

модуляцией интенсивности отражающего типа, использующего одно волокно, которое можно использовать для измерения расстояния, давления и т.д. (рис. 1).

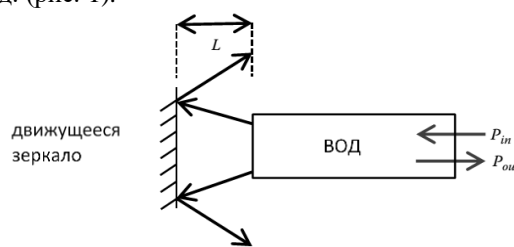


Рис. 1. Простой внешний датчик с модуляцией интенсивности.

По сравнению с одноволоконным датчиком отражения двухволоконного типа часто используются в качестве датчика приближения в различных областях применения. В этом случае одно волокно используется в качестве входного волокна, а второе волокно используется для сбора отраженного света от отражающей поверхности (Рис 2).

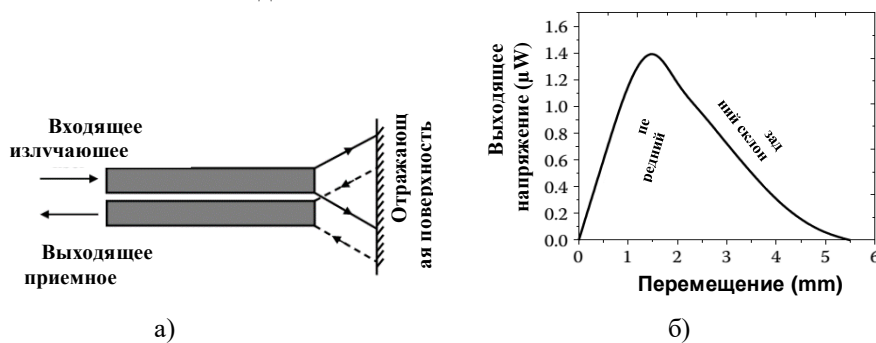


Рис. 2. (а) Двухволоконный датчик отражательного типа (б) и его типичная характеристика [2]

Функция модуляции двухволоконного датчика отражательного типа задается выражением (1) [3]:

$$M_s = \frac{\Phi_{RS}}{\Phi_E} = \frac{S_R \cos^4 \theta}{\pi(2hNA)^2}, \quad (1)$$

где: Φ_E - световой поток от излучающего волокна; Φ_{RS} - световой поток, перехваченный торцом; S_R - площадь торца приемного волокна; θ - угол между осью приемного волокна и линией, соединяющей центры приемного волокна и излучающего волокна (виртуальное изображение); NA - числовая апертура волокна.

В отличие от других принципов зондирования, модуляция интенсивности может быть получена с помощью простого устройства; однако изгиб оптического волокна, смещение связи, флуктуация мощности источника и т. д. могут вызвать ослабление сигнала и нестабильность интенсивности сигнала, что приводит к менее надежной системе датчиков. Одним из решений этой проблемы является коррекция интенсивности, при которой часть входного света (полученного с использованием

волоконного разветвителя) используется для контроля колебаний входной мощности [4].

Эффекты, связанные с изгибом в многомодовых (МВ) и одномодовых волокнах (ОВ), нашли свое применение в двух ранних типах точечных датчиков с модуляцией интенсивности: волоконно-оптических датчиках микроизгибов и макроизгибов.

В многомодовом волокне возникает микроизгиб, который представляет собой механическое возмущение, которое вызывает перераспределение световой мощности между множеством мод в волокне. Чем сильнее механическое возмущение или изгиб, тем больше света связывается с модами излучения и теряется, так что интенсивность света уменьшается при механическом изгибе.

Волокно со ступенчатым показателем преломления демонстрирует пороговый отклик, а волокно с градиентным показателем преломления - резонансный отклик. Для волокна с градиентным коэффициентом преломления было показано, что для достижения максимальной чувствительности к микроизгибам пространственный период деформатора должен соответствовать выражению (2) [5]:

$$\lambda_c = \frac{2\pi a}{(2\Delta)^2}, \quad (2)$$

где a – радиус сердцевин, Δ – разность показателей преломления.

Датчики макроизгиба - это еще один тип встроенных оптоволоконных датчиков с модуляцией интенсивности. В датчиках макроизгиба обычно используется ОВ, который изгибается на относительно больших диаметрах (обычно радиус изгиба составляет порядка нескольких сантиметров). Потери мощности в сердечнике ОВ из-за равномерного изгиба состоят из двух компонентов: чистых потерь изгиба и переходных потерь [6]. Потери на изгибе возникают из-за потери наведения во внешней части затухающего поля основной моды. Эта потеря наведения происходит из-за того, что фазовая скорость внешней части затухающего поля становится равной скорости света в оболочке (рис. 3).

Чем меньше радиус изгиба, тем большая доля затухающего поля влияет и, следовательно, тем больше процент света теряется на участке изгиба. Потери при переходе возникают из-за связи света из основной моды с модами излучающей сердцевинки всякий раз, когда происходит изменение кривизны оси волокна, например, с прямой на изогнутую или наоборот (рис. 3). Принцип функционирования таких датчиков основывается на таком физическом явлении, которое называется изменением длины оптического пути света.

Датчики с фазовой модуляцией (интерферометры) работают на основе разности фаз когерентного света, проходящего по двум разным путям, в одном и том же волокне или в разных волокнах. Эти датчики часто считаются высокочувствительными из-за их способности

реагировать на небольшие изменения внешних измерений. Принцип действия фазовых ВОД основан на интерферометрической регистрации фазовых изменений оптического излучения, распространяющегося в оптическом волокне.

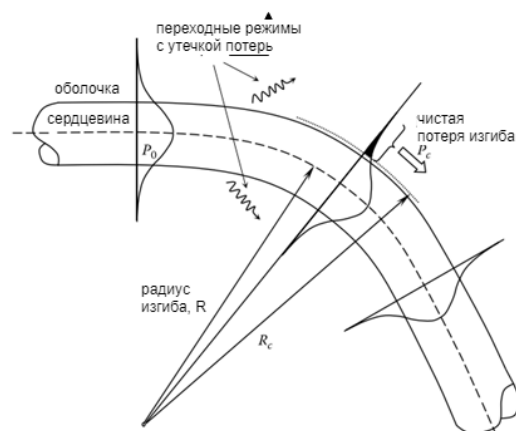


Рис. 3. Схематическое изображение механизмов потери изгиба [7].

Фазомодулированные (интерферометрические) оптоволоконные датчики

Интерферометрия основана на наложении двух или более световых лучей для измерения разности фаз между ними. Эти лучи имеют одинаковую частоту. В классических экспериментах и интерферометрических датчиках все световые лучи генерируются этим источником света.

Как правило, падающий луч света в интерферометре делится на две или более частей, а затем объединяется для создания интерференционной картины. Для того чтобы рассмотреть интерференционные полосы, для интерферометрического эксперимента необходимо по крайней мере два оптических пути. Эти пути могут быть в одно- или многомодовом оптическом волокне. Обычные интерферометрические оптоволоконные датчики включают волоконно-оптические интерферометры Фабри-Перо, Маха-Цендера, Майкельсона и Саньяка [8].

В волоконно-оптических интерферометрах, использующих многомодовые оптические волокна, таких как интерферометр Саньяка, каждый режим определяет отдельный оптический путь. В интерферометре Саньяка оптические пути определяются режимами оптического волокна по часовой стрелке и против часовой стрелки. Оптический путь может быть определен с помощью отдельных одномодовых оптических волокон, например, в интерферометрах Маха-Цендера. Максимальные и минимальные точки полос соответствуют четному и нечетному числам оптических разностей хода на полуволну соответственно. Существует множество конфигураций интерферометров, которые были

реализованы с использованием оптического волокна [9].

Интерферометр Фабри – Перо (ИФП) обычно состоит из двух параллельных отражателей, разделенных определенным расстоянием L (длина резонатора). В качестве отражателей могут использоваться зеркала или поверхности раздела между двумя диэлектриками (рис. 4). Помехи возникают из-за множественного наложения, отраженного и прошедшего лучей на два параллельных отражателя. В результате спектры отражения и пропускания такого интерферометра зависят от длины резонатора, показателя преломления среды и отражательной способности зеркал. Разность фаз ИФП выражается по формуле (3).

$$\delta_{FPI} = \frac{2\pi}{\lambda} n2L, \tag{3}$$

где λ – длина волны света; n – показатель преломления; L - длина резонатора [10].

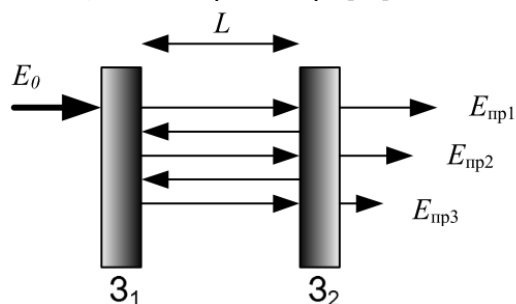


Рис. 4. Конфигурация интерферометра Фабри-Перо. Z_1, Z_2 – отражатели.

Конструктивно такие интерферометры состоят из двух параллельных отражателей с коэффициентами отражения $R_1(\omega)$ и $R_2(\omega)$, разделенных длиной резонатора L . Эти отражатели могут быть зеркалами, интерфейсом двух диэлектриков или ВБР. Коэффициент отражения R_{FP} и коэффициент пропускания интерферометра T_{FP} интерферометра Фабри-Перо в зависимости от коэффициента отражения зеркала определяется по следующему уравнению:

$$R_{FP} = \frac{R_1 + R_2 + 2\sqrt{R_1 R_2} \cos \phi}{1 + R_1 R_2 + 2\sqrt{R_1 R_2} \cos \phi} \tag{4}$$

$$T_{FP} = \frac{T_1 T_2}{1 + R_1 R_2 + 2\sqrt{R_1 R_2} \cos \phi} \tag{5}$$

где $\phi = 4\pi nL/\lambda$ - сдвиг фазы распространения в обе стороны в интерферометре; n - показатель преломления между отражателями; λ - оптическая длина волны в свободном пространстве [11].

Коэффициент пропускания ИФП достигает максимального значения на резонансных частотах, соответствующих фазе распространения в обе стороны $\phi_m = (2m + 1)\pi$, где m - целое число. Фаза отстройки определяется величиной $\Delta = \phi - \phi_m$. Для зеркал с высоким коэффициентом отражения коэффициент пропускания вблизи резонансных частот может быть записан следующим образом:

$$T_{FP} = \frac{T^2}{(1-R)^2 + R\Delta^2} \tag{6}$$

где $R = R_1 = R_2$, $T = 1 - R$ и $\delta = \pm(1 - R)/\sqrt{R}$ - фаза, соответствующая полосе пропускания ИФП.

При правильном расположении отражателей коэффициент пропускания интерферометра имеет высокий показатель. Изменение интервала приводит к падению коэффициента пропускания. У отражателей с высокой отражательной способностью коэффициент пропускания очень чувствителен к изменениям длины волны или расстояния между отражателями. Общие характеристики интерферометра часто характеризуются высокой точностью:

$$F = \frac{4R}{(1-R)^2} \tag{7}$$

где R - коэффициент отражения отражателей без потерь.

Этот интерферометр имеет два преимущества: (1) высокая чувствительность - было показано, что гидрофон, построенный таким образом, имеет чувствительность -122 дБ на 1 В/мкПа [12]; (2) компактность - полость Фабри-Перо может быть выполнена из двух торцевых поверхностей разорванного волокна или непрерывного волокна с парой волоконных решеток Брэгга. Однако его главным недостатком является небольшой динамический диапазон.

Интерферометрические конфигурации Маха – Цендра (ИМЦ) широко исследовались для первых оптоволоконных датчиков, особенно в контексте приложений гидрофонов [13].

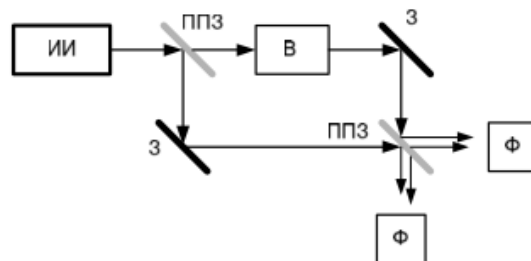


Рис. 5. Схемы базовой конфигурации интерферометра Маха-Цендра: ИИ-источник излучения; ППЗ-полупрозрачное зеркало; З-Зеркало; Ф-фотодетектор; В-внешнее воздействие.

Волоконно-оптические ИМЦ состоят из двух независимых плеч: сигнального плеча и опорного плеча, которые изолированы от внешнего возмущения, и только сигнальное плечо подвергается воздействию. Два стандартных оптоволоконных соединителя обычно используются для разделения входящего света на два плеча и последующего объединения их в детекторе (Рис. 5).

Когерентный одномодовый (как поперечные, так и продольные моды) источник вводится в одномодовое волокно (с пространственной модой). Затем свет разделяется на два луча номинальной равной интенсивности с помощью оптоволоконного светоделителя (ППЗ), часть которого направляется

через чувствительный волоконный рычаг, а остальная часть - через опорный рычаг. Эти два выхода после прохождения через чувствительную и опорную волоконную катушки рекомбинируются вторым волоконным светоделителем (называемым рекомбинатором). Затем между двумя лучами формируется интерференционный сигнал, который после увеличения длины выходного волокна обнаруживается фотодетектором (Ф). Следует отметить, что этот тип датчика может работать с длинным волокном ($> 10\text{км}$) между модулем источника / детектора и чувствительным интерферометром, сохраняя при этом высокие характеристики [14].

Ключевым элементом интерферометра является волоконный светоделитель или ответвитель (ППЗ). Сердцевина волокна, в которых ограничена оптическая энергия, расположены достаточно близко друг к другу, чтобы свет мог передаваться от одного волокна к другому. Обычно это достигается с помощью процесса высокотемпературного сужения и плавления. Если коэффициенты связи мощности двух ответвителей равны k_1 и k_2 и мы предполагаем определенные оптические потери α_s и α_r , связанные с трактом считывания и опорным трактом, соответственно, то оптические поля на одном выходе интерферометра, возникающие из сигнального и опорного плеч, равны:

$$E_r = E_0 \sqrt{\alpha_r k_1 k_2} \cos(\omega_0 t + \phi_r) \quad (8)$$

$$E_s = E_0 \sqrt{\alpha_s (1 - k_1)(1 - k_2)} \cos(\omega_0 t + \phi_s) \quad (9)$$

Выходную интенсивность интерферометра можно выразить как:

$$I = \langle E_r^2 \rangle + \langle E_s^2 \rangle + 2 \langle E_r E_s \rangle \quad (10)$$

где $\langle \cdot \rangle$ обозначает среднее время за период, намного превышающий $2\pi/\omega_0$. Используя (9) и (10), выходная интенсивность определяется выражением [64; с.12-25]:

$$I = I_0 [\alpha_r k_1 k_2 + \alpha_s (1 - k_1)(1 - k_2) + 2 \sqrt{\alpha_s \alpha_r k_1 k_2 (1 - k_1)(1 - k_2)} \cos(\omega_R - \phi_s)] \quad (11)$$

Одним из преимуществ этой технологии является эффективное использование оптической мощности. Если рассматривать одиночный диодный лазерный источник с оптической мощностью 1 мВт, вводимый в оптоволоконный жгут, предполагая разумные оптические потери, можно опросить более 10000 двухлучевых интерферометров с минимальным уровнем шума, ограниченным дробовым шумом $< 10 \mu\text{rad}/\sqrt{\text{Гц}}$.

Конфигурация волоконного интерферометра Майкельсона (МИ) очень похожа на конфигурацию Маха – Цендера и представляет собой половину ИМЦ (рис. 6). Самый распространенный инструмент в интерферометрии, интерферометр Майкельсона, был изобретен в 1887 году Албертом Абрахамом Майкельсоном, первым американцем, получившим Нобелевскую премию за научные достижения. Он предложил систему полупрозрачных зеркал и зеркал (светоделителей) для схождения отдельных световых

лучей, исходящих от одного и того же источника [15].

Принцип работы таких интерферометров основана на интерференции между лучами в двух плечах, при этом каждый из лучей отражается от зеркал, расположенных на конце каждого плеча. Такая конфигурация отражательного типа имеет преимущества компактности и простоты установки, но более уязвима для вызванной отражением нестабильности источника и для паразитных отражений в пределах интерференционного тракта. В основе принципов мультиплексирования волоконного измерительного интерферометра лежат методы импульсно-временной рефлектометрии оптических сигналов, мультиплексирование с разделением времени, частотного и спектрального уплотнения оптических сигналов и комбинации указанных методов.

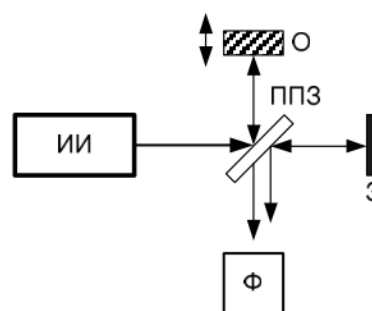


Рис. 6. Интерферометр Майкельсона с низкокогерентным источником света (ИИ-источник излучения, ППЗ- полупрозрачное зеркало, З- зеркало, Ф-фотодетектор).

Интерферометр Майкельсона разделяет один входящий луч от когерентного источника света на два идентичных луча. Впоследствии каждый из этих лучей проходит свой путь, называемый траекторией, и сводится вместе перед входом в детектор. Разница в расстоянии, пройденном каждым лучом, создает между ними разность фаз. Это вносимая разность фаз, создающий интерференционную картину между изначально идентичными волнами, которая определяется детектором. Чтобы избежать попадания отраженных сигналов обратно в источник света, что обычно влияет на выходной сигнал источника, следует использовать оптический изолятор.

Необходимым и достаточным условием для наблюдения интерференции света является длина когерентности, превышающая разность оптических путей между двумя наложенными друг на друга лучами. На практике интерференция рассматривается для когерентных волн, где максимальное расстояние от источника света, на котором наблюдается интерференция, связано с пространственной взаимной корреляцией между двумя точками в волне для произвольно выбранного момента времени.

Волоконно-оптический интерферометр Майкельсона использует тот же принцип разделения

лазерного луча и внесения разности оптических путей между плечами. Обе волны интерферируют в ответвителе. Существенные модификации происходят из-за того, что свет направляется в оптических волокнах.

Интерферометр Майкельсона имеет ряд преимуществ перед другими спектральными приборами. Первое связано с геометрией устройства и позволяет регистрировать сигналы с меньшей интенсивностью по сравнению с дифракционными спектрографами. Второй связан с методом измерения и позволяет добиться лучшего отношения сигнал/шум. Есть и ряд других преимуществ перед другими спектральными приборами, а именно: малые габариты и вес, невысокая стоимость оптического набора и высокая скорость сканирования.

Конфигурация волоконного интерферометра Саньяка. Интерферометры Саньяка (СИ) в последнее время вызывают большой интерес в различных приложениях для измерения чувствительности из-за их преимуществ простой конструкции, легкости изготовления и устойчивости к окружающей среде. СИ состоит из петли из оптического волокна, по которой два луча распространяются во встречных направлениях с разными состояниями поляризации. Как схематично показано на рисунке 7, входящий свет разделяется на два направления волоконным соединителем, и два встречных луча снова объединяются в одном и том же соединителе [16].

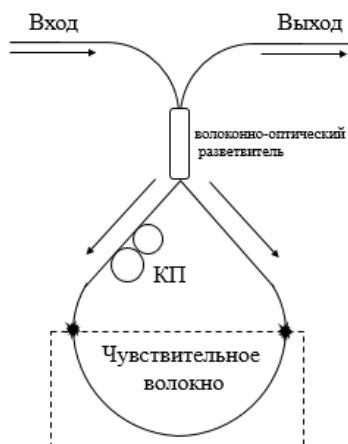


Рис. 7. Схема датчика на основе интерферометра Саньяка.

В отличие от других волоконно-оптических интерферометров, зондирование определяется поляризационно-зависимой скоростью распространения моды, направляемой по контуру. Чтобы максимизировать поляризационно-зависимые характеристики СИ, двулучепреломляющие волокна обычно используются в чувствительных частях. Поляризации регулируются контроллером поляризации (КП), прикрепленным в начале чувствительного волокна [17]. Сигнал на выходе оптоволоконного соединителя определяется интерференцией между лучами, поляризованными

вдоль медленной оси и быстрой оси. Фаза помехи просто задается как:

$$\delta_{СИ} = \frac{2\pi}{\lambda}, \mathbf{B} = |\mathbf{n}_f - \mathbf{n}_s| \quad (12)$$

где, \mathbf{B} - коэффициент двойного лучепреломления чувствительного волокна, λ - длина чувствительного волокна, а \mathbf{n}_f и \mathbf{n}_s - эффективные индексы быстрой и медленной мод соответственно [18].

Когда волоконный контур вращается с угловой скоростью Ω вокруг оси, проходящей через точку \mathbf{O} , согласно теории относительности, времена прохождения световых волн, движущихся в противоположных направлениях по замкнутому контуру во вращающейся системе координат, будут разными. В результате по приходе в точку деления между встречными волнами в первом приближении возникает дополнительная разность фаз [19]:

$$\Delta\Phi_r = \frac{8\pi^2NR^2}{\lambda_c} \Omega, \quad (13)$$

где λ - длина волны используемого излучения; c - скорость света в вакууме; R - радиус одного витка; N - число витков в катушке; Ω - угловая скорость вращения катушки.

При этом чувствительность волоконного гироскопа можно изменять, подбирая необходимое число витков на измерительной катушке.

Интерферометры Саньяка и пассивные кольцевые резонаторы могут использоваться для определения широкого спектра явлений окружающей среды. Волоконно-оптические гироскопы, основанные на этих подходах, открывают перспективу создания всех твердотельных компактных инерциальных измерительных устройств, пригодных для навигационных приложений, о которых несколько лет назад можно было только мечтать. Полезность этих датчиков выходит далеко за пределы измерения вращения, а их уникальные преимущества открывают перспективу их широкого использования в измерениях акустики, магнитного поля, температуры, ускорения и деформации. Эти устройства могут также найти применение для определения характеристик источников света и оптических волокон.

Спектротрические оптоволоконные датчики

Волоконные датчики с модулированной длиной волны демонстрируют изменение длины распространяющейся оптической волны (спектральная модуляция) при взаимодействии с внешним возмущением.

Некоторые распространенные оптоволоконные датчики на основе длин волн включают датчики с решеткой Брэгга, датчики флуоресценции и датчики черного тела [21]. Периодическая индексно-модулированная структура позволяет соединять свет от основной распространяющейся моды в прямую распространяющуюся базовую моду, создавая реакцию отражения. Отраженная длина волны Брэгга чувствительна к ряду физических параметров, и,

таким образом, ВБР может использоваться в качестве датчика в различных приложениях [22].

В простейшем виде ВБР представляет собой периодическую модуляцию показателя преломления

в сердцевине одномодового оптического волокна [23].

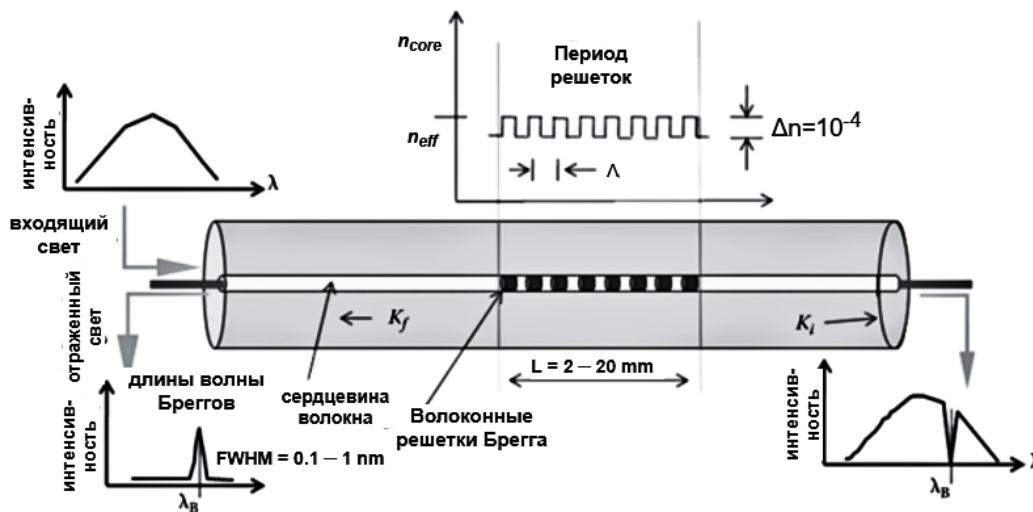


Рис. 8. Структура показателя преломления в типичной волоконной решетке [20].

Элементарная волоконная брэгговская решетка состоит из короткого участка одномодового оптического волокна, в котором показатель преломления сердцевины периодически модулируется. Эта структура действует как фильтр

отражения с высокой селективностью по длине волны с длиной волны максимальной отражательной способности λ_B (рис. 8).

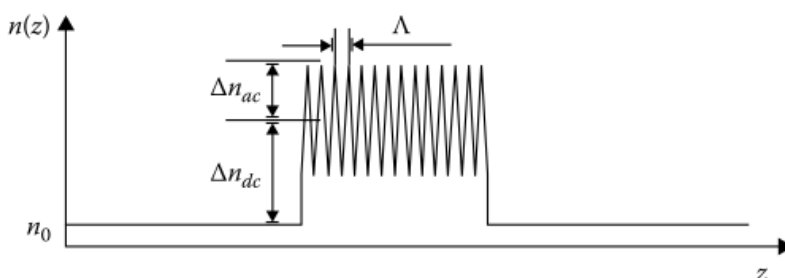


Рис. 9. Показатель преломления однородной ВБР.

Свет, проходящий по сердцевине оптического волокна, рассеивается каждой плоскостью решетки. Когда условие Брэгга [24] не выполняется, отраженный свет от каждой из последующих плоскостей постепенно становится не в фазе и в конечном итоге гаснет. Кроме того, свет, который не совпадает с длиной волны брэгговского резонанса, будет испытывать очень слабое отражение на каждой из плоскостей решетки из-за фазового рассогласования (рис. 9) [25].

Когда условие Брэгга выполняется отраженного света от каждой плоскости решетки конструктивно складываются в обратном направлении, чтобы сформировать отраженный пик с центральной длиной волны, определяемой параметрами решетки. Условие решетки Брэгга - это требование, которое удовлетворяет закону сохранения энергии и импульса. Сохранение энергии ($\hbar\omega_f = \hbar\omega_i$) требует, чтобы частота падающего и отраженного излучения была одинаковой [26].

Дифрагированный волновой вектор равен по величине, но противоположен направлению падающего волнового вектора. Следовательно, условие сохранения импульса принимает следующий вид (14):

$$2 \left(\frac{2\pi n_{eff}}{\lambda_B} \right) = \frac{2\pi}{\Lambda}, \tag{14}$$

Это выражение упрощается до условия Брэгга первого порядка (2.21):

$$\lambda_B = 2\pi n_{eff} \Lambda, \tag{15}$$

Принцип чувствительности ВБР датчиков

Длина волны Брэгга датчика ВБР сильно зависит от приложенной к ВБР деформации и температуры вокруг нее. Сдвиг длины волны Брэгга из-за влияния изменений n_{eff} или шага решетки « Λ » ВБР под действием приложенной деформации и температуры определяется выражением (16) [27]:

$$\Delta\lambda_B = 2 \left(\Lambda \frac{\partial n_{eff}}{\partial l} + n_{eff} \frac{\partial \Lambda}{\partial l} \right) \Delta l + 2 \left(\Lambda \frac{\partial n_{eff}}{\partial T} + n_{eff} \frac{\partial \Lambda}{\partial T} \right) \Delta T, \quad (16)$$

где: T – температура; l – длина решетки; $\Delta\lambda_B$ – изменение длины волны в решетках.

Первый и второй член в уравнении (16) представляют результат деформации и температуры на длине волны Брэгга. Физические параметры, такие как деформация, температура, показатель преломления окружающей среды (ППОС), смещение и магнитное поле, воспринимаются ВБР из-за их модуляции n_{eff} или « Λ ».

Чувствительность к механическим напряжениям. Деформационный отклик решетки вызван частичными изменениями периода решетки из-за фактического удлинения волокна, что, в свою очередь, проявляется в изменении показателя преломления волокна. Это называется *фотоупругим эффектом*. В целом решетка имеет разную чувствительность к осевым и радиальным деформациям. Предполагая, что известна взаимосвязь между осевой и радиальной деформациями, можно теоретически смоделировать сдвиг длины волны с точки зрения общей чувствительности брэгговской решетки к продольной деформации.

Величина сдвига длины волны как при поперечной, так и при продольной деформации может быть выражена как [27]:

$$\left(\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} \right) = \varepsilon_l - \frac{n_{eff}^2}{2} [p_{11}\varepsilon_t + p_{12}(\varepsilon_l + \varepsilon_t)] = K_t\varepsilon_l + K_t\varepsilon_t, \quad (17)$$

где: ε_t , K_t и ε_l , K_l , - поперечная и продольная деформации и постоянные соответственно. Для типичного оптического волокна с низким двулучепреломлением $p_{11} = 0,17$, $p_{12} = 0,36$, $n = 0,16$ и $K_l = 0,78 \cdot 10^{-6}/\mu\varepsilon$ и $K_t = -0,387 \cdot 10^{-6}/\mu\varepsilon$. (ε_z обычно выражается в микродеформациях $\mu\varepsilon$ [28].

Для случая отражения излучения в обратно распространяющуюся моду того же индекса, используя выражения $\vec{k}_{mn} - \vec{K} = \vec{K}_{mn}$ для периода ВОБР, получаем выражение (18):

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2n_{mn}}, \quad (18)$$

где Λ – период брэгговской решетки; λ – длина света в вакууме; n_{mn} – эффективный показатель преломления моды волокна [77; с.45-62].

Используя выражение (18) и результаты работы [29], [30] можно показать, что отношение между величиной относительной деформации волоконного световода и изменением положения брэгговского максимума в спектрах отражения или пропускания ВОБР задается соотношением (19):

$$\Delta\lambda_B = (1 - p_e)\lambda_B\varepsilon, \quad (19)$$

где ε – относительная деформация удлинения световода ($\varepsilon = \Delta\lambda_B/\lambda_B$); p_e – эффективный коэффициент фотоупругости материала световода, определяемый из выражения (20):

$$p_e = \left(\frac{n_1^2}{2} \right) [p_{12} - \mu(p_{11} + p_{12})], \quad (20)$$

где p_{11} и p_{12} – коэффициенты Поккельса в тензоре оптических напряжений; μ – коэффициент Пуассона (среднее значение $\approx 0,22$).

Чувствительность к температурным изменениям. Температурный отклик волоконных решеток является результатом внутреннего расширения материала волокна, что приводит к частичному изменению шага решетки и зависящего от температуры показателя преломления волокна. Температурная чувствительность волокна в первую очередь обусловлена термооптическим эффектом и выражается как (21) [31]:

$$\left(\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} \right) = \left[\alpha_f + \frac{1}{n_{eff}} \frac{dn_{eff}}{dT} \right] \Delta T = K_T \Delta T, \quad (21)$$

где α_f – коэффициент теплового расширения (КТР) волокна, а K_T – температурный коэффициент.

ВБР чувствительны к температуре и широко используются, особенно в суровых условиях. Термоиндуцированные изменения длины волны Брэгга обусловлены двумя основными факторами: первый связан с изменением эффективного показателя преломления управляемой моды, а второй – с изменением периода решетки.

Технология измерения на основе волоконной решетки была усовершенствована до уровня коммерческой реальности и предлагает привлекательный подход к квазираспределенному измерению деформации и мониторингу состояния конструкций. Системы, в которых используются мультиплексированные массивы коротких периодических волоконных решеток Брэгга, устанавливаемых на поверхность или встроенных в конструкционные материалы, включая композиты из углеродного волокна, успешно прошли многочисленные полевые испытания с участием самых разных структур. Но технология, лежащая в основе решетчатой надписи, продолжает развиваться, и теперь можно легко производить более сложные решетчатые структуры, предлагающие преимущества в характеристиках сенсора. Следует ожидать, что эти новые типы решеток быстро расширят уже продемонстрированные впечатляющие возможности. Решетки с большим периодом, которые гораздо проще изготовить, чем решетки Брэгга, имеют явные преимущества в чувствительности в некоторых приложениях, но пока их довольно трудно мультиплексировать. Основываясь на производительности, потенциально низких затратах и архитектурной гибкости, растущее внимание к интеллектуальным структурам предполагает использование как волоконных решеток Брэгга, так и решеток с большим периодом.

Таким образом, рассмотренные выше особенности поведения волоконно-оптических брэгговских решеток демонстрируют их широкое применение для создания на их основе

чувствительность элементов датчиков физических величин. Например, элементы ВОБР явились основой конструкций датчиков деформации, температуры, давления, акустических сигналов, акселерометров, магнитометров и т.д.

Поляриметрические оптоволоконные датчики

Известно, что когда световая волна распространяется вдоль оптического волокна, ее состояние поляризации изменяется из-за разности фазовых скоростей двух поляризационных компонентов в двулучепреломляющем волокне. На поляризационные свойства света, распространяющегося через оптическое волокно, могут влиять напряжение, деформация, давление и температура, действующая на него, и в волоконно-поляриметрическом датчике измеряется изменение состояния поляризации и используется для получения параметра считывания. Эффект симметричной деформации или изменения

температуры в одномодовом волокне влияет на постоянную распространения β для каждой моды из-за изменений длины волокна L и показателей преломления сердечника и оболочки. Под влиянием продольной деформации ϵ или температуры T для одномодовых волоконно-поляриметрических датчиков изменение разности фаз можно выразить как (22):

$$\frac{\delta(\Delta\Phi)}{\delta X} = \Delta\beta \frac{\partial L}{\partial X} + L \frac{\partial(\Delta\beta)}{\partial X}, \quad (22)$$

где, X обозначает температуру, давление или напряжение.

Волоконно-оптический поляриметрический датчик с использованием устройства поляризатор-анализатор, показан на рисунке 10. В типичном поляриметрическом датчике линейно поляризованный свет запускается под углом 45° к главным осям двулучепреломляющего волокна, так что обе поляризационные моды могут быть одинаково возбуждены.



Рис. 10. Схема типичного поляриметрического волоконного датчика.

Состояние поляризации на выходе преобразуется в интенсивность с помощью поляризатора-анализатора, ориентированного под углом 90° к состоянию поляризации на входе. Для таких поляриметрических датчиков изменение интенсивности излучения на длине волны λ из-за приложенного внешнего возмущения можно описать формулой (23):

$$I_s(\lambda) = \frac{I_0}{2} [1 + \cos(\Delta\Phi)]. \quad (23)$$

Следовательно, изменение поляризации можно интерпретировать как изменение интенсивности и, соотнося изменение выходной интенсивности по интенсивности с измеряемой величиной, можно эффективно использовать датчик поляриметрического волокна в качестве датчика для различных применений. Разность фаз между двумя ортогональными поляризациями также может быть использована в экспериментальной установке, состоящей из перестраиваемого лазерного источника и системы управления поляриметром/поляризацией.

Из-за высокой чувствительности поляриметрических волоконных датчиков к внешним параметрам, таким как напряжение и температура, часто перекрестная чувствительность является серьезной проблемой для этих типов датчиков. Способность поляриметрических волоконных датчиков измерять деформацию, температуру и давление демонстрируется в различных областях применения. Волоконно-поляриметрические датчики также используются для измерения тока и напряжения, где используется ряд

поляризационных эффектов (оптическая активность, эффект Фарадея и электрооптический эффект).

Заключение

Данная статья посвящается анализу физических принципов функционирования волоконно-оптических датчиков в зависимости от изменяемого свойства света. Приведены теоретическое обоснование применения волоконных сенсоров для радиомониторинга оползневых процессов земных грунтов. Рассмотрены принципы функционирования оптоволоконных сенсоров на основе внутренних эффектов. Описаны основные физические явления, которые происходят в процессе детектирование/измерение той или иной физической величины на основе волоконно-оптических измерительных систем.

Список использованной литературы

- [1] G. Meltz, "Overview of Fiber Optic Sensors," *SPIE*, vol. 2838, pp. 1–34, 1996, doi: 10.1201/9781420053661.ch1.
- [2] W. Sorin and D. Baney, "Multiplexed Sensing using Optical," *Hewlett-Packard*, 1995.
- [3] A. D. Kersey, "A review of recent developments in fiber optic sensor technology," *Opt. Fiber Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 291–317, 1996, doi: 10.1006/ofte.1996.0036.
- [4] I. R. Matias, S. Ikezawa, and J. Corres, *Fiber Optic Sensors Current Status and Future Possibilities*, Volume 21. Sydney, NSW Australia, 2017.

- [5] M. Yasin, W. H. Sulaiman, and A. Hamzah, *Optical Sensors New Developments and Practical Applications*. AvE4EvA, 2014.
- [6] B. J. Thompson, *Fiber Optic Sensors*, Second Edi. CRC Press, 2008.
- [7] M. Szustakowski and W. M. Ciurapinskiy, “Interferometric fibre sensors. Technology and application,” *SPIE*, vol. 4018, no. 1, pp. 80–95, 1999, doi: 10.1117/12.373729.
- [8] S. Pissadakis and S. Stefano, *Optofluidics, Sensors and Actuators in Microstructured Optical Fibers/ ISBN 9781782421283*. Elsevier, 2015.
- [9] S. Kher and M. Kumar Saxena, “Distributed, Advanced Fiber Optic Sensors,” *Appl. Opt. Fibers Sens.*, pp. 1–25, 2019, doi: 10.5772/intechopen.83622.
- [10] A. D. Kersey, T. A. Berkoff, and W. W. Morey, “Multiplexed fiber Bragg grating strain-sensor system with a fiber Fabry–Perot wavelength filter,” *Opt. Lett.*, vol. 18, no. 16, pp. 1370–1372, 1993, doi: 10.1016/0006-291X(84)91196-3.
- [11] Ю. Н. Кульчин, “Распределённые Волоконно-Оптические Измерительные Системы.” р. 272, 2001.
- [12] В. Д. Сивухин, “Оптика // Общий курс физики. — 3-е изд., стереот. — М.: Физматлит, 2005. — Т. 4. — С. 256. — 792 с.”
- [13] S. J. Mihailov, “Femtosecond Laser-Inscribed Fiber Bragg Gratings for Sensing Applications,” *Opto-Mechanical Fiber Opt. Sensors Res. Technol. Appl. Mech. Sens.*, pp. 137–174, 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-803131-5.00006-4.
- [14] Т. Окоси, *Волоконно-оптические датчики*. Ленинград: Энергоатомиздат, 1991.
- [15] H. Alemohammad, “Superstructure Fiber Bragg Grating Sensors for Multiparameter Sensing,” *Opto-Mechanical Fiber Opt. Sensors Res. Technol. Appl. Mech. Sens.*, pp. 27–47, 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-803131-5.00002-7.
- [16] Н. П. Бусурин, В.И. Семенов, А.С. Удалов, “Оптические и волоконно-оптические датчики.” // *Квантовая электроника*, 1985. Т.12. №5 С 901-944.
- [17] Y. Y. Zhao, Z., Lau, W. S., Choi, A. C. K., and Shan, “Modulation functions of the reflective optical fiber sensor for specular and diffuse reflection, *Optical Engineering*,” vol. 33(9), pp. 2986–2991, 1994.
- [18] Y. Mizuno, N. Hayashi, and K. Nakamura, “Distributed Brillouin Sensing Using Polymer Optical Fibers,” *Opto-Mechanical Fiber Opt. Sensors Res. Technol. Appl. Mech. Sens.*, pp. 97–135, 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-803131-5.00005-2.
- [19] H. Alemohammad, *Opto-mechanical fiber optic sensors / Research, Technology, and Applications in Mechanical Sensing*. Butterworth-Heinemann, Elsevier.
- [20] R. J. Springer and V. Steenkiste, “Strain and Temperature Measurement with Fiber Optic Sensors.” Technomic, Lancaster, PA, 1997.
- [21] A. A. Ramaswamy, “Determination of round-exit velocity using fiber bragg grating sensors,” University of Maryland, 2004.
- [22] G. Rajan, G., Semenova, Y., and Farrell, “An all-fiber temperature sensor based on a macro-bend single- mode fiber loop,” *Electron. Lett.*, vol. 44, pp. 1123–1124, 2008.
- [23] Y. Zhao, Y. and Liao, “Discrimination methods and demodulation techniques for fiber Bragg grating sensors.” *Opt. Lasers Eng.*, 41, 1–18, 2004.
- [24] R. P. Dockney, S W James, M L Dockney, “Simultaneous independent temperature and strain measurement using in-fibre Bragg grating sensors, *Electron. Lett.*, 32(12), 1133–1134, 1996.”
- [25] Ю. Р. Бусурин, В.И., Носов, “Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. М.: Энергоатомиздат, 1990. 256с.” М.: Энергоатомиздат, 1990. 256с.
- [26] P. Sivanesan., “Optical Fiber Sensor for simultaneous measurement of distributed strain and temperature. Dissertation submitted to University of Maryland, College Park, 2002.”
- [27] Т. Horiguchi, “A technique to measurement distributed strain in optical fibers // *IEE Photonics Technology Lett.* 1990. V.2/ № 5 P 352-354.”
- [28] В. М. Шандаров, *Волоконно-оптические устройства технологического назначения*. Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012.
- [29] Р. Г. Джексон, *Новейшие датчики Москва: Техносфера, 2007. - 384 с. ISBN 978-5-94836-111-6, 2007.*
- [30] A. J. Rogers, “Polarization-optical time domain reflectometry: a technique for the measurement of field distributions,” *Appl. Opt.*, vol. 20, no. 6, p. 1060, 1981, doi: 10.1364/ao.20.001060.

Рахимов Б.Н. д.т.н. профессор. Заместитель начальника по учебным и научным вопросам Военного института информационных и коммуникационных технологий и связи.

Бердиев А.А. докторант кафедры «Системы телерадиовещания» ТУИТ. e-mail: berdiyevalisher18@gmail.com

Мирсагдиев О.А. PhD. доцент кафедры «Радиоэлектронные устройства и системы».

**Rakhimov B.N., Berdiev A.A.,
Mirsagdiyev O.A.**

Analysis of the physical principles of functioning of fiber-optic sensors depending on the variable properties of light

The physical foundations of fiber-optic sensors and systems with modulation of light intensity, phase-modulated (interferometric) fiber-optic sensors, spectrometric fiber-optic sensors, polarimetric fiber-optic sensors are considered. Basic designs of fiber interferometers are presented as sensitive elements of fiber-optic sensors.

Key words: two-fiber sensor, numerical aperture, microbend, macrobend, refractive index, interferometers, hydrophone.

Давронбеков Д., Мухаммадиев Ж., Мадаминов Х., Файзуллаева Б.

Экспериментальная установка для исследования однонаправленного распространения оптических сигналов в оптическом волокне.

В статье приведена экспериментальная установка для исследования однонаправленного распространения оптических сигналов в оптическом волокне. Разработана усилитель фотоэлектрических сигналов на операционных усилителях. Показаны осциллограммы формы напряжения фотоэлектрического сигнала на выходе фотоэлектрического усилителя при однонаправленном асинхронном режиме распространения оптического излучения в оптическом волокне.

Ключевые слова: оптический сигнал, оптический разветвитель лазерный излучатель, шумовой сигнал, усилитель.

Введение. Изучение характера распространения оптического излучения в волокне является одной из центральных задач волоконной оптики [1]. Сравнение результатов численного моделирования с экспериментом позволяет оценить насколько правильно используемые физические модели описывают реальные физические процессы [2-3]. Практическая важность таких исследований связана с широким использованием оптического волокна в современных сетях телекоммуникаций.

Первым шагом к повышению эффективности волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) является изучение свойств и характеристик оптического излучения при распространении в оптическом волокне [4].

Основная часть. Передача информации ВОЛС может быть осуществлена двумя режимами –

асинхронным и синхронным, а также может быть однонаправленным и двунаправленным [5].

Для исследования однонаправленного асинхронного режима распространения сигналов (информационного и шумового) в оптическом волокне была разработана экспериментальная установка, блок-схема которой приведена на рис. 1. В асинхронном режиме не требуется сигнал обратной связи (квитирования), который служит для информирования передатчика об окончании работы приёмника. Кроме снижения числа линий в шине управления это повышает надёжность системы. Отсутствие сигнала квитирования из-за неисправности порта или обрыва линии — типичная причина «зависания» системы.

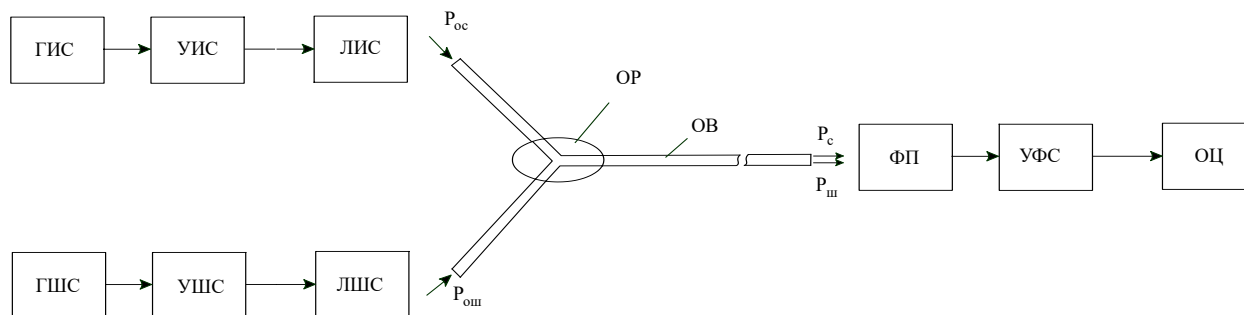


Рис.1. Блок-схема экспериментальной установки для исследования однонаправленного асинхронного режима в оптическом волокне

Здесь: ГИС – генератор импульсов информационного сигнала; УИС – усилитель информационного сигнала; УШС – усилитель шумового сигнала; ЛИС – лазерный излучатель информационного сигнала; ЛШС – лазерный излучатель шумового сигнала; ГШС – генератор шумового сигнала; ОР – оптический разветвитель; ОВ – оптическое волокно; ФП – фотоприемник; УФС – усилитель фотоэлектрического сигнала; ОЦ – осциллограф.

В разработанной экспериментальной установке однонаправленного режима, распространение информационных и шумовых сигналов в оптическом волокне обеспечивается суммированием информационных и шумовых оптических потоков излучений и фокусировкой суммарного оптического

сигнала на вход оптического волокна. Для этого генератор информационных сигналов (ГИС) вырабатывает последовательность информационных импульсных сигналов, которые усиливаются по амплитуде на усилителе информационных сигналов (УИС), и подаются на вход лазерного излучателя информационных сигналов (ЛИС). Последний, преобразует импульсные электрические информационные сигналы в пропорциональные к нему импульсные оптические излучения.

Генератор шумовых сигналов (ГШС) вырабатывает последовательность шумовых импульсных сигналов, которые усиливаются по амплитуде на усилителе шумовых сигналов (УШС), и подаются на вход лазерного излучателя шумовых сигналов (ЛШС). Последний, преобразует

импульсные электрические шумовые сигналы в пропорциональные к нему импульсные оптических излучения. Сформированные информационные и шумовые оптические излучения через соответствующие входы оптического сплиттера ОС оптический сплиттер показано на рисунке.1. с стрелкой Рос, вводятся в оптическое волокно (ОВ). Суммарное излучение, информационных и шумовых оптических излучений пройдя длину L оптического волокна, фокусируется на чувствительной площади фотоприемника (ФП), в котором преобразуется в пропорциональный фотоэлектрический сигнал. Фотоэлектрический сигнал усиливается усилителем фотоэлектрического сигнала (УФС), и подается на вход осциллографа (ОЦ), где производятся соответствующие измерения и визуальное наблюдение временных диаграмм сигналов, распространяющихся по оптическому волокну.

На рис.2 приведена принципиальная схема усилителя информационного сигнала. На транзисторах Т1 и Т2 собран усилитель напряжения, а на транзисторе Т3 – эмиттерный повторитель. В качестве генератора информационного сигнала используется стандартный генератор типа Г5-56.

Мощность выходного оптического излучения информационного сигнала, регулируется переменным резистором R7. Резистор R8 служит для ограничения максимального тока, через лазерный излучатель ЛИС.

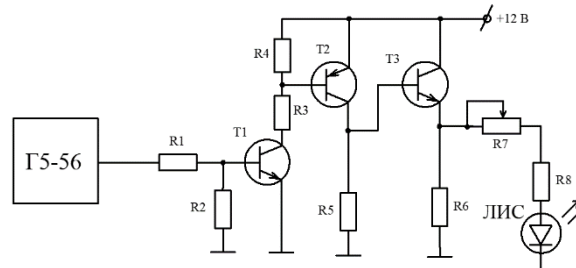


Рис.2. Принципиальная схема генератора и усилителя информационного сигнала

На рис.3 приведена принципиальная схема генератора и усилителя шумового сигнала. Генератор шумового сигнала построен на основе микросхем типа SN7400 аналог К155ЛА3 в состав которых входит четыре логических элемента 2И-НЕ.

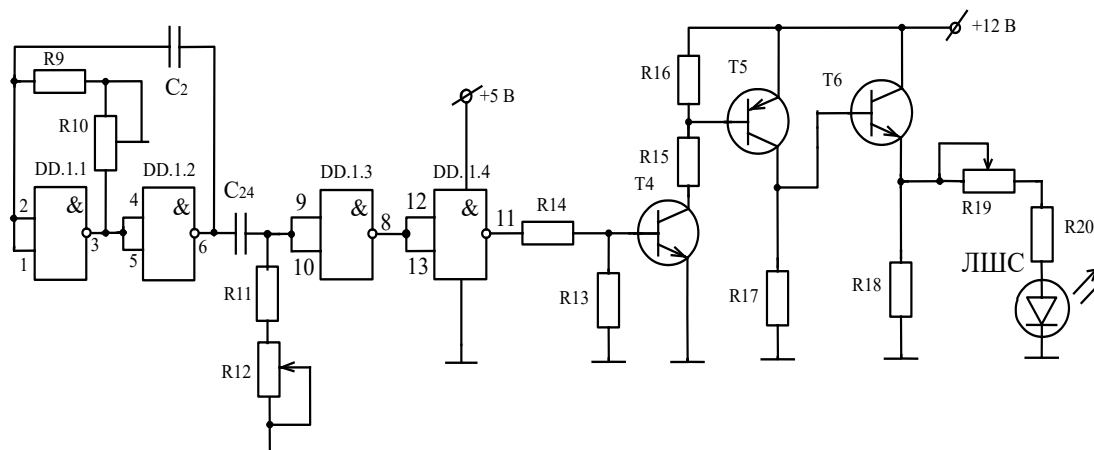


Рис.3. Принципиальная схема генератора и усилителя шумового сигнала.

На логических элементах DD1.1 и DD1.2 собран мультивибратор. Частота повторения выходных импульсов мультивибратора регулируется с помощью переменного резистора R10. На логических элементах DD1.3 и DD1.4 собран одновибратор, длительность выходного импульса которого, регулируется с помощью переменного резистора R12. Усилитель шумового сигнала собран на транзисторах Т4-Т6. Мощность выходного оптического излучения шумового сигнала регулируется переменным резистором R18 (на схеме, рис.4 R18- приведено как переменный резистор смотрите на схеме,). Резистор R19 служит для ограничения максимального тока через лазерный излучатель ЛШС.

В качестве излучателей информационных и шумовых сигналов, был использован светодиод ЭСАГА-140 средней инфракрасной области,

который имеет следующие электрические и оптические параметры:

- 1) длина волны излучения - 870 ± 1770 нм;
- 2) средняя мощность излучения – 5-150 мВт;
- 3) прямой ток – 100 мА;
- 4) напряжение на излучателе – 1,5;
- 5) диапазон рабочих температур - от -15 °С до $+55$ °С.

В качестве фотоприемника использован фотодиод на основе кремния ФД-290, который имеет следующие электрические и оптические параметры:

- 1) диаметр сердечника световода - 0,55 мм;
- 2) рабочая температура – $(+20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C})$;
- 3) рабочее напряжение – 24 В;
- 4) диапазон спектральной чувствительности - 0,4 ... 1,1 мкм;
- 5) максимум спектральной характеристики - 0,8 ... 0,9 мкм;

- б) темновой ток - ≤ 3 нА;
- 7) токовая чувствительность на $\lambda = 0,85$ мкм - $\geq 0,4$ А/Вт;
- 8) емкость - не более 5 пФ;
- 9) время нарастания - не более 3 нс;
- 10) входное окно – световод;
- 11) материал световода - стекло типа ТБФ-10 (тяжелые баритовые флинты).

Принципиальная схема фотоэлектрического усилителя показана на рис.4.

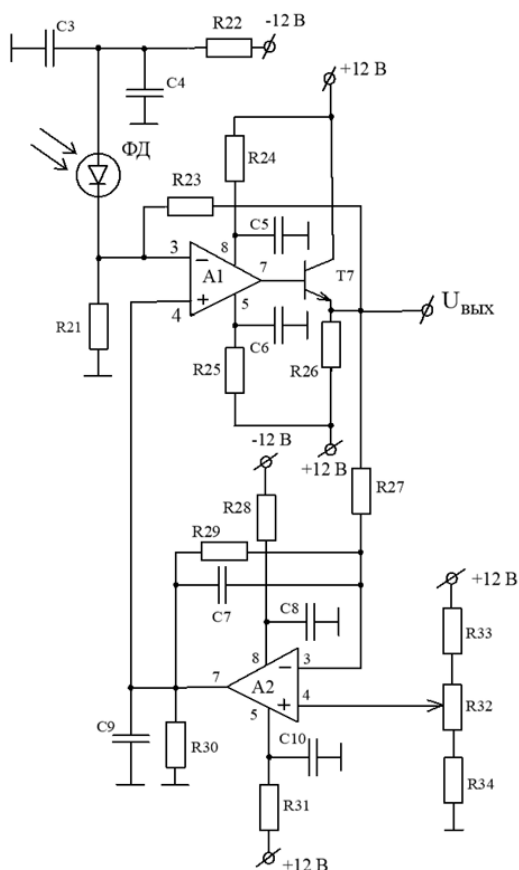


Рис.4. Принципиальная схема усилителя фотоэлектрического сигнала

Усилитель фотоэлектрических сигналов построен на операционных усилителях А1 и А2. На операционном усилителе А1 собран инвертирующий усилитель, а на операционном усилителе А2 - интегратор, который обеспечивает отрицательную обратную связь по постоянному току инвертирующего усилителя. В качестве операционного усилителя А1 использован быстродействующий операционный усилитель типа К574УД1, а в качестве операционного усилителя А2, использован универсальный операционный усилитель типа К140УД8. Напряжение смещения на выходе усилителя, который зависит от темнового тока фотодиода, компенсируется с помощью переменного резистора R32.

Соответствующие измерения и наблюдения формы фотоэлектрических сигналов были

произведены с помощью двухлучевого осциллографа типа С1-83.

Осциллограммы форм напряжений фотоэлектрического сигнала на выходе фотоэлектрического усилителя при однонаправленном асинхронном режиме распространения оптического излучения в оптическом волокне приведено на рис.5. Из осциллограммы формы напряжения фотоэлектрического сигнала видно, что из-за несинхронного распространения оптических излучений информационных и шумовых сигнала в оптическом волокне, совпадение по времени длительности импульсов информационных и шумовых сигналов является случайными. Вследствие этого форма напряжений суммарного фотоэлектрического сигнала меняется по времени случайным образом.

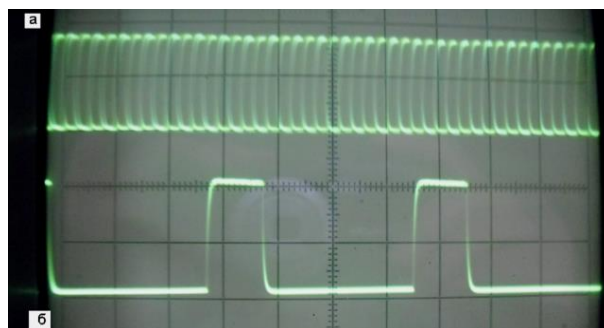


Рис.5. Осциллограммы формы напряжения фотоэлектрического сигнала на выходе фотоэлектрического усилителя при случаях – 1,2 (имеется в виду усилители А1 и А2): а) - диаграмма напряжения шумового сигнала; б) - диаграмма напряжения информационного сигнала

Заключение

Разработана усилитель фотоэлектрических сигналов на операционных усилителях и приведены осциллограммы формы напряжения фотоэлектрического сигнала на выходе фотоэлектрического усилителя.

Разработана экспериментальная установка, которая позволяет проводить исследования однонаправленного асинхронного режима распространения информационного и шумового сигналов в оптическом волокне. Выбрана элементная база установки и разработана её принципиальная схема. Особенностью данной установки является то, что она позволяет формировать информационный и шумовой оптические сигналы, а затем смешивать их с помощью оптического разветвителя (или лучше назвать оптический сумматор). С помощью разработанной установки можно проводить исследования прохождения оптического сигнала по оптическому тракту при наличии шумов в тракте, а также исследовать как влияние шумов в оптическом тракте на свойства информационного оптического сигнала, так и на свойства всего тракта в целом.

Список литературы:

1. H. Liu, S. Chen, and N. Kubota, "Guest Editorial Special Section on Intelligent Video Systems and Analytics," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 8, no. 1, p. 90, Feb.2012.
2. D. Elliott, "Intelligent Video Solution: a Definition," *Security*, pp. 46-48, 2010.
3. P. L. Venetianer and H. L. Deng, "Performance evaluation of an intelligent video surveillance system - A case study," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 114, no. 11, pp. 1292-1302, 2010.
4. X.Zhang, W.Hu, W.Qu, and S.Maybank, "Multiple Object Tracking Via Species-Based Particle Swarm Optimization," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 20, no. 11, pp. 1590-1602, 2010.
5. G. Wang, L. Tao, H. Di, X. Ye, and Y. Shi, "A Scalable Distributed Architecture for Intelligent Vision System," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 8, no. 1, pp. 91-99, Feb.2012.
6. M. J. Streibel, "Dialog Design and Instructional-Systems Design for An elligent Videodisc System," *Videodisc and Optical Disk*, vol. 4, no. 3, pp. 216-229, 1984.
7. R. Cucchiara and G. Galdi, "Mobile Video Surveillance Systems: An Architectural Overview," *Mobile Multimedia Processing: Fundamentals, Methods, and Applications*, vol. 5960, pp. 89-109, 2010.
8. Y. Wang, S. Velipasalar, and M. Casares, "Cooperative Object Tracking and Composite Event Detection With Wireless Embedded Smart Cameras," *IEEE Transactions on Image Processing*, pp. 2614-2633, 2010.
9. K. Sato, B. L. Evans, and J. K. Aggarwal, "Designing an embedded video processing camera using a 16-bit microprocessor for a surveillance system," *Journal of Vlsi Signal Processing Systems for Signal Image and Video Technology*, vol. 42, no. 1, pp. 57-68, 2006.
10. K. F. MacDorman, H. Nobuta, S. Koizumi, and H. Ishiguro, "Memory-based attention control for activity recognition at a subway station," *IEEE Multimedia*, vol. 14, no. 2, pp. 38-49, 2007.
11. H. Li, H. Gu, H. Yanshun, and Y. Jinghui, "Object-oriented classification of high-resolution remote sensing imagery based on an improved colour structure code and a support vector machine," *International Journal of Remote Sensing*, pp. 1453-1470, 2010.
12. C. Yongil, O. L. Sang, and S. Y. Hyun, "Collaborative occupancy reasoning in visual sensor network for scalable smart video surveillance" *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, pp. 1997-2003, 2010.
13. V. Murino, G. L. Foresti, and C. S. Regazzoni, "Adaptive camera regulation for investigation of real scenes," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 43, no. 5, pp. 588-600, 1996.
14. T. Wang, Z. Zhu, and E. Blasch, "Bio-inspired adaptive hyperspectral imaging for real-time target tracking," *IEEE Sensors Journal*, pp. 647-654, 2010.
15. F. Chen and C. De Vleeschouwer, "Personalized production of basketball videos from multi-sensored data under limited display resolution," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 114, no. 6, pp. 667-680, 2010.
16. B. Takacs, "Real-time millimeter wave radar vision system," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 49, no. 3, pp. 230-236, 2005.
17. D. Comaniciu, F. Berton, and V. Ramesh, "Adaptive resolution system for distributed surveillance," *Real-Time Imaging*, vol. 8, no. 5, pp. 427-437, 2002.
- A. M. Callan, R. Osu, Y. Yamagishi, D. E. Callan, and N. Inoue, "Neural Correlates of Resolving Uncertainty in Driver's Decision Making," *Human Brain Mapping*, vol. 30, no. 9, pp. 2804-2812, 2009.
18. J. Vanne, E. Aho, K. Kuusilinna, and T. Hamalainen, "A configurable motion estimation architecture for block-matching algorithms," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, pp. 466-477, 2009.

Давронбеков Дилмурод Абдужалилович

профессор ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий. [e-mail: davronbekov@gmail.com](mailto:davronbekov@gmail.com)

Мухаммадиев Жаббор

доцент Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека
[e-mail: jabbor-1963@mail.ru](mailto:jabbor-1963@mail.ru)

Мадаминов Хайдар Худаярович

доцент ТУИТ Мухаммада ал-Хоразмий
[e-mail: h.madaminov1978@gmail.com](mailto:h.madaminov1978@gmail.com)

Файзуллаева Барно Баходировна

ассистент ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий. [e-mail: fayzullayeva86@gmail.com](mailto:fayzullayeva86@gmail.com)

Davronbekov D.A., Muxammadiyev J.,

Madaminov X.X. Fayzullayeva B.B.

An experimental setup for studying unidirectional propagation of optical signals in an optical fiber.

The article presents an experimental setup for studying the unidirectional propagation of optical signals in an optical fiber. An amplifier of photoelectric signals based on operational amplifiers has been developed. Shown are oscillograms of the voltage waveform of the photoelectric signal at the output of the photoelectric amplifier in a unidirectional asynchronous mode of propagation of optical radiation in an optical fiber.

Key words: optical signal, optical splitter, laser emitter, noise signal, amplifier.

Хужаматов Х.Э., Ахмедов Н.М., Лазарев А.П., Кудратхонова М.К.

Беспроводные персональные сети как средства реализации решений умного города

В последние годы во всем мире наблюдается активная урбанизация населения. По мере этого увеличивается потребность обеспечения комфортного проживания населения используя имеющиеся ресурсы. Оптимизация жизнедеятельности человека является основной задачей решение которой могут стать решения концепции умных городов. В данной статье рассматриваются вопросы организации проектов умного города, методы и технологии ее реализации. Представлены основные характеристики и возможности беспроводных персональных сетей, технологии, применяемые при развертывании сетей близкого расстояния. Проанализированы возможности применения технологий персональных сетей при построении проектов умного города.

Ключевые слова: умный город, персональная сеть, ANT, WirelessHART, ISA100.11a, ZigBee, ZeeWave, Thread, Sigfox.

В последние несколько лет произошел взрывной рост информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) из-за развития дизайна аппаратного и программного обеспечения. Использование ИКТ в городах в различных формах для различных городских мероприятий привело к повышению эффективности городских операций, и эти города были обозначены множеством терминов, таких как «кибервилль», «цифровой город», «электронный город», «гибкость», «Информационный город», «telicity», «проводной город» и «умный город» [1]. Умный город - это самая большая абстракция среди используемых ярлыков, поскольку он включает в себя другие ярлыки, используемые для городов. Умный город - это концепция, и до сих пор нет четкого и последовательного определения концепции среди академических кругов и практиков. Говоря упрощенно, умный город - это место, где традиционные сети и услуги становятся более гибкими, эффективными и устойчивыми с использованием информационных, цифровых и телекоммуникационных технологий, чтобы улучшить свою деятельность на благо жителей. Другими словами, в умном городе цифровые технологии улучшают общественные услуги для жителей и улучшают использование ресурсов при меньшем воздействии на окружающую среду. Одним из формальных определений умного города является следующее: город, «соединяющий физическую инфраструктуру, инфраструктуру информационных технологий, социальную инфраструктуру и бизнес-инфраструктуру для использования коллективного разума города». Любая комбинация различных интеллектуальных компонентов может сделать города умными.

Реализация умного города происходит за счет соединения различных источников данных и облачных сервисов посредством маломощных сетей, в частности беспроводных персональных сетей.

Персональная сеть (англ. Personal Area Network, PAN) — это сеть, предназначенная для обмена информацией в непосредственной близости от человека. Как правило, эти системы являются беспроводными и включают передачу данных между устройствами, такими как смартфоны, персональные

компьютеры, планшетные компьютеры и т. Д. Целью такой сети обычно является обеспечение передачи данных или информации между такими устройствами или на сервер в качестве сеть, которая позволяет в дальнейшем подключаться к Интернету. Разработки в области персональных вычислительных сетей (PAN) в значительной степени контролируются рабочей группой IEEE 802.15.

Концепция умного города

Под «умным городом» обычно понимают технологически продвинутые города, способные объединить «конкурентоспособность» и «устойчивость» за счет интеграции различных аспектов развития (экономики, мобильности, окружающей среды, людей, жизни и управления), становясь самодостаточными. Широкое определение, предлагающее разные и разнообразные взгляды, из которых вытекают системы идентификации и различные классификации умных городов.

Однако концепция умного города далеко не ограничивается технологическими аспектами, и вместе с растущей актуальностью концепции умного города, определения и значения множатся, создавая путаницу в отношении сущности умного города. Эта путаница может стать серьезным препятствием для политиков, затрудняя распознавание умных городов, измерение «умных» показателей города, а также внедрение соответствующей политики для стимулирования развития умных городов.

Из-за быстрого роста плотности населения в городской среде потребовались подструктуры и услуги для удовлетворения потребностей граждан. Соответственно, наблюдается значительный рост цифровых устройств, таких как датчики, исполнительные механизмы, смартфоны и интеллектуальные устройства, которые стремятся к широкому коммерческим целям Интернета вещей (IoT), поскольку можно связать все устройства и установить связь между ними. через Интернет [2]. Раньше было сложно или даже невозможно было объединить эти цифровые устройства. Точно так же сбор их информации для повседневного управления деятельностью и долгосрочного планирования развития города имеет важное значение. Например,

некоторая информация об общественном транспорте, например, местоположение и использование в реальном времени, занятость парковочных мест, пробки, и другие данные, такие как погодные условия, состояние загрязнения воздуха и шума, загрязнение воды, потребление энергии и т. д., должны собираться непрерывно. С этой целью были применены разные технологии для решения конкретных функций каждого приложения. Требуемые технологии охватывают широкий диапазон и уровни от физического уровня до уровней данных и приложений. Одна из этих технологий, считалась двусторонней. Сеть ретрансляции с множественным доступом с ортогональным частотным разделением для достижения более высокой эффективности в коммуникациях интеллектуальных сетей.

Умный город становится умнее, чем в прошлом, в результате нынешнего распространения цифровых технологий. Умные города состоят из различного рода электронного оборудования, применяемого некоторыми приложениями, например, камер в системе мониторинга, датчиков в транспортной системе и т. д. Кроме того, можно расширить использование индивидуального мобильного оборудования. Следовательно, с учетом неоднородной среды будут изучены различные термины, такие как характеристики объектов, участников, мотивации и политики безопасности. Умные граждане, умная энергия, интеллектуальные здания, интеллектуальные технологии, интеллектуальное здравоохранение, интеллектуальное управление и образование и, наконец, интеллектуальная безопасность являются неотъемлемой частью концепции умного города. Характеристики умного города показаны на рисунке 1.

Как показывают исследования во всем мире люди широко используют решения умного города, в некоторых городах многие умные реализации вошли в постоянное применение как показано в таблице 1. В развитых городах, таких как Мехико, Гонконг, Сингапур, Дубай, Нью-Йорк, Москва, Сан-Паулу, Сеул и Шанхай уровень внедрения умных решений в повседневную жизнь свыше 30%. Из них самые популярные умные решения используются в 70–80% домах этих городов [4].

Интеллектуальные парковочные места

При включении интеллектуальной парковки время прибытия и отправления различных автомобилей отслеживается по всему городу. Таким образом, эти парковки должны быть спланированы таким образом, чтобы учесть количество

транспортных средств в каждом регионе. Кроме того, новые автостоянки должны быть созданы там, где больше машин. Соответственно, данные об умных парковках могут приносить прибыль как покупателям, так и продавцам в повседневной жизни умных городов. Эта услуга работает на основе дорожных датчиков и интеллектуальных дисплеев, которые указывают водителям лучший путь для парковки в городе. Некоторые преимущества этой услуги заключаются в более быстром поиске парковки, что означает меньшее количество выбросов CO от автомобилей, меньшую загруженность дорог и более счастливые граждане. Его можно интегрировать в городскую инфраструктуру Интернета вещей. Более того, с помощью технологий связи малого радиуса действия, таких как RFID и NFC, можно реализовать электронную проверку разрешений на парковку и предложить гражданам более качественные услуги.

Таблица 1
Уровень доступа населения к услугам умного города.

Города	Шанхай	Сингапур Дубай Москва Гонконг Сеул Мехико Нью-Йорк	Париж Лондон Берлин	Токио Мельбурн
Доля населения использующая умные решения	Более 40 %	30-40%	20-30%	20%
Доля пользователей и умного города среди взрослых	52%	36%	25%	15%
Осведомленность взрослого населения	72%	61%	55%	36%
Средний возраст населения	40	41	47	47

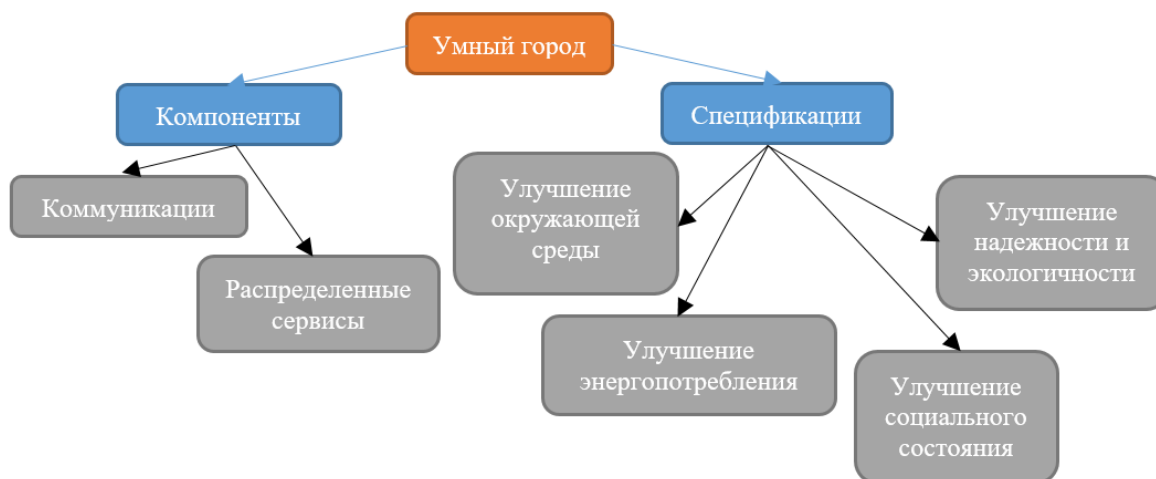


Рис. 1. Характеристики умного города

Здравоохранение

В сфере здравоохранения технологии Интернета вещей имеют много преимуществ в умных городах. Некоторые из этих приложений отслеживают людей и объекты, включая пациентов, персонал и скорую помощь, идентификацию людей, а также автоматический сбор и зондирование данных [6]. Что касается людей и объективного отслеживания, статус пациентов в клинике или больнице отслеживается, чтобы обеспечить лучший и быстрый рабочий процесс в больнице. Отслеживается местонахождение машины скорой помощи, препаратов крови и различных органов для трансплантации, чтобы проверить их доступность в режиме онлайн. С точки зрения идентификации людей в базе данных признается, что пациенты снижают риск ошибки при предотвращении неправильного приема лекарств, доз и процедур. Аутентификация персонала направлена на улучшение поведения сотрудников по отношению к пациентам. Что касается сбора и считывания данных, это помогает сэкономить время на обработку данных и предотвратить человеческие ошибки. С помощью сенсорных устройств осуществляется диагностика состояния пациента и предоставление в режиме реального времени информации о показателях здоровья пациента, например, о соблюдении пациентом предписаний. Используя мониторинг биосигналов, состояние пациента исследуется с помощью гетерогенных методов на основе беспроводного доступа, что позволяет получать данные о пациенте в любом месте [7].

Водные и погодные системы

Погодные системы используют различные датчики для предоставления точных данных, таких как температура, дождь, солнечное излучение и скорость ветра, а также для повышения эффективности умного города. Помимо электричества, системы распределения воды являются неотъемлемой частью каждого умного города. Обычные методы распределения воды от источника воды до помещения потребителя не

подходят и неэффективны, особенно для диагностики утечек в трубопроводе или других частях системы. Следовательно, размещая датчики в соответствующих местах распределительной системы, она становится интеллектуальной для обнаружения любых неисправностей или других приложений. Системы распределения воды состоят из некоторых частей, включая источник воды, такой как озеро или река, хранилища, такие как резервуары, и распределительные сети, такие как подземные или надземные трубопроводы. Обнаружение неисправностей, таких как утечка, качество воды и т. д. уровень воды в резервуаре может быть реализован путем размещения датчиков в среде на основе Интернета вещей. Соответственно, внутри резервуара для хранения уровень воды измеряется путем размещения ультразвукового датчика наверху резервуара и двух датчиков давления внизу. Качество воды можно измерить как после, так и до резервуара для хранения в стратегических местах с помощью стеклянного электрода для измерения pH воды.

Помимо того, что в городе слишком много или слишком мало дождя, многие из них сталкиваются с серьезными проблемами с водой. В соответствии с требованиями региона местные коммунальные предприятия могут разрабатывать инновационные методы для планирования и управления орошением, решения проблемы чрезмерного водопотребления, улучшения водосбережения и более эффективного распределения своих ограниченных ресурсов, решения проблемы наводнений и управления сточными водами во время шторма с помощью Интернета вещей. Сброс неочищенных сточных вод в местные водные пути неизбежно произойдет в регионе без какого-либо управления и плана. Интернет вещей помогает обучать местные власти управлению и планировать все, что касается воды, например, контроль огромного количества неочищенных сточных вод и более эффективную подготовку к штормам. Города с помощью систем, контролирующими погоду, и систем, контролирующими накопление дождевой воды, могут собирать данные

для определения состояния водоснабжения. С помощью подходящего метода города уменьшат переполнение канализационных сетей и минимизируют загрязнение воды. Кроме того, используя систему датчиков для сбора данных об уровне воды в источниках подземных вод и реках, можно прогнозировать наводнения. Эти системные датчики основаны на ультразвуковых дальномерах и размещаются над местными водными путями для измерения изменений уровня воды и прогнозирования рисков наводнений. Интернет вещей через пустые телевизионные каналы, которые местные поставщики услуг связи сделали доступными, позволяет городам делать общественные объявления о наводнении в режиме реального времени.

Транспорт и движение транспортных средств

Информация о движении транспортных средств является важным источником данных в умных городах, благодаря чему жители и правительство получают значительную прибыль, используя эти данные и применяя надлежащий анализ [8]. Жители могут использовать информацию о движении транспортных средств для определения времени прибытия в места назначения. Следует внедрить мониторинг загруженности дорог в умном городе с помощью городского Интернета вещей. Однако системы наблюдения за дорожным движением на основе камер уже доступны во многих городах, им требуется более мощная коммуникационная инфраструктура, чтобы предоставлять больше информации. Мониторинг движения осуществляется с помощью датчиков, GPS, установленных на современных транспортных средствах, и комбинации датчика качества воздуха и акустических датчиков вдоль данной дороги. Эта информация важна для властей и граждан, чтобы дисциплинировать движение и отправлять сотрудников, а также спланировать лучший способ добраться до офиса или торгового центра.

