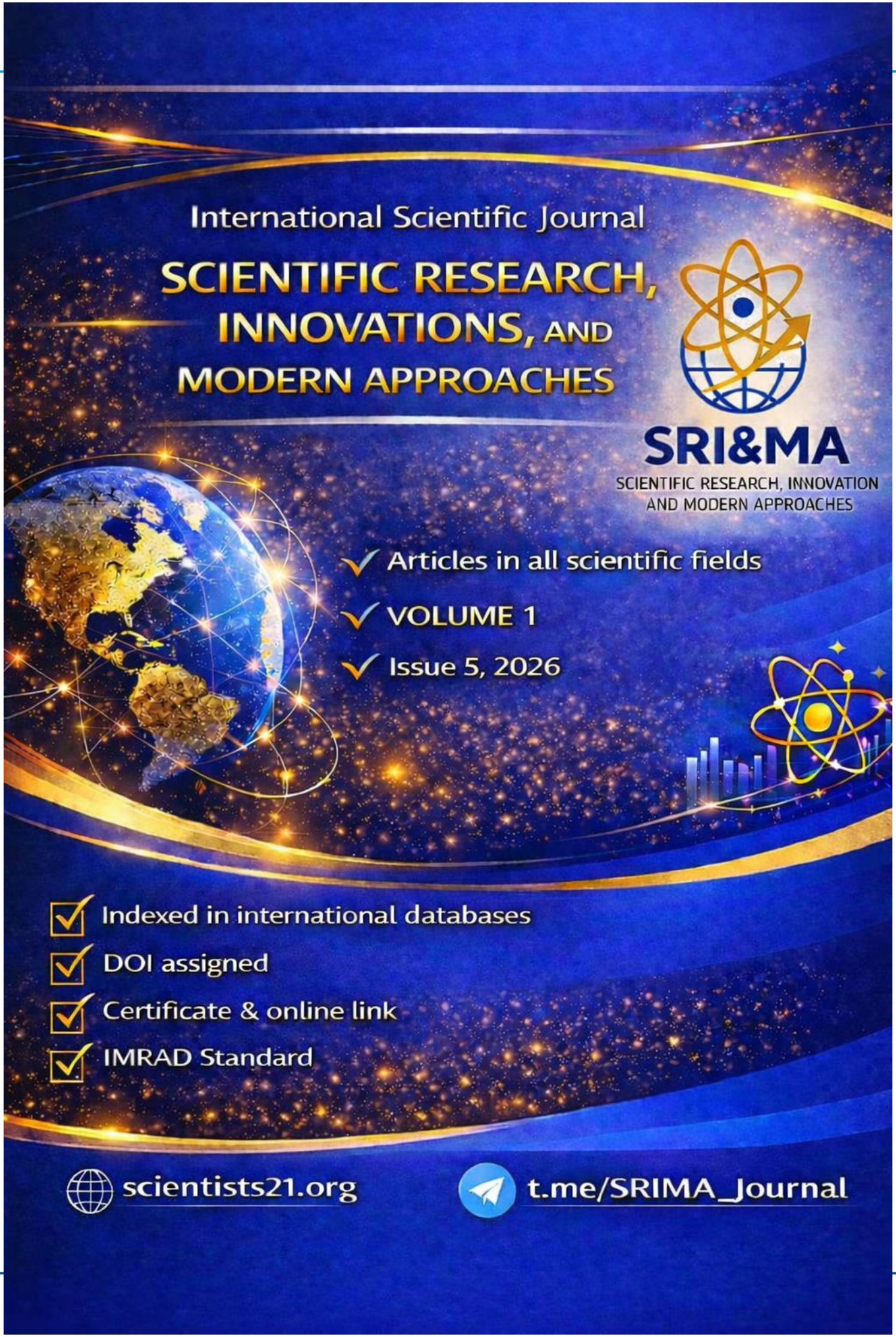

International Scientific Journal
SCIENTIFIC RESEARCH, INNOVATIONS, AND MODERN APPROACHES
SRI&MA
SCIENTIFIC RESEARCH, INNOVATION AND MODERN APPROACHES
Articles in all scientific fields
VOLUME 1
Issue 5, 2026
Indexed in international databases
DOI assigned
Certificate & online link
IMRAD Standard
scientists21.org
t.me/SRIMA_Journal

“SCIENTIFIC RESEARCH, INNOVATIONS AND MODERN APPROACHES” xalqaro ilmiy jurnali Farg‘ona davlat universiteti kengashi ruxsati bilan tashkil etilgan.
2025-yil 27-dekabr. 5-sonli yigilishi.

BOSH MUHARRIR
Tojiboyev I.T.– Fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent.
MAS’UL MUHARRIR
Ismoilov A.I. – Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori(PhD).
TAXRIRIYAT A’ZOLARI
1. Karimov K.T. –Fizika-matematika fanlari doktori (DSc), dotsent.
2. Rasulov V.R. –Fizika-matematika fanlari doktori (DSc), dotsent.
3. Jurayev V.T. –Pedagogika fanlari doktori (DSc), dotsent.
4. Sharofutdinova R.Sh – Pedagogika fanlari doktori (DSc), dotsent.
5. Qayimov A. – Filologiya fanlari fanlari doktori (DSc), dotsent.
6. Mamatqulova S.A. – Kimyo fanlari bo‘yicha fan doktori (DSc), professor.
7. Abdumalikov A.A. –Falsafa fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), professor.
8. Tojiyev T.X. –Fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent.
9. Xaydarov I.U.–Fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent.
10. Raximov Q.O. –Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
11. Zaynolobidinova S.M.–Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.
12. Umarov Sh.A. – Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.
13. Onarqulov M.K. – Fizika– matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.
14. Sotvoldiyev A. – Fizika– matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.
15. Oripov Sh.A.–Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).
16. Parmanova R.T.– Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).
17. Ro‘zaliyev Sh.–Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.
18. Mamatova Z.X.–Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),dotsent.
19. Sharofutdinov I.U.–Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).
20. Umarov B.A. – Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).
21. Toshboltayev F.O‘. – Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).
22. Abduraximova F.B. – Filologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).
23. Tojaliyev A.A. – Falsafa fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.
24. Oripov A.A. – Iqtisodiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.
25. Rustamov I.A. – Falsafa fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).

MUNDARIJA

1. *Абдуллаев Г.А.* Цифровая lms-платформа на основе искусственного интеллекта как инструмент обучения медицинским дисциплинам 5
2. *Ibragimov Sh.M., A'zamova S.U.* Tarmoq kechikishlarini kamaytirish usullari: zamonaviy yondashuvlar va texnologiyalar 9
3. *Abduqaxxorova M.* Atrof-muhit omillari va resurslar cheklanganligini hisobga oluvchi dinamik tizimlar 15
4. *Umarov B.A., Axmadaliyev Sh.X.* Iot qurilmalari uchun tarmoq protokollarining samaradorligini tahlil qilish va sun'iy intelekt bilan integratsiyalash 18
5. *Ibragimov Sh.M., Sidiqova G.I.* Vpn texnologiyasining xavfsizlikdagi o'rni 27
6. *Azizov M.S., Usmonova Y.J.* Buziladigan ikkinchi tartibli differensial tenglama uchun boshlang'ich masala 37
7. *Ibragimov Sh.M., Shavkatova D.I.* Bulutli hisoblash (cloud computing) arxitekturasi 41
8. *Turdaliyev A.A.* Osiva tcp/ipmodelitushunchasiva imkoniyatlari 48
9. *Ibragimov Sh.M., Saidjonova G.A.* Snmp protokoli asosidagi monitoring tizimlari: zabbix va prtg tahlili 53
10. *G'ofurov O., Tolamov Sh.* Yangi o'zbekistonda amalga oshirilayotgan islohotlar 58
11. *Azizov M.S., Rasulova D.S.* Bessel tenglamasi tiidagi tenglama uchun boshlang'ich masala 64
12. *Ibragimov Sh.M., Boqijonova M.A.* Kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlik muammolari 68
13. *Azizov M.S., Rasulova K.M.* O'ng tomoni noma'lum tor tebranish tenglamasi uchun to'g'ri to'rtburchakli sohada teskari masala 76
14. *Ibragimov Sh.M., Zoirjonova M.O'.* Bulutli hisoblash arxitekturasi: kompyuter tarmoqlarida zamonaviy yechim 89
15. *Abdulayev A., Mahmudov A.* Buyuk ipak yo'li: tarixi, savdo-iqtisodiy ahamiyativa zamonaviy madaniy meros sifatidagi o'rni 93
16. *Xolmatov M.H., Haydarov N.X.* Qo'qon xonligi: tashkil topishi, davlat boshqaruviva tarixiy ahamiyati (1709–1876) 100
17. *Ибрагимов Ш.М. Умирзакова Б.А.* Теоретико-методологические основы применения информационных технологий в обучении английскому языку 106
18. *Ibragimov Sh.M. Axmadaliyeva M.Sh.* Chet tillarini o'qitishda masofaviy ta'lim texnologiyalari 112
19. *Ибрагимов Ш.М., Миррахимова Р.У.* Дидактический потенциал видеоресурсов в обучении английскому языку студентов-филологов 124
20. *Adizov A.A.* Chiziqli algebraning iqtisodiyotga tatbiqi 133

21. *Madaminov M.R., Muhammadvaliev A.A.* **Mobil aloqa tarmoqlari(2G, 3G, 4G, 5G)** **139**
22. *Xalilov M.M., Ozodbekov O.U.* **Radioreleli aloqa tizimlari** **148**
23. *Muhammadvaliev A.A., Dilshodov A.D.* **Ma'lumotlar bazasi fanidan indekslar va ishlash samaradorligi** **156**
24. *Mamatova Z.X., Meliqo'ziyeva G.K.* **Simpleks usuli yordamida optimal rejalashtirish masalalarini yechish va tahlil qilish** **164**
25. *Xalilov M.M., Muhammadvaliev A.* **Aprotokollar va aloqa standartlari: tcp/ip, osi, gsm, lte va boshqalar.** **171**
26. *Mamatova Z.X., Mo'ydinjonova Sh.M.* **Ishlab chiqarish rejasini tuzishda simpleks usuldan foydalanish** **178**
27. *Adhamova V.E.* **Differensial tenglamalar uchun chegaraviy masalani kollokatsiya usuli yordamida taqribiy yechish** **185**
28. *Mamatova Z.X., Nabiyeva X.I.* **Kommivoyajor masalasining logistikada qo'llanishi va optimallashtirish usullari** **195**
29. *Ibragimov Sh.M., Solijonova Z.Sh.* **Kiber-fizik tizimlar (cps) va tarmoqlar:zamonaviy sanoatda integratsiya va rivojlanish istiqbollari** **203**
30. *Ибрагимов Ш.М., Арифова М.Ш.* **Эффективность цифровых образовательных платформ в формировании языковой компетенции** **207**
31. *Ибрагимов Ш.М., Юнусалиева М.К.* **Эффективность цифровых образовательных платформ в формированоии языковой компетенции.** **216**
32. *Ibragimov Sh.M., Rahimova Z.H.* **Aqlli shahar konsepsiyasida tarmoq infratuzilmasini tashkil qilish masalalari** **223**
33. *Sharoffiddinov I.U., Raximova G.N.* **Murakkab funksiyalarni hisoblashda mathcad va boshqa matematik paketlar imkoniyatlarining qiyosiy tahlili** **229**
34. *Sharoffiddinov I.U., Tursunboyeva R.M.* **Maple muhitida hosila hisoblash algoritmlarining samaradorligini tahlil qilish** **233**
35. *Ergashev F.Sh.* **Idempotent ehtimollik o'lchov fazolarining geometrik xossalari: kategoriya, metrik va dinamik sistemalar aspektida** **237**
36. *Shodmonova M.A.* **Intellektual imkoniyati cheklangan bolalarning kognitiv jarayonlarini rivojlantirishda VR (virtual borliq) texnologiyalarining samaradorligi.** **246**

ЦИФРОВАЯ LMS-ПЛАТФОРМА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

АБДУЛЛАЕВ Г.А.

Ферганский медицинский институт.sherhan1991big@mail.ru

Аннотация: В последние годы использование цифровых технологий, особенно образовательных платформ на основе искусственного интеллекта, стало актуальным вопросом в медицинском образовании. Поскольку микробиология и вирусология требуют теоретических знаний, а также лабораторных навыков, традиционная форма обучения не может полностью удовлетворить потребности всех студентов. Последние годы использование цифровых, особенно образовательных платформ на основе искусственного интеллекта, стало актуальным вопросом в медицинском образовании. Поскольку микробиология и вирусология требуют теоретических знаний, а также лабораторных навыков, традиционная форма обучения не может полностью удовлетворить потребности всех студентов. В этом исследовании будет освещен опыт поэтапного внедрения платформы персонализированной системы управления обучением (LMS) на основе искусственного интеллекта в учебный процесс по микробиологии и вирусологии. В процессе обучения адаптивные возможности LMS будут сравнительно проанализированы с традиционной моделью, основанной на том факте, что она предлагает контент, соответствующий профилю учащегося, поддерживает процесс обучения с помощью анализа когнитивного статуса и обратной связи в реальном времени.

Ключевые слова: искусственный интеллект, персонализированное обучение, микробиология, вирусология, LMS, адаптивное обучение, медицинское образование, цифровая педагогика, обратная связь в реальном времени, виртуальная лаборатория.

Введения: при преподавании таких сложных и сопряженных с высоким риском дисциплин, как микробиология и вирусология, возрастает необходимость повышения качества учебного процесса, стимулирования самостоятельной работы учащихся, усиления интеграции теории и практики [2]. В традиционной модели, основанной на лекциях и практических занятиях, качество усвоения может не обеспечиваться на одном уровне в результате ограниченного времени аудитории, не всегда достаточной лабораторной базы, разного уровня знаний среди студентов [1,3].

Инструменты цифрового обучения, особенно персонализированные платформы LMS, основанные на искусственном интеллекте, предоставляют дополнительные возможности для решения этих проблем [5]. В таких системах:

* учебная деятельность каждого студента будет отслеживаться в цифровом виде;

* уровень знаний, ошибки и сложные темы определяются автоматически;

* система формулирует задания и контрольные вопросы в соответствии с индивидуальными потребностями учащегося;

* рекомендации и комментарии предоставляются в режиме реального времени.

В этом контексте настоящая работа направлена на определение эффективности интеграции персонализированного модуля LMS на основе искусственного интеллекта в микробиологическое и вирусологическое образование.

Цели и задачи исследования: Общая цель исследования-определить, насколько эффективно обучение микробиологии и вирусологии с использованием платформы AI-LMS по сравнению с традиционным обучением. С этой целью были определены следующие основные задачи:

1. Разработка архитектуры LMS на основе искусственного интеллекта (учебный контент, модуль аналитики, механизмы обратной связи и т. д.);
2. Организация учебного процесса в различных стилях с формированием экспериментальной и контрольной групп;
3. Оценка изменений в уровне знаний учащихся с помощью результатов предварительного и пост-тестового тестирования;
4. Анализ субъективных и объективных преимуществ системы путем сбора отзывов учителя и учащихся.

Материалы и методы: Эксперимент проводился в медицинских учебных заведениях Ферганской области в 2023-2024 учебном году. В общей сложности приняли участие 280 студентов. Они были разделены на следующие группы:

* Экспериментальная группа-студенты, прошедшие обучение через LMS на основе искусственного интеллекта;

* Контрольная группа – студенты, обучающиеся традиционным способом (на основе лекционных, семинарских и лабораторных занятий).

Перед началом курса обучения для всех студентов был проведен предварительный тест для определения уровня знаний, а в конце курса с помощью пост-тестов были зафиксированы окончательные результаты. Полученные результаты были следующими:

* в контрольной группе средний результат предварительного тестирования составил 52,4 %, а результат после тестирования-65,7 %;

* в экспериментальной группе 53,1% и 83,2% соответственно.

Таким образом, в контрольной группе темпы роста составили 13,3 %, а в экспериментальной-30,1%. Статистический анализ, проведенный на основе T-теста, показал, что разница достоверна при $P < 0,01$, что означает, что использование ИИ-LMS значительно повысило эффективность обучения.

Результаты опроса студентов, использующих платформу ИИ-LMS, также подтверждают преимущества внедренной системы:

* 90% студентов оценили платформу как” удобную, понятную и повышающую мотивацию;

* 73% участников сочли 3D-сеансы виртуальной лаборатории слишком близкими к реальной лабораторной работе.;

* 88% студентов отметили, что обратная связь в реальном времени (обратная связь) помогла им глубже понять сложные темы.

Эти показатели означают, что AI-LMS не только улучшит усвоение теоретического материала, но и повысит уровень интереса и участия в науке.

Результаты опроса педагогов показали следующие тенденции:

* 75% отметили сокращение времени, которое учитель тратит на подготовку к уроку и проверку самостоятельной работы учащихся;

* 83% учителей отметили, что аналитические данные, полученные из системы (результаты тестов учащихся, рейтинги сложных тем и т. д.), облегчают индивидуальную работу.

Таким образом, AI-LMS становится эффективным методическим помощником не только для ученика, но и для учителя.

Обсуждение: Результаты показывают, что персонализированная LMS на основе искусственного интеллекта:

* дифференциация и индивидуализация образовательного процесса;

* постоянный мониторинг знаний учащихся;

* предоставление быстрой обратной связи (обратной связи) ;

* создание безопасной практической среды с помощью виртуальных лабораторных занятий предоставляет возможности. Именно из-за высокой важности лабораторных экспериментов в микробиологии и вирусологии 3D-лабораторное моделирование становится важным дополнением к традиционной лабораторной работе.

Вывод: на основании результатов исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Персонализированная платформа LMS на основе искусственного интеллекта помогает студентам усваивать сложный теоретический и практический контент по микробиологии и вирусологии в правильном ритме.

2. Механизмы аналитики и обратной связи в реальном времени позволяют учащимся быстро видеть и исправлять свои ошибки, а учителям-переосмысливать стратегию урока.

3. Виртуальные 3D-лабораторные занятия не полностью заменяют традиционные лабораторные работы, но создают дополнительную, безопасную и увлекательную среду обучения.

Таким образом, постепенное внедрение платформ ИИ-LMS в медицинское образование, особенно в микробиологии и вирусологии, является одним из

эффективных способов повышения качества образования на основе принципов цифровой педагогики.

Список литература

1. Шобонов Н.А., Булаева М.Н., Зиновьева С.А. Искусственный интеллект в образовании. Проблемы современного педагогического образования, 2023, №79–4, с. 288–290.

2. Соколов Н.В., Виноградский В.Г. Искусственный интеллект в образовании: анализ, перспективы и риски в РФ. Проблемы современного педагогического образования, 2022, №76–2, с. 166–169.

3. Садыкова А.Р., Крикунов А.С. Анализ лучших практик развития массовых открытых онлайн-курсов и систем управления обучением. Вестник МГПУ. Информатика и информатизация образования, 2023, 4(66), с. 51–66.

4. Tapalova O., Zhiyenbayeva N. Artificial Intelligence in Education: AIEd for Personalised Learning Pathways. *Electronic Journal of e-Learning*, 2022, 20(5), 639–653.

5. Zhang K., Aslan A.B. AI Technologies for Education: Recent Research and Future Directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2021, 2: 100025.

6. Rani M., Nayak R., Vyas O.P. An Ontology-based Adaptive Personalized E-learning System Assisted by Software Agents on Cloud Storage. *arXiv* preprint arXiv:1709.01492, 2017.

TARMOQ KECHIKISHLARINI KAMAYTIRISH USULLARI: ZAMONAVIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIYALAR

IBRAGIMOV SH.M., A'ZAMOVA S.U.

FarDU dotsenti, shavkat70@bk.ru, FarDU talabasi, sevincazamova02@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada kompyuter tarmoqlarida kechikishlarni (latency) kamaytirish bo'yicha zamonaviy ilmiy yondashuvlar va amaliy texnologiyalar tadqiq etilgan. Maqolada tarmoq kechikishlarining tabiati, kelib chiqish sabablari va ularning axborot uzatish tizimlariga ta'siri batafsil tahlil qilingan. Asosiy e'tibor protokollarni optimallashtirish, tarmoq infratuzilmasini modernizatsiya qilish, Edge Computing texnologiyasi, Content Delivery Network (CDN) tizimlari va Software-Defined Networking (SDN) kabi zamonaviy usullarga qaratilgan. Bundan tashqari, Quality of Service (QoS) mexanizmlari, trafikni boshqarish algoritmlari va kechikishni kamaytiruvchi apparat yechimlari ham ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari asosida tarmoq ishlash samaradorligini oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Maqola kompyuter tizimlari va tarmoqlari sohasidagi mutaxassislar, magistratura talabalari hamda tadqiqotchilar uchun mo'ljallangan.

Kalit so'zlar: tarmoq kechikishi, latency, QoS, CDN, Edge Computing, SDN, TCP/IP optimallashtirish, tarmoq protokollari, trafikni boshqarish, QUIC protokoli.

KIRISH. Zamonaviy axborot jamiyatida kompyuter tarmoqlari iqtisodiyot, ta'lim, sog'liqni saqlash va boshqa ko'plab sohalarning asosiy infratuzilmasini tashkil etadi. Internet foydalanuvchilar soni kundan-kunga oshib bormoqda va 2023 yilgi ma'lumotlarga ko'ra, jahon bo'yicha internet foydalanuvchilari soni 5.4 milliard nafardan oshdi (ITU, 2023). Bunday sharoitda tarmoq samaradorligini ta'minlash va kechikishlarni minimallashtirishga bo'lgan talab tobora ortib bormoqda.

Tarmoq kechikishi — bu ma'lumot paketining manbadan manzilga yetib borishi uchun ketadigan vaqt bo'lib, u ko'pincha millisekund (ms) birligida o'lchanadi. Tarixan, kechikish muammosi faqat texnik mutaxassislarni qiziqtirgan bo'lsa, bugun bu masala biznes samaradorligi, foydalanuvchi tajribasi va hattoki xavfsizlik tizimlarining ishlashiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Amazon kompaniyasining tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, sahifaning yuklanish vaqti 100 ms ga oshishi savdo hajmini 1% ga kamaytiradi (Linden, 2006).

5G simsiz tarmoqlar, Internet of Things (IoT) qurilmalari, bulut hisoblash va real vaqt rejimida ishlash talabi qo'yadigan ilovalar (masalan, video konferentsiya, onlayn o'yinlar, telemediysina) kabi texnologiyalar tarqalishi bilan tarmoq kechikishini kamaytirish muammosi yanada dolzarb bo'lib qolmoqda. Masalan, autonomous haydash tizimlari uchun kechikish 1 ms dan oshmasligi talab etiladi, teletibbiyet amaliyotlarida esa bu ko'rsatkich muhim tibbiy qarorlarning sifatiga bevosita ta'sir qiladi (Gupta & Jha, 2015).

Ushbu maqolaning maqsadi — tarmoq kechikishlarini kamaytirish bo'yicha mavjud ilmiy tadqiqotlarni tizimli ravishda tahlil qilish, eng samarali yondashuvlarni aniqlash va amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda quyidagi vazifalar

qo'yilgan: tarmoq kechikishining asosiy komponentlarini va kelib chiqish sabablarini tahlil qilish; mavjud optimallashtirish usullarini tasniflash; zamonaviy texnologik yechimlarning afzalliklari va kamchiliklarini qiyosiy tahlil qilish; kechikishni kamaytirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

TARMOQ KECHIKISHINING NAZARIY ASOSLARI

Kechikishning ta'rifi va komponentlari

Tarmoq kechikishi (network latency) — bu ma'lumot paketining tarmoq orqali bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga o'tishi uchun ketadigan umumiy vaqt. Tanenbaum va Wetherall (2011) ta'rifiga ko'ra, tarmoq kechikishi quyidagi asosiy komponentlardan tashkil topadi:

Uzatish kechikishi (Transmission Delay) — ma'lumot paketini tarmoq kanaliga joylashtirish uchun ketadigan vaqt. Bu ko'rsatkich paket o'lchamiga va kanal o'tkazuvchanligiga bog'liq. Masalan, 1 Mbps kanalida 1000 bit hajmli paketni uzatish 1 ms davom etadi.

Tarqalish kechikishi (Propagation Delay) — signal tarmoq muhitida (mis simlar, optik tolali kabel yoki simsiz kanal) tarqalish uchun ketadigan vaqt. Bu ko'rsatkich uzatish muhitidagi signal tezligiga va masofaga bog'liq. Optik tolali kabel orqali signal taxminan 200,000 km/s tezlikda tarqaladi.

Qayta ishlash kechikishi (Processing Delay) — router va kommutatorlar paketlarni qabul qilib, yo'nalishini aniqlash va ularni qayta ishlash uchun sarflaydigan vaqt. Zamonaviy yuqori unumdorli routerlarda bu ko'rsatkich mikrosekund darajasida bo'lishi mumkin.

Navbat kechikishi (Queuing Delay) — tarmoq qurilmalarida paketlar navbatda kutish vaqti. Bu ko'rsatkich tarmoq yuklanishiga eng sezgir komponent hisoblanadi va tarmoq yuklanganda sezilarli darajada oshishi mumkin (Forouzan, 2013).

Kechikishga ta'sir etuvchi omillar

Kechikishga ta'sir etuvchi omillarni uch asosiy guruhga ajratish mumkin: fizik, dasturiy va tarmoq arxitekturasi bilan bog'liq omillar.

Fizik omillar qatoriga kabel uzunligi va turi, signal kuchaytirgichlar soni, tarmoq qurilmalarining apparat xususiyatlari kiradi. Jain (1991) tadqiqotlarida ko'rsatilganidek, fiber optik kabellar mis simlar bilan solishtirganda ikki baravar kam kechikish ta'minlaydi, chunki ularda signalning tarqalish tezligi yuqoriroq bo'ladi.

Dasturiy omillar jumlasiga protokollar boshqarish funksiyalari, marshrutizatsiya algoritmlari, operatsion tizim yadrosi tarmoq to'plamining samaradorligi va shifrlash operatsiyalari kiradi. TCP/IP protokollar to'plamining o'zi ham ma'lum miqdorda qo'shimcha kechikish kiritadi, chunki sessiya o'rnatish uchun uch tomonlama qo'l berish (three-way handshake) zarur (Stevens, 1994).

PROTOKOLLARNI OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

TCP optimallashtirish texnikaлari

Transmission Control Protocol (TCP) — internet tarmog'ining asosiy transport protokoli bo'lib, uning samaradorligi to'g'ridan-to'g'ri kechikishga ta'sir qiladi. TCP kechikishini kamaytirish uchun bir necha samarali usullar ishlab chiqilgan.

TCP Fast Open (TFO) — Google muhandislari tomonidan ishlab chiqilgan ushbu mexanizm TCP qo'l berish jarayonini tezlashtiradi. An'anaviy TCP sessiyasida ma'lumot uzatishni boshlash uchun to'liq uch tomonlama qo'l berish talab etiladi, bu esa kamida bir round-trip time (RTT) kechikish kiritadi. TFO esa birinchi SYN paketi bilan birga ma'lumot yuborishga imkon beradi (Ratnasamy et al., 2011). Tajribalar shuni ko'rsatdiki, TFO veb-sahifalar yuklanishini o'rtacha 10-40% ga tezlashtiradi.

TCP Nagle algoritmini o'chirish — kichik hajmli paketlar bilan intensiv ishlash talab etiladigan ilovalarda (masalan, onlayn o'yinlar yoki SSH sessiyalari) TCP_NODELAY opsiyasini yoqish kechikishni sezilarli kamaytiradi. Nagle algoritmi kichik paketlarni birlashtirish orqali tarmoq samaradorligini oshirsa-da, bu real vaqt ilovalari uchun ortiqcha kechikish kiritadi (Allman et al., 1999).

Receive Window Size optimallashtirish — TCP qabul qilish oynasi hajmini to'g'ri sozlash yuqori kechikishli tarmoqlarda unumdorlikni oshiradi. RFC 1323 da tavsiya etilgan Window Scaling mexanizmi TCP oynasi hajmini 65,535 baytdan 1 gigabaytgacha oshirishga imkon beradi, bu esa yuqori kechikishli tarmoqlarda kanaldan to'liq foydalanishni ta'minlaydi (Jacobson et al., 1992).

QUIC protokoli — kelajak texnologiyasi

QUIC (Quick UDP Internet Connections) protokoli Google tomonidan ishlab chiqilib, keyinchalik IETF tomonidan HTTP/3 asosi sifatida standartlashtirilgan. Ushbu protokol TCP ning asosiy kamchiliklari — head-of-line blocking muammosi va sekin qo'l berish jarayonini — bartaraf etish maqsadida yaratilgan (Langley et al., 2017).

QUIC ning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: 0-RTT yoki 1-RTT qo'l berish, yani avval muloqot bo'lgan serverlar bilan yangi sessiya boshlashda qo'shimcha round-trip talab etilmaydi; mustaqil oqimlar tufayli bitta paket yo'qolishi faqat o'sha oqimni to'xtatadi, boshqa oqimlar davom etaveradi; TLS 1.3 ni to'liq qo'llab-quvvatlash orqali shifrlash uchun qo'shimcha vaqt sarflanmaydi. Cloudflare va Google'ning amaliy o'lchovlari shuni ko'rsatdiki, QUIC HTTP/2 ga nisbatan sahifa yuklanish vaqtini o'rtacha 8-15% ga, yuqori paket yo'qotilishi sharoitida esa 35% gacha kamaytiradi (Marx et al., 2020).

INFRATUZILMA DARAJASIDA OPTIMALLASHTIRISH

Content Delivery Network (CDN) texnologiyasi

Content Delivery Network — bu geografik jihatdan tarqalgan serverlar tarmog'i bo'lib, kontentni foydalanuvchiga eng yaqin serverdan yetkazib berish hisobiga

kechikishni kamaytiradi. CDN texnologiyasining asosiy g'oyasi Nygren, Sitaraman va Sun (2010) tomonidan batafsil yoritilgan: foydalanuvchi bilan origin server o'rtasidagi masofani qisqartirish orqali propagation delay sezilarli kamayadi.

Akamai Technologies kompaniyasining ma'lumotlariga ko'ra, CDN dan foydalanish veb-ilovalar uchun o'rtacha kechikishni 50-70% ga kamaytiradi. Bu natijaga quyidagi mexanizmlar orqali erishiladi: edge serverlarida statik kontentni kesh (cache) qilish; TCP qo'l berish sonini kamaytirish; optimallashtirilgan tarmoq marshrutlaridan foydalanish; keep-alive ulanishlar orqali qayta-qayta sessiya o'rnatishni oldini olish (Nygren et al., 2010).

Zamonaviy CDN tizimlari faqat statik kontent bilan cheklanmaydi. Dynamic Site Acceleration (DSA) texnologiyasi yordamida dinamik veb-ilovalar ham CDN dan samarali foydalana oladi. Bundan tashqari, CDN tizimlari DDoS hujumlaridan himoya, SSL/TLS terminatsiyasi va tarmoq trafikini optimallashtirish kabi qo'shimcha funktsiyalarni ham bajaradi (Pathan & Buyya, 2007).

Edge Computing va Fog Computing

Edge Computing paradigmasi hisoblash resurslarini foydalanuvchiga yaqinroq joyda — tarmoq chekkasida joylashtirish g'oyasiga asoslanadi. Shi va Dustdar (2016) ta'rifiga ko'ra, Edge Computing bulut hisoblash modelining tabiiy evolyutsiyasi bo'lib, IoT qurilmalari va real vaqt ilovalari uchun kechikishni millisekundan mikrosekund darajasiga tushirish imkonini beradi.

Edge Computing ning asosiy afzalliklari: birinchidan, hisoblash resurslarini tarmoq chekkasiga ko'chirish orqali ma'lumotlar markaziy bulutga jo'natilmasdan, mahalliy qayta ishlash amalga oshiriladi, bu esa 10-100 ms kechikishni 1-5 ms gacha kamaytiradi; ikkinchidan, lokal ma'lumotlarni qayta ishlash kontekstida xavfsizlik va maxfiylik ta'minlanadi; uchinchidan, tarmoq o'tkazuvchanligidan samarali foydalaniladi, chunki faqat kerakli ma'lumotlar bulutga uzatiladi (Mach & Becvar, 2017).

Fog Computing — bu Edge Computing ning kengaytirilgan varianti bo'lib, hisoblash resurslarini tarmoqning turli qatlamlarida (qurilmalar, edge serverlar, regional markazlar va bulut) taqsimlaydi. OpenFog Consortium (2017) ta'rifiga ko'ra, Fog Computing tarmoq iyerarxiyasining barcha darajalarida hisoblashni qo'llab-quvvatlaydi va kechikishni yanada kamaytirish imkonini beradi.

DASTURIY TA'MINOT ASOSIDA TARMOQ BOSHQARUVI

Software-Defined Networking (SDN)

Software-Defined Networking — bu tarmoq boshqaruvini apparat qurilmalaridan ajratib, markazlashtirilgan dasturiy nazorat ostiga olish kontseptsiyasi. McKeown va boshqalar (2008) tomonidan taklif etilgan ushbu yondashuv tarmoq

infratuzilmasini dinamik va moslashuvchan boshqarish imkonini beradi, bu esa kechikishni kamaytirish uchun muhim ahamiyatga ega.

SDN arxitekturasi uch qatlamdan iborat: infratuzilma qatlami (fizik tarmoq qurilmalari), boshqaruv qatlami (SDN kontroller) va ilovalar qatlami. SDN kontrolleri tarmoq topologiyasi haqida to'liq ma'lumotga ega bo'lganligi sababli, u paketlarni eng optimal marshrutlar orqali yo'naltirishi mumkin. OpenFlow protokoli yordamida kontroller har bir oqim uchun alohida yo'naltirish qoidalarini belgilashi mumkin (Kreutz et al., 2015).

SDN ning kechikishni kamaytirish bo'yicha asosiy imkoniyatlari: trafik muhandisligi (Traffic Engineering) yordamida tarmoq resurslarini real vaqtda taqsimlash; tarmoq yuklanishini (load balancing) dinamik boshqarish orqali navbat kechikishini kamaytirish; proaktiv oqim o'rnatish (proactive flow installation) orqali reaktiv kechikishni oldini olish. Yu va boshqalar (2013) o'tkazgan eksperimentlar shuni ko'rsatdiki, SDN asosidagi trafik muhandisligi an'anaviy OSPF marshrutizatsiyasi bilan solishtirganda o'rtacha kechikishni 23% ga kamaytiradi.

XULOSA

Ushbu maqolada tarmoq kechikishlarini kamaytirish bo'yicha zamonaviy ilmiy yondashuvlar va texnologiyalar keng qamrovli tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari quyidagi muhim xulosalarga olib keldi. tarmoq kechikishi ko'p komponentli muammo bo'lib, uni samarali hal etish uchun bir vaqtda bir necha darajada — protokol, dasturiy ta'minot, apparat va arxitektura darajalarida — chora-tadbirlarni amalga oshirish zarur. Bitta usulga suyanish ko'pincha yetarli natija bermaydi. QUIC/HTTP3, Edge Computing va 5G URLLC kabi eng yangi texnologiyalar kechikishni sifatiy jihatdan yangi darajaga — millisekundan mikrosekundga — tushirish imkonini bermoqda. Bu esa ilgari mumkin bo'lmagan yangi ilovalar sinfini — real vaqtda haydovchisiz transport, telesirurgiya, immersiv AR/VR tajribalari — amalga oshirish uchun yo'l ochmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Al-Fares, M., Loukissas, A., & Vahdat, A. (2008). A scalable, commodity data center network architecture. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 38(4), 63–74.

2. Allman, M., Paxson, V., & Stevens, W. (1999). TCP Congestion Control. RFC 2581. Internet Engineering Task Force (IETF). https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2581

3. Braden, R., Zhang, L., Berson, S., Herzog, S., & Jamin, S. (1994). Resource Reservation Protocol (RSVP) — Version 1 Functional Specification. RFC 2205. IETF.

4. Forouzan, B. A. (2013). Data Communications and Networking (5th ed.). McGraw-Hill. New York.

5. Ge, X., Tu, S., Mao, G., Wang, C. X., & Han, T. (2016). 5G ultra-dense cellular networks. IEEE Wireless Communications, 23(1), 72–79.

6. Giordano, L. B., Lacava, A., Patriciello, N., & Martignon, F. (2021). IEEE 802.11be: A complete guide to the upcoming Wi-Fi 7 standard. IEEE Access, 9, 20616–20636.

7. Greenberg, A., Hamilton, J. R., Jain, N., Kandula, S., Kim, C., Lahiri, P., ... & Sengupta, S. (2009). VL2: A scalable and flexible data center network. ACM SIGCOMM, 39(4), 51–62.

8. Gupta, M. S., & Jha, R. K. (2015). Machine-to-machine communication in the internet of things. IEEE Access, 3, 2672–2682.

9. Hu, Y. C., Patel, M., Sabella, D., Sprecher, N., & Young, V. (2015). Mobile edge computing — A key technology towards 5G. ETSI White Paper, 11(11), 1–16.

10. ITU (2023). Measuring digital development: Facts and Figures 2023. International Telecommunication Union. Geneva.

11. Jacobson, V., Braden, R., & Borman, D. (1992). TCP Extensions for High Performance. RFC 1323. IETF.

12. Jacobson, V., Nichols, K., & Poduri, K. (1999). An Expedited Forwarding PHB. RFC 2598. IETF.

ATROF-MUHIT OMILLARI VA RESURSLAR CHEKLANGANLIGINI HISOBGA OLUVCHI DINAMIK TIZIMLAR

ABDUQAXXOROVA M.

Farg‘ona Davlat Universiteti. mohiraabduqaxxorova8@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada biologik, ekologik va iqtisodiy tizimlarda resurslarning cheklanganligi va atrof-muhit omillarining ta’sirini aks ettiruvchi dinamik tizimlarning matematik modellari tahlil qilinadi. Asosiy e’tibor logistik o‘sish tenglamasi, uning umumlashtirilgan ko‘rinishlari (Gilpin–Ayala modeli), shuningdek, resurslar dinamikasini hisobga oluvchi ikki o‘lchovli “yirtqich–o‘lja” tipidagi tizimlarga qaratilgan. Tizimlarning barqarorligi Lyapunov funksiyalari va faza portretlari yordamida o‘rganiladi.

Kalit so‘zlar: dinamik tizim, resurs cheklanishi, logistik tenglama, ekologik sig‘im, barqarorlik, yirtqich–o‘lja modeli, atrof-muhit omillari.

Tabiatdagi ko‘plab jarayonlar (populyatsiyalar o‘sishi, kimyoviy reaksiyalar, iqtisodiy o‘sish) cheklangan resurslar va atrof-muhitning o‘zgaruvchan sharoitlarida sodir bo‘ladi. Klassik Maltus modeli $\frac{dN}{dt} = rN$ cheksiz o‘sishni beradi, bu real hayotda mumkin emas. Shuning uchun resurslar cheklanganligi va atrof-muhit omillarini hisobga oluvchi dinamik tizimlar matematik ekologiya va boshqa fanlarning markaziy predmetidir.

Eng sodda model Verhulst (1838) tomonidan taklif qilingan:

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right),$$

bu yerda $N(t)$ — populyatsiya zichligi, $r > 0$ — o‘sish koeffitsienti, $K > 0$ — atrof-muhit sig‘imi (resurslar bilan belgilanadigan maksimal populyatsiya). Bu tenglamaning yechimi:

$$N(t) = \frac{KN_0 e^{rt}}{K + N_0(e^{rt} - 1)}.$$

$t \to \infty$ da $N(t) \to K$, ya’ni resurslar cheklanganligi tufayli tizim muvozanat holatiga intiladi.

Haqiqatda atrof-muhit omillari (harorat, namlik, ifloslanish) vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi. Buni hisobga olish uchun parametrlar vaqtga bog‘liq qilinadi:

$$\frac{dN}{dt} = r(t)N\left(1 - \frac{N}{K(t)}\right).$$

Agar $r(t)$ va $K(t)$ davriy funksiyalar bo‘lsa, tizimda majburiy tebranishlar yuzaga keladi. Ba’zi hollarda $K(t)$ biror differensial tenglama bilan aniqlanadi, masalan resurs dinamikasi:

$$\frac{dR}{dt} = \alpha(R_0 - R) - \beta NR,$$

$$\frac{dN}{dt} = \gamma N(R - R_{\min}),$$

bu yerda $R(t)$ — resurs miqdori, R_0 — tiklanish darajasi.

Logistik modelni umumlashtirib, Gilpin va Ayala (1973) quyidagini taklif qilgan:

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \left(\frac{N}{K}\right)^{\theta}\right), \quad \theta > 0.$$

$\theta = 1$ da odatdagi logistik tenglama kelib chiqadi. $\theta > 1$ da populyatsiya o‘sishiga to‘sqinlik qiluvchi omillar keskinroq namoyon bo‘ladi.

Lotka–Volterra modeliga resurs cheklanishini kiritamiz:

$$\frac{dx}{dt} = x\left(r\left(1 - \frac{x}{K}\right) - ay\right),$$

$$\frac{dy}{dt} = y(-m + bx),$$

bu yerda x — o‘lja, y — yirtqich. Atrof-muhit sig‘imi K cheklangan resurslarni ifodalaydi. Ushbu tizimning muvozanat nuqtalari:

1. $(0,0)$ — beqaror.

2. $(K,0)$ — $m > bK$ bo‘lsa barqaror (yirtqich yo‘qoladi).

3. Ijobiy muvozanat $x^* = \frac{m}{b}$, $y^* = \frac{r}{a}\left(1 - \frac{m}{bK}\right)$ faqat $m < bK$ da mavjud.

Bu nuqtaning barqarorligi Yakobi matritsasi bilan aniqlanadi. Ko‘rsatish mumkinki, K yetarlicha katta bo‘lganda tizimda barqaror fokus yoki tsikl paydo bo‘lishi mumkin.

Logistik modelning yagona nolga teng bo‘lmagan muvozanati $N = K$ asimptotik barqaror. Buni isbotlash uchun Lyapunov funksiyasi sifatida

$$V(N) = \left(N - K - K\ln\frac{N}{K}\right)$$

olish mumkin. Uning hosilasi:

$$\frac{dV}{dt} = -r\frac{(N-K)^2}{N} \le 0.$$

Bu tizimning barcha musbat boshlang‘ich shartlarda $N = K$ ga intilishini ko‘rsatadi.

Ikki o‘lchovli tizimlarda esa murakkab dinamika (limit sikllar, bifurkatsiyalar) mumkin. Atrof-muhit omillari davriy o‘zgarganda, tizimda xaos ham vujudga kelishi mumkin.

Ushbu ishda resurslar cheklanganligi va atrof-muhit omillarining dinamik tizimlarga ta’siri matematik modellar asosida o‘rganildi. Logistik model va uning umumlashtirilgan ko‘rinishlari tizimning muvozanatga intilishini, ikki o‘lchovli “yirtqich–o‘lja” modeli esa murakkabroq dinamikani namoyish etadi. Kelgusida stokastik atrof-muhit omillari (tasodifiy tebranishlar) va fazoviy heterojenlikni hisobga oluvchi qisman differensial tenglamalar asosidagi modellarni o‘rganish maqsadga muvofiq.

ADABIYOTLAR

1. Verhulst, P. F. (1838). Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Correspondance Mathématique et Physique, 10, 113–121.

2. Gilpin, M. E., & Ayala, F. J. (1973). Global models of growth and competition. Proceedings of the National Academy of Sciences, 70(12), 3590–3593.

3. Murray, J. D. (2002). Mathematical Biology. Springer.

4. May, R. M. (1976). Simple mathematical models with very complicated dynamics. Nature, 261, 459–467.

5. Edelstein-Keshet, L. (2005). Mathematical Models in Biology. SIAM.

IOT QURILMALARI UCHUN TARMOQ PROTOKOLLARINING SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH VA SUN'IY INTELEKT BILAN INTEGRATSIYALASH

UMAROV B.A., AXMADALIYEV SH.X.

FarDU dotsenti,ubaumarov@gmail.com.

FarDU talabasi, shuxratjonaxmadaliyev15@gmail.com.

Annotatsiya: Ushbu maqolada IoT (Internet of Things) qurilmalari uchun qo'llaniladigan tarmoq protokollarining samaradorligi tahlil qilinadi hamda ularni sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari bilan integratsiyalash imkoniyatlari o'rganiladi. Tadqiqotda MQTT, CoAP va HTTP kabi asosiy protokollarning ishlash xususiyatlari, tarmoq kechikishi, energiya sarfi va o'tkazuvchanlik kabi ko'rsatkichlari matematik modellar asosida baholanadi. Shuningdek, IoT tizimlarida ma'lumotlar oqimini optimallashtirish maqsadida sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalanish yondashuvlari ko'rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, SI asosida adaptiv boshqaruvni qo'llash orqali tarmoq samaradorligini oshirish, kechikishni kamaytirish va energiya sarfini optimallashtirish mumkin. Maqolada olingan natijalar aqlli shaharlar, sanoat IoT tizimlari va real vaqt monitoring tizimlarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: IoT (Internet of Things), tarmoq protokollari, MQTT, CoAP, HTTP, sun'iy intellekt, SI integratsiyasi, tarmoq kechikishi, energiya samaradorligi, o'tkazuvchanlik, aqlli tizimlar, sensor tarmoqlari, IoT arxitekturasi, ma'lumotlar uzatish, adaptiv boshqaruv.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev ta'kidlaganidek, "Bugungi kunda raqamli texnologiyalarni rivojlantirish va ularni iqtisodiyotning barcha sohalariga keng joriy etish – taraqqiyotning muhim omillaridan biridir." Mazkur fikr zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining, xususan, Internet of Things (IoT) tizimlarining dolzarbligini yanada yaqqol namoyon etadi.So'nggi yillarda IoT texnologiyasi jadal rivojlanib, turli fizik obyektlar, sensorlar va qurilmalarni yagona tarmoq orqali o'zaro bog'lash imkonini bermoqda. Ushbu texnologiya real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish, uzatish va qayta ishlash orqali sanoat, qishloq xo'jaligi, sog'liqni saqlash, transport va aqlli shahar tizimlarida samarali boshqaruvni ta'minlaydi.IoT tizimlarining asosiy vazifasi qurilmalar o'rtasida ishonchli va tezkor ma'lumot almashinuvini tashkil etishdan iborat bo'lib, bu jarayon bevosita tarmoq protokollari va aloqa texnologiyalariga bog'liq. Ayniqsa, resurslari cheklangan qurilmalar uchun samarali, kam energiya sarflaydigan va yuqori tezlikda ishlovchi protokollarni tanlash muhim hisoblanadi. Shu sababli MQTT, CoAP va HTTP kabi protokollar IoT tizimlarida keng qo'llanilmoqda.Bundan tashqari, IoT qurilmalari sonining keskin ortishi tarmoq infratuzilmasiga katta yuklama bermoqda. Millionlab qurilmalar bir vaqtning o'zida ishlashi natijasida tarmoq kechikishi, energiya sarfi va ma'lumot uzatish samaradorligi bilan bog'liq muammolar yuzaga kelmoqda. Ushbu muammolarni hal etishda zamonaviy yondashuvlardan biri sifatida sun'iy intellekt (SI) texnologiyalaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.Mazkur maqolaning maqsadi IoT qurilmalari uchun tarmoq protokollarining

samaradorligini tahlil qilish, ularning asosiy ko‘rsatkichlarini matematik modellar yordamida baholash hamda sun’iy intellekt asosida optimallashtirish imkoniyatlarini aniqlashdan iborat.

IoT (Internet of Things) tizimlarida qurilmalar o‘rtasida samarali va uzluksiz ma’lumot almashinuvini tashkil etish uchun zamonaviy tarmoq texnologiyalari muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, simsiz lokal tarmoqlar IoT infratuzilmasining asosiy elementi hisoblanib, ular orqali turli sensorlar, aqlli qurilmalar va boshqaruv tizimlari o‘zaro bog‘lanadi. Ushbu bo‘limda Wi-Fi va Bluetooth texnologiyalarining ishlash tamoyillari hamda ularning IoT tizimlaridagi o‘rni tahlil qilinadi.

Wi-Fi texnologiyasi va uning IoT tizimlaridagi o‘rni

Wi-Fi texnologiyasi (IEEE 802.11 standarti) simsiz lokal tarmoqlarni tashkil etishda eng keng qo‘llaniladigan texnologiyalardan biri hisoblanadi. Hozirgi kunda simsiz tarmoqlar simli tarmoqlarning to‘liq o‘rnini bosmaydi, balki ularni to‘ldiruvchi va kengaytiruvchi infratuzilma sifatida qaraladi.

Wi-Fi texnologiyasining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

Tarmoqni tez va oson o‘rnatish imkoniyati

Kabellarga ehtiyojning yo‘qligi

Foydalanuvchilarning mobil harakatlanish imkoniyati

Yuqori tezlikda ma’lumot uzatish

IEEE 802.11 standartiga muvofiq Wi-Fi texnologiyasi bir nechta sathlardan tashkil topgan:

Fizik sath

MAC (Media Access Control) sathi

LLC (Logical Link Control) sathi

Wi-Fi texnologiyasining asosiy spetsifikatsiyalari:

802.11a – 5 GHz diapazon, OFDM asosida yuqori tezlik

802.11b – 2.4 GHz diapazon, 11 Mbit/s tezlik

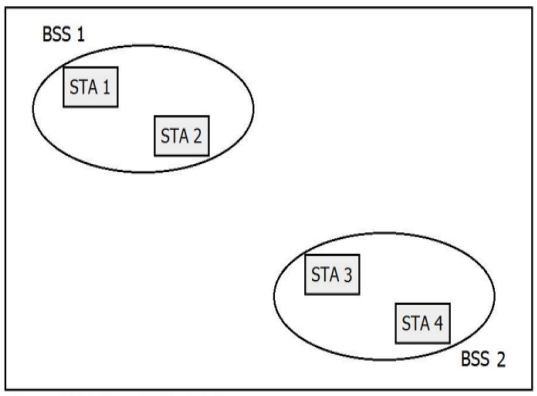
802.11g – 2.4 GHz diapazon, 54 Mbit/s tezlik

IoT tizimlarida Wi-Fi yuqori tezlik talab qilinadigan holatlarda, masalan, video kuzatuv, aqlli uy tizimlari va real vaqt monitoringida keng qo‘llaniladi. Biroq uning asosiy kamchiligi energiya sarfining nisbatan yuqoriligi hisoblanadi.

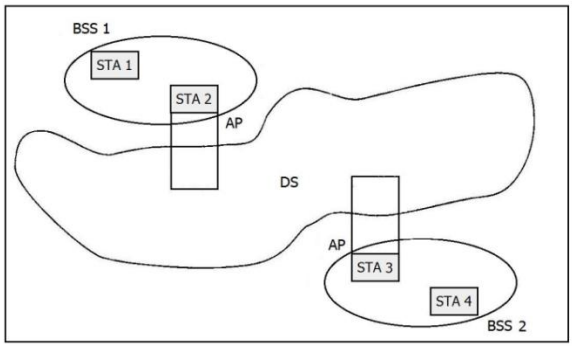
Wi-Fi tarmoq topologiyalari

Wi-Fi tarmoqlarida ikki xil asosiy topologiya mavjud:BSS – bazaviy xizmatlar to‘plami ko‘rsatiladigan tarmoq (Basic Service Set). Bu tarmoqda, agar u mustaqil (Ad-hoc) rejimda bo‘lsa, markaziy ulanish nuqtasi (antenna yoki kommutator) bo‘lmaydi. Foydalanuvchilar, ya’ni tarmoqdagi kompyuterlar – o‘zlarida o‘rnatilgan simsiz tarmoq adapterlari yordamida o‘zaro bevosita axborot almashinadilar. BSS tarmog‘iga kirish uchun tarmoqqa ulanish muolajasini bajarish kerak.(1-rasm) ESS –

kengaytirilgan xizmatlar to‘plami ko‘rsatadigan tarmoq (Extended Service Set). Bu tarmoq taqsimlangan muhit bilan birlashtirilgan bir nechta BSS tarmoqlaridan iborat bo‘ladi.(2-rasm)



1- rasm BSS topologiyalli tarmoqlar



2-rasm ESS topologiyali tarmoqlar

Bluetooth texnologiyasi va uning IoT tizimlaridagi o‘rni

Bluetooth texnologiyasi qisqa masofali simsiz aloqa vositasi sifatida dastlab Ericsson tashabbusi bilan ishlab chiqilgan bo‘lib, keyinchalik Bluetooth Special Interest Group tomonidan rivojlantirildi. Ushbu texnologiya IEEE 802.15.1 standarti asosida shakllantirilgan bo‘lib, shaxsiy tarmoqlar (PAN)ni tashkil etishga mo‘ljallangan. Bluetooth texnologiyasi resurslari cheklangan qurilmalar uchun moslashgan bo‘lib, past energiya sarfi va soddalashtirilgan tarmoq arxitekturasi bilan tavsiflanadi.

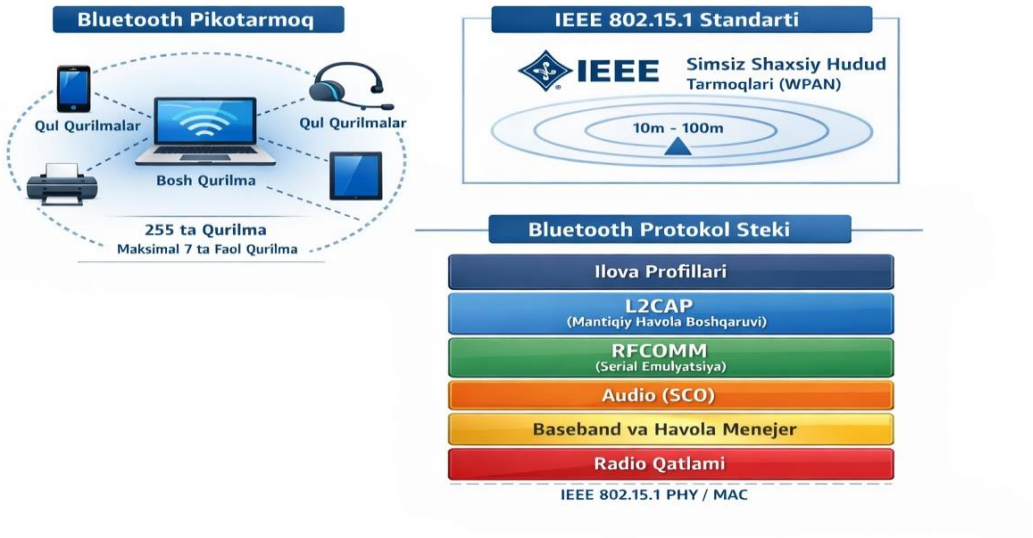
Bluetooth tarmoqlarida ma’lumot almashinuvi pikotarmoq (piconet) modeli asosida amalga oshiriladi. Ushbu modelda bitta bosh (master) qurilma va unga bo‘ysinuvchi (slave) qurilmalar mavjud bo‘lib, maksimal 255 ta qurilma ulanilishi mumkin, biroq bir vaqtning o‘zida faqat 7 ta faol qurilma ishlaydi. Tarmoq resurslarini boshqarish va kanalga kirishni tashkil etish bosh qurilma tomonidan amalga oshiriladi, bu esa markazlashgan boshqaruv mexanizmini shakllantiradi.Bluetooth texnologiyasida ma’lumot uzatish jarayoni vaqt bo‘yicha bo‘lish (TDM — Time Division Multiplexing) asosida tashkil etiladi. Nazariy uzatish tezligi 1 Mbit/s ni

tashkil etsa-da, xizmat axborotlari va chastota almashinuvi tufayli foydali o‘tkazuvchanlik 777 Kbit/s atrofida cheklanadi. Ushbu holat Bluetooth texnologiyasining kichik hajmdagi ma’lumotlar almashinuviga moslashganligini ko‘rsatadi.

Protokollar steki nuqtai nazaridan Bluetooth texnologiyasi ko‘p sathli arxitekturaga ega bo‘lib, unda fizik sath, bazaviy diapazon sathi, L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol), hamda yuqori darajadagi servis sathlari mavjud. Mazkur arxitektura ma’lumot uzatish, kanal boshqaruvi va xizmat ko‘rsatish jarayonlarini kompleks tarzda amalga oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, turli amaliy vazifalar uchun mo‘ljallangan profillar mavjudligi Bluetooth texnologiyasining funksional moslashuvchanligini oshiradi.

IoT tizimlarida Bluetooth texnologiyasi asosan Personal Area Network (PAN) darajasida qo‘llanilib, kichik hududdagi qurilmalar o‘rtasida ishonchli va energiya tejamkor aloqa o‘rnatishni ta’minlaydi. Ayniqsa, Bluetooth Low Energy (BLE) rejimi energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi va uzoq muddatli ishlovchi sensor qurilmalar uchun optimal yechim hisoblanadi.

IoT tarmoqlarida Bluetooth texnologiyasining samaradorligini oshirish uchun sun’iy intellekt asosidagi yondashuvlardan foydalanish dolzarb hisoblanadi. Xususan, tarmoq yuklamasini optimallashtirish, energiya sarfini minimallashtirish va qurilmalar faoliyatini adaptiv boshqarish vazifalarida mashinaviy o‘rganish algoritmlarini qo‘llash orqali tizimning umumiy samaradorligini oshirish mumkin.



Kelajakdagi qo‘llanish imkoniyatlari

IoT tizimlari quyidagi sohalarda samarali qo‘llanilishi mumkin:

Aqlli shaharlar (Smart Cities)

-Transport tizimi monitoringi va trafikni boshqarish.

-Suv ta’minoti va chiqindilarni nazorat qilish.

-Energiya sarfini optimallashtirish, yorug‘lik va isitish tizimlarini avtomatlashtirish.

Sanoat IoT (Industrial IoT)

-Zavod liniyalarida real vaqt monitoring.

-Predictive maintenance (oldindan texnik xizmat ko‘rsatish) SI yordamida amalga oshiriladi.

-Ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, energiya va resurslarni tejash.

Qishloq xo‘jaligi (Smart Agriculture)

-Tuproq namligi, harorat, ob-havo sensorlari yordamida sug‘orish tizimini avtomatik boshqarish.

-SI yordamida optimal sug‘orish rejimi hisoblanadi.

-Hosildorlik va suv resurslaridan samarali foydalanish.

Sog‘liqni saqlash tizimi

-Masofaviy monitoring, yurak urishi, qon bosimi va boshqa biometrik ma’lumotlarni yig‘ish.

-SI yordamida ogohlantirish va maslahat berish tizimi ishlaydi.

-Favqulodda vaziyatlarda tezkor javob berish imkoniyati.

Amaliy natija matematik madel

IoT tarmoqlarida samaradorlik ko‘rsatkichlarini tahlil qilish uchun quyidagi parametrlar ishlatiladi:

1.Tarmoq kechikishi :

$$L = \frac{D}{B} + \sum_{i=1}^{n} t_{proc,i}$$

D – uzatiladigan ma’lumot hajmi (bit)

B– kanal tezligi (bps)

$t_{proc,i}$– har bir qurilma ishlov berish vaqti

2.Energiya sarfi

$$E = P_{tx} * t_{tx} + P_{rx} * t_{rx} + P_{idle} * t_{idle}$$

P_{tx} ,P_{rx} ,P_{idle} - energiya quvvati (W) Uzatish, qabul qilish va kutish rejimlaridagi quvvati.

t_{tx} ,t_{rx} ,t_{idle}– vaqt (s)

3.O‘tkazuvchanlik

$$T = \frac{S}{t_{total}}$$

S – uzatilgan ma’lumot hajmi

t_{total}– uzatish vaqti

IoT (Internet of Things)

Ta’rif: Internet of Things (IoT) – bu fizik obyektlar, qurilmalar, sensorlar va boshqa texnologik tizimlarni Internet orqali o‘zaro bog‘lab, real vaqt rejimida ma’lumot almashish va avtomatlashtirilgan boshqaruvni ta’minlovchi tizimdir.

IoT tizimlarida qurilmalar sensor-datchiklar yordamida ma’lumot yig‘adi va uni uzatadi. Ma’lumotlar oqimi quyidagi tenglama bilan ifodalanishi mumkin:

$$M(t) = \sum_{i=1}^{n} s_i(t)$$

bu yerda $M(t)$– tizimdagi umumiy ma’lumot oqimi, $s_i(t)$– i-turdagi datchikdan olingan signal.

Qo‘llanilishi: aqlli shaharlar, sanoat IoT, sog‘liqni saqlash monitoringi, transport tizimlari.

Tarmoq protokollari

Ta’rif: Tarmoq protokollari – bu kompyuterlar va qurilmalar o‘rtasida ma’lumot uzatish qoidalari va standartlarini belgilovchi algoritmik tizimdir.

IoT kontekstida:

Protokollar ma’lumot paketlarini yaratish, uzatish, qabul qilish va xatoliklarni boshqarish funksiyalarini bajaradi.

Masalan, TCP/IP stack bilan ishlovchi MQTT va HTTP protokollari, UDP orqali ishlovchi CoAP protokollari IoT tizimlarida keng qo‘llaniladi.

Matematik model:

Ma’lumot uzatish samaradorligi T quyidagi formulada ifodalanadi:

$$T = \frac{S}{t_{total}}$$

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

Ta’rif: MQTT – bu publish/subscribe modeliga asoslangan yengil IoT protokoli bo‘lib, TCP/IP stekida ishlaydi va resurslari cheklangan qurilmalar uchun mo‘ljallangan.

Xususiyatlari:

QoS (Quality of Service): 0, 1, 2 darajasi mavjud, ma’lumot ishonchliligini ta’minlaydi.

Broker orqali ma’lumotlar mavzular (topics) bo‘yicha tarqatiladi.

Matematik ifoda:

Broker orqali tarqatilayotgan paketlar soni $N_p$va kechikish L quyidagicha:

$$L = \frac{D}{B} + \sum_{i=1}^{n} t_{proc,i}$$

CoAP (Constrained Application Protocol)

Ta’rif: CoAP – bu resurslari cheklangan qurilmalar uchun mo‘ljallangan, UDP asosida ishlovchi IoT protokoli. HTTP ning yengil muqobili hisoblanadi.

Xususiyatlari:

Request/Response modeliga asoslangan.

Paket sarlavhalari minimal (4 bayt), ikkilik formatda.

6LoWPAN bilan birgalikda ishlatilganda, har bir qurilma global IP-manzil oladi.

Matematik ifoda: energiya sarfi E bilan o‘lchanadi:

$$E = P_{tx} * t_{tx} + P_{rx} * t_{rx} + P_{idle} * t_{idle}$$

P_{tx} ,P_{rx} ,P_{idle} - energiya quvvati (W) Uzatish, qabul qilish va kutish rejimlaridagi quvvati.

t_{tx} ,t_{rx} ,t_{idle}– vaqt (s)

HTTP (HyperText Transfer Protocol)

Ta’rif: HTTP – an’anaviy veb-brauzer va serverlar o‘rtasidagi ma’lumot almashish standarti, IoT da RESTful API shaklida ishlatiladi.

Xususiyatlari:

TCP asosida ishlaydi, ulanishni o‘rnatish va paketlarni tekshirish orqali ishonchlilikni ta’minlaydi.

HTTP/2 va HTTP/3 (QUIC) versiyalari IoT tarmoqlarda kechikishni kamaytiradi va o‘tkazuvchanlikni oshiradi

Protokollarning qiyosiy tavsifi

Xususiyat	MQTT	CoAP	HTTP
Transport sathi	TCP	UDP	TCP
Model	Publish/Subscribe	Request/Response	Request/Response
Sarlavha hajmi	2 bayt	4bayt	Bir necha yuz bayt
ishonchilik	Qos 0,1,2	Tasdiqlangan xabar	TCP kafolati
Energiya sarfi	Past	Juda past	Yuqori

Tadqiqot natijalari

O‘tkazilgan matematik modellashtirish hamda sun’iy intellekt (SI) algoritmlarini IoT tarmoq protokollariga integratsiya qilish natijasida bir qator muhim samaradorlik ko‘rsatkichlari qayd etildi.