Загрязнение окружающей среды

Город нельзя считать умным, если его жители не здоровые. Для этого «умный город» должен отслеживать загрязнение окружающей среды и отправлять соответствующие данные жителям, особенно людям с проблемами здравоохранения. Справка также учитывала независимые модули для получения информации о шуме и другой информации об окружающей среде. В Европейском Союзе есть план по уменьшению изменения климата с использованием возобновляемых источников энергии. Цель - сокращение выбросов парниковых газов на 20% к 2020 году по сравнению с 1990 годом и сокращение потребления энергии на 20% за счет повышения энергоэффективности и 20% увеличения использования возобновляемых источников энергии. С этой целью можно применять городской Интернет вещей для мониторинга качества воздуха с помощью наружных датчиков в таких местах, как реки или

парки. Кроме того, могут быть предоставлены средства связи для оценки качества воздуха, качества воды и других параметров, таких как влажность, температура, уровень углекислого газа в окружающей среде и других вредных газов, а также для обеспечения приемлемого уровня загрязнения. Шум можно рассматривать как акустическое загрязнение.

Системы наблюдения

Безопасность - самый важный элемент умных городов с точки зрения горожан. С этой целью весь умный город должен находиться под постоянным наблюдением и наблюдением, но оценка информации и обнаружение преступных деяний - очень сложная задача. Однако они подключились к видеомониторингу; не имеют возможности интеллектуальной обработки [9]. Более того, люди-операторы могут пропустить какую-то сцену и вызвать неисправность. Интеллектуальное наблюдение позволяет отслеживать действия людей, обнаруживать любые насильственные действия и даже обнаруживать причастных к ним людей. Интеллектуальные системы видеонаблюдения могут подавать сигнал тревоги в случае возникновения интересующего события. Его можно использовать в качестве руководства для будущего проектирования пешеходных объектов или его модификации путем отслеживания отношения людей и определения схем движения пешеходов. На концерте или в публичном месте, например, в аэропортах, где находится огромное количество людей, необходима схема контроля толпы для мониторинга пешеходов и система управления чрезвычайными ситуациями. Для обнаружения и отслеживания людей в ночное время используются инфракрасные камеры, поскольку они работают в зависимости от температуры. Еще одним аспектом этой системы является обнаружение предметов, которые люди носят с собой, для обнаружения незаконных или запрещенных предметов. С этой целью применяются рамки видеопоследовательности, которые работают с учетом любых неровностей в силуэтах людей. Это выполняется путем сравнения шаблона обычного человека, идущего в том же направлении, и в случае любых выступов и отклонений, рассматриваемых как возможные пиксели для переноса объектов. Некоторые из других систем видеонаблюдения могут обнаруживать ненормальные ситуации, включая пешеходов, переходящих улицу без пешеходных переходов, и транспортных средств, движущихся в неправильном направлении, путем запуска алгоритмов обнаружения движения для извлечения видеoinформации и ее форматирования в XML, объединяя несколько кадров для выполнения обнаружения маршрута. Наконец, модуль классифицирует разумные данные и переводит их, чтобы найти любые отклонения. Эту систему можно развернуть для различных целей, просто адаптируя ее к правилам конкретной среды [10].

Реализация проектов Smart city на базе беспроводных персональных сетей (WPAN)

Многие работы, посвященные умным городам, рассматривают в основном технологические аспекты [11]. В данном исследовании мы склонялись на изучение несколько других аспектов, а точнее изучить технологии из числа персональных сетей, которые могут быть применимы в рамках умного

города. В данной работе мы изучили 13 решений, предлагаемых населению что, составляет примерно 20 % всех возможных решений, которые могут быть применимы к 2025 году в рамках умных городов [12].

Для реализации всех решений, изученных в ходе исследования, применяются технологии WPAN которые приведены в таблице 2.

Таблица 2

Технологические решения и технологии WPAN для обеспечения услуг умного города		
Реализация проектов smart city	Технологии WPAN для ее реализации	Примечание
Приложения для сдачи жилья в аренду	Sigfox	Требует большого радиуса действия, минимальный обмен трафика
Инструменты гражданской активности	Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Z-Wave	Требуется передача большого количества трафика, радиус обеспечивается количеством узлов.
Электронные государственные услуги	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Z-Wave	Требуется передача большого количества трафика, радиус обеспечивается количеством узлов.
Электронная регистрация поликлиник	Sigfox	Требует большого радиуса действия, минимальный обмен трафика
Системы велопроката	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Минимальный обмен трафика, не требователен к радиусу действия
Каршеринг	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Минимальный обмен трафика, не требователен к радиусу действия
Онлайн-такси	Sigfox	Требует большого радиуса действия, минимальный обмен трафика
Приложения для парковки	Sigfox	Требует большого радиуса действия, минимальный обмен трафика
Присутствие города в социальных сетях	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Зависит от требований приложения.
Электронные системы оплаты проезда на общественном транспорте	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Минимальный обмен трафика. Минимальный радиус действия.
Интегрированные информационные решения для мультимодальных перевозок	Sigfox	Требует большого радиуса действия, минимальный обмен трафика
Информация об общественном транспорте в режиме реального времени	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Минимальный обмен трафика, радиус действия обеспечивается количеством узлов.
Приложения для автомобильной навигации в режиме реального времени	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Z-Wave	Требуется дополнительное применение GPS.
Приложения для заказа еды	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Зависит от функций приложения
Приложения для социального взаимодействия.	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Зависит от функций приложения

Носимые устройства для здоровья и спорта	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Sigfox, Z-Wave	Минимальный обмен трафика, не требователен к радиусу действия
Онлайн-образование	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Z-Wave	Большой объем трафика. Радиус обеспечивается количеством узлов.
Приложения для совместных поездок	ANT, Zigbee, Thread, WirelessHART, ISA100.11a, Z-Wave	Небольшой объем трафика, малый радиус

Технология ANT

ANT Wireless - это подразделение Dynastream Innovation Inc. и Garmin, как материнская компания, разработала ANT, чтобы сосредоточиться на совместимости и увеличении времени автономной работы для повседневных носимых устройств IoT, составляющих персональную сеть (PAN). ANT обеспечивает беззаботную работу с физическим, сетевым и транспортным уровнями OSI, что обеспечивает простоту, позволяющую легко подключать новые устройства или приложения к сети. Трудно точно определить конкретный протокол на любом уровне модели ANT OSI, потому что уровни либо определяются пользователем, либо реализуются ANT, но где его узлы состоят из механизма протокола ANT и узлов микроконтроллера (MCU) [13]. В отличие от другого беспроводного протокола IEEE 802.15.4, ANT использует только радиочастотный диапазон 2400 МГц (868 МГц и 915 МГц недоступны) со скоростью передачи 1 Мбит / с, что покрывает примерно 30 метров и модуляцию GFSK.

Таблица 3

Протоколы технологии ANT на разных уровнях

Уровни OSI	ANT
Уровень приложений/презентаций.	Протокол ANT
Высокоуровневая безопасность	Шифрование AES 128 бит
Транспорт/Сеть и безопасность низких уровней	UDP/TCP или LoWPAN
Уровень канала передачи данных	IEEE 802.15.4 MAC
Физический уровень	IEEE 802.15.4

На уровне канала передачи данных (DLL) каждое сообщение содержит 8 байтов данных с максимальным временным интервалом 10 мс. Беспроводная сеть ANT может поддерживать до 65533 устройств на общий канал и использует ячеистую маршрутизацию для повышения надежности передачи данных. Использование ANT основаны на каналах, позволяет узлам подключаться друг к другу посредством многоканального доступа как показано в таблице 3.

Обратите внимание, что из пяти уровней OSI для ANT в таблице 3, уровень 1 и 2 соответствуют стандарту IEEE 802.15.4, и, как упоминалось ранее, они беззаботны, что означает, что определенные требования могут быть изменены ANT в зависимости от задачи приложения, запроса пользователя или

страны. законы. Обычно транспортный уровень размещается отдельно, но для дополнительной безопасности он объединен с сетевым уровнем; следовательно, поддержание высокого уровня безопасности 128-битного шифрования на четвертом уровне.

ZIGBEE

Разработано ZigBee Alliance с акцентом на домашнюю автоматизацию, а также на мониторинг и управление. ZigBee был одним из первых протоколов с низким энергопотреблением, принявших стандарт IEEE 802.15.4 (см таблицу 4). Протокол маршрутизации Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) использует ZigBee для достижения топологии и маршрутизации ячеистой сети. Для обеспечения безопасности ZigBee применяет 128-битное шифрование AES, которое соответствует стандарту IEEE 802.15.4, но однозначно применяет к своим механизмам безопасности три типа ключей: Master, Link и Network Key. Главный ключ используется при подключении к сети, ключ Link обеспечивает высокий уровень безопасности для сквозного шифрования, а сетевой ключ обеспечивает низкий уровень безопасности, разделяя этот ключ между всеми устройствами. Скачкообразной перестройки частоты нет, поскольку все узлы совместно используют один канал, в то время как AODV помогает сканировать свободный канал с наименьшими помехами перед отправкой пакетов. ZigBee может вместить до 65536 узлов. С диапазоном RF 868/915/2400 МГц, скоростью передачи 20/40/250 кбит / с и модуляцией BPSK / ASK / O-QPSK соответственно. Ширина каждого канала составляет 5 МГц, размер сообщения - 127 байт, расстояние в сети составляет 10–100 метров.

Таблица 4

Протоколы технологии ZigBee на разных уровнях

Уровни OSI	ZIGBEE
Уровень приложений	ZDO
Транспортный уровень	UDP
Сетевой уровень	AODV, AES 128бит
Уровень канала передачи данных	IEEE 802.15.4 MAC
Физический уровень	IEEE 802.15.4

Существует два типа устройств: полнофункциональные устройства (FFD) и устройства с ограниченными функциями (RFD). Обратите внимание, что FFD состоит из координаторов и маршрутизаторов, в то время как

RFD включает узлы, которые могут связываться только с FFD. ZigBee может работать в 2 режимах: с маячком и без маяка. ZigBee Alliance работает над объединением устройств IoT с использованием своего последнего универсального языка. Альянс считает, что ZigBee разработан для обеспечения надежности. Однако последняя разработка для версии 3.0 поддерживает широкий спектр устройств и поддерживает взаимодействие или сосуществование с технологией Thread Wireless по сравнению с предыдущими версиями, которые не существуют.

Хорошо известный факт, что ZigBee Alliance объединился с IEEE, чтобы создать новый стандарт для низкоскоростной беспроводной сети, первоначально для связи между устройствами с целью интеграции устройств в домах, и, следовательно, делает ZigBee более популярным в IEEE. Категория стандарта 802.15.4. С 6LoWPAN IEEE 802.15.4 был модифицирован, чтобы приспособить IP-адресацию с использованием IPv6 и обеспечить интернет-связь для интеллектуальных датчиков в IoT.

WirelessHART и ISA100.11a

Беспроводные технологии WirelessHART и ISA100.11a имеют больше сходства, чем различий, поскольку они полностью реализуют стандарт IEEE 802.15.4. WirelessHART, основанный на протоколе удаленного преобразователя с адресацией по магистрали (HART), разработан HART Communication Foundation, ныне известной как FieldComm Group, а ISA100.11a разработан Международным обществом автоматизации (ISA) как в основном для автоматизации, так и для управления. Хотя оба сейчас широко используются в бытовой технике, а также в носимых устройствах или устройствах для мониторинга состояния как показано в таблице 5 данные технологии мало распространены поскольку их реализация обеспечивается небольшими вендорами.

Таблица 5
Характеристики технологии WirelessHART и ISA100.11a

Параметры	WirelessHART	ISA100.11a
Полоса частот	868/915/2400 МГц	868/915/2400 МГц
Скорость передачи	20/40/250 кбит/с	20/40/250 кбит/с
Радиус	10-100 метров	10-100 метров
Канал	5 МГц	5 МГц
Проверка ошибок	16 битовая CRK	Duo-ACK
Максимальное количество узлов	50-100	50-100

Уровень канала передачи данных (DLL) WirelessHART является прямым с использованием структуры IEEE 802.15.4, но в ISA100.11a он

разделен на верхнюю DLL, расширение MAC (которое обрабатывает CSMA / CA для предотвращения конфликтов) и подуровень MAC (который обрабатывает использование общих каналов TDMA протокола). В таблице 6 показаны сходства, существующие между WirelessHART и ISA100.11a, с небольшими изменениями в некоторых аспектах. Поскольку обе технологии используются в интеллектуальных устройствах IoT, таких как часы, мониторы здоровья или спорт, существует необходимость в 6LoWPAN на сетевом уровне, который может обеспечивать IP-адресацию из IPv6 [14].

Сеансовый уровень не используется WirelessHART, в то время как ISA100.11a использует его для 128-битного шифрования AES в сочетании с 6LoWPAN на сетевом уровне. Еще одна функция, которая помогает WirelessHART избежать помех существующему каналу, - это оценка чистого канала (CCA), которая позволяет ему получить доступ ко всей сети перед передачей сообщения и помогает всем устройствам иметь возможности маршрутизации или равные возможности для расширения сети. Графическая маршрутизация и маршрутизация от источника предоставляются для маршрутизации сообщений с использованием топологии ячеистой сети. К устройствам WirelessHART относятся: адаптеры, карманные устройства, шлюзовые устройства, диспетчер сети (централизованный мозг сети) и диспетчер безопасности.

Таблица 6
Протоколы технологии WirelessHART и ISA100.11a на разных уровнях

Уровни OSI	WirelessHART	ISA100.11a
Уровень приложений	HART7, HART AL, EDDL	ISA 100
Уровень сессий	AES 128 бит	AES 128 бит
Транспортный уровень	UDP	UDP
Сетевой уровень	LoWPAN, TDMA	LoWPAN, IETF
Уровень канала передачи данных	IEEE 802.15.4 MAC	CSMA-CA
Физический уровень	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4

WirelessHART делит свою DLL на две части: уровень логического канала и уровень MAC, а ISA100.11a делит свою DLL на три части: верхний DLL, логический канал и подуровень MAC. Вот почему WirelessHART более проста в гибкости в обращении и подключении к другим устройствам, в то время как ISA100.11a немного сложнее. Однако оба они очень полезны и имеют свои уникальные плюсы и минусы, все сводится к тому, чего хочет достичь пользователь, поскольку перед принятием

решения необходимо понимать каждую спецификацию.

Thread

Thread - одна из новейших технологий беспроводной сети, в которой используется стандарт IEEE 802.15.4, разработанный в 2014 году Thread Alliance. Как и ISA100.11a, он использует механизм множественного доступа с контролем несущей и предотвращением конфликтов (CSMA/CA), который отвечает за прослушивание чистых каналов, в то время как канальный уровень обрабатывает подтверждения пакетов и повторные попытки пакетов для повышения надежности. IPv6 для беспроводной персональной сети с низким энергопотреблением (6LoWPAN) помогает Thread общаться через Интернет, используя IP-адреса для подключенных узлов. Взаимодействие разрешено с использованием устройства пограничного маршрутизатора, которое способно пересылать пакеты из потоковой сети в непоточную сеть. Хотя стандарт IEEE 802.15.4 реализован с 3 ранее упомянутыми категориями, упомянутыми выше, Thread производит только частоту 2400 МГц, в то время как другие две частоты могут быть добавлены по желанию или по запросу из конечные пользователи. В отличие от всех обсуждаемых здесь беспроводных технологий, он использует 256-битный алгоритм безопасного хеширования (SHA), который просто называется SHA-256 для сквозного шифрования. Он считается более безопасным, чем 128-битное шифрование AES (смотрите таблицу 7).

Таблица 7
Протоколы технологии Thread на разных уровнях

Уровни OSI	Thread
Уровень приложений	Определяется пользователем
Транспортный уровень	UDP+DTLS
Сетевой уровень	IPv6, 6LoWPAN, SHA-256
Уровень канала передачи данных	CSMA-CA
Физический уровень	IEEE 802.15.4

Sigfox

Sigfox широко известен своим чрезвычайно низким энергопотреблением и очень большой дальностью связи до 100 км при правильных условиях. Sigfox уникален тем, что отправляет очень маленькие данные из 12 байтов на полезную нагрузку максимум 140 сообщений в день с очень небольшой скоростью 100 бит / с для экономии энергии. Sigfox использует модуляцию сверхузкой полосы (UNB) и технологию прямого последовательного расширения спектра (DSSS) на физическом уровне. Уровень MAC; известна аутентификацией устройства с помощью хэш-кода аутентификации сообщений (HMAC) и кода обнаружения ошибок (CRC). Данные инкапсулируются в пакет, а затем передаются на трех

разных случайных частотах с различным канальным кодированием. Тот же процесс повторяется при каждой передаче.

Кадр принимает полезную нагрузку, предоставляемую прикладным уровнем и, следовательно, отвечает за создание радиокадра и добавление порядкового номера. Использование небольшой полосы пропускания (100 Гц) лучше всего подходит для защиты от любого влияния или помех. Благодаря низкой скорости передачи данных Sigfox многие компании пользуются преимуществом большего расстояния и простоты развертывания как ключевого фактора в индустрии Интернета вещей. Sigfox - это асинхронная технология, поэтому узлам не нужно просыпаться для синхронизации, и это оставляет больше места для экономии энергии. Как показано в таблице 8, Sigfox сильно отличается от других беспроводных технологий, обсуждаемых в этой статье за счет своих характеристик. Основным же отличием является большой радиус действия что делает его пригодным для применения во множествах сферах.

Уровень PHY и DLL не принимает IEEE 802.15.4, а скорее использует модуляцию UNB и DSSS на уровне PHY, что позволяет ему покрывать очень большие расстояния. Без сопряжения, без сигнализации, без синхронизации; экономится огромное количество энергии, а аккумулятор для устройств может работать годами. В настоящее время Sigfox является быстрорастущей технологией в Европе и распространяется в Южной Америке. Технология применяется в таких местах, как автостоянки, для регистрации времени пребывания или наличия места для упаковки автомобилей, а также применяется для мониторинга пожара или тепла. Однако недостатком является то, что он не может отправить более 140 сообщений за 24 часа из-за очень небольшой полосы пропускания и ограничений по энергосбережению. Для демодуляции требуется небольшая мощность приема с чувствительностью -142 дБмВт.

Таблица 8
Протоколы технологии Sigfox на разных уровнях

Уровни OSI	Sigfox
Уровень приложений	Определяется пользователем
Транспортный уровень	AES
Сетевой уровень	FRAME, AES 128 бит
Уровень канала передачи данных	MAC
Физический уровень	UNB и DSSS

Z-Wave

Z-Wave, разработанный Zen-Sys, теперь приобретенный Sigma Designs, был закрытым стандартом в течение многих лет до 2016 года, когда они объявили об изменении открытого стандарта для улучшения взаимодействия с другими беспроводными устройствами, особенно в домашних

условиях. Уникально разработанный для домашней автоматизации, Z-Wave может вместить 232 узла на контроллер с диапазоном до 30 метров и скоростью передачи 9,6 / 40 кбит / с, защищенный 128-битным шифрованием AES для надежности, гибкости и простоты. (более подробнее смотрите таблицу 9).

Таблица 9

Протоколы технологии Z-Wave на разных уровнях

Уровни OSI	Z-Wave
Уровень приложений	Протокол Z-Wave
Транспортный уровень	AES
Сетевой уровень	FRAME, AES 128 бит
Уровень канала передачи данных	Z-Wave MAC, CSMA/CA
Физический уровень	GFSK

Z-Wave - еще одна технология, в которой не применяется IEEE 802.15.4, но очень популярная среди семейства LrWPAN. В таблице 9 показаны протоколы, используемые Z-Wave для выполнения коммуникационных задач.

Z-Wave как запатентованная технология имеет разную архитектурную структуру на всех уровнях. Физический уровень не существует, скорее всего, из-за отсутствия метода расширения, такого как DSSS, но наличие инструмента модуляции (GFSK), чувствительности приемника и других параметров, таких как диапазон РЧ, канал передачи или диапазон, доказывает, что наличие физического уровня.

В таблице 10 ниже приводится полное описание, подробные параметры и спецификации, которые составляют строительный блок или основу всех семи технологий низкоэнергетических и маломощных беспроводных сетей.

Таблица 10

Сравнительный анализ технологий WPAN

Параметры	ANT	ZigBee	Wireless HART	ISA100.11a	Thread	Sigfox	Z-Wave
Радиус	До 30 м	30-100 м	10-100 м	10-100 м	30-100 м	3-50 км	30-100 м
Пропускная способность	1 Мбит/с	20-250 кбит/с	20/40/250 кбит/с	20/40/250 кбит/с	20-250 кбит/с	До 100 бит/с	10-100 кбит/с
Потребление энергии	низкое	низкое	низкое	низкое	низкое	низкое	низкое
Цена модуля	Менее 10\$	8-15\$	Менее 10\$	Менее 10\$	8-15\$	Менее 5\$	Менее 10\$
Топология	Меш	Меш	Звезда	Звезда	Меш	Звезда	Меш

По таблице можно сделать вывод то что каждая технология применима в отдельных случаях. На сегодняшний день не существует идеально оптимальной технологии по передачи данных для удовлетворения потребностей умных городов. Однако некоторые из них, в частности ZigBee, Z-Wave или Sigfox могут быть условно применимы с некоторыми изменениями и корректировками в приложениях умного города.

Заключение

Концепция умного города год за годом развивается и охватывает весь мир. В том числе и в Республике Узбекистан развитие умных городов является актуальной задачей. В этой статье проводится сравнительный анализ основных функций или параметров, которые формируют строительные блоки для уровня OSI семи основных беспроводных сетевых технологий: ANT, ZigBee, WirelessHART, ISA100.11a, Thread, Sigfox и ZWave. Эти технологии не только поддерживают персональную сеть, но и в первую очередь разработаны для датчиков и интеллектуальных устройств умного города (например, умная домашняя автоматизация, спортивные мониторы и мониторы тела, мониторы для больниц и пациентов, мониторы окружающей среды и т. Д.). Эти различные технологии обладают определенными свойствами или спецификациями, направленными на

выполнение определенных задач, предлагать решения конкретной проблемы, удовлетворять потребности конкретных конечных пользователей.

Список литературы:

1. Halim Khujamatov, Ernazar Reypnazarov, Nurshod Akhmedov, Doston Khasanov// Industry Digitalization Concepts with 5G-based IoT, 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan – 2020. DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351468.
2. Halim Khujamatov, Ernazar Reypnazarov, Doston Khasanov, Nurshod Akhmedov. IoT, IIoT, and Cyber-Physical Systems Integration // Emergence of Cyber Physical System and IoT in Smart Automation and Robotics: Computer Engineering in Automation. – 2021. Vol. 4. – P. 31-55.
3. Khalim Khujamatov, Ernazar Reypnazarov, Doston Khasanov, Nurshod Akhmedov. Networking and computing in Internet of Things and cyber-physical systems// 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). – 2020. P. 1-6.
4. Gantz, J., Reinsel, D. Big Data, Bigger Digital Shadows, And Biggest Growth In The Far East// The Digital Universe in 2020. Vol. 2007, P. 1–16.
5. Khalimjon Khujamatov, Doston Khasanov, Ernazar Reypnazarov, Nurshod Akhmedov. Existing

Technologies and Solutions in 5G-Enabled IoT for Industrial Automation/ Blockchain for 5G-Enabled IoT// Springer Nature. P.181-192.

6. Ernazar Reypnazarov, Nurshod Akhmedov, Doston Khasanov. Blockchain for 5G Healthcare architecture //International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan – 2020. DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351398

7. Gigli, M., Koo, S. Internet of Things: Services and Applications Categorization// Internet Things. Vol. 1, P. 27–31.

8. Krco, S., Pokric, B., Carrez, F. Designing IoT architecture(s): A European perspective// IEEE WF-IoT. P. 79–84.

9. Khan, R., Khan, S.U., Zaheer, R., Khan, S. Future Internet: The IoT Architecture, Possible Applications And Key Challenges// 10th Int. Conf. FIT. P. 257–260.

10. Yang, Z., et al.: Study and Application On The Architecture And Key Technologies for IoT// ICMT. P. 747–751.

11. IEEE 802.15.4: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (WPANs), in: IEEE, September 2006.

12. J.A. Gutierrez, M. Naeve, E. Callaway, M. Bourgeois, V. Mitter, B. Heile, IEEE 802.15.4: a developing standard for low-power lowcost wireless personal area networks, IEEE Network 15 (5) (2001) 12–19.

13. J. Karaoguz. High-rate wireless personal area networks// IEEE Communication Magazine Vol. 39 P. 96–102.

14. I. Ramachandran, S. Roy, On the impact of clear channel assessment on MAC performance// IEEE Global Telecommunications Conference, San Francisco, CA, USA, November–December 2006, P. 1–5.

Хужаматов Халимжон Эргашевич

P.h.D., доцент, заведующий кафедры Сети и системы передачи данных ТУИТ имени Мухаммад аль-Хоразмий е-mail: kh.khujamatov@gmail.com

Ахмедов Нуршод Муродович

Докторант кафедры Сети и системы передачи данных ТУИТ имени Мухаммад аль-Хоразмий е-mail: Axmedov.N.M@gmail.com

Лазарев Амир Пишембаевич

Ассистент кафедры Сети и системы передачи данных ТУИТ имени Мухаммад аль-Хоразмий е-mail: amirlazarev@gmail.com

Кудратхонова Маликахон Кодиржон кизи

Магистрант кафедры Сети и системы передачи данных ТУИТ имени Мухаммад аль-Хоразмий е-mail: KudratxonovaMK97@gmail.com

Khujamatov Kh.E., Akhmedov N.M. Lazarev A.P. Qudratxonova M.K.

Wireless personal networks as a means of implementing smart city solutions

In recent years, there has been an active urbanization of the population all over the world. As this increases, the need to ensure a comfortable living for the population using the available resources increases. Optimization of human life is the main task, the solution of which can be solutions of the concept of smart cities. This article discusses the issues of organizing smart city projects, methods and technologies for its implementation. The main characteristics and capabilities of wireless personal networks, technologies used in the deployment of short-range networks are presented. The possibilities of applying technologies of personal networks in the construction of smart city projects have been analyzed.

Keywords: Smart city, Personal Area Network, ANT, WirelessHART, ISA100.11a, ZigBee, ZeeWave, Thread, Sigfox.

Normatova D.T.

Abonent kirish tarmog'ining o'tkazish qobiliyatini oshirish usullari

Next generation network (NGN) istiqbolli konsepsiya aloqa tarmoqlarining o'ziga xos xususiyati tarmoq tuzilmalarida aloqa tarmog'ining o'tkazish qobiliyatini oshirish va o'ta yuklanishlardan himoyalash uchun muqobil aloqa yo'nalishlaridan foydalanish hisoblanadi. Maqola aloqa yo'nalishlari bilan birga tarmoqning transport darajasiga bog'langan mustaqil tuzilma hisoblanadigan NGN ulanish darajasida xizmatlarni taqdim etilishini tashkil etish masalalariga bag'ishlangan.

O'zbekistonda telekommunikatsiya sohasining rivojlanishi NGN istiqbolli konsepsiya aloqa tarmoqlarini yaratish yo'nalishida bormoqda, bunda telefoniya ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari infratuzilmasining ustidan qurilishi ko'zda tutiladi. NGN tarmoqlari va mobil aloqa tarmoqlarining resurslaridan birgalikda foydalanish, ularni Internet Protocol Multimedia Subsystem (IMS) arxitekturasi to'laqonli konvergentsiyalanishi abonentlarga ulkan imkoniyatlar va xizmatlar to'plamini ta'minlashga imkon beradi. NGN tarmoqlarining multiservislik, ko'p protokollilik va kommutatsiyalash muhitining xossalari invariantlik, shuningdek "4 Any" (Any Service — Anywhere — Anyway — Anytime) xizmatlarini global mumkin bo'lishi prinsipini ishlatilishi, ya'ni abonentga u ustagan ma'lumotlarni unga qayerda bo'lmasin istalgan mumkin bo'lgan usulda va istalgan vaqtda olishga erkinlik beradigan imkoniyatlar kabi xususiyatlarini ko'rsatamiz. Qayd etilgan-mobil aloqa xizmatlarining rivojlanishi foydalanuvchilarning ortib borayotgan mobilligi yuklamaning intensivligiga sezilarli ta'sir qilishi bilan trafik oqimlarining qayta taqsimlanishini keltirib chiqaradi. Shunday qilib, NGN ishlatilganida telekommunikatsiya sohasi uchun muhim ilmiy ahamiyatga ega bo'lgan yangi muammolar vujudga keladi.

Aloqa tarmog'ining resurslaridan maksimal samarador foydalanish prinsipi miqdoriy va sifat jihatdan adaptatsiya, barcha resurslar va servislardan eng to'liq foydalanish, ishonchlilik, foydalana olishlik, xavfsizlikni ko'zda tutadi. Tarmoq tuzilmalarini hisoblash va loyihalashtirishda turli ko'rinishlarda hisobga olinadigan aloqa tarmoqlarining resurslaridan maksimal foydalanishning asosiy xarakteristikasi aloqa tarmog'i oraliq'ining yoki butun aloqa tarmog'ining o'tkazish qobiliyati hisoblanadi. O'tkazish qobiliyati bu tarmoqning oraliq'i yoki butun telekommunikatsion tarmoq berilgan xizmat ko'rsatish sifatida o'tkazishi mumkin bo'lgan yuklamaning intensivligi hisoblanadi.

Kanallar kommutatsiyalanadigan tarmoqlarda xizmat ko'rsatish sifati chaqiruvlar bo'yicha ruxsat etiladigan yo'qotishlar ehtimolligi orqali beriladi. Paketlar kommutatsiyalanadigan tarmoqlarda xizmat ko'rsatish sifati ko'rsatkichlar to'plami orqali xarakterlanadi, ularga axborot paketlarining yo'qolishi va tarmoqda paketlarning bo'lishi vaqtini kiritish mumkin. Aloqa tarmog'i operatori nuqtai nazaridan aloqa tarmog'ining o'tkazish qobiliyati bu xizmat ko'rsatish sifati bo'yicha talablarning bajarilish shartida tarmoq o'tkazishi mumkin bo'lgan trafikning maksimal hajmi hisoblanadi. Shunday qilib, aloqa tarmog'ining o'tkazish qobiliyati bu aloqa operatorining daromadlarini

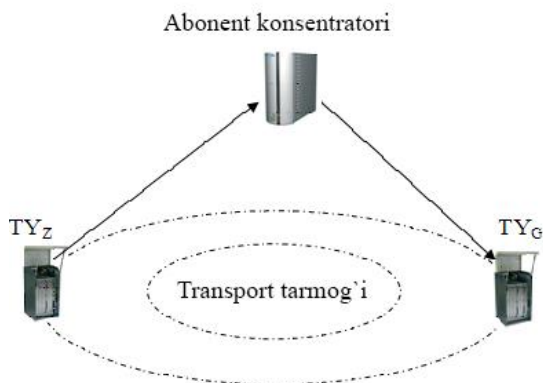
bashorat qilishga imkon beradigan asosiy ko'rsatkich hisoblanadi. Ta'kidlash kerakki, aloqa tarmoqlarida rejadan tashqari trafikni o'tkazish hisobiga yuqori daromad olish xizmat ko'rsatish sifati bo'yicha talablarning buzilishiga bog'liq. Qat'iy raqobat sharoitlarida xizmat ko'rsatish sifatini e'tiborga olmaslik mijozlar asosining qisqarishiga olib kelishi mumkin.

NGN tarmog'ining ulanish darajasida aloqa tarmog'ining transport darajasiga multipleksorli abonentlar kommutatorlarining (MAK) ulanishi imkoniyati ko'zda tutiladi. MAK kommutatorlari NGN qayd etilgan aloqa tarmog'ining eng ommaviy elementlari hisoblanadi. Tadqiqotlarning dolzarb yo'nalishi umumiy foydalanishdagi aloqa tarmog'ining ulanish darjasini tashkil etishga yondashishlarni o'rganish va tarmoq tuzilmalarini rivojlanishidagi yangi yo'nalishlarni hisobga olish bilan uning o'tkazish qobiliyatini hisoblash usulini ishlab chiqish hisoblanadi.

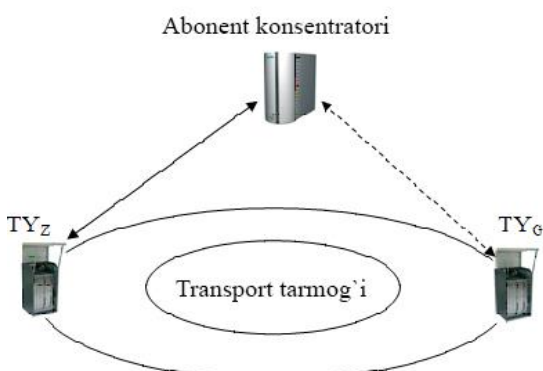
Umumiy foydalanishdagi telefon aloqasi tarmoqlarida tarmoqning aniq bir oraliq'ida chiqish va kirish trafigi oqimlari intensivliklarining tengligi haqida taxmin ishlatiladi. Telefon aloqasi xizmatlariga ulanish oraliq'ida bunday tenglik foydalanuvchilar uchun erkin tanlov haqida ko'zda tutish bilan bo'ladi, ular teng ehtimollikda chaqiruvlarni qabul qilishi yoki ularni amalga oshirishi mumkin bo'ladi. Ma'lumotli xizmatlari va abonentlar ulanish vositalarining jadal rivojlanishi, intellektual xizmatlarning joriy etilishi tarmoqda trafik oqimlarini qayta taqsimlanishiga olib keladi. Shu jumladan, NGN keyingi avlod tarmog'ining ulanish oraliq'ida chiqish va kirish trafigi oqimlari orasidagi nisbatni taxmin qilish qiyin.

1-rasmda NGN ulanish tarmog'i oraliq'idagi telefoniya trafigi oqimlarining o'tishi tasvirlangan bo'lib, u turli marshrutlar bo'yicha chiqish va kirish trafigi oqimlarining yo'nalishlari variantiga mos keladi. MAK konsentratori abonentlari hosil qiladigan A_{chiq} intensivlikdagi chiqish trafigi NGN tarmog'ining Z (TY_Z) nomerli tayanch tranzit tuguni (TT) tomonga yo'naladi. A_{kir} intensivlikdagi kirish telefoniya trafigi MAK konsentratoriga Z (TY_G) nomerli tranzit tuguni tomonidan keladi.

Trafikning qismi transport tarmog'iga chiqmasdan MAKning ichida tutashadi. Yuklamaning asimmetriyasidan samarali himoyalashni ta'minlash NGN tarmog'iga abonentlar konsentratorini ulanishini tashkil etish ikkinchi varianti imkon beradi, u 2-rasmda tasvirlangan va ikki tomonlama egallash aloqa yo'llaridan foydalanishni ko'zda tutadi. Bu umumiy kanal bo'yicha signalizatsiya tizimlaridan foydalanishda mumkin bo'ladi.



1-rasm. NGN ulanish darajasida telefoniya trafigi oqimlarining ajratilgan o'tishi varianti



2-rasm. NGN ulanish darajasida ikki tomonlama egallash aloqa yo'llaridan foydalanish varianti

Bog'liq bo'lmagan aloqa liniyalari mavjud bo'lib (MAK va TY_Z, MAK va ular TY_G orasida), ulardan har biriga ham chiqish, ham kirish telefoniya trafigi oqimlari kelishi mumkin. Chiqish aloqasi bo'yicha bu aloqa yo'nalishlarini bir tekis yuklash MAKka trafikni taqsimlanish protseduralaridan va tayanch-tranzit tugunlarda trafikni cheklash protseduralaridan foydalanishga imkon beradi.

Kirish telefoniya trafigi MAK konsentratorga tayanch-tranzit tugunlarning biridan (TY_Z yoki TY_G) kelishi mumkin. Kirish trafiginini faqat tayanch-tranzit tugunlarning biriga bog'lash mumkin. Bog'lash keladigan trafikning real hajmlarini hisobga olish bilan o'zgartirilishi mumkin.

3-rasmda abonentlar konsentratori va tayanch-tranzit tugun orasidagi aloqa yo'llaridagi chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlar ehtimolligini S qiymatga bog'liqligi keltirilgan.

S qiymat A_{kir} kirish trafigidan yuklamaning intensivligi va A trafikning yig'indi intensivligi orasidagi nisbatni xarakterlaydi:

$$S = A_{kir} / A, \tag{1}$$

bu yerda A quyidagicha aniqlanishi mumkin:

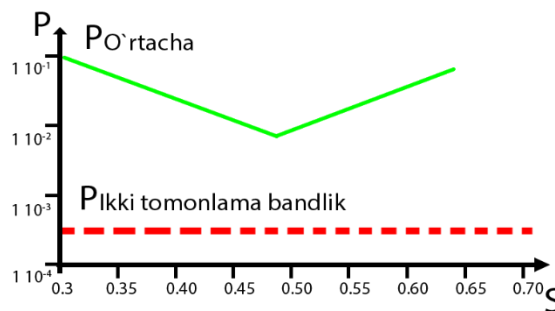
$$A = A_{chiq} + A_{kir}, \tag{2}$$

bu yerda A_{chiq} — MAK abonentlari hosil qiladigan chiqish yuklamasi intensivligi.

Chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlar quyidagicha rekurrent ko'rinishda berilgan Erlang birinchi formulasi bo'yicha aniqlangan:

$$P_v = E_v(A) = AE_{v-1}(A) / [V + AE_{v-1}(A)], \tag{3}$$

bu yerda hisoblash variantiga bog'liq ravishda V yo'llardagi liniyalar soni $A = A_{chiq} + A_{kir}$ bo'lganda $V = V_{chiq} + V_{kir}$ yoki $A = A_{chiq}$ va $V_{chiq} = V_{kir}$ bo'lganda $V = V_{chiq}$ yig'indi liniyalar soniga teng olindi.



3-rasm. Chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlar ehtimolligini S qiymatga bog'liqligi

$V_{chiq} = V_{kir}$ tenglik umumiy foydalanishdagi raqamli telefon tarmoqlarida chiqish va kirish liniyalari yo'llarini shakllantirish uchun Yel oqimlardagi juft va toq kanallardan foydalanish bilan ta'minlanadi. Hisoblash kanallar kommutatsiyalanadigan raqamli tizimlar uchun bog'lanish liniyalaridan maksimal ruxsat etiladigan foydalanishga mos keladigan 0,8 qiymatga teng bo'lgan bog'lanish liniyalaridan qayd etilgan foydalanish uchun o'tkazildi.

Qaralayotgan hol uchun R_{ite} ikki tomonlama egallash liniyalari yo'llarida chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlar ehtimolligi R_{o'r} o'rtacha yo'qotishlar ehtimolligidan ikki tartibga kam bo'ladi, R_{o'r} quyidagicha aniqlandi:

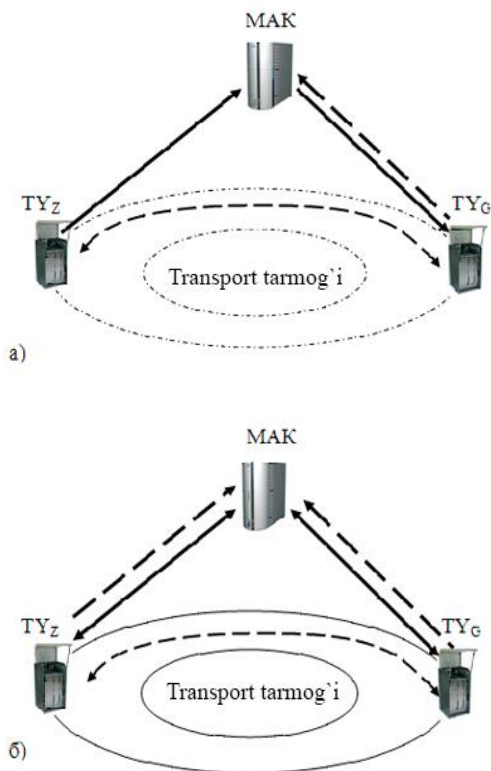
$$P_{o'r} = S \cdot P_{kir} + (1 - S) \cdot R_{chiq}, \tag{4}$$

bu yerda P_{kir} va R_{chiq} — mos ravishda kirish va chiqish aloqasi yo'llaridagi chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlar ehtimolliklari.

Ta'kidlash kerakki, P_{o'r} eng kichik qiymatga S=0,5 shart bajarilganda ega bo'ladi. Agar qiymat S<0,5 bo'lsa, u holda chiqish aloqasi yo'llaridagi chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlar aniqlovchi bo'lib qoladi. Agar qiymat S>0,5 bo'lsa, u holda kirish aloqasi yo'llaridagi chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlar aniqlovchi bo'lib qoladi. Istalgan holda S=0,5 tengsizligi NGN tarmog'i ulanish oralig'idagi chaqiruvlar bo'yicha yo'qotishlarni ortishini keltirib chiqaradi. 0,8 qiymatga nisbatan bog'lanish liniyalaridan foydalanishning kamayishi ham P_{ite}, ham P_{o'r} qiymatlarini kamayishiga olib keladi. Lekin P_{o'r} qiymatning S qiymatga bog'liqligining umumiy xarakteri saqlanadi.

3-rasmda keltirilgan bog'liqlikni tahlil qilish shunday xulosa qilishga imkon beradiki, chiqish va kirish trafiklarini ikki tomonlama egallash liniyalari yo'llarida birlashtirish NGN tarmog'ining abonentlar ulanish oralig'idagi yuklamaning asimetriyasidan himoyalashni ta'minlaydi.

4a-rasmda NGN tarmog'ining abonentlar ulanish oralig'ida telefoniya trafigi oqimlarini o'tishi tasvirlangan bo'lib, u chiqish va kirish trafiklari oqimlarini turli marshrutlar bo'yicha istiqbolli yo'nalishlari, shu jumladan tranzit tugunlar orasidagi aylanma aloqa yo'nalishlariga mos keladi.



4-rasm. NGN ulanish tarmog'ida telefoniya trafigi oqimining o'tish variantlari: a — telefoniya trafigi oqimini ajratilgan o'tish varanti; b — ikki tomonlama egallash aloqa yo'llaridan foydalanish varianti

MAK konsentrator abonentlari hosil qiladigan A_{chiq} intensivlikdagi chiqish trafigi NGN tarmog'ining Z (TY_Z) nomerli tranzit tuguni (TY) tomoniga yo'naladi. A_{kir} intensivlikdagi kirish trafigi Z (TY_G) nomerli tranzit tuguni tomonidan konsentratorga keladi. Trafikning qismi transport tarmog'iga chiqmasdan MAKning ichida tutashadi.

Bog'liq bo'lmagan aloqa yo'nalishlarini mavjud bo'lishi (chiqish aloqasi bo'yicha MAKdan TY_G tomonga, kirish aloqasi bo'yicha TY_Z dan MAKtomonga) asosiy yo'nalishdagi barcha liniyalar band bo'lganida ikkinchi yo'nalishni aylanma yo'nalish sifatida ishlatilishiga imkon berishi bilan aloqa tarmog'ining ishonchliligini oshiradi. 4a-rasmda TY_G - MAK yo'l bo'yicha ortiqcha trafikni marshrutlashtirish tasvirlangan. TY_G va TY_Z tugunlarni bog'laydigan virtual kanalli tuzilmaning o'tkazish qobiliyati bunday tranzitning mumkinligini hisobga olishi kerak. Qaralayotgan holda kirish trafignini TY_Z tranzit tugunga bog'lash bajarilgan.

Aylanma yo'ldan foydalanishga qaror TY_Z tugunda qabul qilinishi va TY_G bilan birga ishlatilishi mumkin. Bog'lash keladigan trafikning hajmlariga bog'liq ravishda va ishonchlik talablari hisobga olinishi bilan

tarmoqdagi real vaziyatni hisobga olish bilan o'zgartirilishi mumkin.

4b-rasmda ikkita aloqa yo'nalishlaridan foydalanish bilan NGN tarmog'iga abonentlar konsentratorini ulanishini tashkil etish varianti tasvirlangan. U oldingi variantdan ikki tomonlama egallash liniyalar yo'llaridan foydalanish bilan farqlanadi, bu №7 umumiy kanal bo'yicha signalizatsiya tizimidan foydalanishda mumkin bo'lib qoladi. Bog'liq bo'lmagan aloqa liniyalari mavjud bo'lib (MAK va TY_Z orasida, TY_G va MAK orasida), ulardan har biriga ham chiqish, ham kirish telefoniya trafigi oqimlari kelishi mumkin. Chiqish aloqasi bo'yicha bu aloqa yo'nalishlarining bir tekis yuklanishiga trafikni taqsimlash va cheklash protseduralaridan foydalanishga imkon beradi.

Kirish telefoniya trafigi abonentlar konsentratoriga tranzit tugunlarning biridan (TY_Z yoki TY_G) kelishi mumkin. Kirish trafignini tayanch-tranzit tugunlarning biriga, qaralayotgan holda TY_Z tranzit tugunga bog'lash mumkin. Bog'lash keladigan trafikning real hajmlarini hisobga olish bilan ishonchlik va keladigan trafikning hajmlari nuqtai nazaridan o'zgartirilishi mumkin.

4a,b-raslarda takroran chaqiruvlar sonini kamaytirishga yo'naltirilgan audikontakt vositalaridan foydalanish ko'rsatilmagan. Bu xizmat agar foydalanuvchi javob bermaganida yoki boshqa so'zlashuv bilan band bo'lganida u bilan aloqa mumkin bo'lmasa, chaqiruvni kelishi momentida ishlatiladi.

Misollarni ko'rib chiqamiz. Kutish mumkinki, ulanish oralig'ining o'tkazish qobiliyatini oshirishga aniq bir abonentlar konsentratoriga xonadonlar va xalq ho'jaligi (biznes) sektorlari foydalanuvchilarini teng ulushlarda ulanishi imkon beradi. Taklif etilgan yechim eng katta samaradorlikni chiqish va kirish trafiklari bo'yicha eng katta yuklama soatlari (EKYuS) mos tushmaganida, shuningdek abonentlar konsentratoriga turli toifalar va turli faoliyat sohalari abonentlari ulanadigan hollarda ko'rsatadi. Amalda bunday yondashishni amalga oshirish qiyin bo'ladi, chunki xonadonlar sektorlari foydalanuvchilarining oxirgi qurilmalari soni xalq ho'jaligi va biznes sektorlari foydalanuvchilarining oxirgi qurilmalari sonidan ortiq bo'ladi.

Bo'lishi mumkin variant virtual axborot markazi (Call-markaz) operatorlarini yirik shahar zich tuman abonentlar konsentratoriga ulanishidan iborat. Chunonchi, ish vaqti chiqish telefoniya trafigi unchalik katta bo'lmaydi, Call-markaz operatorlariga kirish trafigniga xizmat ko'rsatish ham to'g'ri, ham aylanma yo'nalishlar bo'yicha mumkin bo'ladi, bu Call-markazlarning asosiy vazifasi – yo'qotishlarsiz aloqani qabul qilishni bajarishga imkon beradi.

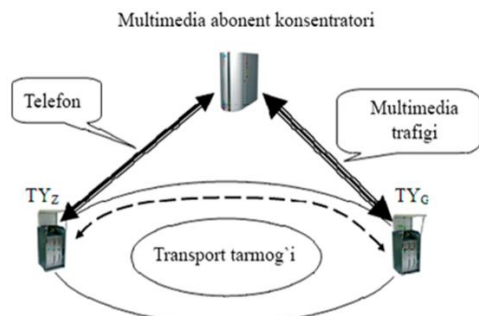
NGN transport tarmog'iga ulanish tarmog'ini aniq bir ulanish variantini tanlashda TriplePlay xizmatlari majmuasini ishlatilishida kirish va chiqish trafignining sezilarli asimmetriyasining ta'sirini hisobga olish kerak bo'ladi, kirish multimedia trafigning hajmi chiqish trafigning hajmida sezilarli katta bo'ladi. Kirish va chiqish trafigning asimmetriyasi, bir tomondan, xDSL abonentlar raqamli liniyasi qurilmalarining texnik

yechimlari natijasi hisoblanadi, boshqa tomondan, so'rov bo'yicha video va nutq xizmatlari va Internet tarmog'iga ulanishni o'z ichiga oladigan umumiy xizmatlar paketidagi televizion dasturlarni olish kabi xizmatlarning ilgari ketgan rivojlanishi natijasi hisoblanadi.

Bundan tashqari, multimediali trafik o'z xarakteristikalarini bo'yicha telefoniya trafigidan keskin farqlanadi. Yana Internet tarmog'i foydalanuvchilarining o'zini tutishi o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olish kerak bo'ladi, oxirgi qurilmalar ularga maksimal bo'lishi mumkin o'tkazish polosasini egallab olishga imkon beradi. Multimediali xizmatlarni ko'rsatish tajribasi ko'rsatadiki, bunday egallab olish ko'pincha mavjud shartnomalar buzilishida va boshqa foydalanuvchilarga zarar yetkazishda bo'lib o'tadi.

O'ta yuklanishlarda aloqa tarmog'ini boshqarishning amaldagi usullaridan biri chaqiruvlarga xizmat ko'rsatishda ustivorliklardan foydalanish va xususan, absolyut ustivorlikni kiritish imkoniyati hisoblanadi. Teletrafik nazariyasi bo'yicha qator ilmiy ishlarda ta'kidlanganidek, pastroq ustivorlikli trafik oqimlari absolyut ustivorlikka ega bo'lgan trafik oqimlariga xizmat ko'rsatishga deyarli ta'sir qilmaydi. Istiqbolli yechim prinsipial imkoniyatlari so'nggi IP protokollarida amalga oshirilgan nutq trafigiga absolyut ustivorlikni berish hisoblanadi. Bunda pastroq ustivorlikli ilovalar trafigi (video, ma'lumotlar) yuqoriroq ustivorlikka ega bo'lgan nutq trafigiga xizmat ko'rsatishga ta'sir qilmaydi.

Internet tarmog'i foydalanuvchilarining oxirgi qurilmalari turli omillarga bog'liq ravishda va ularni hisobga olish bilan avtonom rejimda ma'lumotlarni uzatish tezliklarini o'rnatishi va keyinchalik tuzatishi mumkin. Telefoniya trafigi, bir tomondan, qayd etilgan va nisbatan uncha yuqori bo'lmagan uzatish tezligini talab qiladi, boshqa tomondan esa rad etishlarli rejimda xizmat ko'rsatiladi. Shunday qilib, ustivorliklarning kiritilishi multimediali va telefon trafiginini birgalikda uzatilishining majburiy sharti hisoblanadi. Paketlar kommutatsiyalanadigan transport tarmog'iga multimediali abonentlar konsentratorini ulanishini tashkil etishda 5-rasmda tasvirlangan variant istiqbolli hisoblanadi.



5-rasm. NGN ulanish tarmog'ida telefon trafigi oqimlarining o'tish variantlari

Bu variant uchun quyidagi aniqlashlar muhim bo'lib qoladi:

chiqish telefoniya trafigi $MAK \rightarrow TY_z$ yo'l bo'yicha o'tadi;

kirish telefoniya trafigi $TY_z \rightarrow MAK$ yo'l bo'yicha o'tadi;

kirish multimedia trafigi o'tkazish qobiliyatining alohida resursi ajratilishi bilan $TY_g \rightarrow MAK$ yo'l bo'yicha o'tadi;

telefon trafigi multimedia trafigiga qaraganda absolyut ustivorlikka ega bo'lishi kerak, bu $TY_g \rightarrow MAK$ yo'l resursini telefoniya aylama yo'nalishi resursi sifatida ishlatilishiga imkon beradi.

Shunday qilib, NGN tarmog'i ulanish darajasining o'tkazish qobiliyatini tadqiq qilish va baholash telefon trafigi va multimedia trafigiga xizmat ko'rsatishning turli variantlari uchun o'tkazilgan. Ulanish darajasini qurish istiqbolli variantining o'ziga xos xususiyatlarini sanab o'tamiz:

yuklama asimmetriyasining ta'siridan samarali himoyalash;

transport tarmog'ida aylanma yo'l resursi hisobiga ulanish darajasining o'tkazish qobiliyatini tez moslashuvchan oshirish imkoniyati;

nutq trafigiga absolyut ustivorlikni berish zarurati.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения.-М.: ФГУП ЦНИИС, 2006.-280с.
2. Соколова Н.А. Семь аспектов развития сетей доступа//Технологии и средства связи. Специальный выпуск "Системы абонентского доступа".-2005.-С.14-23.
3. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика.-М.:Радио и связь, 1996.-272с.
4. Эшмурадов А.М., Садчикова С.А., Зайнутдинова Н.А. Системы коммутации, Ташкент, 2011.-С

Normatova D.T. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, TI kafedrasida katta o'qituvchisi

Normatova Dilbar **Methods to increase the bandwidth of the subscriber's access network**

A distinctive feature of the next generation network (NGN) perspective concept communication networks is the use of alternative communication routes in network structures to increase the bandwidth of the communication network and protect it from overload. The article deals with the organization of the provision of services at the level of NGN connection, which is an independent structure connected to the transport layer of the network, along with communication lines.

УДК 621.391.28

Нурматова С.Б.

Модель управления перегрузкой в подсистеме IMS

В статье рассмотрены механизмы контроля и устранения перегрузок в серверах IMS, предложены метод и математическая модель управления перегрузкой в подсистеме IMS.

Ключевые слова: управление потоками, перегрузка, производительность серверов, SIP-сервер, механизмы управления перегрузкой, облачная система, виртуальная машина.

Введение

В настоящее время основой для построения сетей следующего поколения (NGN – Next Generation Networks) является концепция интеграции различных технологий, систем и сетей на базе протокола IP. Данной концепции соответствует и технология IMS (IP Multimedia Subsystem), которая на текущем этапе развития представляет о сетях NGN наиболее полно им соответствует.

В соответствии с рекомендациями и техническими спецификациями, в качестве основного сигнального протокола технологии IMS был выбран протокол SIP (Session Initiation Protocol) [1]. Данный выбор объясняется такими принципами протокола, как расширяемость, которая заключается в возможности дополнения протокола новыми функциями за счет добавления новых заголовков и сообщений, что позволяет добавлять новую функциональность в сеть без смены протокола; независимость от нижележащего транспортного уровня; масштабируемость; возможность взаимодействия с другими протоколами сигнализации (ISUP, ВСС).

В Республике Узбекистан выпущен государственный стандарт Республики Узбекистан «Системы коммутации и сигнализации протокол инициализации сеансов связи SIP. Основные требования» [2]. Настоящий стандарт устанавливает основные требования к структуре и формату протокола SIP, процедурам управления соединений, а также к процедурам обеспечения безопасности на сетях телекоммуникаций Узбекистана при использовании протокола SIP, и предназначен для поставщиков (производителей) оборудования, использующего протокол SIP, и операторов телекоммуникаций, эксплуатирующих соответствующее оборудование. Требования настоящего стандарта распространяются на сети следующего поколения и являются обязательными при использовании оборудования, использующего SIP – протокол, на территории Республики Узбекистан.

Факторы перегрузки подсистемы IMS

Основными элементами подсистемы IMS являются (рис.1).

CSCF (Call Session Control Function), в котором заключена основная логика обработки вызовов, причем состоит из 3 функциональных блоков:

–P-CSCF (Proxy CSCF), который выполняет роль посредника при взаимодействии с абонентскими терминалами (UE – User Equipment);

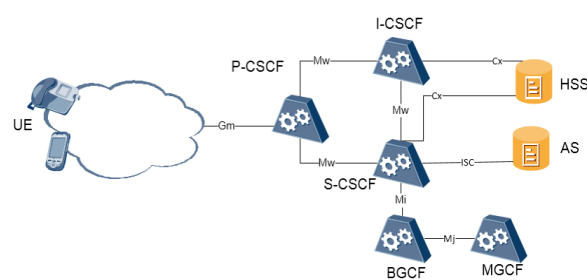


Рис.1. Упрощенная схема подсистемы IMS

–I-CSCF (Interrogating CSCF), который выполняет роль посредника для взаимодействия с внешними сетями;

– S-CSCF (Serving CSCF), который является центральным функциональным блоком сети IMS, он обрабатывает все SIP сообщения, передаваемые оконечными устройствами;

HSS (Home Subscriber Server), который представляет собой базу данных с профайлами абонентов.

Для реализации услуг IMS используются серверы приложений AS (Application Server), который соединяется с ядром IMS посредством стандартизированного интерфейса ISC.

Производительность серверов IMS определяется количеством вызовов, которые способен обслужить сервер в единицу времени. Когда интенсивность вызовов превышает пропускную способность сервера, он переходит режим перегрузки, время ожидания обслуживания на сервере увеличивается. Клиент ждет ответа на запрос и, не дождавшись, отправляет повторный запрос на установление соединения. Это приводит к еще большему увеличению входной нагрузки на сервер и усугубляет перегрузку [3].

Перегрузка в сети IMS может быть вызвана различными причинами. Это может быть результатом активности пользователей, пытающихся установить соединения примерно в одно и то же время. Другая распространенная причина перегрузки – отказ одного из элементов в кластере SIP серверов, что снижает общую производительность и требует распределения входящей нагрузки между остальными серверами кластера.

Проблема перегрузок SIP-серверов возникает не только вследствие поведения пользователей в часы наивысшей нагрузки, но и в результате предоставления некоторых мультимедийных услуг, которые существенно меняют характер сигнального трафика. Например, услуга присутствия (presenceservice) подразумевает отправку сообщений уведомления одновременно большому числу пользователей [3]. Еще одна причина перегрузки, когда оконечные терминалы после сбоя в сети пытаются одновременно зарегистрироваться.

В протоколе SIP имеются недоработки в механизме контроля перегрузок, в соответствии с которым в случае перегрузки прокси-сервера предусмотрена отправка сообщения 503 ServiceUnavailable. В частности, не решены следующие проблемы:

- проблема усугубления перегрузки, которая заключается в тенденции значительного увеличения нагрузки в период перегрузки;

- проблема неполного использования кластера серверов.

В условиях перегрузки серверов SIP необходимо применять механизмы управления нагрузкой: пороговое и приоритетное управление.

Различают локальное, межузловое и сквозное управление нагрузкой. Одним из самых простых инструментов предотвращения перегрузок в SIP-серверах является механизм локального управления поступающей нагрузкой на основе порогов длины очереди [4]. При локальном контроле перегрузок SIP-сервера, отклоненные сервером в режиме перегрузки сообщения сбрасываются, а при межузловом механизме контроля перегрузок - для каждого отклоненного сервером в режиме перегрузки сообщения на вышележащий сервер отправляется уведомление о невозможности обслужить сообщения. Очевидно, что межузловой механизм контроля перегрузок позволяет более эффективно разгрузить сервер, поскольку при сбросе сервером сообщения без уведомления вышележащего сервера, на последнем применение различных таймеров приводит к множественным ретрансляциям сброшенных сообщений на нижележащий сервер, находящийся в режиме перегрузки, что усугубляет ситуацию.

Работа над новыми механизмами управления перегрузками была поручена рабочей группе SOC(SIP Overload Control) комитета IETF [5]. Текущая работа группы сконцентрирована на двух межузловых схемах контроля перегрузки:

- схема со сбросом сообщений на стороне отправителя (LBOC-Loss-BasedOverloadControl);

- схема с ограничением скорости потока сигнальных сообщений (RBOC-Rate-Based Overload Control).

Основная идея LBOC схемы заключается в том, что отправитель по запросу получателя уменьшает число отправляемых сообщений на указанный получателем процент от общего числа сообщений.

Принцип работы RBOCсхемы основывается на указании отправителю максимального числа сообщений, которые получатель хотел бы принять от отправителя в течение указанного им интервала времени. Схема LBOC призвана заменить существующий базовый механизм контроля перегрузки и со временем должна быть интегрирована в существующую версию протокола SIP.

В настоящее время все большую популярность приобретает облачная или виртуализированная архитектура IMS (vIMS). В «облачных» SIP-серверах появляется возможность управлять перегрузками не только механизмами LBOC и RBOC, но и путем изменения количества виртуальных машин. Исходя из этого, в работе разрабатывается модель управления перегрузками в «облачных» SIP-серверах на основе ограничения интенсивности входящего потока запросов (LBOC) и (или) увеличения количество виртуальных машин, обслуживающих заявки.

Модель управления перегрузкой в IMS

Процесс обслуживания запроса на установление соединения (INVITE) в подсистеме IMS является многоэтапным, в нем участвуют несколько серверов IMS. Каждый сервер в многоэтапном процессе обслуживания запроса для вышестоящего сервера является клиентом, т.е. $i - 1$ сервер является клиентом i -го сервера, а i -ый сервер является клиентом $i + 1$ сервера.

Рассмотрим функционирование i -го сервера как управляемую СМО. Управляемыми параметрами являются интенсивность поступления запросов (заявок, сообщений) λ и количество включенных виртуальных машин ν , обслуживающих запросы с интенсивностью μ . Количество виртуальных машин ν может изменяться от 1 до максимального значения V в зависимости от числа запросов в системе $n(t)$ в момент времени $t > 0$, $0 \leq n(t) \leq N$, $N = L + V$, где L – максимальная длина очереди.

В начальный момент сервер содержит одну виртуальную машину, остальные виртуальные машины могут быть включены при достижении числа запросов в системе порогового значения M_j , $j = \overline{1, V}$. Расстояние между порогами равно

$$m = \left\lfloor \frac{N}{V} \right\rfloor, \quad (1)$$

где $\left\lfloor \frac{N}{V} \right\rfloor$ - знак операции округления числа в меньшую сторону.

Если количество запросов в системе $n(t) \leq M_1$, то параметры управления не изменяются

$$\lambda_1 = \lambda, \quad \mu_1 = \mu \quad (2)$$

Если $n(t)$ увеличивается и переходит порог M_1 , то повышается интенсивность обслуживания путем увеличения количества виртуальных машин на единицу, при условии отсутствия перегрузки $i + 1$ -го сервера

$$\mu_2 = 2\mu(1 - P) + P\mu, \quad (3)$$

где P - вероятность перегрузки $i + 1$ - сервера.

Если $i + 1$ - сервер перегружен, то интенсивность поступления запросов от $i - 1$ -го сервера снижается

$$\lambda_2 = P\lambda(1 - q_1) + (1 - P)\lambda, \quad (4)$$

где q_1 - доля снижения интенсивности входящего потока, когда

$$M_1 < n(t) \leq M_2, 0 < q_1 \leq 1.$$

Таким образом, когда $n(t) > M_i (i = \overline{2, V})$ интенсивности поступления и обслуживания запросов изменяются по формулам

$$\mu_i = i\mu(1 - P) + P\mu, \quad (5)$$

$$\lambda_i = P\lambda(1 - q_i) + (1 - P)\lambda, \quad (6)$$

где $q_1 < q_2 < q_3 \dots < q_v$.

Система уравнений равновесия для рассматриваемого виртуального сервера имеет вид:

$$\begin{cases} -P_k(\lambda_i + \mu_i) + P_{k-1}\lambda_i + P_{k+1}\mu_i = 0, \\ k = \overline{M_{i-1} + 1, M_i - 1}, i = \overline{1, V}, \\ -P_k(\lambda_{i+1} + \mu_i) + P_{k-1}\lambda_i + P_{k+1}\mu_{i+1} = 0, \\ k = M_i, i = \overline{1, V - 1}, \\ P_{N-1}\lambda_v - P_N\mu_v = 0, \end{cases} \quad (7)$$

где P_k - вероятность того, что система находится в k -ом состоянии, т.е. в системе имеются k -запросов.

Решая систему уравнений, находим

$$P_k = \begin{cases} P_0 \left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^k, & k = \overline{1, m} \\ P_0 \left(\frac{\lambda_{|k/m|+1}}{\mu_{|k/m|+1}}\right)^{mod(k,m)} \prod_{i=1}^{|k/m|} \left(\frac{\lambda_i}{\mu_i}\right), & k = (m+1)N, \end{cases} \quad (8)$$

где $mod(k, m)$ - остаток от деления k на m .

Из условия нормировки $\sum_{k=0}^N P_k = 1$ определяем

$$P_0 = \left[\mathbf{1} + \sum_{k=1}^m \left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^k + \sum_{k=m+1}^N \left(\frac{\lambda_{|k/m|+1}}{\mu_{|k/m|+1}}\right)^{mod(k,m)} \prod_{i=1}^{|k/m|} \left(\frac{\lambda_i}{\mu_i}\right)^m \right]^{-1} \quad (9)$$

Зная стационарные вероятности состояний (8, 9), можно оценить вероятностно-временные характеристики исследуемого виртуального SIP-сервера, формулы для расчета которых приведены ниже.

Среднее число запросов в SIP-сервере:

$$\bar{N} = \sum_{k=0}^N kP_k \quad (10)$$

Вероятность потери запросов (блокировки системы):

$$P_{loss} = P_N \quad (11)$$

Среднее время задержки (пребывания) запросов в сервере:

$$\bar{T} = \frac{\bar{N}}{\lambda(1 - P_{loss})} \quad (12)$$

Пример численного анализа и выводы

Проведен расчет вероятностно-временных характеристик виртуального сервера при следующих исходных данных:

$$N = 50, m = 10, V = 5, \mu = 1 \text{ мс}^{-1}, P = 0.5, q_1 = 0.2, q_2 = 0.4, q_3 = 0.6,$$

$q_4 = 0.8$. Расчеты показывают, что преимущество предложенного метода управления перегрузкой наблюдается в областях высокой нагрузки $\rho > 0.8$. В целом, предложенный метод обеспечивает снижение среднего время задержки запросов от 1.2 раза до 1.7 раз в областях высокой нагрузки по сравнению с механизмом LBOC.

Список литературы:

- [1] Гольдштейн Б.С. Справочник по телекоммуникационным протоколам: протокол SIP / Б.С. Гольдштейн, А.А. Зарубин, В.В. Саморезов.- СПб.: БХВ - Петербург, 2007.
- [2] O*zDSt 2873:2014 «Сети телекоммуникаций. Протокол инициализации сеансов связи SIP. Основные требования».
- [3] Э.С. Сопин. Модели серверов подсистемы IMS с групповым поступлением заявок. XII Всероссийское совещание по проблемам управления, Москва, 2014, с.8735-8742.
- [4] Самуйлов К.Е., Зарипова З.Р. Модель локального механизма контроля перегрузок SIP-сервера. Т-Comm, №7, 2012, с.185-187.
- [5] Самуйлов К.Е., Абасев П.О., Гайдамака Ю.В. и др. Аналитические и имитационные модели для оценки показателей функционирования SIP серверов в условиях перегрузок Т!Comm №8, 2014, с.83-88.

Нурматова Севара Батировна

Соискатель кафедры С и СПД ТУИТ имени Мухуммада аль-Хорезми
e-mail: sevara-mmm@inbox.ru

Nurmatova Sevara Batirovna Congestion Management Model in IMS

The article discusses mechanisms for controlling and eliminating congestion in IMS servers, and proposes a method and mathematical model for congestion management in the IMS subsystem.

Keywords: flow control, congestion, server performance, SIP server, congestion control mechanisms, cloud system, virtual machine.

УДК49.33.29

Якубова М.З., Мананкова О.А., Якубов Б.М.

Разработка и исследование модели беспроводной сети на основе программной IP PBX ASTERISK и анализе безопасности

Статья посвящена обзору в основном зарубежных на английском языке и другим источникам, проводящих научные исследования по различным характеристикам, в различных направлениях, в сетях построенных на основе IP PBX Asterisk.

В связи с этим в данной публикации разработана имитационная модель беспроводной телекоммуникационной сети на программной IP PBX Asterisk состоящей из беспроводных устройств: рабочих станций, пограничного беспроводного маршрутизатора, сервера астериск, облака IP, анализатор трафика Wireshark и другие. Для проведения имитационного моделирования разработанной сети выполняются настройки всего оборудования и на ней проводятся эксперименты в результате которых устанавливаются, что при использовании кодеков G711.G729.G726 и G728 маленькие величины задержек получаются на промежутке Router1 –Ipccloud – Router2. при применении G711. Остальные кодеки имеют малые величины задержек в других узлах сети. Также в сети проведена пассивная атака на основе анализатора трафика Wireshark для определения протоколов, времени связи, IP адресов сети тоесть нарушая её безопасность

Ключевые слова: кодек, задержка, безопасность, пакет, сервер, эксперимент, оборудование, анализ, маршрутизатор, моделирование, имитация, событие, сеть.

Для определения современного состояния исследований в области программных IP PBX Asterisks проведен обзор приведенных ниже некоторых источников

В публикации [1] проводится анализ атак типа "отказ в обслуживании" или DoS-атаки и способы противодействия им в сети на основе SIP протокола инициализации сеанса. В работе [2] разработана уникальная методика поиска изъянов видео, возникающих при видео вызовах на основе программного обеспечения MSU VQMT при поиске дефектов. Предполагается проведение тестирования для всякой IP-линии передачи видео звонков за единицу момента времени в проводных и беспроводных сетях

В статье [3] имитационное моделирование sim-real отличается от модели беспроводной сенсорной сети, полностью основанной на Opnet Modeler, до реального облачного вычислительного центра. Результат сравнения показывает, что полуфизическое моделирование обладает большей достоверностью. В статье [4] произведена оценка эффективности веб-приложений между двумя сетями WiMAX и WIFI, изучены различные механизмы QoS, где отмечается что лучшими параметрами QoS, является WiMAX

Цель исследования [5] состояла в том, чтобы решать проблемы развивающихся стран в связи с затратами на коммуникации, предлагая тестовую базу с использованием Zoiper и Asterisk server для интранет - VOIP - приложений как способ решения проблем, где полученные результаты показывают, что такое решение является эффективным и экономичным для учреждений в развивающихся странах.

Работа ракеты-носителей в режиме реального времени должны учитывать задержку и шум в беспроводных средах. Предлагаемая в [6] система будет собирать информацию об ускорении, полученную от нескольких датчиков. Для чего программное обеспечение для моделирования сети

даёт оценку эффективности этих датчиков с точки зрения их задержки и пропускной способности. Проанализированы факторы с помощью симулятора OPNET, чтобы понять работу датчиков

Проведенные в [7] исследования раскрывают методические рекомендации и мероприятия, используемые при проектировании и внедрении прототипа для наблюдения и мониторинга световых и электронных устройств через АТС, применяющее беспроводное решение на базе IoT, с использованием платформ доступа и разработки как Arduino, так и Raspberry, получения энерго и экономической эффективности.

В статье [8] представлен анализ программы устойчивости автоматической телефонной станции на основе AsteriskNOW от несанкционированного доступа к телекоммуникационной сети. Программный продукт на базе Asterisk теперь используется в качестве сервера. Атакующее устройство - это ноутбук, на котором установлен программный пакет CommView для WiFi. По результатам проведенного тестирования был проведен анализ уязвимости сети. Даны рекомендации относительно меры защиты от несанкционированного доступа. Предложен оптимальный вариант сетевой защиты.

В публикации [9] рассматривается беспроводное расширение корпоративной сети. Между АТС к АТС включаются базовые станции, а затем АТС подключается к коммутируемой телефонной сети общего пользования, предлагается аналитическая модель планирования ресурсов АТС. Исходя из загруженности АТС, аналитическая модель планирования ресурсов дает рекомендации по определению пропускной способности АТС и базовых станций.

Публикация [10] посвящена тестированию программного продукта необходимого для того, чтобы поставить хороший продукт до того, как он появится на рынке. Тестовые наборы создаются для

автоматизации тестирования, но и на сокращение времени выполнения их за счет запуска нескольких тестовых наборов одновременно и предоставления разработчику богатого пользовательского интерфейса для тестирования функций обмена частными филиалами.

Из проведенного обзора видно, что поставленная цель: «Разработка и исследование модели беспроводной сети на основе программной IP PBX Asterisk и анализе безопасности» является актуальной, так как не имеет аналогов среди исследованных в обзоре и других работ, полученные результаты которой направлены на использование их при проектировании новых сетей или их модернизации.

Имитационное моделирование беспроводной сети на основе программной IP PBX Asterisk

Известно, что имитационная модель является компьютерной программой, изображающая устройство конфигурации и отображающая поведение подлинного объекта на каком-нибудь промежутке времени. Модель производит детальную картину исследуемой системы. Для предоставления

максимальной гибкости моделирования существует имитационное моделирование. Имитационная модель обычно позволяет получать детальную статистику о различных сторонах функционирования объекта определяемое разнообразными входными параметрами.

При проведении имитационного моделирования необходимо иметь инструмент, позволяющий строить сети и выбирать оборудование из библиотеки и проведя их настройку проводить эксперименты на разработанной имитационной модели сети.

В данной публикации построена имитационная модель беспроводной телекоммуникационной сети при использовании программной IP PBX Asterisk на основе инструмента моделирования Opnet Modeler.

Как видно из рисунка 1 разработанная беспроводная сеть состоит из следующих устройств: точкодоступа–Access Point 1 и Access Point 2; пограничных маршрутизаторов– Router1 и Router2;

Интернет облака - IP Internet;
Сервера Астериск – PBX 1 и PBX 2;
Сниффер – Wireshark.

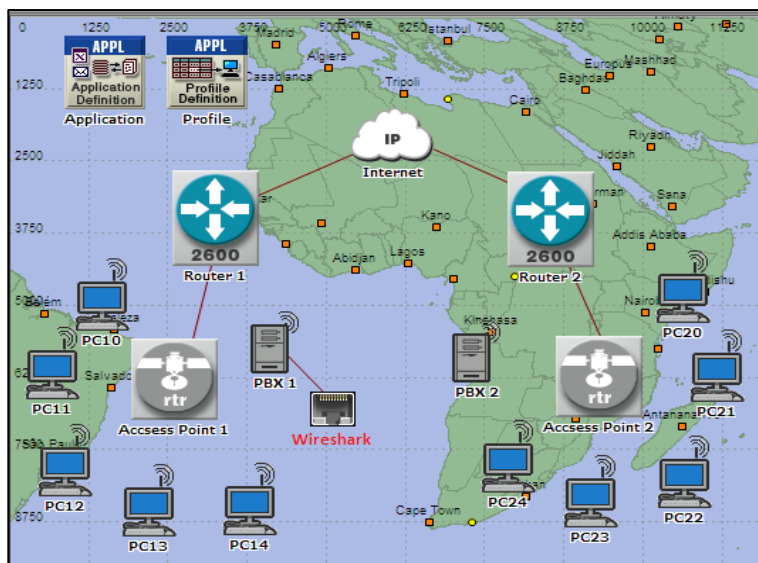


Рис.1. Разработанная беспроводная сеть на основе программной IP PBX Asterisk

Voip-трафик передается с конечных точек на сервер PBX Asterisk через точки беспроводного доступа Wi-Fi (AccessPoint1 и AccessPoint2). Для доступа к глобальной сети и передачи трафика из одной локальной сети в другую используйте маршрутизаторы (Router1 и Router2). В моделировании глобальной сети используется облако IP-сети, объект «IP_cloud». Сервер АТС Asterisk настроен для обработки трафика VoIP. Для анализа параметров безопасности беспроводной сети используйте сниффер Wireshark, подключенный через интерфейс SILK.

Модель на рисунке 1 дает подробную картину исследуемой системы и позволяет получить статистику по распределению трафика, проходящего

через различное оборудование, распределению общей нагрузки по типам кодеков и общей величине сетевой задержки (MS) по тип кодака.

Статистические данные об индикаторах задержки и значениях пропускной способности были собраны во время передачи трафика от одного узла к другому по всей IP-сети с использованием АТС Asterisk в течение 1 часа модельного времени. На основе этих данных на рисунке 2 показан график распределения трафика, который показывает, что трафик, проходящий через разное оборудование, неоднороден.



Рис. 2. График результата моделирования распределения трафика, проходящего через различное оборудование

На участке сети от Router1-Ipcloud-Router2 прошло больше трафика с большей скоростью. Это приводит к меньшим задержкам в этой области, чем в других.

На рисунке 3 представлен сравнительный анализ графиков распределения общей нагрузки по типу кодеков, а также общее значение задержки по сети (мс) при различных кодеках, эффективность значений полосы пропускания по типу кодеков (Рис.4.) и средняя скорость моделирования процесса при различных кодеках соответственно на рисунке 5.

Сравнительный анализ кодеков показал, что наиболее подходящий кодек для проектирования сети с наименьшими задержками G711.

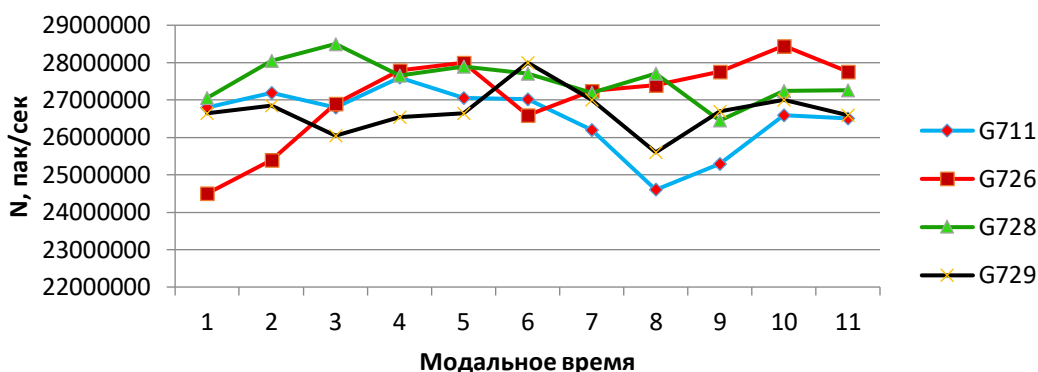


Рис.3. Распределение общей нагрузки по типу кодеков

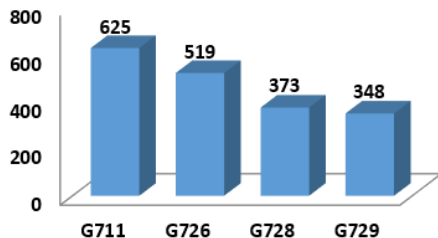


Рис. 4. Эффективность BW

остальные – это исследуемые и произведем расчет критерия Пирсона по формуле:

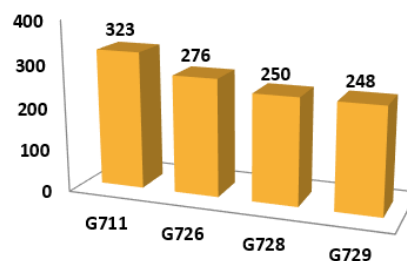


Рис. 5. Средняя скорость моделирования процесса по типу кодеков

Проведение сравнительного анализа результатов экспериментов по моделированию при передаче трафика при различных видах кодеков на основании критерия Пирсона.

Сравним выборки, составленные из значений основной нагрузки при передаче трафика в беспроводной сети. Исходные данные выборок содержатся на рисунке 4 и имеют, на первый взгляд, схожие данные. Необходимо проверить достаточно ли этих данных, чтобы утверждать, что нагрузка при использовании разных типов кодека неодинаковы. Для этого использован метод χ^2 -квадрат или критерий Пирсона, с помощью которого подвергается статистическому анализу распределение общей нагрузки при передаче информации по беспроводной сети [11]. Выразим гипотезу о том, что значения общей нагрузки по кодеку G711 это теоретическая величина, а

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_{э} - f_{т})^2}{f_{т}}, \tag{1}$$

где $f_{э}$ – эмпирические значения выборки; $f_{т}$ – теоретические значения выборки.

По результатам расчета на основе критерия Пирсона построена гистограмма, приведенная на рисунке 6.

Из рисунка 6 видно, что наилучшее качество передачи речи при сравнительном анализе между кодеком G711 имеет кодек. G729.

Рассмотрим случай, когда нарушается безопасность при внешнем воздействии на сеть, например, программного анализатора Wireshark, когда происходит имитационное моделирование при прохождении трафика VoIP.

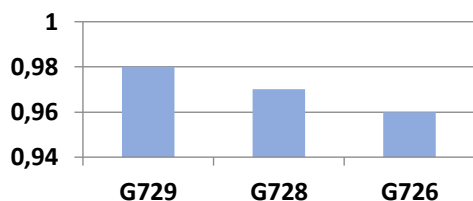


Рис.6. Значение коэффициента Пирсона

Но прежде отметим о том что Wireshark это программа, которая анализирует трафик предназначенный для компьютерных сетей Ethernet и других. Имея графический интерфейс он разрешает анализировать проходящий по сети весь трафик в период реального времени.

Wireshark «знает» структуру разных сетевых протоколов, и по этой причине разбирает сетевой пакет, отражая смысл определенного поля протокола всякого уровня.

Wireshark может функционировать со многими форматами входящих данных, поэтому, возможно открывать файлы данных, прихваченных другими программами, это увеличивает вероятности захвата. Изучая интерфейс, например, пакет http, можно заметить, что HTTP занимает место в заголовке в TCP (транспортный уровень), TCP в заголовке занимает место в заголовке формата IP (сетевой уровень), а IP в свою очередь занимает место в заголовке формата Ethernet.

Анализатор трафика можно разместить в нескольких местах, например, локально на своем хосте или как в нашем случае, подключаться прямо в интересные места.

Из рисунка 7 видно, что при пассивной беспроводной атаке на основе программы Wireshark показано о том что на графике полученном во время моделирования наибольшее время отводится времени захвата процесса моделирования проходящего в сети, например, это составляет при времени равном 800 сек.

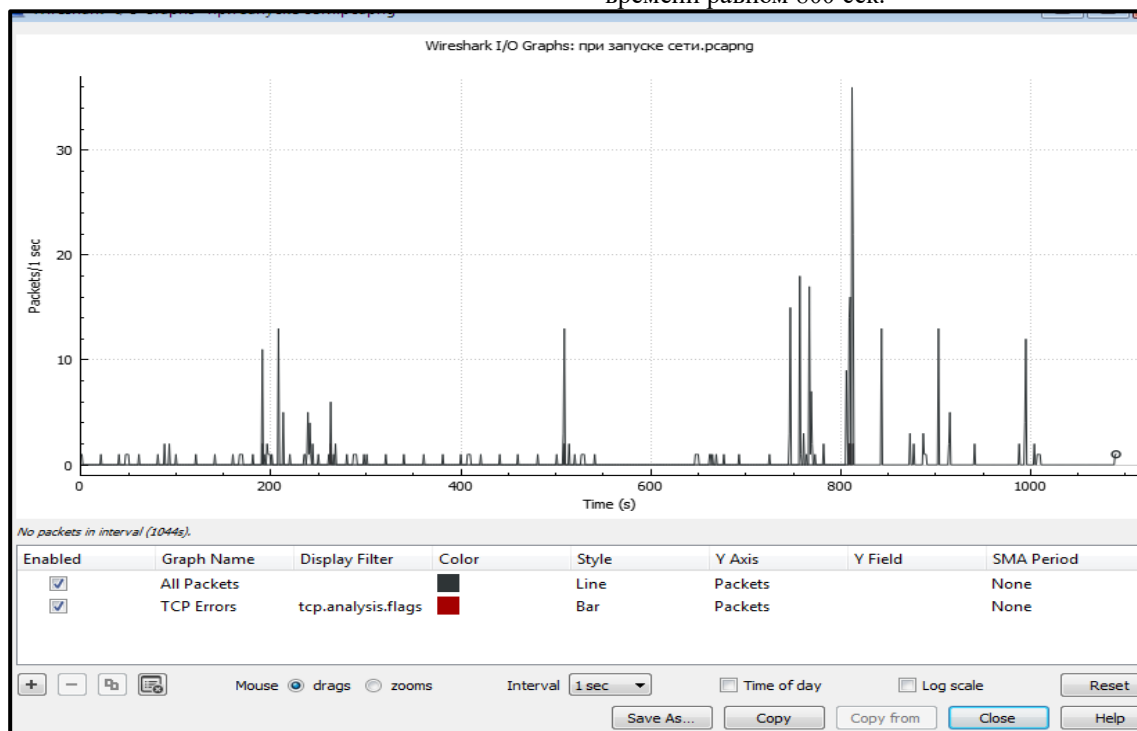


Рис. 7. Результат пассивной атаки разработанной беспроводной сети на основе программы Wireshark

Заключение

Во введении проводится анализ опубликованных публикаций в основном на английском языке для выбора своей цели исследований.

Результат имитационного моделирования по распределению трафика, проходящего через различные оборудование, показывает, что на участке сети от R1 – IP –R2 прошло большее количество трафика и с большей скоростью.

Сравнительный анализ по использованию различных видов кодеков показал, что при кодеке G711 задержки в сети имеют наименьшее значение и поэтому его можно рекомендовать для использования

в сетях построенных на основе IP PBX Asterisk проводить проектирование или модернизацию сетей

Результат имитационного моделирования при использовании различных типов кодека показал о том, что средняя скорость процесса моделирования при использовании кодека G711 больше чем у других.

Произведенный сравнительный анализ на основе критерия Пирсона показал о том, что что наилучшее качество передачи речи при сравнительном анализе между кодеком G711 и остальными имеет G729.

При пассивной беспроводной атаке на основе программы Wireshark показал о том, что на графике

полученном во время моделирования наибольшее время отводится во время захвата процесса моделирования, проходящего в сети, например, это составляет при времени равном.

Список литературы:

[1] Md.Ruhul Islam., Dr.Smarajit Ghosh. NausratJahan Ahmed. Analysis of Conflict DoS Attacks Process and Counter Measure on SIP Based VoIP Network. International Journal of Advanced Research in Computer Science. Vol. 3, No. 3, 2012.

[2] L. Kapicak, P.Nevlud, M.Mikulec, J. Zdralek. Objective assessment of IP video calls with Asterisk. Information and communication technologies and services. Vol.10, No. 4, 2012. Pp.246-250.

[3] J. Wang, X. Shi, M. Alhoussein, L. Peng, Y. Hu. SPSIC:Semi-Physical Simulation for IoT Clouds. Mobile Networks and Applications. Vol.21, Issue 5, 2016. Pp.856-864.

[4] A.Khiat, A. Bahnasse, M. Khaili and J. Bakkoury. Wi-Fi and Wi-Max QoS Performance Analysis on High-Level-Traffic using OPNET Modeler. Pertanika Journal of Science and Technology. Vol 24 (5), 2017. pp 1343- 1356.

[5] E.N. Odjidja, S. Kabanda , W. A. Agangiba, R. K. Annan, Wireless Enabled Voice over Internet Protocol (VoIP) Network Application Using Asterisk PBX. EAI Endorsed Transactions on Internet of Things. Vol.4, Issue 5, 2018. Pp.1-7.

[6] M. Razfar, J.Castro, L. Labonte, R. Rezaei, F. Ghabrial, P. Shankar. Wireless network design and analysis for real time control of launch vehicles. International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments. IEEE, Baltimore, MD, USA, 2014.

[7] L.Hernandez, M. Ospina. Scheme and Creation of a Prototype for the Supervision of Lights and Electronic Devices with a PBX. Using a WLAN Solution Based on IoT. IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM), Barranquilla, Colombia, Colombia. 2019.

[8] T. G. Serikov, M. Z. Yakubova, A. D. Mekhtiev, and others. The analysis and modeling of efficiency of the developed telecommunication networks on the basis of IP PBX Asterisk Now. 2016 11th International Forum on Strategic Technology (IFOST), IEEE. Novosibirsk, Russia, 2016.

[9] Wei-RuLai, Yi-Bing Lin. Resource planning for wireless PBX systems. Proceedings of IEEE Enterprise Networking Mini-Conference (ENM-97) in conjunction with ICC 97. IEEE. Montreal, Quebec, Canada, Canada. 1997.

[10] R. Manoranjitham, N. J. Balasaheb. Designing an automation framework to improve the performance of УДК 004.72

SIP based test suites in PBX. Global Conference on Wireless Computing & Networking (GCWCN). IEEE. 2014.

[11] Yakubova, M.Z., Manankova, O.A., Tashev, K.A., Sadikova, G.S. Methodology of the determining for pearson's criterion based on researching the value of delays in the transmitting of information over a multiservice network. 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020. DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351419

Якубова Мубарак Захидовна

Академик КазНАЕН, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникаций и инновационных технологий АУЭС им.Г. Даукеева. e-mail: m.yakubova@aes.kz

Мананкова Ольга Александровна

Докторантка АУЭС им.Г. Даукеева. e-mail: o.manankova@aes.kz

Якубов Баходыр Маликович

Докторант АУЭС им.Г. Даукеева. e-mail: b.yakubov@aes.kz

Yakubova M.Z., Manankova O.A., Yakubov B.M.

Development and research of a wireless network model based on software ip pbx asterisk and analysis of security

The article is devoted to a review, mainly foreign in English, and other sources conducting scientific research on various characteristics, in various directions, in networks built based on IP PBX Asterisk.

In this regard, in this publication, a simulation model of a wireless telecommunications network on a software IP PBX Asterisk has been developed, consisting of wireless devices: workstations, an edge wireless router, an asterisk server, an IP cloud, a Wireshark traffic analyzer, and others. To carry out simulation modeling of the developed network, the settings of all equipment are performed and experiments are carried out on it, because of which it is established that when using the G.711, G.729, G.726 and G.728 codecs, small delays are obtained in the Router1 - Ipcloud - Router2 interval when using G.711. The rest of the codecs have low latency values at other network nodes. In addition, a passive attack was carried out on the network based on the Wireshark traffic analyzer to determine the protocols, connection time, and IP addresses of the network that is, violating its security.

Keywords: codec, latency, security, package, wireless network, experiment, hardware, analysis, router simulation.

Музафаров Ф.А.

Симсиз сенсор тармоғида тугунларни жойлаштиришнинг математик модели

Бугунги кунда симсиз сенсор тармоқларида (ССТ) тугунларнинг энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш тармоқнинг асосий муаммоларидан бири ҳисобланади. Симсиз сенсор тармоқларида энергияни тежаш масаласи катта эътибор талаб қилади. Энергияни тежашнинг асосий усулларидан бири тармоқ худудида сенсор тугунларини оқилона жойлаштиришдир, бунинг эвазига энергия оқимини тармоқ бўйлаб мувозанатли тақсимлаш ва “энергия туйнуғи” пайдо бўлишининг олдини олиш имкони пайдо бўлади.

Ушбу мақолада, тармоқ яшовчанлигига таъсир этувчи сенсор тугунининг зичлиги каби параметрлар аниқланган. Шунингдек, энергия сарфини мувозанатловчи параметрнинг қийматлари топишган. Энергияни мувозанатлаш талабини қондириш мақсадида эҳтимоллик зичлик функцияси (ЭЗФ) асосида тугунларни жойлаштиришнинг математик модели ишлаб чиқилган. Қўшимча қилиб айтганда, ЭЗФ асосида тугунларни жойлаштириш алгоритми яратилган.

Калит сўзлар: симсиз сенсор тармоғи, эҳтимоллик зичлик функцияси, тармоқ яшовчанлиги, энергияни мувозанатлаш.

Кириш. Самарали қисқа масофали радиоалоқа пайдо бўлиши ва кичик ўлчамдаги ҳисоблаш мосламалари ютуқлари ССТ тугунларини кенг миқёсда ишлаб чиқариш шунингдек, ССТни шакллантириш учун реал ҳолатларда кенг қамровли тармоқни ёйиш имкониятини берди. Бундай тармоқлар бир нечта муаммолар билан тўқнаш келмасдан иложи йўқ. Жумладан, чекланган ресурс, баъзида хизмат кўрсатилмайдиган худудда тугунларни тасодифий жойлаштириш, тугунларни аккумулятор батареяларини қувватлаш ва алмаштиришнинг имконсизлиги ва ҳ.к. Умуман олганда, тармоқ узоқ вақт давомида хизмат кўрсатилмайдиган худудда тугунларнинг энергия сарфини камайтириши лозим. Шу сабабли ССТни лойиҳалаштиришда тармоқнинг яшовчанлигини ошириш мақсадида энергия истеъмолини тежаш муҳим вазифа саналади. Тугунлардаги энергияни камайтириш тезлиги бевосита тугунларни жойлаштириш билан боғлиқ. Бошқа бир томондан, тугунларни жойлаштириш ССТда қўлланилиши режалаштирилаётган илова турига боғлиқ. ССТ тугунлари тасодифий ёки аввалдан режалаштирилган бўлиши мумкин. Масалан, ўрмондаги ёнғинни аниқлашнинг автоматлаштирилган тизимида сенсор тугунлари вертолёт ёки учувчисиз учуш аппаратлари ёрдамида тасодифий жойлаштирилади [1]. Аксинча аввалдан режалаштирилган усулда тугунларнинг жойлашиш ўрни (координатаси) белгиланади. Бундай усулда тугунларни жойлаштириш асосан сенсор тугунлари қиммат ёки тугуннинг жойлашиш ўрни бевосита унинг иш жараёнига таъсир этганда қўлланилади. Бундай иловаларга мисол тариқасида, қишлоқ хўжалиги экинларини мониторинг қилиш тизимида, ишлаб чиқариш корхоналарини мониторинг тизимида қўлланиладиган датчиклар, юқори аниқликдаги сейсмий датчиклар (сенсорлар), сувости ССТ иловалари, расм ва видео датчиклар шулар жумласидандир.

Энергияни тежашнинг муҳим усулларидан бири бу тармоқ бўйлаб юкломани ёки энергия истеъмолини бир текисда тақсимлашдир. Текис тақсимот амалга оширилмаган тармоқнинг исталган худудида тармоқ ишини тўхтатиши пировардида

“энергия туйнуғи” ходисасига сабаб бўлиши мумкин. Энергия туйнуғи муаммоси бошқа тугунларга қараганда тармоқнинг баъзи тугунлари орқали кўпроқ маълумот узатилганда, ушбу тугунларнинг ортиқча энергия сарфига олиб келади. Шунинг учун, тармоқнинг бирон бир қисми “энергия туйнуғи” муаммосига дучор бўлса, бутун тармоқ ишига салбий таъсир қилади, чунки тармоқдаги текис тақсимланмаган энергия истеъмоли тармоқнинг яшовчанлигини муддатидан олдин қисқаришига олиб келади. Бунга йўл қўймаслик учун, тугунларни жойлаштириш пайтида эҳтиёт бўлиш лозим, шунда барча тугунларнинг энергия истеъмоли тармоқ бўйлаб юкломаларнинг мувозанатини таъминлайди.

Тадқиқот доирасида бажарилган ишлар

Бугунги кунга қадар тармоқ яшовчанлигини ошириш учун “энергия туйнуғи”, тармоқдаги юкломаларни мувозанатлаш муаммоси юзасидан кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Ушбу тадқиқотларнинг барчасида ушбу мақсадга эришиш учун турли хил ёндашувлар қўлланилган. Юқоридаги усулларнинг ҳар бир тури ўзининг афзаллик ва чекловларига эга. Азад ва Камруззаман [2] тармоқ яшовчанлигини оширишда тож асосидаги архитектурада энергияни мувозанатлашга асосланган узатиш масофасини бошқариш сиёсати усулини илгари сурганлар. Даставвал улар икки турдаги энергияни мувозанатлаш параметрларни аниқлашган ва таҳлил қилишган яъни бу параметрлар ҳалқа кенглиги ва оралиқ масофанинг ўлчами. Улар ҳар бир тугуннинг узатиш диапазонини тартибга солиш механизминини тақлиф қилишгани ва тармоқнинг яшовчанлигини ошириш учун энг мақбул ҳалқа кенглиги ва оралиқ масофанинг ўлчами аниқлаганлар. Сон ва бошқ. [3] ҳам айнан тож асосидаги архитектура учун марказлашган ва тақсимланган алгоритмларни тақлиф этганлар. Тармоқнинг яшовчанлиги Тармоқнинг ишлаш муддати ҳар бир тожда тугунларнинг тўғри узатиш диапазонини танлаш орқали ҳисобланиб оптималлаштирилган. Алгоритмлар нафақат тугуннинг тўғри узатиш диапазонини излашнинг мураккаблигини камайтирибгина қолмай, балки энг оптимал ечимга яқин натижаларни олишлари

мумкинлигини таъкидланган. Сон ва бошқ. [4] ҳам айнан тож асосидаги архитектура учун марказлашган ва тақсимланган алгоритмларни таклиф этганлар. Тармоқнинг яшовчанлиги Тармоқнинг ишлаш муддати ҳар бир тожда тугунларнинг тўғри узатиш диапазонини танлаш орқали ҳисобланиб оптималлаштирилган. Алгоритмлар нафақат тугуннинг тўғри узатиш диапазонини излашнинг мураккаблигини камайтирибгина қолмай, балки энг оптимал ечимга яқин натижаларни олишлари мумкинлигини таъкидланган. Қуйидаги ишларда муаллифлар тармоқ яшовчанлигини ошириш учун тугунларни оқилонга жойлаштиришни таклиф этганлар. Чанг ва бошқ. [5] тугунларни жойлаштиришнинг икки усулини таклиф қилганлар. Яъни тугунлар орасида энергияни мувозанатлаш ёрдамида, масофага ва зичлик асосида жойлаштириш. Муаллифлар таклиф этган усул ҳар бир тугунда энергияни самарали мувозанатлаган ва тармоқ яшовчанлигини орттишига сабаб бўлган. Ванг ва бошқ. [6] тармоқ яшовчанлиги ва қамрови муаммолари учун 2-D (икки ўлчамли) Гаус тақсимоти (нормал тақсимот) асосидаги аналитик моделни таклиф этган. Муаллифлар, чекланган сондаги тугунларни ишлатиш орқали кенг тармоқ қамрови ва яшовчанлигига эришувчи икки алгоритмни таклиф этган.

Юқорида тадқиқот доирасида бажарилган ишларнинг бир нечаси турли категориялар бўйича таҳлил этилди. Мақола муаллифи томонидан таклиф этилаётган усул, тугунларни жойлаштириш усулига қиради. Ушбу категорияда бажарилган мавжуд ишларда тугунларни жойлаштиришда математик модел ёки шунга ўхшаш модел ишлатилмаган. Мақола муаллифи томонидан таклиф этилаётган усулда тармоқ яшовчанлигини ошириш ва энергияни мувозанатлашнинг қўшма ЭЗФ асосидаги модели ишлаб чиқилган.

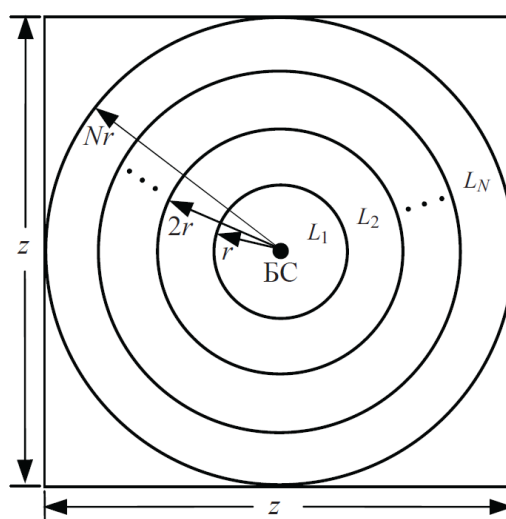
Тармоқ модели

Тасаввур қилайлик, квадрат шаклдаги $z \times z$ худуд ҳалқа шаклидаги бир ҳил текислик билан ўралган тўпламга эга бўлсин (1-расм).

Ҳар бир ҳалқа сатх сифатида r радиус билан белгиланган. База станцияси эса тармоқнинг марказида жойлашган бўлиб сенсор тугунларидан маълумотларни йиғишга маъсул. Тугунлар БС атрофидаги турли сатхларда жойлашган. Сатхлар L_i билан белгиланган, бу ерда $i = 1, 2, \dots, N$. Агар $i = 1$ бўлса, сатх база станциясига яқин жойлашган, $i = N$ бўлганда сатх база станциясидан узоқда жойлашган ҳисобланади (яъни $N = \frac{\alpha}{2r}$).

Фараз қилайлик, барча сенсор тугунлари уларнинг бошланғич энергияси, алоқа қилиш, сезишга қўра гомоген (бир жинсли), шу билан бирга база станциясига чекланмаган энергия берилган бўлсин. Тугунлар статик ва тармоқ ичида сатхлар бўйлаб тугун зичлиги бўйича тақсимланган. Тугун зичлиги бу худуддаги (сатхдаги) ва сатхдаги (худуддаги) тугунларнинг нисбати. Шунингдек,

тугунлар ўртасида локал координатор мавжуд эмас шу сабабли, тугунлар база станциясини бир хил натижа билан бохабар этади. Даврий маълумотларни йиғиш иловаларида сенсорнинг маълумотларни генерация қилиши худудга пропорционал (1 квадрат бирлик). Берилган z худудда, маълумотларни генерация қилиш тезлиги агар p бит/с бўлса, бу ушбу p бит/с тезликка эга бўлган маълумотни база станциясига узатилишини билдиради. Шундай қилиб, $z \times z$ худуддан тақдим қилиниши керак бўлган маълумот $p \times z \times z$ битга тенг. Маълумотлар тугунлар томонидан йиғилади ва вақт интервал бирлигида бир неча оралик тугунлар орқали база станциясига узатилади. Битта база станцияси сенсор тугунлардан маълумотларни йиғиш ва тармоқ вазифаларини бошқариш вазифасини бажаради.



1-расм. Сатхли худуд

Сенсорларнинг маълумотни аниқлаш (сезиш) модели. Қамраб олинishi мумкин бўлган бирлик худудни аниқлаймиз. Агар ушбу худуддаги ҳар бир нукта сезиш худуди диапазонида бўлса ва ҳеч бўлмаганда бир тугун фаол ҳолатда бўлсин. Шунингдек, ушбу худуддаги ҳар бир нукта камида α тугун билан қопланган бўлса у ҳолда бу α -қамров дейилади. Тугунлар кузатуви 360° бурчак остида олиб боради. v тугун атрофини қамраши мумкин бўлган айлана марказининг максимал юзаси унинг сезиш ёки аниқлаш худуди $S(v)$ сифатида аниқланади [7]. $S(v)$ нинг радиуси v нинг R_s сезиш худуди ёки майдони деб аталади. r ва R_s орасидаги боғлиқлик, тармоқ қамрови учун (1-расм) $r \leq R_s$ шартни қаноатлантириши лозим. 1-қамров ҳолати учун тугуннинг зичлиги $\lambda = \frac{1}{S(v)}$ га тенг. Қамров худуди $C(X)$ тугунлар тўпламига тенг X бу ҳар бир X даги тугун томонидан қопланган сезиш (аниқлаш) худудига тегишли яъни $C(X) = \cup_{v \in X} S(v)$.

Алоқа модели. Тармоқдаги исталган фаол тугун бошқа бир фаол тугун билан оралик тугунларни ретранслятор сифатида қўллаш орқали алоқа ўрнатади шу сабабли, тугунлар томонидан тўпланган маълумотлар база станцияси томон

узатилиши мумкин [8-10]. Фараз қилайлик, агар икки тугун ўзаро тўғридан-тўғри маълумот алмашинаётган ва уларнинг Эвклид масофаси алоқа диапазони R_c дан катта бўлмаган бўлсин. Кейинчалик тармоқ худудида алоқани таъминлаш учун r ва R_c орасидаги боғлиқлик, $r \leq R_c$ шартни қаноатлантирсин.

Берилган $z \times z$ тармоқ худудида, тармоқнинг боғланганлигини сатхлар сони (N), R_c билан боғлиқликка эга яъни $N = \lfloor \frac{z}{2R_c} \rfloor$ шунингдек, сатхлар сони (N) қамров доирасидаги худудга хизмат кўрсатиш R_s билан боғлиқликка эга яъни $N = \lfloor \frac{z}{4R_s} \rfloor$.

Агар сатхли архитектурадаги ҳар бир сатх радиуси r бўлса, тармоқ худуди марказидан i -сатх перифериясигача бўлган масофа $i \times r$ га тенг (1-расм). Узоқ масофадаги сатх учун (яъни, N -сатх), тармоқ худуди марказидан N -сатх перифериясигача бўлган масофа $N \times r$ ва $N_r = \lfloor \frac{z}{2R_c} \rfloor$, ($r = R_c$ алмаштириш орқали). Шунинг учун, тармоқда боғланганликни таъминлаш учун R_c ва N ўртасидаги боғлиқлик $N = \lfloor \frac{z}{2R_c} \rfloor$ бўлиши лозим.

Шу каби, биз $N = \frac{z}{2r} = \frac{z}{4R_s}$, ($r = 2R_s$ алмаштириш орқали) га эгамиз. Шу туфайли берилган $z \times z$ худудда тармоқ қамровини таъминлаш учун R_s ва N ўртасидаги боғлиқлик $N = \lfloor \frac{z}{4R_s} \rfloor$ каби бўлиши лозим.

Энергия модели. Энергия модели биринчи тартибли радио модел сифатида ҳисобланади яъни тугунларнинг энергия истеъмоли симсиз узатиш ва қабул қилиш қурилмалари томонидан назорат қилинади. Радио моделига кўра тугуннинг узатиш ва қабул қилиш учун сарф этган энергияси қуйидагича аниқланади [11]:

d масофада n битни узатишга сарфланадиган энергия $e_t(n, d) = e_{elec}n + e_{amp}nd^2$. Юқорида таъкидланганидек, тугуннинг узатиш диапазонини R_c билан белгилаган эдик. Шу сабабли, d ни R_c билан алмаштириш орқали қуйидагича ёзиш мумкин:

$$e_t(n, R_c) = e_{elec}n + e_{amp}nR_c^2 = e_t n \quad (1)$$

бу ерда, $e_t = e_{elec} + e_{amp}nR_c^2$ ва e_t бир бит маълумотни узатиш учун талаб этиладиган энергия. n бит маълумотни қабул қилиш учун сарфланадиган энергия қуйидагича топилади:

$$e_r(n) = e_{elec}n = e_r n \quad (2)$$

бу ерда, e_r бир бит маълумотни қабул қилиш учун сарфланадиган энергия, $e_r = e_{elec}$.

Тармоқ яшовчанлиги таҳлили

Тугуннинг яшовчанлиги (вақт бирлигида ўлчанади) бу- тугуннинг дастлабки энергиясининг тўлиқ тамом бўлиши ва ўзининг ҳар қандай маълумотини узата олмаслик ёки ҳар қандай

маълумотни йўналтира олмаслигидир. У тугуннинг дастлабки энергияси ва энергияни истеъмол қилиш кўрсаткичи нисбати орқали аниқланади. Ҳар бир тугуннинг дастлабки энергиясини ϵ_0 ва i - сатхдаги тугуннинг энергия истеъмолини ECR_i деб белгиласак у ҳолда, i - сатхдаги тугуннинг яшовчанлиги $LT_i = \frac{\epsilon_0}{ECR_i}$ га тенг [12].

Тармоқнинг яшовчанлиги бу- тармоқ операцияларини бошланишидан токи ҳалок бўлган тугунлар улуши маълум бир чегарадан ошиб кетиши айнан бир худуднинг қамров доирасини йўқотишигача ва/ёки тармоқни қисмларга ажралиб қолинишигача бўлган вақт интервалидир. Агар i - сатхдаги тугунларнинг умумий сони Z_i бўлса, тармоқдаги i - сатхнинг яшовчанлиги $\frac{\epsilon_0 \times T_i}{T_i \times ECR_i} = \frac{\epsilon_0}{ECR_i}$ га тенг.

Бу аввал таърифланганидек, i - сатхдаги тугуннинг яшовчанлиги кабилдир. Агар исталган сатхнинг яшаш даври тугаса сатх ичидаги қамров доирасининг йўқотилишига сабаб бўлади натижада тармоқнинг яшаш даври тугайди. Шу сабабли, тармоқнинг яшовчанлиги сатхнинг энг қисқа яшаш даври орқали характерланади ва у қуйидагича аниқланади $\min_{vi} \{ \frac{\epsilon_0}{ECR_i} \}$.

Тугун маълумотни база станциясига узатишда ёки йўналтиришда минимум энергия талаб этади деб тасаввур қиламиз. Яъни тугун база станциясига маълумотни энг қисқа йўл орқали узатиши лозим. Яъни i - сатхдаги тугун маълумотни база станциясига узатиши учун i оралик йўлни талаб этади. Маршрутлаш сиёсати оддий q-switch версиясига асослаган. Ушбу таҳлилда, i - сатхдаги тугун маълумотни база станциясига узатиш учун фақатгина $i - 1$ сатхдаги тугунни аниқлай олади. i - сатх худиди $A_i = \pi(2i - 1)r^2$ га тенг. Бу ерда r сатхнинг кенлиги ва λ_i тугуннинг зичлиги. i - сатхдаги тугунларнинг умумий сони $Z_i = \lambda_i \times A_i$, $i = 1, 2, \dots, N$. Барча сатхлардаги тугунлар (база станциясидан узоқда жойлашганларидан ташқари) ўз энергиясини база станциясидан узоқда жойлашган қўшни тугунлардан келаётган сенсор тугуни маълумотларини қабул қилиш ва қайта йўналтириш учун сарф этади. Узоқ сатхда жойлашган тугун фақатгина ўзининг маълумотини узатиш учунгина энергия сарф этади. Шу сабабли i -сатхдаги тугуннинг маълумотларни узатиш тезлиги (тугуннинг ўзини маълумотларини узатиши учун) қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$\frac{\rho \times A_i}{\rho \times A_i} = \frac{\rho}{\lambda_i} \quad (3)$$

Таклиф этилаётган эҳтимоллик зичлик функцияси

Кўрилайлик математик соҳа, радиуси r' фарк билан r' дан ($N \times r'$) гача арифметик тарзда ўзгариб борадиган бир нечта концентрик айланаларга бўлинган. Математик соҳада агар, (x, y) нуқта бўлса,

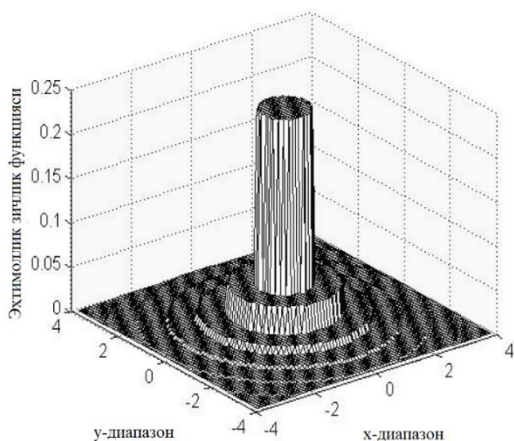
у i ва $(i - 1)$ айланада ётса, у ҳолда ушбу нуқтадаги зичлик эҳтимоллиги қуйидагича кўринишга эга:

$$f(x, y, N, i, r') = \frac{k(2i-1)}{N^2 i^4}, \forall (i-1)^2 (r')^2 < x^2 + y^2 \leq (ir')^2 \quad (4)$$

бу ерда, $i = 1, 2, \dots, N$ ва k ўзгармасдир яъни:

$$k = N^2 \left[\pi(r')^2 \left(1 + \frac{3^2}{2^4} - \frac{5^2}{3^2} + \dots + \frac{(2N-1)^2}{N^4} \right) \right]^{-1}$$

2-расмда таклиф этилаётган ЭЗФ нинг уч ўлчамли графиги тасвирланган. ЭЗФнинг характеристикалари шуни кўрсатади-ки, i нинг қиймати ортиши билан функционал қиймат камаяди (камрок эҳтимолликни назарда тутди) ва аксинча.



2-расм. ЭЗФ уч ўлчамли графиги

Ўзгармас k нинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$k = N^2 \left[\pi(r')^2 \left(1 + \frac{3^2}{2^4} - \frac{5^2}{3^2} + \dots + \frac{(2N-1)^2}{N^4} \right) \right]^{-1}$$

Агар X ва Y тасодифий ўзгарувчилар, таклиф этилаётган ЭЗФнинг N ва i параметрларига амал қилса, у ҳолда X ва Y нинг таксимот функцияси қуйидагича аниқланади:

$$F[X \leq x, Y \leq y] = \frac{k\pi(r')^2}{N^2} \left[\sum_{j=1}^i \left(\frac{(2j-1)^2}{j^4} + \frac{\eta^2 - i^2}{i^4} \right) \right]$$

биз (x, y) ни $0 \leq x^2 + y^2 \leq \eta^2 (r')^2$ ораликда танлаймиз, бу ерда $i \leq \eta \leq i + 1$.

Агар X ва Y тасодифий ўзгарувчилар, таклиф этилаётган ЭЗФнинг N ва i параметрларига амал

қилса, у ҳолда X ва Y нинг математик кутилмаси қуйидагича аниқланади:

$$E[XY] = \frac{k(r')^2}{N^2} \sum_{i=1}^N \left[\frac{2}{i} + \frac{2}{i^3} - \frac{3}{i^2} - \frac{1}{2i^4} \right]$$

X ва Y ўзгарувчиларнинг математик кутилмаси N ва i параметрлари билан қуйидагича берилиши мумкин:

$$E[XY] = E_1[XY] + E_2[XY] + \dots + E_N[XY] = \sum_{i=1}^N E_i[XY] \quad (5)$$

бу ерда $E_i[XY]$ берилган i қийматдаги X ва Y нинг кутилмаси. Шунга кўра,

$$E_i[XY] = \frac{k}{N^2 i^4} \iint xy \, dy \, dx$$

$$\frac{4k}{N^2 i^4} \int_0^{ir'} x \left[\sqrt{(ir')^2 - x^2} \int \sqrt{((i-1)r')^2 - x^2} \, y \, dy \right] dx$$

$$E_i[XY] = \frac{k(r')^4}{N^2} \left[\frac{2}{i} + \frac{2}{i^3} - \frac{3}{i^2} - \frac{1}{2i^4} \right] \quad (6)$$

(5) даги $E_i[XY]$ ни (6) қиймати билан алмаштирсак қуйидагича эга бўламиз:

$$E[XY] = \frac{k(r')^4}{N^2} \sum_{i=1}^N \left[\frac{2}{i} + \frac{2}{i^3} - \frac{3}{i^2} - \frac{1}{2i^4} \right] \quad (7)$$

Агар X ва Y тасодифий ўзгарувчилар, таклиф этилаётган ЭЗФнинг N ва i параметрларига амал қилса, у ҳолда X ва Y нинг кореляция моменти (ковариацияси) қуйидагича аниқланади:

$$Cov(X, Y) = \frac{k(r')^3}{N^2} \sum_{i=1}^N \left[r' \left(\frac{2}{i} + \frac{2}{i^3} - \frac{3}{i^2} - \frac{1}{2i^4} \right) - \frac{4}{3} \left(\frac{3}{i^2} + \frac{3}{i^3} - \frac{1}{i^4} \right) \right]$$

Кореляция моменти (ковариация) таърифига кўра $Cov(X, Y) = E[XY] - E[X]E[Y]$. Икки X ва Y дискрет ва тасодифий ўзгарувчининг i нинг маълум бир қийматлари учун кореляция моментини аниқлашимиз мумкин. Икки X ва Y дискрет ва тасодифий ўзгарувчининг барча сохалар учун кореляция моменти i параметрининг йиғиндиси орқали топишимиз мумкин. Бу ерда $i = 1, 2, \dots, N$.

$$Cov(X, Y) = \sum_{i=1}^N Cov_i(X, Y)$$

$$Cov(X, Y) = \sum_{i=1}^N [E_i[XY] - E_i[X]E_i[Y]]$$

Биз i нинг аниқ қийматлари учун ($E_i[XY]$) X ва Y нинг кутилмасини (15) дан олишимиз мумкин яъни:

$$E[XY] = \frac{k(r')^2}{N^2} \sum_{i=1}^N \left[\frac{2}{i} + \frac{2}{i^3} - \frac{3}{i^2} - \frac{1}{2i^4} \right]$$

i нинг аниқ қийматлари учун ($E_i[X]$) X нинг кутилмасини қуйидагича ҳисоблашимиз мумкин яъни:

$$E_i[X] = \frac{k}{N^2 i^4} \iint x \, dy \, dx$$

$$E_i[X] = \frac{4k}{N^2 i^4} \int_0^{ir'} x \left[\frac{\sqrt{(ir')^2 - x^2}}{\int \sqrt{((i-1)r')^2 - x^2}} dy \right] dx$$

$$E_i[X] = \frac{4k(r')^3}{3N^2} \left[\frac{3}{i^2} + \frac{3}{i^3} - \frac{1}{i^4} \right]$$

Юқорида келтирилган ифодаларга кўра, абсолют экстремумда X нинг кутилмаси:

$$E[X] = \frac{4k(r')^3}{3N^2} \sum_{i=1}^N \left[\frac{3}{i^2} + \frac{3}{i^3} - \frac{1}{i^4} \right] \quad (8)$$

ЭЗФ дискрет характерга эга. Бизнинг мақсадимиз сенсор тугунларини сатхли худудда (1-расм) таклиф қилинаётган ЭЗФ асосида жойлаштиришдан иборат. ЭЗФ сатхли худудда тугунларни жойлаштириш билан қуйидагича боғланган: i параметри ЭЗФ ва сатхли худуд учун сатх рақамини ифодалайди (1-расм) яъни $i = 1, 2, \dots, N$; таклиф қилинаётган ЭЗФдаги r' -параметри ҳалқанинг/сатхнинг кенглигини аниқловчи параметрдир. Шунинг учун, r' ва R_c орасидаги боғлиқлик $r' \leq R_c$, шунингдек, r' ва R_s орасидаги боғлиқлик $r' \leq 2R_s$.

Бу нотекис тақсимот қонуниятига бўйсунди, яъни ЭЗФ база станциясига яқин жойлашган сенсор тугунлари учун юқори, айни дамда эса сенсор тугунлари база станциясидан узоқлашган сари камроқ қийматга эга. i – сатхдаги $f(x, y)$ нуқтада сенсор тугунларини ЭЗФ асосида жойлаштириш қуйидагича аниқланади:

$$f(x, y) = k(2i - 1)/N^2 i^4$$

бу ерда, $i = 1, 2, \dots, N$ ва k пропорционал ўзгармас катталиқ. Сатх ичида жойлашган тугунлар учун эҳтимоллик $k(2i - 1)A_i/N^2 i^4$, бу ерда $A_i - i$ сатхнинг худуди, k эса қуйидагича:

$$k = N^2 [\pi r^2 \sum_{i=1}^N (2i - 1)^2 / i^4]^{-1} \quad (9)$$

бу ерда, r сатхнинг кенглиги.

i сатхнинг худуди қуйидагича берилган:

$$A_i = [\pi i^2 r^2 - \pi(i - 1)^2 r^2] = [\pi(2i - 1)r^2]$$

A_i катталиқни i -сатхда тугунларни жойлаштириш эҳтимоллиги p_i билан алмаштирадик, қуйидагича эга бўламиз:

$$p_i = k(2i - 1)\pi r^2 [N^2 i^4]^{-1} \quad (10)$$

i -сатхдаги тугунларнинг сони (Z'_i), i -сатхдаги жойлашган тугунлар эҳтимоллиги (p_i) билан умумий тугунлар сонин $Z_{\text{умумий}}$ кўпайтмасига тенг яъни, $Z'_i = p_i \times Z_{\text{умумий}}$. i -сатхдаги тугуннинг зичлиги ($i = 1, 2, \dots, N$) таклиф этилаётган ЭЗФ га кўра:

$$\lambda'_i = \frac{p_i}{A_i} \times T_{\text{total}} = \frac{p_i}{A_i} \times \sum_{j=1}^N \lambda'_j \times A_j \quad (11)$$

$$\lambda'_j = \frac{k(2j - 1)\pi r^2}{N^2 i^4} \sum_{j=1}^N (2j - 1) \lambda'_j$$

Юқоридаги ифодадан кўринадики, таклиф этилаётган ЭЗФ томонидан аниқланган тугун зичлиги i ва N параметрлари томонидан бошқарилади ва IV бўлимда таъкидланган йўриқномага мос келади. Сатхдаги тугуннинг зичлиги текис тақсимланган ва тугунларни жойлаштириш эҳтимолликлари ўзаро тенг. Лекин ушбу тугунлар зичлиги ва эҳтимоллиги турли сатхларда турличадир. Ўзгаришлар қуйидагича характерланади, база станциясига яқин жойлашган сатхларда тугун зичлиги максимум ва база станциясидан узоқлашган сари камайиб боради яъни, $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_N$.

Тасаввур қилайлик 200x200 квадрат майдонда 100 та тугун $R_c = 25$ бирликда ЭЗФ асосида жойлаштирилган бўлсин. У ҳолда сатхларнинг сони N қуйидагича тенг:

$$N = \left[\frac{a}{2 \times R_c} \right] = \left[\frac{200}{2 \times 25} \right] = 4$$

R_c ва N ларнинг қийматларини ўрнига қўйиб, k нинг қийматини ҳисоблашимиз мумкин.

$$k = 4^2 \left[\pi(25)^2 \left(1 + \frac{3^2}{2^4} + \frac{5^2}{3^4} + \frac{7^2}{4^4} \right) \right]^{-1}$$

$k = 0.004$, бу ерда $r = R_c$.

(10) ифодадаги параметрлар ўрнига қуйидаги қийматларни қўйиш орқали яъни, $r = 25$, $N = 4$ ва $k = 0.004$, 4 та сатхнинг ҳар бири учун тугунларни жойлаштириш эҳтимоллигига эга бўламиз. Мисол учун, p_i қуйидагича ҳисобланади: $p_i = 0.49(2i - 1)^2 / i^4$. 1-сатхдаги тугунларни жойлаштириш эҳтимоллиги, $p_1 = 0.49$. Шунга ўхшаш $p_2 = 0.27$, $p_3 = 0.15$ ва $p_4 = 0.09$. (21) ифодани қўллаган ҳолда, 4 та сатхдаги ҳар бир сатх тугун зичлиги 1-сатх учун $\lambda'_1 = 0.00024 \times 100 = 0.024$, 2-сатх учун $\lambda'_2 = 0.0045$, 3-сатх учун $\lambda'_3 = 0.0015$, 4-сатх учун $\lambda'_4 = 0.00065$.

Хулоса

Тадқиқот давомида маълум бўлдики, ҳар бир сатҳдаги тугун зичлиги ЭЗФнинг нотекис тақсимот характериға мос келади. Бу ўз ўрнида база станцияси бўйлаб кўлаб тугунларни жойлаштириш ва база станциясидан масофа ошгани сайин тугунлар сонини камайтириш масаласини тўлдиради.

Симсиз сенсор тармоғи учун тугунларни ЭЗФ асосида жойлаштиришнинг математик модели ишлаб чиқилди. Ушбу моделнинг асосий мақсади энергияни мувозанатлашга ҳамда тармоқ яшовчанлигини қамров ва боғланганликни сақлаган ҳолда оширишга эришишдир. Даставвал, тармоқ яшовчанлиги таҳлил этилди ва тармоқ яшовчанлигиға сезиларли таъсир этувчи параметр сифатида тугун зичлиги аниқланди. Энергияни мувозанатлаш учун тугун зичлигининг назарий асоси шакиллантирилди. Тармоқ яшовчанлиги таҳлили асосида симсиз сенсор тармоғи яшовчанлигини оширувчи ЭЗФ асосида тугунларни тақсимлаш амалга оширилди. Шунингдек, ЭЗФ нинг тармоқ архитектурасини моделлаштиришга мослик хусусияти муҳокама қилинди.

Фойдаланилган адабиётлар:

W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Micro sensor Networks", in IEEE Computer Society Proceedings of the ThirtyThird Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '00), Washington, DC: IEEE, 2000, pp. 1-10.

K. M. Azad and J. Kamruzzaman, "Energy-balanced transmission policies for wireless sensor networks," IEEE Trans. Mobile Comput., vol. 10, pp. 927-940, July 2011.

Song, M. Liu, J. Cao, Y. Zheng, H. Gong, and G. Chen, "Maximizing network lifetime based on transmission range adjustment in wireless sensor networks," Comput. Commun., vol. 32, pp. 1316-1325, July 2009. J. Vidhya, G. Kalpana and P. Dananjayan, "Energy Efficient Hybrid MAC Protocol for Cluster-Based Wireless Sensor Network", International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 1, No. 3, August 2009, pp. 271-275.

M. Zhang, A. Babaei and P. Agrawal, "A cluster-based hybrid access protocol for wireless sensor networks," 2012 35th IEEE Sarnoff Symposium, Newark, NJ, 2012, pp. 1-5, doi: 10.1109/SARNOF.2012.6222727.

C. Y. Chang and H. R. Chang, "Energy-aware node placement, topology control and MAC scheduling for wireless sensor networks," *Comput. Netw.*, vol. 52, pp. 2189-2204, Aug. 2008.

D. Wang, B. Xie, and D. P. Agrawal, "Coverage and lifetime optimization of wireless sensor networks with Gaussian distribution," *IEEE Trans. Mobile Comput.*, vol. 7, pp. 1444-1458, Dec. 2008.

S. Halder, A. Ghosal, and S. DasBit, "A pre-determined node deployment strategy to prolong network lifetime in wireless sensor network," *Comput. Commun.*, vol. 34, pp. 1294-1306, July 2011.

Liu, X. Jin, G. Cui, and Z. Chen, "Deployment guidelines for achieving maximum lifetime and avoiding energy holes in sensor network," *Inf. Sci.*, vol. 230, pp. 197-226, May 2013.

X. Wu, G. Chen, and S. K. Das, "Avoiding energy holes in wireless sensor networks with nonuniform node distribution," *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 19, pp. 710-720, May 2008.

W. Z. Song, R. Huang, M. Xu, B. A. Shirazi, and R. LaHusen, "Design and deployment of sensor network for real-time high-fidelity volcano monitoring," *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 21, pp. 1658-1674, Nov. 2010.

X. Pi and Y. Chai, "A Node Localization Algorithm Based on Connection Constraint for WSNs," 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), Chongqing, 2018, pp. 1007-1010, doi: 10.1109/IAEAC.2018.8577807.

S. Halder and S. DasBit, "Design of a Probability Density Function Targeting Energy-Efficient Node Deployment in Wireless Sensor Networks," in *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 11, no. 2, pp. 204-219, June 2014, doi: 10.1109/TNSM.2014.031714.130583.

Музафаров Фаррух Адхамович - Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети, телекоммуникация инжиниринги кафедраси мустақил изланувчиси
e-mail: farruhmuzafarov@gmail.com

Muzafarov F.A.

Node placement mathematical model for wireless sensor networks

Contemporary one of the fundamental challenges in the development of wireless sensor networks to increase efficiency of node energy consumption. The issue of energy saving in wireless sensor network requires great deal of training. One of the most cost-effective ways to save energy is to locate sensor nodes wisely in the development area. In this paper, parameters such as sensor node density that affect network viability are identified. Also, the values of the parameters of energy saving balancers were found. Capacity to meet the energy balancing requirement mathematical models of node destruction based on the probability density function have developed.

Keywords: Wireless sensor network, probability density function, energy balancing, network lifetime.

Давронбеков Д.А., Фозилжонов Х.И., Фазилжанов И.Р.

Исследование спектра побочных электромагнитных излучений видео интерфейса DVI

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований спектров побочного электромагнитного излучения видео интерфейса DVI, зависимости от разрешения экрана и частоты обновления кадра монитора.

Ключевые слова: Побочные электромагнитные излучения и наводки, монитор, видео интерфейс, DVI, частотный спектр ПЭМИН излучения.

В настоящее время важным фактором обеспечения информационной безопасности систем обработки и отображения информации является предотвращение утечки информации по техническим каналам [1,2].

В рабочем режиме практически все элементы компьютерной техники обработки, передачи, хранения и отображения информации генерируют электромагнитные излучения [3]. Эти излучения являются паразитными, т.е. побочными электромагнитными излучениями (ПЭМИ) возникающими в результате нелинейных процессов в элементах компьютерной техники. Принимая и декодируя эти излучения, можно получить сведения об обрабатываемой в компьютере информации [4,5]. Этот канал утечки информации называется побочные электромагнитные излучения и наводки (ПЭМИН). В Европе и Канаде применяется термин «compromising emanation» - компрометирующее излучение. В США применяется термин «TEMPEST».

Одной из первых работ, появившейся в открытой печати и связанной с понятием ПЭМИН, принадлежит голландскому инженеру Вим ван Эку (Wim van Eck), опубликованному в 1985 г. [6]. Статья посвящена потенциальным методам перехвата ПЭМИН сигнала видеомониторов.

В работе [7] автор заявил, что наиболее заметные ПЭМИН излучения исходят из драйверов LVDS контроллера жидкокристаллического (ЖК) монитора. В работе [8] авторы исследовали драйвер LVDS контроллера ЖК-монитора компьютера, и

сделали вывод что, ПЭМИН излучения драйверов LVDS контроллера ЖК- мониторов компьютера различаются в зависимости от схемы исполнения LVDS драйверов. В работе [9] авторы исследовали ПЭМИН излучения видео интерфейсов VGA и DVI при разрешении экрана монитора 1920×1080 60 Hz. В результате исследования было обнаружено что ПЭМИН излучения видео интерфейсов происходит на частотах: 240,0801 МГц, 456,5130 МГц, 586,3727 МГц и 717,8356 МГц.

В работах [3,4,7,9] авторы проводили свои исследования ПЭМИН излучения видео интерфейсов VGA и DVI в радиочастотной безэховой камере. Для приема и восстановления сигнала изображения из ПЭМИН излучения использовано специальное оборудование.

В данной работе поставлена задача исследования спектра ПЭМИН излучения видео интерфейса DVI в зависимости от разрешения экрана монитора и частоты обновления кадра в реальной электромагнитной обстановке.

Структурная схема исследования спектра ПЭМИН видео интерфейса DVI приведена на рисунке 1.

В качестве SDR приемника был выбран SDRplay RSPdx. Который соединяется с компьютером с помощью USB кабеля и имеет следующие особенности: 14 битный АЦП, рабочий диапазон от 10 кГц до 2 ГГц, Полоса обзора до 10 МГц. В качестве приемной антенны использована телескопическая антенн ANT500.



Рис 1. Структурная схема исследования ПЭМИН видео интерфейса DVI: 1-компьютер со специальным ПО для декодирования ПЭМИН излучения; 2-SDR приемник для приема ПЭМИН излучения; 3- исследуемый объект (видеокарта ПК подключенная к монитору DVI-D кабелем);

Объект исследования: DVI интерфейс видеокарты компьютера, видеокарта компьютера соединена с монитором АОС e2051F. Тип

интерфейса DVI – D.

В цифровых интерфейсах передачи видеосигнала, таких как DVI и HDMI используется

протокол передачи данных – Transition Minimized Differential Signaling (T.M.D.S.). Пакет битового потока видео сигнал, передаётся от видео карты к монитору по протоколу TMDS по 3 дифференциальным линиям. Структура пакета битового потока зависит от изображения, отображаемое на экране монитора, длительность импульса зависит от тактовой частоты пикселя, свою очередь тактовая частота пикселя зависит от разрешения экрана монитора и частоты обновления кадра, если разрешения экрана не меняется, то тактовая частота пикселей тоже не меняется [10,11]. Таким образом, можно сделать вывод, что сигнал цифрового видео интерфейса DVI является условно периодическим. Известно, что спектры периодических сигналов имеют спектральные составляющие с кратными гармониками.

Зная разрешение экрана монитора, а также частоту обновления кадра тактовую частоту пикселей (Pixel Clock Rate), которая описывает скорость, с которой осуществляется передача данных находится по следующей формуле:

$$f_{pix} = Y_{resol} * X_{resol} * f_{refresh} * (1 + \text{blanking period}), \quad (1)$$

где
 Y_{resol} – вертикальное разрешение экрана;
 X_{resol} – горизонтальное разрешение экрана;
 $f_{refresh}$ – частота обновления кадра Гц;
 blanking period – период гашения.

В таблице 1. приведены результаты расчетов тактовой частоты пикселей и их кратные гармоники в зависимости от разрешения экрана монитора и частота обновления кадра ($Y_{resol} \times X_{resol} \times f_{refresh}$).

На объекте исследования (разведываемый ПК) запускается специальный тест сигнал [12,13]. Тест-сигнал обеспечивает режим работы устройства, при котором излучение обладает наибольшей возможной мощностью ПЭМИН излучения. На рисунке 2 показан спектр ПЭМИН излучения видео интерфейса DVI, перехваченный SDR приемником.

Таблица 1.

Результаты расчетов тактовой частоты пикселей и их кратные гармоники в зависимости от разрешения экрана монитора и частота обновления кадра.

800x600x75		1024x768x60		1024x768x70	
Гармоники	Частоты, МГц	Гармоники	Частоты, МГц	Гармоники	Частоты, МГц
1	49,5	1	65	1	75
2	99	2	130	2	150
3	148,5	3	195	3	225
4	198	4	260	4	300
5	247,5	5	325	5	375
6	297	6	390	6	450
1024x768x75		1152x864x60		1280x800x60	
Гармоники	Частоты, МГц	Гармоники	Частоты, МГц	Гармоники	Частоты, МГц
1	78,750	1	72	1	84
2	157,5	2	144	2	168
3	236,25	3	216	3	252
4	315	4	288	4	336
5	393,75	5	360	5	420
6	472,53	6	432	6	504

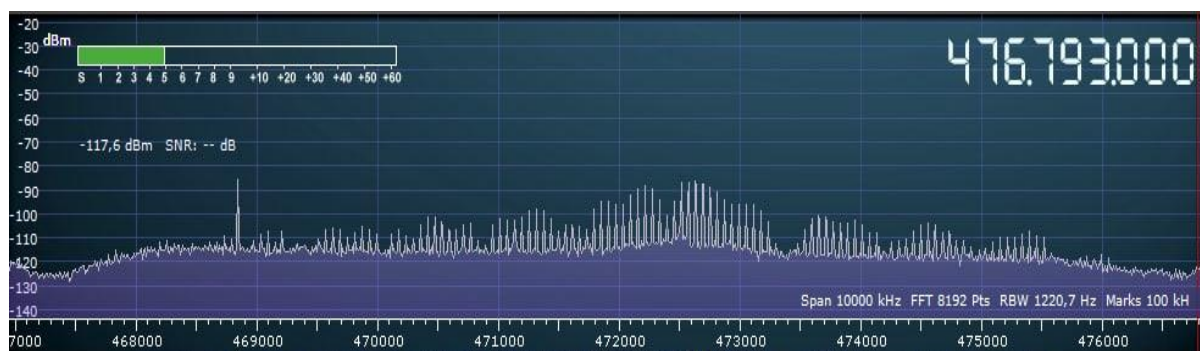


Рис 2. Спектр ПЭМИН излучений

Используя частоты из таблицы 1, SDR приемник и ПО SDRuno [14] измеряем уровень ПЭМИН излучений в зависимости от разрешения экрана монитора и частота обновления кадра. В таблице 3 приведены результаты измерений.

Свободно распространяемое программное обеспечение для SDR приемника SDRuno позволяет сравнительно точно определить спектр ПЭМИН излучения.

Таблица 3.

Результаты измерений уровня ПЭМИН излучений в зависимости от разрешения экрана монитора и частота обновления кадра.

Гармоники	800x600x75		1024x768x60		1024x768x70	
	Частоты, МГц	Уровень сигнала, дБм	Частоты, МГц	Уровень сигнала, дБм	Частоты, МГц	Уровень сигнала, дБм
1	49,5	-88,6	65	-94,2	75	-96
2	99	-98,1	130	-98,7	150	-98,8
3	148,5	-86	195	-102,8	225	-92,2
4	198	-82	260	-102,6	300	-102,2
5	247,5	-94,5	325	-91,1	375	-91,2
6	297	-93,5	390	-92,2	450	-92,2
	1024x768x75		1152x864x60		1280x800x60	
Гармоники	Частоты, МГц	Уровень сигнала, дБм	Частоты, МГц	Уровень сигнала, дБм	Частоты, МГц	Уровень сигнала, дБм
1	78,750	-102,2	72	-83,2	84	-102,3
2	157,5	-101,3	144	-100	168	-93,3
3	236,25	-90,5	216	-87,6	252	-93
4	315	-90,6	288	-91,9	336	-94
5	393,75	93,3	360	-86,5	420	-95
6	472,53	-90,5	432	-69	504	-78

На основе проведенных исследований были построены графики распределения уровня ПЭМИН излучений по кратным гармоникам (рис. 3).

Из рисунка 3 видно, что уровень ПЭМИН в частотной области распределён не равномерно. Из

анализа графика видно, что большая часть мощности ПЭМИН излучений находится между от 150 МГц до 400 МГц.

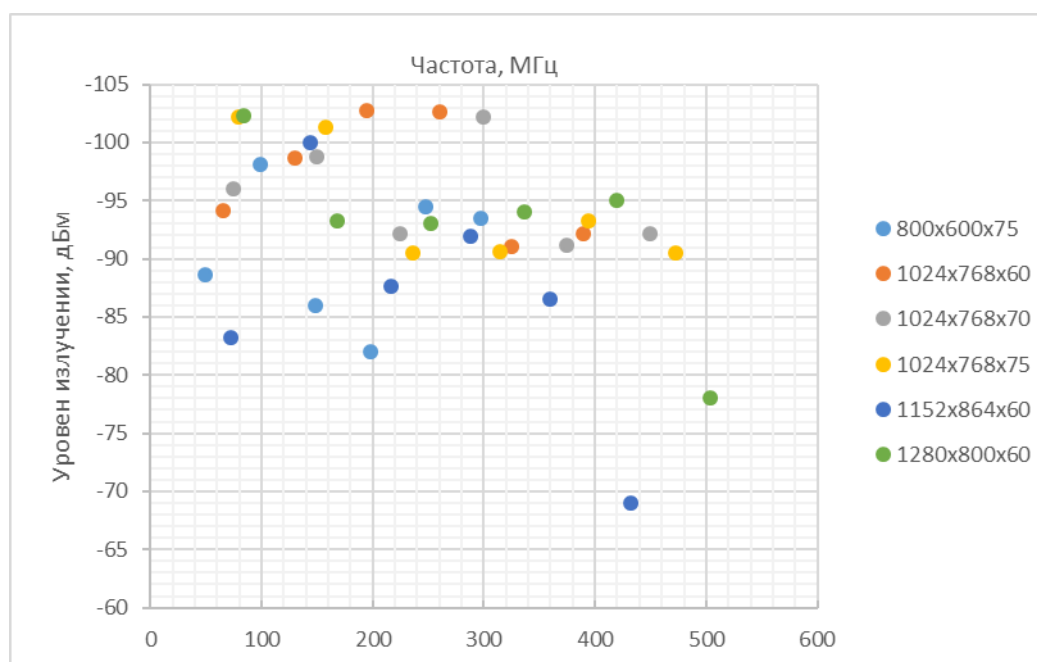


Рис.3. Распределение ПЭМИН излучений в частотной области.

Заключение

На основе результатов экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- с точки зрения перехвата информации, необходимо (и достаточно) знать разрешение экрана и частоты обновления кадров монитора;
- частотный спектр ПЭМИН излучения зависит от разрешения экрана и частоты обновления кадров монитора;
- практически перехват и восстановление

информации от

ПЭМИН видео интерфейса DVI возможно на любой гармонике излучения;

- наиболее часто для настольных компьютеров используется разрешение экрана монитора 1024x768 при частоте обновления кадров 60Гц.

Список литературы

1. Лось В. П., Мещеряков Р. В., Шелупанов А. А., Белов Е. Б. Основы информационной безопасности — Москва: Горячая линия - Телеком,

2006. — 544 с.

2. Мещеряков Р. В., Шелупанов А. А., А. П. Зайцев Технические средства и методы защиты информации; 7-е — Москва: Горячая линия-телеком, 2012. — 442 с.

3. Taikang Liu, Yongmei Li, Electromagnetic Information Leakage and Countermeasure Technique, Springer, Singapore, Hardcover ISBN978-981-10-4351-2, eBook ISBN978-981-10-4352-9, 246p, 2019 y. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-4352-9>

4. Ireneusz Kubiak, Digital processing methods of images and signals in electromagnetic infiltration process Image Processing & Communication, vol. 18, no. 1, pp.5-14 DOI: 10.2478/v10248-012-0070-7 И.Р.

5. Фазилжанов., Х.И. Фозилжонов Перехват побочных электромагнитных излучений монитора персонального компьютера // СБОРНИК ДОКЛАДОВ Республиканской научно-технической конференции «Значение информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии отраслей экономики». Часть 2, Ташкент, 4-5 марта 2021 г., с.34-36.

6. Wim van Eck. Electromagnetic Radiation from Video Display Units: An Eavesdropping Risk? (англ.) // Computers & Security: журнал. — Elsevier Advanced Technology Publications, 1985. — Vol. 4, iss. 4. — P. 269—286. — ISSN 01674048. — DOI:10.1016/0167-4048(85)90046-X

7. M. G. Kuhn Compromising emanations of LCD TV sets, IEEE Transaction on electromagnetic compatibility, vol. 55, NO 3, June 2013, Pages. 564 – 570, DOI:10.1109/TEMC.2013.2252353.

8. Jun Shi, Degang Sun, Abbas Yongacoglu, Meng Zhang, Dong Wei. Computer Recognition Based On the Compromising Emanations Fingerprint, Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), May 2016, Pages 1-6, DOI: 10.1109/CCECE.2016.7726724.

9. Leszek Nowosielski, Rafal Przesmycki1, and Micha Nowosielski Compromising Emanations from VGA and DVI Interface, Progress In Electromagnetic Research Symposium (PIERS), August 2016, Pages

1024 – 1028, DOI:10.1109/PIERS.2016.7734570.

10.

https://www.fpga4fun.com/files/WP_TMDS.pdf (дата обращения: 9/02/2021).

11. <https://glenwing.github.io/docs/DVI-1.0.pdf> (дата обращения: 10/02/2021).

12. Tempest for eliz URL:

[//https://github.com/eried/Research/tree/master/HackRF/TempestSDR](https://github.com/eried/Research/tree/master/HackRF/TempestSDR) (дата обращения: 11/02/2021).

13. Erik Thiele, Tempest for Eliza // URL: // <http://www.erikyuu.de/tempest/> (дата обращения: 12/02/2021).

14. <https://www.sdrplay.com/>

Давронбеков Дилмурод Абдужалилович

Доктор технических наук. Профессор кафедры Системы мобильной связи Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми.

Фозилжонов Хожиакбар Исмоил угли

Ассистент кафедры “Электроника и радиотехника” ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий. e-mail: foziljonov.x.i@gmail.com

Фазилжанов Исмаил Рустамович

к.т.н., доцент кафедры “Электроника и радиотехника” ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий. e-mail: faziljanov_ismail@mail.ru

Davronbekov D.A., Foziljonov X.I., Faziljanov I.R.

Study of the spectrum of side electromagnetic radiations of video interface DVI

This paper presents the results of experimental studies of the spectra of spurious electromagnetic radiation of the DVI video interface, depending on the screen resolution and the refresh rate of the monitor frame.

Keywords: Spurious electromagnetic radiation and interference, monitor, video interface, DVI, frequency spectrum of TEMPEST radiation.

NorkobilovS.A.

Sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlarida masofali zondlash orqali yong'in holatini monitoringi

Maqolada sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlarida masofali zondlash orqali yong'in holatini monitoring, avtomatlashtirilgan yong'inni aniqlash tizimlari tahlil qilingan. Ularning fazoviy o'lchamlari farqi, termal diapazoni, har bir piksel uchun balandlikdagi masofadan turib issiq nuqtalarni aniqlanishi, yong'in nuqtalariga favqulodda vaziyat xodimlariga ogohlantirish, yong'in qamrov hududlarini belgilash, o'chirish va talofatlarni aniqlash xususiyatlari keltirilgan.

Kalit so'zlar: Sun'iy yo'ldoshli aloqa, zondlash, sensor, yong'in, tutun aerzollari, monitoring, favqulodda vaziyat, termal diapason, piksel, atmosfera, shovqin, bulutlar, issiq yuzalar, quyosh porlashi, sirt turi.

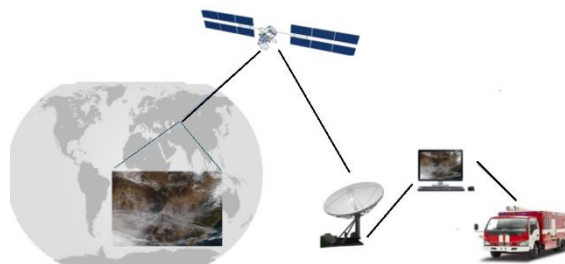
Kirish

Masofaviy zondlash sensorlaridagi texnologik taraqqiyot bizga global miqyosdagi ma'lumotlarni olish imkonini beradi, insoniyatning o'z yashash muhiti haqidagi tushunchasini fazoviy va vaqtinchalik nuqtai nazardan sezilarli darajada kengaytiradi va yer uchun ma'lumotlar resurslarining ko'payishini ta'minlaydi. So'ngi yillarda yong'in xavflari yerning ekotizimlari va iqlimiga katta ta'sir ko'rsatadi, chunki u landshaft va biologik tuzilmani keskin o'zgartiradi va ko'p miqdorda sanoat gazlari va aerzol zarralarini chiqaradi. Yong'in xavflarni aniqlashda hududlarida kunlik yong'in va tutun tahlilini yaratish uchun joriy atrof-muhit sun'iy yo'ldoshlari to'plamidagi mavjud sensorlardan foydalanadigan operatsion tizimlar mavjud [1]. Dastlabki yong'in va tutun mahsuloti interaktiv ishlov berish tizimi bo'lib, u o'qitilgan sun'iy yo'ldosh tahlilchilariga turli avtomatlashtirilgan algoritmlardan yong'inni aniqlash vositalarini geostatsionar va qutbli orbital sun'iy yo'ldoshlar tasvirlari bilan qo'lda birlashtirish imkonini beradi. Natijada yong'inlar va asosiy tutun chiqindilarining joylashuvi sifat nazorati ostida namoyish etiladi. Tutun aerzollari bulut tomchilari bilan o'zaro ta'sir qilishi va urning radiatsiyalashda sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin. Respublikamizning turli hududlarida ham so'ngi ikki yil ichida qishloq xo'jaligi va o'rmon xo'jaligida yong'inlar jiddiy zarar yetkazgan. Masofaviy zondlash ba'zi cheklolarga qaramay, muntazam ravishda katta hududlarda yong'inlarni kuzatishning eng samarali va iqtisodiy vositasidir. Atrof-muhit sun'iy yo'ldoshlari yordamida kosmosdan yong'inlarni aniqlash qobiliyatiga sun'iy yo'ldosh, ma'lumotlar va axborot xizmati yigirma yildan ortiq vaqt davomida olib borildi. Sun'iy yo'ldosh kuzatuvlari yong'in rivojlanishi va yong'indan keyingi yong'in zarari haqida o'z vaqtida ma'lumot berishi mumkin. O'zaro bog'liq sun'iy yo'ldosh olingan issiq nuqtalar tasdiqlangan yer kuzatuvlari hamda yong'in va tutunning sun'iy yo'ldosh tasvirlarining sun'iy yo'ldosh xizmatlari muntazam ravishda aniqlash imkoniyatlarini namoyish qilish uchun ishlab chiqariladi.

Asosiy qism

Dunyodagi o'rmon yong'inlari va tutunning muntazam tasvirlarini taqdim etdi, chunki ekologiya mutaxassislari keng tarqalgan tutunlar bilan ifloslanishidan xavotirda. So'ngi yillarda ayrim

davlatlarda o'rmon qismlarida katta yong'inlar yuzaga keldi. Natijada paydo bo'lgan katta tutunlar, yong'inlari katta zarar etkazishi, bir qator uylarni vayron qildi, tabiatga katta zarar yetkazdi va magistral yo'llarni ham yopib qo'ydi. Ushbu favqulodda vaziyatga javoban yong'in mavsumida tutun va yong'in nuqtalarining muntazam tahlilini ishlab chiqarishni boshladi. Keyinchalik, vaziyatga bog'liq hududlarni o'z ichiga olgan maxsus hududiy grafik mahsulot ishlab chiqarildi va internet orqali foydalanuvchilarga taqdim etildi. Qamrab olgan tutun va yong'in monitoring tizimini ishlab chiqish boshlandi. Sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlarida masofali zondlash orqali yong'in holatini monitoring qilishning tuzilmaviy ko'rinishi keltirilgan (1-rasm), bunda yong'inlarni masofaviy zondlash, shuningdek, Favqulodda vaziyatlar xodimlariga yong'inni o'chirish va yong'inlarning odamlarga ta'sirini kamaytirish bo'yicha qarorlar qabul qilishda yordam berish imkoniyatiga ega [2].

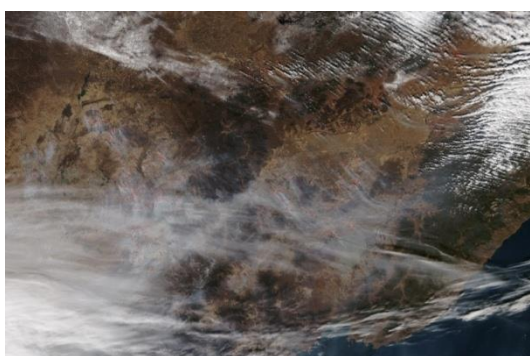


1-rasm. Sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlarida masofali zondlash orqali yong'in holatini monitoring qilishning tuzilmaviy ko'rinishi.

Avtomatlashtirilgan yong'inni aniqlash tizimlari Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) - O'rtacha aniqlikdagi tasvir spektorradiometri, Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) - Ko'rinadigan infraqizil tasvir radiometer to'plami, Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) - Geostatsionar operatsion atrof-muhit sun'iy yo'ldoshi, Polar Orbiting Environmental Satellites (POES) - Qutb orbitasidagi atrof-muhit sun'iy yo'ldoshlari, Advanced Very va High Resolution Radiometer (AVHRR) - Kengaytirilgan juda yuqori aniqlikdagi radiometr kabi tizimga kiritilgan. Asosiy komponent bu tahlilchi tomonidan amalga oshiriladigan

sifat nazorati bo'lib, u barcha mavjud tasvirlarni va avtomatlashtirilgan yong'inni aniqlashni tekshiradi, noto'g'ri signallar deb hisoblanganlarni o'chiradi va avtomatlashtirilgan tartiblar aniqlanmagan qo'shimcha yong'inlarni qo'shadi [3].

MODIS va VIIRS o'xshash orbitaga ega bo'lsada, har bir sensordagi "termal bantlar" ning fazoviy o'lchamlari farq qiladi. MODIS termal diapazoni har bir piksel uchun 1000 metr ruxsatga ega issiq nuqtalarni aniqlaydi; VIIRS har bir piksel uchun 375 metr ruxsatda issiq nuqtalarni aniqlaydi. Boshqacha qilib aytganda, VIIRS MODISga qaraganda taxminan uch baravar batafsilroq yong'in kuzatuvlarini amalga oshiradi. Natijada, VIIRS MODIS o'tkazib yuboradigan ko'plab kichik va past haroratli yong'inlarni aniqlay oladi (2-va 3-rasm).



2-rasm. Sun'iy yo'ldosh aloqa MODIS - (O'rtacha aniqlikdagi tasvir spektroradiometri) orqali olingan tasvir.



3-rasm. Sun'iy yo'ldosh aloqa VIIRS - (Ko'rinadigan infraqizil tasvir radiometrlari to'plami) orqali olingan tasvir.