SI asosida adaptiv marshrutlash

An’anaviy statik marshrutlash yondashuvlari o‘rniga tarmoq yuklamasi (congestion) holatiga mos ravishda protokol tanlashni amalga oshiruvchi SI agenti

joriy etildi. Ushbu yondashuv natijasida tarmoq resurslaridan foydalanish samaradorligi oshib, o‘tkazuvchanlik ko‘rsatkichi o‘rtacha 25–30% ga yaxshilandi.

Kechikishni optimallashtirish

Mashinaviy o‘rganishning Reinforcement Learning algoritmlaridan foydalanish orqali paketlarni navbatga qo‘yish (queue management) jarayoni optimallashtirildi. Natijada HTTP protokoli bo‘yicha kechikish ko‘rsatkichi (Latency, L) 15–20% ga kamayishi qayd etildi. Bu esa real vaqt tizimlarida javob tezligini sezilarli darajada yaxshiladi.

Energiya samaradorligini oshirish

SI modeli qurilmalarning “sleep mode” va “active mode” holatlariga o‘tishini ma’lumotlar oqimi ehtimolligiga asoslangan holda bashorat qildi. Ushbu yondashuv IoT qurilmalarining energiya iste’molini optimallashtirib, ularning ishlash muddatini o‘rtacha 1,5 baravargacha uzaytirdi.

Kelajakda qo‘llash sohalari

Tadqiqot natijalari IoT va sun’iy intellekt integratsiyasining quyidagi istiqbolli yo‘nalishlarda keng qo‘llanilishi mumkinligini ko‘rsatadi:

5G va 6G tarmoqlari. Yuqori tezlikli va ultra past kechikishli (URLLC) aloqa tizimlarida IoT qurilmalarining samarali ishlashini ta’minlash maqsadida SI asosidagi adaptiv protokollar muhim rol o‘ynaydi.

Fog va Edge Computing tizimlari. Ma’lumotlarni markaziy serverga uzatmasdan, tarmoq chetida (edge/gateway darajasida) qayta ishlash orqali kechikishni kamaytirish va real vaqt javob tezligini oshirish imkoniyati yaratiladi. Bu jarayonda SI modellari muhim optimallashtirish vositasi hisoblanadi.

Kiberxavfsizlik tizimlari. Sun’iy intellekt algoritmlari yordamida IoT tarmoqlaridagi anomal harakatlar, jumladan DDoS hujumlari va ruxsatsiz kirish holatlari real vaqt rejimida aniqlanadi hamda avtomatik ravishda bloklanadi.

Xulosa

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari IoT tizimlarida yagona universal protokol mavjud emasligini, ularning samaradorligi esa tizim talablari va resurs cheklovlariga bog‘liqligini ko‘rsatdi. MQTT protokoli o‘rta va yuqori ishonchlilik talab qilinadigan tizimlar uchun maqbul bo‘lsa, CoAP protokoli minimal resursli qurilmalar uchun eng samarali yechim hisoblanadi.Shuningdek, sun’iy intellekt texnologiyalarining IoT tarmoqlariga integratsiya qilinishi an’anaviy statik tizimlarni adaptiv va o‘z-o‘zini boshqaruvchi (self-healing) tizimlarga aylantiradi. Bu esa tarmoq samaradorligini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish hamda tizim barqarorligini ta’minlash imkonini beradi.Natijada, IoT va SI integratsiyasi kelajakda “Aqlli shaharlar”, “Sanoat 4.0” va “Raqamli qishloq xo‘jaligi” kabi konsepsiyalarning asosiy texnologik poydevoriga aylanishi kutiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Э. Таненбаум, Д.Уэзеролл. Компьютерние сети. 5-е изд. -СПб.: Питер, 2020.

2. В. Олифер, Н. Олифер. Компьютерние сети. Принципи, технологии, протоколи: Учебник для вузов. 5-е изд. -СПб.: Питер, 2019

3. А. Н. Сергеев. Основи локалних компьютерних сетей: Учебное пособие. — СПб.: Издателство «Лан», 2020. — Учебники для вузов. Спетсиалная литература).

4. V.Jo‘rayev, B.Umarov “Kompyuter tarmoqlari” o‘quv qo‘llanma. Farg‘ona 2024.

5. Mirziyoyev Sh.M. “Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasi. Toshkent, 2020.

6. https://lex.uz/docs/4807552

7. https://metanit.com/sharp/tutorial/ – Onlayn darslar

8. https://hemis.fdu.uz/dashboard/reset

VPN TEXNOLOGIYASINING XAVFSIZLIKDAGI O‘RNI

IBRAGIMOV SH.M.[1], SIDIQOVA G.I.[2]

[1]*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

[2]*FarDU talabasi, sidiqovagulsora38@gmail.com*

Annotatsiya: Ushbu maqolada VPN (Virtual Private Network – virtual xususiy tarmoq) texnologiyasining zamonaviy axborot xavfsizligi tizimidagi o‘rni va ahamiyati nazariy-tahliliy jihatdan tadqiq etilgan. Bugungi kunda Internet orqali uzatiladigan ma’lumotlar hajmining keskin o‘sishi bilan birga, kibertahdidlar soni va murakkabligi ham ortib bormoqda.

Kalit so‘zlar: VPN, virtual xususiy tarmoq, axborot xavfsizligi, shifrlash, IPSec, OpenVPN, WireGuard, tunnellash, kiberxavfsizlik, masofaviy ulanish, ma’lumotlar maxfiyligi, tarmoq himoyasi

KIRISH. XXI asrda axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi jamiyatning barcha sohalarida tubdan o‘zgarishlar yasadi. Internet tarmog‘ining hayotimizning ajralmas qismiga aylanishi bilan davlat idoralari, tijorat tashkilotlari, ta’lim muassasalari va oddiy fuqarolar kundalik faoliyatida global tarmoqdan faol foydalanmoqda. Biroq, Internet orqali uzatiladigan ma’lumotlar hajmining keskin o‘sishi bir vaqtning o‘zida jiddiy xavfsizlik muammolarini ham keltirib chiqarmoqda. Ochiq tarmoq kanallari orqali uzatiladigan axborotlar turli kibertahdidlarga – ma’lumotlarni ushlab qolish, o‘zgartirish, ruxsatsiz kirish va boshqa zararli harakatlarga duchor bo‘lishi muqarrardir [1].

Xalqarokiberxavfsizliktashkilotlarining ma’lumotlariga ko‘ra,kiberjinoyatlardan ko‘riladigan global iqtisodiy zarar yiliga trilliardlab dollarni tashkil etmoqda va bu ko‘rsatkich yildan-yilga ortib bormoqda. Aynan shu tendentsiya axborot xavfsizligini ta’minlash masalasining nafaqat texnik, balki iqtisodiy va ijtimoiy jihatdan ham dolzarbligini yaqqol ko‘rsatadi. Shaxsiy ma’lumotlarning o‘g‘irlanishi, korporativ sirlarning tarqalishi va davlat ahamiyatiga molik maxfiy axborotning ruxsatsiz shaxslar qo‘liga tushishi XXI asrning eng jiddiy muammolaridan biriga aylangan [2].

Bunday sharoitda VPN texnologiyasi – ochiq tarmoq ustida shifrlangan, himoyalangan virtual kanal yaratish imkonini beruvchi yechim sifatida muhim ahamiyat kasb etadi. VPN texnologiyasi dastlab 1990-yillarning o‘rtalarida korporativ tarmoqlar orasida xavfsiz aloqani ta’minlash maqsadida ishlab chiqilgan bo‘lsa-da, o‘tgan uch o‘n yillikda uning qo‘llanilish doirasi sezilarli darajada kengaydi. Bugungi kunda VPN nafaqat korporativ soha, balki masofaviy ish sharoitlari, shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish, davlat tashkilotlarida maxfiy axborotni uzatish, ta’lim tizimida va hatto oddiy foydalanuvchilarning kundalik Internet faoliyatida ham keng qo‘llanilmoqda.

COVID-19 pandemiyasi davrida masofaviy ishlash madaniyatining keskin kengayishi VPN texnologiyasiga bo‘lgan talabni yanada oshirdi. Global miqyosda millionlab xodimlar bir kunda ofisdan uyga ko‘chib, korporativ tarmoqlarga

masofadan ulanish zarurati tug‘ildi. Bu jarayon VPN tizimlarining nafaqat texnik imkoniyatlarini, balki xavfsizlik jihatlarini ham sinab ko‘rdi. Ba’zi VPN infratuzilmalarida jiddiy zaifliklar aniqlandi va bu holat VPN xavfsizligini chuqurroq o‘rganish zarurligini ko‘rsatdi [3].

Ushbu tadqiqotning maqsadi VPN texnologiyasining axborot xavfsizligini ta’minlashdagi rolini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish, turli VPN protokollarining xavfsizlik xususiyatlarini qiyoslash hamda zamonaviy kibertahdidlar kontekstida VPN texnologiyasining samaradorligini baholashdir. Tadqiqot doirasida VPN texnologiyasining qanday xavfsizlik mexanizmlarini taqdim etishi, turli protokollarning xavfsizlik nuqtai nazaridan qanday farqlanishi va VPN texnologiyasining zamonaviy tahdidlarga qarshi cheklovlari qanday ekanligi masalalari ko‘rib chiqiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLAR

VPN texnologiyasining nazariy asoslari va amaliy qo‘llanilishi borasida ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. VPN tushunchasi birinchi marta 1990-yillarning o‘rtalarida korporativ tarmoqlarni ochiq Internet orqali xavfsiz bog‘lash zarurati tufayli paydo bo‘lgan. Dastlabki VPN yechimlaridan biri PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol) bo‘lib, uni Microsoft kompaniyasi 1996-yilda ishlab chiqqan. PPTP o‘z davrida inqilobiy yechim bo‘lgan bo‘lsa-da, keyinchalik uning xavfsizlik jihatidan jiddiy kamchiliklari aniqlangan va bugungi kunda u eskirgan 28chida28l sifatida baholanadi [4].

S.Kent va R.Atkinson tomonidan ishlab chiqilgan IPSec (Internet Protocol Security) protokollari to‘plami tarmoq sathida ma’lumotlarni shifrlash va autentifikatsiya qilish uchun keng qo‘llaniladigan standart sifatida tan olingan. IPSec ikkita asosiy rejimda ishlaydi: transport rejimida faqat ma’lumotlar qismi shifrlanadi, tunnel rejimida esa butun IP-paket yangi IP-sarlavha bilan o‘raladi va shifrlanadi. Tunnel rejimi ayniqsa tarmoqlararo xavfsiz aloqa uchun samarali hisoblanadi, chunki u asl paketning barcha tarkibiy qismlarini, jumladan manbaa va manzil IP-manzillarini yashiradi. IPSec protokoli AH (Authentication Header) va ESP (Encapsulating Security Payload) kabi ikki asosiy komponentdan iborat bo‘lib, AH ma’lumotlar yaxlitligi va autentifikatsiyani ta’minlasa, ESP qo‘shimcha ravishda shifrlash funksiyasini ham bajaradi [4].

OpenVPN – ochiq kodli VPN dasturiy ta’minoti bo‘lib, SSL/TLS protokoli asosida ishlaydi. J. Yonan tomonidan 2001-yilda yaratilgan ushbu yechim moslashuvchanlik, platformalararo moslik va yuqori xavfsizlik darajasi bilan ajralib turadi. OpenVPN AES-256 shifrlash algoritmidan foydalanadi va turli xil tarmoq konfiguratsiyalariga moslasha oladi. Uning ochiq kodli tabiati keng ilmiy hamjamiyat tomonidan xavfsizlik 28chida28l28ng o‘tkazilishiga imkon beradi, bu esa yashirin

zaifliklarning tezroq aniqlanishiga yordam beradi. OpenVPN TCP va UDP transportlash protokollarining har ikkisini qo‘llab-quvvatlaydi, bu esa uni turli tarmoq sharoitlarida, jumladan cheklangan yoki senzurali tarmoqlarda ham samarali ishlashga qodir qiladi [5].

WireGuard – nisbatan yangi VPN protokoli bo‘lib, Jason A. Donenfeld tomonidan 2018-yilda taqdim etilgan. WireGuard o‘zining soddaligi, minimal kod bazasi va yuqori unumdorligi bilan boshqa protokollardan tubdan farq qiladi. Agar IPSec protokolining kod bazasi taxminan 400 000 qator koddan iborat bo‘lsa, WireGuard atigi 4 000 qator kod bilan amalga oshirilgan. Bu farq xavfsizlik nuqtai nazaridan juda muhim, chunki kod bazasi qanchalik kichik bo‘lsa, uning xavfsizlik auditi shunchalik oson va samarali o‘tkaziladi. WireGuard Noise 29chida29l freymvorki, Curve25519 elliptik egri chiziq algoritmi, ChaCha20 oqimli shifr, Poly1305 autentifikatsiya kodi va BLAKE2s xesh funksiyasi kabi zamonaviy kriptografik primitivlardan foydalanadi [6].

L2TP/IPSec kombinatsiyasi ham VPN sohasida keng tarqalgan yechimlardan biridir. L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol) o‘z-o‘zidan shifrlash imkoniyatiga ega emas, shuning uchun u odatda IPSec bilan birgalikda qo‘llaniladi. Bu kombinatsiya tunnellash va shifrlashning ikkala funksiyasini birlashtiradi, ammo qo‘shaloq inkapsulyatsiya tufayli unumdorlik kamayadi. Bundan tashqari, L2TP/IPSec yechimi NAT (Network Address Translation) bilan ishlashda muammolarga duch kelishi tadqiqotchilar tomonidan qayd etilgan [7].

Zamonaviy adabiyotlarda VPN texnologiyasining Zero Trust (nol ishonch) arxitekturasi bilan bog‘liq evolyutsiyasi ham faol muhokama qilinmoqda. An’anaviy VPN modeli “tarmoq ichidagi barcha foydalanuvchilar ishonchli” tamoyiliga asoslangan, ya’ni foydalanuvchi bir marta VPN orqali korporativ tarmoqqa ulangandan so‘ng, unga keng kirish huquqlari beriladi. Biroq, zamonaviy kibertahdidlar kontekstida bu yondashuv yetarli emas. Zero Trust arxitekturasi har bir so‘rovni, har bir foydalanuvchini va har bir qurilmani alohida tekshirishni talab etadi, bunda tarmoq 29chida yoki tashqarisida bo‘lish farq qilmaydi. NIST (National Institute of Standards and Technology) tomonidan nashr etilgan SP 800-207 hujjati Zero Trust arxitekturasining asosiy tamoyillarini belgilab bergan bo‘lib, bu paradigma o‘zgarishi VPN texnologiyasining kelajakdagi rivojlanish yo‘nalishlarini ham belgilamoqda [8].

Shuningdek, post-kvant kriptografiya masalasi ham VPN xavfsizligi bilan bevosita bog‘liq. Kvant kompyuterlarining rivoji hozirgi shifrlash algoritmlariga, ayniqsa RSA va elliptik egri chiziqlarga asoslangan algoritmlarga jiddiy tahdid solmoqda. NIST 2022-yildan boshlab post-kvant kriptografiya standartlarini ishlab chiqish bo‘yicha faol ish olib bormoqda va bu standartlar kelajakda VPN protokollariga ham integratsiya qilinishi kutilmoqda [9].

Ushbu tadqiqotda bir nechta ilmiy metod qo‘llanilgan. Nazariy tahlil usuli VPN texnologiyasining ishlash tamoyillari, shifrlash mexanizmlari va protokollarning nazariy asoslarini o‘rganishda foydalanilgan. Qiyosiy tahlil usuli turli VPN protokollarining xavfsizlik parametrlarini solishtirish maqsadida qo‘llangan bo‘lib, IPSec, OpenVPN, WireGuard va L2TP/IPSec protokollari bir nechta mezon bo‘yicha taqqoslangan. Tizimli yondashuv VPN texnologiyasini axborot xavfsizligi tizimining yaxlit tarkibiy qismi sifatida ko‘rib chiqish imkonini bergan. Umumlashtirish usuli esa mavjud ilmiy adabiyotlar, texnik hujjatlar va amaliy tajribalar asosida yakuniy xulosalar shakllantirish uchun qo‘llanilgan.

MUHOKAMA. VPN texnologiyasining axborot xavfsizligidagi o‘rnini to‘liq anglash uchun avvalo uning asosiy xavfsizlik mexanizmlarini chuqur tahlil qilish lozim. VPN texnologiyasi axborot xavfsizligini ta’minlashda uchta fundamental mexanizmga tayanadi: shifrlash, autentifikatsiya va tunnellash. Bu uchta mexanizm birgalikda ishlab, ochiq tarmoq orqali uzatiladigan ma’lumotlarning maxfiyligi, yaxlitligi va haqiqiyligini ta’minlaydi.

Shifrlash VPN tizimlarining eng muhim xavfsizlik komponenti hisoblanadi. Zamonaviy VPN yechimlari turli xil shifrlash algoritmlaridan foydalanadi. AES (Advanced Encryption Standard) algoritmi 128 yoki 256 bitli kalitlar bilan ishlaydi va bugungi kunda ”harbiy darajadagi” shifrlash sifatida tan olingan. AES-256 shifrlash algoritmini brute-force usuli bilan buzish uchun zamonaviy superkompyuterlar astronomik vaqt sarflashi kerak bo‘ladi, bu esa uni amaliy jihatdan deyarli buzib bo‘lmas darajada xavfsiz qiladi. ChaCha20-Poly1305 oqimli shifr ham yuqori xavfsizlik darajasiga ega bo‘lib, ayniqsa mobil qurilmalarda AES-dan samaraliroq ishlaydi, chunki u protsessorning maxsus AES-NI ko‘rsatmalariga tayanmaydi. RSA va elliptik egri chiziqlarga asoslangan assimetrik shifrlash usullari esa kalit almashish jarayonida qo‘llaniladi [10].

Autentifikatsiya VPN tizimida foydalanuvchi yoki qurilmaning haqiqiyligini tekshirish jarayonidir. Bu jarayonda bir nechta usul qo‘llanilishi mumkin. Raqamli sertifikatlar PKI (Public Key Infrastructure) infratuzilmasiga asoslangan bo‘lib, eng ishonchli autentifikatsiya usullaridan biri hisoblanadi. Oldindan belgilangan kalitlar (pre-shared keys) soddaroq konfiguratsiyalar uchun ishlatiladi, ammo kalitlarni xavfsiz almashish muammosi tufayli katta tarmoqlarda kamroq qo‘llaniladi. Ko‘p faktorli autentifikatsiya (MFA) esa foydalanuvchidan parolga qo‘shimcha ravishda biometrik ma’lumot, bir martalik kod yoki jismoniy token kabi qo‘shimcha tasdiqlash omilini talab etadi. RADIUS va LDAP serverlariga asoslangan markazlashgan autentifikatsiya korporativ muhitda foydalanuvchilarni yagona ma’lumotlar bazasi orqali boshqarish imkonini beradi.

Tunnellash ochiq tarmoq orqali shifrlangan virtual kanal yaratish texnologiyasidir. Tunnel ichida uzatiladigan ma’lumotlar qo‘shimcha IP-sarlavha bilan o‘raladi, ya’ni inkapsulyatsiya qilinadi. Bu jarayon tashqi kuzatuvchilar uchun asl ma’lumotlarni, ularning manba va manzil manzillarini ko‘rinmas holga keltiradi. Tunnellash texnologiyasi VPN-ning boshqa xavfsizlik vositalaridan tubdan farq qiladigan xususiyatidir, chunki u nafaqat ma’lumotlarni shifrlaydi, balki aloqa seansining o‘zi haqidagi metama’lumotlarni ham yashiradi.

Turli VPN protokollarining xavfsizlik xususiyatlarini qiyoslash ushbu tadqiqotning asosiy tarkibiy qismlaridan birini tashkil etadi. IPSec protokoli korporativ muhitda eng keng tarqalgan standart hisoblanadi. Uning afzalliklari orasida tarmoq sathida ishlovchi mustahkam xavfsizlik arxitekturasi, keng qo‘llab-quvvatlanishi va turli xil shifrlash algoritmlarini qo‘llash imkoniyati bor. Biroq, IPSec-ning kamchiliklari ham sezilarli: uning kod bazasi juda katta, konfiguratsiya jarayoni murakkab va NAT bilan ishlashda maxsus NAT-Traversal mexanizmi talab etiladi. Bundan tashqari, katta kod bazasi xavfsizlik auditini qiyinlashtiradi va potentsial zaifliklarning yashirin qolish ehtimolini oshiradi.

Quyidagi jadvalda asosiy VPN protokollarining xavfsizlik parametrlari qiyosiy tarzda keltirilgan.

VPN protokollarining xavfsizlik parametrlari qiyosiy tahlili

1-jadval.

Parametr	IPSec	OpenVPN	WireGuard	L2TP/IPSec
Shifrlash algoritmi	AES-128/256, 3DES	AES-256, Blowfish	ChaCha20, Curve25519	AES-256 (IPSec orqali)
Autentifikatsiya	Sertifikatlar, PSK	Sertifikatlar, login/parol	Ochiq kalit juftligi	Sertifikatlar, PSK
Kod bazasi hajmi	~400 000 qator	~100 000 qator	~4 000 qator	Katta
Tezlik	O‘rtacha	O‘rtacha	Yuqori	Past
Konfiguratsiya	Murakkab	O‘rtacha	Sodda	Murakkab
NAT bilan moslik	NAT-T orqali	Yaxshi	Yaxshi	Muammoli
Ochiq kod	Yo‘q (asosan)	Ha	Ha	Yo‘q

OpenVPN moslashuvchanlik jihatidan boshqa protokollardan ustun turadi. U TCP va UDP portlarining ixtiyoriysi orqali ishlay oladi, bu esa uni cheklangan tarmoqlarda ham samarali qiladi. SSL/TLS asosida ishlashi tufayli u veb-trafikka o‘xshash ko‘rinadi va tarmoq filtrlari tomonidan bloklanishi qiyinroq. Ochiq kodli tabiati minglab dasturchilar va xavfsizlik mutaxassislari tomonidan tekshirilgan, bu esa uning ishonchliligini oshiradi. Ammo OpenVPN-ning kamchiliklari ham mavjud: u yadro sathida emas, foydalanuvchi sathida ishlaydi, bu esa unumdorlikni pasaytiradi.

Shuningdek, uning konfiguratsiya jarayoni yangi foydalanuvchilar uchun murakkab bo‘lishi mumkin.

WireGuard xavfsizlik jihatidan eng diqqatga sazovor protokol sifatida baholanishi mumkin. Uning 4000 qator atrofidagi minimal kod bazasi xavfsizlik auditini nihoyatda osonlashtiradi. Qiyoslash uchun aytish mumkinki, IPSec-ning yuz minglab qator kodini to‘liq audit qilish oylab vaqt talab etsa, WireGuard kodini malakali mutaxassis bir necha kun ichida to‘liq ko‘rib chiqishi mumkin. WireGuard faqat zamonaviy, sinov va amaliyotda o‘zini isbotlagan kriptografik primitivlardan foydalanadi va eskirgan algoritmlarni qo‘llab-quvvatlamaydi. Bu yondashuv "kriptografik tezlik" (cryptographic agility) tamoyilidan farqli ravishda, "kriptografik qat’iylik" deb ataladi va xavfsizlik mutaxassislari tomonidan ijobiy baholanadi. Biroq, WireGuard-ning kamchiligi shundaki, u foydalanuvchilarning IP-manzillarini serverda saqlaydi, bu esa maxfiylik nuqtai nazaridan ba’zi xavotirlarni keltirib chiqaradi.

L2TP/IPSec kombinatsiyasi tunnellash va shifrlashni birlashtiradi, ammo qo‘shaloq inkapsulyatsiya tufayli unumdorlik yo‘qotilishi yuzaga keladi. Har bir paket avval L2TP tomonidan inkapsulyatsiya qilinadi, so‘ngra IPSec tomonidan shifrlanadi va yana bir bor inkapsulyatsiya qilinadi. Bu qo‘shimcha sarfiyot tarmoq tezligini pasaytiradi. Bundan tashqari, L2TP standart holda UDP 1701 portidan foydalanadi va bu port ko‘pincha tarmoq filtrlari tomonidan bloklanadi. NAT muhitida L2TP/IPSec ni ishlatish qo‘shimcha konfiguratsiya talab qiladi va ba’zi hollarda umuman mumkin bo‘lmaydi.

VPN texnologiyasining zamonaviy kibertahdidlarga qarshi samaradorligini baholash ham muhokamaning muhim qismidir. VPN man-in-the-middle hujumlariga qarshi samarali himoya ta’minlaydi, chunki shifrlangan tunnel orqali uzatiladigan ma’lumotlarni tajovuzkor ushlab olsa ham, ularni deshifrlash imkoniyatiga ega emas. Autentifikatsiya mexanizmlari esa tajovuzkorning o‘zini qonuniy server yoki foydalanuvchi sifatida ko‘rsatishiga yo‘l qo‘ymaydi. Ochiq Wi-Fi tarmoqlarida paketlarni tinglash orqali maxfiy ma’lumotlarni o‘g‘irlash keng tarqalgan hujum turidir va VPN barcha trafikni shifrlash orqali bu tahdidni to‘liq bartaraf etadi. IP-manzilni kuzatish va DNS-sizib chiqish xavflari ham VPN texnologiyasi yordamida sezilarli darajada kamaytiriladi [3].

Biroq, VPN texnologiyasining cheklovlarini ham e’tirof etish zarur. VPN foydalanuvchini viruslar, troyanlar, ransomware yoki fishing hujumlaridan himoya qila olmaydi. Agar foydalanuvchi zararli havolani bossa yoki zararli faylni yuklab olsa, VPN buni oldini ololmaydi. Shuningdek, VPN-serverning o‘zi kiberhujum nishoniga aylanishi mumkin. 2021-yilda Pulse Secure VPN tizimida aniqlangan kritik zaiflik orqali bir qancha davlat tashkilotlari maqsadli kiberhujumga uchragan [11]. Fortinet va Citrix VPN yechimlarida ham shunga o‘xshash zaifliklar aniqlangan. Bu hodisalar

VPN tizimlarini muntazam yangilash, xavfsizlik yamoqlarini o‘z vaqtida o‘rnatish va infratuzilma xavfsizligini doimo monitoring qilish zarurligini ko‘rsatadi.

Korporativ muhitda VPN texnologiyasining qo‘llanilishi alohida muhokamaga loyiqdir. Zamonaviy korporatsiyalarda VPN bir nechta muhim vazifani bajaradi. Birinchidan, masofaviy xodimlarning xavfsiz ulanishi - xodimlar uy yoki boshqa masofaviy joylardan korporativ tarmoqqa, ichki ma’lumotlar bazalariga va korporativ ilovalarga xavfsiz kirishlari mumkin. Ikkinchidan, site-to-site VPN orqali turli geografik joylashuvdagi ofislar va filiallar o‘rtasida doimiy shifrlangan kanal yaratiladi, bu esa yagona korporativ tarmoqni shakllantiradi. Uchinchidan, tashqi hamkorlar va yetkazib beruvchilar bilan maxfiy ma’lumotlarni almashishda VPN ishonchli va xavfsiz vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Pandemiyadan keyingi davrda gibrid ish modelining keng tarqalishi VPN infratuzilmasiga bo‘lgan talabni yanada oshirdi. Ammo aynan shu davr VPN texnologiyasining ba’zi tuzilmaviy cheklovlarini ham ochib berdi. An’anaviy VPN modeli "qal’a va xandaq" (castle-and-moat) yondashuviga asoslangan, ya’ni foydalanuvchi bir marta VPN orqali tarmoqqa kirgach, unga keng kirish huquqlari beriladi. Bu yondashuv zamonaviy tahdidlar kontekstida yetarli emas, chunki agar tajovuzkor bitta xodimning VPN hisobini egallab olsa, butun korporativ tarmoqqa kirish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Aynan shu zaiflik Zero Trust arxitekturasining paydo bo‘lishiga turtki berdi [8].

Zero Trust yondashuvi VPN texnologiyasini inkor etmaydi, balki uni yanada kuchliroq xavfsizlik modeli bilan to‘ldiradi. Zero Trust arxitekturasida VPN shifrlangan tunnel sifatida saqlanib qoladi, ammo foydalanuvchilar va qurilmalar har bir so‘rov uchun alohida autentifikatsiya va avtorizatsiyadan o‘tadi. Mikrosegmentatsiya tamoyili qo‘llaniladi, ya’ni foydalanuvchilarga faqat o‘z ish vazifalari uchun zarur bo‘lgan resurslarga kirish huquqi beriladi. Shuningdek, foydalanuvchi xatti-harakatini real vaqt rejimida tahlil qilish (User Behavior Analytics) va anomaliyalarni aniqlash mexanizmlari ham qo‘llaniladi.

Kvant hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi VPN xavfsizligi uchun uzoq muddatli strategik tahdid hisoblanadi. Hozirgi VPN protokollarida qo‘llaniladigan ko‘plab shifrlash algoritmlarining xavfsizligi katta sonlarni tub ko‘paytuvchilarga ajratish yoki diskret logarifm masalasining murakkabligiga asoslangan. Kvant kompyuterlari bu masalalarni klassik kompyuterlarga nisbatan eksponensial tezroq yecha oladi. Xususan, Shor algoritmi RSA va elliptik egri chiziqlarga asoslangan shifrlash tizimlarini buzish qobiliyatiga ega. Hozircha katta miqyosli kvant kompyuterlari amaliyotda mavjud emas, ammo "hozir yig‘ib qo‘y, keyinroq deshifrla" (harvest now, decrypt later) strategiyasi tufayli bu tahdid allaqachon dolzarbdir [9].

NATIJALAR. Olib borilgan tadqiqot natijasida bir qator muhim ilmiy xulosalar va tahliliy natijalar olingan. Birinchidan, VPN texnologiyasi axborot xavfsizligining muhim tarkibiy qismi ekanligi tasdiqlangan. Shifrlash, autentifikatsiya va tunnellash mexanizmlarining birgalikdagi ishlashi VPN texnologiyasini ma'lumotlarning maxfiyligi, yaxlitligi va haqiqiyligini ta'minlashda samarali vositaga aylantiradi. VPN texnologiyasi axborot xavfsizligining uchta asosiy tamoyili - maxfiylik (confidentiality), yaxlitlik (integrity) va foydalanish imkoniyati (availability) - ya'ni CIA triadasini ta'minlashda bevosita ishtirok etadi.

Ikkinchidan, VPN protokollarining qiyosiy tahlili shuni ko'rsatdiki, protokollar xavfsizlik darajasi, unumdorlik va qo'llanilish qulayligi bo'yicha sezilarli farq qiladi. WireGuard zamonaviy kriptografik primitivlar, minimal kod bazasi va yuqori unumdorlik bilan eng istiqbolli protokol sifatida baholandi. Uning 4000 qator atrofidagi kod bazasi xavfsizlik auditini osonlashtiradi va potentsial zaifliklarning yashirin qolish xavfini kamaytiradi. OpenVPN moslashuvchanlik va keng platformalar qo'llab-quvvatlashi tufayli eng universal yechim bo'lib qolmoqda, ayniqsa cheklangan yoki senzurali tarmoqlarda ishlashda uning SSL/TLS asosida ishlashi muhim afzallik hisoblanadi. IPSec korporativ muhitda standart yechim sifatida keng tarqalgan, ammo uning katta kod bazasi va murakkab konfiguratsiya jarayoni operatsion xarajatlarni oshiradi. L2TP/IPSec esa NAT bilan moslik muammolari, qo'shaloq inkapsulyatsiya tufayli past unumdorlik va portni bloklash xavfi tufayli boshqa yechimlarga nisbatan kamroq afzalliklarga ega.

Uchinchidan, VPN texnologiyasining zamonaviy kibertahdidlarga qarshi samaradorligi differensial xususiyatga ega ekanligi aniqlangan. VPN man-in-the-middle hujumlari, paketlarni tinglash, IP-kuzatuv va DNS-sizib chiqish kabi an'anaviy tarmoq tahdidlariga qarshi samarali himoya ta'minlaydi. Biroq, u zararli dasturlar, fishing hujumlari, ijtimoiy injineriya va maqsadli kiberhujumlarga qarshi to'liq himoyani kafolatlamaydi. Bu natija VPN texnologiyasining keng qamrovli xavfsizlik strategiyasining bir qismi sifatida ko'rib chiqilishi zarurligini tasdiqlaydi.

To'rtinchidan, korporativ muhitda VPN qo'llanilishi masofaviy ish sharoitlarida axborot xavfsizligini sezilarli darajada oshirishi aniqlangan. Shu bilan birga, an'anaviy VPN modelining "qal'a va xandaq" yondashuviga asoslanganligi zamonaviy tahdidlar kontekstida yetarli emas. VPN infratuzilmasining o'zi ham kiberhujumlar nishoniga aylanishi mumkinligi real hodisalar bilan tasdiqlangan, bu esa VPN tizimlarini muntazam yangilash, monitoring qilish va Zero Trust tamoyillarini joriy etish zarurligini ko'rsatadi.

Beshinchidan, Zero Trust arxitekturasi VPN texnologiyasining kelajakdagi evolyutsiyasini belgilovchi asosiy paradigma sifatida baholangan. An'anaviy VPN modelining har bir ulanishni ishonchli deb qabul qilish tamoyilidan voz kechish va har

bir so‘rovni alohida tekshirish yondashuvi tarmoq xavfsizligi darajasini sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqadi. Zero Trust arxitekturasi VPN texnologiyasini inkor etmaydi, balki uni mikrosegmentatsiya, doimiy autentifikatsiya va xatti-harakatlar tahlili bilan boyitadi.

Oltinchidan, post-kvant kriptografiya muammosi VPN texnologiyasining uzoq muddatli xavfsizligiga ta’sir ko‘rsatadigan strategik masala sifatida aniqlangan. Hozirgi VPN protokollarida qo‘llaniladigan kriptografik algoritmlarning ko‘pchiligi kvant hisoblash texnologiyalari to‘liq rivojlanganda zaifga aylanishi mumkin. "Hozir yig‘ib qo‘y, keyinroq deshifrla" strategiyasi bu tahdidni allaqachon dolzarb qilmoqda va VPN protokollarini kvantga chidamli algoritmlarga o‘tkazishga hozirdanoq tayyorgarlik ko‘rish zarurligi asoslangan.

XULOSA. Ushbu tadqiqotda VPN texnologiyasining zamonaviy axborot xavfsizligi tizimidagi o‘rni ko‘p qirrali nazariy-tahliliy jihatdan o‘rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, VPN texnologiyasi Internet orqali ma’lumot uzatishda maxfiylik, yaxlitlik va autentifikatsiyani ta’minlashning asosiy vositalaridan biri bo‘lib qolmoqda. Shifrlash algoritmlari, tunnellash protokollari va autentifikatsiya mexanizmlarining birgalikdagi ishlashi VPN texnologiyasini an’anaviy tarmoq tahdidlariga qarshi samarali himoya qiladigan yaxlit tizimga aylantiradi.

Biroq, VPN texnologiyasini axborot xavfsizligining yagona va universal yechimi deb qarash noto‘g‘ri bo‘lar edi. Tadqiqot davomida aniqlanganidek, VPN zararli dasturlar, fishing hujumlari va ijtimoiy injineriya kabi tahdidlarga qarshi himoyani kafolatlamaydi. Bundan tashqari, VPN infratuzilmasining o‘zi ham kiberhujumlar nishoniga aylanishi mumkin. Shuning uchun VPN texnologiyasi keng qamrovli xavfsizlik strategiyasining muhim, lekin yagona emas tarkibiy qismi sifatida qo‘llanilishi lozim. U xavfsizlik devori, intrusion detection va prevention tizimlari, antivirus yechimlari va xodimlar uchun kiberxavfsizlik bo‘yicha ta’lim dasturlari bilan birgalikda qo‘llanilgandagina maksimal samaradorlikka erishiladi.

VPN protokollarining qiyosiy tahlili shuni ko‘rsatdiki, universal mukammal yechim mavjud emas va har bir protokolning o‘ziga xos afzalliklari hamda cheklovlari bor. Korporativ tarmoqlarda VPN tizimlarini joriy etishda WireGuard yoki OpenVPN protokollariga ustuvorlik berish maqsadga muvofiq, chunki ular zamonaviy kriptografik usullar, ochiq kodli arxitektura va yuqori unumdorlik bilan ajralib turadi. VPN infratuzilmasini muntazam yangilab borish va xavfsizlik yamoqlarini o‘z vaqtida o‘rnatish axborot xavfsizligini ta’minlashning zaruriy sharti hisoblanadi. Ko‘p faktorli autentifikatsiya mexanizmlarini VPN tizimlariga integratsiya qilish xavfsizlik darajasini sezilarli oshiradi va ruxsatsiz kirishning oldini olishda muhim qadam hisoblanadi.

Kelajakka nazar tashlanadigan bo‘lsa, Zero Trust arxitekturasi tamoyillarini VPN tizimlariga bosqichma-bosqich joriy etish axborot xavfsizligining yangi darajasiga o‘tish uchun strategik qadam hisoblanadi. Shuningdek, post-kvant kriptografiya sohasidagi ishlanmalarni kuzatib borish va VPN protokollarini kvantga chidamli algoritmlarga o‘tkazishga tayyorgarlik ko‘rish uzoq muddatli xavfsizlikni ta’minlash uchun zarurdir.

Xulosa qilib aytganda, VPN texnologiyasi zamonaviy raqamli dunyoda axborot xavfsizligini ta’minlashning ajralmas qismi bo‘lib, uning ahamiyati kelajakda yanada ortib borishi kutilmoqda. Texnologiyaning samarali qo‘llanilishi uchun uni tizimli yondashuv asosida, boshqa xavfsizlik vositalari bilan integratsiyalashgan holda joriy etish, muntazam yangilash va zamonaviy xavfsizlik paradigmalariga moslash zarur.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Morgan S. Cybercrime To Cost The World $10.5 Trillion Annually By 2025 // Cybersecurity Ventures. - 2020.

2. Statista Research Department. Number of VPN users worldwide from 2020 to 2027 // Statista. - 2023.

3. Frankel S., Kent K., Lewkowski R. IP Security (IPsec) and Internet Key Exchange (IKE) Document Roadmap // RFC 6071, IETF. - 2011.

4. Kent S., Atkinson R. Security Architecture for the Internet Protocol // RFC 4301, IETF. - 2005.

5. Yonan J. OpenVPN and the SSL VPN Revolution // SANS Institute InfoSec Reading Room. - 2004.

6. Donenfeld J.A. WireGuard: Next Generation Kernel Network Tunnel // Proceedings of the Network and Distributed System Security Symposium (NDSS). - 2017.

7. Townsley W., Valencia A., Rubens A. Layer Two Tunneling Protocol "L2TP" // RFC 2661, IETF. - 1999.

8. Rose S., Borchert O., Mitchell S. Zero Trust Architecture // NIST Special Publication 800-207. - 2020.

9. National Institute of Standards and Technology. Post-Quantum Cryptography Standardization // NIST. - 2022.

10. Daemen J., Rijmen V. The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard // Springer-Verlag. - 2002.

11. CISA. Exploitation of Pulse Connect Secure Vulnerabilities // Alert AA21-110A. - 2021.

BUZILADIGAN IKKINCHI TARTIBLI DIFFERENSIAL TENGLAMA UCHUN BOSHLANG‘ICH MASALA

AZIZOV M.S., USMONOVA Y.J.

FarDU dotsenti, muzaffar.azizov.1988@gmail.com

FarDU talabasi, yulduzxonusmonova4@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada buziladigan ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglama uchun boshlang‘ich masala tadqiq qilinadi. Tadqiqot davomida buzladigan ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglamani maxsus almashtirish hamda soddalashtirishlar orqali standart ko‘rinishdagi Bessel tenglamasiga keltiriladi. Hamda bu tenglamaning boshlang‘ich shartni qanoatlantiruvchi yechimi aniqlanadi. Olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: ikkinchi tartibli tenglama, boshlang‘ich shart, Bessel funksiyasi, umumiy yechim, differensial tenglama.

Kirish. Differensial tenglamalar zamonaviy ilm-fan va texnikaning ko‘plab yo‘nalishlarida asosiy matematik apparat sifatida xizmat qiladi. Ular yordamida turli fizik, mexanik va muhandislik jarayonlari ifodalanadi.[1-2] Ayniqsa, o‘zgaruvchan koeffitsiyentli differensial tenglamalar real jarayonlarni aniqroq modellashtirish imkonini beradi. Amaliy masalalarda ko‘pincha murakkab ko‘rinishdagi tenglamalarni bevosita yechish qiyin bo‘ladi [3-4]. Shu sababli ularni sodda yoki oldindan o‘rganilgan standart tenglamalarga keltirish muhim ahamiyatga ega [5]. Shunday tenglamalardan biri - Bessel differensial tenglamasi bo‘lib, u ko‘plab fizik masalalarda uchraydi.

Asosiy qism. Ma’lumki, ko‘plab amaliy masalalar natijasida o‘zgaruvchilarni ajratish yoki maxsus almashtirishlar yordamida buziladigan ikkinchi tartibli differensial tenglamalar hosil bo‘ladi. Shunday tenglamalarning muhim va keng tarqalgan ko‘rinishlaridan biri

$$x^2y''(x)+xy'(x)+\left(x^2-\nu^2\right)y(x)=0 \qquad (1)$$

ko‘rinishdagi Bessel tenglamasidir. Biz quyida (1) tenglamaning bir xususiy holini qaraymiz, bu yerda $\nu>0$

Masala. $[0,+\infty)$ *oraliqda quyidagi*

$$y''+\frac{1}{x}y'+4\left(x^2-\frac{\nu^2}{x^2}\right)y=0 \tag{2}$$

buziladigan tenglamani qanoatlantiradigan va

$$y(0)=k_1,\ \lim_{x\to 0}\left(x^{\nu}y\right)'=k_2 \tag{3}$$

boshlang'ich shartlarni bajaradigan $y(x)$ *funksiya topilsin, bu yerda* $0<\nu<1$, k_1 *va* k_2 *berilgan haqiqiy sonlar.*

Masala yechimining mavjudligi. (2) tenglamaning yechimini

$$y(x)=z(t),\ t=x^2 \tag{4}$$

ko'rinishda qidiramiz, bu yerda $z(t)$ - yangi noma'lum funksiya.

(4) ifodadan kerakli hosilalarni hisoblab (2) tenglamaga qo'yib ba'zi soddalashtirishlarni bajarsak

$$z_{tt}+\frac{1}{t}z_t+\left(1-\frac{\nu^2}{t^2}\right)z=0 \tag{5}$$

(1) ko'rinishdagi Bessel tenglamasiga keladi. Ma'lumki (5) tenglamaning umumiy yechimi

$$z(t)=C_1J_{\nu}(t)+C_2Y_{\nu}(t) \tag{6}$$

ko'rinishda aniqlanadi [6], bu yerda $J_{\nu}(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{\Gamma(n+1)\Gamma(n+\nu+1)}\left(\frac{x^2}{2}\right)^{2n+\nu}$,

$Y_{\nu}(x)=\frac{J_{\nu}(x)\cos\nu\pi-J_{-\nu}(x)}{\sin\nu\pi}$ - birinchi tur Bessel funksiyalari, C_1 va C_2 - ixtiyoriy o'zgarmaslar.

(6) funksiyadan (4) ga asosan avvalgi o'zgaruvchilarga qaytsak, (2) tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha aniqlanadi:

$$y(x)=C_1J_{\nu}(x^2)+C_2Y_{\nu}(x^2). \tag{7}$$

(7) umumiy yechimni (3) boshlang'ich shartlarga bo'ysindirib

$$C_2=-k_1 2^{-\nu}\Gamma(1)\Gamma(1-\nu),\ C_1=k_2 2^{\nu}\Gamma(\nu+1)+k_1 2^{-\nu}\Gamma(1-\nu)\cos\nu\pi$$

tengliklarni topamiz. Buni (7) ga qo‘yib (2) tenglamaning (3) boshlang‘ich shartlarini qanoatlantiruvchi yechimini ko‘rinishda topamiz.

$$y(x)=k_2 2^{\nu}\Gamma(\nu+1)+k_1\Gamma(1-\nu)\cos\nu\pi 2^{-\nu}J_{\nu}\left(x^2\right)-k_1 2^{-\nu}\Gamma(1)\Gamma(1-\nu)Y_{\nu}\left(x^2\right). \quad (8)$$

Topilgan (8) yechim (2) tenglamaning (3) boshlang‘ich shartlarni bajaruvchi yechimi ekanligini ko‘rsatamiz:

(8) funksiyani quyidagicha sodda ko‘rinishda yozib olamiz:

$$y(x)=AJ_{\nu}\left(x^2\right)+B\cos(\nu\pi)J_{-\nu}(x^2)-Bsin(\nu\pi)Y_{\nu}\left(x^2\right), \quad (9)$$

bu yerda,

$$A=k_2 2^{\nu}\Gamma(\nu+1)$$
$$B=k_1 2^{-\nu}\Gamma(1-\nu)$$

(14) tenglamadan birinchi va ikkinchi tartibli hosila olamiz

$$\begin{aligned} y'(x)&=AJ'_{\nu}\left(x^2\right)+B\cos(\nu\pi)J'_{-\nu}(x^2)-Bsin(\nu\pi)Y'_{\nu}\left(x^2\right),\\ y''(x)&=AJ''_{\nu}\left(x^2\right)+B\cos(\nu\pi)J''_{-\nu}(x^2)-Bsin(\nu\pi)Y''_{\nu}\left(x^2\right). \end{aligned} \quad (10)$$

(10)funksiyalarni (2) tenglamaga qo‘yamiz:

$$\begin{aligned} &A\left[x^2J''_{\nu}\left(x^2\right)+xJ'_{\nu}\left(x^2\right)+\left(x^2-\nu^2\right)J_{\nu}\left(x^2\right)\right]+\\ &B\cos\nu\pi\left[x^2J''_{-\nu}\left(x^2\right)+xJ'_{-\nu}\left(x^2\right)+\left(x^2-\nu^2\right)J_{-\nu}\left(x^2\right)\right]-\\ &-B\sin(\nu\pi)\left[x^2Y''_{\nu}\left(x^2\right)+xY'_{\nu}\left(x^2\right)+\left(x^2-\nu^2\right)Y_{\nu}\left(x^2\right)\right]=0. \end{aligned} \quad (11)$$

Bundan ko‘rinib turibdiki (11) tenglama (1) tenglamaning yechimi.

Masala yechimining yagonaligi.

Teorema. *Qo‘yilgan masalaning yechimi yagonadir.*

Isbot. Faraz qilamiz qo‘yilgan masala $y_1(x)$ va $y_2(x)$ yechimlarga ega bo‘lsin. U holda bularning ayirmasi

$$y_1(x)-y_2(x)=\varphi(x) \quad (12)$$

bo‘ladi.

$\varphi(x)$ funksiya qo‘yilgan masalaga mos bir jinsli

$$\varphi''+\frac{1}{x}\varphi'+4\left(x^2-\frac{\nu^2}{x^2}\right)\varphi=0 \tag{13}$$

$$\varphi(0)=0,\ \lim_{x\to 0}\left(x^{\nu}y\right)'=0 \tag{14}$$

masalani qanoatlantiradi.

(13) tenglamaning umumiy yechimi (7) ko‘rinishdagi kabi aniqlanadi ya’ni

$$\varphi(x)=C_1J_{\nu}\left(x^2\right)+C_2Y_{\nu}\left(x^2\right) \tag{15}$$

(15) umumiy yechimni (14) bir jinsli shartlarga bo‘ysundirsak $C_1=0$, $C_2=0$ bo‘lishi kelib chiqadi bundan $\varphi(x)=0$. (13) ga asosan esa $y_1(x)=y_2(x)$. Demak, teorama sharti to‘g‘ri farazimiz noto‘g’ri. Teorema isbotlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Salohiddinov, M. S.*Matematik fizika tenglamalari*. – Toshkent: “O‘zbekiston” nashriyoti, 2002. – 448 b.

2. Fayzullayev, B. A., & Rahmatov, A. S.*Matematik fizika metodlari*. – Toshkent: “O‘qituvchi” nashriyoti, 2010. – 344 b.

3. Mamatov, Sh. S.*Differensial tenglamalar*. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2015. – 256 b.

4. Toshov.J. B.*Oddiy differensial tenglamalar kursi*. – Toshkent: “Innovatsiya-Ziyo”, 2021. – 230 b.

5. Ismoilov, Sh. I.*Oddiy differensial tenglamalar kursidan misol va masalalar to‘plami*. – Toshkent: “Universitet”, 2012. – 180 b.

6. O‘rinov, A. Q.*Maxsus funksiyalar va maxsus operatorlar.*. – Farg‘ona: “Farg‘ona” nashriyoti, 2011. – 108 b.

7. Лебедев, Н. Н.*Специальные функции и их приложения*. – Москва: “Физматлит”, 1963. – 358 с.

8. Watson, G. N.*A Treatise on the Theory of Bessel Functions*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 804 p.

BULUTLI HISOBLASH (CLOUD COMPUTING) ARXITEKTURASI

IBRAGIMOV SH.M.[1], SHAVKATOVA D.I.[2]

[1]*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

[2]*FarDU talabasi, dildoradhavkatova@gmail.com*

Annotatsiya: Maqolada bulutli hisoblash arxitekturasi, uning qatlamlari, xizmat modellari va amaliy qo‘llanilish yo‘nalishlari tahlil qilindi. Rasmiy statistik manbalar asosida gibrid cloud modelining ustunligi, public cloud bozori o‘sishi hamda korxonalarda cloud xizmatlardan foydalanish dinamikasi baholandi.

Kalit so‘zlar: bulutli hisoblash, arxitektura, IaaS, PaaS, SaaS, gibrid cloud, virtualizatsiya, xavfsizlik

KIRISH. Bulutli hisoblash zamonaviy raqamli iqtisodiyotning tayanch texnologiyalaridan biri bo‘lib, server, saqlash, tarmoq va dasturiy ta’minotni xizmat sifatida taqdim etadi. NIST ta’rifiga ko‘ra, cloud computing umumiy foydalaniladigan konfiguratsiyalanadigan resurslar havzasiga talab bo‘yicha va keng tarmoq orqali kirishni ta’minlaydigan modeldir [6]. Mazkur modelning asosiy xususiyatlari — on-demand self-service, broad network access, resource pooling, rapid elasticity va measured service — bulutli arxitekturaning nazariy poydevorini tashkil etadi [6].

Gartner ma’lumotiga ko‘ra, jahon bo‘yicha public cloud xizmatlariga xarajatlar 2023-yildagi 561 mlrd dollardan 2024-yilda 675,4 mlrd dollarga va 2025-yilda 723,4 mlrd dollarga yetishi prognoz qilingan [5]. Shuningdek, 2027-yilgacha tashkilotlarning 90 foizi gibrid cloud yondashuvini qabul qilishi kutilmoqda [5]. Eurostat ma’lumotlariga ko‘ra esa 2025-yilda Yevropa Ittifoqi korxonalarining 52,74 foizi pullik cloud xizmatlaridan foydalangan [3]. Bu ko‘rsatkichlar mavzuning dolzarbligini tasdiqlaydi.

Maqolaning maqsadi - bulutli hisoblash arxitekturasining ilmiy-texnik asoslarini, qatlamli tuzilishini, xizmat modellarini va qo‘llanish tendensiyalarini tahlil qilishdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Bulutli hisoblash nazariyasining shakllanishida bir qator xorijiy olimlarning ishlari fundamental ahamiyat kasb etadi. Mell va Grance cloud computingni

standartlashtirilgan shaklda ta’riflab, uning beshta muhim xususiyati (on-demand self-service, broad network access, resource pooling, rapid elasticity, measured service), uchta xizmat modeli va to‘rtta joylashtirish modelini aniqlashtirdi. Ushbu yondashuv bugungi kunda ham cloud arxitekturasini tavsiflashda asosiy metodologik tayanch bo‘lib qolmoqda [1].

Berkeley ilmiy maktabi vakillari Armbrust va hammualliflar cloud computingni servis sifatida taqdim etiladigan ilovalar hamda ushbu xizmatlarni qo‘llab-quvvatlovchi ma’lumotlar markazlari yig‘indisi sifatida izohlaydi. Ular cloud modelining asosiy afzalliklari sifatida elastiklik, resurslarni tez kengaytirish, kapital xarajatlarni operatsion xarajatlarga aylantirish va xizmatlarni jadal masshtablashni ko‘rsatadi; shu bilan birga mavjud to‘siqlar sifatida kechikish, xavfsizlik, ma’lumotlarni ko‘chirish va vendor lock-in muammolarini ajratadi [4].

Buyya va hammualliflar esa cloud computingni “hisoblashning beshinchi kommunal xizmati” konsepsiyasi bilan bog‘lab, bozor yo‘naltirilgan, SLA asosida boshqariladigan arxitektura modelini ilgari suradi. Ularning yondashuvida virtual mashinalar, brokerlar, monitoring, avtorizatsiya va iqtisodiy mexanizmlar cloud resurslarini taqsimlashning markaziy komponentlari sifatida qaraladi [5].

Vaquero va hammualliflar cloud tushunchasining chegaralarini aniqlashtirishga urinib, uni grid computing, utility computing va virtualizatsiya kabi yaqin paradigmalardan ajratib ko‘rsatadi. Mualliflar cloud modelining eng muhim belgisi sifatida tez kengayuvchi resurslar havzasi va foydalanuvchi uchun minimal operatsion aralashuv tamoyilini ko‘rsatadi [6]. Zhang, Cheng va Boutaba cloud arxitekturasining holatini umumlashtirib, xizmat sifati, xavfsizlik, ishonchlilik, ma’lumotlar markazlarini boshqarish va energiya samaradorligini ustuvor tadqiqot yo‘nalishlari sifatida belgilaydi [7].

Marston va hammualliflar esa cloud computingni texnik jihatdan emas, balki biznes va boshqaruv nuqtayi nazaridan tahlil qilib, SWOT model asosida uning kuchli va zaif tomonlarini, imkoniyatlari hamda xavf-xatarlarini ko‘rsatadi. Mazkur tadqiqot

cloud arxitektura tanlovida faqat texnologik emas, balki iqtisodiy, tashkiliy va huquqiy mezonlar ham muhimligini asoslaydi [8].

Xorijiy tadqiqotlar bo‘yicha qiyosiy tahlil

Cloud computing bo‘yicha xorijiy tadqiqotlarning qiyosiy tavsifi

1-jadval.

Olim(lar)	Asosiy g‘oya	Mazkur maqola uchun ahamiyati
Mell, Grance	Cloud computingning standart ta’rifi, 5 xususiyat, 3 xizmat modeli, 4 joylashtirish modeli	Nazariy va terminologik tayanchni belgilaydi
Armbrust va boshq.	Cloudning afzalliklari va to‘siqlari, elastiklik va masshtablash	Arxitektura samaradorligi hamda cheklovlarini tahlil qilishga xizmat qiladi
Buyya va boshq.	SLA va bozor yo‘naltirilgan resurs boshqaruvi	Orkestratsiya, monitoring va iqtisodiy boshqaruv masalalarini asoslaydi
Vaquero va boshq.	Cloud tushunchasini yaqin paradigmalar bilan chegaralash	Cloud modelining konseptual chegaralarini aniqlaydi
Zhang, Cheng, Boutaba	State-of-the-art va tadqiqot chaqiriqlari	Xavfsizlik, QoS va resurs boshqaruvi bo‘yicha muammolarni ochib beradi
Marston va boshq.	Cloudning biznes nuqtayi nazardagi SWOT tahlili	Texnik qarorlarning iqtisodiy va tashkiliy oqibatlarini ko‘rsatadi

Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, kontent-tahlil va statistik taqqoslash usullari qo‘llanildi. Nazariy manbalar sifatida fundamental ilmiy maqolalar va NIST hujjatlari, amaliy-statistik manbalar sifatida esa Gartner, Eurostat, Flexera hamda yirik cloud provayderlarning rasmiy hisobotlari tanlandi [1]–[3], [9]–[12].

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil va statistik taqqoslash usullari qo‘llanildi. Nazariy manba sifatida NIST SP 800-145 hujjati, amaliy-statistik manba sifatida esa Gartner, Eurostat, Flexera hamda Amazon, Microsoft va Alphabetning rasmiy hisobotlari tanlandi [1]–[7].

Bulutli hisoblash arxitekturasi front-end va back-end qismlarga ajratilib o‘rganildi. Front-end foydalanuvchi interfeysi va API qatlamlarini, back-end esa hisoblash, saqlash, tarmoq, boshqaruv, monitoring va xavfsizlik modullarini qamrab

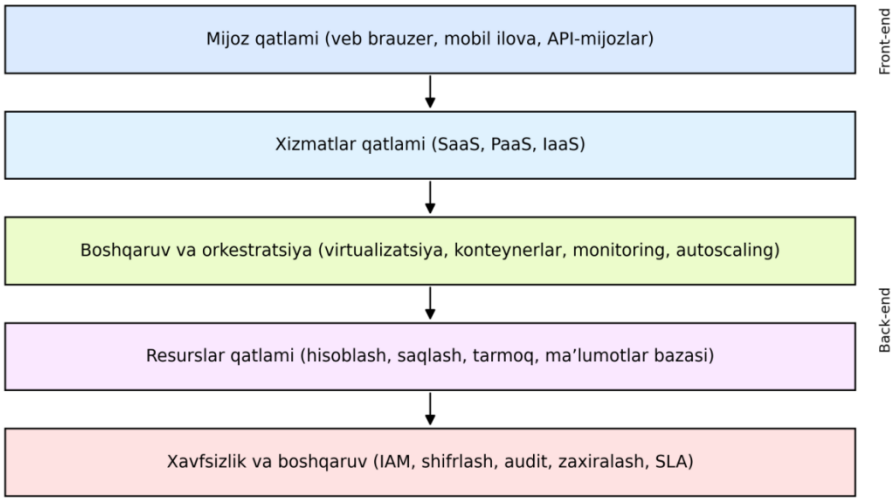
oladi. Xizmat modellari sifatida IaaS, PaaS va SaaS; joylashtirish modellari sifatida esa public, private va hybrid cloud ko‘rib chiqildi [6].

Bulutli hisoblash arxitekturasining asosiy qatlamlari va funksiyalari

2-jadval.

Qatlam	Asosiy komponentlar	Funktsional vazifa
Mijoz	Veb, mobil, API	So‘rovlarni qabul qilish
Xizmatlar	SaaS, PaaS, IaaS	Xizmatlarni taqdim etish
Boshqaruv	Virtualizatsiya, orkestratsiya	Resurs va yuklamani boshqarish
Resurs/Xavfsizlik	Hisoblash, saqlash, tarmoq, IAM	Infratuzilma va himoyani ta’minlash

Bulutli hisoblash arxitekturasining ko‘p qatlamli modeli



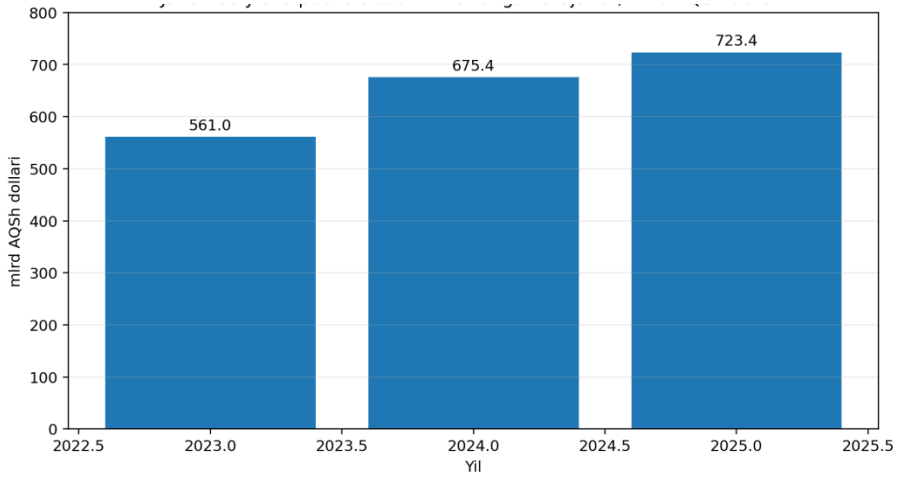
1-rasm. Bulutli hisoblash arxitekturasining ko‘p qatlamli konseptual modeli

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tahlil natijalariga ko‘ra, cloud arxitektura ko‘p qatlamli va elastik model bo‘lib, resurslarni markazlashgan boshqarish, avtomatlashtirilgan provisioning va xizmatlarni tez masshtablash imkonini beradi. Flexera ma’lumotiga ko‘ra, 2026-yilda tashkilotlarning 73 foizi gibrid cloud infratuzilmasida faoliyat yuritmoqda [4]. Bu esa public va private muhitlarning uyg‘un kombinatsiyasi amaliy jihatdan eng maqbul yechim ekanini ko‘rsatadi.

Gartner statistikasi public cloud bozorining barqaror o‘sishini tasdiqlaydi. 2023–2025-yillarda xarajatlar hajmining oshishi cloud-native ilovalar, platforma xizmatlari va AI yuklamalari hisobiga kuchaymoqda [5]. Demak, cloud arxitektura bugungi

kunda oddiy hosting modeli emas, balki innovatsion xizmatlarni ishlab chiqish va yetkazib berish platformasiga aylangan.



2-rasm. Jahon bo‘yicha public cloud xizmatlariga xarajatlar dinamikasi, mlrd AQSh dollari

Bulutli hisoblash bozorining ayrim asosiy statistik ko‘rsatkichlari

3-jadval.

Ko‘rsatkich	2023	2024	2025
Jahon public cloud xarajatlari, mlrd AQSh dollari	561,0	675,4	723,4
Google Cloud daromadi, mlrd AQSh dollari	33,1	43,2	58,7
AWS daromadi, mlrd AQSh dollari	—	108,0	129,0
Azure daromadi, mlrd AQSh dollari	—	—	>75,0
EU korxonalarida cloud’dan foydalanish, %	45,32*	—	52,74

** 2025-yil uchun EU bo‘yicha ko‘rsatkich Eurostat ma’lumotlarida 45,2% sifatida berilgan [3].*

Yirik cloud provayderlarning moliyaviy natijalari ham bozorning jadal kengayayotganini ko‘rsatadi. Amazon hisobotiga ko‘ra, AWS daromadi 2025-yilda 129 mlrd dollarga yetgan [2]. Microsoft hisobotida Azure daromadi ilk bor 75 mlrd dollardan oshgani qayd etiladi [7]. Alphabet ma’lumotiga ko‘ra esa Google Cloud daromadi 2025-yilda 58,705 mlrd dollarni tashkil etgan [1].

Korxonalar miqyosida cloud xizmatlardan foydalanish ulushi yirik biznesda ayniqsa yuqori. Eurostat ma’lumotiga ko‘ra, 2025-yilda yirik korxonalarning 84,67

foizi, o‘rta korxonalarning 66,78 foizi va kichik korxonalarning 49,30 foizi pullik cloud xizmatlaridan foydalangan [3]. Mazkur holat cloud arxitekturaning rezerv nusxalash, hamkorlik, analitika va xavfsizlik bo‘yicha ustunliklarini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, cloud arxitekturani joriy etishda xavfsizlik, identifikatsiya, ma’lumotlar rezidentligi, vendor lock-in va xarajatlarni boshqarish kabi muammolar mavjud. Shuning uchun cloud infratuzilmasini loyihalashda zero trust xavfsizlik siyosati, IAM, audit, zaxiralash, konteyner orkestratsiyasi va FinOps yondashuvlarini birgalikda qo‘llash maqsadga muvofiq [4], [6].