Yuqoridagi tasvirlar sensorlarning yong'inni aniqlash imkoniyatlaridagi farqni ko'rsatadi. Ikkala rasmda bir vaqtning o'zida yonayotgan qishloq xo'jaligi yong'inlari tasvirlangan. MODIS yuqoridagi tasvirni, pastki tasvirni esa VIIRS tomonidan olingan. Farqlarni ko'rish uchun tasvirni taqqoslaganimizda VIIRSda yong'inni kuzatish batafsilroq bo'lsa-da, MODIS tasvirining foni yanada aniqroq ko'rinadi. Buning sababi shundaki, MODIS yong'in bo'lmagan yer yuzalarini ko'rib chiqishda VIIRSGa qaraganda yaxshiroq aniqlikka ega. MODIS uchun piksel boshiga 250 metr, VIIRS uchun esa 375 metr. VIIRS yong'in kuzatuvlarining yaxshilangan rezolyutsiyasi olimlar, shuningdek, o't

o'chiruvchilar yong'in faolligini kuzatish uchun yanada qobiliyatli vositaga ega ekanligini anglatadi. Takomillashtirilgan piksellar soni mutaxassislar VIIRS tomonidan to'plangan ma'lumotlardan yong'in yo'nalishi yoki xatti-harakatlaridagi o'zgarishlarni aniqroq modellashtirish va bashorat qilish uchun foydalanishi kerakligini anglatadi. Yong'inni aniqlashning yuqori aniqlikdagi ma'lumotlarini va yong'in xatti-harakatlarini modellashtirish natijalarini taktik yong'in holatlariga kiritish orqali o'rmon yong'inlarini boshqarishda ishlaydiganlarga bosimni kamaytirishga VIIRS yong'in ma'lumotlarining boshqa ko'plab ilovalari mavjud. Klimatologlar undan yong'inlar natijasida atmosferaga chiqadigan issiqlik gazlari hajmini yaxshiroq baholash uchun foydalanishlari mumkin bo'ladi. Havо sifati bo'yicha mutaxassislar tutun ta'sirining aholi salomatligiga oqibatlarini baholash uchun yangi vositaga ega bo'lishadi. Ma'lum fasllarda yong'inni taqiqlagan yoki cheklaydigan mamlakatlarda hukumat va huquqni muhofaza qilish organlari man etilgan yong'inlar qayerda yonish boshlanganini aniqlash uchun aniqroq ma'lumotlarga ega bo'ladi.

Ular ustida vaqti-vaqti bilan bulut qoplagan yong'inlar kabi. Ishlatilgan asosiy sun'iy yo'ldosh diapazonlari yong'inni sezish uchun 3,9 mikron va tutunni aniqlash uchun ko'rinadigan to'liq uzunliklarini tashkil qiladi (4a, b-rasm). GOES tomonidan ko'rilgan yong'inlar; (a) issiq nuqtalar 4 mikronli tasvirda oq dog'lar sifatida ko'rinadi va tutun (b) yirik yong'inlardan aniq ko'rinadi [4].



a) issiq nuqtalar



b) yirik yong'inlar

4-rasm. GOES tomonidan ko'rilgan yong'inlar tasviri.

GOES sensorining o'lchamlari ko'rinadigan kanal uchun sun'iy yo'ldosh pastki nuqtasida 1 km va 3,9 mikronli kanal uchun pastki nuqtada 4 km (va barcha

boshqa termal bantlar) ni tashkil qiladi. Biroq, sun'iy yo'ldoshni ko'rish burchagi oshgani sayin, ruxsat astasekin pasayadi, shuning uchun hududning katta qismlarida samarali piksellar soni 5-6 km ni tashkil qiladi. Tahlilchiga yordam berish uchun mudofaa meteorologik sun'iy yo'ldosh dasturi operatsion chiziqli tekshiruv tizimidan tungi yorug'lik tasvirlari va turli xil yordamchi statik qatlamlar mavjud.

Tutunni tahlil qilish uchun foydalaniladigan asosiy ma'lumot manbai GOES kosmik kemasi olingan



5-rasm. GIS interfeysi ko'rinishi

GIS dan foydalanish noan'anaviy foydalanuvchilar orasida ekologik yo'ldosh, ma'lumotlar va axborot xizmati mahsulotlaridan foydalanishni oshirdi.

Kelajakdagi rejalar global tasvirlarda bir nechta avtomatlashtirilgan algoritmlarni operativ ravishda ishga tushirishni o'z ichiga oladi. Tutun va yong'in ma'lumotlarini yetkazib berishning asosiy mexanizmi GIS an'anaviy masofadan zondlash foydalanuvchilariga qaraganda ancha katta foydalanuvchilar jamoasiga xizmat qilish imkonini berdi. Xususan, yer va havo sifati menejerlari ushbu tizimni juda foydali deb topishdi. Foydalanuvchilar sahifaga birinchi marta kirganda MODIS yong'inni aniqlash vositalarini qoplash imkoniyatiga ega. Yong'inlarni yaqindan ko'rish uchun ular tuman darajasiga ham kichraytirishlari mumkin. Yordamchi qatlamlar, masalan, geosiyosiy chegaralar, ko'llar va daryolar, asosiy magistrallar, yer qoplami va yong'in potentsiali ob-havo xizmatlarini bashorat qilish mumkin [5].

Hozirgi tahlil jarayonida bir qator cheklovlar mavjud:

- O'rmon yong'inlari va qishloq xo'jaligi yoki nazorat ostida kuyishlar o'rtasida farqlashning hech qanday usuli yo'q; faqat uzoq umr ko'rgan issiq nuqtalar o'rmon yong'inlari bo'lish ehtimoli ko'proq bo'lgan vaqtga qarab taxmin qilish mumkin;

- 3,9 mikronli tasvir bulutlar orqali ko'ra olmaydi, yuqqa sirtidan tashqari. Kun davomida turli xil datchiklar

yuqori aniqlikdagi ko'rinadigan tasvirlardir, chunki GOES termal diapazonlarida tutun odatda kuzatilmaydi. Tasvir odatda 2 soatlik ma'lumotlardan foydalangan holda animatsiyada ko'riladi. Biroq, quyoshning past burchagi bo'lganida (ertalab, quyosh chiqqandan keyin va kechqurun quyosh botishidan oldin) tutunlar eng oson kuzatiladi.

Yong'in xavflarni aniqlashda grafik va Geographic Information System (GIS) - Geografik axborot tizimi, GIS formatlarida mavjud (5-rasm).

bilan bir nechta ko'rinish, bulutlarda biron bir tanaffus bo'lsa, yong'inni o'chirishga yordam beradi;

- Kichkina yong'inlar, unchalik issiq bo'lmagan va qalin o'simliklar ostida yonayotgan yong'inlar aniqlanmasligi mumkin. Ba'zida tutun aloqa nuqtasi bo'lmagan holda ko'rinadi;

- Kunning o'rtasida yuqori quyosh burchagida yoki baland yer shari sirtida standart ko'rinadigan tasvirlarda tutunni aniqlash qiyinroq;

- Yong'inlar, ayniqsa yong'inlar ko'pincha yozda tushdan keyin issiq fon bilan niqoblanadi. Bu sensorning to'yinganligiga olib keladigan yuqori sirt harorati va aks ettirish bilan bog'liq [6].

Oldingi yillarga qaraganda qurg'oqchilik yong'inlarning kuchayishida katta rol o'ynagan bo'lsada, so'ngi yillarda quruq mavsumida yong'inni aniqlash vaqti va joylashuvi mintaqaviy qurg'oqchilikka qaraganda yerni tozalash bilan ko'proq mos keladi. MODIS yong'inlarini aniqlash global yong'in emissiyasi ma'lumotlar bazasida tahlil qilinadi, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini qayta ishladi va yer tizimidagi o'zgarishlar uchun yong'in rolini yaxshiroq tushundi. Bu jarayonlarda oxirgi yillarda MODIS va VIIRS tomonidan jamlangan faol yong'inni aniqlash holatlarida VIIRS eng yuqori yong'in yili ekanligini tasdiqlaydi. Bundan tashqari, yong'inlar o'tgan yillarga qaraganda kuchliroq bo'lib, umumiy yong'in radiatsiyaviyquvvati bilan o'lchanadi. Sun'iy yo'ldoshlar yilning quruq

mavsumida yong'in faolligining kuchayganini aniqladi (6-rasm).



6-rasm.

Sun'iy yo'ldosh aloqatizim orqali Atmosferani bulut va tutun aerozollarining tasviri.

GOES sun'iy yo'ldoshlarining yuqori vaqtinchalik chastotasi ko'plab yong'inlarni aniqlashga imkon bersada, 4 km piksel o'lchamlari aniqlanishi mumkin bo'lgan yong'inlarning hajmi va intensivligini cheklaydi. Ba'zi kichik, ammo kuchli yong'inlar 4 km pikselni to'ldirishi mumkin bo'lsada, yong'inlarni piksel ichida aniq joylashtirish mumkin emas. GOES atrofdagi er yuzasi harorati bilan solishtirganda juda issiq yonmaydigan kichik yong'inlarni o'tkazib yuboradi. GOES imkoniyatlarini oshirish uchun POES ham qo'llaniladi. Ular, shuningdek, 1,1 km o'lchamdagi ko'rinadigan va 3,9 mikronli kanallarga ega. Yaxshiroq ruxsat kichik yong'inlarni erta aniqlash imkonini beradi va yong'inlarning joylashuvi va tafsilotlarini ko'rsatadi. Biroq, tasvir o'rta kengliklarda har bir sun'iy yo'ldosh uchun 12 soatda faqat bir marta mavjud. Mavjud 2 dan 3 gacha qutbli orbital sun'iy yo'ldoshlar bilan bu platformalar geostatsionar sun'iy yo'ldoshlarni strategik to'ldiruvchini ta'minlaydi [7].

Tahlilchining ko'zi muhim bo'lib qolsada, sun'iy yo'ldosh tasvirlaridagi issiq nuqtalarni aniqlay oladigan turli xil avtomatlashtirilgan aniqlash algoritmlari ishlab chiqilgan. Bu mumkin bo'lgan yong'inlarni qidirish jarayonini tezlashtiradi.

Yong'in piksellerini aniqlash uchun GOES sun'iy yo'ldosh tasvirlari va yordamchi ma'lumotlar bazalaridan olingan dinamik mahalliy chegaralardan foydalanadi va yong'inlarni aniqlash va pastki pikseller maydonini baholashni ta'minlaydi. Yong'inni aniqlash, xaritalash va monitoring algoritmi mahsuloti qutb orbitasidagi sun'iy yo'ldoshlaridan olingan Kengaytirilgan juda yuqori aniqlikdagi radiometr (AVHRR) ma'lumotlaridan yong'inlarni aniqlash uchun avtomatlashtirilgan algoritmdir. AVHRR va MODIS algoritmlarga asoslanadi. U 2 (2.9 mikron), 3 (3.7 mikron), 4 (10.8 mikron) va 5 (12 mikron) AVHRR kanallaridan foydalanadi. Algoritm sun'iy yo'ldosh shovqini, bulutlar, issiq yuzalar, quyosh porlashi va sirt turi uchun qo'shimcha testlar bilan kontekstlidir. Bu mahsulot hali ham pre-operativ hisoblanadi; tekshirish va algoritmi takomillashtirish davom etmoqda. MODIS

asbobi 1/4 dan 1 km gacha bo'lgan o'lchamdagi 36 ta diskret spektral kanallarni taqdim etadi. Ushbu ma'lumot manbai yong'inni tezkor aniqlashda muhim aktiv ekanligini isbotladi. Shuningdek tungi ko'rinadigan ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Ushbu ma'lumotlar algoritm va ishlov berish dasturini taqdim etgan Sun'iy yo'ldosh tasviri barqaror chiroqlar tasviri bilan taqqoslanadi. Ideal holda, farqlar o'rmon yong'inlari bilan bog'liq. Ushbu yong'in mahsuloti, ayniqsa infraqizil ma'lumotlar bilan birgalikda foydalanilganda, yong'inlarni kechasi issiq yuzalardan ajratishga yordam beradi [8].

Ushbu avtomatlashtirilgan aniqlash algoritmlari, umuman olganda, potentsial yong'inlarni aniqlashda juda yaxshi ish qiladi, ammo noto'g'ri aniqlash muammo bo'lishi mumkin. Misol uchun, isitiladigan zamin 3,9 mikronlik sensorni to'yintirishi mumkin, bu hududda bo'lishi mumkin bo'lgan yong'inlarni ajratish mumkin emas. Hozirgi ishlaydigan sun'iy yo'ldoshlari yong'inni aniqlashni hisobga olgan holda ishlab chiqilmagan, ammo kelajakdagi sun'iy yo'ldoshlar 3,9 mikron dan yuqori to'yinganlik haroratiga ega bo'lishi uchun ishlab chiqilmoqda [9].

Sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlarida masofali zondlash orqali yong'in holatini monitoringida avtomatlashtirilgan yong'inni aniqlash tizimlari qiyoslanganligi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Sun'iy yo'ldosh aloqada avtomatlashtirilgan yong'inni aniqlash tizimlari	Termal bantlarning fazoviy o'lchamlari (Spektral ruxsat, mikron)	Tasvirda qayd etilgan piksel (Yer yuzasida o'lchami bilan tavsiflanadi, metr)
MODIS - (O'rta aniqlikdagi tasvir spektrometri)	2,9 – 3,7	275-1000
VIIRS - (Ko'rinadigan infraqizil tasvir radiometr to'plami)	2,9	375
GOES - (Geostatsionar operatsion atrof-muhit sun'iy yo'ldoshi)	3,9	4000, 5000-6000
POES - (Qutb orbitasidagi atrof-muhit sun'iy yo'ldoshlari)	3,9	11000
AVHRR - (Kengaytirilgan juda yuqori aniqlikdagi radiometr kabi tizimi)	2,9 3,7 10,8 12	2000 3000 4000 5000

Avtomatlashtirilgan algoritmlar kechayu kunduz ishlaydi va ma'lumotlar mavjud bo'lishi bilan oshib borishga tushiriladi. Natijadagi yong'inni aniqlash imkon qadar tezroq ommaga e'lon qilinadi, bu zudlik bilan

ma'lumotga ehtiyoj bo'lgan va noto'g'ri aniqlashning yuqori tezligini qabul qila oladigan foydalanuvchilar uchun tahlilchi yong'inlar boshlanganda dastlabki ma'lumotni tayyorlaydi va tahliliy holatlarni yig'a boshlaydi. Ushbu dastlabki tahlil o't o'chirish davri davomida yangilanadi. Eng yaxshi mahsulot arxivga yuborilishini ta'minlash uchun bir kun oldingi mahsulot keyingi kun boshida yana bir marta yangilanadi. Foydalanuvchilar mahsulotlarni to'g'ridan-to'g'ri anonim fayl uzatish protokoli (FTP) yoki veb-sayti orqali yuklab olishlari mumkin. Ma'lumotlar matn, grafik yoki GIS formatlarida mavjud [10].

Xulosa.

Xulosa qilib aytganda, ob-havo ma'lumoti va favqulodda vaziyatlarni rejalashtiruvchilar ehtiyojlarini qondirish uchun takomillashtiriladi. Yong'in va tutun holati tasvirlangan matnli xabar muhokama qilinib, global qamrov havo sifati va aerazol modellashtirish hamjamiyati tomonidan talab qilingan va avtomatlashtirilgan algoritmlarni yaxshilashga va samarasini oshirishga tayanadi. MODIS yong'inni aniqlash qurilmalari allaqachon butun dunyo bo'ylab mavjud va VIIRS tizimini rivojlantirmoqda. Global mahsulotni ishlab chiqarish uchun inson faoliyati imkonsiz, ammo tahlillar va tajribalardan barcha sun'iy yo'ldosh manbalarini birlashtirish usullarini ishlab chiqishda foydalaniladi va tahlil etish natijalari sifatli monitoringni amalga oshirishda katta yordam beradi. Tahlillar natijasi yong'inlar qamrovini aniqlash hamda yong'inni bartaraf qilishda juda katta ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1]. Isroilov J.D., Norkobilov S.A., Davronbekov D.A., Shamsiyev A.S., Features application of sensor networks for measurement of raw cotton bunts // International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities. ICISCT 2021 3th, 4th and 5th of November 2021, Tashkent, Urgench, Uzbekistan <http://www.icisct2021.org/>
- [2]. Davronbekov D.A., Abdimuratov Z.S., Manbetova Z.D. Measurement of Electromagnetic Radiation Levels from Mobile Radiotelephones // International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019
- [3]. Davronbekov D.A., Norqobilov S.A., Alimdjanov X.F. Features of the use of wireless touch technology in the prevention of emergencies // InterConf. Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical "Conference Scientific community: interdisciplinary research" Germany, Hamburg - 2021. - p.672-678 <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/issue/view/26-28.01.2021/425>

[4]. Davronbekov D.A., Norkobilov S.A. Sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari yordamida yong'inga xavfli hududlarni aniqlash imkoniyatlarining tahlili // International Scientific-Practical Conference "Actual Problems Of Space Technologies and Satellite Communications" 23nd, 24rd of November 2021, Tashkent, Uzbekistan <https://spacecom.uz/uz/>

[5]. NASA (2019) Fire Information for Resource Management System (FIRMS) Accessed August 23, 2019.

[6]. Davronbekov D.A. Features measurement parameters and control functioning of integrated chips // 2016 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2016

[7]. Arima, E. et al. (2016) Explaining the fragmentation in the Brazilian Amazonian forest. Journal of Land Use Science, 11 (3), 257-277.

[8]. Davronbekov D., Kh. Khujamatov, S.Norkobilov, J.Isroilov Features of using the energy-saving leach protocol to control the temperature of stored cotton piles via a wireless network of sensors // International Journal of Discoveries and Innovations in Applied Sciences, 5 in October-2021 <http://openaccessjournals.eu/index.php/ijdias/article/view/477/466>

[9]. University of Maryland (2019) MODIS Active Fire Products and Burned Area Products. Accessed August 23, 2019.

[10]. Davronbekov D., Khujamatov Kh., Norkobilov S., Isroilov J. Features of Using the Energy-Saving LEACH Protocol to Control the Temperature of Stored Cotton Piles via a Wireless Network of Sensors // International Journal of Discoveries and Innovations in Applied Sciences, Spain October-2021 Published under Volume: 1 Issue: 5 in p.278-282 <http://openaccessjournals.eu/index.php/ijdias/article/view/477/466>

Norkobilov Salim Abduxamidovich

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti tayanch doktoranti
el.pochta: norqobilovsalim@gmail.com

Norkobilov S.A.

Fire monitoring by remote sensing in satellite communication systems

The article analyzes the state of fire monitoring systems, automated fire detection systems by remote sensing in satellite communication systems. These include spatial differences, thermal range, hotspot detection for each pixel, alerting emergency personnel to fire points, determining fire coverage areas, extinguishing and detecting losses.

Keywords: Satellite, probing, sensor, fire, smoke aerosols, monitoring, situation, thermal range, pixels, atmosphere, noise, clouds, hot surfaces, sunlight, surface type.

Nosirov Kh.Kh., Arabboev M.M., Begmatov Sh.A.

Development of a multi-parametric monitoring wearable device for human health using wireless technology

The development of the current monitoring system has become interesting to investigate, especially wireless sensor network based monitoring. Implementation of the wireless-based monitoring system widely implemented in the application of natural disasters, health monitoring, and military operations. One of the health services applications is the monitoring system of heartbeat and body temperature. Examination of the vital sign is a fundamental parameter for medical personnel in performing treatment early to maintain the safety and physical condition of patients. However, the problems that occur in health services is that medical staff need a long time to examine patients, patient data retrieval is still conventional, and equipment used still using the cable media. To solve the problem, the authors propose a heart rate monitoring system and body temperature using LoRa module. This study aims to relieve the burden of medical personnel in monitoring the patient, shorten the time in taking patient data, and reduce the occurrence of misdiagnosis. Test results showed that the success rate of the system in detecting the heartbeat of 99.69 % and body temperature of 99.48 %. Distance range of sensor data transmission for open space without obstructions of 2500-3000 meters and enclosed space with a barrier of about 700 meters.

Keywords: Health monitoring; Vital signs; Wearable device.

Introduction. In recent years, due to technological advances, development for various health monitoring systems is increasing. During the past decades, several scientists have focused on the development of health monitoring systems and wearable devices. Wearable heat stroke detection system in IoT-based environment is developed in [1]. It is designed a heat stroke detection circuit which measured the heartbeat rate, surrounding temperature, relative humidity and core body temperature to generate a quantitative heat stroke risk level via a fuzzy controller. The proposed device is observed to be able to measure the physiological data reliably during standing still and running. The proposed device has managed to detect any potential heat stroke and alert the user earlier before the heat stroke occurred. It is given an analysis of heart rate and body temperature from the wireless monitoring system using Arduino in [2]. The research is focused on the wireless heart rate and body temperature monitoring system which is able to monitor the heart rate and body temperature reading of patient at any time.

It is developed a smart healthcare monitoring system in IoT environment in [3]. The system introduced smart healthcare to monitor the basic important signs of patients like heart rate, body temperature. It is designed a monitoring tool heartbeat rate and human body temperature based on web in [4]. The device uses pulse sensor, DS18B20 sensor and 3x4 keypad button, Arduino Mega 2560 Microcontroller, Ethernet Shield, router and USB modem. It is developed a framework for continuous heart rate and body temperature monitoring system using Arduino Uno and Android device in [5]. It is developed an intelligent medical system with low-cost wearable monitoring devices to measure basic vital signals of admitted patients in [6]. It is developed heart disease detection by using Machine Learning algorithms and a real-time cardiovascular health monitoring system in [7]. It is designed an IoT-based smart framework for a human heartbeat rate monitoring and control system in [8]. The proposed system uses the capability of a heart pulse sensor for data acquisition. It is developed a Wearable IoT enabled real-time health monitoring system in [9]. It

is developed a heart beat and body temperature monitoring device using Arduino in [10]. In the research, it is used LM35 sensor for body temperature measurement. It is designed a wearable health monitoring device in [11]. The prototype and the application on the smartphone was proposed to be further developed to be able to notify the user when his body parameters were not in the normal range and give information about the treatments that should be taken by the user.

It is designed a pulse rate and body temperature monitoring system with Arduino via Wi-Fi and Android-based gadget in [12]. The proposed system uses a pulse sensor, temperature sensors, Arduino microcontroller, Mini LCD, SD Memory Card, Wi-Fi (2.4 GHz). It is developed a wearable human health-monitoring band using inkjet-printed flexible temperature sensor in [13]. It is developed a heartbeat and body temperature monitoring system using Raspberry Pi in [14]. The study aims to relieve the burden of medical personnel in monitoring the patient, shorten the time in taking patient data, and reduce the occurrence of misdiagnosis. It is developed an IoT-based heart disease monitoring system for pervasive healthcare in [15]. The proposed system monitors the patients' physical signs such as blood pressure, ECG, SpO₂. It is developed a wearable heart rate and body temperature monitoring device for healthcare in [16]. The device uses two biomedical sensors are used which are MAX30205 and SEN11574 Pulse Rate Sensor. It is designed and implemented a hypothermia symptoms early detection with smart jacket based on Wireless Body Area Network in [17]. Finally, [18] develops a pressure sensing system for heart rate monitoring with polymer-based pressure sensors and an anti-interference post processing circuit.

Overall, the overview of the previous contribution on health monitoring systems witness the tremendous attention devoted during the past decades to the development of various sensors and wearable devices. However, none of the aforementioned contributions ([1] - [18]) are likely to have developed a device that monitors body temperature and heart rate with high accuracy as the proposed device developed in this work. We address the

issue of integrating biomedical sensors with wireless technology by developing a wearable device. The device presented in this paper has been used to monitor a patient’s vital signs (body temperature and heartrate), which is essential for human health.

Modeling and Design. The proposed wearable device uses the following sensors and modules: OLED display; Arduino Nano board; MAX30102 heart rate sensor; Battery and LoRa module.

A. OLED display. OLED, Organic Light Emitting Diode, is a relatively new technology that has the ability to replace current LCD and LED TVs, monitors, and cell phone displays. It is more complex than traditional LEDs and uses organic, carbon-based semiconductor materials rather than silicon or germanium for the emission region.

The proposed wearable device uses 0.91 inch OLED display. This screen size is large enough to read data coming from sensors. The smaller the screen size, the less energy it consumes. The main purpose of using an OLED display on the proposed wearable device is to display the data coming from the sensors.



Fig. 1. OLED display.

B. Arduino Nano. The Arduino Nano is a small, complete, and breadboard-friendly board based on the ATmega328P. It offers the same connectivity and specifications of the Arduino Uno board in a smaller form factor.

The Arduino Nano has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provide UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An FTDI FT232RL on the board channels this serial communication over USB and the FTDI drivers (included with the Arduino software) provide a virtual com port to software on the computer.

The main function of the Arduino Nano in the proposed wearable device is to perform all these computational operations. The Arduino Nano serves as the brain of the device.

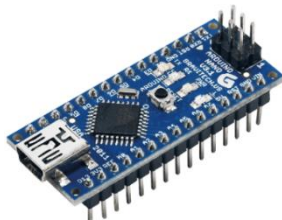


Fig. 2. Arduino Nano.

C. Heart rate sensor. Heart rate is also an important vital sign, so regular to monitor of heart rate is essential. MAX30102 sensor is a heart rate sensor that

helps to determine the health of a person by counting strokes.

The main purpose of using the MAX30102 sensor in the proposed wearable device is that this sensor can monitor heart rate, blood oxygen saturation and body temperature at the same time.

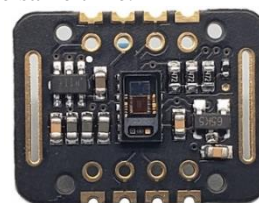


Fig. 3. MAX30102.

D. Battery. A lithium polymer battery, or more correctly lithium-ion polymer battery is a rechargeable battery of lithium-ion technology using a polymer electrolyte instead of a liquid electrolyte.

The main purpose of using the battery in the device is to provide the device with the required power. The battery used in the device can provide enough power to the device because the device does not have too many sensors and modules.



Fig. 4. Battery

E. LoRa module. LoRa Radio Module is a type of long range low data rate data radio modem based on Sx1276 from Semtech. It is a low-cost sub-1 GHz transceiver module designed for operations in the unlicensed ISM (Industrial Scientific Medical) and LPRD bands. Frequency spectrum modulation/demodulation, multi-channel operation, high bandwidth efficiency and anti-blocking performance make LoRa modules easy to realize the robust and reliable wireless link.

Table 1

Basic specifications of LoRa module

Specification	
Operating voltage:	2.1 ~ 3.6V (battery-powered) or 4.5 ~ 5.5V
Working frequency band:	433MHz
Modulation:	LoRa spread spectrum
Output power:	≤ 20dBm
Receiving sensitivity:	-148dBm
Emission current:	≤120mA
Receiving current:	≤15.2mA
Sleep current:	≤ 3.9uA
Wake-up time:	wake up immediately
Communication Interface:	TTL serial communication
Serial baud rate:	1200 ~ 57600, 9600bps (default)
Serial port verification:	8E1, 8O1, 8N1 (optional)

Operating temperature: -40 ° C - + 80 ° C

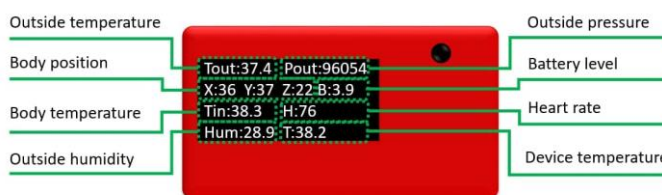


Fig. 5. LoRa Radio Module

A wearable device for health monitoring and emergency alarm is developed using all the sensors and



a)



b)

Figure 6. The proposed wearable device: (a) real view of the proposed; (b) 3D view of the device

Experimental results

In this study, a device that monitors human body temperature and heart rate was developed. This device is

superior to existing devices in terms of accuracy in measuring heart rate and body temperature.

The comparative analysis obtained from the study is presented in the graph below.

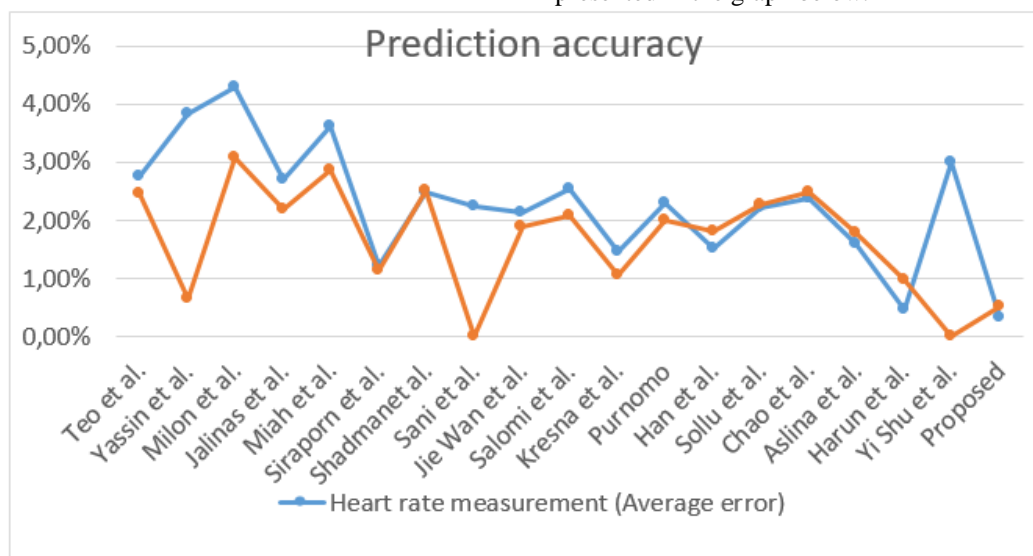


Figure 6. Experimental results of proposed device for heartrate and body temperature measurement.

As can be seen from the graph above, the developed device outperforms the existing 18 alternative devices in terms of accuracy in measuring heart rate and body temperature.

Conclusion

In this paper, a wearable device for human health monitoring is developed. Compared to other similar devices, the device has its own advantages, low cost, low power consumption and convenient design. Experimental results showed that the success rate of the system in detecting the heartbeat of 99.69 % and body temperature of 99.48 %.

In the future work, we will focus on the following: collect data from volunteers of different ages and sexes; and analyze the effect of body temperature, blood oxygen saturation on the heart rate.

References

[1] T. W. Son, D. A. Ramli, and A. A. Aziz, "Wearable heat stroke detection system in IoT-based environment," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 192, pp. 3686–3695, 2021.
 [2] F. M. Yassin, N. A. Sani, and S. N. Chin, "Analysis of Heart Rate and Body Temperature from the

Wireless Monitoring System Using Arduino,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1358, no. 1, 2019.

[3] M. M. Islam, A. Rahaman, and M. R. Islam, “Development of Smart Healthcare Monitoring System in IoT Environment,” *SN Comput. Sci.*, vol. 1, no. 3, 2020.

[4] J. Jalinus, W. Kusuma Raharja, and B. Putra Emas Wijaya, “Design of Monitoring Tool Heartbeat Rate and Human Body Temperature Based on WEB,” *MATEC Web Conf.*, vol. 164, pp. 1–19, 2018.

[5] M. Asaduzzaman Miah, M. H. Kabir, M. Siddiqur Rahman Tanveer, and M. A. H. Akhand, “Continuous heart rate and body temperature monitoring system using Arduino UNO and Android device,” *2nd Int. Conf. Electr. Inf. Commun. Technol. EICT 2015*, no. Eict, pp. 183–188, 2016.

[6] S. Sakphrom, T. Limpiti, K. Funsian, S. Chandhaket, R. Haiges, and K. Thinsurat, “Intelligent medical system with low-cost wearable monitoring devices to measure basic vital signals of admitted patients,” *Micromachines*, vol. 12, no. 8, 2021.

[7] S. Nashif, M. R. Raihan, M. R. Islam, and M. H. Imam, “Heart Disease Detection by Using Machine Learning Algorithms and a Real-Time Cardiovascular Health Monitoring System,” *World J. Eng. Technol.*, vol. 06, no. 04, pp. 854–873, 2018.

[8] S. Abba and A. M. Garba, “An IoT-Based Smart Framework for a Human Heartbeat Rate Monitoring and Control System,” *Proceedings*, vol. 42, no. 1, p. 36, 2019.

[9] J. Wan *et al.*, “Wearable IoT enabled real-time health monitoring system,” *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2018, no. 1, Dec. 2018.

[10] S. S. Thomas, A. Saraswat, A. Shashwat, and V. Bharti, “Sensing heart beat and body temperature digitally using Arduino,” *Int. Conf. Signal Process. Commun. Power Embed. Syst. SCOPES 2016 - Proc.*, pp. 1721–1724, 2017.

[11] M. K. Jena and I. A. Ansari, “Design of Wearable Health and Hazard Monitoring Device,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1053, no. February, pp. 947–957, 2020.

[12] D. D. W. I. Purnomo, “Design of Pulse Rate and Body Temperature Monitoring System with Arduino Via Wifi and Android-Based Gadget,” *Int. J. Technol. Eng. Stud.*, vol. 2, no. 5, 2016.

[13] D. C. Han, H. J. Shin, S. H. Yeom, and W. Lee, “Wearable Human Health-monitoring Band using Inkjet-printed Flexible Temperature Sensor,” *J. Sens. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 5, pp. 301–305, 2017.

[14] T. S. Sollu, Alamsyah, M. Bachtiar, and B. Bontong, “Monitoring System Heartbeat and Body Temperature Using Raspberry Pi,” *E3S Web Conf.*, vol. 73, pp. 3–7, 2018.

[15] C. Li, X. Hu, and L. Zhang, “The IoT-based heart disease monitoring system for pervasive healthcare service,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 112, pp. 2328–2334, 2017.

[16] A. Abu Bakar, S. S. A. Rahim, A. R. Razali, E. Noorsal, R. Radzali, and A. F. Abd Rahim,

“Wearable Heart Rate and Body Temperature Monitoring Device for Healthcare,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1535, no. 1, 2020.

[17] M. Udin Harun Al Rasyid, S. Sukaridhoto, A. Sudarsono, A. N. Kaffah, and M. Udin Harun Al Rasyid, “Design and Implementation of Hypothermia Symptoms Early Detection with Smart Jacket Based on Wireless Body Area Network,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 155260–155274, 2020.

Nosirov Khabibullo Khikmatillo ugli

Phd in technics, dean of the faculty of Radio and Mobile Communications, TUIT.

Arabboyev Mukhriddin Murodjon ugli

Assistant teacher of the department of Artificial Intelligence, TUIT. E-mail: mukhriddin.9207@gmail.com

Begmatov Shohruh Abdurahob ugli

Assistant teacher of the department of Artificial Intelligence, TUIT. E-mail: bek.shohruh@gmail.com

Носиров Х.Х., Араббоев М.М., Бегматов Ш.А.

Разработка многопараметрического мониторинга носительного устройства здоровья человека с использованием беспроводных технологий

Развитие существующей системы мониторинга стало интересно исследовать, особенно мониторинг на основе беспроводной сенсорной сети. Одно из приложений здравоохранения - система мониторинга сердцебиения и температуры тела. Проверка жизненно важных функций является основным параметром для медицинского персонала при раннем проведении лечения для поддержания безопасности и физического состояния пациентов. Однако проблемы, возникающие в службах здравоохранения, заключаются в том, что медицинскому персоналу требуется длительное время для обследования пациентов, получение данных о пациентах по-прежнему является обычным, а оборудование, используемое по-прежнему, использует кабельную среду. Для решения проблемы авторы предлагают систему мониторинга пульса и температуры тела с использованием модуля LoRa. Это исследование направлено на то, чтобы облегчить бремя медицинского персонала по наблюдению за пациентом, сократить время сбора данных о пациенте и уменьшить вероятность ошибочного диагноза. Результаты тестирования показали, что успешность системы в обнаружении сердцебиения 99,69% и температуры тела 99,48%. Дальность передачи сенсорной информации для открытого пространства без препятствий 2500-3000 метров и закрытого пространства с преградой около 700 метров.

Ключевые слова: Мониторинг здоровья; Жизненно важные признаки; Носимое устройство.

Султонова М.

Сети Fronthaul network на основе ООСП

В стандарте 5G для реализации рекомендуемых параметров сети необходимо применения нового аппаратного и программного обеспечения, с оптимизацией работы всей сети в целом. В первую очередь оптимизация коснется непосредственно транзитного узла, соединяющего базовую станцию сотовой связи с поставщиком Интернет-услуг. В современных базовых станциях принятая архитектура позволяет разнести радиопередающий блок и блоки управления на значительные расстояния. Для взаимодействия этих блоков предусматривается транспортный канал с интерфейсом связи eCPRI. Функции базовой станции, по архитектуре eCPRI делятся на два основных блока eREC и eRE. Транспортные сети для соединения базовых станций 5G, не зависимо от распределения функций между eREC и eRE, называются сетями Fronthaul network (FH), с протяженностью в среднем до 2 км. Рассматривается возможность в сетях FH использовать ООСП.

Ключевые слова. Стандарт, характеристики, архитектура, 5G, ООСП.

Введение. Сети пятого поколения, которым стандартизованы миллиметровые длины волн E-диапазона, опережая все прогнозы, стремительно начали свою работу уже в 2018 году. Выделенный диапазон представляет собой спектр электромагнитного излучения, лежащего в частотном диапазоне от 60 до 90 ГГц, рис.1.

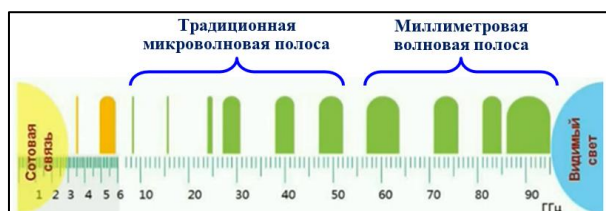


Рис.1. Спектр электромагнитно излучения

В США для коммерческого использования выделены полосы частот, лежащие в диапазонах 71-86 и 92-95 ГГц. Радиосигналы этого диапазона, как известно, быстро затухают при отражении от

препятствий, поэтому реализуемая топология подключения оборудования – исключительно "точка-точка".

Выделенный диапазон частот и используемые технологии в сетях 5G позволяют, получить доступные на сегодняшний день, максимальные скорости передачи данных. На рис.2 приведена диаграмма сравнения технологий IMT-Advanced (4G) и IMT-2020 (5G), разработанная Международным союзом электросвязи (МСЭ) [1]. Из приведенной диаграммы следует, что в 5G планируется значительное увеличение скорости передачи данных пользователей, для некоторых характеристик почти на порядок, существенное увеличение пропускной способности, а также зон радиопокрытия. Для создания таких сетей потребуются применение нового аппаратного и программного обеспечения, а также возникнет необходимость в разработке новой инфраструктуры для микроячеек сетей и будут иметь место передача данных на маленькие дистанции, на частотах до 100 ГГц.

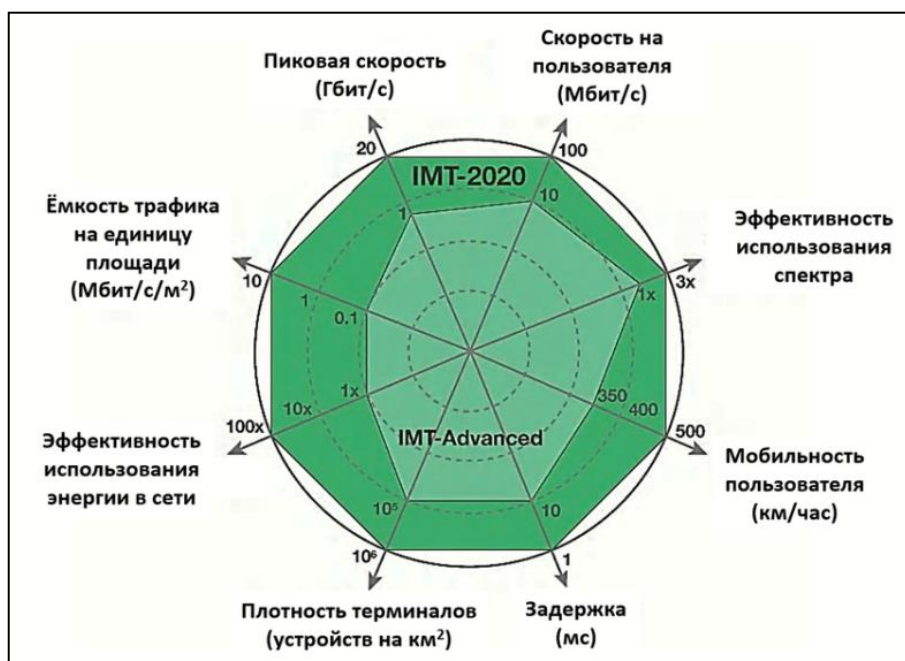


Рис.2 Диаграмма сравнения технологий IMT-Advanced (4G) и IMT-2020 (5G)

Постановка задачи. Неотъемлемой частью стандарта 5G станут интернет вещи (IoT), получающие развитие в последнее время. Эти технологии потребуют, чтобы сети 5G обеспечивали перекачивание гигабитных трафиков, что потребует оптимизации работы всей сети в целом. Оптимизация коснется в первую очередь непосредственно транзитного узла, соединяющего базовую станцию сотовой связи с поставщиком Интернет-услуг (Fronthaul Aggregation на рис.3).

В современных базовых станциях сотовых систем связи, радиопередающий блок (RRU) расположен рядом с антеннами, а в принципе возможно внедрять и в саму антенну. Принятая архитектура позволяет разнести RRH и блоки управления (BBU) на достаточно большие расстояния, для внедрения облачной радиосистемы (cloud-RAN или C-RAN).

Для взаимодействия между RRU и BBU предусматривается транспортный канал с постоянно развивающимся интерфейсом связи CPRI (Common Public Radio Interface). В сетях 5G, в соответствии с

принятой спецификацией, интерфейс обозначается как eCPRI. Использование eCPRI повышает эффективность базовых станций и удовлетворяет потребности, заложенные в стандартах 3GPP. Спецификация eCPRI обладает большей гибкостью при реализации функционального разделения ресурсов базовой станции на блоки по сравнению с CPRI, но она обратно не совместима с CPRI [2-4].

Функции базовой станции, по архитектуре eCPRI делятся на два основных блока eREC (eCPRI Radio Equipment Control) и eRE (eCPRI Radio Equipment). Соединяются они между собой транспортной сетью оператора связи. Блок eREC может устанавливаться рядом с антенной, а eRE располагаться в телекоммуникационном шкафу или дата центре.

Транспортные сети оператора связи, для соединения базовых станций 4G/5G (eNB/gNB), не зависимо от распределения функций между eREC и eRE, называются сетями Fronthaul network (FH), с протяженностью в среднем до 2 км (рис.4).

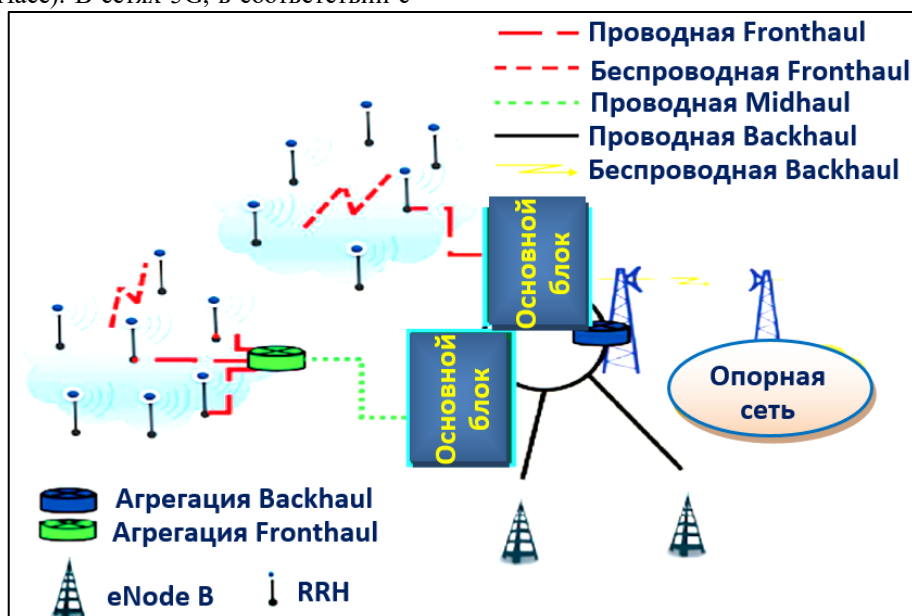


Рис.3. Соединение базовой станции сотовой связи с поставщиком Интернет-услуг

Транспортные сети операторов сотовой связи могут решаться различными способами на базе известных технологий. Выбор решения является одним из основных составляющих определяющих надежность, качество и экономичность развертываемой сотовой системы связи.

В соответствии с рабочим документом 5G, транзитная связь от абонента может быть реализована как по проводному каналу с помощью выделенной линии (медной или оптоволоконной), так и с использованием высокоскоростных беспроводных радиомостов (по топологиям точка-точка или точка-многоточка). Развертывание проводного транзитного пути в некоторых местах может быть довольно дорогостоящим и сложным техническим решением. Поэтому в 5G сетях

предусмотрены "мультихоповые" (multihop wireless) беспроводные станции, способные обслуживать большие зоны покрытия с использованием E-диапазона (E-Band). К тому же их использование позволит в дальнейшем быстро масштабировать участки сети.

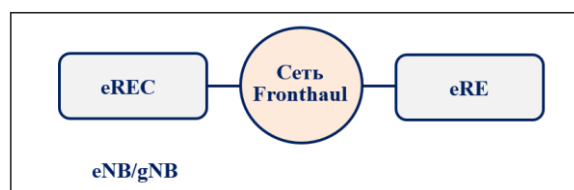


Рис.4. Fronthaul network

Вместе с тем, в экспериментальных беспроводных сетях E-диапазона, пока получены

максимальная скорость передачи не более 6 Гбит/сек. [5]. Поэтому на первом этапе внедрения 5G, для транспортной сети Fronthaul одним из вариантов является использование ООСП.

Решение проблемы. В ООСП средой передачи является луч лазера, распространяющийся в атмосфере. Скорости передачи в ООСП системах на сегодняшний день достигают 10 Гбит/сек, с достаточной достоверностью на дистанциях до 5 – 6 км. Кроме того, они работают в диапазоне более 400 ГГц и для её применения не требуется получать разрешения на использование частот. Возможна с высокой достоверностью доступа организация пролётов длиной до 2 км, что и требуется для сетей Fronthaul.

Принцип построения ООСП аналогичен волоконным оптическим линиям связи (ВОЛС), за исключением используемой среды передачи. Технология основывается на передаче данных модулированным излучением в инфракрасной части спектра через атмосферу. Для подключения ООСП потребителям, каждый производитель использует свой интерфейс. Однако все они придерживаются общей идеологии подключения, которая заключается в том, что линия атмосферной связи представляет собой эмуляцию отрезка кабеля (две витые пары или две жилы оптического кабеля). Таким образом, для всех устройств, участвующих, например, в кабельной сети связываемых объектов, ООСП не «видна», т.е. не накладываются никакие ограничения на оборудование, не вносятся никакие дополнительные протоколы связи или изменения и дополнения к ним [6].

Преимущества использования ООСП на основе инфракрасных полупроводниковых светодиодов и лазерных диодов заключаются в следующем:

- использование инфракрасного оптического диапазона расширяет возможности беспроводной передачи информации;

- узкий луч передачи и отсутствии боковых излучений, обеспечивает высокую помехозащищенность и конфиденциальность оптической связи;

- низкая удельная стоимость бита передаваемой информации за счет высокой энергетической эффективности;

- полная совместимость с другими устройствами передачи цифровой информации.

Повсеместный интерес к ООСП связан со следующими обстоятельствами [6]:

- современные лазерные источники излучения обладают высокой стабильностью и наработкой на отказ до нескольких сотен тысяч часов;

- за счет упрощения установки и подключения, ввод в эксплуатацию сократился до месяца;

- возможна организации связи между подвижными объектами;

- затраты на организацию ООСП стала соизмерима, а иногда и дешевле прокладки оптоволоконного кабеля;

- необходимость получение разрешения на использование отсутствует.

Основным недостатком ООСП является ограниченная дальность связи, связанная с ослаблением энергии оптических волн при распространении в атмосфере молекулярным и аэрозольным поглощением и рассеянием [6].

При расчетах ООСП используется суммарная величина ослабления, созданного действием всех перечисленных факторов, а также ее статистические характеристики. Энергетические потери при распространении сигнала инфракрасного диапазона в атмосфере состоят из двух составляющих [6], постоянной составляющей и меняющейся, определяемой изменениями прозрачностью атмосферы в зависимости от изменения метеорологических условий.

Для конкретного региона величина постоянной составляющей известна и поэтому при проектировании ООСП основной проблемой является выявление ослабления энергии волны, вызванной изменениями прозрачности атмосферы из-за наличия аэрозолей. Если установить статистические характеристики ослабления оптического излучения в зависимости от изменения состояния атмосферы, то можно определить надежность функционирования ООСП. Следовательно, основной задачей является определение интегральной функции распределения метеорологической дальности видимости (ИФР-МДВ) и километрического затухания (ИФР - КЗ). В свою очередь величину ИФР_{кз}, можно определить путем набора и обработки статистических данных по МДВ, для соответствующего географического региона (ГР). Для этого в конкретном ГР, где планируется запуск ООСП, в различных точках мира, производились экспериментальные измерения ослабления лазерного излучения в атмосфере, для выявления вероятности возникновения соответствующего ослабления сигнала на конкретных трассах [6-8].

Прозрачность атмосферы количественно постоянно измеряют на сети метеостанций аэропортов с целью выявления минимальной дальности видимости на взлетно-посадочной полосе. Измерения производят на длине волны $\lambda=0.55\mu\text{м}$ (соответствует наивысшей чувствительности глаза, которая принята для измерений МДВ во всех аэропортах мира). Период измерения переменный и автоматический: при неизменных метеоусловиях – через 15 минут, при резком изменении, интервал измерения уменьшается вплоть до 1 мин, что решает проблему достоверности измеренных результатов. По полученным данным прозрачности

атмосферы определяют метеорологическую дальность видимости S_m , используя соотношение Кошмидера [6]:

$$S_m = -\ln \varepsilon_r / \alpha_A = 3,9 / \alpha_A (1/\text{км}) = [16,9 / \alpha_A (\text{дБ}/\text{км})], \text{ км} \quad (1)$$

где $\varepsilon_r = 0.02$ – порог контрастной чувствительности глаза на $\lambda = 0.55 \mu\text{м}$; α_A – показатель ослабления волны видимого диапазона.

В случае для волн видимого и ближнего инфракрасного диапазонов показатель ослабления за счет аэрозольного рассеяния пересчитывают по формуле:

$$\alpha_A(\lambda_i) = (3,9/S_m) \cdot (0,55/\lambda_i)^m = 0,55\alpha_A \cdot (0,55/\lambda_i)^m, \quad (2)$$

где λ_i – волна, лежащая в «окне прозрачности» атмосферы; m – параметр, зависящий от S_m (при $S_m < 6 \text{ км}$, $m = 0,585 \cdot S_m^{1/3}$; для средних условий видимости $m = 1.3$; для очень хороших – $m = 1.5$).

Таким образом используя критерий МДВ, при районировании протяженных территорий, можно в

известной степени прогнозировать готовность ООСП.

Статистические данные по МДВ, собранные авторами в соответствии с рекомендациями International Civil Aviation Organisation (ICAO) с метеостанций аэропортов Республики Узбекистан, были обработаны и представлены в виде интегральных функций распределения (ИФРкз) МДВ - $F(sm)$ [8]. В последующем (ИФРкз) МДВ - $F(sm)$ некоторых регионов были обработаны в среде MATLAB для представления в аналитической форме, например, для Ташкентского и Бухарского регионов [9]. Такое представление (ИФРкз) МДВ - $F(sm)$, позволяет получить существенный выигрыш в трудоемкости и сократить время расчетов при проектировании ООСП.

В качестве примера возможности использования в сетях Fronthaul 5G ООСП, возьмем усредненную МДВ за последнее десятилетие для Шахрисабзского района (табл.1 из [7,10,11]).

Табл.1

Усредненная зависимость интегральная функция распределения $L=F(T\%)$

L_{AK} / $t(\%)$	$\geq 0,5 \text{ км}$	$\geq 0,7 \text{ км}$	$\geq 1,0 \text{ км}$	$\geq 1,1 \text{ км}$	$\geq 1,3 \text{ км}$	$\geq 1,5 \text{ км}$	$\geq 1,7 \text{ км}$	$\geq 1,8 \text{ км}$	$\geq 2,0 \text{ км}$
Шахрисабз	99,8	99,7	99,7	99,5	99,4	99,3	99,0	98,8	98,7

Зависимость, построенная в соответствии с табл.1 приведена на рис 5.

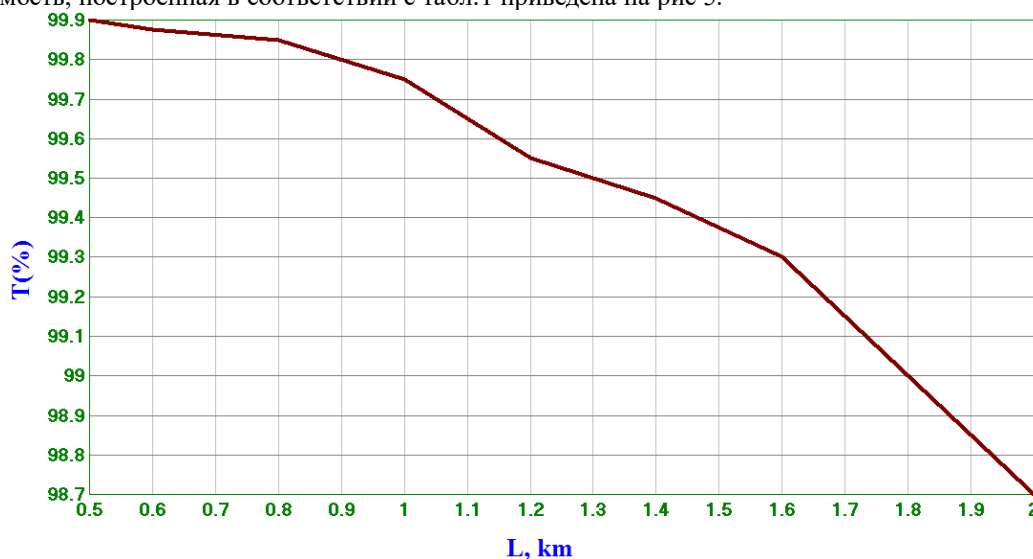


Рис.5 Зависимость $L= F(T\%)$

Результаты обработки статистических данных МДВ по Шахрисабзскому району РУ показывают, что при требуемой доступности АК протяженность интервала составляет до 2 [8-10]. Если считать, что дистанция в Fronthaul 5G находятся в тех же пределах, то протяженность, обеспечиваемая ООСП, можно считать вполне удовлетворительной. Кроме того, следует учитывать, что для увеличения коэффициента доступности канала и повышение надёжности связи, производители оборудования ООСП используют различные методы [6].

Заключение

Количество подключенных к Всемирной паутине устройств и требования абонентов к скорости мобильного интернет-доступа увеличиваются с каждым годом. Разработчики телекоммуникационного оборудования и операторы связи, стремясь ответить на новые вызовы, серьезно преобразовывают архитектуру сетей и регламенты взаимодействия. Так появились сети пятого поколения, которые являются следующим этапом эволюции сетей четвертого поколения (LTE, 4G).

Сети нового поколения, в отличии от предыдущих поколений являются, не «сота-ориентированными», а «устройство-ориентированными». Для создания таких сетей потребуются не только реализация нового аппаратного и программного обеспечения, но также возникает необходимость в разработке инфраструктуры для микроячейных сетей.

В перспективе предполагается, что в 5G будет перекачиваться гигабитный трафик и поэтому остро встанет вопрос об оптимизации работы всей сети в целом и непосредственно транзитного узла, соединяющего БС сотовой связи с поставщиком Интернет-услуг.

Показано, что рекомендованные МСЭ на сегодняшний день традиционные беспроводные сети не способны обеспечить скорости передачи порядка 10 Гбит, необходимые для 5G. Поэтому предлагается на первом этапе внедрения 5G, использовать в качестве транспортных сетей ООСП. Статистические данные по МДВ, собранные для регионов Республики Узбекистан и приведенный пример для Шахристанского района, показывает, требуемая доступность АК при протяженности до 2 км обеспечивается. Кроме того, необходимо учитывать и то, что производители оборудования ООСП используют различные методы для увеличения коэффициента доступности канала и повышение надёжности связи.

Список литературы:

1. R.Ibraimov, M.Sultonova.(2019) 5G Transit Connections, 8(5), COMPUSOFT, An International Journal of Advanced Computer Technology. PP. 3103-3111.
2. eCPRI Specification V1.2 (2018-06-25).
3. В центре внимания: сети Fronthaul 4G/5G.<https://www.ciena.ru/insights/>
4. Эвзил Абдул Кадыр, Сити Мариан Шамсуддин, Тарек Абдул Рахман, Абдул Самад Исмаил. Большие данные: архитектура сети и технологии 5G. Беспроводные технологии. №2*2016.
5. Мировой рекорд беспроводной передачи данных: 6 Гбит/с на 37 километров. <https://habr.com/ru/post/394597/>
6. Е.Р. Милютин, А.Ю. Гумбинас. Статистическая теория атмосферного канала оптических информационных систем.-М.:Радио и связь,2002-253 с.

7. Р.Р.Ибраимов, Т.А.Насыров. Проблемы внедрения открытых оптических систем передачи в телекоммуникационные сети Республики Узбекистан. //Инфокоммуникации: сети, технологии, решения.- 2012.-№1, с.40-46.

8. Ибраимов Р.Р.,Насыров Т.А. Статистическая оценка состояния атмосферного канала открытых оптических систем передачи.// Вестник Алматинского университета энергетики и связи. №3(22) 2013, с.32 -38.

9. Ибраимов.Р.Р., Холбаева М. Обработка в среде MATLAB эмпирических данных по метеорологической дальности видимости для Бухарского региона.// Фотон-Экспресс - 2015. - №8(128), с.26-30.

10. Р.Р.Ибраимов, Т.А.Насыров. К вопросу проектирования открытых оптических систем передачи. //Инфокоммуникации: сети,технологии,решения.- 2012.-№4/24.

11. В.Р.Роганов, С.М.Роганова, М.Е.Новосельцева. Обработка экспериментальных данных. Учебно-методическое пособие. Пенза, 2007.

Султонова Махбуба Одиловна

доцент кафедры Системы мобильной связи ТУИТ имени Мухаммада ал-Хорезмий.

Sultonova M.

Sets Fronthaul network on the basis of OOSP.

In the 5 G standard, to implement the recommended network parameters, it is necessary to use new hardware and software, with the optimization of the entire network as a whole. The optimization will primarily affect the backhaul node that connects the cellular base station to the Internet service provider. In modern base stations, the adopted architecture allows the radio transmitting unit and control units to be spaced over considerable distances. For the interaction of these blocks, a transport channel with an eCPRI communication interface is provided. The functions of the base station, according to the eCPRI architecture, are divided into two main blocks eREC and eRE. Transport networks for connecting 5G base stations, regardless of the distribution of functions between eREC and eRE, are called Fronthaul networks (FH), with an average length of up to 2 km. The possibility of using open optical transmission systems (OOTS) in FH networks is considered.

Keywords. Standard, characteristics, architecture, 5G, OOTS

UDK 656.259.12

Boltayev S.T., Mirsagdiyev O.A., Valiyev S.I., Kasimova Q.A.

Turli toifadagi poyezdlar uchun temir yo‘l stansiyalarida marshrutlarni tayyorlash uslubiyati

Maqolada aralash yo‘llardagi stansiyalarning elektr markazlashtirish tizimlarida marshrutlarni tayyorlashning asoslari ko‘rib chiqilgan. Marshrutlarni tayyorlashda elektr markazlashtirish tizimlarida poyezdlar harakat turiga bog‘liq holda shuningdek texnologik jarayonlaridagi vaqt kutilishlarni oldini olish maqsadida marshrutlarni tayyorlash ma‘lum bir vaqt oralig‘ida elektr markazlashtirish tizimlarini ish rejimlarini kiritish orqali amalga oshirilib kelinmoqda. Bu esa stansiyaga yaqinlashib kelayotgan har bir harakat tarkibiga mos holda stansiyaga yaqinlashish uchastkalarini uzaytirish orqali amalga oshirilishi ko‘rib chiqilgan. Yaqinlashish uchastkalarini uzaytirilishi poyezdlar harakat havfsizligini ta‘minlashga qaratilgan. Shuningdek stansiya navbatchisining stansiyada harakat tarkiblariga marshrutlarni tayyorlashda yo‘l qo‘yishi mumkin bo‘ladigan kamchiliklarni oldini olish va kamaytirish elektr markazlashtirish tizimlarini ish rejimlarini modellashtirish asosida amalga oshirish mumkinligi nazariy asoslangan.

Kalit so‘zlar: elektr markazlashtirish, avtoblokirovka, yarimavtoblokirovka, peregon, rejim, stansiya, avtomatik boshqarish, ajratib boshqarish, marshrutli boshqarish.

Kirish.

Temir yo‘l transportida poyezdlar harakatini tashkil etish poyezdlarning harakat turiga bog‘liq holda amalga oshiriladi. Halqaro temir yo‘llar ittifoqi yuqori tezlikli poyezdlar harakatini temir yo‘l magistrallarda tashkil etishni quyidagi turlarini taklif etadi: alohida yuqori tezlikli magistrallar, aralash yuqori tezlikli magistrallar, an’anaviy temir yo‘l bilan aralash holda, to‘liq holda aralash yuqori tezlikli magistrallar va oddiy harakatli temir yo‘llarda yuqori tezlikli poyezdlar harakatini tashkil mumkin.

Poyezdlar harakat tezligini oshirilishi signallashtirish, markazlashtirish, blokirovkalash qurilmalariga qo‘yiladigan talablarni o‘zgarishiga olib keldi. Ayniqsa elektr markazlashtirish tizimining ish rejimlarini o‘zgartirilishiga sabab bo‘ldi. Yuqorida qayd qilingan yuqori tezlikli poyezdlarni harakatini tashkillashtirishda “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ temir yo‘l magistrallarda ham to‘liq holda aralash yuqori tezlikli magistrallar va oddiy harakatli temir yo‘llarda yuqori tezlikli poyezdlar harakatini tashkil etilgan. “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ temir yo‘l stansiyalari soni 278 tani tashkil etadi.

Alohida yuqori tezlikli magistrallarda joylashgan stansiyalarda elektr markazlashtirish tizimlari ish rejimlari faqat bir turdagi poyezdlarni harakatini tashkil qaratilgan bo‘ladi.

Aralash yuqori tezlikli magistrallar, an’anaviy temir yo‘l bilan aralash holda, to‘liq holda aralash yuqori tezlikli magistrallar va oddiy harakatli temir yo‘l magistrallaridagi stansiyalar poyezdlar harakati tashkil etishda elektr markazlashtirish tizimlari Bulaish rejimlari harakat tarkibi kategoriyasidan kelib chiqqan holda turli ko‘rinishda amalga oshiriladi. Stansiyada poyezdlar harakatini tashkil etish uchun elektr markazlashtirish tizimlariga quyidagi knopkalar kiritiladi: “skorostnoe dvijenie” - yuqori telikli poyezdlar uchun marshrutlarni tayyorlash knopkasi; “obychnoe dvijenie” - oddiy harakatdagi poyezdlar uchun marshrutlarni tayyorlash knopkasi.

Stansiyada marshrutlarni tayyorlash jarayoni esa elektr markazlashtirish tizimlarining rejimlari esa ajratib va marshrutli boshqaruvli rejimlar asosida amalga

oshirilmoqda. Stansiya navbatchisini marshrut tuzish jarayonida ta‘sirini kamaytirish uchun elektr markazlashtirish tizimlarini avtomatik rejimi ham qo‘llanilmoq (1-rasm).

Marshrutlarni tayyorlashda stansiyadagi texnologik jarayonlarni ham hisobga olish lozim (1-rasm).

Elektr markazlashtirish tizimlarining ish rejimlariga inson ta‘sirini qamaytirish va stansiyadagi texnologik jarayonlarni tizim bilan bog‘liqligini ta‘minlash uchun tizimning intellektual rejimini amalga oshirish kerak. Elektr markazlashtirish tizimlarining intellektual rejimini amalga oshirish uchun stansiyadagi texnologik jarayonlarni vaqtini aniq tahlil qilish, stansiyaga yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi va stansiyadagi harakat tarkibi ko‘rsatkichlarini dinamik o‘zgarish holatini aniqlash lozim.

Harakat tarkibining tezligi oshirilish oqibatida poyezdlar harakat havfsizligi raqamli aloqa orqali amalga oshirilishi poyezdlar harakat xavfsizligini ta‘minlashning asosiy yechimlari sifatida dunyo temir yo‘llarida keng qo‘llanilmoqda. Bunga misol tariqasida poyezdlarni stansiyadagi elektr markazlashtirish tizimlariga ma‘lumotlarni yuborishda lokomotiv avtomatik signalizatsiyasi (LAS) tizimi radio blok sentr (RBS) va elektr markazlashtirish tizimlarining orasida ma‘lumotlarni almashinuvi raqamli aloqa orqali amalga oshirilmoqda (1-rasm).

Biroq stansiyalarda elektr markazlashtirish tizimlarida marshrutlarni tayyorlash jarayonlari ajratib, marshrutli va avtomatik tarzda amalga oshirilmoqda. Bu esa stansiyaga yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi harakat havfsizligini ta‘minlash uchun yaqinlashish va uzoqlashish masofasi kiritilishi orqali ta‘minlanadi.

Elektr markazlashtirish tizimining intellektual rejimida marshrutlarni tayyorlashda harakat tarkibining kategoriyasidan ya‘ni dinamik ko‘rsatkichlaridan kelib chiqqan holda marshrutlar tayyorlanadi. Harakat tarkibining kategoriyasini aniqlash uchun quyida keltirilgan (1)-(10) ifodalardagi dinamik ko‘rsatkichlar hisobga olinadi. Intellektual rejimda marshrutni tayyorlash jarayoni elektr markazlashtirish tizimlarini mavjud tizimlarining ustiga quriladi, ya‘ni tizimda marshrut tayyorlanish jarayonida tizimda yoki

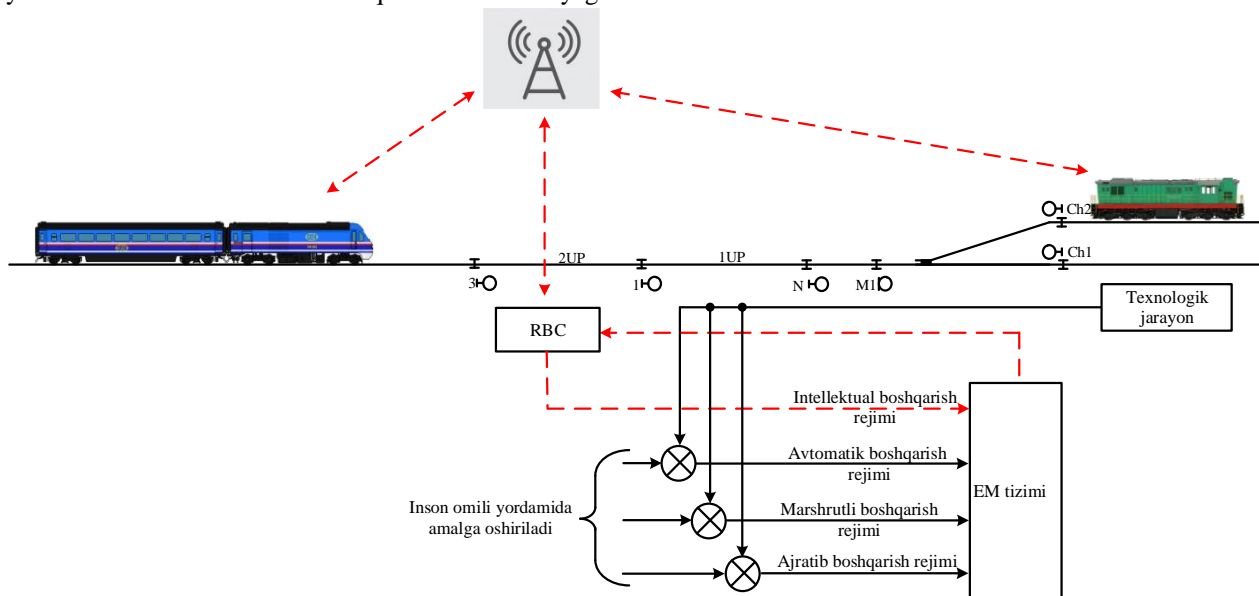
ma'lumotlarni yuborish/qabul qilish jarayonida nosozlikka yo'l qo'yilganda elektr markazlashtirish tizim ish rejimi keyin ish rejimi asosida harakat tarkibiga marshrutlarni tayyorlash imkoniyati mavjud bo'ladi.

Har bir stansiyaning yaqinlashish uchastkasida bir nechta juft nazorat nuqtalari o'rnatiladi. Bu nuqtalar juft oraliq idagi masofalar elektr markazlashtirish tizimining rejimlarini kiritish vaqtiga teng bo'lishi belgilab qo'yiladi[1-15]. Juft nazorat nuqtalaridan birinchisi – harakat tarkibini stansiya yaqinlashib kelayotganligi to'g'risida ma'lumotni elektr markazlashtirish tizimiga yuboradi. Ikkinchi nazorat nuqtasi esa stansiya

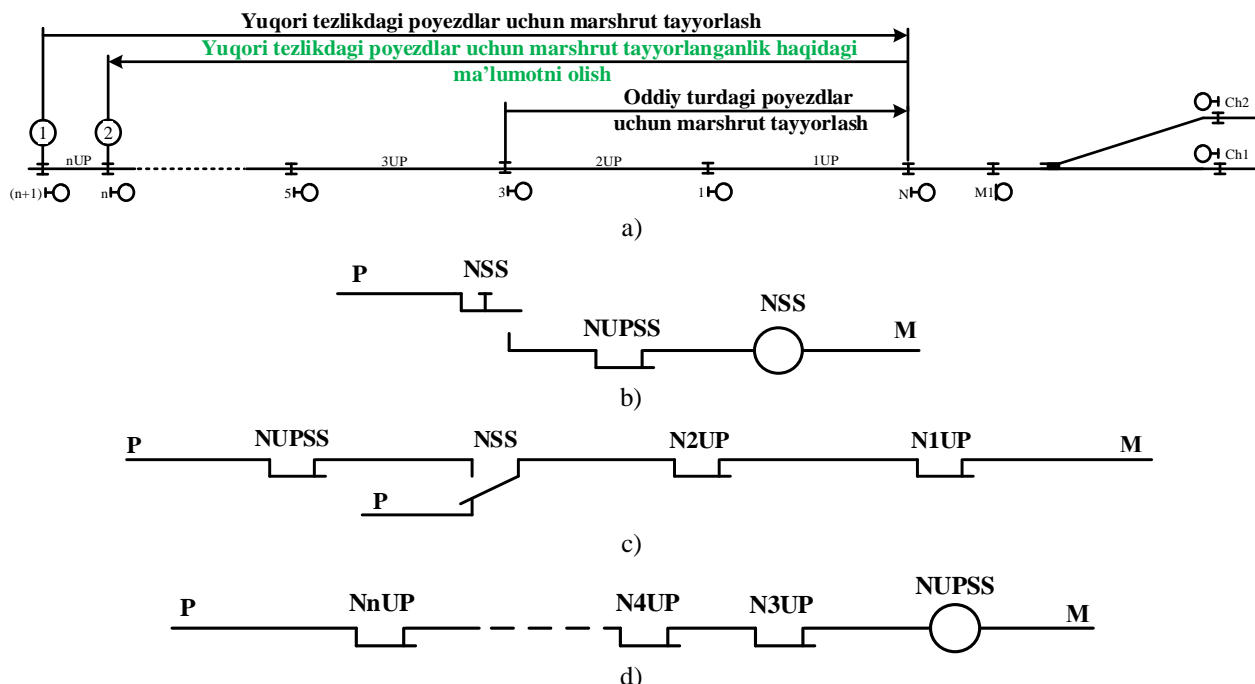
yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi uchun marshrut tayyorlanganligi haqida ma'lumot qabul qilinadi:

Agar ikkinchi nazorat nuqtasida marshrut tayyorlanganligi to'g'risidagi ma'lumot qabul qilinsa harakat tarkibi o'rnatilgan tezlikda harakatni davom ettiradi.

Agar ikkinchi nazorat nuqtasida marshrut tayyorlanganligi to'g'risidagi ma'lumot qabul qilinmasa harakat tarkibi ishchi to'xtashni amalga oshiradi hamda harakat tarkibi 2,a-rasmdagi N kirish svetofori oldida to'xtaydi.



1-rasm. Elektr markazlashtirish tizimlariga ma'lumotlarni yuborishda radio blok sentr va elektr markazlashtirish tizimlarining orasida ma'lumotlarni almashinuvi raqamli aloqa orqali amalga oshirilishi.



2-rasm. Turli xil kategoriyadagi poyezdlar uchun elektr markazlashtirish tizimlarida marshrutlarni tayyorlash sxemasi.

Ikkinchi nazorat nuqtasidan kirish svetoforigacha harakat tarkibini ishchi to'xtash masofasi kiritiladi bu masofa poyezdlar harakat xavfsizligini ta'minlashga xizmat qiladi.

2,b-rasmda stansiyaning toq gorlovinasidan yuqori tezlikdagi poyezdlar uchun elektr markazlashtirish tizimini ish rejimi tanlanadi. Agar stansiya yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi NUPSS uchastkasini band qilmagan bo'lsa elektr markazlashtirish tizimi ish rejimi avtomatik tarzda tanlaniladi.

2,c-rasmda stansiyaning toq gorlovinasidan yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi uchun elektr markazlashtirish tizimini "skorostnoe dvijenie" rejimi kiritilmasa, bu holat stansiyaning toq gorlovinasidan yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi uchun elektr markazlashtirish tizimining "obychnoe dvijenie" rejimi kiritiladi.

Agar stansiya yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi uchun elektr markazlashtirish tizimini "skorostnoe dvijenie" yoki "obychnoe dvijenie" rejimlari kiritilmasa harakat tarkibi 2, a-rasmda ko'rsatilgan N svetoforing taqilovchi signali 1- va 3-svetoforlarga o'tkaziladi. Stansiya yaqinlashib kelayotgan harakat tarkibi kirish svetofori oldida to'xtaydi. Shundan so'ng harakat tarkibi uchun stansiya marshrut "ruchnoe" rejim orqali tayyorlanadi.

2, a - rasmdagi birinchi va ikkinchi nazorat nuqtalari orasidagi masofa va harakat tarkibini harakatlanish vaqti yuqori tezlikli poyezdlar uchun quyidagi (1), (2), (3) va (4) ifodalardan foydalangan holda aniqlanadi. Yuqori tezlikli poyezdlar tormozlanish vaqti (1) – 0-108 km/s tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarning tormozlanish vaqti uchun, (2) – 108-350 km/s tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarning tormozlanish vaqti uchun va (3) va (4) – tormozlanish yo'li ifodasi bo'lib hisoblanadi [15-24].

(1) – ifoda yordamida 0-108 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarning tormozlanish vaqti hisoblanadi.

$$t = \int_{v'}^{v''} \frac{m \cdot f_p \cdot v}{P - ((r_0 + F_G) + \eta \cdot v + r_2 \cdot v^2)} dv \quad (1)$$

(2) – ifoda yordamida 108-350 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarning tormozlanish vaqti hisoblanadi.

$$t = \int_{v'}^{v''} \frac{m \cdot f_p \cdot v}{P - ((r_0 + F_G) \cdot v + \eta \cdot v^2 + r_2 \cdot v^3)} dv \quad (2)$$

(3) – ifoda yordamida 0-108 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarning tormozlanish yo'li hisoblanadi.

$$S = \int_{v'}^{v''} \frac{m \cdot f_p \cdot v}{P - ((r_0 + F_G) + \eta \cdot v + r_2 \cdot v^2)} dv \quad (3)$$

(4) – ifoda yordamida 108-350 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarning tormozlanish yo'li hisoblanadi.

$$S = \int_{v'}^{v''} \frac{m \cdot f_p \cdot v}{P - ((r_0 + F_G) \cdot v + \eta \cdot v^2 + r_2 \cdot v^3)} dv \quad (4)$$

Poyezdlarni stansiyalarga marshrutlarni tayyorlashda elektr markazlashtirish tizimlarining avtomatik rejimi orqali marshrutlarni tayyorlash stansiya texnologik jarayonlardagi vaqtlar yutilishini kamaytiradi.