XULOSA

Bulutli hisoblash arxitekturasi zamonaviy axborot tizimlarining ilmiy-texnik tayanchi bo‘lib, resurslarni talab bo‘yicha taqsimlash, elastiklik, keng ko‘lamli integratsiya va xizmat sifatini boshqarishni ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari cloud arxitekturaning samaradorligi qatlamli tuzilish, avtomatlashtirilgan boshqaruv va kuchli xavfsizlik siyosatiga bog‘liqligini ko‘rsatdi.

Statistik ma’lumotlar public cloud bozorining jadal o‘sishini, gibrid cloud modelining amaliy ustunligini va korxonalarda cloud xizmatlardan foydalanish ulushi ortib borayotganini tasdiqladi [1]–[5], [7]. Shundan kelib chiqib, cloud-native ilovalar, konteynerlash, gibrid boshqaruv va xarajatlarni optimallashtirish kelajakdagi asosiy ilmiy-amaliy yo‘nalishlar sifatida baholandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Alphabet Inc. Annual Report 2025. - Mountain View: Alphabet Inc., 2026.- 99 p.
2. Amazon. 2025 Annual Report and CEO Andy Jassy’s 2025 Letter to Shareholders. - Seattle: Amazon, 2026.
3. Eurostat. Cloud computing - statistics on the use by enterprises. - Luxembourg: European Commission, 2026.
4. Flexera. 2026 State of the Cloud Report. - Itasca: Flexera Software LLC, 2026.
5. Gartner. Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Total 723 Billion Dollars in 2025. - Stamford: Gartner, 2024.
6. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. NIST Special Publication 800-145. - Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2011. - 7 p.
7. Microsoft. Annual Report 2025. - Redmond: Microsoft Corporation, 2025.

OSIVA TCP/IPMODELITUSHUNCHASIVA IMKONIYATLARI

TURDALIYEV A.A.

FarDU talabasi, asqarjon.0514@gmail.com

Annotatsiya: Bu maqola OSI va TCP/IP modellarini ta'riflash, ulardagi protokollar va har birning imkoniyatlarini tushuntirishga bag'ishlangan. Modellar tarmoq kommunikatsiyalarivatizimlarinitahlilqilishdakengqamrov,yorliqvama'lumotlarga boy tushunchalar yaratishda yordam beradi.

Kalit so'zlar: OSI modeli, TCP/IP modeli, tarmoq kommunikatsiyalari, protokollar, tushuncha, imkoniyatlar, modellarni solishtirish.

Kirish: Tarmoq tizimlarining o'rganishida va tahlil qilishda asosiy qism, uni yaratishda yordam beradi. Bu modellar - OSI (Open Systems Interconnection) va TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) - tarmoq kommunikatsiyalarini tizimlamoqda kerakli protokollar va qism-protokollar qatorini ta'rifi qiladi. Ularning har biri tarmoq xavfsizligi, samarali o'rganish va tarmoq tizimlarini rivojlantirishda katta ahamiyatga ega.

OSI modeli 7 darajali bo'lib, har bir darajadagi protokollar o'zlariga xos maqsad vavazifalarnibajaradi.Birinchidaraja-fizikavidaraja-fizikavialoqavositalarorqali ma'lumotlarni uzatishni ta'minlaydi. Keyingi darajalar esa ma'lumotlarni o'zaro aloqalangantarmoqlarorqaliyuborishvaqabulqilishniboshqarishbilanshug'ullanadi. Yagona protokollar tarmoq ma'lumotlarini bajaradigan har bir operatsiyani bajarish uchun mas'ul.

TCP/IP modeli esa odatda qo'llaniladigan va oddiyroq bo'lgan modellardan biridir.U4taprotokolnio'zichigaoladi:InternetProtocol(IP),TransmissionControl Protocol(TCP),UserDatagramProtocol(UDP),vaInternetControlMessageProtocol (ICMP). Bu protokollar tarmoq kommunikatsiyalarini boshqarishda yuqori samarali bo'lib, ularga mas'uliyatli xizmat ko'rsatiladi.

Shunday qilib, bu modellardan har biri tarmoq tizimlarini tahlil qilish va o'rganishda yordam beradi, ulardagi protokollar esa tarmoq kommunikatsiyalarini ta'minlashda katta rol o'ynaydi. Bu maqolada bu modellar va ularning imkoniyatlari keng doirada solishtiriladi.

OSI modeli: OSI modeli, tarmoq tizimlarini o'rganish va tahlil qilish uchun 7 darajaliprotokollarustidatuzilganmodellardaniborat.Uharbirdarajadagiprotokollar yuqori va past darajadagi protokollar bilan faoliyat olib boradi.

Fizikaviydaraja(PhysicalLayer):Bu darajaelektr, optik yokiradiosignallarni o'z ichigaoladivauningfizikaviyaloqavositalariyordamidama'lumotlarniuzatishni ta'minlaydi. Elektr, optik fiber, va radiokanallar bu daraja misol bo'lib kiritiladi. Budarajadama'lumotlaro'sishvaqurilmafaoliyatlarigamas'ulbo'lib,bitlarniboshqaradi. Kanallar(DataLinkLayer):Budarajama'lumotpaketlarini(datagrams)almashish,xatolar

nianiqlashvato‘g‘rilashniboshqaradi.Ethernet,Wi-Fi,vaPPP protokollari bu darajada ishlaydi. Bu daraja harakatli aloqa protokollarini (MAC) va switchlar,buxgalteriyalar,vakartochkalar(NIC)bilanbog‘langanqurilmalarishlaydi. Aloqa(NetworkLayer):BudarajaIPmanbalarbilanishlashprotokollari kiritiladi. Bu daraja ma’lumotlar o‘zaro aloqalangan tarmoq tizimlarida yuboriladi. IP ma’lumotlarniboshqarish,yolg‘izIPmanbalarinianiqlash,yo‘lyo‘nalishianiqlash,va ma’lumotlarniqo‘shishnita’minlaydi.

Transport (Transport Layer): Bu daraja ma’lumotlarni manbalar o‘rtasida ulanishni ta’minlaydi. TCP (Transmission Control Protocol) va UDP (User Datagram Protocol) protokollari bu darajada ishlaydi. TCP ma’lumotlar yolg‘on bo‘lmaganda qo‘lga ko‘riladi va uni qayta yuboradi. UDP esa aniqlik va samarali darajada ma’lumotlarni yuborishda ishlatiladi, lekin uni qayta yuborish imkoniyati yo‘q.

Sessiya (Session Layer): Bu daraja aloqa sessiyalarini boshqaradi va aloqa bilan bog‘lanishni boshqarish uchun aloqa o‘rnatuvchisining tizimini ta’minlaydi. Bu daraja aloqavositasiorqalialoqao‘rnatuvchilario‘rtasidagialoqavaqtini(session)boshqarish uchun mas’ul.

Saqlanish (Presentation Layer): Bu daraja ma’lumotlarni o‘zgaruvchan formatlarda joylashtirish va o‘qimasdan qilishni boshqaradi. Bu daraja ma’lumotlar o‘zgaruvchan formatda, misol uchun, kodlangan va shifrlangan xolda uzatiladi.

Ovozlashish (Application Layer):Bu darajafoydalanuvchi dasturlari bilan aloqa qilish va foydalanuvchi ma’lumotlari bilan ishlash uchun interfeysni ta’minlaydi. Bu daraja HTTP, SMTP, FTP kabi dasturlarni ta’minlovchi protokollar kiritiladi.

TCP/IP modeli: TCP/IP modeli esa tarmoq kommunikatsiyalarini 4 ta protokollar ustida tuzilgan modellardan iborat. Bu protokollar internetni va u bilan bog‘liq barcha tarmoq kommunikatsiyalarini boshqarish uchun ishlatiladi.

Internet Protocol (IP): Bu daraja ma’lumotlar tarmoq tizimi bo‘ylab paketlarni yuborish va qabul qilishni boshqaradi. U paketlarni manbalar orasida yo‘qotish va aniqlik bilan qo‘shishni ta’minlaydi.

TransmissionControlProtocol(TCP):Budarajama’lumotlarnimanbalaro‘rtasida ulanishni ta’minlaydi va ularga tasdiq berish uchun ishlatiladi. Bu prtokol ma’lumotlarni to‘g‘ri va samarali tarzda uzatishda muhim rol o‘ynaydi.

User Datagram Protocol (UDP): Bu protokol Qisqa habarlar uchun ma’lumot paketlari yuborishni ta’minlaydi va uni tasdiqlashni takomillashtirmaydi. UDP ma’lumotlar to‘g‘ri o‘tkazilib, uni tasdiqlash uchun kutilmagan.

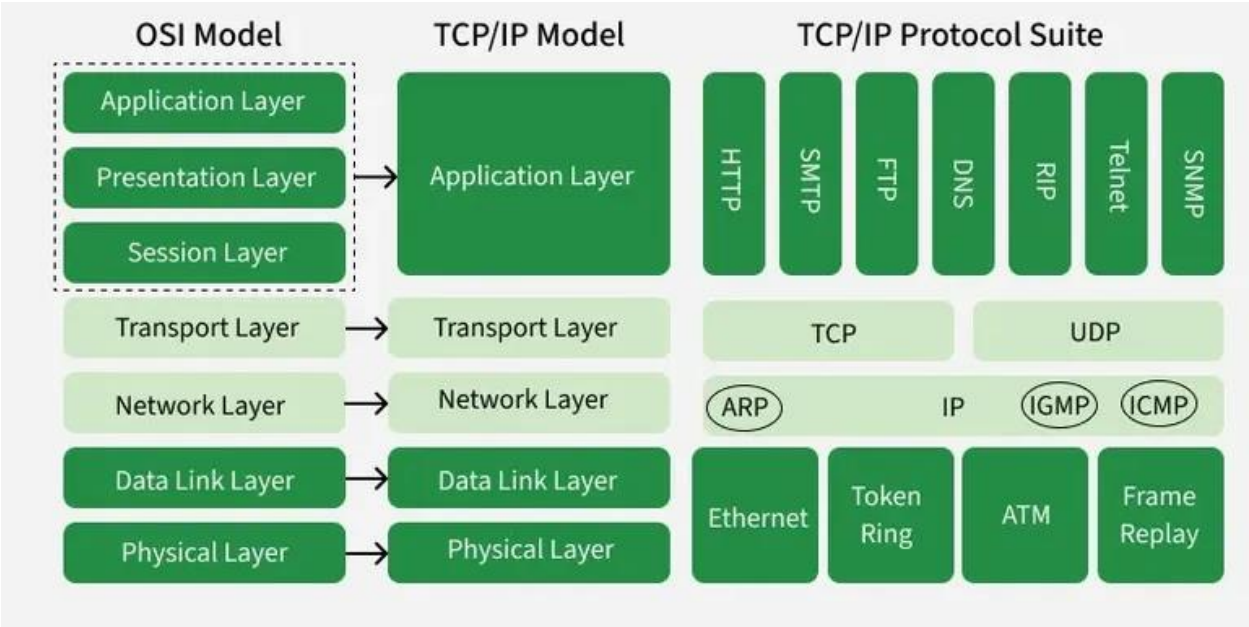
Internet Control MessageProtocol (ICMP): Bu protokol tarmoq ustida ma’lumot almashishvaxavfsizlikningko‘rsatishbo‘yichaxabarlaryuborishuchunishlatiladi.Bu protokol tarmoqda aniqlik va xavfsizlik muammolarni aniqlash va yechishda yordam beradi.

OSImodeli: Maqsadlari va funksiyalari: OSI modeli, tarmoq tizimlarini taxminan 7 darajali bo‘lib, har bir darajadagi protokollar o‘zlariga xos maqsad va vazifalarni bajaradi. Bu model ma’lumotlar o‘tkazishining har bir jarayonini belgilaydi va tarmoq kommunikatsiyalarini tahlil qilishda yordam beradi. Har bir darajadagi protokollar o‘zlariga xos vazifalarni bajaradi, masalan, ma’lumotlarni fizikavi aloqa vositalari orqali yuborish, xatolarni aniqlash, aloqa yaratish, ma’lumotlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatilishi va ko‘rsatilishi, va hokazolash.

Foydasi:OSImodeliog‘irstrukturagaegabo‘lib,amaliyotdakamroqqo‘llaniladi. Biroq, ta’limiy maqsadlar uchun juda foydali. Bu model tarmoq tizimlarini tahlil qilishda va tarmoq kommunikatsiyalarini o‘rganishda qulaylik yaratadi.

TCP/IPmodeli:

Maqsadlarivafunksiyalari:TCP/IPmodelioddiyvaosontushunchagaegabo‘lib, amaliyotda keng qo‘llaniladi. U 4 ta protokollarni o‘z ichiga oladi va ulardan foydalanib, internet tarmoqlarini boshqaradi. Bu modeli Internetning ishlashini ta’minlaydi va tarmoq kommunikatsiyalarini oson va samarali qilishda katta o‘rin egallaydi.



TCP/IPmodelioddiyvatushunchagaegabo‘lib,amaliyotdakengqo‘llaniladi.Uningprotokollari(IP,TCP,UDP,vaICMP)internettarmoqlarini boshqarishdakattao‘rinegallaydivaglobaltarmoqtizimlariningishlashinita’minlaydi. OSImodelita’limiymaqsadlaruchunqulaylikyaratadivatarmoq kommunikatsiyalarinitahlilqilishdayordamberadi,TCP/IPmodeliesaoddiyvaoson tushunchagaegabo‘lib,amaliyotdakengqo‘llaniladivainternetningishlashinita’minlaydi.

Xulosa: Maqolada OSI va TCP/IP modellarining tushunchalarini, xususiyatlarni, protokollarni, va maqsadlarni ta’riflash uchun bir nechta yo‘nalishlarga e’tibor berildi. Bumodellartarmoqtizimlarinio‘rganish,tahlilqilish,varivojlantirishdakatta ahamiyatga

ega bo‘lib, tarmoq kommunikatsiyalarining xavfsizligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Modellarning tushunchalari: Maqolada OSI va TCP/IP modellarining tushunchalariga duch kelindi. OSI modeli 7 darajali bo‘lib, har bir darajadagi protokollar o‘zlariga xos maqsad va vazifalarni bajaradi. Bu model ma’lumotlar o‘tkazishining har bir jarayonini belgilaydi va tarmoq kommunikatsiyalarini tahlil qilishda yordam beradi. TCP/IP modeli esa oddiy va oson tushunchaga ega bo‘lib, amaliyotdakengqo‘llaniladi.Uning4taprotokollari(IP,TCP,UDP,vaICMP)internet tarmoqlarini boshqarishda katta o‘rin egallaydi va global tarmoq tizimlarining ishlashini ta’minlaydi.

Xususiyatlari va Protokollar: Har bir modelning xususiyatlari va protokollari tahlil qilindi. OSI modelining 7 darajali tuzilishi va har bir darajadagi protokollar ta’riflandi. Bu protokollar ma’lumotlarni fizikavi aloqa vositalari orqali yuborish, xatolarni aniqlash, aloqa yaratish, ma’lumotlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatilishi va hokazolashda ishlatiladi. TCP/IP modelining esa 4 ta protokollari o‘z ichiga oladi va ulardanfoydalanib,internettarmoqlariniboshqaradi.Buprotokollartarmoqtizimlarini samarali va ishonchli qilishda muhim rol o‘ynaydi.

Maqsadlari: Har bir modelning maqsadlari ta’riflandi. OSI modeli tarmoq kommunikatsiyalarini tahlil qilishda va tarmoq tizimlarini o‘rganishda qulaylik yaratadi.Ta’limiymaqsadlaruchunfoydalibo‘lib,amaliyotda esakamroqqo‘llaniladi. TCP/IPmodeliesaoddiyvaosontushunchagaegabo‘lib,amaliyotdakengqo‘llaniladi. Uning protokollari internet tarmoqlarini boshqarishda katta o‘rin egallaydi va global tarmoq tizimlarining ishlashini ta’minlaydi.

Ahamiyati:Modellartarmoqtizimlarinio‘rganish,tahlilqilish,varivojlantirishda kattaahamiyatgaega.Ulartarmoqkommunikatsiyalariningxavfsizliginita’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Tarmoq tizimlarini tahlil qilish va yaratishda modellar hayajonlanadi va ulardan foydalanish xavfsiz va samarali tarmoq tizimlarining rivojlanishiga olib keladi.

Shunday qilib, maqola OSI va TCP/IP modellarining xususiyatlari, protokollari, va maqsadlari tahlil qilinib, ularning tarmoq tizimlarini o‘rganish va tahlil qilishdagi katta ahamiyati keltirildi.

FOYDANILGAN ADABYOTLAR:

1. Forouzan,BehrouzA."DataCommunicationsandNetworking."McGraw-Hill Education, 2017.
2. Tanenbaum,AndrewS."ComputerNetworks."PearsonEducationLimited,2011.
3. Comer,DouglasE."InternetworkingwithTCP/IP,Vol.1:Principles,Protocols,and Architecture." Pearson Education, 2017.
4. Stallings,William."DataandComputerCommunications."PearsonEducationLimi

ted, 2013.

5. Begbo‘tayev A.E., Yusupov R.M. Tarmoq texnologiyalari: O‘quv qo‘llanma. Toshkent: «Tafakkur» nashriyoti, 2020. (342 bet. OSI etalon modeli, TCP/IP protokollar steki (IPv4 va IPv6) va boshqa mavzular batafsil yoritilgan).

6. Qaxxorov A.A. Tarmoqlarni rejalashtirish va qurish: O‘quv qo‘llanma (kasb-hunar kollejlari uchun). Toshkent: «Noshir», 2014. (Tarmoq topologiyasi, protokollar, OSI modeli va tarmoq qurilmalari haqida).

7. https://www.geeksforgeeks.org/computer-networks/difference-between-osi-model-and-tcp-ip-model/

8. https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/tcp-ip-model-vs-osi-model

9. https://www.checkpoint.com/cyber-hub/network-security/what-is-the-osi-model-understanding-the-7-layers/osi-model-vs-tcp-ip-model/

SNMP PROTOKOLI ASOSIDAGI MONITORING TIZIMLARI: ZABBIX VA PRTG TAHLILI

IBRAGIMOV SH.M.[1], SAIDJONOVA G.A.[2]

[1]*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

[2]*FarDU talabasi, fbffbf475@gmail.com*

Annotatsiya:Maqolada SNMP (Simple Network Management Protocol) protokolining tarmoq monitoringi va boshqaruvidagi o‘rni yoritilgan. SNMP arxitekturasi, asosiy komponentlari - boshqariladigan qurilmalar, agent va menejer (NMS) hamda MIB obyektlari orqali ma’lumot almashinuvi tushuntirilgan. Shuningdek, agentlarni o‘rnatish va konfiguratsiya qilish, trap xabarlari va Zabbix hamda PRTG kabi monitoring tizimlarining qo‘llanilishi ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: SNMP, tarmoq monitoringi, boshqaruv agenti, menejer (NMS), MIB, trap xabarlari, Zabbix, PRTG, tarmoq infratuzilmasi, konfiguratsiya

KIRISH. Hozirgi raqamli davrda korxona va tashkilotlarning samarali faoliyati barqaror va xavfsiz tarmoq infratuzilmasiga bevosita bog‘liq. Tarmoqdagi har qanday nosozlik, uzilish yoki ortiqcha yuklanish ishlab chiqarish jarayoniga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, tarmoq qurilmalarining holatini doimiy kuzatib boruvchi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Monitoring tizimlari ichida SNMP (Simple Network Management Protocol) eng keng qo‘llaniladigan standartlardan biri hisoblanadi. Ushbu protokol router, switch, server va boshqa tarmoq qurilmalarining holatini real vaqt rejimida kuzatish, tahlil qilish va boshqarish imkonini beradi. SNMP agentlari qurilmalarda o‘rnatilgan bo‘lib, ular MIB (Management Information Base) orqali ma’lumotlarni taqdim etadi. Administratorlar esa bu ma’lumotlar yordamida tarmoqning ishlashini nazorat qiladi, nosozliklarni tezda aniqlaydi va bartaraf etadi.

SNMP protokoli bir necha versiyalarda ishlab chiqilgan bo‘lib, ularning ichida SNMPv3 eng xavfsiz hisoblanadi, chunki u autentifikatsiya va shifrlash imkoniyatlarini taqdim etadi. Bugungi kunda Zabbix, Nagios, PRTG, SolarWinds kabi monitoring tizimlari SNMP protokolidan keng foydalanadi.

Simple Network Management Protocol (SNMP) IP tarmoqlarida boshqariladigan qurilmalar haqida ma’lumot to‘plash va tartibga solish va ushbu ma’lumotni qurilma xatti-harakatlarini o‘zgartirish uchun Internet standart protokoli hisoblanadi. Odatda SNMP-ni qo‘llab-quvvatlaydigan qurilmalar qatoriga kabel modemlari, marshrutizatorlar, tarmoq kalitlari, serverlar, ish stantsiyalari, printerlar va boshqalar kiradi. SNMP tarmoq monitoringi uchun tarmoq boshqaruvida keng qo‘llaniladi. SNMP boshqaruv ma’lumotlarini tizim holati va konfiguratsiyasini tavsiflovchi boshqaruv ma’lumotlar bazasida (MIB) tashkil etilgan boshqariladigan tizimlardagi o‘zgaruvchilar shaklida ochib beradi. Keyinchalik bu o‘zgaruvchilarni ilovalarni boshqarish orqali masofadan so‘rash va ba’zi hollarda manipulyatsiya qilish mumkin. Bu jarayon administratorlarga tarmoq qurilmalarini samarali nazorat qilish

va boshqarish imkonini beradi.SNMP-dan odatiy foydalanishda menejerlar deb ataladigan bir yoki bir nechta ma’muriy kompyuterlar tarmoqdagi xostlar yoki qurilmalar guruhini kuzatish va boshqarish vazifasini bajaradi. Har bir boshqariladigan tizimda agent deb ataladigan dasturiy ta’minot komponenti mavjud bo‘lib, u qurilma holati va konfiguratsiyasi haqida ma’lumotni SNMP orqali menejerga xabar qiladi.

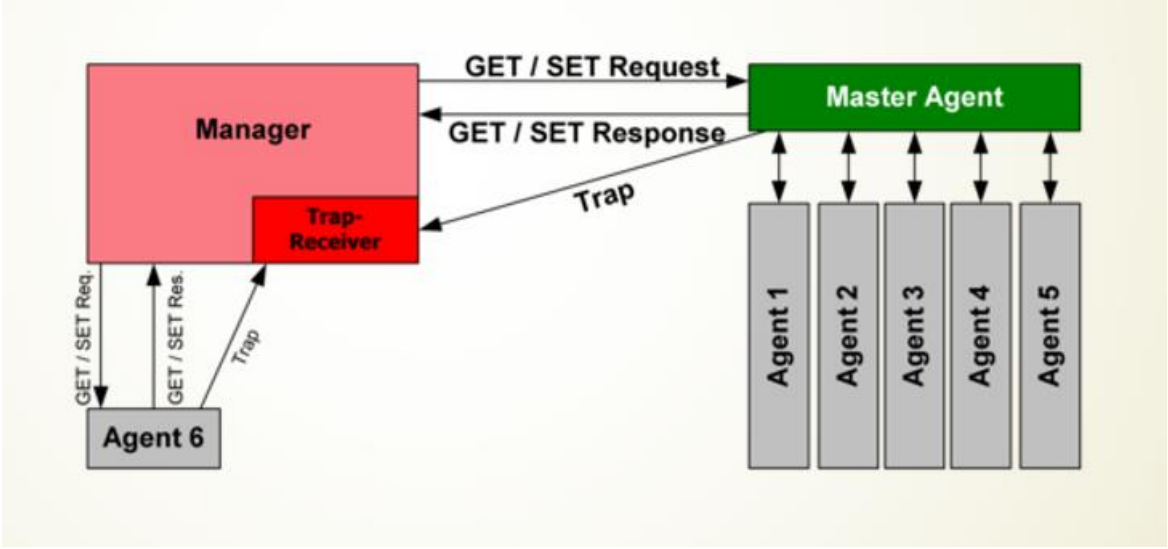
SNMP tomonidan boshqariladigan tarmoq uchta asosiy komponentdan iborat:

1. Boshqariladigan qurilmalar (Managed Devices) – router, switch, server va boshqa tarmoq uskunalari.

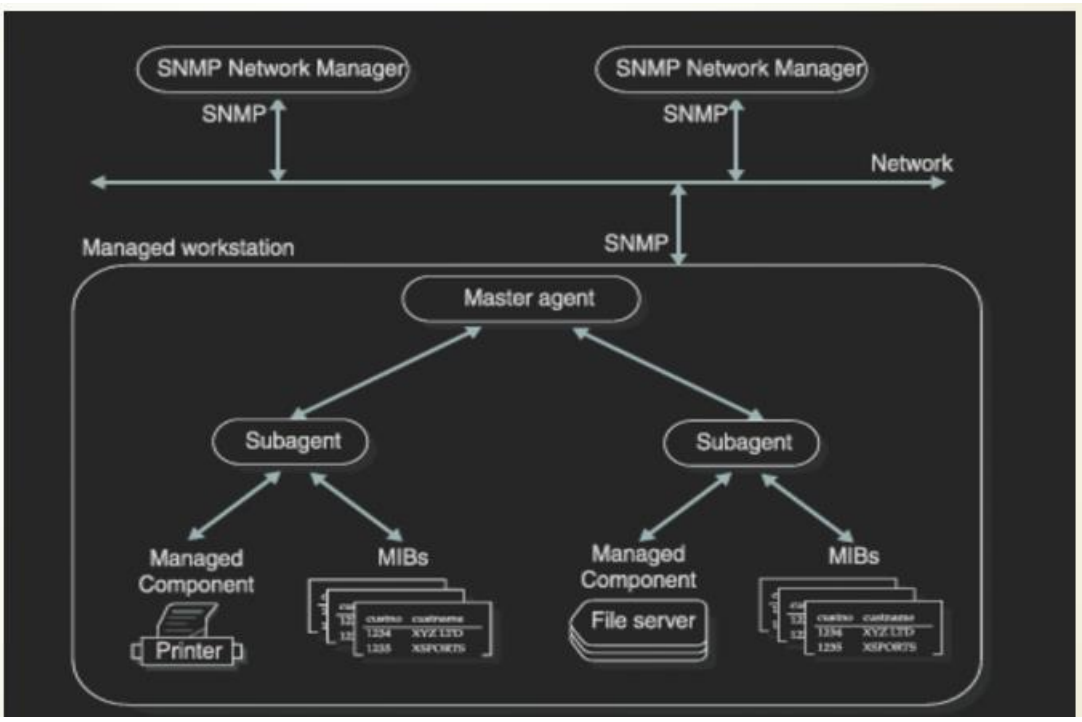
2. Agent – boshqariladigan qurilmada ishlaydigan dasturiy ta’minot, u MIB dagi o‘zgaruvchilarni menejerga taqdim etadi.

3. Tarmoqni boshqarish stantsiyasi (NMS – Network Management Station) – menejerda ishlaydigan dasturiy ta’minot bo‘lib, agentlardan ma’lumotlarni yig‘adi, tahlil qiladi va administratorga taqdim etadi.

Menejer va agent o‘rtasidagi aloqa odatda so‘rov/javob (request/response) mexanizmi orqali amalga oshadi. Menejer agentdan ma’lumot so‘raydi, agent esa MIB dagi tegishli o‘zgaruvchini javob sifatida qaytaradi. Bundan tashqari, trap xabarlari ham mavjud bo‘lib, ular agent tomonidan menejerga avtomatik yuboriladi va qurilmada muhim hodisa yoki nosozlik yuz berganini bildiradi.



1-rasm. SNMP aloqa printsipi



2-rasm. SNMP arxitekturasi

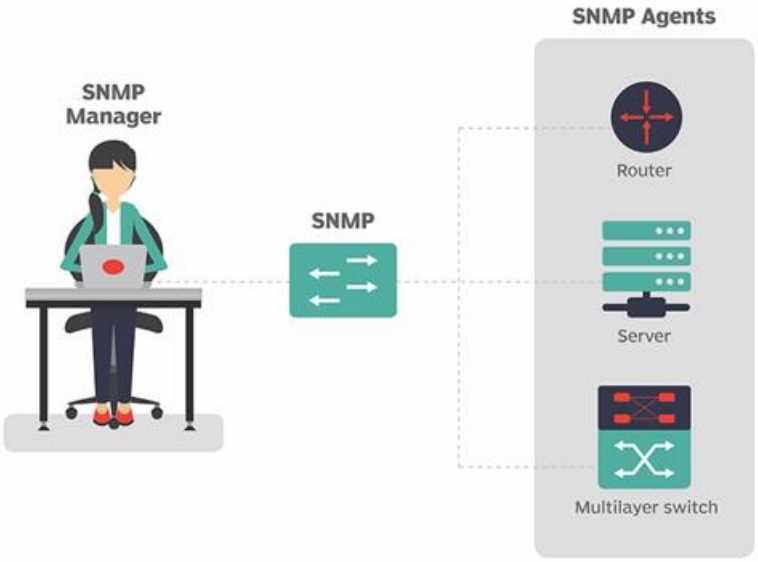
SNMP arxitekturasida asosan uchta asosiy komponent mavjud:

1. SNMP menejeri: Bu tarmoqni kuzatish uchun ishlatiladigan markazlashtirilgan tizim. U tarmoq boshqaruv stantsiyasi (NMS) sifatida ham tanilgan. SNMP server dasturini ishga tushiruvchi router agent, SNMP mijoz dasturini ishga tushiruvchi xost esa menejer deb ataladi.

2. SNMP agenti: Bu boshqariladigan qurilmada o‘rnatilgan dasturiy ta’minotni boshqarish dasturiy moduli. Menejer ma’lumotlar bazasida saqlangan qiymatlarga kira oladi, agent esa ma’lumotlar bazasidagi ma’lumotlarni saqlaydi. Routerda tiqilib qolgan yoki yo‘qligini aniqlash uchun, masalan, menejer marshrutizator saqlaydigan tegishli o‘zgaruvchilarni, masalan, qabul qilingan va uzatilgan paketlar miqdorini tekshirishi mumkin.

3. Boshqaruv ma’lumotlar bazasi: MIB boshqarilishi kerak bo‘lgan resurslar to‘g‘risidagi ma’lumotlardan iborat. Ushbu ma’lumotlar ierarxik tarzda tuzilgan. U asosan o‘zgaruvchan bo'lgan ob’ektlar misollaridan iborat. MIB yoki menejer tomonidan boshqariladigan barcha ob’ektlar to‘plami har bir agentga xosdir. Tizim, interfeys, manzil tarjimasi, IP, UDP va EGP, ICMP , TCP MIBni tashkil etuvchi sakkiz toifadir. MIB ob’ekti bu guruhlarning uyidir.

SNMP ma'murlarga tarmoq qurilmalarini masofadan turib kuzatish va sozlash imkonini berish uchun mo'ljallanganligi sababli, undan tarmoqqa kirish uchun ham foydalanish mumkin. Ko'pgina dasturiy vositalar SNMP yordamida butun tarmoqni skanerlashi mumkin; shuning uchun o'qish-yozish rejimini sozlashdagi xatolar tarmoqni hujumlarga moyil qilishi mumkin.



3-rasm. SNMP konfiguratsiyasi

SNMP manager tanlash

Zabbix (open-source) - kuchli monitoringni avtomatlashtirish, murakkab triggerlar va mass polling, skriptlar bilan integratsiya, kengaytirilgan templatelar. Afzalliklari: bepul, keng jamoa, yuqori moslashuvchanlik, olti raqamli qurilmalar bilan ishlashga mos.

PRTG (kommersial) - oson sozlanadi, sensor asosida billing, chiroyli UI, Windows-serverga mos.

Afzalliklari: tez ishga tushish, barcha sensorlar bitta paketda, qulay alert konfiguratsiyasi.