Yuqoridagi tormozlanish vaqtlarini hisobga olgan holda yaqinlashib kelayotgan poyezdlarning kategoriyasi va harakat tezligiga bog'liq holda avtomatik tizim orqali marshrutlarni tayyorlash:

(5) – ifoda yordamida 0-108 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarga marshrutlarni tayyorlash vaqti hisoblanadi.

$$T_{m.t.1} = \left(\int_{v'}^{v''} \frac{m \cdot f_p \cdot v}{P - ((r_0 + F_G) \cdot v + \eta \cdot v^2 + r_2 \cdot v^3)} dv + t_{s.mash.kab.} + \right) \cdot K_k + t_t + t_{man.mash.am} + t_{t.x.} \quad (5)$$

(6) – ifoda yordamida 108-350 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarga marshrutlarni tayyorlash vaqti hisoblanadi.

$$T_{m.t.2} = \left(\int_{v'}^{v''} \frac{m \cdot f_p \cdot v}{P - ((r_0 + F_G) \cdot v + \eta \cdot v^2 + r_2 \cdot v^3)} dv + t_{s.mash.kab.} + \right) \cdot K_k + t_t + t_{man.mash.am} + t_{t.x.} \quad (6)$$

Tekis harakatdagi 0-108 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarga marshrutlarni tayyorlash

uchun yaqinlashish uchastkasining uzunligi quyidagi (10) ifoda yordamida hisoblanadi.

$$L_{NnUP} = v_{maks} \cdot T_{m.t.1} \quad (7)$$

Tekis tezlanuvchan harakatdagi 0-108 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarga marshrutlarni tayyorlash uchun yaqinlashish uchastkasining uzunligi quyidagi (8) ifoda yordamida hisoblanadi.

$$L_{NnUP} = v_{maks} \cdot T_{m.t.1} + \frac{a \cdot (T_{m.t.1})^2}{2} \quad (8)$$

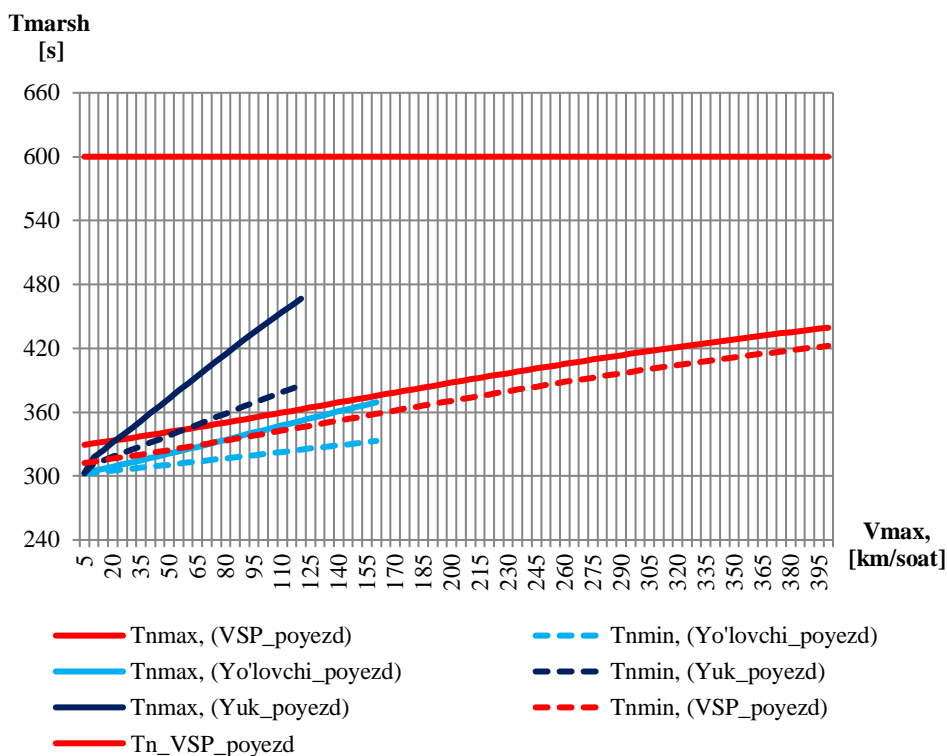
Tekis harakatdagi 108-350 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarga marshrutlarni tayyorlash

uchun yaqinlashish uchastkasining uzunligi quyidagi (9) ifoda yordamida hisoblanadi.

$$L_{NnUP} = v_{maks} \cdot T_{m.t.2} \quad (9)$$

Tekis tezlanuvchan harakatdagi 108-350 km/soat tezliklardagi yuqori tezlikli poyezdlarga marshrutlarni tayyorlash uchun yaqinlashish uchastkasining uzunligi quyidagi (10) ifoda yordamida hisoblanadi.

$$L_{NnUP} = v_{maks} \cdot T_{m.t.2} + \frac{a \cdot (T_{m.t.2})^2}{2} \quad (10)$$



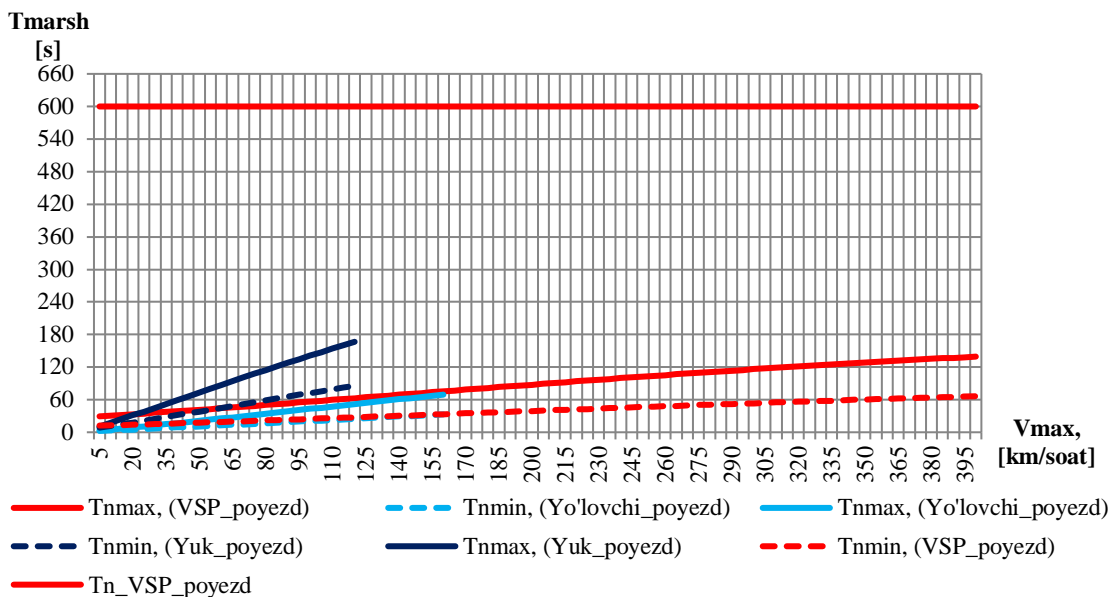
a) a=0

bu yerda: f_p - aylanishdagi vazn koeffitsienti; a - tezlik bilan bog'liq tezlanish [m/s²]; FG - qarshilik kuchi [kN]; P - barcha dvigatellarning quvvati [kW]; r_0 - massaga bog'liq mexanik qarshilik koeffitsienti [kN]; r_1 - og'irlikni mexanik qarshilikka bog'liqlik koeffitsienti [kN*(s/m)]; r_2 - aerodinamik qarshilik koeffitsienti [kN*(s²/m²)]; S - tormozlanish yo'li [m]; v - tezlik [m/s]; v' - boshlang'ich tezlik [m/s]; v'' - oxirgi tezlik [m/s]; t - vaqt [s]; m - poyezd massasi [t]; $T_{m.t.}$ - marshrutlarni tayyorlash uchun ketadigan vaqti; $t_{s.mash.kab.}$ - svetofor ko'rsatkichini mashinist qabul qilish vaqti; $t_{t.}$ - marshrut yo'lini tayyorlash uchun ketadigan vaqti; $t_{man.mash.am.}$ - manyovr marshrutlarni amalga oshirish uchun ketadigan vaqt (llok. - lokomotiv uzunligi; lmarsh. - marshrut uzunligi; vlo. - lokomotiv tezligi; tsek.aj. - sekiyani ajratish vaqti; Kto'g'. - to'g'irlash koeffitsienti); $t_{t.x.}$ - eng kam vaqt oralig'ida

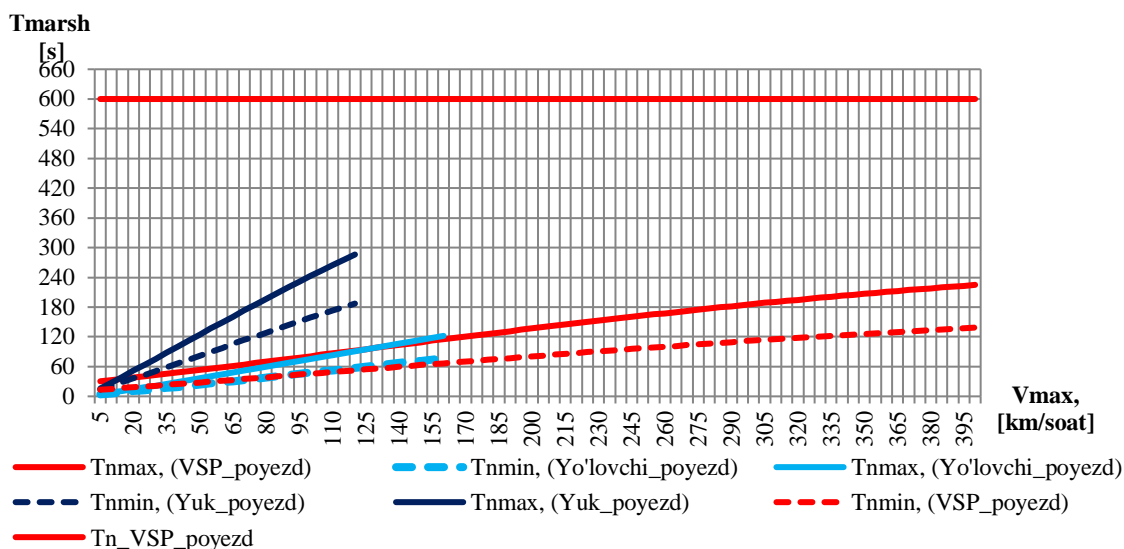
texnologik jarayonlarni tugatish vaqti; K_k . - qo'shimcha koeffitsent.

(5) va (6) ifodalardan foydalangan holda turli xil kategoriyadagi poyezdlar uchun marshrutlarni tayyorlash hisoblab topish mumkin. Yuqorida qayd etilgan yuqori tezyurar poyezdlarga marshrutlarni tayyorlash reglamentli rejimini vaqtini kamaytirish (7), (8), (9) va (10) ifodalar yordamida yaqinlashish uchastkalaridagi poyezdlarni tezligidan kelib chiqqan holda uchastkalarini uzunligini aniqlash orqali erishilishi mumkin (3a, b, c, d-rasm).

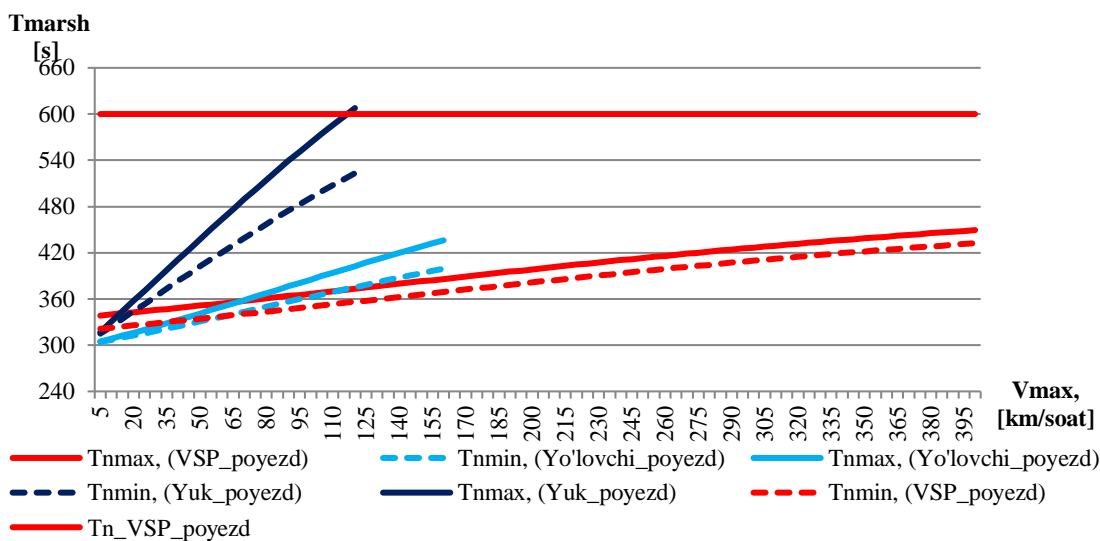
Elektr markazlashtirish tizimida yuqori tezlikdagi poyezdlar uchun marshrutlarni tayyorlash rejimining sxemasi har bir stansiya uchun Rasm 4 dagidek o'zgartirilib chiqilish lozim bo'ladi. Bu esa turli xil kategoriyadagi poyezdlar uchun marshrutlarni o'z vaqtida tayyorlash vaqtini qisqartirish mumkin bo'ladi.



b) a=0



c) a>0



d) a>0

3-rasm. Turli xil kategoriyadagi poyezdlar marshrutlarni tayyorlash vaqti.

Хулоса

Стансияларда турли хил категориядаги пойездлар ҳаракатини ташкиллаштиришда электр марказлаштириш тизимлари учун маршруتلари тайyorlashда қо‘шимча режими кiritiladi сабаб бо‘лади. Бу режимида стансияга yaqinlashib келадиган пойездларга маршруتلари тайyorlash учун 10-15 минут ваqt oldin кiritiladi (3a,b,c,d - rasm), бу esa barcha стансияларда texnologik jarayonlarini shuncha vaqtga to‘xtatilishiga сабаб бо‘лади. Maqolada taklif qilinayotgan uslub asosida электр марказлаштириш тизимларини ish rejimlarida маршруتلари тайyorlash стансиялардаги texnologik jarayonlardagi vaqtlar yutilishini пойездлар ҳаракатини havfsizligini ta‘minlagan holda kamaytirish mumkin.

Стансияда электр марказлаштириш тизимларини rejimlarida маршруتلари тайyorlash sxemasi пойездларни uchastkadagi tezliklari va ekspluatatsion ko‘rsatkichlaridan kelib chiqqan holda rejim kiritilishi mumkin bo‘lgan yaqinlashish uchastkasini uzunligini aniqlash orqali amalga oshiriladi. Бу esa o‘z navbatida hozirda qo‘llanilayotgan электр марказлаштириш тизимларини reglamentli rejimlari bilan solishtirilganda har bir стансиядаги электр марказлаштириш тизимлари учун турли хил uzunlikdagi yaqinlashish uchastkasi hamda маршруتلари тайyorlash vaqtiga ega bo‘linadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Республики Узбекистан. Ташкент, 2001г. – 168с.
2. Сапожников Вл. В. Микропроцессорные системы централизации: учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / Вл. В. Сапожников и др. под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2008. – 398 с.
3. Theeg G, Vlasenko S. Railway Signalling & Interlocking - International Compendium, Eurailpress 2009 (Teeg G. Vlasenko S. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира, Интекст Eurailpress 2009. – 475с.).
4. Казиев Г.Д. Микропроцессорная система централизации стрелок и сигналов EbiLock – 950. М., «ТРАНСИЗДАТ», 2008г. – 368с.
5. Никитин А.Б., Болтаев С.Т., Глыбовский А.М. Особенности реализации функций электрической централизации для высокоскоростных поездов на линиях смешанного движения Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – № 2. – С. 215-228. ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия
6. Никитин А. Б., Манаков А. Д., Болтаев С.Т. Модернизация перегонных систем для организации высокоскоростного движения на основе RFID-технологии Бюллетень результатов научных исследований Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. Бюллетень результатов научных исследований Петербургский государственный университет путей сообщения Императора

Александра I. ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия – 2018. – № 1. – С. 132-142.

7. Рахмонов Б.Б., Болтаев С.Т., Курбанов Ж.Ф. Юкори тезликли поездлар учун маршруларни тайёрлашда электр марказлаштириш тизимларини автоматик режими алгоритмларини ва услубиятларини ишлаб чиқиш. ТошТЙМИ Ахбороти, №3, 2020 й. – 103-112 б.

8. Болтаев С.Т. Определение моментов времени своевременного приготовления маршрутов высокоскоростных поездов на станциях линий смешанного движения Вестник Ростовского университета путей сообщения. РГУПС, Ростов-на-Дону, Россия – 2017. – № 2. – С. 45-50.

9. А.Б. Никитин, С.В. Бушуев. Обобщение тенденций развития устройств электрической централизации и опыта тиражирования компьютерных систем оперативного управления движением поездов на станциях // Транспорт Урала. - Екатеринбург, 2006. №2. С. 2 - 8.

10. Сапожников В.В., Никитин А.Б. Микропроцессорная система электрической централизации МПЦ-МПК// НАУКА И ТРАНСПОРТ. 2009 – 18-21с.

11. Попов П.А. Современные средства интервального регулирования движения поездов на основе цифрового радиоканала. опыт применения зарубежных технологий в ОАО «РЖД». Транс ЖАТ – 2016 – 261-263.

12. Розенберг Е.Н. Стратегические задачи развития систем управления и обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте с учетом киберзащищенности. Транс ЖАТ – 2016 – 110-113.

13. Розенберг Е.Н., Батраев В.В. Постановка требований к адаптации железнодорожной автоматики и телемеханики в части обеспечения безопасности при скоростях движения свыше 250км/ч до 400км/ч. Нормативная и доказательная база. Транс ЖАТ – 2016 – 290-294.

14. Воронин В.А. Особенности сигнализации участков высокоскоростного движения. Транс ЖАТ – 2016 – 294-297.

15. Розенберг Е.Н., Воронин В.А. Интеллектуальные системы интервального регулирования// Автоматика, связь, информатика (АСИ). - 2011. - №2-с.23-24.

16. Попов П.А. Ададуров А.С. Общие принципы работы системы ITARUS-ATC //Автоматика, связь, информатика (АСИ). - 2010. - №7-С. 9-10.

17. Попов П.А., Королев И.Н. Системы управления движением по радиоканалу//Автоматика, связь, информатика (АСИ). - 2011. - №7-с.26-27.

18. Попов П. А. Интервальное регулирование на основе цифрового радиоканала / П. А. Попов, А. В. Озеров // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 10. – С. 19–22.

19. Баранов Л. А. Оптимизация управления движением поездов: учеб. пособие / Л. А. Баранов, Е.

В. Ерофеев, И. С. Милёшин, Л. М. Чинь; под ред. Л. А. Баранова. – М.: МИИТ, 2011. – 163 с.

20. Романчиков А. М. Технологические новации / А. М. Романчиков // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 5. – С. 9–11.

21. Правила тяговых расчетов для поездной работы: утв. ОАО «РЖД» 12.05.2016 № 867 р. – М., 2016. – 287 с.

22. Гундаев И., Батраков А. Система управления движением локомотивов с использованием ГЛОНАСС / GPS // Современные технологии автоматизации. – 2012. – №3. – С. 40 – 44.

23. Шаманов В.И. Системы интервального регулирования движения поездов с цифровыми радиоканалами//Автоматика на транспорте. № 2, том 4, июнь 2018. - с. 223-240.

24. Попов П. А. На пути к беспилотному движению / П. А. Попов // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 10. – С. 16–17.

Boltayev Sunnatillo Tuymurodovich

Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrasida dotsenti. e-mail: sunnat_3112@list.ru

Mirsagdiyev Orifjon Alimovich

Toshkent davlat transport universiteti “Radioelektron qurilmalar va tizimlar” kafedrasida dotsenti. e-mail: mirsagdiyev@yandex.ru

Valiyev Sohijjamol Ibrohimovich

Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrasida assistenti. e-mail: sohib1983@list.ru

Kosimova Qamara Amonovna

Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrasida assistenti. e-mail: tss_2002@list.ru

Boltayev S.T., Mirsagdiyev O.A., Valiyev S.I., Kasimova Q.A.

Methods of preparing routes at railway stations for different types of trains

The article discusses the basics of routing in the electrical interlocking systems of stations on mixed roads. In the preparation of routes, the preparation of routes in electric centralization systems depends on the type of movement of trains, as well as in order to avoid time delays in technological processes by introducing operating modes of electric interlocking systems at certain intervals. This will be done by extending the approach sections to the station in accordance with the composition of each movement approaching the station. The extension of the approach sections is aimed at ensuring the safety of trains. It is also theoretically possible that the prevention and reduction of shortcomings in the preparation of routes for rolling stock at the station by the station attendant can be based on the modeling of operating modes of electrical interlocking systems.

Keywords: electric interlocking, autoblocking, semi-interlocking, haul, mode, station, automatic control, disconnection, route control.

УДК: 621.36.96:556+621.391.63

Бимурзаев Г.А., Рахимов Б.Н., Хушвактов С.Х. Бердиев А.А., Батталова А.В.

Методы проведения измерений и выполнение экспериментальных исследований устройства радиомониторинга земного грунта

Изучение оползневых процессов в пространственном и временном измерениях в конкретных территориальных условиях является важнейшей задачей геодезической, геологической и геодинамической сферах науки. Данная статья посвящается к изучению степени чувствительности оптоволоконного датчика к механическому воздействию.

Ключевые слова: оползневые процессы, радиомониторинг, земные грунты, волоконно-оптические измерительные системы, деформация, прогнозирования, волоконно-оптические датчики.

Введение. Мониторинг смещения земного грунта важен для отслеживания динамики оползневого процесса, тенденции его непрерывного развития и разработки мер по снижению негативного воздействия. Использование этой технологии не получило широкого распространения из-за ее дороговизны, а также необходимости интеграции множества дополнительных датчиков для отслеживания факторов и контроля движения оползней. Для решения этих проблем разработана система радиомониторинга предварительного разрушения земного грунта на основе оптоволоконного датчика и датчика влажности.

Разработанная программно-аппаратное обеспечение регистрирует определенные параметры, действует как датчик смещения грунта, а также передаёт данные на сервер (Центр наблюдения).

Основная часть. На рис. 1. приведен внешний вид разработанного устройства радиомониторинга оползневых процессов земной почвы и прогнозирования их развития. Из достаточно краткого изложения принципа и алгоритма работы устройства и с учетом всех его технических возможностей, устройство прошло несколько лабораторных испытаний [1].

При разработке принципиальной схемы устройства предусмотрен специальный порт для подключения устройства напрямую к компьютеру, через который устройство было подключено с помощью внешнего периферийного устройства USB UART и были получены соответствующие результаты (рис. 2). Информационный обмен осуществлен с помощью программного обеспечения функционирующего на основе TTL интерфейса.

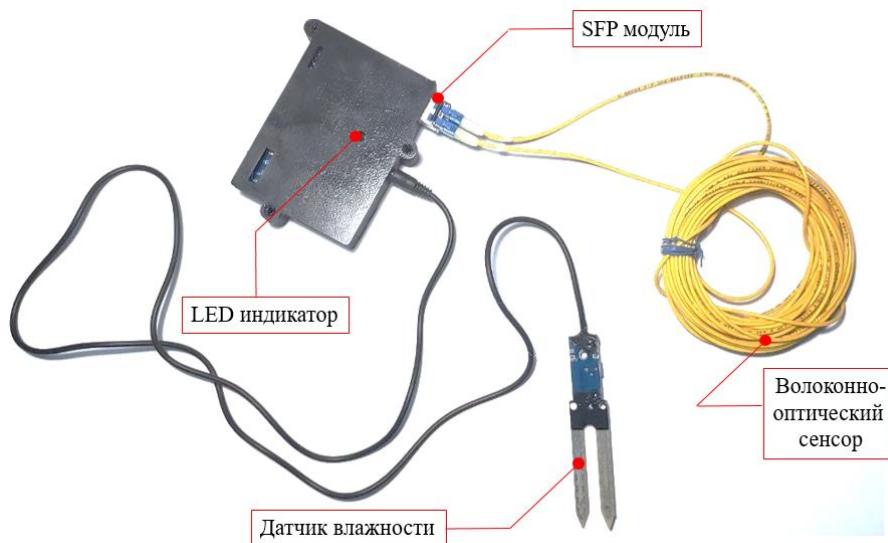


Рис. 1. Внешний вид устройства радиомониторинга оползневых процессов земных грунтов и прогнозирования их развития.

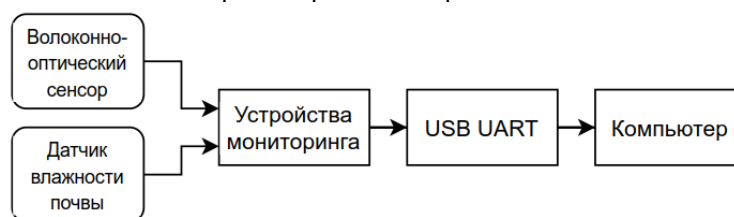


Рис. 2. Схема подключения устройства к компьютеру.

Экспериментальное исследование №1.

Исследовано закономерность зависимости между величиной относительной деформации волоконного световода и изменением положения брэгговского максимума в спектрах отражения. Суть эксперимента состоит в том, чтобы оценить, как оптоволоконный датчик в устройстве воспринимает механическую деформацию (рис. 3).

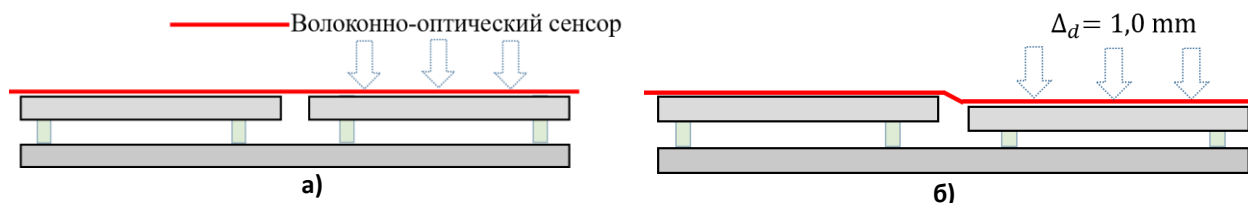


Рис. 3. Принцип испытания оптоволоконного датчика G 652 под воздействием механической деформации: а) устойчивое состояние; б) механически деформированное состояние.

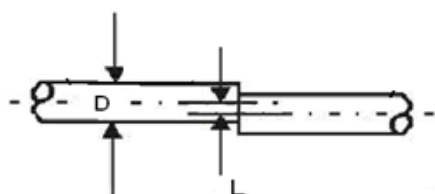


Рис. 4. Возникновение смещения световодов при вертикальном сдвиге части твердотельной конструкции датчика: D – диаметр волоконно-оптического датчика, L – радиальное смещение/деформация датчика.

Теоретические потери в измерительном канале, возникающие при изгибе плеча конструкции под действием нагрузки P (рис. 4) определяются по формуле (1) [2]:

$$P_L = -10 \log\left(1 - \frac{4\Delta L}{\pi D}\right) \cdot \cos \gamma \quad (1)$$

где: P_L – возникающие потери в измерительном канале датчика, дБ;

ΔL - взаимное смещение центров световодов волоконно-оптического датчика, мм; D - диаметр световода, мм; γ - угол смещения сенсорных световодов под воздействием нагрузки.

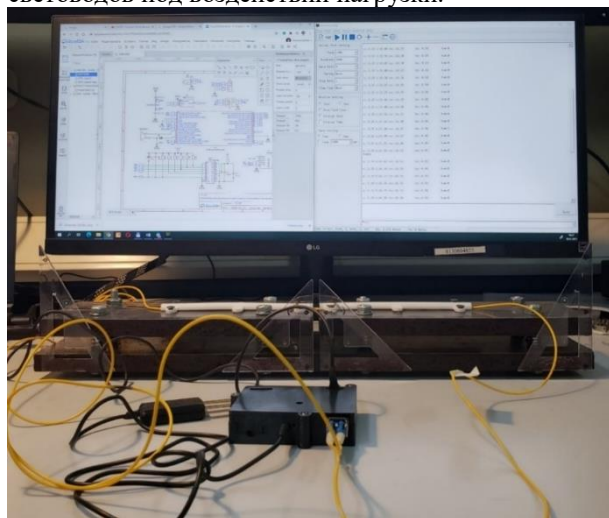


Рис. 5. Процесс испытания устройства в состоянии механической деформации (сдвига).

Разработан специальный стенд для искусственного моделирования условий деформации (или сдвига), и соответственно на нем был размещен оптоволоконный датчик G 652 (одномодовое оптическое волокно на длину волны 1310 нм, с LC коннекторами на концах, длиной 3 метра и размеры оптического волокна 9/125 мкм, потери в волокне, не более 0,4 дБ/км).

Одно плечо испытательного стенда постепенно ($\Delta_d = 1.0 \text{ mm}$) механически деформировалось. Таким образом оценивалась степень чувствительности оптоволоконного датчика к механическому воздействию (рис. 5).

Таблица 1.

$R_{x.min} - R_{x.max} = 0,5 \text{ дБм}$					
Δ_d [мм]	V [V]	t [°C]	T_x [дБм]	$R_{x.теор}$ [дБм]	$R_{x.прак}$ [дБм]
0	3,25	31,53	-5,03	-16,41	-16,52
-1	3,25	31,56	-5,04	-16,48	-16,52
-2	3,25	31,61	-5,04	-16,55	-16,63
-3	3,25	31,58	-5,03	-16,72	-16,74
-4	3,25	31,62	-5,04	-16,91	-16,95
-5	3,25	31,63	-5,03	-17,26	-17,36
-6	3,25	31,75	-5,03	-17,99	-17,97
-7	3,25	31,75	-5,03	-19,65	-19,58
-8	3,25	31,78	-5,04	-20,26	-20,18
-9	3,25	31,84	-5,03	-22,67	-22,60
-10	3,25	31,81	-5,05	-25,74	-25,66

Таблица 2.

$R_{x.min} - R_{x.max} = 1,0 \text{ дБм}$					
Δ_d [мм]	V [V]	t [°C]	T_x [дБ]	$R_{x.теор}$ [дБм]	$R_{x.прак}$ [дБм]
0	3,25	31,53	-5,03	-16,32	-16,53
-1	3,25	31,56	-5,04	-16,41	-16,54
-2	3,25	31,61	-5,04	-16,50	-16,52
-3	3,25	31,58	-5,03	-16,53	-16,55
-4	3,25	31,62	-5,04	-16,56	-16,56
-5	3,25	31,63	-5,03	-17,23	-17,38
-6	3,25	31,75	-5,03	-18,05	-18,18
-7	3,25	31,75	-5,03	-18,62	-18,95
-8	3,25	31,78	-5,04	-19,04	-19,15
-9	3,25	31,84	-5,03	-22,24	-22,33
-10	3,25	31,81	-5,05	-25,56	-25,65

Здесь Δ_d - шаг механической деформации плеча испытательного стенда, V – питающее напряжение

SFP модуля, t - внутренняя температура устройства, R_x , - входная оптическая мощность в световоде, T_x - выходная оптическая мощность в световоде.

Как было описано разработанное устройство, измеряет параметры через интерфейс DDM протокол SFP модуля. Результаты экспериментов представлены в таблицах 1-2.

Результаты экспериментов показывают, что чем больше шаг внешней деформации, тем меньше интенсивность света в оптоволоконном датчике, то есть чем меньше входная мощность в SFP, тем больше вероятность возникновения оползневого процесса.

Экспериментальное исследование №2. С помощью разработанного устройства было проведено ещё одно испытание волоконно-оптического кабеля. Исследовалась зависимость прошедшей через одномодовый волоконный световод мощности излучения от угла изгиба волокна.

Принцип действия изгибных ВОД основан на передаче мощности распространяющегося в волоконном световоде сигнала модам оболочки, или в волоконном световоде связано с выполнением условия полного внутреннего отражения, определяемого неравенством $\theta = \arcsin(n_2/n_1)$, где θ – угол распространения излучения по отношению к нормали к границе раздела сердцевина-оболочка.

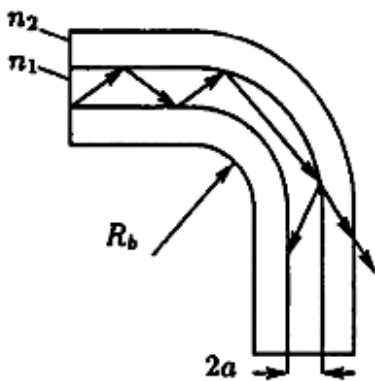


Рис. 6. Схема распространения излучения в изогнутом волоконном световоде.

Нарушение условия полного внутреннего отражения для направляемых мод волоконного световода может быть вызвано изменением геометрических размеров световода, его геометрии или показателя преломления оболочки [3]. В световодах с полимерной оболочкой изменение внешнего давления или температуры приводит к более значительному изменению показателя преломления оболочки, нежели сердцевины и, как следствие, к нарушению условия полного

внутреннего отражения для части направляемых мод. Это обусловит изменение интенсивности света на выходе из световода.

Чтобы повысить чувствительность волоконных измерительных систем, работающих на принципе нарушения условия полного внутреннего отражения, волоконным световодам придаётся специальная форма за счет изгиба [4], [5], (рис. 6). Для этой цели производится изгиб световода радиусом кривизны R_b , который немного меньше значения критического радиуса изгиба R_c . При этом часть светового потока в волокне покидает его сердцевину и попадает в его оболочку.

Проведенные исследования показывают, что эффективность преобразования мощности в изогнутом световоде пропорциональна отношению числа мод, распространяющихся в оболочке, к полному числу мод, которое может быть рассчитано как (2) [6]:

$$\frac{N_c}{N} = 1 - 2 \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \frac{a}{R_b \theta_M^2}, \tag{2}$$

выделяем R_b от выражения (3),

$$R_b = \left(1 - \frac{N_c}{N} \right) \frac{\theta_M^2}{2a} \left(\frac{n_1}{n_2} \right), \tag{3}$$

где N – число мод в световоде; N_c – число мод в оболочке; R_b – радиус изгиба световода; $\theta_M = \arcsin(n_2/n_1)$.

Из формулы (3) видно, что изменение пропускания оптического канала, возникающего вследствие изменения значения радиуса кривизны изгиба световода за счет внешних воздействий температуры, давления, перемещения и т.д., может быть положено в основу построения амплитудных волоконно-оптических датчиков. Результаты экспериментального исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты испытаний зависимости, прошедшей через одномодовый волоконный световод мощности излучения от угла изгиба волокна

$R_{x \min} - R_{x \max} = 0,5 \text{ дБм (5 метр)}$					
R_b [мм]	V [V]	t [°C]	T_x [дБм]	$P_{0.теор}$ [дБм]	$P_{0.прак.}$ [дБм]
9	3,22	48,53	-12,48	1,22	1,74
8	3,22	48,33	-12,52	1,49	1,72
7	3,22	48,93	-12,51	1,44	1,59
6	3,22	48,89	-12,48	1,15	1,28
5	3,22	48,95	-12,48	0,69	0,75
4	3,22	48,98	-12,49	-2,81	-3,53
3,5	3,22	49,00	-12,48	-4,99	-5,69
3	3,22	49,02	-12,50	-10,09	-11,58
2,5	3,22	49,03	-12,47	-16,68	-18,54
2,1	3,22	49,10	-12,48	-24,65	-27,71
1,7	3,22	49,15	-12,51	-30,41	-32,25

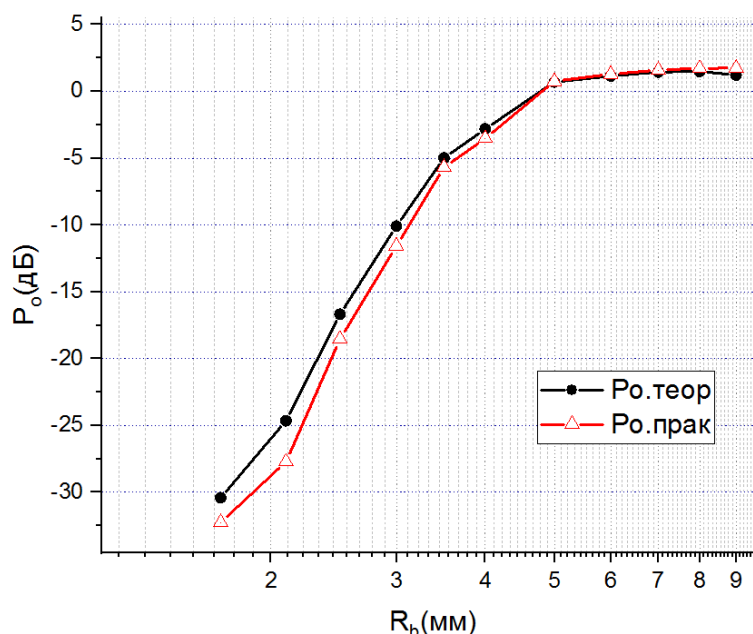


Рис. 7. График зависимости мощности светового потока, прошедшей через одномодовый световод, при изменении угла его изгиба.

На рис. 7. представлена экспериментальная зависимость мощности светового потока, проходящая через одномодовый световод, при изменении угла его изгиба, выражаемая в дБм. То есть по отношению к 1 мВт, [5]. Как видно из приведенного графика, изгиб световода приводит к монотонному нарушению его светопропускания, что может использоваться в амплитудных ВОД. Приведенные практические исследования по радиомониторингу оползневых процессов земельных участков подтверждает теоретические расчеты и выводы.

В этой главе представлена система раннего предупреждения оползней на основе волоконно-оптического датчика и датчика влажности почвы с использованием микроконтроллера ATMEGA 328. Прототип был разработан на основе платы Arduino Uno, чтобы предоставить недорогую улучшенную платформу для непрерывного мониторинга земных грунтов.

Разработанная система радиомониторинга учитывает время самопроизвольного сдвига почвы как показатель степени опасности внезапных оползней. Системы полностью функционирует автономно, не требует периодических обслуживаний. Результаты мониторинга значений сдвига почвы и значений влажности почвы могут быть использованы для индикации возникновения оползней.

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать рекомендации по применению разработанного устройства радиомониторинга состояний оползневых процессов земных грунтов. Каждый датчик требует определенную процедуру обслуживания и имеет соответствующие указания по их применению.

На участках грунта, подверженным риску смещений, рекомендуется прокладывать оптический сенсорный кабель таким образом, чтобы подвижки грунтов вызывали деформацию участков оптических волокон. Рекомендуется расположить/прокладывать ВОД под зигзагообразную форму траншеи, как показано на рис 3.1. Глубина прокладки ВОД и датчика влажности почвы определяется специалистами государственной службы Республики Узбекистан по слежению за опасными геологическими процессами в зависимости от типа и механизма оползней земных грунтов.

После того как выполнено прокладка датчиков системы, переходит к этапу калибровки. Процесс калибровки выполняется с помощью отправки специальных SMS-команд, содержащих код. Система распознает текст в SMS-сообщении, как вносимые новые параметры или конфигурации. Кроме этого, необходимо вносить в память действующий уровень сигнала Rx как Rx_{norm} (средний уровень режима покоя). Последовательно нужно установить Rx_{min} и Rx_{max} , сокращая диапазон значений между данными параметрами, достигается увеличение чувствительности оптического сенсора. Дополнительно требуется перенастраивать допустимый уровень влажности на определенное значение (от 0 до 100). После установки новых конфигураций, система отправляет отчет об изменениях в виде SMS-сообщения.

Дополнительно к основным параметрам, система учитывает «уровень заряда встроенного аккумулятора» в целях информирования оператора в Центре мониторинга о состоянии источника энергии, так как предполагается применять данное устройство с учётом лимита, то-есть рекомендуется

периодически менять аккумулятор или применить альтернативные источники питания.

Интенсивность света в волокне может изменяться от изменения его температуры и срока его службы. Так, светодиоды (LED) SFP модуля имеют значительный срок службы, превышающий 10 лет, но интенсивность их излучений в значительной мере зависит от их температуры и обычно изменяется на $0,7\% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Также ослабление света в волокне зависит от используемой длины волны и его спектральной неравномерности и составляет приблизительно $0,015 \text{ дБ/нм}^{-1}$. Таким образом, изменение длины волны на 1 нм может привести к изменению интенсивности на фотоприемнике на 0,2%. Поэтому разработанная система обеспечена автоподстройкой пороговых значений диагностируемых параметров, компенсирующая изменения климатических воздействий.

Кроме того, окружающая обстановка может воздействовать и на оптические компоненты. Так, чрезмерный изгиб оптических волокон в процессе их прокладки под грунтовый слой может повлиять на распределение мод в волокне и вызвать ослабление светового импульса. Таким образом, ослабление в оптических разъемах (коннекторах) может изменяться на $\pm 0,2 \text{ дБ}$. Соответственно все эти изменения могут приводить к вариации общего пропускания системы вплоть до 5%. Поэтому при установке системы рекомендуется использовать как можно меньше оптических соединений.

Заклучение.

Проведено исследование влияние продольной деформации, связанной с растяжением/сжатием и радиуса изгиба волоконно-оптических датчиков на оптические свойства оптоволоконных сенсоров. Установлено что, при изменении величины взаимной смещений центров ВОД приблизительно на 4 и 5 мм, выходная мощность оптического сигнала составляет $-16,95 \text{ dBm}$ и $-17,36 \text{ dBm}$, соответственно. Установлено, что чем больше величина внешней деформации, тем меньше интенсивность света в оптоволоконном датчике, то есть уменьшение входной оптической мощности в SFP, свидетельствует о вероятности возникновения оползневых процессов. Определено что, условия полного внутреннего отражения для направляемых мод волоконного световода может быть вызвано изменением геометрических размеров световода, его геометрии или показателя преломления оболочки. Исследовалась зависимость прошедшей через одномодовый волоконный световод мощности излучения от угла изгиба волокна.

В результате проведенных исследований рекомендованы методы измерений оползневых процессов, и выработаны методические и практические рекомендации по применению

разработанного устройства в задачах радиомониторинга состояний земных грунтов.

Список использованной литературы

- [1] А. А. Бердиев, “Разработка комплекса дистанционного мониторинга оползневых процессов,” Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции “Значение информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии отраслей экономики” 1-часть (Анжуман ялпи мажлис маърузалари). 4-5 март 2021, Ташкент. С 11-16.
- [2] Б. Н. Рахимов and А. А. Бердиев, Мониторинг механических свойств конструкции на основе волоконно-оптических систем связи. Монография “Алоқачи”, 2018 – 164 с. ISBN 978-9943-5521-8-0. .
- [3] Н. П. Бусурин, В.И. Семенов, А.С. Удалов, “Оптические и волоконно-оптические датчики.” // Квантовая электроника, 1985. Т.12. №5 С 901-944.
- [4] А. С. Патлах, А.Л. Семенов, “Светопротекание изогнутых многомодовых оптических волокон.” Квантовая электроника, 1983. № 7. С. 868-870.
- [5] S. K. Yao and C. K. Asawa, “Microbending fiber-optic sensing.” SPIE 1983. V. 412. P. 9-13.

Информация об авторах:

Бимурзаев Г.А. директор ГУ «ГИДРОИНГЕО» gidroingeo_uz@umail.uz

Рахимов Б.Н. д.т.н. профессор. Заместитель начальника по учебным и научным вопросам Военного института информационных и коммуникационных технологий и связи.

Хушвактов С.Х. Зав.лабораторией «Геоинформационные технологии» ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО». GUhydrouz@umail.uz

Бердиев А.А. доцент кафедры “Системы телерадиовещания” ТУИТ.

berdiyevalisher18@gmail.com

Батгалова А.В. магистр кафедры “Системы телерадиовещания” ТУИТ. anna.borisova@rano.uz

Rakhimov B.N., Berdiev A.A. Battalova A.V. Methods for conducting measurements and performing experimental studies of a radio monitoring device for the earth's soil

The study of landslide processes in spatial and temporal dimensions in specific territorial conditions is the most important task of the geodetic, geological and geodynamic spheres of science. This article is devoted to the study of the degree of sensitivity of a fiber-optic sensor to mechanical stress.

Key words: landslide processes, radio monitoring, terrestrial soils, fiber-optic measuring systems, deformation, forecasting, fiber-optic sensors.

Азизов А.Р., Аметова Э.К., Юлдашев Ш.М.

Практическая реализация метода оптимального выбора частоты дискретизации аналогового сигнала в условиях железнодорожной автоматики и телемеханики

В данной статье рассматриваются вопросы практической реализации и получение аналитических выражений, погрешности измерительного канала, для рационального проектирования измерительных каналов контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

Разработан и получен метод выбора частоты дискретизации аналогового сигнала в условиях железнодорожной автоматики и телемеханики, оптимизирован аналоговый интерфейс информационно-измерительной системы.

Ключевые слова: железнодорожная автоматика и телемеханика, датчики аналогового интерфейса, системы измерения, погрешности.

В системах автоматического контроля и управления технологическими процессами на базе микропроцессоров и управляющих ЭВМ с увеличением количества контролируемых датчиков увеличивается интервал опроса между измерениями показаний датчиков, так как они опрашиваются последовательно друг за другом и требуют преобразования аналоговых сигналов в цифровые коды. В этой связи возникает важный вопрос о выборе адаптивного интервала опроса датчиков, при котором не все датчики опрашиваются за каждый цикл опроса. Это позволяет своевременно обнаруживать отклонения контролируемых процессов от заданного поля допусков. В этой связи актуальными являются вопросы оптимизация аналогового интерфейса информационно-измерительных систем, в частности аналоговых сигналов токов стрелочных переводов и напряжений фидеров питания на железнодорожных станциях.

Целью данной работы является практическая реализация и получение аналитических выражений, позволяющих при оптимизации параметров основных компонентов аналогового интерфейса наиболее полно учесть имеющиеся погрешности измерительного канала, что необходимо для осуществления наиболее оптимального проектирования измерительных каналов контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

Следует отметить, что вопросам оптимизации аналоговых интерфейсов предполагает учитывать не только инструментальные погрешности, но и методические погрешности, случайные погрешности, такие как погрешности в результате наложения спектров и погрешности при восстановлении сигналов. Поэтому, в задачу оптимизации аналоговых интерфейсов входит также определение оптимальных значений частоты дискретизации, разрядности АЦП, параметров antialiasing-фильтров для подавления наложения спектров.

Систему контроля можно представить в виде объекта контроля с совокупностью определенного количества датчиков. Так станционные устройства ж.д. автоматики и телемеханики, можно рассматривать как объект контроля, содержащего датчики информации, такие как станционные рельсовые цепи, стрелочные приводы, величины токов перевода стрелок, контроль их положения, светофоры и т.д. Разумеется, что перечисленные объекты можно представить как источники

контрольной информации, об их состоянии, т.е. датчиками, выходные сигналы которых могут быть дискретными и аналоговыми. Устройство, по контролю за состоянием датчиков аналоговой информации предполагает наличие следующих функциональных узлов: амплитудного мультиплексора, осуществляющего дискретизацию аналогового сигнала, аналого-цифрового преобразователя, генератора задающих импульсов, с помощью которых производится процесс дискретизации. Выходные сигналы системы восстанавливаются и поступают на устройства контроля, индикаторы или в базу данных.

Каждое устройство системы контроля, может характеризоваться: величиной погрешности, которую устройство вносит в процесс управления (γ), и временем задержки информации (t). [1,2,3]. Введем обозначения погрешностей для устройств, станционной системы электрической централизации: для N датчиков γ_s^i и t_s^i , $i = 1, 2, \dots, N$: антиэлайзинговых (antialiasing) фильтров γ_F^i и t_F^i , $i = 1, 2, \dots, N$: аналогового мультиплексора (AMX) γ_{MX} и t_{MX} : аналого-цифрового преобразователя (A/D) γ_{AD} , t_{AD} : программного восстановления информации γ_{MP}^i и t_{MP}^i , $i = 1, 2, \dots, N$. В качестве аналоговых датчиков в этом случае предусматриваются рабочие токи стрелочных переводов станции, при установки маршрутов.

Помимо этого, каждый канал аналогового интерфейса вносит свои погрешности наложения спектров (γ_H^i), $i = 1, 2, \dots, N$ и методическую погрешность восстановления информации (t_H^i), $i = 1, 2, \dots, N$. В свою очередь имеются устройства, вносящие свою погрешность, к ним относятся амплитудный мультиплексор и A/D-преобразователь, которые являются причиной появления динамической погрешности, переходные сопротивления контактов, омическое сопротивление кабелей связи, а также реактивные составляющие каналов (γ_{IP}).

Известно [2,3], что погрешности всех устройств некоррелированы между собой, это позволяет осуществить геометрическое суммирование всех

выше перечисленных погрешностей, в связи с чем можно определить

$$\gamma_{dv}^i = (\gamma_F^i)^2 + \gamma_{MX}^2 + \gamma_{AD}^2 + (\gamma_{MP}^i)^2 + (\gamma_H^i)^2 + (\gamma_P^i)^2 + \gamma_{IP}^2 \quad (1)$$

Погрешность системы контроля для канала каждого датчика тока стрелочного привода (γ_{SD}^i) будет иметь вид:

$$(\gamma_{SD}^i)^2 = (\gamma_S^i)^2 + (\gamma_{OM}^i)^2 + \gamma_{CY}^2 + (\gamma_{dv}^i)^2 \quad (2)$$

где i - общее количество стрелок плюс контролируемые фидера питания станции.

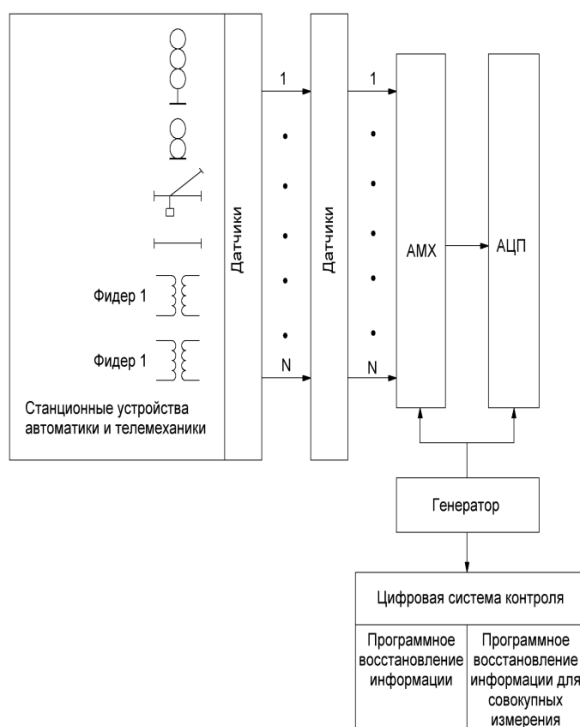


Рис.1 Структурная схема системы контроля

Определение частоты дискретизации сигнала от i -го аналогового датчика контроля электрической централизации.

Из выражения (2) видно, что вносимая погрешность для i -го канала есть сумма погрешностей, вносимых каждым элементом в отдельности. Из выражения (1) можно определить вносимую погрешность, которая свойственна процессу дискретизации – восстановления информации в i -м канале:

$$(\gamma_{dv}^i)^2 = (\gamma_{SD}^i)^2 - [(\gamma_S^i)^2 + (\gamma_{OM}^i)^2 + \gamma_{CY}^2]$$

Устройства аналогового канала, а именно амплитудный мультиплексор и А/D-

погрешности всего процесса дискретизации и восстановления информации в i -м канале (γ_{dv}^i):

преобразователь, также являются причиной появления динамической погрешности (γ_{IP}).

Практическая реализация дискретизации сигналов от аналогового датчика, показала, что имеет место вносимая погрешность наложения спектров (γ_H^i), $i = 1, 2, \dots, N$, а также методическая погрешность восстановления информации (γ_P^i), $i = 1, 2, \dots, N$, эти две погрешности являются определяющим фактором выбора частоты дискретизации с точки зрения процессов наложения спектров (ω_H^i) и частоту дискретизации с точки зрения процессов восстановления информации (ω_P^i):

$$(\gamma_H^i)^2 + (\gamma_P^i)^2 = \gamma_{dv}^i - [(\gamma_F^i)^2 + \gamma_{MX}^2 + \gamma_{AD}^2 + (\gamma_{MP}^i)^2 + \gamma_{IP}^2]$$

При этом следует учитывать, что в реальных условиях погрешности γ_{dv}^i , γ_H^i и γ_P^i не равны нулю.

Форма рабочего тока перевода стрелки представляет собой искаженную синусоиду, частотой 50 Гц. В этой связи разумно воспользоваться итерационным алгоритмом для определения частоты дискретизации низкочастотных сигналов с неограниченным спектром.

Две частоты дискретизации сигнала i -го канала определяют две независимые погрешности γ_H^i и γ_P^i , сумму которых можно представить в виде

$$\gamma_{HP}^i = \gamma_H^i + \gamma_P^i$$

При расчете частоты эта сумма погрешностей должна быть постоянной величиной, т.е. если увеличивать ω_H^i , то необходимо уменьшать ω_P^i и наоборот. Оптимальным результатом для рассматриваемой системы контроля будет решение, когда

$$\left| \frac{\omega_H^i - \omega_P^i}{\omega_H^i} \right| < \nabla$$

где ∇ должна находиться в пределах $\nabla = 0,001 \div 0,005$. При выполнении равенства двух частот $\omega_H^i = \omega_P^i$, имеет место минимальная частота дискретизации.

При дискретизации аналоговых сигналов имеются две частоты дискретизации:

- 1) с точки зрения процессов наложения спектров;
- 2) с точки зрения процессов восстановления информации.

При выборе частоты дискретизации оптимальный вариант будет при равенстве этих двух частот.

Принципиальная схема подключения измерительной аппаратуры приведена на рис.1, где АВ- модуль аналоговых сигналов, ОИ- модуль обработки сигналов, S4 и S5- датчики Холла.

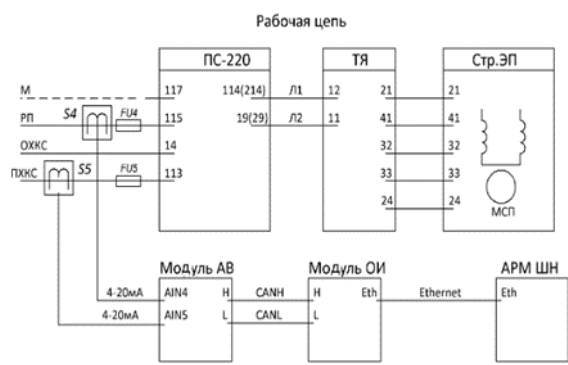


Рис.2 Принципиальная схема подключения измерительной аппаратуры.

Выводы

Проведен анализ практической реализации метода выбора частоты дискретизации аналогового сигнала в условиях железнодорожной автоматики и телемеханики, имеющих место для оптимизации аналоговых интерфейсов информационно-измерительных систем, что позволяет более обоснованно подойти к вопросам учета погрешностей аналоговых интерфейсов при проектировании цифровых информационно-измерительных систем. Для удовлетворения этих требований в статье была обоснована необходимость введения в структуре измерительного канала модуля аналогового сигнала, как связующего звена между датчиком и системой сбора данных. Такой подход позволяет более точно учесть все составляющие погрешности аналогового интерфейса и параметры анти элайзингового фильтра.

Список литературы:

1. Абдуллаев Р.Б. "Реализация подсистемы сбора диагностической информации в системах непрерывного мониторинга устройств железнодорожной автоматики на программируемых

логических контроллерах" Автоматика на транспорте, vol. 6, no. 3, 2020, pp. 309-331.

2. Тревис Дж. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс: Прибор комплект, 2005. – 544 с.

3. Редькин П.П. Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы TexasInstruments: архитектура, программирование, разработка приложений. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 608 с.

4. Самойлов Л.К., Жуков А.В. Выбор частоты дискретизации реальных сигналов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 1.

Азизов Асадулла Рахимович

Доцент кафедры А ИТ Ташкентского государственного транспортного университета.
e-mail: azizov@asadulla.mail.ru

Аметова Элнора Куандиковна

Доцент кафедры автоматики и телемеханики ТГТУ
e-mail: elnara.ametova.84@mail.ru

Юлдашев Шухрат Муратович

Главный инженер и ведущий программист-электронщик ООО "Микроэлектроника плюс"
e-mail: megashuh17@gmail.com

Azizov A.R., Ametova E.K., Yuldashev Sh.M.

Practical implementation of the method of optimal selection of the analogue signal discretion frequency in the conditions of railway automation and telemechanics

This article discusses the issues of practical implementation and obtaining analytical expressions, errors of the measuring channel, for the rational design of measuring channels for monitoring devices of railway automation and telemechanics.

A method for selecting the sampling frequency of an analog signal in the conditions of railway automation and telemechanics has been developed and obtained, the analog interface of the information-measuring system has been optimized.

Key words: railway automation and telemechanics, analog interface sensors, measurement systems, errors.

UDK 621.371

Yusupov Ya.T.

Yaqin masofa qidirib topish radiotexnik qurilmalari yordamida Gauss shovqini fonidagi tasodifiy signallarni aniqlash va farqlash

Maqolada Qo'riqlash tizimlarida qo'llaniladigan yaqin masofa qidirib topish radiotexnik qurilmalarining tasodifiy signallarni aniqlash va farqlash masalasi ko'rib chiqilgan. Yaqin masofa qidirib topish radiotexnik qurilmalarining asosiy muhim parametrlari aniqlangan. Signalni qidirib topish qurilmasining qabullash qurilmasi unga tasodifiy signal ta'sirida optimal hisoblanishi ko'rsatilgan. Aniqlanayotgan obyektдан aks etgan tasodifiy signallar uchun to'g'ri va yolg'on aniqlash ehtimolligini topishdagi muhim formulalar keltirilgan.

Kalit so'zlar: signallarni aniqlash va farqlash masalasi, qidirib topish radiotexnik qurilmasi, qo'riqlash tizimi, aktiv va yarim aktiv radiolokatsiya prinsiplari, o'xshashlik nisbati, Neyman-Pirson mezon.

Yaqin masofa qidirib topish radiotexnik qurilma (QTRTQ) laridagi gauss shovqini fonidagi signallarni aniqlash va farqlash masalasining xususiy holati hisoblanuvchi qo'riqlash signalizatsiyasi radiotexnik datchigi (QSD) o'zining ishlashida radiolokatsiya prinsipidan foydalanadi va shunga muvofiq ushbu masalaning yechimi bilan bog'liq bo'lgan obyektни aniqlash ishonchligi (nazorat hududi doirasida) barcha radiotexnik tizimlar uchun [1] adabiyotdan yaxshi ma'lum, va qabul qilgich kirishidagi

$$u_q(t) = \theta u_{S1}(t, \lambda_1) + (1 - \theta) u_{S2}(t, \lambda_2) + u_n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1)$$

signaldan ikkita: $u_{S1}(t, \lambda_1)$ yoki $u_{S2}(t, \lambda_2)$ signallardan birini aniqlash talab etiladi, bunda θ – qandaydir tasodifiy miqdor bo'lib, faqat ikkita qiymatni: $\theta = 1$ ($u_{S1}(t, \lambda_1)$ signal p_1 ehtimollik bilan mavjud) va $\theta = 0$ ($u_{S2}(t, \lambda_2)$ signal $1 - p_1$ ehtimollik bilan mavjud) qabul qiladi; $u_n(t)$ – xalaqit; T – QTRTQsining ishlash vaqti.

Qayd qilish kerakki, (1) ifoda aktiv va yarim aktiv radiolokatsiya prinsipi, shuningdek ularning birgalikda qo'llanilishida birdek muvaffaqiyatli foydalanishi mumkin [2].

Yaqin masofa radiolokatsiyasida katta o'lchamli obyektlarni qidirib topish masalasini parametrlari ma'lum yoki tasodifiy bo'lgan signallarni qidirib topish masalasi sifatida qarash mumkin. Bunda QTRTQsiga determinant parametrlarga ega signalning ta'sirini tahlil qilish amaliy ahamiyatga ega, chunki qidirib topish xarakteristikasining yuqori chegarasini aniqlashga imkon yaratadi [3].

QTRTQsi strukturasi amalga oshirish bilan bog'liq aniqlash masalasini turlicha matematik ifodalash mumkin. Ya'ni qo'riqlash signalizatsiyasining turniket radiotexnik datchik (RTD) laridan foydalanilganda [4] ikkita signal tekshiriladi: zondlovchi va aks etgan, ya'ni QTRTQsida yarim aktiv radiolokatsiya prinsipi qo'llaniladi. Natijada signallardan birini ajratish talab etiladi, yoki boshqacha aytganda QTRTQsi qabullagichi kirishida qabul qilingan $u_q(t)$ ta'sir bo'yicha signallardan qaysi biri uzatilganligini optimal aniqlash va mos holda nazorat hududiga kirishi haqida qaror qabul qilish.

Turniket datchiklari uchun signal parametri λ ning aprior ehtimollik zichligi o'zgarishining chegarasini inobatga olib, quyidagiga ega bo'lamiz

$$u_q(t) = \theta u_{S1}(t) + (1 - \theta) u_{S2}(t) + u_n(t), \quad 0 \leq t \leq T. \quad (2)$$

Bunda, θ ikkita qiymatni: $\theta = 1$ – qabul qilingan $u_q(t)$ tebranishda obyektдан aks etgan signal $u_{S1}(t)$ mavjud, ya'ni nazorat hududining chegarasi buzilgan deb qaraladi; $\theta = 0$ – qabul qilingan $u_q(t)$ tebranishda zondlovchi $u_{S2}(t)$ signal mavjud, ya'ni nazorat hududiga obyekt kirib kelmagan deb qaraladi; xalaqit signali $u_n(t)$ qabul qilingan tebranish tarkibida har doim mavjud bo'ladi. Ko'rinib turibdiki, diskret parametr θ ni baholash qaror qabul qilishga imkon yaratadi.

QTRTQlarida aktiv radiolokatsiya prinsipini amalga oshirishda, turli binolar maydoni va fazosini, yoki ochiq hududlarni qo'riqlash qurilmalari uchun xarakterli bo'lgan zondlovchi signal uzatish-qabullash antenasiga tushmaydi (etib kelmaydi), va natijada $u_{S2}(t, \lambda_2) = 0$ bo'ladi. Ushbu holatda aniqlash umumiy masalasini $u_{S1}(t, \lambda_1)$ signalni $u_n(t)$ xalaqit fonida aniqlashga qiyoslash mumkin:

$$u_q(t) = \theta u_S(t, \lambda) + u_n(t), \quad 0 \leq t \leq T. \quad (3)$$

bunda, θ – tasodifiy miqdor bo'lib, avval ta'kidlaganimizdek faqat ikkita qiymatni qabul qiladi: $\theta = 1, 0$.

[1] dan ma'lumki, zondlovchi $u_{S2}(t, \lambda_2)$ signal t va λ argumentlarining determinant va aniqlangan funksiyasini ifodalaydi. $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$ parametrlar o'z navbatida muhim parametrlar hisoblanadi, ya'ni "QTRTQ – aniqlanuvchi obyekt" tizimining bevosita ishlashini aniqlovchi parametrlarni ifodalaydi. Bunday parametrlarga zondlovchi radiosignalning o'z parametrlari (amplituda, chastota va faza, radioimpulsning paydo bo'lish vaqti va shu kabilar), aks etgan signal parametrlari, ya'ni aniqlanuvchi obyektни tavsiflovchi parametrlar (obyekt o'lchamlari, aks ettirish yuzasi, "yorqin" nuqtalarning mavjudligi va shu kabilar) hamda aniqlanish hududi doirasida obyektning harakatlanish xarakteri (obyektgacha bo'lgan masofa, tezlik, tezlanish, yo'nalish) kabilar kiradi.

Tasavvur qilamiz, tahlil qilish oson bo'lishi uchun aniqlanayotgan obyektдан aks etgan signal

$u_s(t, \lambda) = u_s(t)$ bitta uzluksiz parametr λ ga bog'liq bo'lsin va u $P(u_s)$ aprior ehtimollik zichligiga ega bo'lsin. Aposterior ehtimollik zichligi quyidagicha aniqlanadi $P(u_s / u_q)$ va u aniqlanayotgan obyektдан aks etgan zondlovchi signalning aposterior ehtimollik zichligini ifodalaydi. Aniqlanayotgan signal qandaydir tasodifiy miqdor θ ning aniqlangan vaqt funksiyasi $u_s(t)$ ga ko'paytmasi ko'rinishida bo'lsin. Shuningdek ushbu signal additiv xalaqit $u_n(t)$ bilan aralashgan bo'lsin va yagona ahamiyatli parametr λ uzluksiz bo'lsin. Keltirilgan cheklolarni va [3] da keltirilgan xususiyatlarni inobatga olsak

$$u_q(t) = \theta u_s(t) + u_n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (4)$$

bunda, θ – qandaydir tasodifiy miqdor bo'lib, faqat ikkita qiymatni qabul qiladi: $\theta=1$ da chiqish signali tarkibida aniqlanayotgan obyekt hamda xalaqit $u_n(t)$ mavjud bo'lganda to'g'ri qaror qabullashga mos keluvchi ehtimollik bilan $u_s(t, \lambda)$ signal bor deb; $\theta=0$ da chiqish signali tarkibida aniqlanish hududida obyekt mavjud bo'lmaganda to'g'ri qabullashga mos keluvchi ehtimollik bilan faqatgina $u_n(t)$ xalaqit bor deb qaraladi.

(2) va (4) ifodalarning qarorlari qabul qilinayotgan $u_q(t)$ signalning aprior ma'lumotlari va qabul qilingan tebranish realizatsiyalariga ishlov berish asosida qabul qilinadi. Signalning λ parametri (3) va (4) ifodalar echimiga ta'sir ko'rsatadi.

Natijada xalaqit fonidagi obyektдан aks etgan signalni aniqlash masalasi (3) yoki (4) ning echimi va ushbu signalning parametrlarini baholash QTRTQ qabullagichining struktura sxemasini hosil qilishga imkon yaratadi va ushbu sxemani optimal qabullash sxemalariga muvofiqlik darajasidan kelib chiqib, uni qo'riqlash signalizatsiyasi radiotexnik datchigining ishlashini navbatdagi tahlil qilishda qo'llash mumkin. Yuqoridagilar bilan bir qatorda, o'z navbatida to'g'ri va xato qabullash ehtimolligiga bog'liq bo'lgan, qurilmaning aniqlash optimallik ko'rsatkichi ham aniqlanishi mumkin.

Aniqlash masalasini echish uchun tasavvur qilamiz, bartaraf etib bo'lmaydigan sabablar – QTRTQ qabullagichining va atrof-muhitning issiqlik va boshqa shovqinlari mavjudligi sababli xalaqit gauss oq shovqini bo'lsin. Atrof-muhitning shovqinlarini qaror qabullash sifatiga ta'siri muhim bo'lmagan darajadagi kichikligi sababli e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Natijada $u_n(t)$ qabullash ichki shovqinlarini ifodalaydi; ichki shovqinlar $u_n(t)$ oniy qiymatining ehtimollik zichligi ehtimollikning normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi.

Aniqlash masalasi (4) ni echish uchun qabul qilingan tebranish $u_q(t)$ uzluksiz tasodifiy jarayonligini hamda signal va xalaqitning o'zaro bog'liq emasligini hisobga olib, $\theta=1$ va $\theta=0$ qiymatlari uchun o'xshashlik funksiyasini aniqlaymiz.

Va nihoyat signalning o'xshashlik nisbati aniqlanadi va sanab o'tilgan qiymatlarni e'tiborga olsak,

o'xshashlik funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi [4]:

$$l(u_q) = \exp\left(-\frac{W_s}{W_x}\right) \exp\left[\frac{2}{W_x} \int_0^T u_s(t) u_q(t) dt\right], \quad (5)$$

$$\text{bunda, } W_s = \int_0^T u_s^2(t) dt \quad - \text{ zondlovchi signal}$$

energiyasi.

Agar (5) ifodadagi o'xshashlik nisbati qandaydir γ chegaraviy qiymatdan katta bo'lsa, u holda QTRTQ qabullagichining chiqishida aniqlanuvchi mavjud, ya'ni aniqlanayotgan obyekt mavjud degan xulosa chiqariladi. Tanlangan aniqlash mezoniga muvofiq γ chegaraviy qiymat aniqlanadi. Ma'lumki, qo'riqlash tizimlarida ham ko'pgina boshqa radiolokatsion tizimlardagi kabi Neyman-Pirson mezoni qo'llaniladi, bunda aniqlanayotgan obyektдан aks etgan signalning maksimal aniqlanish ehtimolligini olish imkoni hosil bo'ladi. Yolg'on aniqlash ehtimolligi doimiy va etarlicha kichik deb beriladi.

Aniqlash masalasini echish uchun quyidagi tengsizlik bajarilishi zarur, ya'ni $l(u_q) > \gamma$. Aytganlarni e'tiborga olib va (5) natijasidan foydalanib, o'zgartirishlardan so'ng QTRTQ optimal qabullagichining tarkibini aniqlaydigan ifodaga kelimiz:

$$\frac{2}{W_x} \int_0^T u_s(t) u_q(t) dt > \ln \gamma + \frac{W_s}{W_x} = u_{cheg}, \quad (6)$$

bunda, u_{cheg} – chegaraviy sath qiymati bo'lib, tanlangan mezon asosida yolg'on aniqlash ehtimolligi $P(u_{s1}/u_{s0})$ belgilangan ehtimollik bilan aniqlanadi.

[2] da katta o'lchamli obyektlarni aniqlash masalasi ma'lum determinant parametrlari signallarni aniqlash masalasi sifatida tadqiq qilingan. (6) ifodaning tahlili bunday signallar uchun QTRTQ qabullagichining tuzilishi signal kechikishi ma'lum bo'lganda determinant signallarni optimal qabullagichining klassik tuzilishiga to'liq mos kelishini tasdiqlaydi.

QTRTQsiga tasodifiy parametrlari signallar ta'sir etganda aniqlash tarkibi o'zgarish o'zgarimasligini tahlil qilamiz. Masalan, QTRTQ qabullagichida ishlov berilayotgan signalda obyekt tezligi haqidagi axborot mavjud bo'lmasa, u holda [1] ga muvofiq, doimiy U_m amplitudali va ω tashuvchi chastotali zondlovchi signal QTRTQ qabullagichi kirishida noma'lum dopler siljish chastotasi ω_d ga, o'z navbatida noma'lum tasodifiy miqdor hisoblanuvchi, qo'shimcha signal fazasi φ_s ga ega bo'ladi:

$$u_s(t) = U_m \cos(\omega t + \omega_d t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_s). \quad (7)$$

Ushbu (7) ifodadan payqash mumkinki, signal amplitudasi U_m ikkita qiymatni qabul qilishi mumkin: $U_m = U_{mS}$ – signal mavjud bo'lganda va $U_m = 0$ – signal mavjud bo'lmaganda; ya'ni U_m amplituda (2) va (4) ifodalardagi θ qiymatga o'xshash.

Ushbu holatda (4) ning to'g'ri qaror qabul qilishini $P(\varphi_s) = 1/(2\pi)$ bir tekis taqsimot qonunini xarakterlovchi tasodifiy boshlang'ich fazali signalni aniqlash masalasi sifatida qarash mumkin.

Signal gauss oq shovqini ko'rinishidagi additiv xalaqit bilan aralashgan bo'lsin. (4) dan olingan kirish ta'sirini quyidagicha yozamiz:

$$P_1(u_{S1}/u_{S1}) = \int_{u_{cheg1}}^{\infty} \xi \exp[-0,5(\xi^2 + 2W_S/W_0)] I_0[\xi(2W_S/W_0)^{0,5}] d\xi, \quad (9)$$

bunda, $u_{cheg1} = u_{cheg}(2W_S/W_0)^{-0,5}$ – aniqlash chegarasining yangi sathi; W_0 – gauss oq shovqinining quvvat spektral zichligi.

Bunday tasodifiy boshlang'ich fazali signal uchun hisoblangan o'xshashlik nisbati $l(u_q)$ aniqlash chegarasining yangi sathi bilan taqqoslanadi:

$$l(u_q) > u_{cheg1} = u_{cheg}(2W_S/W_0)^{-0,5}. \quad (10)$$

Demak, agar aniqlanayotgan obyekt katta o'lchamli bo'lsa, u holda aks etgan signalning amplitudasi ham interferensiya hodisasi sababli tasodifiy jarayon hisoblanadi. Natijada qabullagich kirishidagi signalni nafaqat fazasi, balki amplitudasi ham tasodifiy deb qaraladi:

$$u_{S\xi}(t) = U_{\xi} \cos(\alpha t + \varphi_s) + u_n(t). \quad (11)$$

Tasavvur qilamiz, signal amplitudasi Rele qonuni bo'yicha o'zgaradi, xalaqit signalining o'rovchisi ham Rele qonuni bo'yicha taqsimlangan hamda ushbu qonunga signal o'rovchisi va xalaqitning yig'indisi ham bo'ysunadi. [6] dan ma'lumki, to'g'ri aniqlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_2(u_{S1}/u_{S1}) = \exp\left\{-0,5u_{cheg1}^2 \left[1 + \sigma^2(2W_{S1}/W_0)\right]^{-1}\right\}, \quad (12)$$

$$\text{bunda, } W_{S1} = W_S / \langle U_{q\xi}(t) \rangle^2.$$

Agar amplitudasi tasodifiy o'zgaruvchi signalni aniqlash xarakteristikasini amplitudasi o'zgarmas signalni aniqlash xarakteristikasi bilan solishtirsak, tabiiyki, bunday taqqoslash signallarning o'rtacha energiyasi bir xil bo'lganda amalga oshiriladi. U holda

$$P(u_{S1}/u_{S1}) = 1 - F\left\{u_{cheg1} [2W_{S1}/W_0]^{-0,5} - [2W_{S1}/W_0]^{0,5}\right\}, \quad (14)$$

bunda, W_0 – gauss oq shovqinining quvvat spektr zichligi; F – Laplas funksiyasi; u_{cheg} – chegaraviy sath qiymati bo'lib, Neyman-Pirson mezonidan foydalanilganda o'rnatilgan yolg'on aniqlash ehtimolligi $P(u_{S1}/u_{S0})$ quyidagicha aniqlanadi:

$$P(u_{S1}/u_{S0}) = 1 - F\left\{u_{cheg} [2W_{S1}/W_0]^{-0,5}\right\}, \quad (15)$$

O'rnatilgan $P(u_{S1}/u_{S0})$ yolg'on aniqlash ehtimolligida u_{cheg} kuchlanish qiymati normal taqsimot qonuni $p[u_{Sx}^k(t)/u_{S0}]$ ga bo'ysunadi.

$$u_{Sx}(t) = U_m \cos(\alpha t + \varphi_s) + u_n(t). \quad (8)$$

QTRTQda qabul qilingan $u_q(t)$ ta'sir bo'yicha uning tarkibida signal mavjudligini aniqlash kerak.

[5] natijalaridan foydalanib, ushbu holatda to'g'ri aniqlash ehtimolligini quyidagi ko'rinishga keltiramiz[6]:

$$P_2(u_{S1}/u_{S1}) = \left[\exp\left\{-u_{cheg1}^2/2\right\}\right]^{-(1+W_S/W_0)}. \quad (13)$$

Shunday qilib, turli parametrlı signallar uchun turli aniqlash sharoitida signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligi topildi.

QTRTQ qabullagichida kirish ta'siri $u_q(t)$ va zondlovchi signal $u_S(t)$ orasida o'zaro korrelyatsiya darajasi o'rnatiladi. Undan so'ng korrelyatsiya qiymati (6) ifodaga muvofiq aniqlangan chegaraviy sath u_{cheg} bilan taqqoslanadi. QTRTQ qabullagichi $u_S(t)$ va $u_q(t)$ signallarni ko'paytiruvchi va integrallovchidan iborat korrelyator hamda chegaraviy qiymati u_{cheg} o'rnatilgan bo'sag'aviy qurilmadan iborat bo'lishi kerak. Agar uning chiqishidagi kuchlanish noldan katta bo'lsa, u holda signal mavjud deb qaror qilinadi va mos holda nazorat hududiga kirilgan deb hisoblanadi. Chiqish kuchlanishi nolga teng bo'lganda signal mavjud emas deb qaror qabul qilinadi. Natijada QTRTQ qabullagichini optimal qabullagich sifatida qarash mumkin.

Chegaraviy sath u_{cheg} ni Neyman-Pirson mezonidan foydalanib topish mumkin. Buning uchun, o'z navbatida to'g'ri aniqlash $P(u_{S1}/u_{S1})$ va yolg'on aniqlash $P(u_{S1}/u_{S0})$ shartli ehtimolliklarini aniqlash talab etiladi.

To'g'ri aniqlash ehtimolligi $P(u_{S1}/u_{S1})$ quyidagi formula bilan aniqlanadi:

O'tkazilgan tahlil ko'rsatadiki, QTRTQ uchun signallarni aniqlash va farqlash masalasini echish orqali aniqlangan, QTRTQsiga tasodifiy boshlang'ich fazali, shuningdek tasodifiy parametrlı boshqa signallarning ta'siridagi, masalan katta o'lchamli obyektlardan aks etgan signal amplitudasining tasodifiy o'zgarishidagi aktiv va yarim aktiv radiolokatsiya prinsipi qo'llanilgan qo'riqlash tizimi QTRTQsining tuzilishi QTRTQsiga determinant signallar ta'siri bo'yicha qurilgan tuzilishi bilan bir xil o'zgarmasdan qoladi, faqat aniqlash chegaraviy sathi o'zgaradi.

Xulosa

Olib borilgan tahlil natijasida quyidagi xulosalar olindi:

1. QTRTQsi yordamida shovqin fonidagi signallarni aniqlash va farqlash masalasini echishda, ya'ni obyektни ishonchli aniqlash haqidagi masalani echishda aniqlash qurilmasida qaysi radiolokatsiya – aktiv va yarimaktiv prinsipi qo'llanilganligini e'tiborga olish kerak;

2. Zondlovchi signalni, shuningdek aniqlanayotgan obyektни karakterlovchi parametrlar QTRTQsidagi signalning muhim parametrlari hisoblanadi. Obyektdan aks etgan signal parametrlari aniqlanayotgan obyektни karakterlovchi parametrlarni ifodalaydi;

3. Ko'p sonli kuzatishlar bilan ishlaydigan tizimlarda, QTRTQsi ham shular jumlasidan, signal parametrlarining aprior ehtimollik zichligini tanlash qabul qilinayotgan tebranishga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi;

4. Tasodifiy parametrli signal o'tayotgan QTRTQsi qabullagichining tuzilishi determinant signalning klassik optimal qabullagichi tuzilishiga to'liq mos keladi; bunda faqat kuchlanish chegaraviy sathi o'zgaradi;

5. O'xshashlik nisbatining tahlili turli sharoitlarda obyektни to'g'ri aniqlash ehtimolligini baholashga imkon beradi. Bunday signalda chegaraviy kuchlanish qiymati normal taqsimot qonuni bilan aniqlanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Тихонов В.И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608с.

2. Воловач В.И. Решение задачи обнаружения детерминированных сигналов радиотехнических датчиков, работающих в режиме активной радиолокации, и определение величины их порогового напряжения. // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012): сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2012. – С. 324-331.

3. Теоретические основы радиолокации. Справочник. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 510с.

4. Воловач В.И. Некоторые особенности оптимальной обработки сигналов радиотехнических устройств обнаружения пространственных охраняемых систем. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. - №6. – С.129-132.

5. Воловач В.И. Обнаружение сигналов с известными и случайными параметрами в радиотехнических устройствах охранной сигнализации. // Вестник ТГУС. Выпуск 1. – Тольятти: Изд-во ТГУС, 2006. – С. 37-45.

6. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983. – 336с.

Yusupov Yarashbek Toxirbayevich

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti "Radiotexnik qurilmalar va tizimlar" kafedrasida katta o'qituvchisi

e-mail: Yarashbekyusupov@mail.ru

Yusupov Ya.T.

Detection and distinction of casual signals against Gaussian noise in radio engineering devices of detection of near range

The problem of detection and distinction of casual signals of radio engineering devices of detection of the near range, used in protection systems is considered. The key essential parameters of radio engineering devices of detection of near range are determined. It is shown that the receiver of signals of the device of detection is optimum at impact on it casual signal. Almost significant formulas for definition of probabilities of the correct and false detection for the casual signals reflected from found object are given.

Keywords: problem of detection and distinction of signals, radio engineering device of detection, protection system, principle of an active radar-location, principle of a semi-active radar-location, credibility relation, Neumann–Pearson's criterion.

УДК: 004.652.4

Саидрасулов Ш.Н.

Электрон ҳукумат тизимида жисмоний ва юридик шахсларнинг матнли мурожаатларини автоматик қайта ишлаш масаласи

Мақолада электрон ҳукумат тизимида жисмоний ва юридик шахсларнинг матнли мурожаатларини автоматик қайта ишлаш масаласи тадқиқ этилган бўлиб, бунда давлат бошқарув тизимини ислоҳ қилишда ахборот хизматларини таъминлаш учун табиий тилда самарали фойдаланишнинг мантикий математик –алгоритмик таъминоти таклиф этилган. Тадқиқотда жисмоний ва юридик шахсларнинг ёзма мурожаат матнларини давлат органларидаги автоматлаштирилган тизимларда таснифлашга имкон берувчи матнли ҳужжатларни қайта ишлаш жараён модели таклиф қилинган. Жисмоний ва юридик шахсларнинг табиий ўзбек тилдаги мурожаатларининг мақсадини аниқлаш масаласини ҳал қилишнинг алгоритми ҳамда мантик мурожаатларига хизмат кўрсатувчи ташкилотни автоматик аниқлаш масаласи учун специфик зарур базалар математик ифодаланди ва мурожаатни эҳтиёжга айлантириш ва уни кидиришнинг математик ечими тадқиқ этилган.

Калиг сўзлар: электрон ҳукумат, ҳужжатларни формаллаштириш, калиг сўзлар базаси, классификациялаш ва машинали ўқитиш, интеллектуал кидириш усули.

Кириш

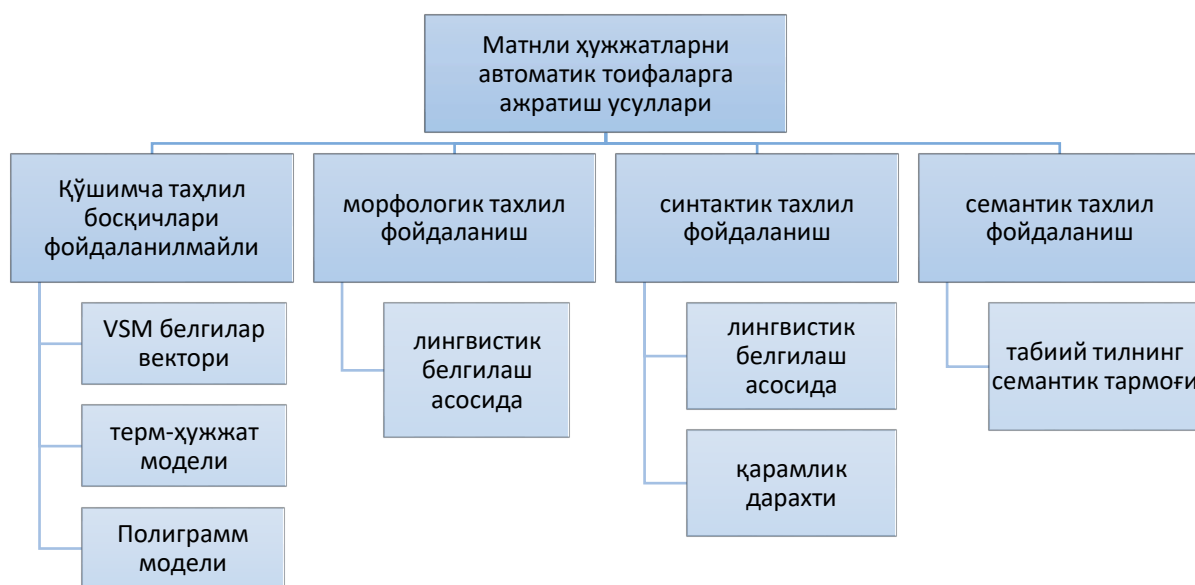
Давлат ҳокимияти ва бошқарув органлари фаолиятининг очиқлигини таъминлашда жисмоний ва юридик шахсларнинг қонуний манфаатларига оид ахборотларни виртуал тақдим этиш ва уларга компетентли жавоб олиш “Электрон ҳукумат” тизимининг энг долзарб масаласи ҳисобланади. Қонун чиқарувчи ва ижро этувчи ҳокимиятлар томонидан жисмоний ва юридик шахсларнинг шикоят, мурожаат ёки таклифларини электрон шаклда ифодаланиши ахборот-коммуникация технологиялари тадқиқ этилган соҳаларда давлат хизматларининг автоматлашганлигини билдиради. Бунда электрон ҳамкорлик сони доимо ўсиб боради.

Жисмоний ва юридик шахсларнинг электрон мурожаатларини автоматик таҳлил қилиш ва уни синфларга ажратиш албатта табиий тилдаги матнли маълумотларни таҳлил қилиш масаласига олиб келади. Бу ерда табиий тилларнинг семантик, синтаксис, морфологик ва лингвистик тузилиши

турллари ва уларнинг математик-алгоритмик таъминотини мукамал ривожланганлигига боғлиқ. Табиий тилни таҳлил қилиш, ҳужжатларни сарлавҳа ёки уни ташкил қилувчи матнга қараб синфлаштириш бўйича кўплаб олимлар томонидан иш олиб борилмоқда.

Матнли ҳужжатларни формаллаштириш бўйича тадқиқот наشرларининг таҳлили

П.Ю.Козлов [1] ишида автоматлаштирилган таҳлил босқичлари ва матнли ҳужжатларни формаллаштириш усуллари қаралган. Морфологик ва синтактик босқич натижалари сифатида матнли ҳужжатларнинг лингвистик белгиларини модификациялаш билан фойдаланилган саралаш усули таклиф этилади. Унинг мақоласида матнли ҳужжатларни формаллаштириш босқичлари 1-расмдаги каби синфларга ажратилган ҳолда тадқиқ қилинган.



1-расм. Таҳлилнинг турли босқичларида матнли ҳужжатларни формаллаштириш усуллари

Тадқиқот натижасида жисмоний ва юридик шахсларнинг ёзма мурожаат матнларини давлат органларидаги автоматлаштирилган тизимларда таснифлашга имкон берадиган матнли ҳужжатларни қайта ишлаш жараёни модели таклиф қилинган.

Матнларни классификациялаш вазифасини ҳал қилишнинг замонавий усулларини таққослаш, ушбу йўналишнинг ривожланиш тенденцияларини излаш ҳамда амалиётда қўллаш учун энг яхши алгоритмларни танлашда матнларни классификациялаш усулларининг шарҳини Т.В.Батура [2] ишларида кўриш мумкин. Мақолада матнларни классификациялаш вазифасининг формал кўйилиши келтирилган ҳамда ушбу масаласини ечиш қўйидаги тўртта изчил босқичга ажратилган:

- ҳужжатларга олдиндан ишлов бериш ва индексация;
- аломатлар фазоси ўлчамини камайтириш;
- машинали ўқитиш ёрдамида классификаторни куриш ва ўқитиш;
- классификациялаш сифатини баҳолаш.

Классификациялаш ва машинали ўқитиш

Ҳозирги кунда классификациялаш йўналишида оммалашган ва замонавий ёндошувлар машинали ўқитиш усулларига асосланади. Ушбу ишда классификаторларни барпо этишнинг энг кенг тарқалган алгоритмлари, улар билан ўтказиладиган тажрибалар ҳамда ушбу тажрибаларнинг натижалари, жумладан, Интернет тармоғида очик бўлган 2011-2016 йилда бажарилган илмий ишлар ҳамда илмий ҳамжамият томонидан юқори баҳоланадиган нуфузли журналларда нашр қилинган материаллар илмий тадқиқ этилган.

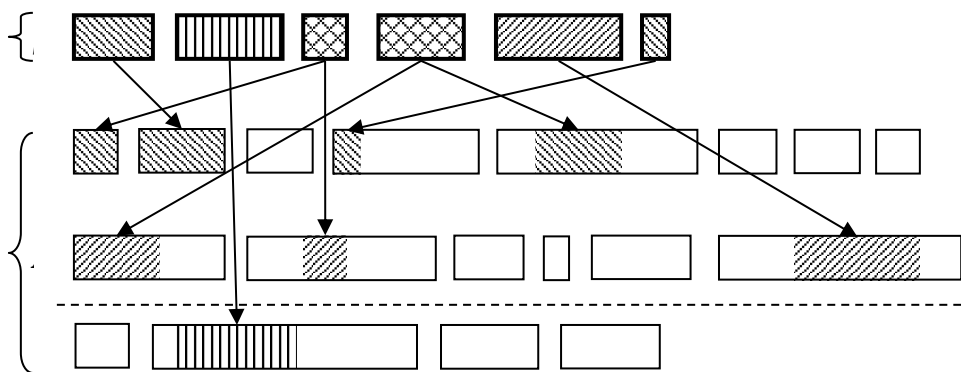
Мақолада аниқлик, тўлиқлик, алгоритм иш вақти, алгоритмнинг инкремент тартибда ишлаш имкониятлари, классификациялашдаги дастлабки ахборот миқдори, табиий тилга боғлиқлик каби хусусиятлар бўйича классификациялашнинг турли

усуллари самарадорлиги таҳлил қилинган. Қаралган тажрибаларнинг аксарияти инглиз тилидаги матнлар жамланмасида ўтказилган. Умумий натижага кўра, рус тилидаги матнларни классификациялашнинг турли усулларини қиёслаш учун россиялик тадқиқотчиларга матнли ахборотга автоматик ишлов бериш муаммосини янада чуқурроқ ўрганишга эҳтиёж мавжудлигини кўрсатиб берилган.

О.Ж.Бабомурадов [3] ҳаммуаллифлигидаги ишда қарор дарахти усулидан фойдаланган ҳолда таснифлаш механизмини куриш масаласи ечишга бағишланган бўлиб, унда ўзбек тилидаги матнлардан иборат ҳужжатларни таснифлаш учун қарор дарахти алгоритми атрибутлар қийматларини аниқлаш ва алгоритм иш самарадорлигини ошириш ҳамда тажрибавий иш натижалари тадқиқ қилинган. Тажрибалар ўзбек тилидаги матнлардан иборат ҳужжатларни таснифлаш қарор дарахти алгоритми атрибутлар қийматларини аниқлаш (Information Gain, Gain Ratio, Gini index) орқали амалга оширилган. Бунда маълумотлар Ўзбекистон Миллий ахборот агентлиги давлат расмий ахборот манбаидан олинган олти категорияга тегишли бўлган 600 та янгилик олинган бўлиб, қарор дарахти алгоритми учун ишлаб чиқилган дастурда таснифлаш аниқлиги 64% ташкил этган.

Маълумотларни интеллектуал қидириш усули

Ахборот муҳитидан интеллектуал маълумот қидиришнинг ўзига хос усулини таклиф этган А.Х.Нишанов ва Э.С.Бабаджанов [4] ишида ахборот муҳитидан маълумотларни комбинацияли қидириш ва топилган маълумотларни ўзига хос усули билан таҳлил қилиб, мантиқан ва физик нуқтаи назардан қидирилувчи маълумотга яқин келувчи интеллектуал натижа тақдим этиш масаласи қаралган. Бунда масала S матнли маълумотни берилган A қалит сўзлар тўпламига р яқинлик даражасини аниқлаш бўлиб ҳисобланади (2-расм).



2-расм. Қалит сўзлар базаси ёрдамида матнларни кўп мезонли қидириш масаласига намуна

Масалани ечишда биз берилган S тўпламининг элементлари A тўпламининг элементларига ўхшашлик даражаси (фоизда) ва элементларнинг индекслари орасидаги масофаларни ҳисобловчи метрика киритилган. Ечим сифатида элементлар орасидаги масофалар ва хатоликлар минимал, элементлар

яқинликни максимумини аниқлашдан иборат. Яқинликни аниқлаш учун S қидирилувчи объектни ҳар бир элементини A объектлар тўпламидаги ҳар бир объектни элементларига тегишлилигини аниқлаш ёки бошқача айтганда комбинацияли қидирув эълон қилиш ҳамда натижаларни индекс ва салмоғига қараб

турли мезонлар асосида ажратиб олиш таклиф этилган. 7 қадамдан иборат алгоритм учун табиий тил тузилмаси муҳим аҳамият касб қилмайди. Таклиф этилган алгоритмдан ахборот тизими бошқарувчилари талаблари бўйича саралаш мезонларини ўзгартириб фойдаланишлари мумкинлиги қайд қилинган.

Бирор соҳага йўналтирилган маълумотлар базасидан фуқароларнинг айнан ўзбек тилидаги мурожаатларини қаноатлантириш масаласи билан Э.С.Бабаджанов ишларида кузатиш мумкин. Муаллифнинг тадқиқод ишларида маълумотлар базасини тавсифловчи калит сўзлар базаси ёрдамида берилган сўров матнларни SQL тилига автоматик трансляция қилиш муаммолари ўзига хос услубият ва алгоритмлар асосида ечилган.

Электрон ҳукумат муҳитида жисмоний ва юридик шахсларнинг давлат ташкилотларига порталлар орқали мурожаатлари қайта ишлаш масаласи [7] ишда келтирилган. Бунда ҳозирги кунда мурожаатларни қайта ишлаш жараёнида фақат офис-орти ходимлар бажаради. Айни пайтда кўплаб мурожаатларни таҳлил қилиш ва йўналтиришда инсон меҳнатини камайтириш учун “мурожаатларни автоматик таниб олиш” дастурий модулига бўлган талаб мавжуд. Мазкур дастурий таъминотда асосан мурожаат мақсади ва йўналтирилган объектни (ташкилотни) аниқлаш масаласи қаралади.

Одатдаги жисмоний ва юридик шахсларнинг мурожаатлари таҳлил қилиш жараёни учун намунавий мисол сифатида қуйидаги мурожаат матнини келтириш мумкин:

Мен Анвар Содиқов Жиззах шаҳридаги Увайсий 1234 уйда яшайман. Хонадонимга интернет тармоғини тортишига амалий ёрдам беришингизни сўрайман.

Матндан кўришиб турибдики, мурожаатдаги масала “интернет тармоғини” ўтказиш сўралган. Хўш инсон тафаккури асосида аниқланган қарорни дастурий таъминот орқали қандай аниқланади. Мазкур маънодаги мурожаатни бошқа сўзлар орқали ифодалаш ҳам мумкин. Мисол учун:

Мен Увайсий 1234 хонадонда яшашовчи Анвар Содиқов, Сиздан уйимга Uzonline қуриб беришни сўрайман.

ёки

Менинг уйимга шаҳар телефон тармоғи орқали Internet уланмаган. Ушбу масалани ечишга ёрдам беринг.

Шунингдек, мурожаатда бир нечта талаблар қўйилган бўлиши мумкинлигини ҳам инобатга олиш керак. Қаралаётган муаммоли соҳанинг ушбу мақолада энг асосий мақсад шундан иборатки, бунда мурожаат матнидан сўралаётган предметлар яъни муддони аниқлаб олиш бўлиб, унинг сўров ёки таклиф

эканлиги ва мурожаатчи ҳақидаги маълумотларни аниқлаштириш эса иккинчи даражали ҳисобланади.

Табиий ўзбек тилдаги мурожаатларининг мақсадини аниқлаш масаласини ечиш алгоритми

Умумий ҳолда жисмоний ва юридик шахсларнинг табиий ўзбек тилдаги мурожаатларининг мақсадини аниқлаш масаласини ҳал қилиш алгоритми қуйидаги босқичлардан иборат:

- 1) калит сўзлар базасини яратиш яъни: ўзак сўзлар ва уларнинг синонимлари базаси; гап бўлақларини ажратувчилари базаси; сўз қўшимчалари базаси; гапнинг сўров қисмини ифодаловчи база; соҳалар кесмида сўзларнинг муҳимлилик салмоғини ифодаловчи база ва х.к.;
- 2) эҳтиёжлар базасини яратиш (мурожаатларнинг синфлаштирилган андозаси), бунда мурожаат матнининг формаллаштирилган кўриниши сақланади;
- 3) ўзбек тилидаги сўров гап тузилиш қоидалари базаси;
- 4) ўзбек тилидаги мурожаатни ташкил қилувчи матнни калит сўзлар базаси ва гап тузилиш қоидалари орқали синатсис, морфологик, семантик таҳлил усуллари;
- 5) мурожаат матнини ташкил қилувчи бўлақларини индекслаш усули;
- 6) индексли матнни формаллаштириш алгоритми;
- 7) формаллашган матнни эҳтиёжлар базасидан кидириш алгоритми;
- 8) кидириш натижалари асосида мурожаатнинг қайси соҳага тегишлиги бўйича қарор қабул қилиш алгоритми;

Вазифаларга эътибор қиладиган бўлсак, уларни икки тоифага ажратиш мумкин яъни специфик базаларни яратиш ҳамда ушбу базалар асосида матнни қайта ишлаш механизмлари (математик модели, алгоритмик аппарати, усуллари ва х.к.) ишлаб чиқиш.

Масаланинг умумий жараён схемасини тушунарли бўлиши учун уни содда шаклда ифодалаймиз. Даслаб ушбу специфик базаларни математик ифодаланишини қуйидагича келтириш мумкин.

- Берилган мурожаат матни $-X = \{x_i\}$
 - Мурожаатни ечувчи соҳалар $-S = \{s_k\}$
 - Калит сўзлар базаси (КСБ) $-A = \{a_j\}$
 - АКСБ орқали X матндан асосий предметни кўрсатувчи сўзлар ажратилиб, уларнинг индексациялаши $-G = \{g_i^j\}$
 - Эҳтиёжлар базаси (ЭБ) $-E = \{e_l = \langle \hat{g}_t, k, p, \bar{l} \rangle\}$.
- Бунда e_l -формаллаштирилган эҳтиёжларқўп параметрли ҳисобланади: $\hat{g}_t = \cup g_i^j$ – бир ёки бир нечта предметлар бўлиши мумкин, мурожаатнинг k соҳага тегишли эканлининг p муҳимлилик даражаси; $\bar{l} \Leftrightarrow l (l < \bar{l})$ – эҳтиёжларнинг эквивалентлиги

Ушбу белгилашлардан матнни эҳтиёжга айлантириш $R(A)$ оператор орқали амалга оширилишини қуйидагича математик ифодалаш мумкин:

$$X \xrightarrow{R(A)} Y.$$

Кейин эҳтиёжга айланган Y ни E дан кидириш натижасини аниқлаш. кидириш натижа бермаганда уни янги эҳтиёж сифатида базага қайд қилиш куйидагича амалга оширилади:

$$r = \max_p NS(Y, E)$$

**if $r = 0$ then insert (Y to E)
result(s_k)**

Юқорида мурожаат матнини автоматик калит сўзлар базаси орқали қайси соҳага тегишли эканлигини аниқш жараёнинг бошланғич математик кўриниши тадқиқ этилди. Реал ҳолатда иш самарадорлигини ошириш учун эса келтирилган барча вазибаларни қамраб олган ҳолда матнни эҳтиёж шаклига формаллаштириш ва уни кидириш учун махсус математик-алгоритмик таъминолари ҳамда жараён моделлари ишлаб чиқилиши лозим.

Хулоса

Ҳозирги электрон ҳукумат платформасидаги порталлар орқали жисмоний ва юридик шахсларнинг мантли мурожаатларига хизмат кўрсатувчи ташкилотни автоматик аниқлаш масаласи учун специфик зарур базалар математик ифодаланди ва мурожаатни эҳтиёжга айлантириш ва уни кидиришнинг математик ечими тадқиқ этилди.

Электрон ҳукумат тизимида жисмоний ва юридик шахсларнинг матнли мурожаатларини автоматик қайта ишлаш масаласи тадқиқ этилиб, давлат бошқарув тизимини ислоҳ қилишда ахборот хизматларини таъминловчи техник жиҳозлар ва алоқа воситаларидан табиий тилда самарали фойдаланишнинг мантиқий математик –алгоритмик таъминоти таклиф этилди.

Жисмоний ва юридик шахсларнинг ёзма мурожаат матнларини давлат органларидаги автоматлаштирилган тизимларда таснифлашга имкон берувчи матнли ҳужжатларни қайта ишлаш жараён модели таклиф қилинди.

Жисмоний ва юридик шахсларнинг табиий ўзбек тилдаги мурожаатларининг мақсадини аниқлаш масаласини ҳал қилиш алгоритми таклиф этилди.

Фойдаланилган адабиётлар

1. П.Ю.Козлов. Способы представления текстовой информации при автоматизированном рубрицировании коротких текстовых документов // Software & Systems. 4 (30) 2017. С.678-683. DOI: 10.15827/0236-235X.120.678-683.

2. Т.В.Батура. Методы автоматической классификации текстов // Software & Systems. 2017. Т.30. №1. С.85–99. DOI: 10.15827/0236-235X.030.1.085-099.

3. О.Ж.Бабомурадов, Н.С.Маматов, Л.Б.Бобоев, Б.И.Отахонова Қарор дарахти алгоритмидан фойдаланиб матнларни таснифлаш // Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари, № 4 (10), декабрь 2019. Б.22-24.

4. А.Х.Nishanov, N.I.Kalimbetov, E.S.Babajanov. Methods of searching intellectual data in the sphere of information // Journal of «European Applied Sciences». №6-2. Stuttgart, Germany-2013. –P. 34-37

5. А.Х.Nishanov, N.I.Kalimbetov, E.S.Babajanov. Mathematical model of the system of intellectual interactive service in the content of information environments // International Journal of Current Research. Vol. 7. Issue 04. India-2015. –P.14405-14411.

6. Э.С.Бабаджанов Электрон ҳукумат муҳитида хизматларни танлашнинг алгоритмик ва дастурий таъминоти // 05.01.04 – Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг математик ва дастурий таъминоти. Техника фанлар бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати. DSc.27.06.2017.Т.07.01 Рақамли Илмий Кенгаш. Тошкент. 2018

7. Нишанов А.Х., Бабаджанов Э.С., Саидрасулов Ш.Н., Кенжаев Х.Б. Электрон мурожаатларни қайта ишлаш ва электрон хизматлар самарадорлигини ошириши масалалари // Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари, № 1 (15), март 2021. 109-113 б.

Saidrasulov Sh.N.

The issue of automatic processing of text appeals of individuals and legal entities in the e-government system

The article examines the issue of automatic processing of text inquiries of individuals and legal entities in the e-government system, proposing a logical mathematical and algorithmic support for the effective use of natural language to provide information services in public administration reform. The study proposes a model of processing text documents, which allows to classify the texts of written inquiries in automated systems of government agencies. The algorithm for solving the problem of determining the purpose of natural and legal inquiries of individuals and legal entities, as well as the necessary bases for the automatic identification of the organization serving mantle inquiries were expressed mathematically and the mathematical solution of the inquiries and its search was studied.

Саидрасулов Шерзод Норбой ўғли

Мухаммад Ал Хоразмий номидаги ТАТУ мустақил изланувчи (PhD).

Эл. почта: sh.saidrasulov@mininnovation.uz

Каримжонова М., Жуманова Г.

Кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш ва рақамли иқтисодиёт

Мақолада мамлакатимизда кичик бизнесни ривожлантириш масалалари, шунингдек, Республика иқтисодий салоҳиятини янада ривожлантиришда кичик бизнеснинг ўрни ва аҳамияти ва кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш мақсадида Давлат божхона қўмитаси томонидан тақдим этилган импорт ва экспорт товарларни электрон декларациялаш технологияси таҳлил қилинган.

Калит сўзлар: Тадбиркорлик, кичик бизнес, инвестиция, валюта конвертацияси, иқтисодий тараққиёт, даромад, аҳоли турмуш фаровонлиги, экспорт, импорт, ТИФ, электрон божхона, декларация, божхона органлари, товарлар.

Мамлакатимиз иқтисодий барқарорлигини таъминловчи асосий иқтисодий бўғинлардан бири бўлган кичик бизнес ва хусусий тадбиркорлик соҳаси ички бозорни сифатли товарлар билан таъминлаш, аҳоли фаровонлигини ошириш, экспорт таркибида юқори қўшимча қийматга эга маҳсулотларни кўпайтириш, замонавий хизмат кўрсатиш, янги иш ўринларини яратишда мамлакатимиз иқтисодиётида етакчи кучга ва муҳим аҳамиятга эга бўлиб бормоқда. Мамлакатнинг иқтисодий ривожланганлик ёки ривожланаётганлик даражаси унинг иқтисодий салоҳияти, аҳоли турмуш фаровонлиги, ЯИМ, ЯММ ҳажми, инфляция даражаси каби индекслар билан белгиланар экан, ҳозирги кунда кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш орқали ҳам мамлакат иқтисодиётини ривожлантиришга эришилади. Айниқса, сўнгги пайтларда мамлакатимизда пандемия шароитидаги чекловларга қарамай тадбиркорлар юртимиз иқтисодий ривожланишига сезиларли даражада ҳисса қўшмоқдалар.

Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёевнинг 2020 йил 29 декабрь куни Олий Мажлисга Мурожаатномасида “Янги йилда иқтисодий ислохотларнинг пировард мақсади камбағалликни қисқартириш ва аҳоли фаровонлигини оширишдан иборат бўлади. Ушбу стратегик мақсадларга ҳамма учун тенг имконият яратадиган юқори иқтисодий ўсиш ҳисобига эришилади”, деб таъкидлаб ўтилган [1].

Бунда мамлакат иқтисодиётини янада ривожлантиришга алоҳида эътибор қаратилиб, кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш – мамлакат иқтисодиётини ривожлантиришнинг омилилиги таъкидлаб ўтилди.

Бугунги кунда мамлакат иқтисодиётини ривожлантириш, жаҳон бозорларида ўз ўрнига эга бўлиш, мамлакат миллий валютаси қадрини ошириш, экспорт салоҳиятини кўпайтириш, аҳоли турмуш фаровонлигини ошириш каби чора-тадбирлар олдимизда турган асосий вазифалардандир. Кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш эса ушбу чора-тадбирларни бошлаш учун дастлабки қадам бўлиб хизмат қилади.

Сўнгги йилларда мамлакат иқтисодиётини ривожлантиришнинг асосий йўналишлари деб қуйидагилар белгиланди [2]:

-тадбиркорлик ва кичик бизнесни ривожлантириш бўйича янада қулай шароитлар яратиш;

-ишбилармонларнинг ҳақ-хуқуқларини, айниқса, хусусий мулк дахлсизлигини таъминлаш – барча даражадаги давлат органларининг асосий вазифаси бўлишини таъминлаш;

-айланма маблағ танқислигига дуч келган тадбиркорларимиз “оёққа туриб олишлари” учун уларга кўмак беришни давом эттириш;

-тадбиркорликни молиявий қўллаб-қувватлаш борасидаги ишларни давом эттириш мақсадида оилавий тадбиркорлик дастурлари доирасида имтиёзли кредитлар ажратилишини янада ошириш;

-хукумат томонидан Жаҳон банки билан биргаликда бошланган қишлоқларда тадбиркорликни ривожлантириш дастурини кенгайтириш;

-хукумат томонидан бозорда тенг рақобат муҳитини яратиш ва ҳалол-поқ тадбиркорларни, замонавий технологиялар асосида ишлаётган виждонли тадбиркорларни ҳар томонлама қўллаб-қувватлаш;

-тадбиркорлик фаолияти билан боғлиқ 5 мингга яқин норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар қайта кўриб чиқилиб, уларнинг сонини қисқартириш ҳамда тадбиркорлик кодекси ишлаб чиқиш;

-мораторий муддатини яна бир йилга узайтириш;

-кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш биринчимарта тадбиркорлик фаолиятини бошлаган тадбиркорларга имтиёзлар бериш ва қулай шарт-шароитлар яратиш.

Кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни ривожлантириш, бизнес юритиш, иқтисодиётимизга маҳаллий ва хорижий инвестицияларни кенг жалб этиш учун зарур шароитлар ва қулай муҳит яратиш борасида кенг қамровли ишлар амалга оширилди. Эътиборли жиҳати шундаки, мулкдорларнинг ўрта синфини шакллантириш, ички бозорни рақобатбардош ва сифатли маҳсулотлар билан тўлдириш, янги иш ўринлари яратиш ва шу асосда аҳоли даромадларини кўпайтириш ва аҳоли турмуш фаровонлигини оширишнинг муҳим омили, мамлакат тараққиёти йўлидаги фаол ҳаракатлантирувчи куч сифатида кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни янада ривожлантириш учун қулай шарт-шароитларни яратиш бўйича аниқ

мақсадга йўналтирилган кенг чора-тадбирлар комплексини амалга ошириш мақсадида, кичик бизнес соҳасини янада ривожлантириш юзасидан бир қатор давлат дастурлари қабул қилинди [1].

Жумладан:

- тадбиркорларга янада қулайлик яратиш мақсадида 105 та лицензия ва рухсатнома турлари бекор қилинади, 115 таси бўйича эса тартиб-қоидалар соддалаштирилади;

- 20 мингта тадбиркорнинг 400 млрд. сўмлик ер ва мол-мулк солиғини тўлаш муддатини яна бир йилга узайтирилади;

- 1 млрд. сўмгача давлат харидлари доирасида аванс миқдори 30 фоизга етказилади;

- туризм, транспорт ва умумий овқатланиш соҳаларига берилган имтиёзлар келгуси йил якунигача узайтирилади;

- 2022 йил 1 январдан хорижий экспертларни жалб қилган ҳолда халқаро стандартлар, шу жумладан, Халқаро меҳнат ташкилоти ва бошқа халқаро ташкилотларнинг тадбиркорликка ўқитиш дастурлари ва тизими асосида тадбиркорликка ўқитишнинг ягона тизимини ишга туширилади;

- тадбиркорлик ташаббусига эга жисмоний шахслар, шу жумладан, ёшлар ва хотин-қизларга ўз бизнесини ташкил этиш учун 33 млн. сўмгача бўлган миқдордаги микрокредитлар таъминотсиз ажратилади;

- микрофирма ва кичик корхона таъсис этган шахсларга учинчи шахс кафилиги, суғурта полислари, кредит ҳисобига сотиб олинаётган мол-мулклар гарови, Тадбиркорлик фаолиятини қўллаб-қувватлаш давлат жамғармасининг кафилиги ва қонун ҳужжатларида назарда тутилган бошқа таъминот турлари асосида 225 млн. сўмгача миқдорда микрокредитлар ажратилади. Бунда микрокредитлар 3 йил муддатгача 6 ойгача имтиёзли давр билан Марказий банкнинг асосий ставкасида ажратилади.

Тикланиш ва тараққиёт жамғармаси ёшлар ва хотин-қизларни касб-хунар ҳамда тадбиркорлик кўникмаларига ўқитиш орқали тадбиркорлик фаолиятини йўлга қўйишни молиявий манба билан таъминлаш мақсадларига 100 миллион АҚШ доллари эквивалентида маблағ ажратилиши муҳтарам Президентимизнинг “Аҳолини тадбиркорликка жалб қилиш тизимини такомиллаштириш ва тадбиркорликни ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги қароридан айтиб ўтилган.

Ушбу маблағларнинг 9 млн. АҚШ доллари эквиваленти Тадбиркорликни ривожлантириш агентлиги ва Бизнес ва тадбиркорлик олий мактаби томонидан маъқуланган дастурлар ва белгиланган талаблар асосида ташкил этилган назарда тутилган тадбирларни молиялаштириш учун, 1 млн. АҚШ доллари эквиваленти Маҳалла ва оилани қўллаб-қувватлаш вазирлиги, Бандлик ва меҳнат муносабатлари вазирлиги, Ёшлар ишлари агентлиги, Халқ таълими вазирлиги, Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги, Савдо-саноат палатаси, Тадбиркорликни ривожлантириш агентлиги ва барча бўғиндаги

хокимликлар ҳудудларда аҳолининг тадбиркорликка қизиқишини ва манфаатдорлигини оширишга қаратилган чора-тадбирларни амалга оширишни молиялаштириш учун, 90 млн. АҚШ доллари эквиваленти махсус сертификатни олган ёшларга (жами 45 млн. доллар) ва хотин-қизларга (жами 45 млн. доллар) кредитлар ажратиш учун “Микрокредитбанк” АТБга 7 йил муддатга 3 йил имтиёзли давр билан Марказий банкнинг асосий ставкасида 4 фоиз паст фоиз ставкасида йўналтирилади.

Таъкидлаш жоизки, мамлакатимизда кичик бизнес ва тадбиркорликни янада қўллаб-қувватлаш вазифаси ҳар қачонгидан кўра муҳим аҳамият касб этмоқда. Чунки, ушбу соҳалар янги-янги иш ўринларини яратиб, бизнинг шароитимизда иш билан банд аҳоли даромадининг 70 фоиздан ортигини ташкил этмоқда. Пандемия даврида (COVID-19) иқтисодийнинг барқарор ишлаши ва ривожланиши учун тадбиркорлар давлат билан теппа-тенг ҳисса қўшдилар. Шунинг учун барчамиз тадбиркорларга елкадош бўлиб, уларни доимо қўллаб-қувватлашимиз, ишбилармонларнинг ҳақ-ҳуқуқларини, айниқса, хусусий мулк дахлсизлигини таъминлаш – барча даражадаги давлат органларининг асосий вазифаси бўлиб хизмат қилишига юртбошимиз томонидан ҳам алоҳида этибор қаратилмоқда.

Хусусан, муҳтарам Президентимиз айрим жойларда давлат органлари тизимидаги раҳбар ва мутасаддилар томонидан тадбиркорларнинг мулкка доир ҳуқуқларини бузиш ҳолатлари давом этаётганлиги туфайли бундай мансабдорларни маъмурий жавобгарликка тортиш бўйича Бизнес-Омбудсманга ваколат беришни таклиф этдилар ва келгуси йилда “Солиқчи – кўмакчи” тамойили асосида тадбиркорлар учун уларнинг бизнес ҳамкорининг солиқ қарздорлиги ҳақидаги маълумотларни олиш имконияти яратилади” - деб таъкидлаб ўтдилар [4].

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 14 октябрдаги “Аҳолини тадбиркорликка жалб қилиш тизимини такомиллаштириш ва тадбиркорликни ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги ПҚ-4862-сон қарорига биноан 2021 йил 1 январдан бошлаб давлат активларини сотишдан тушадиган маблағларнинг Савдо-саноат палатасига йўналтириладиган қисми 3 фоиздан 5 фоизгача оширилди.

Этиборли жиҳати шундаки, мулкдорларнинг ўрта синфини шакллантириш, ички бозорни рақобатбардош ва сифатли маҳсулотлар билан тўлдириш, янги иш ўринлари яратиш ва шу асосда кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни ривожлантириб, аҳоли даромадларини кўпайтириш ва фаровонлигини оширишнинг муҳим омили, мамлакат тараққиёти йўлидаги фаол ҳаракатлантирувчи куч сифатида кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни янада ривожлантириш учун қулай шарт-шароитларни яратиш бўйича аниқ

мақсадга йўналтирилган кенг чора-тадбирлар комплексини амалга ошириш мақсадида, кичик бизнес соҳасини янада ривожлантириш юзасидан бир қатор давлат дастурлари қабул қилинди.

Мазкур давлат дастурлари доирасида кичик бизнес ва хусусий тадбиркорлик соҳасига янада кенг қулайликлар ва шароитлар яратиш мақсадида охириги икки йил давомида жами 50 га яқин меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатлар қабул қилинди. Ушбу қабул қилинган меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда қуйидагилар ўз аксини топган:

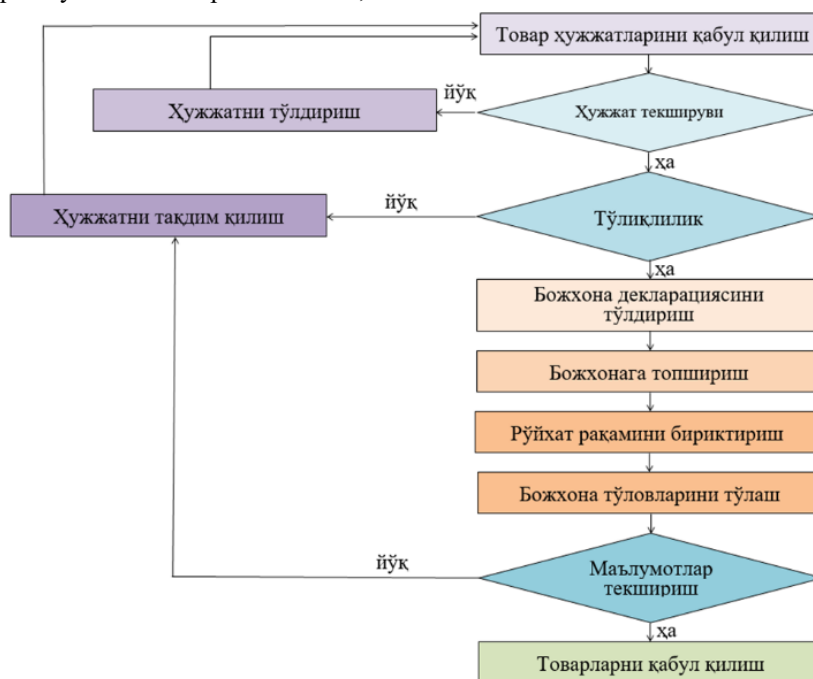
- давлат рўйхатидан ўтиш, яъни ташкил этиш жараёнини янада соддалаштириш;
- статистика органларидан фирма номларини олишнинг энг муқобил варианти, яъни интернет тармоғи орқали фирма номларини бериш;
- солиқ ва статистика органларига ҳисоботлар топширишнинг оптимал варианти, яъни электрон ҳисоботларни жорий этиш;
- тадбиркорлик фаолиятдан олинган даромадлар бўйича солиқ ва мажбурий ажратмаларнинг ставкаларнинг сезиларли даражада пасайтирилиши;
- юкларни божхонада расмийлаштиришда тадбиркорлик субъектлари томонидан товарларни декларация қилиш;
- банк ҳисобварақларига масофадан туриб хизмат кўрсатиш тизими, шу жумладан, “Интернет-банкнинг” тизими орқали солиқларни ва бошқа мажбурий тўловларни тўлашнинг жорий этилиши;

- “бир ойна” тамойили бўйича юридик шахсларнинг кўчмас мулкка бўлган эгаллик ҳуқуқларини рўйхатга олиш ва бошқалар.

Ўзбекистон Республикасида тадбиркорлик соҳасини ривожлантириш бўйича қабул қилинган қонун ҳужжатлари ҳар томонлама мукамал равишда ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу қонун ҳужжатларининг ўз вақтида белгиланган талаблар доирасида бажарилиши юзасидан доимий мониторинг ўрнатиш ҳам ўз навбатида бугунги куннинг долзарб мавзуларидан биридир.

Импорт товарлар ўрнини босувчи маҳсулотларини мамлакатимизда ишлаб чиқариш бўйича Республика миқёсида Давлат дастурлари ишлаб чиқилиб, ушбу маҳсулотларни ишлаб чиқарувчи тадбиркорлик субъектларига бир қатор имтиёзлар яратиб берилаяпти.

Жумладан, кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни қўллаб-қувватлаш мақсадида Давлат божхона қўмитаси томонидан импорт ва экспорт товарларни электрон декларациялаш имконияти яратилди [5, 6]. Божхона органларига ахборот – коммуникация технологияларини жорий этиш мамлакатимиз миқёсида қабул қилинаётган қонун ва норматив ҳуқуқий ҳужжатлар талабларига мос эканлиги, шу ҳужжатлар асосида амалга оширилаётганлиги билан бир қаторда, у барча халқаро меъёрларни ҳам сақлашга ва ижросини таъминлашга қаратилган.



1-расм. Одатий декларация қилиш усули¹

Ахборот коммуникацион технологиялари орқали товарларни декларация қилиш одатий декларацияга қараганда божхона иши жараёнларини тезлаштириш ва тадбиркорлик субъекти қўллаб-

қувватлаш усулларида биридир [7]. Товарларни декларация қилиш уларни божхона органларига товар қабул қилингунигача товар ҳақидаги маълумотларни бериш мажбурий жараёнини ўз

¹ Маълумотлар асосида муаллиф ишланмаси.

ичига олади. Товарларни одатий декларациялаш амалга ошириладиган бўлса бир нечта кетма – кетликларни босиб ўтишга тўғри келади (1-расм). Одатий декларация қилиш усуллари божхона декларацияси магнитли ташувчида қоғозли ҳужжатлари (ҳақиқий ва нусха) XML форматда божхона органига топширилади. У ерда берилган маълумотлар миқдори ва божхона тўловлари текширилади. Кейин (агар ҳамма ҳаракатлар тўғри келса) декларация қилиш тугатилади.

Товар киришига рухсат берилади. Бу жараёнга тугатилишига эса уч кунгача вақт сарфланиши мумкин. Интернет технологиялари орқали декларациялаш божхона органлари ахборотларни реал вақт режимида йиғиш, назорат ва таҳлил қилиш, қайта ишлашга мўлжалланган бир қатор автоматлаштирилган тизимларни босқичма – босқич ишлаб чиқиш ва амалиётга тадбиқ этиш имконини берди [9]. Мазкур ахборот тизимлари билан божхона органлари фаолиятининг барча асосий йўналишларини қамраб олган бўлиб, улар:

- автомобил ва темир йўл транспортда юкларнинг етказилишини назорат қилиш;
- божхона омборларидаги товарларнинг ҳисобини юритиш ва назорат қилиш;
- электрон божхона юк декларациялари маълумотлари билан ишлаш;
- товарларни божхона қиймати тўғрилиги ва божхона тўловларининг тўлиқ ундирилишини назорат қилиш;
- божхона қоидабузарликлари ҳисобини юритиш ва назорат қилиш ва ҳоказо кўринишларда намоён бўлади.

Амалиётда жорий қилинган барча тизимлар ахборот хавфсизлиги талабларини ҳисобга илган ҳолда яратилган бўлиб, улар Давлат божхона кўмитасининг ягона автоматлаштирилган ахборот тизимига бирлаштирилган.

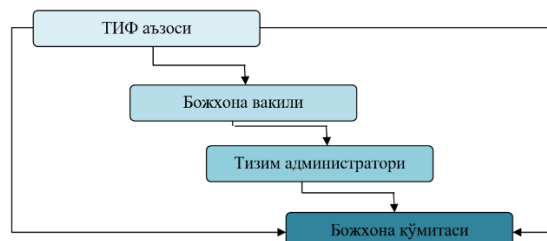
Товарларни электрон декларациялашда бир нечта аъзолар иштирокчи ҳисобланади ва улар ўз статусига қараб вазифаларни бажаришлари талаб этилади. Электрон декларация аъзолари тузилмаси 2-расмда келтирилган.

ТИФ (Ташқи иқтисодий фаолият) иштирокчилари ўзларининг товарларини декларация қилишлари мумкин. Ушбу ҳолатда товарларни декларация қилиш божхона вакили ва тизим администратори иштирокисиз амалга оширилади. ТИФ вакили божхона декларация қилиш учун ҳужжатлар тўпламини ўзи таёрлайди, ҳужжатларни божхона кўмитасига топширади ва маълумотлар тўлиқлигига, етказиш муддатига ва тўловига ва бошқаларга ўзи жавоб беради.

Электрон декларациялашда барча иштирокчиларнинг вазифалари белгилаб берилган. Қатнашувчилар ўзаро бир-бири билан алоқа ўрнатган ҳолдагина декларациялашни амалга

оширишлари мумкин. Қуйида иштирокчиларнинг вазифалари келтирилган:

ТИФ иштирокчилари – товарларни декларация қилиш учун божхона вакилига керакли ҳужжатларни топширади.



2-расм. Товарларни декларация қилиш аъзолари²

Божхона вакили – товарларни электрон декларация қилиш учун тизим администраторига электрон кўринишда керакли маълумотларни топширади.

Тизим администратори– “маълумотларни электрон намоиш этиш”ни интернет орқали божхона кўмитасига жўнатади.

Божхона кўмитаси – “маълумотларни электрон намоиш этиш” орқали жўнатилган маълумотни қабул қилади.

Интернет орқали ташкил этилган электрон декларация шахсан ёки воситачи ёрдамида бажарилишига қарамасдан, электрон декларация ТИФ вакиллари учун товарларни оддий декларация қилиш усулига қараганда қуйдаги фойдали жиҳатлари мавжуд:

- товарларни декларация қилишнинг қоғосиз тизими;
- божхона декларациясини амалга оширишнинг юқори тезлиги;
- керакли қурилмалар билан жиҳозланган ихтиёрий божхона постидан - товарларни божхона декларацияси қилиш имконияти;
- электрон декларация қилиш тизими махсус юкларни декларация қилишда жуда қулайлиги.

ТИФ вакилларига электрон декларация ўтказиш учун қуйдагилар зарур, биринчидан, расмийлаштиришдан ўтиш учун божхона назорати билимларига етарли даражада эга бўлиш. Иккинчидан, электрон декларация жараёни техник амалга ошириш учун дастурий таъминот ҳисобланади.

Таъкидлаш жоизки, давлатимизда кичик бизнес ва тадбиркорликни янада қўллаб-қувватлаш вазифаси ҳар қачонгидан кўра муҳим аҳамият касб этмоқда. Ушбу соҳалар янги иш ўринларини яратиб, бизнинг шароитимизда иш билан банд аҳоли даромадининг 70 фоиздан ортиғини ташкил этмоқда.

Бир нарсани алоҳида таъкидлаш керакки, пандемия (COVID-19) даврида иқтисодиётнинг барқарор ишлаши ва ривожланиши учун

² Маълумотлар асосида муаллиф ишланмаси.

тадбиркорлар давлат билан теппа-тенг ҳисса кўшдилар. Шунинг учун барчамиз тадбиркорларга елкадош бўлиб, уларни доимо кўллаб-қувватлашимиз, ишбилармонларнинг ҳақ-ҳуқуқларини, айниқса, хусусий мулк дахлсизлигини таъминлаш – барча даражадаги давлат органларининг асосий вазифаси бўлиб хизмат қилишига юртбошимиз томонидан ҳам алоҳида этибор қаратилмоқда.

Хусусан, муҳтарам Президентимиз айрим жойларда давлат органлари тизимидаги раҳбар ва мугасаддилар томонидан тадбиркорларнинг мулкка доир ҳуқуқларини бузиш ҳолатлари давом этаётганлиги туфайли бундай мансабдорларни маъмурий жавобгарликка тортиш бўйича Бизнес-омбудсманга ваколат беришни таклиф этдилар ва келгуси йилда “Солиқчи – кўмакчи” тамойили асосида тадбиркорлар учун уларнинг бизнес ҳамкорининг солиқ қарздорлиги ҳақидаги маълумотларни олиш имконияти яратилади” - деб таъкидлаб ўтдилар [3].

Сўнги 4 йилда иқтисодиётимизнинг барча жабҳаларига бозор механизмларини жорий этиш борасида жиддий қадамлар ташланди. Эндиги вазифа – чуқур таркибий ислохотлар орқали узоқ муддатли барқарор ўсишнинг пойдеворини яратишдан иборат. Бунинг учун кичик бизнес ва хусусий тадбиркорликни кенг қўллаб-қувватлаш бўйича кўплаб имтиёз ва энгилликлар берилиши керак. Мисол учун сўнги йилларда хусусий тадбиркорликни ривожлантириш, бизнес юритиш, иқтисодиётимизга маҳаллий ва хорижий инвестицияларни кенг жалб этиш учун зарур шароит ва қулай муҳит яратиш борасида улкан ишлар амалга оширилди.

Давлат ва назорат идораларининг корхоналар молиявий-хўжалик фаолиятига аралашувини кескин камайтириш ҳамда тадбиркорлик субъектларининг иқтисодий эркинлиги ва ҳуқуқларини сезиларли равишда кенгайтириш бўйича чоралар қабул қилинди. Янги ташкил қилинган кичик корхоналар ва микрофирмаларни режали солиқ текширувларидан озод этиш муддати икки йилдан уч йилга узайтирилди. Солиқ ва бошқа мажбурий тўловларни ўз вақтида тўлаётган, шунингдек ишлаб чиқаришнинг барқарор ўсиш суръатлари ва рентабеллигини таъминлаётган кичик тадбиркорлик субъектларида уч йил давомида солиқ текширувларини ўтказиш тақиқланди.

Жаҳон иқтисодий форуми томонидан қабул қилинган мамлакатларнинг глобал рақобатбардошлиги концепциясига кўра, халқаро бозорларда ўз экспортчиларини кўллаб-қувватлаш бирмунча институтлар ва воситаларини ташкил этган давлатларда самарали ҳисобланади.

Халқаро “Doing Business” рейтингда юқорига ҳаракатимиз нима учун хорижий инвестицияларнинг тегишлича ҳажми ошиши билан давом этмаяпти?” деган табиий савол туғилади. Маълумки, бу рейтинг мамлакатда, айниқса, кичик бизнес ва тадбиркорлик

соҳасида бизнес юритиш учун яратилган шароитлар ҳолатини баҳолайди. Ушбу рейтингнинг жами 11 та кўрсаткичидан фақатгина “Халқаро савдо” кўрсаткичи йирик ва стратегик инвесторларда қизиқиш уйғотади (афсуски, ушбу кўрсаткич бўйича мамлакатимиз 2020 йилда 152-ўринни эгаллади).

Ўзбекистон Республикасида амалга оширилаётган ижтимоий-иқтисодий, сиёсий ислохотлар ташқи иқтисодий фаолиятга, уни эркинлаштиришга ва ушбу йўналишда бундан кейин амалга ошириладиган ислохотларга янгича ёндашиш зарурлигини тақозо этмоқда. Бу ўз навбатида давлатнинг халқаро ҳуқуқ соҳасида ҳамкорлик қилиш ва Ўзбекистон Республикасида божхона ишини тартибга солиш муаммоларига давлат томонидан янгича ёндашишнинг пайдо бўлишига сабаб бўлмоқда. Республикада ташқи иқтисодий фаолиятни либераллаштириш, инвестицион жозибадорликни ошириш ва мамлакатнинг экспорт салоҳиятини мустаҳкамлаш бўйича белгиланган вазифалар тизимли равишда амалга оширилмоқда.

Жаҳон тажрибасининг кўрсатишича, очиқ бозор иқтисодиётига ўтиш шароитида экспорт салоҳиятини ривожлантириш ва миллий экспортёрларга ҳар томонлама кўмак бериш самарали ташқи иқтисодий фаолиятнинг асоси ва мамлакат иқтисодий ҳавфсизлигининг гарови бўлиб хизмат қилади. Ўзбекистон учун бу ҳол алоҳида аҳамият касб этади, чунки фақат экспортни ривожлантириш орқали, ҳаёт учун муҳим товарлар импортини қисқартирмаган ҳолда савдо балансининг мусбат сальдосига эришиш мумкин. Бунинг учун биз янада кўпроқ хорижий инвестицияларни жалб этишимиз, кичик бизнес ва тадбиркорликни ривожлантириш орқали янги истиқболли лойиҳаларни амалга оширишимиз, қолаверса, замонавий технологияларни жорий этиш орқали мамлакатимизда, импорт ўрнини босувчи маҳсулотларни ишлаб чиқаришимиз керак бўлади. Шу билан бирга, мамлакатда қулай инвестиция муҳитини яратиш ва тадбиркорлик фаолиятини ривожлантиришга тўсқинлик қилувчи бир қатор тизимли муаммолар сақланиб қолинмоқда.

Ушбу муаммоларга ечим излаш, уларни бартараф қилиш олдимизда турган долзарб вазифалардан биридир, зеро кичик бизнес ва тадбиркорлик мамлакат иқтисодиётининг таянчи ҳисобланади. Ташқи иқтисодий фаолият иштирокчилари ва инсофли тадбиркорларни рағбатлантириш учун божхона идоралари томонидан уларга қўйилган маъмурий тўсиқларни камайтириш бўйича деярли ҳеч қандай механизмлар қўлланилмаганлиги, асосий камчилигимиз бўлиб қолаётган эди. Бу борада Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 24 ноябрдаги “Божхона маъмуриятчилигини такомиллаштириш ва Ўзбекистон Республикасида Давлат божхона хизмати органлари фаолиятини самарадорлигини ошириш бўйича кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 5582-сон Фармонининг қабул қилиниши алоҳида аҳамият касб этади. Ушбу

Фармон билан божхона органлари олдига бир қатор вазифалар қўйилди. Шундай вазифалардан бири Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси томонидан белгиланадиган талабларга жавоб берадиган инсофли ташқи иқтисодий фаолият иштирокчиларига соддалаштирилган божхона тартиб-таомилларидан фойдаланиш ҳуқуқини тақдим этишни назарда туғувчи халқаро стандартларга мувофиқ ваколатли иқтисодий операторлар институтининг жорий этилишидир.

Ваколатли иқтисодий оператор - божхона операцияларини амалга оширишда соддалаштирилган божхона тартиб-таомилларидан фойдаланиш учун юридика шахсларга бериладиган мақом. Жаҳон тажрибасига назар солсак, ушбу мақом ҳозирги кунда дунёнинг кўплаб мамлакатларида мавжуд.

Тадбиркорлик субъектларига яратилаётган яна бир қулайликлардан бири бу, Бирлашган Миллатлар Ташкилотининг Савдо тартиб-таомилларини соддалаштириш ва электрон иш амалиётлари бўйича марказнинг тавсиялари ва йўл-йўриқ таомиллари мезонларига жавоб берадиган “Ягона дарча” божхона ахборот тизимини жорий этилишидир.

Ташқи иқтисодий фаолият соҳасидаги давлат хизматларининг шаффофлигини ошириш ва мавжуд очик маълумотлардан эркин фойдаланиш имкониятларини яратиш мамлакатнинг иқтисодий манфаатларини ҳисобга олган ҳолда экспорт-импорт операцияларининг мутаносиблигини таъминлаш, кичик бизнес ва тадбиркорлик фаолиятини жадал ривожлантириш, инвестициявий жозибдорлигини ҳамда экспорт салоҳиятини ошириш, аҳолининг турмуш шароити ва сифатини яхшилашнинг энг муҳим шартларидан ҳисобланади.

Юқоридаги вазифаларни бажариш билан бир қаторда, Ваколатли иқтисодий операторлар томонидан олиб қириладиган товарлар ҳақида божхона органга олдиндан хабар бериш;

- тегишли назорат процедураси амалга ошириладиган вақтда олиб қириладиган товарлар ҳақидаги жаҳон бозоридаги аниқлаштирилган нарх маълумотлари билан таъминлаш;

- божхона чегараси орқали товар ва транспорт воситаларини олиб ўтишда, жисмоний шахслар ва уларнинг юқларини ўтказишда кенг тармоқли хавфни бошқариш тизими моделларидан фойдаланиш;

- ҳужжатлар ва маълумотларни электрон шаклда тақдим этиш, шу аснода товарларни электрон декларациялаш имкониятларини кенгайтириш;

- мувофиқлик сертификати, санитария-эпидемиология ҳулосаси, экологик сертификат мавжуд бўлиши талаб этиладиган товарларни “Ягона дарча” божхона ахборот тизимида уларнинг берилиши тасдиқланган тақдирда, импорт қилишга рухсат бериш имконияти яратилди.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёевнинг Олий Мажлисга Мурожаатномаси. 2020 йил 29 декабрь.

2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Аҳолини тадбиркорликка жалб қилиш тизимини такомиллаштириш ва тадбиркорликни ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги ПҚ-4862-сон қарори. 2020 йил 14 октябрь.

3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Божхона маъмуриятчилигини такомиллаштириш ва Ўзбекистон Республикаси Давлат божхона хизмати органлари фаолиятини самарадорлигини ошириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 5582-сон Фармони. 2018 йил 24 ноябрь.

4. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Божхона маъмуриятчилигини ислоҳ этиш ва Ўзбекистон Республикаси давлат божхона хизмати органлари фаолиятини такомиллаштириш тўғрисида”ги ПФ-6005-сон Фармони. 2020 йил 5 июнь.

5. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг “Ваколатли иқтисодий операторлар тўғрисидаги низомни тасдиқлаш ҳақида”ги 500-сон қарори. 2020 йил 24 август.

6. Дадабоев О., А. Саидов, Божхона органлари фаолиятида ахборот технологияларидан фойдаланиш методологияси. “Божхона органлари фаолияти самарадорлигини оширишнинг назарий ва амалий муаммолари” мавзусидаги Республика конференцияси материаллари, 2012, Тошкент., 108 – 110 б.

7. Саидов А., М. Мирбобоев, Ш. Алметов, Н. Ғаниева, И. Бобоқулов. “Божхона органларининг ахборот тизимлари асослари” – II том. Тошкент – 2016. б 421

8. Резер С.М., Прокофьева Т.А., Гончаренко С.С. Международные транспортные коридоры: проблемы формирования и развития. - М.: ВИНТИ РАН. - 2010. - С.20.

Karimjonova M., Jumanova G.

Small business and private entrepreneurship and the digital economy

This paper analyzes the development of small business in the country, as well as the role and importance of small business in the further development of the economic potential of the republic and technology provided by the State Customs Committee to support small business and private entrepreneurship technology for electronic declaration of imported and export goods.

Key words: Entrepreneurship, small business, investments, currency conversion, economic development, income, welfare of the population, export, import, foreign economic activity (FEA), electronic customs, declaration, customs authorities, goods.

UDK 004.093

Baltaev R.D., Maksudov M.M., Hakimova M.T., Raxmanov F.SH.

Raqamlashtirish jarayonida katta hajmdagi ma'lumotlar (Big data) bilan ishlashning asosiy texnologiyalarining tahlili

Ushbu maqola mamlakatni raqamlashtirish va raqamli iqtisodiyotni yangi bilimlar va katta daromadlar asosi bo'lgan katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlashning asosiy texnologiyalari va ularni tahlil qilish usullariga bag'ishlangan. Katta hajmdagi ma'lumotlarning tahlil texnologiyalarining bozor holatini prognozlash, marketing va sotishni optimallashtirish, mehnat unumdorligini oshirish va asosiy fondlar holatini monitoringi masalalarini yechishdagi samaradorligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: katta hajmdagi ma'lumotlar, raqamlashtirish, axborot, samaradorlik, raqamli texnologiyalar, katta ma'lumotlar, ma'lumotlar massivlari, samarali logistika, kommunikatsiya, statistik baholash.

Kirish. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.Mirziyoevning raqamli texnologiyalar to'g'risida aytgan quyidagi gaplarini keltirish o'rinlidir: "Shu bois, raqamli iqtisodiyotga faol o'tish-kelgusi 5 yildagi eng ustuvor vazifalarimizdan biri bo'ladi. Raqamli texnologiyalar nafaqat mahsulot va xizmatlar sifatini oshiradi, ortiqcha harajatlarni kamaytiradi. Shu bilan birga, meni juda qattiq tashvishga soladigan va bezovta qiladigan eng og'ir illat - korrupsiya balosini yo'qotishda ham ular samarali vositadir".

"Raqamli O'zbekiston – 2030" Strategiyasini amalga oshirish dasturi doirasida hamda sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish va ularni mamlakatimizda keng qo'llash, raqamli ma'lumotlardan foydalanish imkoniyatini va ularning yuqori sifatini ta'minlash maqsadida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 17 fevralda "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori qabul qilindi.

Mazkur qaror bilan "2021-2022 yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarini o'rganish va joriy etish bo'yicha chora-tadbirlar dasturi" belgilangan. Dasturga asosan Sun'iy intellektni rivojlantirish strategiyasini ishlab chiqish sohasida ustuvor yo'nalishlardan biri bo'lib, sun'iy intellektni mashina yordamida o'qitish uchun katta hajmda davlat tilidagi raqamli ma'lumotlarni shakllantirish, Sun'iy intellekt texnologiyalari va katta ma'lumotlar bilan ishlash uchun superkompyuter va «bulutli» platformalarni rivojlantirish, shuningdek, davlat tilidagi nutqni tahlil va sintez qilishni qo'llovchi dasturiy mahsulotlarni ishlab chiqish belgilangan.

2. Masalaning qo'yilishi. Bugungi kunda raqamli texnologiyalar hayotning barcha sohalarida faol qo'llanilmoqda.

Jumladan: iqtisodiyot, sog'liqni saqlash, qishloq ho'jaligi, turizm, transport, bank, xizmat sektori, shuningdek, ta'lim jarayonini ham tez sur'atlarda rivojlantirishga xizmat qilmoqda.

Raqamlashtirish jarayonida axborot tizimlari va ma'lumotlar bazalari, axborot kommunikatsiya texnologiyalari infratuzilmasining mustahkamligi asosiy omil bo'lib hisoblanadi.

Mamlakatda yashayotgan barcha fuqarolar, jumladan, yosh bolalardan tortib nafaqaxo'rlarning ham ongida raqamli texnologiyalar orqali jamiyatdagi barcha muammolarni hal qilish mumkin degan fikrni

shakllantirmoqda. Bundan tashqari, ishlab chiqarish va boshqaruv jarayonlarining avtomatlashtirilishi, masalan bank sektorida, robotlar va ishchilar o'rtasidagi raqobat masalasi ham ko'tarilmoqda. Raqamlardan foydalanishga asoslangan hamda joriy etilgan texnologiyalar orqali shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish, robotlar va tashkilotlar xodimlari o'rtasidagi raqobatning huquqiy jihatlari bilan bog'liq masalalar tobora ko'proq e'tiborga olinmoqda. Ichki kommunikatsiya jarayonida asosiy vazifa, xodimlarning o'zaro hamkorligini tashkil etish va raqamli transformatsiya muhitini rivojlantirish bo'lib qolmoqda.

Bugungi kunda katta hajmdagi ma'lumotlar raqamlashtirish hamda raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishning asosiy texnologiyalaridan biriga aylanmoqda desak, mubolag'a bo'lmaydi.

Misol qilib, korxonada xodimning ayrim texnik ishlari katta hajmdagi ma'lumotlar (Big Data) va machine learning ga asoslangan dasturlar asosida amalga oshirilib, uning o'rnini kompaniyaning inson kapitali va ish beruvchining brendini rivojlantirishga yo'naltirilgan HR-mutaxassis egallayotganligi olsak bo'ladi.

3. Masalani yechish uslubi. Katta hajmdagi ma'lumotlar (Big Data) - bu 2000-chi yilning oxirlarida paydo bo'lgan va an'anaviy ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimlari va Business Intelligence sinfi yechimlariga muqobil, hamda dasturiy vositalar bilan samarali ishlov berish mumkin bo'lgan ulkan hajmdagi, xilma-xillikdagi, tuzilmali va tuzilmasiz ma'lumotlarning belgilanishi hisoblanadi.

Big data – bu turli xildagi ma'lumotlarning katta to'plami hisoblanadi. Ulardan foydalanishda samara keltirishi uchun ulardagi qandaydir foydali qonuniyatlarni topish kerak, masalan o'xshashliklar, farqlar, umumiy toifalar va boshqalar. Bunday qonuniyatlarni izlash jarayoni **Data mining** - ma'lumotlarni "qazib olish" yoki ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish deb ataladi.

Katta hajmdagi ma'lumotlardan turli texnologiyalar, masalan yechimlar daraxtini qo'llashga asoslangan tasniflash, modellashtirish va prognozlash usullari, neyron tarmoqlari, genetik algoritmlar va boshqa metodlar yordamida yangi foydali ma'lumotlarni "qazib olish" mumkin. Ma'lumotlarni "qazib olish" usullariga statistik usullar ham kiradi.

Big Data - bu har xil vositalar, yondashuvlar va tarkibiy tuzilmalarni qayta ishlash usullari bo'lib, ularni

ma'lum vazifa va maqsadlarda ishlatish uchun foydalaniladi, katta ma'lumotlar toifasiga kuniga 100 gb dan ortiq ma'lumot oqimlari kiradi.

Yuqoridagi ta'riflardan kelib chiqib, katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlashning quyidagi asosiy tamoyillarini keltirishimiz mumkin:

Gorizontal masshtabga egaligi. Bu - katta ma'lumotlarni qayta ishlashning bazaviy tamoyilidir. Bugungi kunda katta ma'lumotlar ko'payib bormoqdaligi sababli, unumdorlikni pasaytirmagan holda ma'lumotlar taqsimlanadigan hisoblash tugunlarining sonini ko'paytirish kerak.

Barqaror turg'unlik. Ushbu tamoyil oldingidan kelib chiqadi. Klasterdagi hisoblash tugunlari juda ko'p bo'lishi mumkin (ba'zan o'n minglab) va ularning soni ortib boradi va bu holda mashinalarning ishdan chiqishi ehtimoli ortadi. Shu sababli, katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash usullari bunday vaziyatlarning mavjudligini hisobga olishi va profilaktik chora-tadbirlarni ko'zda tutishi kerak.

Ma'lumotlarning lokalligi. Ma'lumotlar ko'p sonli hisoblash tugunlarida taqsimlanganligi sababli, agar ular jismonan bitta serverda joylashgan bo'lib, boshqa serverda qayta ishlanayotgan bo'lsa, ma'lumotlar uzatish harajatlari asossiz katta bo'lib ketishi mumkin. Shuning uchun, ma'lumotlarni qayta ishlash ular saqlanayotgan huddi shu mashinada amalga oshirilishi kerak.

Katta hajmdagi ma'lumotlarni taxlil qilishning quyidagi usullarini keltirish mumkin:

Data mining (ma'lumotlarni qazib olish, ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish) usullari - ma'lumotlardagi qabul qilish uchun zarur bo'lgan, ilgari noma'lum bo'lgan, ahamiyatsiz, lekin amaliy foydali bilimlarni aniqlash usullari to'plamidir. Bunday usullar to'plami, jumladan, assotsiativ qoidalarga o'qitish (association rule learning), tasniflash (toifalarga bo'lish), klasterli tahlil, regression tahlil, xatoliklarni aniqlash, tahlil qilish va boshqalarni o'z ichiga oladi.

Data mining bir necha asosiy vazifalarni hal qiladi:

- tasniflash - ma'lumotlarni oldindan ma'lum bo'lgan sinflarga taqsimlash.
- klasterlash - ma'lumotlarning bir-biriga o'xshashlik darajasiga ko'ra guruhlarga taqsimlanishi. Masalan, do'kondagi xatti-harakatlari asosida mijozlarning turli portretlarini tuzish.
- assotsiatsiya - qaytarilayotgan ma'lumotlar namunalarni qidirish. Misol uchun, mijozlarning cheklarida bir xil mahsulotlar to'plami.
- regression tahlil - berilgan parametrga ta'sir etuvchi muhim omillarni topish.
- farqlar tahlili - odatdagidan keskin farq qiluvchi tipik bo'lmagan ma'lumotlarni aniqlash.

Kompaniyalarning ma'lumotlar bilan bog'liq ko'pgina vazifalarini hal qilishda Data mining dan foydalaniladi. Masalan, regression tahlil yordamida risklarni baholash mumkin, klasterlash yordamida mijozlarni segmentlash mumkin, assotsiatsiyalarni

ma'lumotlarga talabini aniqlashni bashorat qilish mumkin va hokazo.

Kraudsorsing - mehnat munosabatlariga a'zo bo'lmagan ishni amalga oshiradigan noaniq shaxslar tomonidan ma'lumotlarni tasniflash va boyitish hisoblanadi. Odatda katta hajmdagi ma'lumotlar (Big Data)ning taxlili bilan kompyuterlar shug'ullanadi, ba'zida bu ishlarni insonlarga ham yuklatiladi. Bu maqsadlarni amalga oshirish uchun kraudsorsing mavjud, ya'ni qandaydir muammoli masalalarni yechish uchun insonlar guruhini jalb qilishdir. Faraz qilaylik, bizda katta hajmdagi qayta ishlanmagan ma'lumotlar mavjud. Masalan, do'konlarning sotuv to'g'risidagi yozuvlari, ko'pincha tovarlar to'g'risidagi ma'lumotlar xatolar bilan yoki qisqacha yoziladi.

Agarda qo'yilgan masala bir martalik bo'lsa va uni yechish uchun murakkab sun'iy intellekt tizimini yaratish ma'noga ega bo'lmasa kraudsorsingdan foydalanish maqul hisoblanadi. Agar katta hajmdagi ma'lumotlarni har doim taxlil qilib turish zarur bo'lsa, u holda Data Mining yoki mashinali o'qitishga asoslangan tizim kraudsorsingga qaraganda arzonroq tushadi. Bundan tashqari matematik usullarga, masalan statistika yoki imitatsion modellashtirishga asoslangan murakkab taxlillar bilan kompyuterlarda ish bajarish oson amalga oshiriladi.

Ma'lumotlarni aralashtirish va integratsiya qilish (data fusion and integration) - chuqur tahlil o'tkazish maqsadida turli xil manbalardan olingan ma'lumotlarni birlashtirishga imkon beruvchi texnikalar to'plami (masalan, signallarni raqamli qayta ishlash, tabiiy tillarni qayta ishlash va boshqalar).

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, Big data bilan ishlash turli manbalardan turli xildagi ma'lumotlarni yig'ish bilan bog'liq. Bu ma'lumotlar bilan ishlash uchun ularni bitta qilib yig'ish kerak. Ularni bitta bazaga tashlash mumkin emas, ya'ni turli manbalar turli formatdagi va turli parametrlar bilan ma'lumotlar berishi mumkin. Bu paytda ma'lumotlarni aralashtirish va integratsiya qilish, ya'ni turli hildagi ma'lumotlarni bir ko'rinishga olib kelish qo'l keladi.

Turli manbalardagi ma'lumotlardan foydalanish uchun quyidagi usullar ishlatiladi:

- ma'lumotlarni bitta formatga keltiriladi: rasmlari matnni tanib oladi, xujjatlarni yig'adi va matnni raqamga o'tkazadi;
- ma'lumotlarni to'ldiradi: agar bitta obekt to'g'risida ikkita ma'lumotlar manbasi bo'lsa, to'laroq ma'lumotga ega bo'lish uchun birinchi manba ma'lumotlari ikkinchisi bilan to'ldiriladi;
- tahlil uchun ortiqcha ma'lumotlarni olib tashlanadi.

Agar bir nechta turli ma'lumotlar manbalari mavjud bo'lsa va bu ma'lumotlarni majmuada tahlili zarur bo'lsa, ma'lumotlarni aralashtirish va integratsiya qilish kerak bo'ladi. Masalan, do'kon tovarlar sotuvini oflayn yoki internet orqali amalga oshirmoqda. Sotish va sotib olish to'g'risidagi to'liq ma'lumotni olish uchun ma'lumotlar to'plamini yig'ish zarur: kassa cheklari, ombordagi qolgan tovarlar miqdori, internet -buyurtmalar va

boshqalar. Bu hamma ma'lumotlar turli joylardan kelib tushadi va turli formatga ega bo'ladi. Bu ma'lumotlar bilan ishlash uchun ularni bitta ko'rinishga keltirish kerak.

Ma'lumotlarni integratsiya qilishning an'anaviy usullari asosan ETL jarayoniga asoslangan, ya'ni ma'lumotlarni chiqarib olish, o'zgartirish va yuklash, ya'ni ma'lumotlarni manbalardan oladi, tozalaydi va omborga yuklaydi. Bu ishlarini amalga oshirish bo'yicha katta hajmdagi ma'lumotlar ekotizimining maxsus instrumentlari Hadoop dan boshlab to ma'lumotlar bazasi NoSQL ham o'zining yondashuvlariga ega.