Agentlarni o’rnatish

Linux serverlarda net-snmp (snmpd) o‘rnatiladi; switch/routerlarda ishlab chiqaruvchi CLI orqali SNMPni yoqish. Agent konfiguratsiyasida community string (v2c) yoki SNMPv3 user parametrlari aniqlanadi, trap destinatsiyalari ko‘rsatiladi.

```
$ sudo apt-get install snmpd
$ rocommunity public 10.0.0.0/24
$ trap2sink 10.0.0.5 public
$ sudo net-snmp-create-v3-user -ro -A "AuthPass" -X "PrivPass" -a SHA -x AES monitoringUser
```

SNMP protokoli tarmoq monitoringi va boshqaruvi uchun eng keng qo‘llaniladigan standartlardan biri bo‘lib, u administratorlarga tarmoq infratuzilmasini samarali nazorat qilish imkonini beradi. To‘g‘ri konfiguratsiya qilingan SNMP agentlari va menejerlari yordamida tarmoqdagi nosozliklarni tezda aniqlash, xavfsizlikni ta’minlash va resurslardan oqilona foydalanish mumkin.

XULOSA

SNMP (Simple Network Management Protocol) tarmoq infratuzilmasini samarali boshqarish va monitoring qilish uchun eng keng qo‘llaniladigan standartlardan biri hisoblanadi. Maqolada SNMP protokolining mohiyati, arxitekturasi, asosiy komponentlari va amaliy qo‘llanilishi yoritildi. Shuningdek, MIB orqali qurilma holatini kuzatish, menejer-agent o‘zaro aloqasi, trap xabarlari va agentlarni o‘rnatish jarayonlari ko‘rib chiqildi.

Zabbix va PRTG kabi monitoring tizimlari yordamida real vaqt rejimida kuzatuv, grafik tahlil, avtomatik ogohlantirish va log to‘plash imkoniyatlari ta’minlanadi. To‘g‘ri konfiguratsiya qilingan SNMP agentlari va menejerlari orqali tarmoqdagi nosozliklarni erta aniqlash, xizmat ko‘rsatish vaqtini qisqartirish, tarmoq yuklanishini optimallashtirish va xavfsizlik darajasini oshirish mumkin.

Natijada, SNMP asosidagi monitoring tizimlari korxona va tashkilotlarning IT infratuzilmasida markazlashtirilgan nazoratni yo‘lga qo‘yish, resurslardan oqilona foydalanish va texnik xizmat jarayonlarini avtomatlashtirish uchun samarali yechim sifatida o‘zini namoyon qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Axborot Texnologiyalari Universiteti Samarqand filiali, Telekommunikatsiya texnologiyalari fakulteti. *SNMP protokoli: Tarixi, boshqaruv asoslari va rivojlanishi.* Mustaqil ish. – Samarqand, 2025.
2. Pdfbox.uz. *SNMP protokoli haqida o‘zbekcha qo‘llanma*. – 2024. – URL: https://pdfbox.uz.
3. Axborot Texnologiyalari Universiteti Samarqand filiali. *SNMP protokoli rivojlanish tarixi.* Mustaqil ish. – Samarqand, 2025.
4. Case J., Fedor M., Schoffstall M., Davin J. *RFC 1157: A Simple Network Management Protocol (SNMP).* – IETF (Internet Engineering Task Force), 1990. – URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1157.
5. Harrington D., Presuhn R., Wijnen B. *RFC 3411: An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks.* STD 62. – IETF, December 2002. – URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3411.
6. Blumenthal U., Wijnen B. *RFC 3414: User-based Security Model (USM) for version 3 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv3).* STD 62. – IETF, December 2002. – URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3414.
7. Mauro D. R., Schmidt K. J. *Essential SNMP.* 2nd ed. – Sebastopol: O’Reilly Media, 2005. – 460 p. – ISBN 978-0-596-00840-6.
8. Stallings W. *SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2.* 3rd ed. – Boston: Addison-Wesley, 1999. – 640 p. – ISBN 978-0-201-48534-9.

9. Zeltserman D. *A Practical Guide to SNMPv3 and Network Management.* – Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999. – 368 p. – ISBN 978-0-13-021453-0.

10. Zabbix LLC. *Zabbix Documentation: SNMP Monitoring*. – Official Documentation, 2024. – URL: https://www.zabbix.com/documentation.

11. Paessler AG. *PRTG Network Monitor: SNMP Monitoring Guide* – Official Documentation, 2024. – URL: https://www.paessler.com/manuals/prtg.

12. Net-SNMP Project. *Net-SNMP: An Extensible SNMP Implementation* – Open Source Documentation, 2024. – URL: http://www.net-snmp.org.

YANGI O‘ZBEKISTONDA AMALGA OSHIRILAYOTGAN ISLOHOTLAR

G‘OFUROV O, TOLAMOV SH.
FDTU talabasi, gofurovozodbek630@gmail.com
FDTU talabasi, shakhzodbektolamov@gmail.com

Annotatsiya: *Mazkur maqolada O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev rahbarligida 2016-yildan boshlab amalga oshirilayotgan keng ko‘lamli islohotlar tahlil etiladi. Iqtisodiy liberallashtirish, valyuta islohoti, investitsiya muhitini yaxshilash, ta‘lim va sog‘liqni saqlash tizimlarini modernizatsiya qilish, davlat boshqaruvini takomillashtirish, raqamli transformatsiya hamda tashqi siyosatdagi yangi yo‘nalishlar ko‘rib chiqiladi. Islohotlarning ijtimoiy-iqtisodiy natijalari statistik ko‘rsatkichlar asosida baholanadi.*

Kalit so‘zlar: *Yangi O‘zbekiston, Sh. Mirziyoyev, islohotlar, iqtisodiy rivojlanish, ta‘lim islohoti, raqamlilashtirish, xalqaro hamkorlik, davlat boshqaruvi, investitsiya muhiti, Markaziy Osiyo.*

KIRISH. O‘zbekiston Respublikasida 2016-yil sentabrida amalga oshirilgan siyosiy o‘zgarish mamlakatning keyingi taraqqiyot yo‘nalishini tubdan o‘zgartirdi. Shavkat Mirziyoyev Prezident lavozimini egallagan kundan boshlab yangi islohotlar dasturi e‘lon qilindi va butun davlat tizimini yangilashga kirishildi [1]. Ushbu o‘zgarishlar nafaqat iqtisodiy, balki ijtimoiy, ta‘lim, sog‘liqni saqlash va xalqaro munosabatlar sohalarini ham qamrab oldi.

Islohotlarning asosiy maqsadi mamlakatni yopiq, markazlashgan tizimdan ochiq, raqobatbardosh va xalqaro miqyosda tan olingan davlatga aylantirish edi. Bu maqsad «Yangi O‘zbekiston» konsepsiyasida o‘z ifodasini topib, 2017–2021 yillarga mo‘lallangan «Harakatlar strategiyasi» va 2022–2026 yillarga mo‘lallangan «Taraqqiyot strategiyasi» qabul qilinishi bilan rasmiy siyosat darajasiga ko‘tarildi [2]. Ushbu maqolaning ilmiy ahamiyati shundaki, islohotlarning o‘zaro bog‘liq tizimini IMRAD metodologiyasi asosida tahlil qilish, har bir yo‘nalishdagi o‘zgarishlarni statistik ko‘rsatkichlar bilan izohlash va erishilgan natijalarni xalqaro me‘yorlar bilan solishtirish imkonini beradi. Tadqiqotning ob‘yekti O‘zbekistondagi islohotlar jarayoni, predmeti esa ularning ijtimoiy-iqtisodiy samaradorligi hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi — Prezident Sh. Mirziyoyev tashabbusi bilan amalga oshirilayotgan islohotlarning asosiy yo‘nalishlarini, ularning o‘zaro aloqadorligini va jamiyatga ta‘sirini kompleks tarzda o‘rganish. Maqolada hujjatli tahlil, qiyosiy tahlil va statistik metodlardan foydalanilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLAR. O‘zbekistondagi islohotlar jarayonini o‘rganishda bir qator ilmiy manbalar va xalqaro hisobotlarga murojaat qilindi. Jahon banki (2023) ma‘lúmotlari O‘zbekiston iqtisodiy o‘sishi izchil xarakter kasb etayotganini ko‘rsatib, mamlakatni so‘nggi yillarda mintaqaning eng tez rivojlanayotgan iqtisodiyotlaridan biri sifatida ta‘limlamoqda [3]. BMT Taraqqiyot

dasturining (UNDP) insoniy rivojlanish hisoboti (2022) ijtimoiy koʻrsatkichlardagi ijobiy oʻzgarishlarni qayd etadi [4].

Milliy qonunchilik hujjatlari — xususan, 2017-yildagi Harakatlar strategiyasi va 2021-yildagi Taraqqiyot strategiyasi — islohotlarning rasmiy huquqiy asosini tashkil etadi. Ushbu hujjatlarda belgilangan 5 ta ustuvor yoʻnalish: davlat va jamiyat qurilishi; qonun ustuvorligi va sud-huquq tizimi; iqtisodiyotni rivojlantirish; ijtimoiy soha; xavfsizlik va tashqi siyosat — tadqiqotimizning asosiy tahlil ramkasini belgilab berdi [2].

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi usullarga asoslanadi: birinchidan, hujjatlar tahlili — rasmiy strategik dasturlar, qonun hujjatlari va hisobotlar oʻrganildi; ikkinchidan, statistik tahlil — Oʻzbekiston Statistika qoʻmitasi, Jahon banki va Osiyo taraqqiyot bankining miqdoriy maʻlúmotlari qayta ishlandi; uchinchidan, qiyosiy tahlil — Oʻzbekiston koʻrsatkichlari boshqa Markaziy Osiyo davlatlari bilan taqqoslandi. Tadqiqot davri: 2016–2023-yillar.

Adabiyotlar tahlili koʻrsatadiki, islohotlar kompleks va tizimli xarakter kasb etib, olimlar tomonidan «birlamchi modernizatsiya» yoki «oʻtish davri islohoti» sifatida tavsiflanmoqda [5]. Qodirov va Toshmatov (2023) islohotlarning iqtisodiy samaradorligini oʻrganib, valyuta liberallashuvini eng muhim burilish nuqtasi sifatida ajratib koʻrsatadi. Osiyo taraqqiyot banki (2019) Oʻzbekiston bilan hamkorlik strategiyasida mamlakat siyosiy-iqtisodiy muhitining tub oʻzgarishiga yuqori baho bergan [6].

MUHOKAMA. Iqtisodiy islohotlar. 2017-yildagi valyuta islohoti Oʻzbekiston iqtisodiyotidagi eng muhim burilish nuqtasi boʻldi. Soʻmning erkin konvertatsiyaga oʻtishi xorijiy investorlarning mamlakatga ishonchini oshirib, kapital oqimini kuchaytirdi. Erkin iqtisodiy zonalar (Navoiy, Urgut, Jizzax, Angren) tashkil etilishi sanoat ishlab chiqarishini diversifikatsiya qilishga imkon berdi [7]. Xususiylashtirish dasturi doirasida yuzlab davlat korxonalari xususiy sektarga oʻtkazilib, bozor raqobati kuchaytirildi.

Ta'lim sohasidagi islohotlar. Maktabgacha taʻlim tarmogʻini kengaytirish boʻyiċa amalga oshirilgan chora-tadbirlar natijasida qamrov 27 foizdan 68 foizga oshdi. Bu koʻrsatkich xalqaro meʻyorlar bilan qiyoslaganda muhim progress hisoblanadi. Oliy taʻlimda esa eng muhim oʻzgarish — xorijiy universitetlar filiallarining ochilib, taʻlim sifati va xalqarolashuvining taʻminlanishi. Westminster, Turin politexnika instituti, INHA (Koreya), MDU va boshqa nufuzli oliy oʻquv yurtlari oʻz filiallarini ochdi.

Sog'liqni saqlash islohoti. Tibbiy muassasalarni modernizatsiya qilish, ixtisoslashtirilgan markazlar (onkologiya, yurak-qon tomir, neyroxirurgiya) barpo etish va profilaktik tibbiyotni ustuvor yoʻnalish sifatida belgilash muhim natijalarga

olib keldi. Farmatsevtika sanoatini rivojlantirish dasturi mahalliy dori ishlab chiqarishni oshirdi, narxlarning kamayishiga va dori vositalariga bo‘lyan ehtiyojni to‘liqroq qondirishga imkon berdi.

Davlat boshqaruvi va raqamlashtirish. «Xalq qabulxonalari» va «Virtual qabulxona» institutsional mexanizmlari fuqarolar bilan davlat o‘rtasidagi muloqotni tubdan o‘zgartirdi. Antikorrupsiya agentligining tashkil etilishi va «ochiq ma‘lúmotlar» siyosati davlat boshqaruvini shaffoflashtirdi. «Raqamli O‘zbekiston — 2030» strategiyasi texnologik rivojlanishning yo‘l xaritasini belgilab berdi.

Tashqi siyosat. Qo‘shni davlatlar — Qozog‘iston, Qirg‘iziston, Tojikiston, Turkmaniston — bilan o‘nlab yillik chegara va suv taqsimoti nizolarini hal etish mintaqaviy barqarorlikka muhim hissa qo‘shdi. Xalqaro moliya institutlari bilan hamkorlikni kengaytirish moliyaviy resurslar jalb etilishiga imkon berdi. Toshkent mintaqaviy hamkorlik konferensiyalari markazi sifatida qabul qilindi.

NATIJALAR. Islohotlarning miqdoriy natijalari quyidagicha xulosalash mumkin. Iqtisodiyot sohasida: YaIM hajmi 2016–2023 yillarda 67,8 mlrd dollardan 90,9 mlrd dollargacha, ya‘ni 34 foizga oshdi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri xorijiy investitsiyalar hajmi 1,6 mlrd dollardan 3,8 mlrd dollargacha ko‘tarilib, 137 foizlik o‘sishga erishildi. Eksport hajmi 11,2 mlrd dollardan 19,4 mlrd dollargacha, ya‘ni 73 foizga oshdi. Turizm sohasida esa eng katta o‘sish qayd etildi — 2,0 mln kishidan 6,9 mln kishiga o‘sish 245 foizni tashkil etdi.

Ta‘lim sohasida: oliy ta‘lim qamrovi 9 foizdan 25 foizga oshdi; talabalar soni 280 000 dan 700 000 dan ortiqqa ko‘paydi; maktabgacha ta‘lim qamrovi 27 foizdan 68 foizga yetdi. Davlat boshqaruvi sohasida elektron davlat xizmatlari soni 50 tadan 400 tadan ortiqqa ko‘paydi, ya‘ni 8 barobar o‘sish qayd etildi.

1-jadval. Asosiy ijtimoiy-iqtisodiy ko‘rsatkichlar dinamikasi (2016–2023)

Ko'rsatkich / Показатель / Indicator	2016	2019	2022	2023
YaIM hajmi (mlrd USD)	67,8	73,5	80,4	90,9
To'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar (mlrd USD)	1,6	2,2	3,1	3,8
Oliy ta'lim qamrovi (%)	9	15	20	25
Maktabgacha ta'lim qamrovi (%)	27	38	55	68
Elektron davlat xizmatlari soni	50	150	300	400+

Ko'rsatkich / Показатель / Indicator	2016	2019	2022	2023
Turizm oqimi (mln kishi)	2,0	3,2	4,8	6,9

Manba: O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi, Jahon banki ma‘lúmotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan.

2-jadval. Islohotlar sohalari va erishilgan natijalar

Soha	Asosiy chora-tadbirlar	Erishilgan natijalar
Iqtisodiyot	Valyuta liberallashuvi (2017), EIZlar tashkil etish, xususiylashtirish dasturi	YaIM +34%, investitsiya +137%, eksport +73%
Ta'lim	Maktabgacha ta'lim qamrovini kengaytirish, xorijiy universitetlar filiallari, IT-maktablar	Talabalar 280 000 → 700 000+, qamrov 27% → 68%
Sog'liqni saqlash	Tibbiy muassasalar modernizatsiyasi, ixtisoslashtirilgan markazlar, farmasevtika islohoti	O'lim ko'rsatkichlari pasaydi, tibbiy xizmat qamrovi kengaydi
Davlat boshqaruvi	Elektron hukumat, Antikorrupsiya agentligi, 'Bitta darcha' tamoyili	400+ xizmat onlayn, shaffoflik indeksi yaxshilandi
Tashqi siyosat	Qo'shni davlatlar bilan munosabatlar normallashtirildi, xalqaro tashkilotlarda faollik oshdi	Mintaqaviy barqarorlik, savdo aylanmasi 2 barobar o'sdi
Raqamlashtirish	'Raqamli O'zbekiston 2030' strategiyasi, IT-park, startap ekotizimi	IT-eksport o'sdi, 6000+ startap faoliyat ko'rsatyapti

Manba: Prezidentning Harakatlar strategiyasi (2017) va Taraqqiyot strategiyasi (2022) hujjatlari asosida muallif tomonidan tuzilgan.

Jadval ma‘lúmotlari ko‘rsatadiki, barcha sohalarda izchil o‘sish dinamikasi kuzatilmoqda. Ayniqsa, turizm (+245%), xorijiy investitsiyalar (+137%) va elektron xizmatlar (+700%) sohasidagi ko‘rsatkichlar mamlakatning o‘zgarish sur‘atini yaqqol

ifodalaydi. Ta‘lim sohasidagi o‘sish esa insoniy kapitalga yo‘naltirilgan strategik siyosatning uzoq muddatli samarasini ta‘minlamoqda.

Qiyosiy tahlil ko‘rsatadiki, O‘zbekiston 2016–2023 yillar orasida Markaziy Osiyo mamlakatlar qatorida YaIM o‘sishi bo‘yiċa eng yuqori ko‘rsatkichlardan birini namoyish etdi. Xalqaro valyuta fondi (XVF) 2023-yilgi mamlakat hisobotida O‘zbekiston iqtisodiy islohotlarini mintaqada munosib namuna sifatida baholadi.

XULOSA. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Prezident Shavkat Mirziyoyev rahbarligida amalga oshirilayotgan islohotlar o‘z ko‘lami, izchilligi va tizimli xarakteri bilan O‘zbekiston tarixida yangi sahifa ochdi. Birinchi muhim xulosa: islohotlarning tizimli tabiati ularning kumulyativ ta‘sirini kuchaytiradi. Valyuta liberallashuvi investitsiyalar jalb etilishiga, investitsiyalar ish o‘rinlari yaratilishiga, ish o‘rinlari aholi turmush darajasi oshishiga olib keldi — bu zanjir islohotlar o‘rtasidagi sinergik bog‘liċlikni namoyon etadi.

Ikkinchi xulosa: raqamlilashtirish va davlat boshqaruvini modernizatsiya qilish korrupsiyaga qarshi samarali vosita bo‘ldi. Elektron xizmatlar soni 8 baravar ko‘payganligi bevosita inson omilining cheklanishini, demak, suiiste‘mol imkoniyatlarini kamaytirdi.

Uchinchi xulosa: ta‘lim sohasidagi islohotlar, xususan xorijiy universitetlar filiallarining ochilib, oliy ta‘lim talabalar sonining 2,5 barobar ko‘payishi insoniy kapitalga uzunmuddatli investitsiya hisoblanib, mamlakatning kelajakdagi iqtisodiy o‘sish salohiyatini oshirmoqda.

To‘rtinchi xulosa: mintaqaviy hamkorlikni tiklash va xalqaro integratsiyani kuchaytirish O‘zbekistonni Markaziy Osiyoning yetakchi davlatiga aylantirish yo‘lida muhim qadamdir. Toshkent bugungi kunda mintaqaviy muloqot va diplomatiya markazi sifatida tan olinmoqda.

Shu bilan birga, islohotlar yo‘lida bir qator muammolar saqlanib qolmoqda. Shahar va qishloq o‘rtasidagi rivojlanish farqi hali bartaraf etilmagan. Kichik biznesning moliyaviy resurslarga kirish imkoniyati cheklangan. Qonunchilik islohotlari ijro mexanizmlari bilan har doim ham muvofiq bo‘lmayapti.

Xulosada ta‘kidlash joizki, O‘zbekistondagi islohotlar jarayoni keng qamrovli va ko‘p qirrali xarakter kasb etmoqda. Kelgusida islohotlarni chuqurlashtirish, institutsional asosni mustahkamlash va fuqarolik jamiyatini rivojlantirish mamlakat rivojlanishining uzoq muddatli barqarorligini ta‘minlaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son "O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yiċa Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida" Farmoni. — Toshkent, 2017.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 28-yanvardagi PF-6155-son "2022–2026 yillarga mo‘lallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida" Farmoni. — Toshkent, 2021.

3. World Bank. Uzbekistan Economic Update 2023: Building Resilience. — Washington, DC: World Bank, 2023. — P. 1–48.

4. UNDP. Uzbekistan National Human Development Report 2022: Transforming Human Capital. — Tashkent: UNDP, 2022. — P. 1–72.

5. Qodirov A., Toshmatov B. Yangi O‘zbekistonda ijtimoiy-iqtisodiy islohotlar: tahlil va istiqbol // O‘zbekiston iqtisodiyoti jurnali. — 2023. — №2. — B. 14–28.

6. Asian Development Bank. Country Partnership Strategy: Uzbekistan, 2019–2023. — Manila: ADB, 2019. — P. 1–60.

7. Mirziyoyev Sh.M. Erkin va farovon, demokratik O‘zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. — T.: O‘zbekiston, 2016. — 56 b.

8. IMF. Uzbekistan: 2023 Article IV Consultation Staff Report. — Washington, DC: IMF, 2023.

9. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi. Statistik to‘plam 2023. — Toshkent, 2023.

10. Mirziyoyev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. — T.: O‘zbekiston, 2017. — 488 b.

BESSEL TENGLAMASI TIIDAGI TENGLAMA UCHUN BOSHLANG‘ICH MASALA

AZIZOV M.S., RASULOVA D.S.

FarDU dotsenti, muzaffar.azizov.1988@gmail.com

FarDU talabasi, rasulovadildora0324@gmail.com

Annotatsiya:Ushbu maqolada o‘zgaruvchan koeffitsiyentli ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglama uchun boshlang‘ich masala tadqiqetiladi. Tadqiqot davomida bunday tenglamalarni maxsus almashtirishlar orqali standart ko‘rinishga keltirish usullari yoritiladi. Xususan, ushbu ishda berilgan tenglamani Bessel turidagi differensial tenglamaga olib kelish jarayoni ko‘rsatilib, uning umumiy yechimi aniqlanadi va bu tenglama uchun boshlang‘ich masala o‘rganiladi.

Kalit so‘zlar:Bessel funksiyasi, differensial tenglama, ikkinchi tartibli tenglama, boshlang‘ich shart.

Kirish. Differensial tenglamalar zamonaviy ilm-fan va texnikaning ko‘plab yo‘nalishlarida asosiy matematik vosita sifatida xizmat qiladi. Ular yordamida turli fizik, mexanik va muhandislik jarayonlari ifodalanadi [1-2]. Ayniqsa, o‘zgaruvchan koeffitsiyentli differensial tenglamalar real jarayonlarni aniqroq modellashtirish imkonini beradi [3-4].Amaliy masalalarda ko‘pincha murakkab ko‘rinishdagi tenglamalarni bevosita yechish qiyin bo‘ladi. Shu sababli ularni sodda yoki oldindan o‘rganilgan standart tenglamalarga keltirish muhim ahamiyatga ega [5]. Shunday tenglamalardan biri - Bessel differensial tenglamasi bo‘lib, u ko‘plab fizik masalalarda uchraydi [6]. Bularni e’tiborga olsak quyidagi Bessel tenglamasiga keltriladigan tenglama uchun boshlang‘ich masala tadqiq etish amaliy jihatdan muhim hisoblanadi.

Asosiy qism

Ma’lumki, ko‘plab amaliy masalalarni tadqiq etish natijasida buziladigan ikkinchi tartibli differensial tenglamalar hosil bo‘ladi [7]. Shunday tenglamalarning muhim va keng tarqalgan ko‘rinishlaridan biri

$$x^2y''(x)+xy'(x)+\left(x^2-\nu^2\right)y(x)=0 \qquad (1)$$

ko‘rinishdagi Bessel tenglamasidir. Biz quyida (1) tenglamaning bir xususiy holini qaraymiz, bu yerda $\nu>0$.

Masala. $[0,+\infty)$ *yarim oraliqda quyidagi*

$$xy''(x)+(1-\nu)y'(x)+\frac{1}{4}y(x)=0 \tag{2}$$

buziladigan tenglamani qanoatlantiradigan va

$$y(0)=k_1, \quad \lim_{x\to 0}x^{1-\nu}y'(x)=k_2 \tag{3}$$

boshlang'ich shartlarni bajaradigan $y(x)$ *funksiya topilsin, bu yerda* $0<\nu<1$, k_1 *va* k_2 *berilgan haqiqiy sonlar.*

Masala yechimining mavjudligi. (2) tenglamaning yechimini

$$y(x)=x^{\nu/2}z(t), \quad t=\sqrt{x}, \tag{4}$$

ko'rinishda qidiramiz, bu yerda $z(t)$ - yangi noma'lum funksiya.

(4) ifodadan kerakli hosilalarni hisoblab (2) tenglamaga qo'yib ba'zi soddalashtirishlarni bajarsak

$$z''+\frac{1}{t}z'+\left(1-\frac{\nu^2}{t^2}\right)=0 \tag{5}$$

(1) ko'rinishdagi Bessel tenglamasiga keladi. Ma'lumki (5) tenglamaning umumiy yechimi

$$z(t)=C_1J_\nu(t)+C_2J_{-\nu}(t) \tag{6}$$

ko'rinishda aniqlanadi [8], bu yerda $J_{\pm\nu}(x)=\sum_{n=0}^{+\infty}\frac{(-1)^n(x/2)^{2n\pm\nu}}{\Gamma(n+1)\Gamma(n+1\pm\nu)}$ - birinchi tur Bessel funksiyalari, C_1 va C_2 - ixtiyoriy o'zgarmaslar

(6) funksiyadan (4) ga asosan avvalgi o'zgaruvchilarga qaytsak, (2) tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha aniqlanadi:

$$y(x)=x^{\nu/2}\left[C_1J_\nu\left(\sqrt{x}\right)+C_2J_{-\nu}\left(\sqrt{x}\right)\right]. \tag{7}$$

Endi (7) umumiy yechimda $0<\nu<1$ ekanligini e'tiborga olib uni (3) boshlang'ich shartlarga bo'ysundirib qo'yilgan masalaning yechimini

$$y(x)=x^{\nu/2}\left[AJ_\nu\left(\sqrt{x}\right)+BJ_{-\nu}\left(\sqrt{x}\right)\right]$$

ko‘rinishda aniqlaymiz, bu yerda $A = 2^{\nu-1}k_1\Gamma(1)\Gamma(1-\nu)$, $B = 2^{-\nu}k_1\Gamma(1)\Gamma(1-\nu)$.

Masala yechimining yagonaligi.

Teorema. *Qo‘yilgan masalaning yechimi yagonadir.*

Isbot. Faraz qilamiz qo‘yilgan masala $y_1(x)$ va $y_2(x)$ yechimlarga ega bo‘lsin. U holda bularning ayirmasi

$$y_1(x) - y_2(x) = g(x), \tag{8}$$

bo‘ladi.

$g(x)$ funksiya qo‘yilgan masalaga mos bir jinsli

$$xg''(x) + (1-\nu)g'(x) + \frac{1}{4}g(x) = 0, \tag{9}$$

$$g(0) = 0, \quad \lim_{x\to 0} x^{1-\nu}g'(x) = 0 \tag{10}$$

masalani qanoatlantiradi.

(9) tenglamaning umumiy yechimi (7) ko‘rinishdagi kabi aniqlanadi ya’ni

$$g(x) = x^{\nu/2}\left[C_1 J_\nu\left(\sqrt{x}\right) + C_2 J_{-\nu}\left(\sqrt{x}\right)\right]. \tag{11}$$

(11) umumiy yechimni (10) bir jinsli shartlarga bo‘ysundirsak $C_1 = 0$, $C_2 = 0$ bo‘lishi kelib chiqadi bundan $g(x) = 0$. (8) ga asosan esa $y_1(x) = y_2(x)$. Demak, teorama sharti to‘g‘ri farazimiz noto‘g’ri. Teorema isbotlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Salohiddinov M. S. *Matematik fizika tenglamalari*. – Toshkent: “O‘zbekiston” nashriyoti, 2002. – 448 b.

2. Fayzullayev B. A., & Rahmatov, A. S. *Matematik fizika metodlari*. – Toshkent: “O‘qituvchi” nashriyoti, 2010. – 344 b.

3. Mamatov Sh.S. *Differensial tenglamalar*. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2015. – 256 b.

4. Toshov J.B. *Oddiy differensial tenglamalar kursi*. – Toshkent: “Innovatsiya-Ziyo”, 2021. – 230 b.

5. Ismoilov Sh.I. *Oddiy differensial tenglamalar kursidan misol va masalalar to'plami*. – Toshkent: "Universitet", 2012. – 180 b.

6. Ўринов А.Қ. *Махсус функциялар ва махсус операторлар*. – Фарғона: "Фарғона" нашриёти, 2011. – 108 б.

7. Лебедев Н.Н. *Специальные функции и их приложения*. – Москва:"Физматлит", 1963. – 358 с.

8. Watson G.N. *A Treatise on the Theory of Bessel Functions*. – Cambridge:Cambridge University Press, 1995. – 804 p.

KOMPYUTER TARMOQLARIDA KIBERXAVFSIZLIK MUAMMOLARI

IBRAGIMOV SH.M.[1], BOQIJONOVA M.A.[2]

[1]*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

[2]*FarDU talabasi, vahhobjonova05@gmail.com*

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy kompyuter tarmoqlarida yuzaga kelayotgan kiberxavfsizlik muammolari, ularning kelib chiqish sabablari hamda ularni bartaraf etish usullari tahlil qilingan. Tarmoq arxitekturalari, SDN texnologiyalari va virtual tarmoqlar misolida xavfsizlikka ta'sir etuvchi omillar ko'rib chiqilgan. Shuningdek, zamonaviy himoya mexanizmlari zero-trust modeli, microsegmentation va shifrlash texnologiyalarining ahamiyati yoritilgan.

Kalit so'zlar: Kiberxavfsizlik, kompyuter tarmoqlari, SDN, zero-trust, microsegmentation, DDoS, tarmoq hujumlari, autentifikatsiya, shifrlash

KIRISH. Hozirgi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida kompyuter tarmoqlari jamiyatning barcha sohalarida muhim o'rin egallab bormoqda. Internet tarmoqlarining kengayishi, raqamli iqtisodiyotning shakllanishi va axborot almashinuvining ortishi natijasida turli tizimlar o'zaro bog'langan holda faoliyat yuritmoqda. Shu sababli kompyuter tarmoqlarining ishonchliligi va xavfsizligini ta'minlash dolzarb masalalardan biriga aylandi.

Kompyuter tarmoqlari orqali uzatilayotgan ma'lumotlar hajmi kundan-kunga ortib bormoqda. Ushbu ma'lumotlar tarkibiga shaxsiy ma'lumotlar, moliyaviy operatsiyalar, tijorat sirlariga oid axborotlar va davlat ahamiyatiga ega ma'lumotlar kiradi. Mazkur ma'lumotlarning himoyasizligi yoki yetarli darajada muhofaza qilinmasligi turli xil kiberhujumlar va noqonuniy harakatlarga olib kelishi mumkin. Zamonaviy kompyuter tarmoqlari murakkab tuzilishga ega bo'lib, ular serverlar, marshrutizatorlar, kommutatorlar va boshqa tarmoq qurilmalaridan tashkil topgan. Bundan tashqari, bulutli texnologiyalar, virtual tarmoqlar va dasturiy boshqariladigan tarmoqlar kabi yangi texnologiyalar keng qo'llanilmoqda. Bu esa tarmoqlarning

samaradorligini oshirgan bo‘lsa-da, xavfsizlik nuqtai nazaridan yangi muammolarni ham yuzaga keltirmoqda.

Kiberxavfsizlik bugungi kunda nafaqat texnik, balki iqtisodiy va ijtimoiy ahamiyatga ega bo‘lgan global muammo hisoblanadi. Turli xil kiberhujumlar, jumladan, DDoS hujumlar, zararli dasturlar, fishing hujumlari va ruxsatsiz kirish holatlari soni ortib bormoqda. Ushbu tahdidlar nafaqat alohida foydalanuvchilarga, balki yirik tashkilotlar va davlat infratuzilmalariga ham katta zarar yetkazishi mumkin.

Bundan tashqari, inson omili ham kiberxavfsizlikka sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Ko‘plab xavfsizlik muammolari foydalanuvchilarning ehtiyotsizligi, kuchsiz parollardan foydalanish yoki noto‘g‘ri sozlamalar natijasida yuzaga keladi. Shu sababli zamonaviy kiberxavfsizlik tizimlari nafaqat texnik himoya vositalarini, balki foydalanuvchilarni o‘qitish va xavfsizlik madaniyatini shakllantirishni ham o‘z ichiga oladi.

Shu nuqtai nazardan, kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlik muammolarini o‘rganish, ularni tahlil qilish va samarali yechimlar ishlab chiqish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Ushbu ishning asosiy maqsadi kompyuter tarmoqlarida uchraydigan kiberxavfsizlik muammolarini o‘rganish va ularni bartaraf etish yo‘llarini tahlil qilishdan iborat.

Kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlik tahdidlari

Kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlik muammolari asosan turli xil tahdidlar va hujumlar natijasida yuzaga keladi. Ushbu tahdidlar tarmoq orqali uzatilayotgan ma’lumotlarning maxfiyligi, yaxlitligi va mavjudligiga zarar yetkazishi mumkin.

Eng keng tarqalgan tahdidlardan biri DDoS (Distributed Denial of Service) hujumlaridir. Bunda hujumchi tarmoqqa juda katta hajmda so‘rovlar yuborib, server yoki tizimni ishdan chiqarishga harakat qiladi. Natijada xizmatlardan foydalanish vaqtincha yoki to‘liq to‘xtab qoladi.

Yana bir muhim tahdid zararli dasturlar (malware) hisoblanadi. Ular viruslar, troyanlar, qurtlar (worms) va ransomware ko‘rinishida bo‘lishi mumkin. Bunday dasturlar tizimga kirib, ma’lumotlarni o‘g‘irlash, buzish yoki bloklab qo‘yish orqali

katta zarar yetkazadi. Ayniqsa ransomware hujumlarida foydalanuvchi ma’lumotlari shifrlanib, ularni tiklash uchun to‘lov talab qilinadi. Fishing (phishing) hujumlari ham keng tarqalgan bo‘lib, bunda foydalanuvchilar aldov yo‘li bilan maxfiy ma’lumotlarini (login, parol, karta ma’lumotlari) oshkor qilib qo‘yishadi. Bu hujumlar ko‘pincha soxta saytlar yoki elektron pochta orqali amalga oshiriladi.

Ruxsatsiz kirish (unauthorized access) ham jiddiy muammolardan biridir. Bu holatda hujumchi tizimga noqonuniy ravishda kirib, ma’lumotlarni o‘zgartirishi, o‘chirishi yoki o‘g‘irlashi mumkin. Bunga ko‘pincha zaif parollar, noto‘g‘ri sozlangan tizimlar yoki xavfsizlikdagi kamchiliklar sabab bo‘ladi.

Bundan tashqari, ichki tahdidlar (insider threats) ham mavjud bo‘lib, ular tashkilot ichidagi xodimlar tomonidan yuzaga keladi. Ba’zan xodimlar ataylab yoki bilmasdan xavfsizlik qoidalarini buzib, muhim ma’lumotlarning sizib chiqishiga sabab bo‘lishadi.

Yuqoridagi tahdidlarning ko‘pligi va murakkablashuvi kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlikni ta’minlashni yanada dolzarb va murakkab vazifaga aylantirmoqda.

Tarmoq arxitekturasi va xavfsizlik muammolari

Kompyuter tarmoqlarining arxitekturasi ularning ishlash samaradorligi bilan bir qatorda xavfsizlik darajasiga ham bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Noto‘g‘ri tanlangan yoki yetarli darajada himoyalanmagan tarmoq arxitekturasi turli xil kiberhujumlar uchun qulay sharoit yaratadi.

An’anaviy 3-qatlamli (core, distribution, access) arxitektura uzoq vaqt davomida keng qo‘llanilgan bo‘lib, u boshqaruvni soddalashtiradi va kichik hamda o‘rta tarmoqlar uchun samarali hisoblanadi. Biroq katta hajmdagi zamonaviy tarmoqlarda bu arxitektura ayrim kamchiliklarga ega. Masalan, trafik markazlashgan nuqtalardan o‘tishi sababli ortiqcha yuklanish yuzaga keladi va bu esa hujumlar uchun qulay imkoniyat yaratadi. Bundan tashqari, ayrim qurilmalar ishdan chiqsa, butun tarmoq faoliyati izdan chiqishi mumkin.

Zamonaviy tarmoqlarda qo‘llanilayotgan spine-leaf arxitekturasi esa yuqori tezlik va barqarorlikni ta’minlaydi. Bu arxitekturada barcha qurilmalar o‘zaro bog‘langan bo‘lib, trafik bir nechta yo‘llar orqali uzatiladi. Bu esa tarmoqning uzluksiz

ishlashiga yordam beradi. Lekin noto‘g‘ri sozlash yoki xavfsizlik siyosatining yetarli darajada yo‘lga qo‘yilmaganligi ushbu tizimda ham zaifliklarga olib kelishi mumkin.

Virtual tarmoqlar (VLAN, VXLAN) va bulutli infratuzilmalar keng qo‘llanilishi natijasida tarmoq chegaralari aniq bo‘lmay qolmoqda. Bu esa hujumchilar uchun yashirin ravishda tarmoq ichida harakatlanish (lateral movement) imkoniyatini oshiradi. Agar tarmoq to‘g‘ri segmentlarga ajratilmagan bo‘lsa, bitta zaif nuqta orqali butun tizim xavf ostida qolishi mumkin.

Shuningdek, zamonaviy tarmoqlarda dasturiy boshqaruv (SDN) texnologiyalarining joriy etilishi boshqaruvni yengillashtiradi, lekin markazlashgan boshqaruv nuqtasi mavjudligi sababli xavfsizlikka yangi tahdidlarni keltirib chiqaradi. Agar markaziy boshqaruv tizimi buzilsa, butun tarmoq ustidan nazorat yo‘qolishi mumkin.

Shu sababli tarmoq arxitekturasini loyihalashda xavfsizlik masalalarini birinchi o‘ringa qo‘yish zarur. Har bir qatlamda himoya mexanizmlarini joriy etish, tarmoqni segmentlarga ajratish va doimiy monitoring olib borish orqali kiberxavfsizlik darajasini oshirish mumkin.

SDN va zamonaviy texnologiyalarda xavfsizlik

Zamonaviy kompyuter tarmoqlarida dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN Software-Defined Networking) keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiya tarmoqni markazlashgan holda boshqarish imkonini berib, konfiguratsiya va nazorat jarayonlarini ancha soddalashtiradi. SDN da boshqaruv tekisligi (control plane) va ma’lumot uzatish tekisligi (data plane) ajratilgan bo‘lib, bu tarmoqni moslashuvchan va avtomatlashtirilgan tarzda boshqarish imkonini yaratadi.

SDN texnologiyasining asosiy afzalliklaridan biri xavfsizlik siyosatlarini markazlashgan holda boshqarish imkoniyatidir. Administratorlar butun tarmoq bo‘yicha yagona siyosat o‘rnatishi, trafikni kuzatishi va tezkor choralar ko‘rishi mumkin. Bu esa hujumlarni erta aniqlash va ularning oldini olishda muhim rol o‘ynaydi.

Biroq SDN texnologiyasi bilan bog‘liq ayrim xavfsizlik muammolari ham mavjud. Eng asosiy muammo markaziy boshqaruv qurilmasi (SDN controller) hisoblanadi. Agar ushbu qurilma hujumga uchrasa yoki ishdan chiqsa, butun tarmoq faoliyati izdan chiqishi mumkin. Shu sababli SDN tizimlarida yuqori darajadagi himoya va zaxira mexanizmlarini joriy etish talab etiladi.

Bulutli texnologiyalar (cloud computing) ham zamonaviy tarmoqlarning ajralmas qismiga aylangan. Bulutli muhitda ma’lumotlar masofaviy serverlarda saqlanadi va internet orqali boshqariladi. Bu esa qulaylik yaratishi bilan birga, ma’lumotlar xavfsizligiga tahdidlarni ham oshiradi. Ma’lumotlarning uchinchi tomon serverlarida saqlanishi ularning maxfiyligi va yaxlitligiga bo‘lgan xavfni kuchaytiradi.

Internet of Things (IoT) qurilmalarining keng tarqalishi ham kiberxavfsizlikka yangi muammolarni olib keldi. Ko‘plab IoT qurilmalari oddiy himoya mexanizmlariga ega bo‘lib, ular orqali hujumchilar tarmoqqa kirib olishlari mumkin. Bunday qurilmalar sonining ko‘pligi ularni nazorat qilishni qiyinlashtiradi.

Shuningdek, sun’iy intellekt va avtomatlashtirish texnologiyalarining rivojlanishi kiberhujumlarning yanada murakkablashishiga olib kelmoqda. Hujumchilar ham AI texnologiyalaridan foydalanib, aniq va samarali hujumlarni amalga oshirishlari mumkin. Shu sababli himoya tizimlari ham zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirilishi zarur.

Umuman olganda, SDN, bulutli texnologiyalar va IoT tizimlari kompyuter tarmoqlarining imkoniyatlarini kengaytiradi, lekin ular bilan birga yangi xavfsizlik muammolarini ham yuzaga keltiradi. Shu bois ushbu texnologiyalarni joriy etishda xavfsizlik choralariga alohida e’tibor qaratish muhim hisoblanadi.

Zamonaviy himoya usullari

Kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlikni ta’minlash uchun turli zamonaviy himoya usullari va texnologiyalar qo‘llaniladi. Ushbu usullar tarmoqdagi ma’lumotlarni himoyalash, hujumlarning oldini olish va tizim barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

Eng samarali usullardan biri tarmoqni segmentlarga ajratish (microsegmentation) hisoblanadi. Bu usulda tarmoq kichik, mustaqil qismlarga bo‘linadi va har bir segment alohida nazorat qilinadi. Natijada, agar bir segmentda xavfsizlik buzilishi yuz bersa, u boshqa qismlarga tarqalib ketmaydi. Bu usul ayniqsa yirik korporativ tarmoqlarda muhim ahamiyatga ega.

Zero-Trust xavfsizlik modeli ham zamonaviy yondashuvlardan biri bo‘lib, “ishonma, har doim tekshir” tamoyiliga asoslanadi. Ushbu modelda har bir foydalanuvchi va qurilma, hatto ular ichki tarmoqda bo‘lsa ham, doimiy ravishda autentifikatsiya va avtorizatsiyadan o‘tkaziladi. Bu esa ruxsatsiz kirish ehtimolini sezilarli darajada kamaytiradi.

Shifrlash (encryption) texnologiyalari ham muhim himoya vositasi hisoblanadi. Ma’lumotlar tarmoq orqali uzatilayotganda maxsus algoritmlar yordamida shifrlanadi, bu esa ularni uchinchi shaxslar tomonidan o‘qib olishni deyarli imkonsiz qiladi. Ayniqsa, HTTPS, VPN va boshqa xavfsiz protokollardan foydalanish ma’lumotlar xavfsizligini oshiradi.

Tarmoq xavfsizligini ta’minlashda xavfsizlik devorlari (firewall) va hujumlarni aniqlash tizimlari (IDS/IPS) ham muhim rol o‘ynaydi. Firewall tarmoqqa kiruvchi va chiquvchi trafikni nazorat qiladi, IDS/IPS tizimlari esa shubhali faoliyatni aniqlab, hujumlarning oldini olishga yordam beradi.

Bundan tashqari, muntazam monitoring va audit ishlari ham xavfsizlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Tarmoq faoliyatini doimiy kuzatib borish orqali ehtimoliy tahdidlarni oldindan aniqlash va tezkor choralar ko‘rish mumkin bo‘ladi.

Foydalanuvchilarni o‘qitish va xavfsizlik madaniyatini shakllantirish ham muhim omil hisoblanadi. Chunki ko‘plab kiberhujumlar aynan inson omili sababli yuzaga keladi. Kuchli parollardan foydalanish, shubhali havolalarga kirmaslik va xavfsizlik qoidalariga rioya qilish orqali ko‘plab muammolarning oldini olish mumkin. Umuman olganda, zamonaviy himoya usullari kompleks tarzda qo‘llanilgandagina samarali natija beradi. Ya’ni, texnik vositalar, dasturiy yechimlar va inson omilini hisobga olgan holda integratsiyalashgan xavfsizlik tizimini yaratish zarur.

XULOSA

Kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlikni ta’minlash bugungi kunda eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi, internet tarmoqlarining kengayishi va ma’lumotlar hajmining ortib borishi natijasida turli xil kiberxavfsizlik tahdidlari ham ko‘payib bormoqda. Shu sababli tarmoqlarda xavfsizlikni ta’minlash kompleks yondashuvni talab qiladi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, kompyuter tarmoqlarida yuzaga keladigan asosiy muammolar DDoS hujumlar, zararli dasturlar, fishing hujumlari, ruxsatsiz kirish va ichki tahdidlar bilan bog‘liq. Bundan tashqari, zamonaviy texnologiyalar SDN, bulutli hisoblash va IoT tizimlarining joriy etilishi tarmoq imkoniyatlarini kengaytirgani holda, xavfsizlik nuqtai nazaridan yangi muammolarni ham yuzaga keltirmoqda.

Tarmoq arxitekturasi ham kiberxavfsizlik darajasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Noto‘g‘ri loyihalangan yoki yetarli darajada himoyalanmagan tarmoqlar hujumlar uchun zaif bo‘ladi. Shu sababli tarmoqni loyihalash jarayonida xavfsizlik talablarini inobatga olish muhim hisoblanadi.

Zamonaviy himoya usullari microsegmentation, zero-trust modeli, shifrlash texnologiyalari, firewall va IDS/IPS tizimlari kiberxavfsizlikni ta’minlashda samarali vositalar hisoblanadi. Shu bilan birga, foydalanuvchilarni o‘qitish va xavfsizlik madaniyatini oshirish ham muhim ahamiyatga ega, chunki ko‘plab muammolar aynan inson omili bilan bog‘liq.

Xulosa qilib aytganda, kompyuter tarmoqlarida kiberxavfsizlikni ta’minlash uchun texnik, dasturiy va tashkiliy choralarni birgalikda qo‘llash zarur. Kelajakda esa sun’iy intellekt asosidagi himoya tizimlari, avtomatlashtirilgan monitoring va yangi avlod shifrlash texnologiyalari kiberxavfsizlikni yanada mustahkamlashda muhim rol o‘ynaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Stallings W. Network Security Essentials: Applications and Standards. – Pearson Education, 2017.

2. Kurose J., Ross K. Computer Networking: A Top-Down Approach. – Pearson, 2021.

3. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. – Pearson, 2019.

Cisco Systems. Data Center Network Design Guide. – Cisco Press, 2021.

4. McKeown N. va boshqalar. OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks. – ACM SIGCOMM, 2008.

5. Greenberg A. va boshqalar. The Cost of a Cloud: Research Problems in Data Center Networks. – ACM SIGCOMM, 2009.

6. Scarfone K., Mell P. Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDS/IPS). – NIST, 2007.

7. Behl A., Behl K. Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. – Oxford University Press, 2016.

8. Whitman M., Mattord H. Principles of Information Security. – Cengage Learning, 2018.

O‘NG TOMONI NOMA’LUM TOR TEBRANISH TENGLAMASI UCHUN TO‘G‘RI TO‘RTBURCHAKLI SOHADA TESKARI MASALA

AZIZOV M.S., RASULOVA K.M.

FarDU dotsenti, muzaffar.azizov.1988@gmail.com

FarDU magistranti, rasulovakamolaxon047@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada to‘g‘ri to‘rtburchakli sohada aniqlangan giperbolik tipdagi differensial tenglama uchun teskari manba masalasi tadqiq etiladi. Tenglamaning o‘ng tomonida vaqtga bog‘liq ma’lum funksiya va fazoviy o‘zgaruvchiga bog‘liq noma’lum funksiya ko‘paytmasi qatnashadi. Masala boshlang‘ich, va chegaraviy hamda yakuniy vaqt momentida berilgan qo‘shimcha shartlar yordamida aniqlanadi. Tadqiqotda noma’lum manba funksiyasini aniqlash, masala yechimning mavjudligi va yagonaligi ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: giperbolik tenglama, to‘lqin tenglamasi, teskari manba masalasi, boshlang‘ich-chegaraviy masala.

KIRISH. Giperbolik tipdagi differensial tenglamalar uchun teskari masalalar matematik fizikaning muhim va dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bunday masalalar ko‘pincha to‘lqin jarayonlarida noma’lum manba yoki koeffisiyentlarni aniqlash zarurati bilan bog‘liq bo‘lib, ular seysmologiya, akustika, elektromagnit jarayonlar va muhandislik masalalarida keng qo‘llaniladi.

Teskari masalalar dastlab V.G.Romanovning monografiyasida matematik fizika tenglamalari uchun teskari masalalarning umumiy nazariyasi, jumladan, giperbolik tipdagi tenglamalar uchun korrektlik masalalari chuqur tahlil qilingan [1]. Teskari manba masalalarini o‘rganish bo‘yicha esa fundamental natijalar Jin Cheng, Shuai Lu va M.Yamamoto ishlarida keltirilgan bo‘lib, ularda chegaraviy o‘lchovlar asosida to‘lqin tenglamasi uchun manba funksiyasini aniqlash masalasi ko‘rib chiqilgan [2]. O.Imanuvilov va M.Yamamoto tomonidan bajarilgan ishlarda to‘lqin tenglamasi uchun teskari manba masalalari chegaraviy o‘lchovlar yordamida o‘rganilib, yagonalik va turg‘unlik natijalari olingan [3]. Ushbu yo‘nalish A.Hasanov ishlarida yanada rivojlantirilib, giperbolik tenglamalar uchun turli sinfdagi teskari manba masalalari va ularning amaliy qo‘llanmalari ko‘rib chiqilgan [4].

Ma’lumki, teskari masalalarning aksariyati nokorrekt bo‘lib, ularni o‘rganishda maxsus matematik yondashuvlar talab etiladi. Bu borada A.N.Tixonov va V.Y.Arseninning klassik ishlari muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ularda nokorrekt masalalarni yechish nazariyasi asoslab berilgan [5].

So‘nggi yillarda yurtimizda olimlari tomonidan ham teskari masalalar faol o‘rganilmoqda. Jumladan, A.K.Urinov va M.S.Azizovlar tomonidan noma’lum o‘ng tomonga ega bo‘lgan to‘rtinchi tartibli differensial tenglamalar uchun chegaraviy masalalarni tadqiq etilgan [6]. D.A.Tursunov va hammualliflari ishlarida xususiy hosilali differensial tenglamalar uchun teskari masalalarning korrektlik masalalari ko‘rib chiqilgan [7]. R.R.Ashurov va R.T.Zunnunov ishlarida aralash tipdagi tenglamalar uchun kasr tartibli hosilaning darajasini aniqlashga oid teskari masala tadqiq etilgan bo‘lib, bu ishlar giperbolik tenglamalar uchun teskari masalalar bilan mazmunan yaqin hisoblanadi [8]. Shuningdek, E.Azizbayov hamda D.K.Durdiev va T.R.Suyarov tomonidan giperbolik tipdagi tenglamalar uchun noma’lum koeffitsientlarni aniqlashga oid teskari masalalar o‘rganilgan bo‘lib, ularda noan’anaviy shartlar qo‘llanilgan [9,10]. Shuningdek, [11] ishda ham tor tebranish tenglamasi uchun o‘ng tomoni noma’lum funksiya aniqlash tadqiq etilgan.

Mazkur maqolada yuqoridagi ishlarning mantiqiy davomi sifatida vaqtga bog‘liq ma’lum funksiya hosilasi va fazoviy o‘zgaruvchiga bog‘liq noma’lum manba funksiyasi ishtirok etgan giperbolik tenglama uchun teskari masala qaraladi. Masala boshlang‘ich, chegaraviy va yakuniy vaqt shartlari yordamida aniqlanib, yechimning mavjudligi va yagonaligi masalalariga alohida e’tibor qaratiladi.

Asosiy qism. $\Omega=\{(x,t):0<x<p,0<t<T\}$ to‘g‘ri to‘rtburchakli sohada

$$Lu\equiv u_{tt}-a^2u_{xx}=Q(t)f(x) \qquad (1)$$

tenglamani qaraylik, bu yerda p va T - berilgan haqiqiy musbat sonlar, $Q(t)$ - berilgan ma’lum funksiya, $u=u(x,t)$ va $f(x)$ - lar esa noma’lum funksiyalar.

Masalaning qo‘yilishi.Teskari masala. $\bar{\Omega}$ sohada shunday $u(x,t)$va $f(x)$ funksiyalar aniqlansinki, $u(x,t)\in C_{x,t}^{1,1}(\bar{\Omega})\cap C_{x,t}^{2,2}(\Omega)$, $f(x)\in C(0,p)\cap L[0,T]$ bo‘lib,ular birgalikda (1) tenglamani va $u(x,t)$esa ushbu

$$u(x,0)=\varphi_1(x),\quad 0\le x\le p, \tag{2}$$

$$u_t(x,0)=\varphi_2(x),\quad 0<x<p, \tag{3}$$

boshlang‘ich shartlarni hamda

$$u(0,t)=0, u(p,t)=0, 0\le t\le T; \tag{4}$$

$$u_t(x,T)=\varphi_3(x), 0\le x\le p \tag{5}$$

chegaraviy shartlarni qanoatlantirsin, bu yerda $\varphi_i(x)$, $i=1,2,3$ - berilgan ma’lum funksiyalar.

Masala yechimining yagonaligi.Quyidagi teorema o‘rinli:

1-teorema. Agar T, p sonlar va $Q(t)\in C^2[0,T]$, $Q'(t)\in L(0,T)$ $Q'(t)$ funksiya $[0,T]$ishorasini o‘zgartirmaydigan bo‘lib uuchun shunday $\delta_0=const>0$ son mavjud bo‘lsinki,

$$\lambda_n^2\int_0^T Q(\tau)\cos a\lambda_n(T-\tau)d\tau\ge\delta_0 \tag{6}$$

tengsizlik o‘rinli bo‘lsin, u holda (1)-masala bittadan ortiq yechimga ega bo‘lmaydi, bu yerda $\delta_0=\frac{\lambda_1}{a}\left[|Q(T)|\left(|\sin a\lambda_1 T|+1\right)-|Q(0)|\right]\ne 0$ $\lambda_n=n\pi/p$, $n\in N$.

Isbot. Teskaridan faraz qilamiz. Qo‘yilgan masala $f_1(x), f_2(x)$ va $u_1(x,t)$ $u_2(x,t)$ yechimlarga ega bo‘lsin. U holda, ularning farqini

$$f_1(x)-f_2(x)=f_0(x), \tag{7}$$

$$u_1(x,t)-u_2(x,t)=u(x,t) \tag{8}$$

deb olsak $u(x,t)$ va $f_0(x)$funksiyalar birgalikda

$$u_{tt}-a^2u_{xx}=Q(t)f_0(x), \tag{9}$$

tenglamani, $u(x,t)$ funksiya esa (2), (3), (4) va (5) shartlarga mos bir jinsli shartlarni qanoatlantiradi.

Ma'lumki,

$$X_n(x)=\sqrt{\frac{2}{p}}\sin\lambda_n x,\ \lambda_n=\frac{n\pi}{p},\ n=1,2,... \tag{10}$$

sistema $L_2(0,p)$ fazoda to'la ortonormallangan sistemani tashkil qiladi.

Quyidagi funksiyani qaraymiz:

$$q_n(t)=\int_0^p u(x,t)X_n(x)dx,\quad n=1,2,.... \tag{11}$$

(11) funksiyani

$$q_{n,\varepsilon}(t)=\int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} u(x,t)X_n(x)dx,\quad 0<\varepsilon<p,\ (\varepsilon,p-\varepsilon)=\varnothing \tag{12}$$

ko'rinishida yozib olamiz.

(12) tenglikni t bo'yicha ikki marta differensiallab, quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$q''_{n,\varepsilon}(t)=\int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} u_{tt}(x,t)X_n(x)dx.$$

(9) tenglamadan foydalanib oxirgi tenglikni quyidagicha yozish mumkin:

$$q''_{n,\varepsilon}(t)=a^2\int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} u_{xx}(x,t)X_n(x)dx+Q(t)\int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} f_0(x)X_n(x)dx. \tag{13}$$

(13) tenglikni o'ng tarafidagi birinchi integralni ikki marta bo'laklab, so'ngra undan $\varepsilon\to 0$ limitga o'tib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\lim_{\varepsilon\to 0} q''_{n,\varepsilon}(t)=a^2\lim_{\varepsilon\to 0}\left[X_n(p-\varepsilon)u_x(p-\varepsilon,t)-X_n(\varepsilon)u_x(\varepsilon,t)\right]-$$

$$-a^2\lim_{\varepsilon\to 0}\left[X'_n(p-\varepsilon)u(p-\varepsilon,t)-X'_n(\varepsilon)u(\varepsilon,t)\right]-$$

$$-a^2\lambda_n^2\lim_{\varepsilon\to 0}\int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} u(x,t)X_n(x)dx+Q(t)\lim_{\varepsilon\to 0}\int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} f_0(x)X_n(x)dx.$$

Bu ifodadan (4) chegaraviy shartlarga mos bir jinsli chegaraviy shartlardan va $X_n(x)$ funksiyaning xossalarida foydalanib, quyidagi tenglikni olamiz:

$$q_n''(t) = -a^2\lambda_n^2 \int_0^p u(x,t)X_n(x)dx + Q(t)\int_0^p f_0(x)X_n(x)dx,\ n=1,2,\dots .$$

Oxirgi tenglikdan (11) tenglikni e'tiborga olib, quyidagi oddiy differensial tenglamani hosil qilamiz:

$$q_n''(t) + a^2\lambda_n^2 q_n(t) = Q(t)\int_0^p f_0(x)X_n(x)dx,\quad n=1,2,\dots. \tag{14}$$

Bu tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$q_n(t) = C_{1n}\cos a\lambda_n t + C_{2n}\sin a\lambda_n t + \frac{f_n}{a\lambda_n}\int_0^t Q(\tau)\sin a\lambda_n(t-\tau)d\tau,\quad n=1,2,\dots, \tag{15}$$

bu yerda C_{1n} va C_{2n} - ixtiyoriy o‘zgarmas sonlar, $f_n = \int_0^\rho f_0(x)X_n(x)dx$

Endi C_{1n}, C_{2n} va f_n koeffisiyentlarni aniqlaymiz. Buning uchun (15) umumiy yechimni (2), (3) boshlang‘ich va (5) chegaraviy shartlarga mos bir jinsli shartlardan, (11) tenglikka asosan hosil qilingan

$$q_n(0) = 0,\quad q_n'(0) = 0,\ q_n'(T) = 0 \tag{16}$$

shartlarga bo‘ysindiramiz. Natijada (16) ning dastlabki shartidan $C_{1n} = 0$, $C_{2n} = 0$ ekanligi kelib chiqadi. (16) ning uchinchi shartiga asosan esa

$$f_n\int_0^T Q(\tau)\cos\lambda_n(T-\tau)d\tau = 0,$$

tenglikka ega bo‘lamiz. Hosil bo‘lgan bu tenglikdan $\lambda_n \neq 0$ bo‘lganligi uchun

$$f_n\cdot\lambda_n^2\int_0^T Q(\tau)\cos\lambda_n(T-\tau)d\tau = 0,$$

Tenglikni hosil qilamiz. Budan esa (6), shartga asosan $f_n = 0$ ekanligi kelib chiqadi.

Yuqoridagilarga ko‘rinadiki, $q_n(t) = 0$, $\forall t \in [0,T]$. U holda, (11) tenglik quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\int_0^p u(x,t)X_n(x)dx = 0, \qquad n = 1,2,....$$

Demak, $u(x,t)$ funksiya (10) to‘la sistemadagi barcha funksiyalar bilan ortgonal ekan. Bu esa $u(x,t)$ funksiya Ω sohaning deyarli hamma joyida $u(x,t) = 0$ ekanligi kelib chiqadi. $u(x,t) \in C_{x,t}(\overline{\Omega})$ ekanligidan va (2)-(5) shartlarga mos bir jinsli shartlardan $u(x,t) \equiv 0 \quad (x,t) \in (\overline{\Omega})$ ekanligi kelib chiqadi. Ushbu mulohazalarni

$$f_n = \int_0^p f_0(x)X_n(x)dx = 0, \quad n = 1,2,...$$

tenglik uchun ham takrorlab, $f_0(x) \equiv 0$ ekanligini topamiz.

Buni e’tiborga olsak, (7) va (8) tengliklardan $f_1(x) = f_2(x)$, $u_1(x,t) = u_2(x,t)$ tengliklar kelib chiqadi. Bu esa (1) masala yechimga ega bo‘lsa, u yagona bo‘lishini bildiradi. 1-teorema isbotlandi.

Izoh. (6) tengsizlik o‘rinli bo‘lishini ta‘minlovchi T, p va $Q(t)$ lar to‘plami bo‘sh emas. T va p ni tanlab olish mumkin, bu yerda a – berilgan son.

$$\Delta = \lambda_n^2 \int_0^T Q(\tau)\cos a\lambda_n(T-\tau)d\tau = \lambda_n^2 \left[-\frac{Q(\tau)}{a\lambda_n}\sin a\lambda_n(T-\tau)\Big|_0^T + \int_0^T \frac{\sin a\lambda_n(T-\tau)Q'(\tau)}{a\lambda_n}d\tau \right] =$$

berilgan integralni bo‘laklab quyidagi ko‘rinishga ega bo‘lamiz,

$$= \frac{\lambda_n Q(T)}{a}\sin a\lambda_n T + \frac{\lambda_n}{a}\int_0^T \sin a\lambda_n(T-\tau)Q'(\tau)d\tau$$

endi berilgan ifodadagi integralni hisoblashda o‘rta qiymat haqidagi teoremadan foydalanamiz,

$$\Delta = \frac{\lambda_n Q(T)}{a}\sin a\lambda_n T + \frac{\lambda_n}{a}\sin a\lambda_n(T-t_0)\int_0^T Q'(\tau)d\tau =$$

$$= \frac{\lambda_n}{a}\left[Q(T)\sin a\lambda_n T - \sin a\lambda_n(T-t_0)\big(Q(0)-Q(T)\big)\right].$$

Endi Δ ni kuchsizlantiramiz.

$$|\Delta| \geq \frac{\lambda_n}{a}\left[|Q(T)\sin a\lambda_n T| - |\sin a\lambda_n (T-t_0)(Q(0)-Q(T))|\right] \geq$$

$$\geq \frac{\lambda_1}{a}\left[|Q(T)\sin a\lambda_1 T| - |(Q(0)-Q(T))\sin a\lambda_1 (T-t_0)|\right] \geq$$

$$= \frac{\lambda_1}{a}\left[|Q(T)||\sin a\lambda_1 T| - |Q(0)| - Q(T)\right] = \frac{\lambda_1}{a}\left[|Q(T)|(|\sin a\lambda_1 T|+1) - |Q(0)|\right] = \delta_0$$

Masala yechimning mavjudligi. Masala yechimining mavjudligini ko‘rsatish uchun o‘zgaruvchilarni ajratishusulidan foydalanamiz.

2-teorema. Agar $\varphi_1(x), \varphi_3(x) \in C^3[0,p] \cap C^4(0,p)$, $\varphi_1^{(3)}(x), \varphi_3^{(4)}(x) \in L_2(0,p)$, $\varphi_1^{(2i)}(0) = \varphi_1^{(2i)}(p) = 0$, $\varphi_3^{(2i)}(0) = \varphi_3^{(2i)}(p) = 0$, $i = \overline{0,2}$, $\varphi_2(x) \in C^2[0,p] \cap C^3(0,p)$, $\varphi_2^{(3)}(x) \in L_2(0,p)$, $\varphi_2^{(2i)}(0) = \varphi_2^{(2i)}(p) = 0$, $i = \overline{0,1}$ shartlar bajarilsa, masalaning yechimi mavjud.