NoSQL (ing. tilidan olingan Not Only SQL, nafaqat so'rovlar ro'yxati SQL) - turli relyatsion bo'lmagan ma'lumotlar bazalari va ularni saqlash uchun umumiy atama bo'lib, ma'lum bir texnologiya yoki mahsulotni bildirmaydi. An'anaviy relyatsion ma'lumotlar bazalari juda tez va bir xil turdagi so'rovlar uchun mos keladi va katta ma'lumotlarga xos bo'lgan murakkab, moslashuvchan qurilgan so'rovlarda og'irlik o'rtacha chegaradan oshib ketadi va MBBT dan foydalanish samarasiz bo'ladi.

Hadoop - yuzlab va minglab tugunlardan iborat klasterlarda ishlovchi taqsimlangan dasturlarni ishlab chiqish va amalga oshirish uchun erkin tarqatiladigan yordamchi dasturlar, kutubxonalar va ramkalar to'plamidir. Bu katta hajmdagi ma'lumotlarning asosiy texnologiyalaridan biri bo'lib, bir necha terabaytdan tortib petabaytgacha bo'lgan ma'lumotlar omborlarini saqlash va boshqarish uchun taqsimlangan fayl tizimi hisoblanadi.

Big Data texnologiyalari quyidagi vazifalarni hal qilishda katta samara berishi mumkin:

- bozor holatini prognoz qilish
- savdo marketingi va optimallashtirish
- mahsulotni takomillashtirish
- boshqaruv qarorlarini qabul qilish;
- mehnat unumdorligini oshirish;
- samarali logistika;
- asosiy fondlarning holatini monitoring qilish.

Ishlab chiqarish korxonalarida katta hajmdagi ma'lumotlar sanoat buyumlar interneti texnologiyalarini joriy etish natijasida ham xosil bo'ladi. Ushbu jarayon davomida mashina va stanoklarning asosiy qismlari va detallari sensorlar, ijro etuvchi qurilmalar, nazoratchilar va ba'zan chegara (tumanli) hisob-kitoblarni amalga oshirishga qodir arzon protsessorlar bilan ta'minlanadi.

Ishlab chiqarish jarayonida doimiy ma'lumotlar yig'ish va ularni oldindan qayta ishlash (masalan, filtrlash) amalga oshiriladi.

Analitik platformalar real vaqtda ushbu axborot massivlarini qayta ishlaydi, natijalarni eng qulay shaklda taqdim etadi va undan kelajakda foydalanish uchun saqlaydi. Olingan ma'lumotlarni tahlil qilish asosida uskunaning holati, uning ishlash samaradorligi, ishlab chiqarilayotgan mahsulotning sifati, texnologik jarayonlarga o'zgartirish kiritish zarurligi haqida hulosalar chiqariladi.

4. Xulosa va takliflar. Aytish mumkinki, katta hajmdagi ma'lumotlar mehnat va kapital resurslari bilan bir qatorda barcha resurslarni samarali ko'paytirish manbai bo'ladi. Katta ma'lumotlardan foydalanish korxonalar va kompaniyalarning raqobatda ustunlikka erishishiga hamda o'sishiga asos bo'ladi. Katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish mehnat unumdorligi yangi to'lqinining asosi bo'ladi. Korxonalarda va kompaniyalarda katta hajmdagi ma'lumotlar texnologiyalaridan samarali foydalanish uchun axborot tizimini yagona raqamli platformaga o'tkazish zarur. Bu esa ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va tahlil qilish tezligini oshishiga olib keladi, ma'lumotlar bazasidagi axborotlarni konfidensialligini ta'minlash darajasi hamda ma'lumotlar bazasi hajmi ortadi.

Katta hajmdagi ma'lumotlarni samarali tahlil qilish natijalariga ko'ra, korxonalarda texnologik rejimlarni o'zgartirish istiqbollari, xizmat ko'rsatadigan xodimlarni kamaytirish yoki qayta taqsimlashni hisoblab chiqish, kelajakda korxonaning yanada rivojlanishi bo'yicha strategik qarorlar qabul qilish imkoni yaratiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Teshabaev T., Gulyamov S.S. Xayitmatov U.T., Ayupov R.X.. Raqamli iqtisodiyot va dasturlash asoslari. Izoxli lug'at. Toshkent. 2021 y. "Davr Matbuot Savdo" MChJ, 15.5 b.t.

2. Gulyamov S.S., Shermuxamedov A.T., Xayitmatov U.T. Статистический анализ цифровой экономики в Узбекистане. "O'zbekiston transport tizimida raqamli va innovatsion texnologiyalarni iqtisodiy samaradorligini baholashning dolzarb masalalari". Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjuman maqolalari to'plami. Toshkent, 2021, 6-11 b.

3. Gulamov S.S., Shermukhamedov A.T., Haitmatov U.T.. Methodological aspects of statistical analysis of the digital economy in Uzbekistan. // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. 2021, Issue 03, Volume 95. – 70-76 pp. SKOPUS 2.0

4. Begalov B.A., Gulyamov S.S., Xayitmatov O.T.. Milliy statistika tizimini samaradorligini oshirishda katta hajmdagi ma'lumotlar (Big data) tahlili texnologiyalaridan foydalanish. Statistik ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va tarqatishda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari rolini oshirish. Respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami. T. 2020.

5. Leskoves Yu., Radjaraman, A., Ulman D.. Анализ больших наборов данных. - М. : ДМК Пресс, 2016.

6. Medetov A. A.. Термин Big Data и способы его применения // Молодой ученый. - 2016. - № 11. - С. 207-210.

7. Fillips T.. Управление на основе данных. Как интерпретировать цифры и принимать качественные решения в бизнесе. - М. : 2017.

Baltayev Rustam Djaxangirovich -
“O‘zkomnazorat” davlat inspeksiyasi Boshqarma
boshlig‘i, mustaqil izlanuvchi. e-mail: r.baltaev@gis.uz

Maksudov Mirzoxid Mirvasikovich -
“O‘zkomnazorat” davlat inspeksiyasi yetakchi
mutaxassisi, mustaqil izlanuvchi. e-mail:
m.maksudov@gis.uz

Xakimova Maftuna Talxatbek qizi -
“O‘zkomnazorat” davlat inspeksiyasi 1-toifali
mutaxassisi. e-mail: m.xakimova@gis.uz

Raxmanov Farxod Shakirovich -
“O‘zkomnazorat” davlat inspeksiyasi bosh mutaxassisi.
e-mail: f.raxmanov@gis.uz

**Baltaev R.D., Maksudov M.M., Xakimova M.T.,
Raxmanov F.SH.**

**Main technologies and methods of analyzing of
big data in the process of digitization**

This article focused on the main technologies and methods of analyzing of digitalization and digital economy related with big data that are the basis of new knowledge and huge incomes. The article demonstrates the efficiency of big data analysis technologies in forecasting market conditions, optimizing marketing and sales, increasing labor productivity and monitoring the condition of fixed assets.

Key words: digitization, information, efficiency, digital technologies, big data, massive data, efficient logistics, communication, statistical assessment.

UDK 519.682

Axatov A.R., Rashidov A.E.

Big Data va unig turli sohalardagi tadqiqi

Hozirgi vaqtda ma'lumotlar oqimining oshib borishi va qayta ishlanadigan ma'lumotlar ko'lami ko'payishi bu ma'lumotlarni noodatiy holda saqlash hamda qayta ishlashni taqozo qilib bormoqda. Bundan kelib chiqib katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlashga mo'ljallangan axborot tizimlaridagi ma'lumotlarni Big Data sifatida qarash hamda Big Data algoritmlari asosida qayta ishlash bir qancha samaradorliklarga olib keladi. Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlarni avtomatlashtirilgan holda boshqarishni tashkil qilish, avtomatlashtirilgan tizimlar tarkibidagi ma'lumotlarni Big Data sifatida qayta ishlash algoritmlarini ishlab chiqish hamda Big Data sinfidagi ma'lumotlar ishonchligini ta'minlash asosiy vazifalardan biri hisoblanadi. Mazkur tadqiqot ishida katta hajmdagi (Big Data) ma'lumotlarning xarakteristikalari va katta hajmdagi ma'lumotlarning o'rganilganlik darajasi tizimli tahlil qilingan. Katta hajmdagi ma'lumotlarda uchraydigan muammolar va bu muammolarni hal etishning yondashuvlari batafsil keltirilgan. Bundan kelib chiqib katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash to'liq o'rganilmagan va katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash model va algoritmlarini ishlab chiqish hamda amaliyotga qo'llash dolzarb tadqiqot vazifalarini belgilab beradi.

Kalitli so'zlar. Axborot tizimlari, ma'lumotlar oqimi, Big Data, 3 V xossalari, ma'lumotlar turli xilligi, ma'lumotlar manbalari turli xilligi, ma'lumotlar ishonchligi, o'zgaruvchanlik, vizuallashtirish, strukturalashgan va strukturalashmagan ma'lumotlar, raqamlashtirish, O'zbekistonda Big Data.

1. Kirish

Hozirgi vaqtda insonlar ish faoliyatidagi va kundalik turmushidagi ko'plab jarayonlarning raqamlashtirilishi, turli xil ijtimoiy tarmoq platformalari va bloglarning paydo bo'lishi, binolarga, hududlarga, qurilma va mexanizmlarga ular va ular atrofidagi vaziyat bo'yicha ma'lumotlarni yetkazib turuvchi apparatlarning joylashtirilishi, qo'lda ishlatiladigan raqamli qurilmalar, taqiladigan moslamalar va internetdan foydalanish darajasining yuqori darajada o'sishi natijasida juda ko'p turli xildagi ma'lumotlar oqimi vujudga kelmoqda. Natijada katta va kichik serverlarda hamda shaxsiy qurilmalarda hozirgi zamonaviy texnologiyalar yordamida qayta ishlash murakkab bo'lgan, misli ko'rilmagan darajada katta ma'lumotlar hosil bo'lmoqda. Bu katta ma'lumotlar ularni saqlash va qayta ishlash bilan bog'liq bir qancha muammolar hosil qilishi bilan birgalikda, ularni qayta ishlash atrofimizda sodir bo'lgan, bo'layotgan va sodir bo'ladigan jarayonlar sababini to'liq o'rganishga asos bo'lishi mumkin. Shu maqsadda butun dunyoda bugungi kunda ushbu Big Data deb ataladigan katta ma'lumotlar oqimini tadqiq va tadqiq etish bo'yicha juda ko'plab ilmiy va amaliy ishlar olib borilmoqda.

Yuqorida aytib o'tilganidek xorijlik tadqiqotchilar va IT (inglizcha: Information Technology) kompaniyalari tomonida Big Data ni tadqiq etish va uni ijtimoiy-iqtisodiy va siyosiy sohalarda tadqiq etish bo'yicha ko'plab tadqiqot ishlari olib borilgan, natijalar olingan va bu jarayon hozirgi kunda ham jadallik bilan davom ettirilmoqda. Olingan xulosalarga asoslanib ko'plab zamonaviy davlat va nodavlat tashkilotlari o'z ish faoliyati samaradorligini oshirish, raqobatbardoshligini saqlash va barqaror rivojlanish maqsadida Big Data texnologiyalarini o'z faoliyatlarida qo'llashni tadqiq etishmoqda.

Ushbu tadqiqot ishida Big Data, uning xususiyatlari hamda xorijlik tadqiqotchilar tomonidan hozirgi kungacha Big Data ga oid olib borilgan tadqiqotlar va ularning turli sohalarga tadqiqi tizimli tahlil qilingan. Bundan tashqari maqolada Big Data ning O'zbekiston sharoitidagi turli sohalardagi tadbiqlari, istiqbollari,

muammolari va yechimlari bo'yicha yondashuvlar keltirilgan.

2. Big Data sinfidagi ma'lumotlar va ularning xususiyatlarini tizimli tahlil qilish

XX asrning oxirlariga kelib ko'plab ma'lumotlarning raqamlashtirilishi va bu jarayon dunyo bo'ylab ko'plab davlatlar va tashkilotlar tomonidan qo'llab quvvatlanishi natijasida XXI asrning boshlaridan boshlab juda katta hajmdagi ma'lumotlar oqimini hosil qiluvchi manbalarning paydo bo'lishiga olib keldi. Natijada bugungi kunda ushbu manbalardan hozirgi axborot kommunikatsiya texnologiyalari yordamida saqlash va qayta ishlash murakkab bo'lgan katta ma'lumotlar oqimi hosil bo'lmoqda. IBM ma'lumotlariga ko'ra, ushbu manbalardan har kuni 2,5 kvintillion ($2,5 \times 2^{60}$) bayt ma'lumot ishlab chiqarilmoqda va shuning uchun bugungi kunda dunyodagi mavjud ma'lumotlarning 90% so'nggi ikki yil ichida shakllangan deyish mumkin [1]. IDG (International Data Group) olimlari D. Reinsel, J. Gantz va J. Rydninglar o'z tadqiqot ishlarida 2018-yilda "Raqamli koinot" ning hajmi 33 Zettabaytga yetganligini va bu ko'rsatgich 2025-yilga kelib 175 Zettabaytga yetishini bashorat qilishmoqda [2].

Yuqorida aytilgan katta ma'lumotlar oqimi qanchalik katta ekanligini tushunish uchun quyidagi mexanizmni qarab o'tamiz: Yuqoridagi fikrlardan bir kunda ishlab chiqarilayotgan 2,5 kvintillion bayt ma'lumotni bir kishi ushbu ma'lumotlar saqlanayotgan serverlardan yuklab olish uchun u o'rtacha 250 Mbps (hozirgi vaqtdagi dunyo bo'yicha internetdan ma'lumot yuklab olishning eng yuqori tezligi 245,50 Mbps (<https://www.speedtest.net/> – Speedtest global indeksi, har oyda dunyo bo'ylab internet tezligi reytingi aniqlovchi dinamik sayt)) tezlik bilan ma'lumotlarni yuklab olganda ham unga 70000 yilga yaqin vaqt kerak bo'ladi.

Ma'lumotlarning bu qadar tez sur'atlarda o'sib borishi ilm-fan sohasida ushbu ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlashga doir yangi "Big Data" - katta ma'lumotlar atamasining paydo bo'lishiga olib keldi. Terminning

birinchi ta'rif 1997-yilda NASA ning ikkita tadqiqotchisi Maykl Koks va Devid Ellsvort tomonidan kiritilgan, 1998-yilda Silicon Graphics Inc (SGI) tadqiqotchisi Jon R. Mashey ushbu konsepsiyadan foydalangan va bir yildan so'ng Brayson va boshqalar hisoblash mashinalari assotsiatsiyasi (ACM) uyushmasidagi kommunikatsiyalarda Big Data bo'yicha maqola chop ettirdi (1999).

"Big Data" tushunchasi uchun rasmiy ta'rif aniq berilmagan, dastlabki berilgan ta'riflarning aksariyati bu tushunchaning kelib chiqish sababiga ya'ni ma'lumotlar hajmiga asoslangan. Bu ta'riflarning ba'zilarini quyida keltirib o'tilgan.

Microsoft tadqiqotchilari Danel Fisher, Rob DeLine, Mary Czervinski, Steven Drukkerlar o'z tadqiqot ishlarida "Big Data – bu oddiy tarzda saqlash, uzatish va qayta ishlash mumkin bo'lmagan katta hajmdagi ma'lumotlar majmuasidir" deb ta'rif berishadi [3].

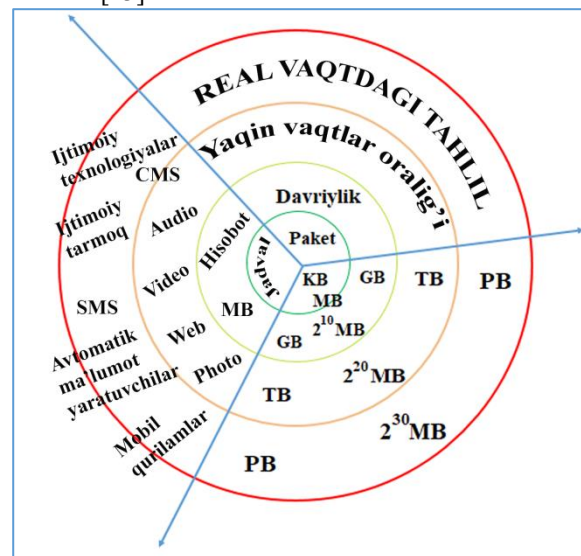
McKinsey Global Institute tadqiqotchilari James Manyika, Michael Chui, Brad Brown, Jacques Bughin, Richard Dobbs, Charles Roxburgh va Angela Hung Berslar o'z tadqiqot ishlarida Big Data ga quyidagicha ta'rif berishgan:

Big Data – hajmi jihatidan odatdagi ma'lumotlar bazasining dasturiy ta'minoti tomonidan olish, saqlash, boshqarish va tahlil qilish imkoniyatiga ega bo'lmaydigan ma'lumotlar to'plamlaridir [4].

Big Data ga berilgan yana bir guruh ta'riflarda uning nafaqat hajmiga balki boshqa xususiyatlariga ham alohida e'tibor qaratilgan. Shunday ta'riflardan birini xorijlik olimlar A.D. Mauro, M. Greco va M. Grimaldilar o'z tadqiqot ishlaridan birida quyidagicha berib o'tishadi: Big Data - bu qiymatga aylanish uchun o'ziga xos texnologiya va analitik usullarni talab qiladigan yuqori hajm, tezlik va turli-tumanlik bilan tavsiflangan axborot aktivlaridir [5]. Ushbu ta'rifda mualliflar Big Data ning uch xususiyat (3 V) ga hajm (Volume), tezlik (Velocity) va turli xillik (Variety) ega ekanligiga urg'u berishgan.

Tadqiqot davomida tizimli tahlil qilingan ilmiy maqolalar va tadqiqot ishlaridan natijalariga ko'ra ko'plab olimlar o'z tadqiqotlarida Big Data ning aynan yuqorida aytilgan uch xususiyati (o'lchami) borligini va shu xususiyatlarni o'zida mujassamlashtirgan ma'lumotlar oqimini Big Data deb atashga asos bo'lishini aytishgan. Lekin bazi olimlar Big Dataning bu "3 V" xususiyatlarga qo'shimcha ravishda yana bir necha xususiyatlarini qo'shishadi. Misol uchun Jean-Pierre Dijcks va Fujitsu tadqiqotchilari I. Mitchell, M. Locke, M. Wilson, A. Fullerlar qiymatlilik (Value) [6, 7], IBM tadqiqotchilari S. Miele va R. Shockleylar ishonchlilik (Veracity) xususiyatini [8], Rossiyalik tadqiqotchilar I.A. Radchenko va I.N. Nikolaevlar ishonchlilik hamda o'zgaruvchanlik (Variability) xususiyatlarini [9], A. Gandomi va M. Haiderlar qiymatlilik, ishonchlilik xususiyatlari bilan birgalikda o'zgaruvchanlik va murakkablik (Complexity) xususiyatlarini [10], Vishnu Pendyala ishonchlilik, qiymatlilik, o'zgaruvchanlik xususiyatlari bilan birgalikda vizualizatsiya (Visualization), baholash (Valuation) va hayotiylik

(Viability) xususiyatlarini [19], V.A. Reznichenko ishonchlilik, qiymatlilik, o'zgaruvchanlik, vizualizatsiya xususiyatlaridan tashqari dolzarblilik (Volatility), yaroqlilik (Validity) va zaiflilik (Vulnerability) xususiyatlarini ham o'z tadqiqot ishlarida ko'rsatib o'tishadi [13].



1 rasm. Big Data 3V xususiyatlari

Big Dataning ushbu xususiyatlari qanday ma'no anglatishi quyida ko'rsatib o'tilgan:

Hajm (Volume). Ma'lumotlarning kiruvchi oqimi va saqlanadigan ma'lumotlar hajmini anglatadi. Ma'lumotlar hajmining kattaligi ularni Big Data deb hisoblash mumkinligining muhim ko'rsatkichidir. Xorijlik olimlar R. Elmasri, B. Navathe o'zlarining tadqiqot ishida bugungi sharoitda ma'lumotlar hajmining Big Data deb qaralish oralig'ini terabayt yoki petabaytdan ekzobaytgacha o'zgarib turishini aytib o'tishadi [14]. Lekin ko'pchilik xorijlik olimlar Big Data hajmining bu oralig'iga qat'iy chegara qo'yish haqida ilmiy fikrlar yoki xulosalar keltirishmagan. Buning sabablaridan biri har qanday faol manbada chiqayotgan ma'lumotlar bir kun kelib katta hajimli ma'lumotlarni hosil qilishi bo'lsa, ikkinchi sababi Big Data ma'lumotlarining hajmiga qo'yilgan chegara vaqti kelib o'zgarishidir. Bu haqda Fujitsu olimlari I. Mitchell, M. Locke, M. Vilson, A. Fullerlar o'z tadqiqot ishlarida shunday deyishadi: "Kechagi katta bugungi kunning normal holati. Ushbu kitobni o'qiyatgan 40 yoshdan oshganlarning bazilari, ehtimol Sinclair ZX81 - da 1 kilobaytlik xotirani qanday to'ldirishni o'ylayotganliklarini eslashadi. Big Data shunchaki ma'lumotlarning bugungi me'yordan kattaroq hajmini anglatadi" [7].

Xorijlik olimlar Paul Zikopoulos va boshqalar Big Data va uning hajm xususiyati haqida o'zlarining tadqiqot ishlarida shunday fikr bildirishadi: "Big Data atamasi biroz noto'g'ri, chunki oldindan mavjud ma'lumotlar qandaydir darajada kichik emas yoki yagona qiyinchilik uning kattaligida emas. Qisqacha aytganda, Big Data atamasi an'anaviy jarayonlar yoki vositalar

yordamida qayta ishlanib yoki tahlil qilib bo'lmaydigan ma'lumotlarga nisbatan qo'llaniladi" [11].

Tezlik (Velocity). Big Data tezligi deganda ma'lumotlarning yaratilish (o'sish darajasi) va tahlil qilish uchun qayta ishlash tezligi tushuniladi. Boshqacha qilib aytganda tezlik nafaqat ma'lumotlarning bazaga kirish tezligini balki ushbu bazadan muhim ma'lumotlarni olish tezligini ham anglatadi. Odatda Big Data real vaqtda ma'lumotlarni yuqori tezlikda tahlil qilinishini talab qiladi. Buning uchun Big Data ma'lumotlarini qayta ishlash texnologiyasi ularni ma'lumotlar omboriga kirishdan oldin tahlil qilish imkoniyatini yaratishi kerak.

Tezlik amaliy foydalanish nuqtai nazridan Big Dataning eng asosiy xususiyatlaridan biridir. Fujitsu olimlari I. Mitchell, M. Locke, M. Wilson, A. Fullerlar ham o'z tadqiqot ishlarida bu g'oyanini quyidagi ikki fikrlari orqali qo'llab quvatlaydi [7]:

1) "Hozirda odamlar uchun petabayt (1 million gigabayt) katta bo'lib tuyuladi, ammo ertaga bu hajm odatiy holga va vaqt o'tishi bilan bu ham nazarimizda kichik hajmga aylanadi. Shuning uchun o'lchamni unuting – Big Data qaror qabul qilish tezligi bilan bog'liq. Biznes ma'noda Big Data – bu tezkor javoblardir".

2) "Reuters axborot agentligini 100 yildan buyon Big Data bilan shug'illanib kelayapti chunki uning biznes modeli ko'pgina manbalardagi ma'lumotlardan tegishli yangiliklarni tezlik bilan olish va kerakli odamlarga iloji boricha tezroq yetkazishga asoslangan".

Ukrainalik olim V.A. Reznichenko o'z tadqiqot ishida Big Data ma'lumotlar toifasi kuniga 100 Gb dan yuqori bo'lgan ma'lumotlar oqimlarining ko'p qismini o'z ichiga oladi deb takidlaydi [13]. Reznichenko fikridan xulosa qiladigan bo'lsak kun davomida o'rtacha sekundiga 1,19 Mbayt dan yuqori tezlik bilan ma'lumotlar oqimini hosil qiluvchi ma'lumotlar guruhini Big Data deb atash mumkin bo'ladi.

Turli xillik (Vareity) – bu turli manbalardan turli ma'lumotlarni qabul qilish, saqlash va qayta ishlash qobiliyatidir. Ya'ni turli xillik deganda quyidagilar nazarda tutuladi:

➤ Ma'lumotlarni turli manbalardan qabul qilishiligi. Bunday manbalarga quyidagilarni misol qilish mumkin: ijtimoiy tarmoqlar, uyali aloqa tarmoqlari, audio va video kuzatuv qurimalari, metrologik ma'lumotlar manbalari, turli xildagi siganlizatsiya qurilmalari, GPS, insonlarni ro'yxatga olish hamda ular haqidagi ma'lumotlarni saqlovchi, avtomatik ma'lumotlarni yig'uvchi va shu kabi manbalar.

➤ Ma'lumotlarni qabul qilish va saqlash formatlarining turli xilligi: matn, audio, video, tasvirlar.

➤ Semantik xilma-xillik. Ya'ni bir xil ma'lumotlarning turli yo'llar bilan taqdim etilishi. Misol uchun talabning besh yoki uch baho olganligi haqidagi ma'lumotning a'lo yoki qoniqarli kabi atamalar bilan taqdim etilishi.

➤ Ma'lumotlarning turli tuzilishiligi. Ma'lumotlar tuzilishiga ko'ra 3 guruhga bo'linadi: 1)

tuzilgan (strukturalashgan); 2) tuzilmagan (strukturalashmagan); 3) yarim tuzilgan (yarim strukturalashgan). Tuzilgan ma'lumotlar an'anaviy relyatsion ma'lumotlar bazalarida qo'llaniladigan qat'iy shaklda taqdim etiladigan ma'lumotlarni bildiradi, bu yerda mohiyatlar aniq belgilangan atributlarga ega bo'ladi (misol uchun talaba mohiyati uchun ism, familiya, manzil atributlari mavjud bo'lsa, shunga mos jadvaldagi barcha yozuvlarning ism, familiya, manzil maydonlaridan tashqari maydonlari bo'lmaydi) va shuning uchun ham ularni nisbatan osonlikcha qidirish, toifalash, saralash mumkin bo'ladi. Ba'zi holatlarda ma'lumotlar qanday saqlanishi va boshqarilishi ma'lum bo'lmasdan oldin maxsus tarzda to'planadi. Ushbu ma'lumotlar ma'lum bir tuzilishga ega bo'lishi mumkin, ammo to'plangan barcha ma'lumotlar bir xil tuzilishga ega bo'lmaydi. Ba'zi atributlar turli xil ob'ektlar o'rtasida taqsimlanishi mumkin, ammo boshqa atributlar faqat bir nechta mohiyatlarda mavjud bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, ba'zi bir ob'ektlarga istalgan vaqtda qo'shimcha atributlar kiritilishi mumkin va oldindan aniq sxema ega bo'lmaydi. Ushbu turdagi ma'lumotlar yarim tuzilgan ma'lumotlar deyiladi. Tuzilmagan yoki tuzilishga ega bo'lmaydigan ma'lumotlar bu oldindan aniq belgilangan shaklga ega bo'lmagan ma'lumotlardir. Odatda bunday ma'lumotlarga bazi ma'lumotlarni o'z ichida oladigan matnli hujjatlar, internetdagi veb sahifalar, Twitter tvitlari, video, audio va tasvirli ma'lumotlar kiradi.

Turli xillik ham Big Data ning asosiy xususiyatlaridan biri hisoblanadi va ko'pchilik xorijiy olimlar tomonidan Big Data ga berilgan ta'riflarning aksariyatida bunga urg'u berilgan. Shunday ta'riflardan birini xorijlik olimlar R. Qazi, A. Sherlar o'z tadqiqot ishlarida aytib o'tishgan: "Big Data – bu tuzilmaga ega bo'lgan va tuzulmagan ma'lumotlarning juda katta hajmidir" [15].

Ishonchilik (Veracity) – bu ma'lumotlarning to'g'riligini, ishonchligini tavsiflovchi xususiyatdir. Vishnu Pendyala o'z tadqiqot ishida "Ishonchilik – Big Data dan foydalanish va undan natija olishning hal qiluvchi jihatidir" deb yozadi va ishonchilik xususiyati muhimligini takidlaydi [19]. Big Data ma'lumotlaridan foydalanish texnologiyasi puxta tanlangan va tasdiqlangan ma'lumotlarning ma'lumotlar bazasiga kirishini nazarda tutmaydi. Dastlabki ma'lumotlar "xom" bo'lishi mumkin, ya'ni ular hech qanday dastlabki ishlovlarsiz, tasodifiy va juda ko'p "shovqinlar"ni o'z ichiga olgan holda bazaga kelishi mumkin. Big Data tahlil qilish va qaror qabul qilish uchun ajoyib imkoniyatlarni taqdim etsada, uning qiymati ko'p jihatdan asl ma'lumotlarning sifatiga bog'liq. Big Data texnologiyasi ushbu xususiyatni hisobga oladi va bunday ma'lumotlar bilan ishonchli ishlashga imkon beradi.

Qiyamatlilik (Value) – bu amaliy muammolar nuqtai nazaridan uning ahamiyatlilikini tushuntiradi. Qiyamatlilik Big Dataning muhim xususiyati ekanligi haqida Ishvarappa va J. Anuradha o'z ilmiy ishlarida shunday fikr bildirishadi: "Big Data ning potensial qiymati juda katta shuning uchun qiyamatlilik katta

ma'lumotlarning eng muhim jihati" [16]. Bu haqda Azarboyjonlik tadqiqotchilar Z.T. Magerramov, V.G. Abdullaev, A.Z. Magerramovlar o'z tadqiqot ishida qiymatlilik Big Data ni yangi hodisa sifatida ajratishga imkon beradigan asosiy xususiyatidir deb takidlashadi [17].

O'zgaruvchanlik (Variability) – bu harakatdagi ma'lumotlarning vaqt o'tishi bilan har qanday o'zgarishini, shu jumladan oqim tezligini, formatini yoki tarkibining o'zgarishini anglatadi.

Dolzarblilik (Volatility) – ma'lumotlarning qancha vaqtgacha amal qilinishini va qancha vaqt saqlanishi kerakligini anglatadi. Dolzarblilik Big Dataning hajm (qancha ma'lumot saqlanishi kerak va saqlash narxi qancha?), qiymatlilik (ma'lumotlar qancha vaqtgacha dolzarb bo'lib qoladi va qiymat hosil qiladi?) xususiyatlariga va ma'lumotlarni qayta ishlash zarurligiga bog'liqdir.

Yaroqlilik (Validity). Ushbu xususiyat ishonchlik bilan chambarchas bog'liq bo'lib, mavjud ma'lumotlarning maqsadga muvofiq ishlatilishi jihatidan qanchalik to'g'ri va noto'g'ri ekanligini tavsiflaydi [13].

Vizualizatsiya (Visualization). Ma'lumotlarning katta hajmi va murakkabligi shunchalik ulkanki, ko'plab tashkilotlar ularni tahlil qilish orqali har qanday raqobatbardosh ustunlikka erishish uchun kurashadilar. Big Data turli foydalanuvchilar uchun oson tushunarli tarzda taqdim etilishi kerak. Vizualizatsiya - bu juda katta miqdordagi ma'lumotlarni tushunarli va o'qilishi mumkin bo'lgan tarzda tushunarli qilish jarayonidir.

Hayotiylik (Viability) - korxonalar uchun eng muhim natijalarni bashorat qilish ehtimoli yuqori bo'lgan xususiyatlar va omillarni sinchkovlik bilan tanlash jarayonini anglatadi. Hayotiylik xususiyatiga Vishnu Pendyala shunday ta'rif beradi: "Hayotiylik - Big Data haqida hamma narsa foydali emasligini anglatadi. Faqatgina xususiyatlarni tanlash uchun mavjud bo'lgan atributlarning hayotiylikni baholash zarur, bu qiymatni aniqlashga yordam beradi" [19].

Baholash (Valuation) - bu Big Data dan qiymatni chiqarish jarayoni. Baholash xususiyatini qiymatlilik xususiyati bilan adashtirmaslik kerak. Chunki birinchisi jarayon, ikkinchisi esa natijadir [19].

Yuqorida keltirilgan Big Data va uning xususiyatlari ta'riflaridan xulosa qiladigan bo'lsak ma'lumotlar guruhi Big Data ko'rinishiga kelganda uning hajm, tezlik va turli xillik xususiyatlari namoyon bo'ladi. Big Dataning qolgan xususiyatlari odatda uni mavjudligini aniqlashda emas, undan foydalanishda yani uni qayta ishlash, tahlil qilish, natija olish va uning muhimligini aniqlash jarayonida namoyon bo'ladi. Ushbu xususiyatlarining o'zi ham Big Data va uning texnologiyalarini o'rganish bugungi kunning dolzarb masalalaridan biri ekanligini ko'rsatadi. Bugungi kunda allaqachon hayotimizga kirib kelgan Big Data ni o'rganish dolzarbligi ham uning xususiyatlari kabi quyidagi ikki jihatdan namoyon bo'ladi:

1) Kundan kunga o'sib borayotgan katta hajimdagi, tezkor va turli xildagi ma'lumotlarni saqlash texnologiyalarini amaliyotga joriy etish dolzarbligi;

2) Yig'ilgan va real vaqtda ma'lumotlar bazasiga kirayotgan ma'lumotlarni tezkorlik bilan qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish orqali kundun kunga ortib borayotgan katta ma'lumotlarning bizga hali ma'lum bo'lmagan qiziqarli va foydali qirralarini kashf etish dolzarbligi.

3. Xorijiy mamlakatlarda Big Data sinfidagi ma'lumotlarning turli sohalarida qo'llanilishining tizimli tahlili

Bugungi kunda Big Data atamasining bu qadar keng qo'llanilishi Nature jurnali muharriri Klifford Linch bilan bog'liq bo'lib, u 2008 yil 3 sentabrda ingliz ilmiy jurnalining maxsus sonida "Katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash imkoniyatlarini ochadigan texnologiyalar ilmnin kelajagiga qanday ta'sir qilishi mumkin?" savoliga javob topishga bag'ishlangan maxsus maqola tayyorlaydi. Ushbu maxsus nashrdagi ma'lumotlarning umuman ilm-fandagi va xususan elektron fanlarda tutgan o'rni haqidagi oldingi tadqiqot ishlarini tahlil qilib chiqadi.

Yuqorida aytilganidek Big Data ning birinchi ta'rifi 1997 yilda paydo bo'lgan bo'lsa, 2009 yilgacha Big Data, ma'lumotlarning o'sishi va xilma-xilligi muammosi sifatida faqat ilmiy jihatdan o'rganildi, 2009 yildan boshlab bu atama iqtisodiy muhitda keng tarqaldi. 2010 yilda Big Data ma'lumotlarini qayta ishlash muamosiga bevosita bog'liq bo'lgan dasturiy vositalar va texnologiyalar paydo bo'la boshladi. 2011 yilga kelib eng yirik IT (inglizcha: Information Technology) sotuvchilari IBM, Oracle, Microsoft, Hewlett-Packard, EMC va shu kabi kompaniyalar Big Data dan o'zlarining biznes strategiyalarida foydalana boshladilar. 2011 yil iyun McKensey "Big Data: Innovatsiya, raqobat va mahsuldorlikning keyingi chegarsi" hisobotini tayyorlagandan so'ng Big Data atrofida navbatdagi katta shov-shuylarni paydo qildi. 2012 yilda Amerika bu sohada izlanishlarni hayotga tadqiq etish uchun 4,5 milliard dollar sarmoya kiritdi. 2013 yildan ko'pgina universitetlarda Big Data fan sifatida o'tila boshlandi va hozirgi kunda dunyoning barcha rivojlangan davlatlari o'z ijtimoiy-iqtisodiy boshqaruvida Big Data ma'lumotlaridan foydalanishga alohida e'tibor qaratmoqda [13].

Bugungi kunda dunyo olimlari va IT mutaxassislari tomonidan Big Datadan foydalanish bo'yicha inson faoliyatining turli sohalarida tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Misol uchun Azarboyjonlik tadqiqotchilar Z.T. Magerramov, V.G. Abdullaev va A.Z. Magerramovlar metallurgiya ishlab chiqarishda misolida **Big Data texnologiyasining sanoat korxonlari bilan aloqasini** tadqiq etishadi va o'z tadqiqot ishlarida quyidagicha fikr yuritishadi: "Sanoat korxonalarida datchiklar, o'lchash va "aqli" moslamalardan olingan ma'lumotlar tufayli ma'lumotlar miqdori doimiy ravishda o'sib bormoqda. Ma'lumotlarni real vaqtda uzata oladigan sensorlar eng istiqbolli qurilmalardir. Bunday datchiklardan foydalanadigan korxonadagi barcha qurilmalar tarmoqqa ulanishi mumkin va Big Data texnologiyalari sizga keladigan ma'lumotlarni

qayta ishlashga va avtomatik rejimda zarur choralarni ko'rishga imkon beradi. Masalan, korxonalar datchiklardan o'z jihozlarining ahvoli to'g'risida daqiqali ma'lumot olishlari va shu ma'lumotlarga asoslanib, almashtirish va texnik xizmat ko'rsatish uchun maqbul vaqtni taxmin qilishlari mumkin. Juda erta almashtirish qo'shimcha xarajatlarga olib keladi, kech almashtirish esa uskunaning ishlamay qolishi sababli yo'qotilgan foydani keltirib chiqaradi. Big Data texnologiyasidan foydalanish natijasida axborotlarni qayta ishlash ishlab chiqarish, logistika va menejmentda narxini pasaytirish shaklida sezilarli iqtisodiy samara berishi mumkin" [17].

Xitoylik olimlar S. Zang, Ye. Maolinlar esa o'z tadqiqot ishlarida **Big Data texnologiyalari yordamida xodimlarni ishga jalb qilish va ularni lavozimga qabul qilish hamda iqtidorlarni o'qitish va baholash** masalalarini qarab o'tishadi va tadqiqot ishining xulosasida shunday fikr bildirishadi: "Big Data inson resurslari uchun yangi usullar va g'oyalarni taqdim etsada, tashkilotlarda bu sohaga oid kamchiliklar mavjud. Big Data kompaniyalariga xizmat ko'rsatishi va inson resurslarini yaxshi boshqarishi uchun Big Data afzalliklaridan to'liq foydalanishiga harakat qilishi kerak" [20].

Misirlik tadqiqotchi R.R. Osman esa **Big Data dan kutubxona faoliyatida foydalanish** imkoniyatlari va muammolari haqida ilmiy izlanish olib boradi.

X. Zheng, V. Chen va boshqalar **ijtimoiy transportni boshqarish va nazorat qilishda Big Data ma'lumotlari foydalanish** haqida tadqiqotlar o'tkazishadi [22].

Rossiyalik tadqiqotchi Olga Sergeevna Moskva aholisi migratsiyasini aniqlashda **Big Data dan foydalanish** haqida tadqiqot olib boradi va shunday fikr bildiradi: "Big Data dan foydalanish Moskva aholisining haqiqiy sonini aniqlashtirishga, migrantlar to'g'risida ma'lumot olishga va kelajakda shaharsozlik faoliyatini yanada oqilona rejalashtirishga imkon beradi" [23].

Xorijlik tadqiqotchilar P. Corbett, M. Schroeck va R. Shockleylar **Big Dataning sug'urta sohasidagi o'rnini** tadqiq etishadi va sug'urta kompaniyalari raqobatlashish uchun zarur bo'lgan yangi bozorlarni egallashi uchun tez sur'atlar bilan o'sib borayotgan yangi va mavjud ma'lumotlarning hajmi, tezligi va xilma-xilligini samarali boshqarish va tahlil qilish kerakligini takidlashadi [24].

Xorijlik olimlar S.A. Drigas, P. Leliopouloslar **ta'limda Big Data dan foydalanish** bo'yicha tadqiqot olib borishadi va Big Data hamda Ochiq ma'lumotlar texnologiyalari ta'limga qanday ta'sir qilishi mumkinligini tahlil qilishadi hamda an'anaviy qiyinchiliklarni chetlab o'tish va yangi ta'lim usulini ochish uchun yangi vositalar va usullarni taqdim etishadi.

Big Data ko'plab sohalarda qo'llanilishi bo'yicha tadqiqot ishlari olib borilayotgani kabi ta'lim sohasida ham uni qo'llash bo'yicha ko'plab olimlar ilmiy izlanishlar olib borishmoqda. Shunday xorijiy olimlardan U.V. Gvozdenko, A.A. Ishchenko, A.V. Pilipenkolar o'z tadqiqot ishlarida ta'limda sohasida Big Data tipidagi

quyidagi besh turdagi ma'lumotlardan foydalanishni takidlashadi:

- Shaxsiy ma'lumotlar;
- O'quvchilarning elektron ta'lim tizimlari va bir-biri bilan o'zaro aloqalari to'g'risidagi ma'lumotlar (elektron darsliklar, onlayn kurslar, tizimdan chiqish tezligi, sahifalarni ko'rish tezligi, orqaga qaytish, havolalar soni, havolalar masofasi, bitta foydalanuvchi tomonidan sahifalarni ko'rish soni va boshqalar);
- O'quv materiallarining samaradorligi to'g'risidagi ma'lumotlar (talabning qaysi turi tarkibning qaysi qismi bilan o'zaro aloqada bo'lishi, o'zaro ta'sir natijalari, ta'lim natijalari va boshqalar);
- Ma'muriy (tizim bo'yicha) ma'lumotlar (davomat, kasalligi sababli darsga kelmaslik, o'tkazilgan darslar soni va boshqalar);
- Bashoratli (taxmin qilingan) ma'lumotlar (talabning ma'lum bir faoliyatda ishtirok etish ehtimoli qanday, topshiriqni bajarish ehtimoli qanday va boshqalar).

Big Data texnologiyalari keng qo'llanilayotgan va ko'plab davlatlar tomonidan qo'llab quvvatlanayotgan sohalardan biri bu tibbiyotdir. Rossiyalik tadqiqotchilar L.A. Svetkova, O.V. Cherchenko **tibbiyotda Big Data ni tashkil etuvchi ma'lumotlar manbai** deb quyidagilarni ko'rsatishadi:

- turli xil ixtisosliklar bo'yicha qarorlarni qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi klinik ma'lumotlar (diagnostika, prognostik, bemorlarni parvarish qilish va boshqalar);
- kuzatuv datchiklari va yozib olish qurilmalaridan yozib olingan ma'lumotlar;
- mutaxassis tomonidan ishlab chiqarilgan aniq ko'rsatkichlar, yozma eslatmalar va tibbiy retseptlari;
- ovoz yozuvlari va vizual tasvirlar;
- ixtisoslashtirilgan tadqiqotlar ma'lumotlari;
- tibbiy mahsulotlar to'g'risidagi ma'lumotlar;
- shoshilinch tibbiy yordam to'g'risidagi ma'lumotlar;
- ma'muriy va pasport ma'lumotlari;
- sug'urta va tibbiy sug'urta to'g'risidagi ma'lumotlar;
- ijtimoiy tarmoqlardagi nashrlar, shu jumladan Twitter-sahifalaridagi, bloglardagi, Facebook va boshqa platformalar veb-sahifalardagi ma'lumotlar;
- muqobil tibbiyot usullaridan foydalanish va sog'liqni saqlash va tibbiy tashabbuslarning noprofessional usullaridan foydalanish tajribalari va natijalari to'g'risidagi ma'lumotlar;
- ijtimoiy tibbiyot, sog'liqni saqlash, sog'liqni saqlash bozori, siyosat va madaniyat sohasidagi normativ va qonunchilik hujjatlari;
- tibbiyot fanlari ma'lumotlari.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki dunyo bo'yicha ham davlat ham nodavlat tashkilotlari tomonidan Big Data eng ko'p tadqiq va tadbir etilayotgan soha bu biznesdir. Big Data biznesda ko'p qo'llanilishiga asosiy sabab shundaki biznesda Big Data texnologiyalaridan foydalanish yani savdo-sotiq hamda mijozlar va ularning xatti-harakatlari bilan bog'liq katta ma'lumotlarni bilish va

ularni tahlil qilish quyidagi vazifalarni real dunyoda hal qilishga imkonini beradi [17]:

- mijozlar ehtiyojini qondirish darajasini baholash;
- mijozlar ishonchini oshirishning yangi usullarini topish va amalga oshirish;
- marketing va sotishni optimallashtirish;
- mijozlarni samarali segmentlashtirish;
- tovar va xizmatlar sifatini yaxshilash;
- Big Data tahlillari asosida yanada oqilona boshqaruv qarorlarini qabul qilish;
- xarajatlarni minimallashtirish;
- investitsiyani optimallashtirish;
- mehnat unumdorligini oshirish.

4. O'zbekistonda Big Data va uning turli sohalardagi istiqbollari

O'zbek tadqiqotchilari tomonidan katta ma'lumotlar deb nomlanadigan Big Data atamasi va uning qo'llanilishi yuzasidan O'zbekistonda olib borilgan tadqiqot ishlari xorijiy mamlakatlarga nisbatan bir qancha oz ko'zga tashlanadi. Buni Google Trends (Google Trends - bu eng mashhur qidiruv so'zlarini ko'rib chiqadigan va baholaydigan dinamik veb-sayt) statistikalaridan ham ko'rish mumkin. Ushbu veb sayt statistikasiga ko'ra O'zbekistonda Big Data ga qiziqish 100 pog'onali baholash ko'rsatkichidan quyidan 7 bahoga to'g'ri keladi. Bu esa xorijiy mamlakatlarga nisbatan olganda past ko'rsatkich hisoblanib dunyo bo'yicha 148 ta mamlakatdan 141 o'ringa to'g'ri keladi (Ushbu statistika 15 iyun 2021 yil holatiga ko'ra olingan).

Albatta O'zbekistonda bu soha bo'yicha olib borilayotgan ilmiy va amaliy tadqiqot ishlarining shu vaqtgacha kam uchrashiga bir nechta sabablar bor. Shunday sabablardan eng asosiysi O'zbekiston muhitida Big Data va uning texnologiyalaridan foydalanishga bo'lgan ehtiyojning pastligi yani biz Big Data deb ataydigan ma'lumotlar oqimining mavjud emas deb qaralishi bo'lgan. Lekin shuni takidlab o'tish kerakki Big Data allaqachon O'zbekistonda va ko'plab sohalarda uning imkoniyatlaridan foydalanish ehtiyojlari ko'zga tashlanmoqda. Bundan tashqari 2020 yil 28 apreldagi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining **“Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida”** gi qarori va 2020 yil 5 oktabrdagi **“Raqamli O'zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida”** gi farmoni qabul qilinishi va uning amaliyotga joriy etilishi natijasida kelajakda barcha sohalarda ma'lumotlar oqimining keskin ortishiga olib keladi. Bu o'z navbatida Big Data texnologiyalarni sohalarda tadqiq va tadbir etish dolzarbligini ko'rsatadi.

Ushbu bobda O'zbekiston sharoitida Big Data va uning texnologiyalaridan turli sohalarda foydalanish istiqbollari haqida so'z yuritiladi.

Yuqorida aytilganidek O'zbekistonda so'ngi yillarda raqamli texnologiyalar sohasiga bo'lgan e'tiborning kuchaytirilishi va ko'plab sohalarda

raqamlashtirish ishlarining jadallashtirilishi sababli Big Data tipidagi ma'lumotlar yurtimizda allaqachon turli sohalarda ko'zga tashlanmoqda. Bunday sohalarga quyidagilarni misol qilib aytishimiz mumkin: Ta'lim sohasi, tibbiyot sohasi, transport va yo'l nazorati sohasi, mahalla va hokimyat kabi boshqaruv sohalari va albatta iqtisodiyot sohalari.

O'zbekistonda ta'lim sohasida Big Data.

O'zbekistonda ta'lim sohasidagi ma'lumotlar oqimida allqachon Big Data xususiyatlari paydo bo'la boshladi. O'tgan 2019-2020 o'quv yili so'ngida pandemiya sababli Respublikamiz oliy harbiy bilim yurtlaridan tashqari 119 ta oliy ta'lim muassasalarida 424,9 ming dan ziyod bakalavriyat bosqichi talabalari 15 mingdan ziyod magistratura bosqichi talabalari barchasi masofaviy o'qitish platformalarida, 6119440 ta maktab o'quvchilarining telegram va shu kabi ijtimoiy tarmoq vositalari orqali ta'lim olish natijasida katta hajimdagi turli tipli ma'lumotlar oqimi yuzaga keldi. Bugungi kunda ham bakalavriyat bosqichi talabalari va magistrantlar an'anaviy dars jarayoniga qaytgan bo'lsa-da hali ham masofaviy ta'lim platformalarida ma'lumotlar almashish davom etmoqda. Bundan tashqari 2020-2021-o'quv yilidan kredit modul tizimiga o'tgan ko'plab oliy ta'lim muassasalari yagona ta'lim platformasi “Hemis” tizimidan foydalanishni boshladi. Buning natijasida kelajakda ushbu va shu kabi platformalarda ma'lumotlar hajmi va ularni (real vaqtda) tahlil qilish bilan bog'liq muammolar hosil bo'lishi mumkin. Albatta Big Data bizning oldimizga bir qancha muammolarni qo'yishi bilan birga ta'lim sohasini yangi rivojlangan bosqichga olib chiqaradigan quyidagi imkoniyatlarni ham yaratadi:

- O'quvchilarning ishlash ko'rsatkichlari va xulq-atvorini yanada to'liqroq o'rganish orqali o'quvchilarni yaxshiroq tushinish;
- har qanday anomalialar kuzatilsa, o'z vaqtida aralashish imkoniyatini yaratib, o'quvchilarning ta'lim davomida rivojlanishini kuzatib borish;
- o'quvchilarni kamsitmasdan yoki izolyatsiya qilmasdan yoki ularni tengdoshlari oldida uyaltirmasdan tuzatuvchi yordam ko'rsatish uchun har bir talaba uchun moslashtirilgan tarkib va o'quv metodikasini ishlab chiqish;
- talabalarining standartlashtirilgan testlarda qanday ishlashini taxmin qilish (ya'ni bashoratli tahlil);
- o'quv metodikasi qaysi talabalar uchun eng mos kelishini va moslashtirilgan o'qitishni ta'minlash (ya'ni diagnostik baholash);
- talabalarining ish faoliyatini yaxshilashga yordam beradigan real vaqt rejimida fikr-mulohazalar almashish;
- moslashuvchan sinovlarni o'tkazish;
- ta'limni boshqarish va o'quv dasturlarini boshqarish kabi tizimlarni birlashtirish;
- turli xil ma'lumot manbalariga ko'ra, masalan, kurs yozuvlari, talabalarining davomatlari, darslar ro'yxati, dasturda qatnashish, darajaga erishish, intizom yozuvlari va test natijalariga ko'ra o'quvchilarni ishga

qabul qilish, ma'muriy va ilmiy tadqiqotlarni boshqarish samaradorligini oshirishi mumkin.

O'zbekistonda tibbiyot sohasida Big Data. Yuqorida takidlanganidek ko'pchilik davlatlar tomonidan Big Data eng ko'p tadbiiq e'tilishi qo'llab quvvatlanayotgan soha bu tibbiyotdir. O'zbekistonda ham bunga alohida e'tibor qaratilgan bo'lib, sohada raqamlashtirish siyosatining ustuvor yo'nalishlarini belgilaydigan asosiy hujjatlaridan biri "Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida" Prezident qaroriga muvofiq 2020-2022 yil ichida sog'liqni saqlash sohasida jami 12 ta loyihani amalga oshirilishi rejalashtirilgan bulardan asosiy lari quyidagilardir:

➤ **"Yagona elektron tibbiy karta"** - fuqarolar to'g'risida yagona tibbiy ma'lumotlar bazasini shakllantirishga, aholining salomatligi monitoringini o'tkazishda yordam beradigan elektron tizim;

➤ **"Elektron retsept"** - tibbiy vositalarining nazorat qilish va monitoring olib borish tizimini takomillashtirishga ko'mak beradigan axborot tizimi;

➤ **"Elektron poliklinika"** va **"Elektron shifoxona"** - tibbiyot muassasalarida tibbiyot xizmatlarining sifatini oshirishga yordam beruvchi axborot tizimlari;

➤ **"Laboratoriya"** - tahlil, suratlar va boshqa natijalarning yagona elektron reestrini shakllantirishga yo'naltirilgan axborot tizimi (sog'liqni saqlash sohasida ilmiy tadqiqot va izlanishlarni olib borish uchun ilmiy-amaliy baza);

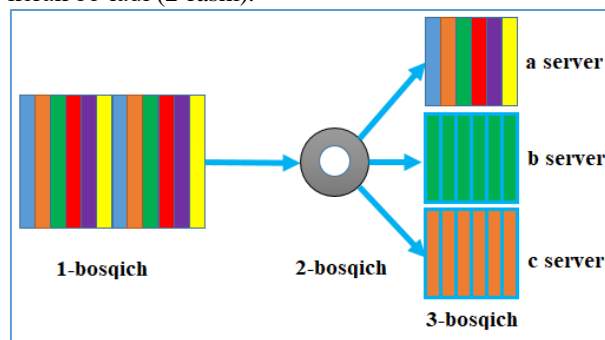
➤ **Majburiy tibbiy sug'urta** axborot tizimi.

Bu tizimlardan hozirgi vaqtda Respublikamizdagi 423 ta birlamchi tibbiyot muassasalari allaqachon «Elektron poliklinika» axborot tizimiga ulangan. Albatta bu tizimlarda vaqt o'tishi bilan katta hajimdagi ma'lumotlar to'planadi va katta hajimdagi ma'lumotlar oqimi hosil bo'ladi. Sohada katta ma'lumotlar bu katta imkoniyatlardir. Lekin shuni ham takidlash kerakki bu tizimlardagi ma'lumotlardan foydalanish sohani bir tomonlama tadbiiq etish imkoniyatini beradi. Yanada natijalarni kafolatlash va fuqorolar salomatligini mustahkamlash chora tadbirlarini kuchaytirish uchun nafaqat bu tizimlardagi ma'lumotlardan balki insonlar, bemorlar kundalik hayotini yanada yoritib beradigan ularning ijtimoiy tarmoqlardagi harakatlarini aks ettiradigan ma'lumotlardan ham foydalanish kerak bo'ladi. Bu ikki manbadagi ma'lumotlar oqimidan foydalanish sohada Big Data texnologiyalaridan foydalanish zaruratini oshiradi.

O'zbekistonda transport va yo'l nazorati sohasida Big Data. Bugungi kunda ma'lumotlar hajmining keskin oshishiga asosiy sabablardan biri bu ma'lumot turlarining ko'payishidir. Eng katta hajimli ma'lumotlar esa odatda tasvirli va video formatli ma'lumotlardir. Ushbu formatdagi ma'lumotlardan keng foydalaniladigan soha bu albatta transport va yo'l nazorati sohasidir. Sohada ushbu turdagi ma'lumotlar manbai esa yo'l va trafik holatini kuzatuchi kameralar hamda radarlardir. O'zbekistonda ham bugungi kunda yo'l harakatini kuzatishda, yo'l harakati

qoidabuzarliklarini aniqlashda ushbu qurilmalardan keng foydalanilmoqda va ular sonini oshirish maqsadida bir qancha ishlar olib borilmoqda. Shunday ishlardan biri 2021 yil 1 martdan boshlab, tadbirkorlik sub'ektlariga avtomobil yo'llarida yo'l harakati buzilganini qayd etuvchi maxsus avtomatlashtirilgan foto va video dasturiy texnik vositalar o'rnatish huquqi berilishi bo'ldi. Bunga ko'ra, 2021–2022 yillarda respublika bo'yicha jami 3356 ta intellektual videokamera hamda 763 ta statsionar radarlar auktsion asosida o'rnatilishi rejalashtirilgan. Bunday ma'lumotlar manbalarining ko'payishi sohada ham mavjud katta ma'lumotlar oqimining yanada oshishiga olib keladi.

Kuzatuv kameralari yordamida hosil qilingan video ma'lumotlar katta hajimdagi strukturalanmagan ma'lumotlar toifasiga kirib ularni qayta ishlash bir muncha qiyinchiliklar tug'diradi. Bazida bu video ma'lumotlarning real vaqtda tahlil qilish zarurati tug'iladi. Bunday vaziyatda Big Data texnologiyalaridan foydalanish as qotadi. Ya'ni ma'lumotlarni saqlashdan oldin ularni qayta ishlash texnologiyalaridan foydalanish kerak bo'ladi (2-rasm).



2-rasm. Video ma'lumotlardan strukturalangan ma'lumotlar ajratish jarayoni

2-rasmda tasvirlangan jarayonning 1-bosqichida kuzatuv kamerasidan strukturalanmagan ya'ni video ma'lumotlar olinadi, 2-bosqichda real vaqt rejimida 1- bosqichdan olingan video ma'lumotlardan kerakli ma'lumotlar (misol uchun avtomobil raqami, turi, rangi va shu kabi avtomobilni identifikatsiyalovchi ma'lumotlar) ajratib olinadi, 3- bosqichda ajratilgan ma'lumotlar va dastlabki ma'lumotlar alohida alohida serverlarga (misol uchun dastlabki video ma'lumot to'laligicha a serverga, avtomobillar haqidagi ma'lumotlar b serverga va kuzatuv kamerasi hamda vaqtni aniqlovchi ma'lumotlar c serverga) joylanadi. a serverdagi ma'lumotlardan hozirgi kunda ham qoidabuzarlikni tahlil qilish maqsadida foydalanishadi va odatda uzoq vaqt saqlash imkoniyati mavjud bo'lmaganligi sababli ma'lum muddatdan so'ng o'chirilib yuboriladi. b va c serverdagi ma'lumotlar katta hajim egallamaganligi va strukturalanganligi uchun ulardan real vaqt rejimida yoki biror davr oralig'idagi trafik holati yoki shunga o'xshash ma'lumotlar tahlilida foydalansa bo'ladi. Bu ma'lumotlar tahlili natijalaridan o'z navbatida ham oddiy fuqorolar ham hukumat a'zolariga foydali ma'lumotlar qazib olish mumkin bo'ladi. Ya'ni oddiy fuqorolar real vaqt rejimidagi tahlil asosida trafikdagi tirbandliklar

haqida ma'lumotlarga ega bo'lishsa, hukumat a'zolari uzoq vaqt davomida yig'ilgan ma'lumotlar asosida yo'l harakatini optimal boshqarish rejalarini ishlab chiqishlari mumkin bo'ladi.

Albatta sohada ma'lumotlar manbaiga faqatgina kuzatuv kameralari yoki radarlar kirmaydi, bulardan tashqari sohadagi tadbir e'tilishi muhim bo'lgan ma'lumotlar manbaiga GPS ma'lumotlari, ijtimoiy tarmoqlardagi trafik holati bilan bog'liq bo'lgan postlar, taksi xizmatiga qo'ng'iroqlar, jomoat transportidan foydalanishda elektron to'lovlardan qoldirilgan ma'lumotlar, ob-havo ma'lumotlari va shu kabi ma'lumotlar manbalari kiradi.

Big Data an'anaviy ma'lumotlardan farqli o'laroq, ilgari e'tiborga olinmagan munosabatlarni aniqlashda, ko'p sonli bazan o'zaro bog'liq bo'lmagan ma'lumotlar manbalaridan foydalanadi. Bu esa barcha sohalarda yangi optimal yechilmalar beradi. Xuddi shunday transport va yo'l nazorati sohasida oddiygina GPS ma'lumotlari hamda kuzatuv kameralari asosida olingan ma'lumotlar asosida trafikdagi yo'l harakatini yanada optimallashtirish mumkin. GPS ma'lumotlaridan odatda foydalanuvchilar faqatgina eng qisqa yo'llarni aniqlashda foydalanishadi, lekin bazan qisqa yo'llar avtomobillar ko'pligi va baxtsiz hodisalar tufayli tirband bo'ladi yoki tamirlash tufayli yopiq bo'lishi mumkin bo'ladi. Bunday vaqtda GPS, kuzatuv kameralari va ijtimoiy tarmoqdagi yo'l holati haqidagi ma'lumotlarni birlashtirish orqali optimal yechimlarni topish mumkin bo'ladi.

O'zbekistonda Big Data tipidagi ma'lumotlardan mahalla faoliyatida fuqarolar migratsiyasi va ularni ijtimoiy himoyalash maqsadida foydalanish.

O'zbekistonda fuqorolarning o'zini o'zi boshqarish organlarining eng kichik biriligi bu mahalladir. O'zbekistondagi har bir fuqoro qaysidir mahallaga qarashlidir va ushbu fuqoro haqidagi deyarli barcha ma'lumotlar ushbu mahalla hodimlarida mavjud bo'ladi. Bundan kelib chiqadiki fuqorolar ularning ijtimoiy-iqtisodiy ahvoli haqidagi to'g'ri va to'liq ma'lumotlarni mahallalar orqali yig'ish maqsadga muvofiqdir. Mahallalarda hozirgi kunda ham fuqorolar haqidagi ma'lumotlar mavjud, lekin ularning aksariyati yagona elektron tizimga birlashtirilgan bo'lsa bazilari elektron holatda mavjud emas. Mahallalarda fuqorolar va ularning ijtimoiy-iqtisodiy ahvoli haqidagi ma'lumotlar yagona elektron tizimga birlashtirilishi natijasida ham Big Data tipidagi ma'lumotlar oqimi hosil bo'lishiga olib keladi. Bir qarashda bu sohadagi ma'lumotlar kichikdek tuyiladi, lekin respublika miqyosidagi 9168 ta fuqorolar yig'inidagi 34 milliondan ortiq aholi haqidagi ma'lumotlar bazalarini bir tizimga birlashtiradigan bo'lsak bu tizimda ham an'anaviy tizimlar yordamida saqlash va qayta ishlash murakkab bo'lib qoladi va bu yerda ham Big Data texnologiyalaridan foydalanish masalaning to'g'ri yechimini beradi. Ushbu tizimda yig'ildigan fuqorolar haqidagi ma'lumotlar asosida yuqori boshqaruv organlari hodimlari respublika

miqyosida fuqorolarni ijtimoiy himoya qilish choralarini ishlab chiqishi, hamda migratsiya ma'lumotlari asosida mahallalar va shaharsozlik infrastrukturasi rejalashtirish mumkin bo'ladi.

5. O'zbekistonda Big Data tipidagi ma'lumotlarni qayta ishlash muammolari va ularning yechimlari

Hozirgi kunda Big Data tipidagi ma'lumotlar oqimi O'zbekistondagi ko'pchilik sohalarda mavjud va ularni an'anaviy texnologiyalar asosida qayta ishlash insonlarning kundalik ish faoliyatida qiyinchiliklar tug'dirmoqda. Bundan tashqari juda ko'plab kundalik hayotimizdagi asl qiymati ochib berilmagan qimmatli ma'lumotlar e'tiborsiz qoldirilmoqda yoki o'chirib yuborilmoqda. Balki bu qimmatli ma'lumotlar rivojlanayotgan O'zbekistonni yanada rivoj topishida va dunyoning rivojlangan mamlakatlar qatoriga qo'shishiga sababchi bo'lishi ham mumkin. Buni aniqlash uchun barcha sohalarda Big Data texnologiyalaridan foydalanish va ma'lumotlar oqimini to'g'ri nazorat qilish kerak bo'ladi.

O'zbekiston sharoitida bugungi kunda Big Data tipidagi ma'lumotlarni qayta ishlash va natijalar olish borasida ham texnik, ham dasturiy jihatdan muammolar mavjud bo'lib bu muammolarni hal etishda quyidagi yechimlarni taklif etiladi:

a) texnik jihatdan muammolarni hal etish uchun:

➤ katta hajimli ma'lumotlarni saqlash va tezkor qayta ishlash imkonini beruvchi serverlarni barcha hududlarda o'rnatish;

➤ ma'lumotlarning tezkor olishni va uzatishini taminlash maqsadida tezkor aloqa kanallarini yotqizish;

b) dasturiy jihatdan muammolarni hal etish uchun:

➤ o'rnatilgan serverlar orasidagi o'zaro bog'liqlikni taminlash va aksincha bir server biror sabab tufayli ishlamaganda uning o'rnini boshqasi bosishini taminlash maqsadida serverlarni tarqatilgan fayl tizimi asosida birlashtirish;

➤ turli tipli va turli manbalardan keladigan ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash ya'ni qimmatli ma'lumotlarni ajratib olish mavjud algoritmlarini o'rganib chiqish, takomillashtirish va tadbir etish;

➤ katta hajimli ma'lumotlarni qayta ishlash va berilgan so'rovlarga tezkor javob olish maqsadida mavjud algoritmlarni o'rganib chiqish, takomillashtirish va tadbir etish;

➤ katta hajimli ma'lumotlardan ajratib olinadigan qimmatli ma'lumotlarning ishonchligini oshirish mavjud usul va algoritmlarini o'rganib chiqish, takomillashtirish va tadbir etish;

➤ tizimlardagi katta hajimli ma'lumotlar xavsizligini taminlashning mavjud usul va algoritmlarini o'rganib chiqish, takomillashtirish va tadbir etish.

Yuqoridagilardan tashqari Big Data texnologiyalaridan joriy etish va foydalanish samaradorligini oshirish maqsadida ushbu soha ishlovchi hodimlar tayyorlashga ham alohida e'tibor qaratilishi lozim.

6. Xulosa

Bajarilgan tadqiqot ishi Big Data, uning xususiyatlari hamda uning xorijiy mamlakatlarda va O'zbekistondagi qo'llanish sohalari imkoniyatlarini yoritishga qaratilgan. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki Big Data va uning sohalardagi tadbiri keng miqyosda o'rganilayotgan bo'lsada Big Dataga hanzuzgacha rasmiy ta'rif berilmagan. Lekin Big Data bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarning uchdan ikki qismida Big Dataga turli ta'riflar berilgan [13]. Rasmiy, yagona tarifning yo'qligi hali Big Data bo'yicha izlanishlarning davom etishini bildiradi. Mavjud ta'riflarning aksariyatidan kelib chiqib aytiladigan bo'lsa, Big Data katta miqdordagi ma'lumotlar oqimiga ishora qilib an'anaviy IT va dasturiy ta'minot va apparat vositalari tomonidan qisqa vaqt ichida qabul qilinishi, boshqarilishi va qayta ishlanishi mumkin bo'lmagan turli xildagi ma'lumotlar to'plamlarini nazarda tutadi.

Sohalardagi ma'lumotlarning raqamlashtirilishining jadallashuvi va ushbu ma'lumotlarni qayta ishlash ehtiyojlarining oshishi sababli Big Data texnologiyalarining barcha sohalardagi tadqiqot ishlarining jadallashuviga olib keldi. Buning natijasida xorijlik olimlar, tadqiqotchilar tomonidan ko'plab izlanishlar olib borilmoqda va Big Data ning turli sohalarda kelajakda tutadigan o'rni hamda vazifalarini aniqlab bermoqda. Bu vazifalar barcha sohalarda bo'layotgan turli jarayonlar haqidagi quyidagi savollarga javob olish imkonini beradi:

- jarayonlar qay tarzda yuz berganligiga;
- u nima sabablarga ko'ra ro'y berganligiga;
- jarayonlar kuzatuv asosida bashorat qilish imkonini beradi;
- kelgusida bajarilishi kerak bo'lgan amallar haqida ko'rsatma beradi;
- qaralayotgan jarayonlarda ma'lumotlar ishonchligini ta'minlaydi.

Bugungi kunda O'zbekistonda ham Big Data tipidagi ma'lumotlar oqimlari bir qancha sohalarda namoyon bo'lmoqda. Bundan tashqari O'zbekistonda ham ma'lumotlarni raqamlashtirishga bo'lgan e'tiborning oshishi sababli ko'plab sohalardagi ma'lumotlar oqimining keskin oshishi kutilmoqda. Bu esa o'z navbatida sohalarda Big Data texnologiyalarini joriy e'tish talabini qo'yadi. Shuni takidlab o'tish kerakki ma'lumotlar hajmining oshib borishi sababli sohalarda Big Data texnologiyalarining qo'llanilmasligi raqamlashtirilishdan kutilayotgan natijalarga erishib bo'lmastigiga olib kelishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. M. Kubina, M. Varmus, I. Kubinova "Use of big data for competitive advantage of company", *Procedia Economics and Finance* 26 (2015), 561 – 565 b.
2. D. Reinsel, J. Gantz va J. Rydning "The Digitization of the World from Edge to Core", *International Data Corporation*, November 2018.
3. D. Fisher, R. DeLine, M. Czerwinski, S. Drucker, "Interactions with Big Data Analytics", *Interactions* 2012.

4. J. Manyika, M. Chui, B. Brown, J. Bughin, R. Dobbs, Ch. Roxburgh, A. H. Byers "Big Data: The next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity", *McKinsey Global Institute*, May 2011

5. A.D. Mauro, M. Greco, and M. Grimaldi, "What is Big Data? A Consensual Definition and a Review of Key Research Topics" *International Conference on Integrated Information*, 2015.

6. J.P. Dijcks, "Big Data for the Enterprise", *Oracle report* (2012).

7. I. Mitchell, M. Locke, M. Wilson, A. Fuller, "Big Data. The definitive guide to the revolution in business analytics", *THE WHITE BOOK OF...* 2012.

8. S. Miele, R. Shockley, "Analytics: The real-world use of big data", *IBM report*, April 2013.

9. И.А. Радченко, И.Н. Николаев "Технологии и инфраструктура Big Data" - СПб: Университет ИТМО, 2018. - 52 с.

10. A. Gandomi, M. Haider "Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics", *International Journal of Information Management* 35 (2015) 137-144

11. Ch. Eaton, D. deRoos, T. Deutsch, G. Lapis, P. Zikopoulos, "Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data", *The McGraw-Hill Companies*, 2012.

12. A.R. Akhatov, F.F. Meliyev F.M. Nazarov "Development of Models and Algorithms for Improving the Reliability of Transfer of Information Based on the Application of Cryptographic Methods to the Distributed Register Technology" *International Journal of Control and Automation*, Vol. 13, №2, 2020, Australia. pp. 1118-1129

13. В.А. Резниченко, "Что такое Big Data", *Проблемы програмування* 2019. № 3, 86-100 с.

14. R. Elmasri, B. Navathe, "Fundamentals of Database Systems", *Pearson* 2016.

15. R.U. Rehman Qazi, A. Sher "Big Data Applications in Businesses: An Overview", *The International Technology Management Review*, Vol. 6 (2016), № 2, 50-63

16. Ishwarappa, J. Anuradha "A Brief Introduction on Big Data 5 Vs Characteristics and Hadoop Technology", *Procedia Computer Science* 48 (2015) 319 – 324

17. З.Т. Магеррамов, В.Г. Абдуллаев, А.З. Магеррамова "BIG DATA: проблемы, методы анализа, алгоритмы", *РИ*, 2017, №3

18. А.Р. Ахатов, Ф.Назаров, "Методы реализации блокчейн на основе криптографической защиты для системы обработки данных с ограничением и запаздыванием в электронном документообороте", *Вестник компьютерных и информационных технологий - международный научный журнал*. Москва. ООО Издательский дом «Спектр» 2019 й. №10. [3-12] с.

19. V. Pendyala, "Veracity of Big Data", *San Jose, California, USA*, 2018

20. S. Zang, M. Ye, "Human Resource Management in the Era of Big Data", *Journal of Human Resource and Sustainability Studies*, 2015, 3, 41-45

21. A.R. Akhatov, F.F. Meliyev F.M. Nazarov “Algorithms for data reliability based on a cryptographic distributed database (blockchain)” Scientific journal Samarkand state university №3 (121). 2020. [98-103] p.

22. X. Zheng, W. Chen, P. Wang, D. Shen, S. Chen, X. Wang, Q. Zhang, L. Yang, “Big Data for Social Transportation”, IEEE Transactions on intelligent transportation systems, vol. 17, no. 3. March 2016

23. О.С. Чудиновских “Болшие данные и статистика миграции”, Вопросы статистики. 2018. Т. 25. № 2. С. 48-56

24. P. Corbett, M. Schroeck and R. Shockley “Analytics: The real-world use of big data in insurance”, IBM Institute for Business Value.

25. А.Р. Ахатов, Ф.Назаров, “Модель шифрования для обеспечения достоверности данных на основе технологии блокчейн в системах электронного документооборота” «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2018: CENTRAL ASIA» Международной научно-практической конференции. Республика Казахстан 2018. [602-605] б

Akhatov Akmal Rustamovich

Samarkand State University, Dr. Sc., Tech., Professor.
akmalar@rambler.ru

Rashidov Akbar Ergash o'g'li

Samarkand State University, assistant,
researcher.are@gmail.com

Akhatov A.R., Rashidov A.E.

Big Data and its application in various fields

Nowadays, the increase in data flow and the volume of data to be processed requires the storage and processing of this data in an unusual way. As a result, treating data in information systems designed to process large amounts of data as Big Data and processing it based on Big Data algorithms leads to some efficiencies. One of the main tasks is the organization of automated management of socio-economic processes, the development of algorithms for processing data in automated systems as Big Data, as well as providing the reliability of data in the Big Data class. In this study, the characteristics of large data and the degree of study of large data are systematically analyzed. Problems encountered in large volumes of data and approaches to solve these problems are described in detail. Therefore, the development and application of large-scale data processing models and algorithms for large-scale data processing have not been fully studied and it assigns the current research tasks.

Keywords. Information systems, data flow, Big Data, 3V properties, data diversity, diversity of data sources, data reliability, variability, visualization, structured and unstructured data, digitization, Big Data in Uzbekistan.

UDK 681.62.50

Sarbolayev F.N., Usmanov K.I., Islomova F.K.

Davriy rejimda ishlovchi kimyoviy reaktorning avtomatik boshqarish tizimini shakllantirish.

Maqolada davriy rejimda ishlovchi kimyoviy reaktordagi texnologik jarayonni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini ishlab chiqarish vazifasi qo'yilgan. Tizimli yondoshuv asosida kimyoviy reaktorni boshqarish obyekti sifatida analiz masalasi yechilib, reaktorni boshqarish obyekti sifatida tizimli tahlil qilishning bosqichlari va vazifalari aniqlandi. Tizimli tahlil masalalarini murakkabligi obyektlarning ko'p o'lchamliligi, nochiziqiligi va ko'pbog'lamliligi bilan xarakterlanadi. Obyektning konseptual va matematik modeli ishlab chiqildi. Unumdorlikni berilgan qiymatini ta'minlaydigan optimal statik rejimdagi kirish va holat o'zgaruvchilarining qiymatlari aniqlandi. Reaktorning dinamik xususiyatlari turli kanallar bo'ylab egri chiziqlarni qurish orqali o'rganildi. Reaktorni turli topologik struktura ko'rinishdagi boshqarish tizimlari taklif etildi. Boshqaruv ob'ekti sifatida davriy reaktor olinib, asosiy jarayonlarning analitik modeli ishlab chiqilgan. Ob'ektni o'tish xarakteristikalari orqali modellashtirish o'tkazilib, uning uzatish funksiyasini olish uchun identifikatsiya qilish amalga oshiriladi. PI regulyator yordamida bir kontur sifatida davriy reaktorni avtomatik boshqarish tizimi ishlab chiqilgan. Modellashtirish natijalari sintez qilingan tizimning samaradorligini, tartibga solishning sifat ko'rsatkichlari texnik shartlarning talablariga javob berishini isbotladi.

Kalit so'zlar: Kimyoviy reaktor, matematik model, Matlab, Simulink, Avtomatik boshqarish tizimi, Boshqarish obyekti, Matematik modellashtirish, Identifikatsiyalash, PID roslagich.

Kirish. Ishlab chiqarishning turli sohalarida, xar-hil kimyo-texnologik jarayonlarda kimyoviy reaktorlar keng qo'llaniladi. Kimyoviy reaktorlardan chiqayotgan mahsulotning zaruriy kotsentratsiyasini ta'minlash muhim masala bo'lib, bunda texnologik jarayonning boshqarish sifatini oshirishga katta talab qo'yiladi. Maqsadli boshqarish qonunlari – kimyo texnologik obyektlarning fizik-kimyoviy kriteriyalarini hisobga olgan nochiziqli modellarga asoslangan sintezlash qonunlaridir.

Asosiy qism. Turli kimyoviy mahsulotlarni olishda, ishlab chiqarishning texnologik sxemasidagi asosiy ishchi apparatlaridan biri bu-reaktor. Uning ishi butun ishlab chiqarishning samaradorligini belgilab, natijada olingan mahsulotning sifati va narxini aniqlaydi. Shu sababdan kimyoviy reaktorni avtomatlashtirish muhim vazifadir [1-2].

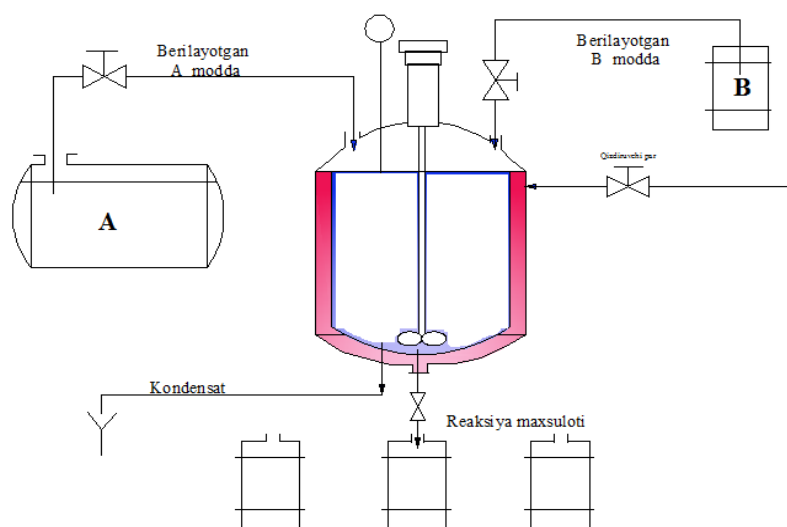
Reaktordagi jarayonni avtomatlashtirish uchun ishlatiladigan an'anaviy roslash tizimlari, reaktordan mahsulot chiqishida optimal tarkibli konsentratsiyani va

jarayonni xavfsizligi xamda jadallashtirish masalalarini ta'minlamaydi. Shuning uchun ushbu ob'ekt uchun avtomatik boshqaruv tizimini ishlab chiqish dolzarbdir vazifadir. Ko'rilayotgan reaktor bu davriy kimyoviy reaktor hisoblanib, reaksiya boshlanishidan oldin reagentlar yuklanadi va jarayon oxirida mahsulotlar aralashmasi chiqariladi (1-rasm).

Vaqt o'tishi bilan davriy reaktordagi jarayon parametrlari o'zgaradi. Aloxida reaksiya tsikllari o'rtasida yordamchi operatsiyalar, ya'ni reagentlar va mahsulotlarni tushirish, reaktorni tozalash ishlari bajariladi. Reaktor ishi davomida, izotermik rejimdagi issiqlik almashinish moslamasidan foydalaniladi. Bu esa bu sizga issiqlikni kiritish yoki chiqarish orqali butun jarayon davomida doimiy haroratni saqlash imkonini beradi [3].

Ishlab chiqarish jarayonining asosiy operatsiyalari quyidagilardan iborat:

1. Birinchi birlashtiruvchi trubkasi orqali reagent 30 daqiqa davomida quyiladi.



1-rasm. Davriy rejimda ishlovchi reaktorning prinsipial sxemasi

2. Signal chastota konvertoriga uzatiladi, bu esa o'z navbatida induksiyon motoriga kuchlanish ta'minlaydi va aralashtirish boshlanadi.

3. Kobalt tuzi ikkinchi ta'minlovchi trubkasi orqali quyiladi. reagentni quyish vaqti 20 daqiqa.

4. Reaktivlarni isitish bug' issiqlik almashtirish moslamasiga etkazib berish bilan boshlanadi. Barcha kimyoviy reaksiya davomida harorat rejimi saqlanib qolinadi.

-Issiqlik moslamasidagi harorat -180°S daraja.

-Reaktordagi reaksiya harorati 90 darajada saqlanishi kerak.

- Reaktordagi bosim -3 kg / sm^2 .

5. Kimyoviy reaksiya davomida, yopishqoqlikni nazorat qilish uch marta amalga oshiriladi.

6. Yuklamadan oldin reaktor sovutiladi.

Shunday qilib, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi butun jarayon davomida harorat rejimini saqlab turishi kerak.

Davriy kimyoviy reaktorni boshqarish ob'ekti sifatida ko'rib chiqamiz. Reaksiya aralashmasining doimiy hajmi $V_1 = 23,08\text{ m}^3$, ichki diametri 1,55 m, tashqi diametri 1,7 m va balandligi 3,1 m bo'lgan aralashtirgichli va bug' ko'ylagi bo'lgan davriy kimyoviy reaktorga suyuqlik aralashmasi A va B moddalari 15°S haroratda, boshlang'ich konsentratsiyalari mos ravishda $C_A = 20\text{ mol/m}^3$ va $C_B = 100\text{ mol/m}^3$ kelib tushadi. Reaktorda reaksiya tezligi $r = A \cdot e^{-E/RT} \cdot C_A \cdot C_B$, mol / ($\text{m}^3 \cdot \text{s}$) bilan va kimyoviy reaksiya $A + B = C$ sxemasi bo'yicha sodir bo'ladi. Bu erda $A = 30\text{ (mol} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^3)^{-1}$, aktivlik energiyasi $E = 40,000\text{ J/mol}$, universal gaz doimiysi $R = 8.314\text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$. Ekzotermik kimyoviy reaksiyaning issiqlik energiyasi $+10000\text{ J/mol}$ ga teng. Qobiqda (bug' ko'ylagida) reaksiya uchun zarur shart-sharoitlarni saqlab turish uchun qizdirishda issiqlik eltuvchi kirishda $T_{\text{kir}} = 180^{\circ}\text{C}$ va sovutishda esa $T_{\text{chiq}} = 15^{\circ}\text{S}$ harorat bilan beriladi.

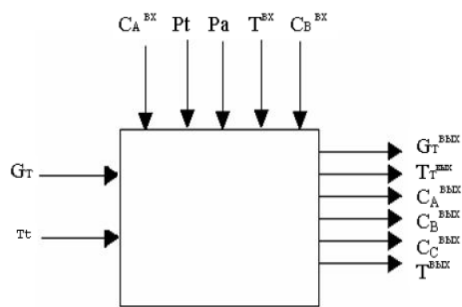
Issiqlik almashtirgichining V_2 hajmi 1,42 m^3 , issiqlik almashtirgichning maydoni $S = 19,5\text{ m}^2$. Issiqlik eltuvchidan to reaksiyon massagacha issiqlik uzatish koeffitsienti $K_t = 1000\text{ J / ((m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K)}$ ga teng bo'ladi.

Tekshirish ob'ekti sifatida har qanday texnologik jarayon quyidagi asosiy o'zgaruvchilar guruhlarini bilan tavsiflanadi.

1. Nazorat qilish maqsadida tartibga solish tizimi ob'ektga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan o'zgaruvchilar. Ushbu o'zgaruvchilarning kombinatsiyasi rostlanuvchi ta'sirining vektori deb ataladi.

2. O'zgarishni rostlanuvchi tizimining ta'siri bilan bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar. Ushbu o'zgarishlar tashqi sharoitlarning boshqariladigan ob'ektiga ta'sirini, ob'ektning o'ziga xos xususiyatlarining o'zgarishini va boshqalarni aks ettiradi. Ular bezovta qiluvchi ta'sir deb nomlanadi [4].

Shunday qilib, kimyoviy reaktorni 2-rasmda ko'rsatish mumkin.



2-rasm. Boshqarish ob'ekti sifatida kimyoviy reaktor

Biz o'rganilayotgan ob'ektning dinamik rejimlarining tenglamalarini yozamiz. Kirishdagi har bir o'zgaruvchiga mos keladigan tenglamalarni tuzamiz [5].

1) Dinamik rejimda komponentlar uchun moddiy balansni quyidagicha:

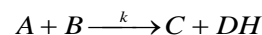
$$d(C_A \cdot V_1) = G_1^{kir} \cdot C_A^{kir} \cdot dt - r \cdot V_1 \cdot dt$$

$V_1 = \text{const}$ apparatdagi aralashma hajmi o'zgarmas bo'lganda, tenglamani ikkala qismini $1/dt$ ga ko'paytirib dt ni nolga yetkazamiz:

$$V_1 \frac{dC_A}{dt} = G_1^{kir} \cdot C_A^{kir} \cdot dt - r \cdot V_1$$

r - kimyoviy reaksiya tezligi, $[\text{mol/m}^3 \cdot \text{s}]$.

Reaktorda qaytmas endotermik reaksiya sodir bo'lgani uchun:



Bu yerda, k - kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi quyidagiga teng:

$$k = A \cdot e^{-E/RT}$$

$$r = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$r = A \cdot e^{-E/RT} \cdot C_A \cdot C_B$$

Jarayonni davriyligini inobatga olib va reaktor xajmini bir siklda to'lishini inobatga olib, A, B va C moddalar miqdorini vaqt bo'yicha o'zgarish tenglamasini quyidagicha olamiz:

$$\frac{dC_A}{dt} = -A \cdot e^{-E/RT} \cdot C_A \cdot C_B$$

$$\frac{dC_B}{dt} = -A \cdot e^{-E/RT} \cdot C_A \cdot C_B$$

$$\frac{dC_C}{dt} = A \cdot e^{-E/RT} \cdot C_A \cdot C_B$$

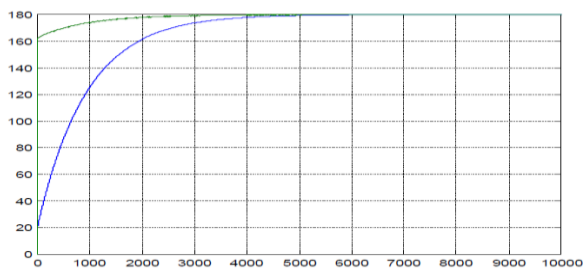
2) Kiruvchi va chiqadigan tarkibiy qismlar mavjud emasligini hisobga olib, reaktor hajmi uchun issiqlik (energiya) balansini yozamiz:

$$d(Cp_1 \cdot r_1 \cdot V_1 \cdot T^{chiq}) = K \cdot S \cdot (T_T^{chiq} - T^{chiq}) \cdot dt + DH \cdot A \cdot e^{-E/RT} \cdot C_A \cdot C_B \cdot V_1 \cdot dt$$

3) Bug' qobig'i uchun issiqlik balansini yozamiz:

$$d(Cp_2 \cdot r_2 \cdot V_2 \cdot T_T^{chiq}) = G_T^{chiq} \cdot r_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_T^{chiq} - T^{chiq}) \cdot dt - K \cdot S \cdot (T_T^{chiq} - T^{chiq}) \cdot dt$$

Tekshirish ob'ekti dinamikasini o'rganish uchun atlab/simulink dasturiy ta'minot to'plami nuqtai nazaridan model ishlab chiqilgan. 3-rasmda issiqlik eltuvchi uzatilishi bilan bug' qobig'idagi o'tsh jarayoni tasvirlangan.



3-rasm. Boshqarish ob'ektini o'tish xarakteristikasi

Olingan vaqtinchalik xarakteristikalar asosida uzatish funktsiyalarining analitik ifodalarini topish uchun grafik usul qo'llaniladi. Olingan xarakteristikadan foydalanib, boshqarish ob'ekti uzatish funktsiyasi:

$$W(s) = 180 / ((85s + 1)(865s + 1)),$$

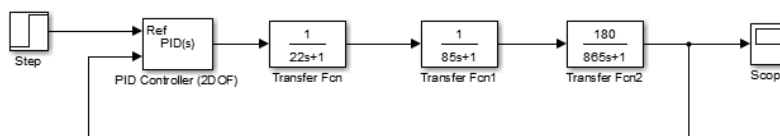
$$K = 180; T_1 = 85 \text{ c}; T_2 = 865 \text{ c}.$$

Ishni rostdash jarayonlari Matlab muhitida PID kontrollerlarini avtomatlashtirilgan sintezidan foydalanadi. Usul Simulink-dagi PID-Controller bloklaridan foydalanishga va Simulink Control Design interfeysida PID kontrollerlarini sozlash algoritmiga asoslangan[6-7].

Ushbu usuldan foydalanish uchun Simulink/Continuous kutubxonasidan PID Controller bloki ("PID kontrolleri") bilan yopiq tizimli boshqaruv tizimini yig'ildi (4-rasm).

PI kontrolatorining quyidagi parametrlari olinadi:

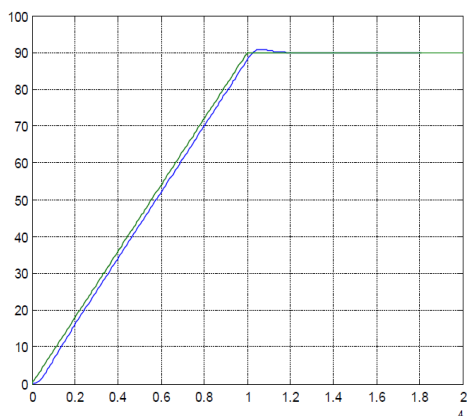
$$K_p = 0.013281854839223; T_i = 2.59381383564097e-005.$$



4-rasm. PID Controller bloki

Avtomatik boshqarish tizimida modellashtirish chiziqli bo'lmagan modelda amalga oshirildi. Natijada, rasmda keltirilgan jarayonning harorat rejimini aks ettiruvchi grafiklarni oldik.

5. Grafiklardan ko'rinib turibdiki, tizim sozlash harakatlarini statik xatosiz bajaradi minimal talab va texnologik talablarga javob beradigan tezlik.



5-rasm. Davriy reaktorda ARTda xaroratni rostdash jarayoni grafigi.

Xulosa

Shunday qilib, maqolada davriy ta'sirga ega bo'lgan kimyoviy reaktorning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini ishlab chiqarish vazifasi qo'yilgan. Boshqaruv ob'ekti sifatida davriy reaktor olinib, asosiy jarayonlarning analitik modeli ishlab chiqilgan. Ob'ektni o'tish xarakteristikalarini orqali modellashtirish o'tkazilib, uning uzatish funktsiyasini olish uchun identifikatsiya qilish amalga oshiriladi. PI rostdagich yordamida bir kontur sifatida davriy reaktorni avtomatik boshqarish tizimi ishlab chiqilgan. Modellashtirish natijalari sintez qilingan tizimning samaradorligini, tartibga solishning

sifat ko'rsatkichlari texnik shartlarning talablariga javob berishini isbotladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Кольцова Э.Н. Системный анализ химической технологии. – М.: Наука, 1993.
2. Кафаров В.В, Четкин В.А. Устойчивость химических реакторов. Сборник Итоги науки и техники. Процессы и аппараты химической технологии. М.: ВINITI. 1980. Т. 8. С. 77-151.
3. Нейдорф Р.А. Характерные нелинейные инварианты и математические модели объектов управления химических производств // Современная прикладная теория управления. Ч.III. Новые классы регуляторов технических систем / Под ред. А.А. Колесникова. ФЦП «Интеграция». – М. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.
4. Хариш И.Е. Синергетический метод синтеза систем управления химическими реакторами периодического действия. Известия Южного федерального университета. Технические науки. №6 (119), июнь 2011. Тематический выпуск: Системный синтез и прикладная синергетика.
5. Сидиков И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С. Ночизикли динамик объектларни синергетик бошқариш усулидан фойдаланиб синтезлаш // МУХАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ АВЛОДЛАРИ, ИЛМИЙ-АМАЛИЙ ВА АХБОРОТ-ТАҲЛИЛИЙ ЖУРНАЛ. № 1(11)/2020.
6. Дудникова Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности учебник для вузов. – М. Химия. 1987.-368с.
7. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие.– СПб.:
8. Издательство ДЕАН, 2006. – 552 с. Сидиков И.Х., Усманов К.И., Якубова Н.С. Синергетик

ёндошув асосида кимё-технологик жараёнларни бошқариш тизимларини синтезлаш // Техник ва ижтимоий-иқтисодий фанлар соҳаларининг муҳим масалалари Республика Олий ўқув юртлараро илмий ишлар тўплами. Тошкент-2019.

Sarbolayev Farrux Nabiyevich

Toshkent kimyo texnologiya instituti, Oziq-ovqat mahsulotlari texnologiyasi kafedrası katta o'qituvchisi.

e-mail: sarbolayev_f@mail.ru

Usmanov Komil Isroilovich

Toshkent kimyo texnologiya instituti, informatika, avtomatlashtirish va boshqaruv kafedrası katta o'qituvchisi. e-mail: usmanov.komil@mail.ru

Islomova Farida Komiljonovna

Toshkent kimyo texnologiya instituti, informatika, avtomatlashtirish va boshqaruv kafedrası katta o'qituvchisi. e-mail: islamova_fk@mail.ru

Sarbolayev F.N., Usmanov K.I., Islomova F.K.

Formation of automatic control system of chemical reactor operating in periodic mode.

The article sets the task of developing an automated control system for technological processes in a batch chemical reactor. On the basis of a systematic approach,

the problem of analysis as an object of control of a chemical reactor was solved, and the stages and tasks of systematic analysis as an object of control of a reactor were identified. The complexity of the problems of systematic analysis is characterized by the multidimensionality, nonlinearity and multiplicity of objects. A conceptual and mathematical model of the object was developed. The values of the input and state variables in the optimal static mode, which provide a given value of performance, were determined. The dynamic properties of the reactor were studied by constructing curves along different channels. Management systems in the form of various topological structures of the reactor were proposed. An analytical model of the main processes was developed, taking a batch reactor as the control object. The object is modeled using transient characteristics and identified to obtain its transfer function. The automatic control system of the batch reactor was developed as a loop using a PI controller. The simulation results confirmed the efficiency of the synthesized system, the control quality indicators meet the requirements of the technical specifications.

Keywords: Chemical reactor, mathematical model, stoichiometric matrix Matlab, state matrix, synergistic synthesis, ADAR method.

Садиков А.Н., Арипов Н.М.

Алгоритмы субоптимальной фильтрации при наличии отказов в канале измерения в системах контроля рельсовых линий

В статье для заданных моделей системы контроля рельсовых линии (КРЛ) определены субоптимальные алгоритмы оценивания вектора состояния, с использованием которых получены алгоритмы субоптимальной фильтрации для случая, когда параметрическая переменная представляет собой марковскую цепь. Приведена последовательность вычислений вектора состояния и марковской параметрической переменной. Разработана структурная схема и проанализированы результаты математического моделирования субоптимального фильтра

Ключевые слова: система контроля состояния рельсовых линии, модель информационного сообщения, уравнений состояния и наблюдения, субоптимальные алгоритмы оценивания вектора состояния, алгоритм субоптимальной фильтрации, вычисления апостериорных вероятностей, последовательность вычислений вектора состояния и марковской параметрической переменной, структурная схема и математического моделирования алгоритма субоптимального фильтра.

Применение микропроцессов приводит к увеличению работоспособности систем автоматики и телемеханики, в частности, их подсистемы контроля состояния рельсовой линии (КРЛ) в условиях воздействия дестабилизирующих факторов. Поэтому, для обоснованного выбора формы полезного сигнала, его мощности, способов обработки и определения принципов построения, методов технической реализации приемопередающей аппаратуры рельсовых цепей возникает необходимость проведения детальных исследований.

Таким образом, в условиях нормального функционирования всех элементов системы КРЛ основными задачами исследования являются синтез алгоритмов оптимальной фильтрации при известных динамических свойствах системы и заданных характеристиках канала измерения.

Пусть модель информационного сообщения системы КРЛ описывается с помощью уравнения состояния:

$$x_{h+1} = \Phi_{h+1,h}x_h + w_h, \quad (1)$$

а модель канала измерения – с помощью уравнений наблюдения вида

$$y_h = H_h x_h + \gamma_h v_h \quad (2)$$

где γ_h – случайная величина, принимающая два значения: $\gamma_h = 1$ (режим нормальной работы) и $\gamma_h = \sigma \gg 1$ (режим аномальных измерений при наличии отказов в канале).

Для заданных моделей системы КРЛ найдем практически реализуемые субоптимальные алгоритмы оценивания вектора состояния при различных моделях параметрической переменной γ_h .

Оценивание при марковской параметрической переменной. Получим теперь, алгоритм субоптимальной фильтрации для случая, когда параметрическая переменная γ_h представляет собой марковскую цепь с двумя состояниями $\gamma_1 = 1$ и $\gamma_2 = \sigma$. Начальные вероятности этих состояний $\|P_0\| = \|p_1 \ p_0\|$ и матрица перехода марковской цепи:

$$\|P_{ij}\| = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{1\sigma} \\ P_{\sigma 1} & P_{\sigma\sigma} \end{vmatrix} \quad (3)$$

заданы. Система КРЛ определена своими уравнениями состояния (1) и наблюдений (2).

Будем использовать субоптимальной алгоритмы

оценивания [1]. Для этого используем допущение о том, что плотность распределения вероятностей оценок экстраполяции может быть аппроксимирована Гауссовской плотностью с вектором средних $x_{h,h-1}$ и корреляционной матрицей $P_{h,h-1}$, т. е.:

$$f(x_h | Y_1^{h-1}) = N\{x_{h,h-1}, P_{h,h-1}\} \quad (4)$$

Для нахождения оптимальной оценки вида $x_{h,h} = E(x_h | Y_1^h)$, необходимо вычислить апостериорную плотность распределения вероятностей $f(x_h | Y_1^h)$ при фиксированной выборке наблюдений $Y_1^h = \{y_1, y_2, \dots, y_h\}$. По аналогии с выражением:

$$\begin{aligned} f(x_h | Y_1^h) &= E_\gamma \left[f(x_h | Y_1^h, \overline{\Gamma}_{ih} | Y_1^h) \right] = \\ &= \sum_{\overline{\Gamma}_{ih} \in \Omega_h} f(x_h | Y_1^h, \overline{\Gamma}_{ih}) P(\overline{\Gamma}_{ih} | Y_1^h) \end{aligned}$$

пользуясь сглаживающими свойствами условного среднего, искомую апостериорную плотность можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} f(x_h | Y_1^h) &= E_\gamma \left[f(x_h | Y_1^h, \gamma_h = i) \right] = \\ &= \sum_{i=1, \sigma} f(x_h | Y_1^h, \gamma_h = i) P(\gamma_h = i | Y_1^h) \end{aligned} \quad (5)$$

Вычислим условные плотности распределения вероятностей: $f(x_h | Y_1^h, \gamma_h = i)$, определяющие частные оценки, пользуясь методикой, изложенной в [2] при выводе рекуррентных соотношений фильтра Калмана.

Используя формулу Байеса, получаем:

$$\begin{aligned} f(x_h | Y_1^h, \gamma_h = i) &= f(x_h | y_h, Y_1^{h-1}, \gamma_h = i) = \\ &= \frac{f(y_h | \gamma_h = i, x_h) f(x_h | Y_1^{h-1})}{f(y_h | \gamma_h = i, Y_1^{h-1})} \end{aligned} \quad (6)$$

Рассмотрим теперь по отдельности плотности вероятностей, входящие в это выражение [3,4]. Так

как шумы измерений по предположению гауссовы, то из уравнения наблюдения (2) непосредственно следует, что:

$$f(y_h | \gamma_h = i, x_h) = N\{H_h x_h, i^2 R_h\}, i = 1, \sigma \quad (7)$$

Распределение оценок экстраполяции в соответствии с принятым допущением вида (4) тоже гауссовское. Что касается условной плотности, входящей в знаменатель выражения (6), то, как было установлено в [2], ее можно записать как

$$f(y_h | \gamma_h = i, Y_1^{h-1}) = N\{H_h x_{h,h-1}, H_h P_{h,h-1} H_h^T + i^2 R_h\}, i = 1, \sigma \quad (8)$$

Следовательно, выражение (6) является гауссовской плотностью и частные оценки $x_{h,h}^{(1)} = E(x_h | Y_1^h, \gamma_h = 1)$ и $x_{h,h}^{(\sigma)} = E(x_h | Y_1^h, \gamma_h = \sigma)$, в рассматриваемом случае могут быть вычислены по рекуррентным соотношениям фильтра Калмана, причем:

$$x_{h,h}^{(i)} = \Phi_{h,h-1} x_{h-1,h-1} + K_{ih} \tilde{z}_{h,h-1}, i = 1, \sigma \quad (9)$$

$$K_{ih} = P_{h,h-1} H_h^T (H_h P_{h,h-1} H_h^T + i^2 R_h)^{-1}, \quad (10)$$

$$i = 1, \sigma$$

где $\tilde{z}_{h,h-1} = y_h - H_h x_{h,h-1}$ – общий для обеих частных оценок “обновляющий” процесс, так как оба фильтра на каждом шаге используют одну и ту же оценку экстраполяции, что является прямым следствием допущения (4).

Для вычисления апостериорных вероятностей вида $P(\gamma_h = i | Y_1^h)$, $i = 1, \sigma$, возможно воспользоваться общей формулой:

$$P(\overline{\Gamma}_{ih} | Y_1^h) = P(\overline{\Gamma}_{ih} | y_h, Y_1^{h-1}) = \frac{f(y_h | \overline{\Gamma}_{ih}, Y_1^{h-1}) P(\overline{\Gamma}_{ih} | Y_1^{h-1})}{f(y_h | Y_1^{h-1})}$$

которая с учетом того, что в данном случае $\overline{\Gamma}_{ih} = \{\gamma_h = i\}$ – так как значения γ_h и γ_{h-1} , как элементы цепи Маркова, оказываются связанными между собой. Поэтому для расчета условных вероятностей вида $P(\gamma_h = i | Y_1^h)$ следует воспользоваться общей формулой, которая в данном случае примет вид:

$$P(\gamma_h = 1 | Y_1^h) = \frac{f(y_h | \gamma_h = 1, Y_1^{h-1}) P(\gamma_h = 1, Y_1^{h-1})}{\sum_{i=1, \sigma} f(y_h | \gamma_h = i, Y_1^{h-1}) P(\gamma_h = i, Y_1^{h-1})} \quad (11)$$

Принимая во внимание Марковские свойства γ_h , из которых следует, что:

$$P(\gamma_h = 1 | Y_1^{h-1}) = p_{1\sigma} P(\gamma_{h-1} = \sigma | Y_1^{h-1}) + p_{11} P(\gamma_{h-1} = 1 | Y_1^{h-1})$$

Используя для сокращения последующей записи обозначения

$$p_h(i) = P(\gamma_h = i | Y_1^h), i = 1, \sigma \quad (12)$$

$$f_{ih} = f(y_h | \gamma_h = i, Y_1^{h-1}), i = 1, \sigma \quad (13)$$

выражение (11) можно записать в следующей форме:

$$p_h(1) = \frac{f_{1h} \sum_{i=1, \sigma} p_{1i} p_{h-1}(i)}{\sum_{j=1, \sigma} f_{jh} \sum_{i=1, \sigma} p_{ji} p_{h-1}(i)} \quad (14)$$

$$\text{где } f_{ih} = \exp\left[-\frac{(y_h - x_{h,h-1})^2}{P_{h,h-1} + i^2 R_h}\right] \times \sqrt{\frac{P_{h,h-1} + R_h}{P_{h,h-1} + i^2 R_h}}$$

Таким образом, величина $p_h(i)$ представляет собой рекуррентно рассчитываемую вероятность того, что при заданном векторе наблюдений Y_1^h величина γ на данном шаге примет значение 1, т. е. канал измерения на данный h -й момент времени находится в исправном состоянии [5].

На основании (5) общее выражение для субоптимальной оценки в рассматриваемом случае можно представить, как:

$$x_{h,h} = x_{h,h}^{(1)} p_h(1) + x_{h,h}^{(\sigma)} [1 - p_h(1)],$$

которое после подстановки в него формулы (9) приводится к виду:

$$x_{h,h} = x_{h,h-1} + p_h(1) K_{1,h} \tilde{z}_{h,h-1} + [1 - p_h(1)] K_{\sigma,h} \tilde{z}_{h,h-1} \quad (15)$$

где матричные коэффициенты усиления фильтра K_{1h} и $K_{\sigma h}$ определяются на основании (10), а начальным условием является равенство

$$x_{(0,0)} = E\{x_{(0)}\} \quad (16)$$

Выражение для корреляционной матрицы ошибок фильтрации можно получить непосредственно от общей формулы:

$$P_{h,h} = \sum_{n \in \Omega_h} (\overline{\Gamma}_{nh} | Y_1^h) \left[P_{h,h, \overline{\Gamma}_{nh}} + (x_{h,h}^{(n)} - x_{h,h}) (x_{h,h}^{(n)} - x_{h,h})^T \right] + p_h(1) \left[P_{h,h}^{(1)} + (x_{h,h}^{(1)} - x_{h,h}) (x_{h,h}^{(1)} - x_{h,h})^T \right] + [1 - p_h(1)] \left[P_{h,h}^{(\sigma)} + (x_{h,h}^{(\sigma)} - x_{h,h}) (x_{h,h}^{(\sigma)} - x_{h,h})^T \right] \quad (17)$$

Принимая во внимание, что $P_{h,h}^{(i)} = P_{h,h-1} - K_{ih} H_h P_{h,h-1}, i = 1, \sigma$ [2], и вводя обозначения:

$$S_h = \tilde{z}_{h,h-1} \tilde{z}_{h,h-1}^T \quad (18)$$

$$K_{\delta,h} = K_{1,h} - K_{\sigma,h} \quad (19)$$

выражение (17) после простых тождественных преобразований можно привести к следующему окончательному виду:

$$P_{h,h} = P_{h,h-1} - p_h(1) K_{\delta,h} H_h P_{h,h-1} + p_h(1) [1 - p_h(1)] K_{\delta,h} S_h K_{\delta,h}^T - K_{\sigma,h} H_h P_{h,h-1} \quad (20)$$

где корреляционная матрица ошибок экстраполяции $P_{h,h-1}$ вычисляется по обычным

формуле Калмановской фильтрации:

$$P_{h,h-1} = \Phi_{h,h-1} P_{h-1,h-1} \Phi_{h,h-1}^T + Q_{h-1} \quad (21)$$

и начальное значение корреляционной матрицы ошибок фильтрации задается равенством:

$$P_{(0,0)} = P_{(0)} \quad (22)$$

Таким образом, последовательность вычислений при субоптимальной фильтрации вектора состояния x_h и марковской параметрической переменной γ_h в линейной ДС с каналом измерения вида (2) включает в себя:

1) по результатам оценивания на предыдущем шаге рассчитывается оценка экстраполяции

$x_{h,h-1} = \Phi_{h,h-1} x_{h-1,h-1}$ и по формуле (21) находится корреляционная матрица ошибок этих оценок;

2) определение апостериорных вероятностей исправного состояния канала измерения $p_h(1)$ в соответствии с формулой (14);

3) вычисление значений K_{1h} и $K_{\sigma h}$ по формуле (10);

4) определение в соответствии с отношением (15) результирующей оценки $x_{h,h}$ и расчет корреляционной матрицы ошибок фильтрации с использованием выражения (20).

Структурная схема рассмотренного субоптимального фильтра приведена на рис. 1. Матричный коэффициент усиления этого фильтра изменяется в зависимости от значения апостериорной вероятности $p_h(1)$, которая определяет вес текущих изменений в образовании оценки. Если в состоянии отказа дисперсия шумов измерений существенно больше, чем в режиме нормального функционирования, т. е. $\gamma = \sigma \gg 1$, то, как это следует

из (10), матричный коэффициент усиления $K_{\sigma,h} \rightarrow 0$, и результирующую оценку в том случае можно рассчитать следующим образом:

$$x_{h,h} = x_{h,h-1} + p_h(1) K_{1,h} \tilde{z}_{h,h-1} \quad (23)$$

Другими словами, данный фильтр отличается от калмановского только наличием множителя $p_h(1)$ перед матричным коэффициентом усиления [6].

При $p_h(1) = 1$ этот фильтр совпадает с фильтром Калмана, при $p_h(1) = 0$ – вырождается в экстраполятор. Однако во всех случаях он остается нелинейным фильтром вследствие зависимости $p_h(1)$ и K_{ih} от текущих измерений. При $\sigma \gg 1$ упрощается соответственно и выражение (20) для корреляционной матрицы ошибок субоптимального оценивания:

$$P_{h,h} = P_{h,h-1} - p_h(1) K_{1h} H_h P_{h,h-1} + p_h(1) [1 - p_h(1)] K_{1h} S_h K_{1h}^T \quad (24)$$

так как при $\sigma \gg 1$ $K_{\sigma h} = (K_{1h} - K_{\sigma h}) \rightarrow K_{1h}$ и $K_{\sigma h} \rightarrow 0$.

Используем теперь этот алгоритм субоптимального фильтра на исследования рельсовых цепей в шунтовом режиме для случая воздействия импульсной составляющей сопротивления поездного шунта. Пусть модель информационного сообщения описывается с помощью уравнения состояния (1), а модель канала измерения – с помощью уравнений наблюдения вида (2) [7]. Параметрическая переменная γ_h представляет собой марковскую цепь с двумя состояниями $\gamma_1 = R_{m1}$, $\gamma_2 = R_{m2}$. Начальные вероятности этих состояний $\|P_0\| = \|P_1 P_2\|$ и матрица перехода марковской цепи:

$$\|P_{ij}\| = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix}$$

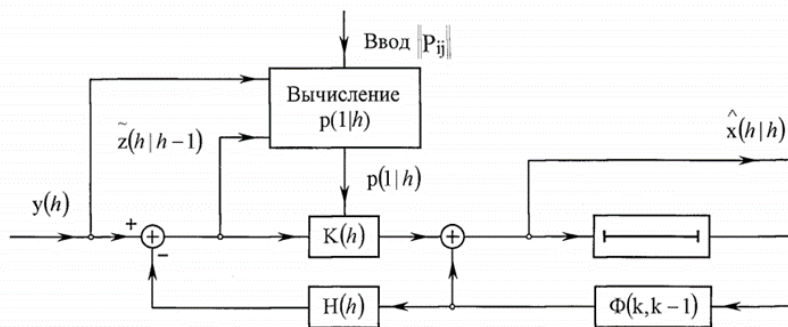


Рис. 1. Структурная схема субоптимального фильтра

импульсной помехи, обусловленной нестабильностью сопротивления поездного шунта. Проанализируем результаты математического моделирования алгоритма субоптимального фильтра. На рис. 2 приведены волновые диаграммы реализации наблюдений y_h , состояний x_h и субоптимальной оценки $x_{h,h}$ при воздействии импульсной помехи, обусловленной нестабильностью сопротивления поездного шунта.

Рис. 3 иллюстрируют расчетные значения апостериорной вероятности исправного состояния канала измерения $p_h(1)$ и корреляционной матрицы ошибок фильтрации $P_{h,h}$ при воздействии

обусловленной нестабильностью сопротивления поездного шунта.

В моменты времени, в которые моделировались нарушения исправного состояния канала измерения, вектор наблюдений y_h скачка меняется. Зависимость апостериорных вероятностей $p_h(1)$ от времени, рассчитанная по формуле (8).

Эта зависимость, как следует из (9), однозначно определяет и поведение коэффициента усиления фильтра. Из графиков видно, что в моменты появления отказов величина $p_h(1)$ резко падает, что влечет за собой пропорциональное уменьшение коэффициента усиления фильтра, последний теряет

чувствительность к вновь поступающим данным и в качестве текущей оценки выдает оценку экстраполяции.

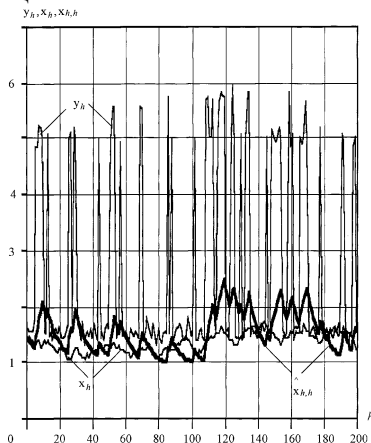


Рис. 2. Волновые диаграммы реализацией наблюдений y_h , состояний x_h и субоптимальной оценки $x_{h,h}$ при воздействии импульсной помехи, обусловленной нестабильностью сопротивления поездного шунта

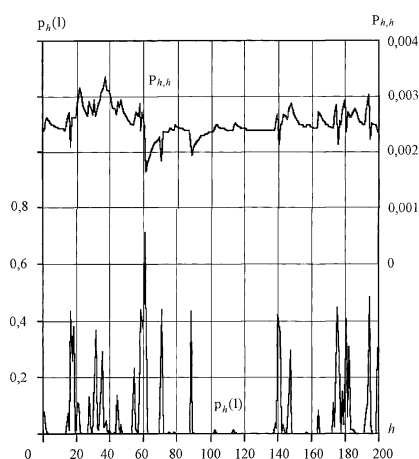


Рис. 3. Расчетные значения апостериорной вероятности исправного состояния канала измерения $p_h(1)$ и корреляционной матрицы ошибок фильтрации $P_{h,h}$

Список литературы:

1. Гришин Ю. П. Дискретная фильтрация в радиотехническом измерителе при случайных пропадающих сигналах. - Изв. Вузов, сер. Радиоэлектроника, 1977, №4 с. 65-72.
2. Гришин Ю. П., Каразинов Ю. М. Динамические системы, устойчивые к отказам. - М.: Радио и связь, 1985. - 176 с.
3. Арипов Н.М., Рихсиев Д.Х. Микропроцессорные технологии в системах железнодорожной автоматики и телемеханики //Международная научно-практическая конференция «EurasiaScience». Москва, 31 октября 2018.

4. Aripov N., Aliyev R., Baratov D.X., Ametova E.K. Features of construction of systems of railway automatics and telemechanics at the organization of high-speed traffic in the republic of Uzbekistan. // 9th international scientific conference Transbaltica 2015/ Vilnius, 7–8 may, 2015. Procedia Engineering 134 (2016) P. 175 – 180.

5. Азизов А.Р., Садиков А.Н. Разработка схемы увязки микропроцессорного импульсного реле с существующими системами железнодорожной автоматики и телемеханики. Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии автоматики, электрической связи и энергообеспечения железнодорожного транспорта.». – Ташкент, ТашИИТ. 2017. - С.176-178.

6. Азизов А.Р., Юлдашев Ш.М., Садиков А.Н. Моделирование и оптимизация алгоритма работы электромеханического импульсного реле. //Вестник транспорта Поволжья, ноябрь-декабрь 2018г. №4.

7. N. Aripov, A. Sadikov, S. Ubaydullayev. Intelligent signal detectors with random moment of appearance in rail lines monitoring systems. // E3S Web of Conferences 264, 05039 (2021). CONMECHYDRO – 2021

Садиков Азамат Нематуллаевич. Ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика» Ташкентского государственного транспортного университета. e-mail: san.pgups@gmail.com

Арипов Назиржон Мукарарович. д.т.н, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Ташкентского государственного транспортного университета. e-mail: aripov1110@gmail.com

Sadikov A.N., Aripov N.M.

Algorithms for sub-optimal filtering in the presence of failures in the measurement channel in the control systems of rail lines

In the article, for the given models of the rail line monitoring system (RLM), suboptimal algorithms for estimating the state vector are determined, with the use of which suboptimal filtering algorithms are obtained for the case when the parametric variable is a Markov chain. The sequence of calculations of the state vector and the Markov parametric variable is given. A block diagram is developed and the results of mathematical modeling of the suboptimal filter are analyzed.

Key words: rail line state control system, information message model, equations of state and observation, suboptimal algorithms for estimating the state vector, suboptimal filtering algorithm, calculating posterior probabilities, sequence of calculating the state vector and Markov parametric variable, structural diagram and mathematical modeling of the suboptimal filter algorithm.

УДК 532.5

Турдиев.У.К.

Задача Коши для одномерной системы уравнений типа Бюргерса

Рассмотрена задача Коши для одномерной системы уравнений типа Бюргерса возникающая в двухскоростной гидродинамике. Методом слабой аппроксимации доказано существование и единственность решения задачи Коши для одномерной системы типа Бюргерса.

Ключевые слова: Двухскоростная гидродинамика, система типа Бюргерса, метод слабой аппроксимации.

Введение

В последние десятилетия, математики становятся все более заинтересованы в проблемах, связанных с поведением решений систем уравнений в частных производных, с малым параметром при старших производных и с учетом кинетических параметров. Эти проблемы возникли из физических приложений, в основном из современной гидродинамики (сжимаемых многофазных жидкостей с малыми вязкостями). Аналогия уравнению Бюргерса возникает, например, при исследовании слабонелинейной одномерной акустической волны, движущейся с линейной скоростью звука. В этом случае нелинейные по скоростям члены в системе уравнений типа Бюргерса получаются из зависимости скоростей звука от амплитуды звуковой волны, а члены со второй производной и разности скоростей представляют затухание звуковых волн, связанное с диссипацией энергии. Другими словами, эти члены, обеспечивают непрерывность решений и представляют диссипативные процессы, связанные с производством энтропии. Эти члены, в свою очередь, обеспечивают неопрокидывание волн [1]. Рассматриваемая система является частным случаем системы уравнений двухскоростной гидродинамики в одномерном случае [2-6].

Одномерным аналогом уравнений Навье-Стокса для сжимаемых жидкостей можно считать систему уравнений типа Бюргерса, которая представляет собой систему нелинейных уравнений конвекции-диффузии

Одномерным аналогом уравнений Навье-Стокса для сжимаемых жидкостей можно считать систему уравнений типа Бюргерса, которая представляет собой систему нелинейных уравнений конвекции-диффузии

$$u_t + uu_x = \nu u_{xx} - \tilde{b}(u - \tilde{u}), \quad (1)$$

$$\tilde{u}_t + \tilde{u}\tilde{u}_x = \tilde{\nu}\tilde{u}_{xx} + b(u - \tilde{u}), \quad (2)$$

где величины u и \tilde{u} можно рассматривать, как скорости подсистем с размерностью $[x]/[t]$, составляющих двухскоростной континуум с соответствующими парциальными плотностями ρ и $\tilde{\rho}$, $\bar{\rho} = \tilde{\rho} + \rho$ - общая плотность континуума, $\tilde{b} = \frac{\tilde{\rho}}{\rho}b$, b - коэффициент трения с размерностью

$1/[t]$, который является аналогом коэффициента Дарси для пористых сред. Положительные константы ν и $\tilde{\nu}$ играют роль кинематических вязкостей подсистем с размерностью $[x]^2/[t]$.

У системы уравнений двухскоростной гидродинамики и системы уравнений типа Бюргерса много общего. Например, квадратичная нелинейность по u и \tilde{u} члены с адвективным слагаемым, отвечающим зависимости звука от амплитуды звуковых волн и линейных вязкостей ν , $\tilde{\nu}$, коэффициента трения b [1] в правых частях, отвечающие за затухание звуковых волн. Что касается свойств решений, то они совершенно разные. У системы уравнения Бюргерса при исчезающих коэффициентах ν , $\tilde{\nu}$, b , формируются как сильные (ударные волны), так и слабые разрывы, в то время как решения системы двухскоростной гидродинамики такими особенностями не обладают. Однако область применимости этой системы отнюдь не ограничиваются приведенными примерами, такие системы возникают во многих задачах, чем и определяется ее значение.

2. Задача Коши для системы уравнений типа Бюргерса

Рассмотрим для системы (1), (2) в полосе $\Gamma_{[0,T]} = \{(t, x) : 0 \leq t \leq T, x \in \mathbb{R}\}$ задачу Коши со следующими начальными данными

$$u|_{t=0} = u_0(x), \quad \tilde{u}|_{t=0} = \tilde{u}_0(x), \quad x \in \mathbb{R}. \quad (3)$$

Нас будут интересовать решения задачи Коши для системы уравнений типа Бюргерса (1), (2) в отличие от [7, 8] в классе конечной гладкости, а именно $u(t, x), \tilde{u}(t, x) \in C^{1,2}(\Gamma_{[0,T]})$ - класс функций один раз непрерывно дифференцируемых по t и два раза непрерывно дифференцируемых по x .

Задача 1. Вычислить данную задачу методами вычислительной схемы и методом итерации:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{2u}{1+u^2} \frac{\partial u}{\partial x} = 0, & 0 < x \leq 1; t > 0. \\ u(x, 0) = \cos\left(\frac{\pi x}{2}\right); u(0, t) = 1 + \frac{1}{2} \arctg(t). \end{cases}$$

Алгоритм решения задачи. Данную задачу приведём в следующий вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial \ln(1+u^2)}{\partial x} = 0, 0 < x \leq 1; t > 0$$

Введём следующий тип схемы вычитания:

$$\omega = \left\{ x_i = ih, i = 0 \dots N, h = \frac{1}{N}, t_j = j\tau, j = 0 \dots S, s = \frac{1}{S} \right\}$$

здесь N – по оси Ox , S – по оси Ot количество узлов; h, τ – шаги по координате и времени. Вводим сеточную функцию как

$y_{ij} = u(x_i, t_j)$. Разностная аппроксимация последнего уравнения записывается в виде:

$$\frac{\hat{y}_i - y_i + \hat{y}_{i+1} - y_{i+1}}{2\tau} + \frac{\ln(1+\hat{y}_{i+1}^2) - \ln(1+\hat{y}_i^2) + \ln(1+y_{i+1}^2) - \ln(1+y_i^2)}{2h} = 0, \quad (1)$$

Предельные и начальные условия:

$$y_{i0} = \cos\left(\frac{\pi x}{2}\right); \quad y_{0j} = 1 + \frac{1}{2} \arctg(t).$$

Решаем сгенерированную разностную задачу по текущей схеме расчета. Используя формулу (1), $y_{i+1,j+1}$ выведем из следующей формулы:

$$f(u) = \frac{\hat{y}_i - y_i + u - y_{i+1}}{2\tau} + \frac{\ln(1+u^2) - \ln(1+\hat{y}_i^2) + \ln(1+y_{i+1}^2) - \ln(1+y_i^2)}{2h} = 0. \quad (2)$$

(1) уравнение является трансцендентным, это уравнение решим следующим методом. Последовательными подходами находим $y_{i+1,j+1}$. Представим, в $y_{i+1,j+1}$ известен u_0 подход, тогда уравнение (2) будет иметь следующий вид $f(u_0 + \Delta u_0) = 0$, где $\Delta u_0 = u - u_0$. Разложив это уравнение в ряд и линеаризуя его, мы прихжим к следующему уравнению: $f'(u_0)\Delta u_0 = -f(u_0)$. Результатом будет $u_{i+1} = u_i - f(u_i)/f'(u_i)$ для следующего и последующих приближений.

Процесс вычисления продолжается ($|f(u_i)| < \epsilon$) до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность ϵ . Аналогичным образом значения $y_{i+1,j+1}$ находятся для остальных индексов.

Результаты расчетов. На основе вышеуказанного шаблона расчета была создана программа MATLAB, результаты которой показаны на рисунке 1.

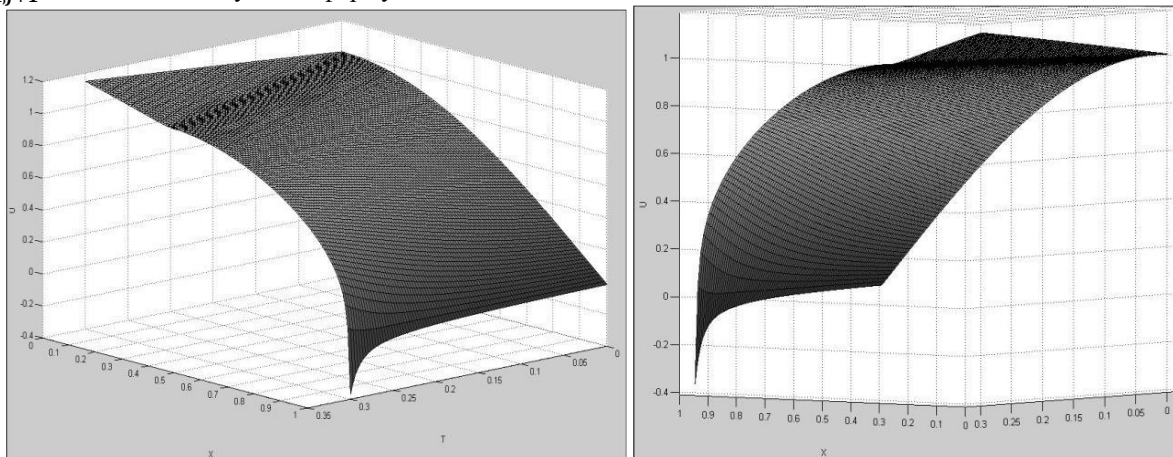


Рис.1. Результаты расчета программы MATLAB

Результаты расчёта. На основе указанного выше шаблона учетной записи был создан программный код Python, результаты которого показаны на рисунке 2.

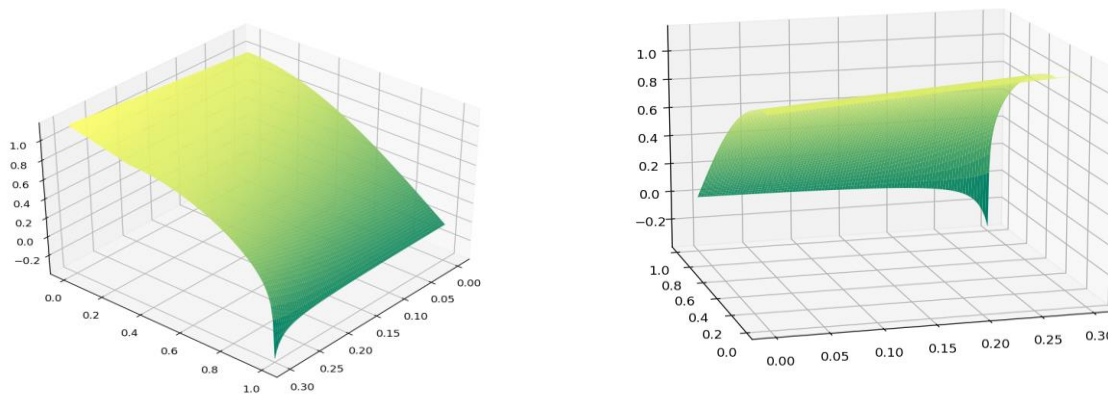


Рис.2.. Итоги расчётов на программе Python.

3. Формула решения задачи Коши для системы уравнений типа Бюргерса

Удобно сделать замену переменных Флорина-Хопфа-Коула:

$$\phi = \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} \int u dx \right], \quad \psi = \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} \int \tilde{u} dx \right].$$

При этом функции u и v выражаются через функции ϕ и ψ по формулам

$$u = -2\nu \frac{\phi_x}{\phi}, \quad \tilde{u} = -2\tilde{\nu} \frac{\psi_x}{\psi}.$$

В терминах функции ϕ и ψ система динамических уравнений (1) и (2) примет вид

$$\begin{pmatrix} \phi_t \\ \phi \end{pmatrix}_x = \begin{pmatrix} \nu \phi_{xx} \\ \phi \end{pmatrix}_x - \frac{\tilde{b}}{\nu} \begin{pmatrix} \ln \phi \\ \psi^{\tilde{\nu}} \end{pmatrix}_x, \quad \begin{pmatrix} \psi_t \\ \psi \end{pmatrix}_x = \begin{pmatrix} \tilde{\nu} \psi_{xx} \\ \psi \end{pmatrix}_x + \frac{b}{\tilde{\nu}} \begin{pmatrix} \ln \phi \\ \psi^{\tilde{\nu}} \end{pmatrix}_x,$$

Отсюда, после интегрирования по x , получим

$$\phi_t = \nu \phi_{xx} - \frac{\tilde{b}}{\nu} \phi (\nu \ln \phi - \tilde{\nu} \ln \psi) + C_1(t) \phi, \quad (4)$$

$$\psi_t = \tilde{\nu} \psi_{xx} + \frac{b}{\tilde{\nu}} \psi (\nu \ln \phi - \tilde{\nu} \ln \psi) + C_2(t) \psi, \quad (5)$$

где $C_1(t)$ и $C_2(t)$ - произвольные функции времени.

Решения задачи Коши для системы (4), (5) с данными

$$\phi|_{t=0} = \phi_0(x), \quad \psi|_{t=0} = \psi_0(x)$$

имеют вид

$$\phi(t, x) = \int_{-\infty}^{\infty} G^{\nu}(x, \xi, t) \phi_0(\xi) d\xi + \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} G^{\nu}(x, \xi, t - \tau) C_1(\tau) \phi(\xi, \tau) d\xi d\tau - \frac{\tilde{b}}{\nu} \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} G^{\nu}(x, \xi, t - \tau) \phi(\xi, \tau) (\nu \ln \phi(\xi, \tau) - \tilde{\nu} \ln \psi(\xi, \tau)) d\xi d\tau, \quad (6)$$

$$C_2(\tau) \psi(\xi, \tau) d\xi d\tau + \frac{b}{\tilde{\nu}} \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} G^{\tilde{\nu}}(x, \xi, t - \tau) \psi(\xi, \tau) (\nu \ln \phi(\xi, \tau) - \tilde{\nu} \ln \psi(\xi, \tau)) d\xi d\tau, \quad (7)$$

где

$$G^a(x, \xi, t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi at}} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4at}}$$

есть фундаментальное решение одномерного уравнения теплопроводности.

Далее предположим, также как в [9], что данные Коши $u_0(x)$, $\tilde{u}_0(x)$ удовлетворяют следующим условиям

$$\int_0^x u_0(\xi) d\xi = o(x^2), \quad \int_0^x \tilde{u}_0(\xi) d\xi = o(x^2), \quad (8)$$

для больших $|x|$.

Введены следующие функции

$$F(u, x, y, t) = \frac{(x-y)^2}{2t} + \int_{-\infty}^y u(t, \eta) d\eta. \quad (9)$$

$$F_1(u, x, y, t, \tau) = \frac{(x-y)^2}{2(t-\tau)} + \int_{-\infty}^y u(\tau, \eta) d\eta. \quad (10)$$

Отметим, что справедливы следующие равенства

$$F(u_0, x, y, t) - F(\tilde{u}_0, x, y, t) = \int_{-\infty}^y [u_0(\eta) - \tilde{u}_0(\eta)] d\eta.$$

$$F_1(u, x, y, t, \tau) - F_1(\tilde{u}, x, y, t, \tau) = \int_{-\infty}^y [u(\tau, \eta) - \tilde{u}(\tau, \eta)] d\eta.$$

для любых x, y, t, τ .

Продифференцируем обе части равенств (6) и (7) по переменной x . После несложных преобразований получим

$$\phi_x(t, x) = -\frac{1}{2\nu} \int_{-\infty}^{\infty} u_0(\xi) G^{\nu}(x, \xi, t) \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} \int_0^{\xi} u_0(\eta) d\eta \right] d\xi + \frac{\tilde{b}}{2\nu} \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t-\tau} G^{\nu}(x, \xi, t-\tau) \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} \int_0^{\xi} u(\tau, \eta) d\eta \right] \int_0^{\xi} [u(\tau, \eta) - \tilde{u}(\tau, \eta)] d\eta d\xi d\tau$$

$$\psi_x(t, x) = -\frac{1}{2\tilde{\nu}} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{u}_0(\xi) G^{\tilde{\nu}}(x, \xi, t) \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} \int_0^{\xi} \tilde{u}_0(\eta) d\eta \right] d\xi - \frac{b}{2\tilde{\nu}} \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t-\tau} G^{\tilde{\nu}}(x, \xi, t-\tau) \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} \int_0^{\xi} \tilde{u}(\tau, \eta) d\eta \right] \int_0^{\xi} [u(\tau, \eta) - \tilde{u}(\tau, \eta)] d\eta d\xi d\tau$$

Отсюда, с учетом (9), (10) и из определения фундаментального решения оператора теплопроводности, олучим

$$\phi_x(t, x) = -\frac{1}{2\nu\sqrt{4\pi\nu t}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} F(u_0, x, \xi, t) \right] d\xi - \frac{1}{2\nu} \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi\nu(t-\tau)}} \frac{x-\xi}{t-\tau} F_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau, \quad (11)$$

$$\psi_x(t, x) = -\frac{1}{2\tilde{\nu}\sqrt{4\pi\tilde{\nu}t}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} F(\tilde{u}_0, x, \xi, t) \right] d\xi - \frac{1}{2\tilde{\nu}} \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi\tilde{\nu}(t-\tau)}} \frac{x-\xi}{t-\tau} G_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau. \quad (12)$$

В формулах (11) и (12) использованы следующие обозначения

$$F_2(u, v, x, \xi, t, \tau) = \{C_1(\tau) + \frac{\tilde{b}}{2\nu} [F_1(u, x, \xi, t, \tau) - F_1(v, x, \xi, t, \tau)]\} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} F_1(u, x, \xi, t, \tau) \right],$$

$$G_2(u, v, x, \xi, t, \tau) = \{C_2(\tau) - \frac{b}{2\tilde{\nu}} [F_1(u, x, \xi, t, \tau) - F_1(v, x, \xi, t, \tau)]\} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} F_1(u, x, \xi, t, \tau) \right].$$

Таким образом имеет место

Теорема. Пусть $u_0(x), \tilde{u}_0(x) \in C^2(\mathbb{R}) \cap W_2^1(\mathbb{R})$ и удовлетворяют соотношению (10), где $W_2^1(\mathbb{R})$ - пространство Соболева. Тогда для решения задачи Коши (1)-(3) справедливы формулы

$$u(t, x) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} F(u_0, x, \xi, t) \right] d\xi + \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{t-\tau}} \frac{x-\xi}{t-\tau} F_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau}{\int_{-\infty}^{\infty} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} F(u_0, x, \xi, t) \right] d\xi + \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{t-\tau}} F_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau},$$

$$\tilde{u}(t, x) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} F(\tilde{u}_0, x, \xi, t) \right] d\xi + \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{t-\tau}} \frac{x-\xi}{t-\tau} G_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau}{\int_{-\infty}^{\infty} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} F(\tilde{u}_0, x, \xi, t) \right] d\xi + \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{t-\tau}} G_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau}.$$

Следствие. Пусть $u_0(x)$, $\tilde{u}_0(x)$ удовлетворяют условиям теоремы. Тогда для решения задачи Коши (1)-(3) справедливы формулы

$$u(t, x) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} F(u_0, x, \xi, t) \right] d\xi}{\int_{-\infty}^{\infty} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} F(u_0, x, \xi, t) \right] d\xi} - \frac{\int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{1 + \frac{\tau}{t-\tau}} \left(u(t, x) - \frac{x-\xi}{t-\tau} \right) F_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau}{\int_{-\infty}^{\infty} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\nu} F(u_0, x, \xi, t) \right] d\xi}, \quad (13)$$

$$\tilde{u}(t, x) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x-\xi}{t} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} F(\tilde{u}_0, x, \xi, t) \right] d\xi}{\int_{-\infty}^{\infty} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} F(\tilde{u}_0, x, \xi, t) \right] d\xi} - \frac{\int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{1 + \frac{\tau}{t-\tau}} \left(\tilde{u}(t, x) - \frac{x-\xi}{t-\tau} \right) G_2(u, \tilde{u}, x, \xi, t, \tau) d\xi d\tau}{\int_{-\infty}^{\infty} \text{Exp} \left[-\frac{1}{2\tilde{\nu}} F(\tilde{u}_0, x, \xi, t) \right] d\xi}. \quad (14)$$

Замечание. При исчезновении коэффициента трения b (в отсутствии диссипации энергии, обусловленной коэффициентом трения и $C_k(t) = O(k = 1, 2)$) решение (13), (14) переходит к известному решению задачи Коши для уравнения Бюргера [9].

Список литературы:

- [1] Куликовский А.Г., Свешников Е.И., Чугайнова А.П. Математические методы изучения разрывных решений нелинейных гиперболических систем уравнений, Москва -2010, 122с.
 [2] Доровский В.Н. Континуальная теория фильтрации // Геология и геофизика. 1989. No.7. С.39-45.
 [3] Доровский В.Н., Перепечко Ю.В. Феноменологическое описание двухскоростных сред с релаксирующими касательными напряжениями // ПМТФ. 1992. No.3. С.94-105.
 [4] Доровский В.Н., Перепечко Ю.В. Теория частичного плавления // Геология и геофизика. 1989. No.9. С.56-64.

- [5] Перепечко Ю. В., Сорокин К. Э., Имомназаров Х. Х. Влияние акустических колебаний на конвекцию в сжимаемой двухжидкостной среде // Труды XVII Международная конференция "Современные проблемы механики сплошной среды", Ростова-на-Дону, 2014, с. 166-169.

- [6] Zhabborov N.M., Imomnazarov Kh.Kh. Some initial boundary value problems of mechanics of two-velocity media. Tashkent, 2012. 212p (in Russian).

- [7] Имомназаров Х.Х., Мамасолиев Б.Ж. Оценка устойчивости задачи Коши для одномерной системы уравнений типа Бюргера // Тезисы докладов Респ. научн. конф. с участием зарубежных ученых "Современные методы математической физики и их приложения" 2015 г., Ташкент, с. 167-168.

- [8] Vasiliev G.S., Imomnazarov Kh.Kh., Mamasoliyev B.J On one system of the Burgers equations arising in the two-velocity hydrodynamics // Journal of Physics: Conference Series (JPCS), 2016, v. 697, 012024.

[9] Hopf E. The partial differential equation $u_t + uu_x = \mu u_{xx}$ // Commun Pure and Appl. Math., 1950, V. 3. No. 3, pp. 201-230.

Турдиев.У.К. Старший преподаватель кафедры «Программный инжиниринг» Каршинского филиала ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий

Turdiyev.U.K.

Cauchy problem for a one-dimensional system of equations of Burgers type

The Koshi problem for a one-dimensional system of Burgers type equations arising in two-velocity hydrodynamics is considered. By the method of weak approximation, the existence and uniqueness of the solution of the Koshi problem for a one-dimensional Burgers type system is proved.

Keywords: Two-velocity hydrodynamics, Burgers type system, weak approximation method.

Парсиев С.С., Бадалов Ж. И., Аденов Б.Э.

Оптимальное распределения нагрузки по инфокоммуникационным узлам

В статье разработана методика оптимального распределения нагрузки по инфокоммуникационным узлам связи по критерию средней задержки пакетов информации. Методика позволяет минимизировать среднюю задержку пакетов и выбрать пропускную способность каналов связи и определить оптимальную топологию телекоммуникационных сетей. Она учитывает условия сохранения поступающих потоков информации на инфокоммуникационные узлы.

Ключевые слова: инфокоммуникационные узлы, телекоммуникационные сети, распределения нагрузки, потоки информации, пропускная способность, среднее время задержки.

В телекоммуникационных сетях основной акцент делается на внутриузловую оптимизацию нагрузки, заключающуюся в решении задачи выбора сервера из состава инфокоммуникационного узла для обслуживания поступающей разнородной нагрузки. С увеличением нагрузки на инфокоммуникационные узлы появляется необходимость наращивать их мощность или каким-то образом балансировать обслуживание поступающих пользовательских запросов на большом их числе. Под балансировкой поступающей нагрузки будем понимать перенаправление (перераспределение) хотя бы части запросов с одних узлов на другие.

Задача оптимального распределения нагрузки по инфокоммуникационным узлам представляет собой нелинейную задачу дискретного математического программирования. В статье предлагается методика оптимального распределения нагрузки по критерию среднего времени задержки пакетов информации с учетом структурных топологии телекоммуникационных сетей. Предлагаемая методика позволяет учитывать поступающую нагрузку на инфокоммуникационные узлы и количество узлов, а также различные структуры не топологии, такие как: радиальная структура (РС), полно связная (ПСС), кольцевая (КСС) и решетчатая структура сетей (РШС).

Для решения данной задачи в работе разработана вычислительная программа на языке Python [3,4].

Рассмотрим инфраструктуру телекоммуникационной сети, состоящую из n инфокоммуникационных узлов, размещение которых в разных зонах можно осуществить по предложенному в [1,2] алгоритму.

Предполагается, что задержка $T_{i,j} = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}$ между всеми узлами известна. Если обмен между узлами i и j отсутствует, то $T_{i,j} = 0$. Обозначим через $\lambda_i, i = \overline{1, n}$ среднюю интенсивность потока информации, поступающего на узел i за единицу времени. Таким образом, суммарная внешняя интенсивность запросов, поступающих на узлы сети, определяется по формуле

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

Узлы, в зависимости от их типа, различаются номинальными производительностями (мощностями)

$$\mu_i, i = \overline{1, n}.$$

Предполагаем, что в каждом инфокоммуникационном узле будет действовать функция, которая будет перенаправлять некоторые поступающие запросы на соответствующие сетевые узлы, т. е. узлы обслуживают запросы, поступающие из своих зон ответственности, а также перенаправляемые из других зон. Очевидно, что интенсивность использования узла для обслуживания нагрузки из других зон будет зависеть от разных факторов, и эту характеристику можно определить, зная число перенаправленных из других узлов необслуженных запросов, по формуле:

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ji} \quad (1)$$

где x_{ji} – доля потока λ_j , перенаправленного из узла j на узел i .

Величины x_{ji} дают характеристику перенаправления потоков запросов между узлами и представление о состоянии (загруженности) узлов сети и могут быть определены экспериментально.

В результате среднюю интенсивность поступающей нагрузки на узел i за определенный интервал времени можно найти по формуле [1]:

$$\gamma_i = \lambda_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot x_{ij} + \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ji} \quad (2)$$

Первое суммирование определяет ту часть необслуженной нагрузки, которую узел i перенаправил на другие узлы, тогда как последнее суммирование определяет нагрузку, поступившую из других узлов сети.

Чтобы получить ожидаемый эффект от телекоммуникационной сети и обслуживать поступающую нагрузку на инфокоммуникационные узлы с интенсивностью $\lambda_{обсл}$ определенной с учетом ограничения по качеству обслуживания, номинал

производительности μ_i узла сети должен удовлетворить условию $\mu_i \geq \lambda_{обсл}$.

Производительность инфокоммуникационных узлов сети можно определить по следующим показателям: количество запросов, обслуживаемых в единицу времени (обычно за одну секунду); объем потоков разного типа, доставляемых от узлов до конечных пользователей за определенный интервал времени и с заданным качеством; средняя задержка при доставке веб-контента.

Среднее время задержки \bar{T} в сети доставки пакета, как и для любой телекоммуникационной сети, является одной из важнейших характеристик при исследовании качества ее функционирования и разработке методики распределения и оптимизации нагрузки между узлами сети в частности.

Предположим, что поступающий разнородный поток является само подобным, а его параметры стационарны на интервале наблюдения или хотя бы локально стационарны в течение сеанса обмена данными. Если рассматривать каждый узел как СМО типа $M/M/1$, то выбор потоков для распределения нагрузки между инфокоммуникационными узлами можно произвести при минимизации критерия средней задержки по формуле [1,2]:

$$\bar{T} = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n (\gamma_i \cdot T_i) = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\gamma_i}{\mu_i - \gamma_i} \right). \quad (3)$$

В зависимости от объема запрашиваемых пользователями объектов контента при доставке (обслуживание поступающих потоков, заключающемся в обработке, извлечении и отправлении к другим узлам, разделенного на пакеты) от i -го узла к пользователю генерируется определенная информационная нагрузка, измеряемая байтами в секунду.

Очевидно, что, если производительность (мощность) узла C_i измерять в пакетах в секунду [1,2], то тогда поток нагрузки в узле i можно выразить с использованием обозначения $F_i = \gamma_i / b \leq C_i$, а измеряемая в байтах средняя длина пакета $1/b$ будет одинакова для всех узлов в сети.

Включив в выражение для определения средней задержки меж узловую задержку $T_{F_i} = T_{ij} \cdot F_i$, которая обратно пропорциональна пропускной способности и состоит из времени распространения информации, времени обработки и других фиксированных задержек в пути передачи, получим зависимость:

$$\bar{T} = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{C_i - F_i} + T_{F_i} \right). \quad (4)$$

Задержку T_{F_i} в уравнении (4) можно установить равной измеряемыми *ping*-сообщениями. Очевидно, что первая часть суммы в уравнении (4) будет преобладать в средней задержке T , особенно, когда узел сильно загружен. Показатель оптимизации (4) можно дополнить возможностью преобладания одной его части над другими путем добавления весовых коэффициентов w_i для всех частей суммирования. Такой подход позволяет влиять на решение путем уменьшения веса средней задержки для резервирования узлов, а в других случаях – для предотвращения их перегрузки или увеличения задержки T_{F_i} , если осуществляется обслуживание пользователей или приложений, не чувствительных к задержкам при доставке контента. Помимо этого, установка одного из весов, равного нулю, приведет к изменению поставленной задачи, если требуется распределить потоки, минимизируя только среднюю задержку в сети или задержку между узлами. Математическая постановка задачи распределения нагрузки путем перераспределения поступающих потоков на инфокоммуникационные узлы имеет вид [1]:

$$\bar{T} = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(w_i \frac{f_{ij}}{C_i - f_{ij}} + w_z \cdot f_{ij} \cdot T_{ij} \right) \longrightarrow \min \quad (5)$$

$$f_{ij} \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n f_{ij} \leq C_j, \quad \sum_{i=1}^n f_{ij} = F_i.$$

Выражение (4) широко применяется при решении задач оптимизации маршрутизации и проектирования компьютерных сетей. Нашей целью является эффективное использование ресурсов телекоммуникационной сети путем распределения нагрузки между инфокоммуникационными узлами. Другими словами, в режиме реального времени нужно решить задачу динамического определения долей нагрузки, поступающей на инфокоммуникационные узлы, которая будет обслужена другими инфокоммуникационными узлами. Эта задача может быть эффективно решена с использованием комплексной вычислительной программы на языке Python, а также методов и алгоритмов оптимизации структуры телекоммуникационных сетей. Предполагается, что нагрузка на инфокоммуникационные узлы поступает в виде бес приоритетных потоков информации. Обслуживание нагрузки осуществляется инфокоммуникационными узлами, на которые они поступили, т. е. каждый инфокоммуникационный узел возьмет на себя обслуживание первой части поступившей из своей зоны нагрузки, соответствующей 60% его пропускной способности, так как загрузка узла более чем на 60% приведет к быстрому снижению производительности.

Усовершенствуем критерий (5) для решения задачи распределение нагрузок поступающие на инфокоммуникационные узлы. Введем переменную

Z_i , обозначающую стоимость обслуживания потоков информации в узлах i . Стоимость обслуживания потоков можно определить, если известны стоимость инфокоммуникационного узла и его номинал мощности (в запросах в секунду или в единицах данных (байтах) в секунду). Переменная Z_i отражает затраты на аренду или добавление узла i . Включив в критерий (5) стоимость обслуживания в инфокоммуникационных узлах, получим:

$$T = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (w_1 \cdot \frac{f_{ij}}{C_i - f_{ij}} + w_2 \cdot f_{ij} \cdot T_{ij} + w_3 \cdot f_{ij} \cdot Z_i) \rightarrow \min \quad (6)$$

Необходимо из доступной для наращивания в каждом инфокоммуникационном узле мощности путем решения задачи распределения нагрузки можно выбрать оптимальную требуемую мощность для ее добавления в узлы i , т. е. в зависимости от поступающих от пользователей нагрузки и затрат, выбрать из N (множество доступных для аренды в узлах i физических или виртуальных серверов) такое подмножество, которое могло бы обслуживать нагрузку и в то же время минимизировать критерий T по формуле (5) с учетом приведенных ограничений в формуле (4). Задача оптимального распределения нагрузки по инфокоммуникационным узлам состоит в реализации двух этапов [1,2]:

первый этап: с помощью алгоритма размещения узлов выбирается начальный план. На этом этапе выбираются места размещения инфокоммуникационных узлов сети, которые будут содержать физические или виртуальные серверы обслуживания.

второй этап: осуществляется оптимизация полученной на первом этапе структуры сетей путем минимизации критерия (5), учитывающего среднюю задержку доставки пакета, задержку между инфокоммуникационными узлами и количество узлов в зависимости от топологической структуры телекоммуникационных сетей.

Теперь определим и рассчитаем среднюю задержку пакетов, передаваемых по каналам связи, учитывая, что средняя задержка является основным параметром телекоммуникационной сети и определим оптимальное количество инфокоммуникационных узлов при различных топологиях телекоммуникационной сети.

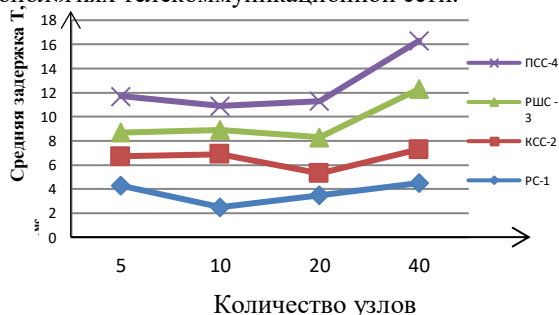


Рис. 1 Зависимость средней задержки от количества узлов.

На рис.1 приведены численные результаты, зависимость средней задержки от количества инфокоммуникационных узлов, при различных топологиях телекоммуникационной сети. Численные результаты получены с помощью разработанной комплексной вычислительной программы Python [3,4].

На рис. 1 приведен график зависимости среднего времени задержки пакета от количества инфокоммуникационных узлов связи при различных структурных топологиях, который показывает, что с увеличением количества узлов постепенно увеличивается средняя задержка. При некоторых значениях количества узлов поступающая нагрузка распределена неравномерно. Это вызвано тем, что в сети возникают «скачки» поступающих разнородных потоков, связанные с большой скоростью передачи информации в инфокоммуникационных узлах.

Скачкообразные значения средней задержки пакета показывают, что инфокоммуникационные узлы имеют разные пропускные способности и в них информационные потоки поступают с различными скоростями. По итогам проведенных расчетов определено, что радиальная структура обеспечивает наименьшее время задержки по сравнению с другими видами топологии сетей. При количестве инфокоммуникационных узлов, равном 10, во всех топологиях имеется оптимум наименьшего значения средней задержки пакета. Минимальное время средней задержки пакета наблюдается при использовании РС: оно составляет 4 мс для 40 узлов связи, что в четыре раза меньше в случае ПСС (16 мс), и в три раза меньше в случае РШС (12 мс) для того же количества узлов связи.

Заключение

Таким образом, разработана методика оптимального распределения нагрузки в инфокоммуникационных узлах по критерию средней задержки. Данная методика позволяет минимизировать среднюю задержку потоков информации и выбрать пропускную способность каналов связи и определить оптимальную топологию телекоммуникационных сетей. Она учитывает условия сохранения потоков нагрузки, поступающей на узлы.

Литература

1. Аль-таяр Башир али, Марголис Б. И., Матвеев Ю. Н. Оптимизация структуры сети доставки контента на основе балансировки нагрузки по критерию средней задержки. // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова № 5, 2014. с.46-50.
2. Аль-Таяр Б.А., Матвеев Ю.Н. Решение задачи о размещении узлов сети // Наукоедение. – 2013. – №3 (16). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/109tvn313.pdf>.
3. Парсиев С.С. Оптимизация структуры сетей специального назначения по критерию среднего времени задержки // Агентство по интеллектуальной

собственности Республики Узбекистан.
Свидетельство № DGU 07981, 27.03.2020 г.

4. Парсиев С. С., Кудратова С. М., Эркинов Ф.К.
Расчет вероятностно-временных характеристик потоков информации в телекоммуникационной сети // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство № DGU 10967, 29.04.21 г.

Парсиев Саидахад Солиходжаевич

д.т.н., заведующий кафедрой аппаратное и программное обеспечение систем управления в телекоммуникации ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий

Email: s.parsiyev@gmail.com

Бадалов Жасур Исмаилович

Соискатель, ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий

Email: badaloff2019@gmail.com

Аденов Бекзод Эркабаевич

Соискатель, ТУИТ Мухаммада ал-Хоразмий

**Parsiev S.S., Badalov J.I., Adenov B.E.
Optimal load distribution over infocommunication nodes**

The article develops a methodology for optimal load distribution over infocommunication nodes based on the criterion of the average delay of information packets. The technique allows you to minimize the average packet delay and select the bandwidth of communication channels and determine the optimal topology of telecommunication networks. It takes into account the conditions for saving incoming information flows to infocommunication nodes.

Keywords: infocommunication nodes, telecommunication networks, load distribution, information flows, bandwidth, average delay time.