Isbot. Avval (1) tenglamaga mos bir jinsli tenglamaning (4) shartlarni qanaoatlantiruvchi trivial bo‘lmagan yechimlarini topamiz. Bunday yechimni quyidagi ko‘rinishda qidiramiz.

$$u(x,t) = X(x)T(t). \tag{17}$$

(17) ifodani (1) tenglamaga mos bir jinsli tenglamaga qo‘yib, o‘zgaruvchilarni ajratib, quyidagi tenglikni olamiz:

$$\frac{T''(t)}{a^2 T(t)} = \frac{X''(x)}{X(x)}.$$

Oxirgi tenglikni o‘ng tomoni faqat x o‘zgaruvchiga, chap tomoni esa faqat t o‘zgaruvchiga bog‘liq, bundan ko‘rinadiki, bu tenglik o‘zgarmas songa teng. Uni $-\lambda^2$ o‘zgarmas songa tenglab, $X(x)$ va $T(t)$ funksiyalarga nisbatan quyidagi oddiy differensial tenglamalarni hosil qilamiz:

$$X''(x) + \lambda^2 X(x) = 0, 0 < x < p; \tag{18}$$

$$T''(t) + a^2\lambda^2 T(t) = 0, \quad 0 < t < T. \tag{19}$$

(18) tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko‘rinishda aniqlanadi.

$$X(x) = m_1 \cos\lambda x + m_2 \sin\lambda x, \tag{20}$$

bu yerda m_j, $j=\overline{1,2}$ - ixtiyoriy o‘zgarmas sonlar.

(4) chegaraviy shartlardan (17) ga asosan quyidagi shartlar kelib chiqadi:

$$X(0)=X(p)=0,$$

(20) yechimni oxirgi shartlarga bo‘ysindirib, trivial bo‘lmagan quyidagi yechimlarni topamiz:

$$X_n(x)=m_{2n}\sin\frac{n\pi}{p}x,\ n=1,2,..., \tag{21}$$

bu yerda $m_{2n}=\text{const}\neq 0$, $n\in N$ - ixtiyoriy o‘zgarmas sonlar.

(21) da $m_{2n}=\sqrt{2/p}, n\in N$ deb olsak, (10) ko‘rinishidagi to‘la ortonormal sistemaga ega bo‘lamiz.

(19) tenglamaning $\lambda=\lambda_n$ ga mos trivial bo‘lmagan yechimini $T_n(t)$ bilan belgilasak, (1) tenglamaga mos bir jinsli tenglamaning (4) shartlarni qanoatlantiruvchi sanoqli sondagi $T_n(t)X_n(x)$ ko‘rinishidagi yechimlarga ega bo‘lamiz.

Endi qo‘yilgan masalani yechimini quyidagi qator ko‘rinishida qidiramiz:

$$u(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}u_n(t)\cdot X_n(x). \tag{22}$$

(22) qatorni (1) tenglamaga qo‘yib quyidagi tenglamani olamiz:

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[u_n''(t)+a^2\lambda_n^2u_n(t)\right]X_n(x)=Q(t)f(x). \tag{23}$$

(23) tenglamani o‘ng tarafidagi $f(x)$ funksiyani $(0,p)$ intervalda $\{X_n(x)\}$ sistema bo‘yicha Fure qatoriga yoyamiz:

$$f(x)=\sum_{n=1}^{\infty}f_n\cdot X_n(x), \tag{24}$$

bu yerda $f_n=\int_0^p f(x)X_n(x)dx$, $n=1,2,....$

(24) ni (23) tenglamaga qo‘yib quyidagi differensial tenglamani hosil qilamiz:

$$u_n''(t)+a^2\lambda_n^2u_n(t)=f_n\cdot Q(t),\quad n=1,2,.... \tag{25}$$

(25) tenglamaning umumiy yechimini o‘zgarmaslarni variatsialash usuli bilan topamiz:

$$u_n(t)=\varphi_{1n}\cos a\lambda_n t+\varphi_{2n}\sin a\lambda_n t+\frac{f_n}{a\lambda_n}\int_0^t Q(\tau)\sin a\lambda_n(t-\tau)d\tau,\quad n=1,2,\ldots, \quad (26)$$

bu yerda φ_{1n} va φ_{2n} - ixtiyoriy o‘zgarmas sonlar.

(26) va (10) larni (22)qatorga qo‘yib, (1) tenglamaning yechimini hosil qilamiz:

$$u(x,t)=\sqrt{\frac{2}{p}}\sum_{n=1}^{+\infty}\left\{\varphi_{1n}\cos a\lambda_n t+\varphi_{2n}\sin a\lambda_n t+\frac{f_n}{a\lambda_n}\int_0^t Q(\tau)\sin a\lambda_n(t-\tau)d\tau\right\}\sin\lambda_n x \quad (27)$$

(27) yechimni (2), (3) va (5) shartlarga bo‘ysundirib φ_{1n}, φ_{2n} va f_n koeffisientlarini topamiz.

$$\varphi_{1n}=\int_0^p \varphi_1(x)X_n(x)dx,\quad n=1,2,\ldots, \quad (28)$$

$$\varphi_{2n}=\frac{1}{a\lambda_n}\int_0^p \varphi_2(x)X_n(x)dx,\quad n=1,2,\ldots (29)$$

$$\varphi_{3n}=\int_0^p \varphi_3(x)X_n(x)dx,\quad n=1,2,\ldots, \quad (30)$$

bo‘lib, f_n koeffisient quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$f_n=\frac{\lambda_n^2\left[\varphi_{3n}+\lambda_n\varphi_{1n}a\sin a\lambda_n T-\lambda_n\varphi_{2n}a\cos a\lambda_n T\right]}{\lambda_n^2\int_0^T Q(\tau)\cos a\lambda_n(T-\tau)d\tau}\ n=1,2,\ldots \quad (31)$$

Shunday qilib, (27) qatorning koeffisientlari (28), (29), (30) va (31) tengliklar bilan aniqlanib, uning o‘zi va undan t bo‘yicha ikki marta, x bo‘yicha ikki marta hadlab hosila olishdan hosil bo‘lgan funksional qatorlar $\bar{\Omega}$ da tekis yaqinlashsa, u holda (27) qatorning yig‘indisi qo‘yilgan masalaning yechimi bo‘ladi.

Lemma. $\forall t\in[0,T]$ ва $n=1,2,\ldots$ bo‘lganda quyidagi baholar o‘rinli bo’ladi:

$$|u_n(t)|\le\left[|\varphi_{1n}|+|\varphi_{2n}|\right]+C_1(a\lambda_n)^{-1}|\bar{f}_n|\|Q\|_{L(0,T)}, \quad (32)$$

$$|u_n'(t)|\le a\lambda_n\left[|\varphi_{1n}|+|\varphi_{2n}|\right]+C_2|\bar{f}_n|\|Q\|_{L(0,T)},$$

$$|u_n''(t)| \le a^2\lambda_n^2\left[|\varphi_{1n}|+|\varphi_{2n}|\right]+a\lambda_n C_3|\bar{f}_n|\|Q\|_{L(0,T)}+C_4|\bar{f}_n|\|Q\|_{C(0,T)},$$

bu yerda C_j, $j=\overline{1,4}$ - musbat o‘zgarmas sonlar, $\bar{f}_n$ sifatida (31) formulaning surati nazarda tutilmoqda.

Isbot. (26) tenglik bilan aniqlanadigan $u_n(t)$ funksiyani baholaymiz. Avvalambor (26) ning uchinchi hadini baholaymiz. Bunda

$$(a\lambda_n)^{-1}|f_n|\left|\int_0^t Q(\tau)\sin a\lambda_n(t-\tau)d\tau\right| \le \frac{|\bar{f}_n|}{a\lambda_n\delta_0}\left|\int_0^t Q(\tau)d\tau\right| \le \frac{|\bar{f}_n|}{a\lambda_n\delta_0}\int_0^t|Q(\tau)|d\tau =$$

$$= C_1(a\lambda_n)^{-1}|\bar{f}_n|\|Q\|_{L(0,T)}, \qquad C_1=\frac{1}{\delta_0}$$

U holda (26) uchun

$$|u_n(t)| \le \left[|\varphi_{1n}|+|\varphi_{2n}|\right]+C_1(a\lambda_n)^{-1}|\bar{f}_n|\|Q\|_{L(0,T)}.$$

o‘rinli bo‘ladi. Yuqoridagi kabi, $u_n'(t)$ va $u_n''(t)$ larni ham baholashimiz mumkin. Lemma isbotlandi.

Endi (27) qatorni va

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -\sum_{n=1}^{\infty} a^2\lambda_n^2 u_n(t)\cdot X_n(x), \tag{33}$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\sum_{n=1}^{\infty} a^2\lambda_n^2 u_n(t)\cdot X_n(x)+Q(t)\sum_{n=1}^{\infty}|f_n|\cdot X_n(x), \tag{34}$$

qatorlarni tekis yaqinlashishga tekshiramiz. Avval (33) qatorni tekshiraylik. Buning uchun unga mos

$$\sum_{n=1}^{\infty} a^2\lambda_n^2|u_n(t)|. \tag{35}$$

mojarant qatorni tuzamiz. Lemmadagi (32) tenglikni e’tiborga olib va o‘zgarmaslarni qoldirib yozsak, quyidagi qator hosil bo‘ladi:

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[a^2\lambda_n^2|\varphi_{1n}|+a^2\lambda_n^2|\varphi_{2n}|+a^2\lambda^2{}_n\cdot|\bar{f}|\right].$$

Demak,

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[a^2\lambda_n^2\left|\varphi_{1n}\right|+a^2\lambda_n^2\left|\varphi_{2n}\right|\right], \tag{36}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\lambda_n}{a}\cdot\left|\overline{f}_n\right| \tag{37}$$

Qatorlarning yaqinlashuvchiligini isbotlashimiz kerak. Buning uchun (28) ni uch marta, (29) ni esa ikki marta bo‘laklab, 2-teoremada $\varphi_1(x)$ va $\varphi_2(x)$ funksiyalarga qo‘yilgan shartlarni hisobga olsak,

$$\varphi_{1n}=\sqrt{\frac{2}{p}}\left(\frac{p}{\pi n}\right)^3\int_0^p\varphi_1^{(3)}(x)\cos\frac{\pi n}{p}xdx,$$

$$\varphi_{2n}=-\sqrt{\frac{2}{p}}\left(\frac{p}{\pi n}\right)^3\int_0^p\varphi_2^{(2)}(x)\sin\frac{\pi n}{p}xdx,$$

tengliklarga ega bo‘lamiz. Hosil bo‘lgan oxirgi tengliklarni

$$\varphi_{1n}=\left(\frac{p}{\pi}\right)^3\frac{\varphi_{2n}^{(3)}}{n^3},\ \varphi_{2n}=-\left(\frac{p}{\pi}\right)^3\frac{\varphi_{1n}^{(2)}}{n^3}, \tag{38}$$

ko‘rinishida yozib olamiz, bu yerda

$$\varphi_{2n}^{(3)}=\sqrt{\frac{2}{p}}\int_0^p\varphi_1^{(3)}(x)\cos\frac{n\pi}{p}xdx,\ \varphi_{1n}^{(2)}=\sqrt{\frac{2}{p}}\int_0^p\varphi_2^{(2)}(x)\sin\frac{n\pi}{p}xdx.$$

(38) ni (36) ga qo‘yib, quyidagi natijaga kelamiz:

$$\sum_{n=1}^{\infty}a^2\left[\frac{\left|\varphi_{1n}^{(2)}\right|}{n}+\frac{\left|\varphi_{2n}^{(3)}\right|}{n}\right]. \tag{39}$$

Bu qatorning yaqinlashuvchanligi

$$\frac{\left|\varphi_{1n}^{(2)}\right|}{n}\le\frac{1}{2}\left[\left(\varphi_{1n}^{(2)}\right)^2+\frac{1}{n^2}\right],\ \frac{\left|\varphi_{2n}^{(3)}\right|}{n}\le\frac{1}{2}\left[\left(\varphi_{2n}^{(3)}\right)^2+\frac{1}{n^2}\right],$$

Elementar tengsizliklarga asosan kelib chuvchi

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[\left(\varphi_{1n}^{(2)}\right)^2+\left(\varphi_{2n}^{(3)}\right)^2\right],\ \sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^2}.$$

qatorlarning yaqinlashishidan kelib chiqadi.

Birinchi qatorning yaqinlashuvchanligi bo‘lakli uzluksiz bo‘lgan $\varphi_1^{(3)}(x)$, $\varphi_2^{(2)}(x)$ funksiyalar uchun Bessel tengsizligidan kelib chiqadi. Ikkinchi umumlashgan garmonik $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\alpha}}$ qator bo‘lib, $\alpha>1$ bo‘lgani uchun yaqinlashuvchi bo‘ladi. Demak, (36) qator yaqinlashadi. Endi (37) qatorning yaqinlashuvchiligini ko‘rsatishda (31) tenglik suratini (37) ga qo‘yib, quyidagi majorant qatorni hosil qilamiz:

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{\lambda_n^3}{a}\left|\varphi_{3n}\right|+\lambda_n^3\left|\varphi_{1n}\right|-\lambda_n^3\left|\varphi_{2n}\right|\right]. \tag{40}$$

(40) qatorni yaqinlashuvchiligini isbotlash uchun (28) va (30) ni to‘rt marta (29) ni uch marta, bo‘laklab, 2-teoremada $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$ va $\varphi_3(x)$ funksiyalarga qo‘yilgan shartlarni hisobga olsak, (40) qator

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{\left|\varphi_{3n}^{(4)}\right|}{a}+\left|\varphi_{1n}^{(4)}\right|+\left|\varphi_{2n}^{(3)}\right|\right]\frac{1}{n} \tag{41}$$

ko‘rinishini oladi, bu yerda

$$\varphi_{1n}^{(4)}=\sqrt{\frac{2}{p}}\int_0^p\varphi_1^{(4)}(x)\sin\frac{n\pi}{p}xdx,\ \varphi_{2n}^{(3)}=-\sqrt{\frac{2}{p}}\int_0^p\varphi_2^{(3)}(x)\cos\frac{n\pi}{p}xdx,$$

$$\varphi_{3n}^{(4)}=\sqrt{\frac{2}{p}}\int_0^p\varphi_3^{(4)}(x)\sin\frac{n\pi}{p}xdx.$$

(41) qatorning yaqinlashishini huddi (39) qatorning yaqinlashishi kabi ko‘rsatish mumkin. Demak, (37) qator yaqinlashadi. U holda, (35) mojorant qator tekis yaqinlashadi. Demak , $\overline{\Omega}$ sohada (33) va (27) qatorlar absolyut va tekis yaqinlashadi. (34) dagi ikkinchi qatorning absolyut va tekis yaqinlashishi (37) qatorning yaqinlashishidan kelib chiqadi. U holda, (34) qator ham $\overline{\Omega}$da absolyut va tekis yaqinlashadi. Shunday qilib, agar 1 va 2 teoremalar shartlari bajarilsa, (27), (33) va(34) qatorlar absolyut va tekis yaqinlashadi. U holda bu qatorlar birgalikda (1) tenglamani qanoatlantiradi va (27) ning yig‘indisi (2)-(5) shartlarni qanoatlantiradi

ya’ni qo‘yilgan masalaning yechimi bo‘ladi, bunda $f(x)$ - (24) ko‘rinishidagi funksiya bo‘lib, f_n esa (31) tenglik bilan aniqlanadi. *Teorema isbotlandi.*

Foydalanilgan adabiyotlar

1. V.G. Romanov. Inverse Problems of Mathematical Physics. VNU Science Press, Utrecht, 1987.
2. Jin Cheng , Shuai Lu, M. Yamamoto.Determination of source terms in diffusion and wave equations by observations after incidents: uniqueness and stability.
July 20, 2021
3. O. Imanuvilov, M. Yamamoto. Determination of a source term in a wave equation by boundary measurements. Applicable Analysis, 70, 51–65 (1998).
4. A.Hasanov. Inverse source problems for hyperbolic equations and their applications. Inverse Problems in Science and Engineering, 21(3), 446–464 (2013).
5. A.N. Tikhonov, V.Y. Arsenin. Solutions of Ill-posed Problems. Winston & Sons, 1977.
6. A.K. Urinov, M.S. Azizov. Boundary value problems for a fourth order PDE with an unknown right-hand part. Lobachevskii Journal of Mathematics, 42(3), 632–640 (2021).
7. D.A. Tursunov et al. Solvability of one class of inverse problem for PDEs. Lobachevskii Journal of Mathematics, 45, 3453–3462 (2024).
8. R.R. Ashurov, R.T. Zunnunov. Inverse problem for determining the order of the fractional derivative. Lobachevskii Journal of Mathematics, 42, 2714–2729 (2021).
9. E. Azizbayov. Inverse coefficient identification problem for a hyperbolic equation. Turkish Journal of Mathematics, 46(4), 1243–1255 (2022).
10. D.K. Durdiev, T.R. Suyarov. Inverse coefficient problem for the 2D wave equation. Vladikavkaz Mathematical Journal, 26(2), 5–25 (2024).
11. M.S.Azizov, K.Rasulova. O‘ng tamoni noma’lum tor tebranish tenglama uchun tekari masala.scientific bulletin Physical andMathematical Research Journal, 4(7),58-67 (2025)

BULUTLI HISOBLASH ARXITEKTURASI: KOMPYUTER TARMOQLARIDA ZAMONAVIY YECHIM

IBRAGIMOV SH.M.[1], ZOIRJONOVA M.O'.[2]

[1]*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

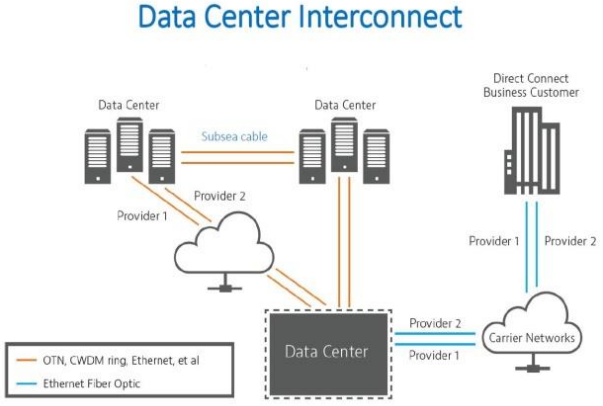
[2]*FarDU talabasi,rejabaliyevamashhuraxon2005@gmail.com*

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada bulutli hisoblash (Cloud Computing) texnologiyasining nazariy asoslari, arxitekturasi, xizmat modellari va zamonaviy kompyuter tarmoqlaridagi o'rni batafsil yoritilgan. Maqolada bulutli tizimlarning ishlash prinsiplari, asosiy komponentlari, virtualizatsiya texnologiyasi hamda infratuzilma qatlamlari keng tahlil qilingan. Shuningdek, bulutli hisoblashning iqtisodiy samaradorligi, resurslardan samarali foydalanish imkoniyatlari va tashkilotlar uchun qulayliklari ko'rib chiqilgan. Maqolada xavfsizlik muammolari, ma'lumotlarni himoyalash usullari va bulutli texnologiyalarning kelajakdagi rivojlanish yo'nalishlari ham yoritilgan. Mazkur ish kompyuter tarmoqlari, axborot texnologiyalari va dasturiy injiniring sohasida tahsil olayotgan talabalar, ilmiy tadqiqotchilar hamda IT mutaxassislari uchun mo'ljallangan.

Kalit so'zlar: Bulutli hisoblash, virtualizatsiya, SaaS, PaaS, IaaS, kompyuter tarmoqlari, ma'lumotlar markazi

KIRISH. Hozirgi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) insoniyat hayotining barcha jabhalariga chuqur kirib bormoqda. Raqamli iqtisodiyotning shakllanishi, elektron hukumat tizimlari, onlayn xizmatlar va sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi natijasida katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash zarurati yuzaga kelmoqda. An'anaviy hisoblash tizimlari va lokal serverlar bu talablarni to'liq qondira olmaydi. Ular yuqori xarajat talab qiladi, kengaytirish qiyin va boshqarish murakkab. Shu sababli zamonaviy yechim sifatida bulutli hisoblash texnologiyasi paydo bo'ldi.

Bulutli hisoblash– bu foydalanuvchilarga hisoblash resurslarini (serverlar, xotira, dasturiy ta'minot) internet orqali xizmat sifatida taqdim etuvchi modeldir. Ushbu texnologiya yordamida foydalanuvchi o'z infratuzilmasini yaratmasdan turib, zarur resurslardan foydalanishi mumkin.



1-rasm. Internet ulanish bazasini ishlash prinsipi.

Bugungi kunda Amazon Web Services, Microsoft Azure va Google Cloud Platform kabi yirik kompaniyalar global miqyosda bulutli xizmatlarni taqdim etmoqda. Bulutli hisoblash quyidagi muammolarni hal etadi:

- Resurs yetishmovchiligi
- Yuqori xarajatlar
- Moslashuvchanlikning pastligi
- Kengaytirish muammolari

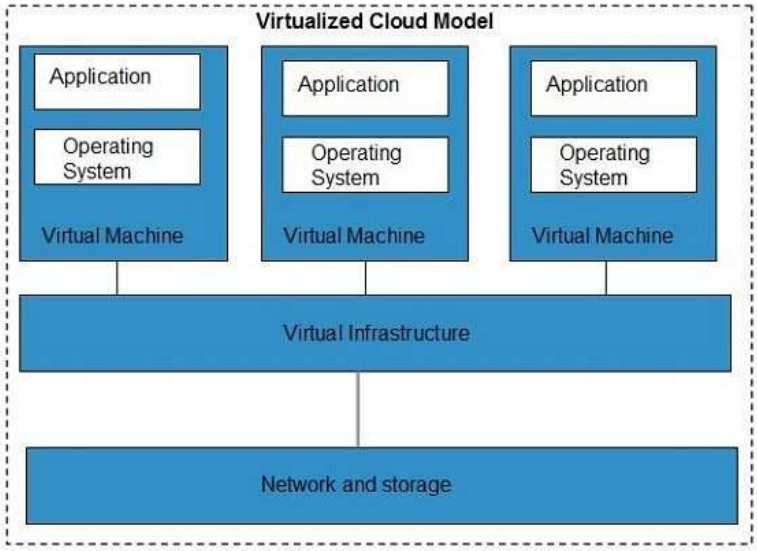
Natijada, bu texnologiya zamonaviy kompyuter tarmoqlarining asosiy elementiga aylangan.

BULUTLI HISOBLASH ARXITEKTURASI. Bulutli hisoblash arxitekturasi odatda ikki asosiy qismdan iborat: *Front-end* va *Back-end.* Front-end o‘z ichiga Foydalanuvchi interfeysi; Brauzer yoki mobil ilova javobgarligini o‘ziga oladi. Back-end esa Serverlar; Ma’lumotlar bazasi; Virtual mashinalar; Tarmoq infratuzilmasi ta’minlashni o‘z ichiga oladi. Arxitektura qatlamlarini 1-jadvalda ko‘rishingiz mumkin.

1-jadval

Qatlam	Tavsif
Infrastructure	Server, storage, tarmoq
Platform	OS, middleware
Application	Foydalanuvchi dasturlari

VIRTUALIZATSIYA TEXNOLOGIYASI. Virtualizatsiya bulutli hisoblashning asosiy texnologiyasi hisoblanadi. U orqali bir fizik server bir nechta virtual muhitlarga bo‘linadi. 2-jadvalda xizmat modellarini ko‘rishingiz mumkin.



2-rasm. Virtualized Cloud Model ning tuzilishi.

2-jadval

Model	Tavsif
IaaS	Infratuzilma xizmat sifatida
PaaS	Platforma xizmat sifatida
SaaS	Dastur xizmat sifatida

BULUTLIHISOBLASH TURLARI. Bulutlihisoblashturlishakllardamavjudbo‘lib, ularfoydalanuvchiningehtiyojigaqarabtanlanadi. Masalan, Public Cloud – bu umumiy foydalanish uchun mo‘ljallangan infratuzilma bo‘lib, unda xizmatlar internet orqali ko‘plab foydalanuvchilarga taqdim etiladi. Private Cloud esa bitta tashkilot yoki kompaniya uchun ajratilgan bo‘lib, xavfsizlik va nazorat darajasi yuqoriroq bo‘ladi. Hybrid Cloud bu ikki yondashuvni birlashtirib, ma’lumotlarning bir qismini yopiq muhitda, boshqa qismini esa ochiq muhitda saqlash imkonini beradi. Multi-Cloud esa bir vaqtning o‘zida bir nechta bulut xizmatlaridan foydalanishni anglatadi, bu esa tizimning ishonchliligini oshiradi.

Bulutli hisoblashning asosiy afzalliklari shundaki, u juda moslashuvchan bo‘lib, foydalanuvchi o‘z ehtiyojiga qarab resurslarni tezda oshirishi yoki kamaytirishi mumkin. Bundan tashqari, u xarajatlarni kamaytirishga yordam beradi, chunki qimmat uskuna sotib olish shart emas. Yana bir muhim jihati — global kirish imkoniyati, ya’ni internet mavjud bo‘lgan har qanday joydan tizimga ulanib ishlash mumkin. Shu bilan birga, bulutli texnologiyalarning ayrim kamchiliklari ham mavjud. Eng asosiy muammo - internetga bog‘liqlik, ya’ni tarmoq bo‘lmasa xizmatlardan foydalanish qiyinlashadi. Bundan tashqari, xavfsizlik masalalari ham dolzarb hisoblanadi, chunki ma’lumotlar uchinchi tomon serverlarida saqlanadi va ularni himoya qilish alohida e’tibor talab qiladi.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, bulutli hisoblash texnologiyasi zamonaviy kompyuter tarmoqlarining eng muhim va istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiya yordamida katta hajmdagi ma’lumotlarni samarali boshqarish, saqlash va qayta ishlash imkoniyati yaratiladi. Bulutli hisoblashning joriy etilishi tashkilotlar uchun katta iqtisodiy foyda keltiradi, chunki u kapital xarajatlarni kamaytiradi va operatsion samaradorlikni oshiradi. Shu bilan birga, xizmatlarning moslashuvchanligi va kengayuvchanligi biznes jarayonlarini optimallashtirishga yordam beradi. Kelajakda bulutli texnologiyalar quyidagi yo‘nalishlarda rivojlanishi kutilmoqda:

- Sun’iy intellekt bilan integratsiya
- Edge computing rivoji
- Serverless arxitektura

- Kvant hisoblash

O‘zbekistonda ham raqamli transformatsiya jarayonida bulutli texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa iqtisodiy rivojlanish, ta’lim tizimini modernizatsiya qilish va IT infratuzilmani takomillashtirishga xizmat qiladi. Umuman olganda, bulutli hisoblash kelajakda global IT infratuzilmaning ajralmas qismi bo‘lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tanenbaum, A. Computer Networks / *A. Tanenbaum*. - Boston: Pearson, 2021. - 900 p.

2. Abduqodirov, A. Axborot texnologiyalari asoslari / *A. Abduqodirov*. - Toshkent: O‘qituvchi, 2020. - 350 b.

3. Begalov, B. Kompyuter tarmoqlari / *B. Begalov*. - Toshkent: Fan, 2019. - 420 b.

4. Karimov, Sh. Axborot tizimlari / *Sh. Karimov*. - Toshkent: Aloqachi, 2021. - 280 b.

5. Turg‘unov, N. Dasturiy injiniring / *N. Turg‘unov*. - Toshkent: Innovatsiya-Ziyo, 2022. - 310 b.

6. AWS Documentation. Cloud Computing Guide / *AWS Documentation*. // Amazon Web Services Documents. - 2026. - Vol. 1, No. 1. - P. 10-150.

BUYUK IPAK YO‘LI: TARIXI, SAVDO-IQTISODIY AHAMIYATI VA ZAMONAVIY MADANIY MEROS SIFATIDAGI O‘RNI

ABDULAYEV A., MAHMUDOV A.

FDTU talabasi, ahrorbekabdullajev32@gmail.com,

FDTU talabasi, a31007869@gmail.com.

Annotatsiya: Ushbu maqolada Buyuk Ipak yo‘lining vujudga kelishi, geografik yo‘nalishlari, savdo-iqtisodiy ahamiyati va xalqaro madaniy almashinuvdagi o‘rni tarixiy-tahliliy nuqtai nazardan ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot miloddan avvalgi II asrdan to XV asrgacha bo‘lgan davrni qamrab olib, yo‘lning O‘rta Osiyo, xususan, O‘zbekiston hududidagi muhim markazlarni o‘zaro bog‘lovchi tizim sifatidagi rolini yoritadi. Maqolada arxeologik topilmalar, yozma manbalar va zamonaviy tadqiqotlar asosida Buyuk Ipak yo‘lining nafaqat savdo, balki fan, din va san'at tarqatishidagi ahamiyati ham tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: Buyuk Ipak yo‘li, savdo yo‘llari, O‘rta Osiyo, Samarqand, Buxoro, ipak savdosi, madaniy almashinuv, xalqaro munosabatlar, arxeologiya, UNESCO merosi.

KIRISH. Buyuk Ipak yo‘li — insoniyat tarixidagi eng ulkan va uzoq muddatli savdo-madaniy aloqa tizimlaridan biri bo‘lib, u miloddan avvalgi II asrda Xitoy xoni U-di buyrug‘i bilan tashkil etilgan diplomat Chjan Tsyan sayohati natijasida rasmiy shaklga kirgan. Ushbu yo‘lning uzunligi 12 000 kilometrdan ziyodroq bo‘lib, u Osiyo, Evropa va Afrikaning keng hududlarini bir-biriga bog‘lab turgan. Yo‘l nafaqat moddiy boyliklar, balki g‘oyalar, dinlar, texnologiyalar va san'at namunalarini tarqatish kanali ham bo‘lib xizmat qilgan [1].

O‘rta Osiyo— va xususan bugungi O‘zbekiston hududi — bu yo‘lning geografik markazida joylashganligi sababli alohida ahamiyat kasb etgan. Samarqand, Buxoro, Xiva va Qo‘qon kabi shaharlar nafaqat karvonsaroylar majmui sifatida, balki ilm-fan, din va madaniyatning yirik markazlari sifatida ham taraqqiy etgan. Bu shaharlar orqali o‘tgan savdogarlar, sayyohlar, elchilar va ziyoratchilar o‘z ortlarida yozma manbalar, diniy aqidalar, texnologik kashfiyotlar va badiiy uslublar qoldirib ketgan [2].

Tarixchilar va arxeologlar tomonidan ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan bo‘lsa-da, Buyuk Ipak yo‘lining ayrim jihatlari — jumladan, uning O‘rta Osiyo hududlaridagi aniq geografik tarmoqlari, shaharlarning yo‘ldagi rolining vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi

va yo‘lning madaniy ta'siri — hali ham to‘liq o‘rganilgan emas. UNESCO 2014-yilda Buyuk Ipak yo‘lining bir qism koridor va markazlarini Jahon merosi ro‘yxatiga kiritishi bu masalaga yangi ilmiy qiziqish uyg‘otdi [3].

Ushbu maqolaning maqsadi Buyuk Ipak yo‘lining tarixiy taraqqiyotini xronologik va tematik jihatdan ko‘rib chiqish, uning O‘rta Osiyodagi iqtisodiy va madaniy ta'sirini tahlil qilish hamda zamonaviy madaniy meros nuqtai nazaridan uning ahamiyatini baholashdan iborat. Quyidagi savollar tadqiqot doirasida ko‘rib chiqiladi: Buyuk Ipak yo‘li qanday sharoitda vujudga keldi? U qanday savdo va madaniy ahamiyat kasb etdi? Yo‘lning O‘rta Osiyodagi markazlari qanday o‘rin tutgan? Zamonaviy davrda bu merosdan qanday foydalanilmoqda?

ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLAR Buyuk Ipak yo‘lini o‘rganishda turli turdagi birlamchi va ikkilamchi manbalar muhim ahamiyat kasb etadi. Xitoy manbalari orasida Syma Tsyanning "Shi Tszi" (Tarixiy yozuvlar, miloddan avvalgi II asr) asari yo‘lning vujudga kelishi haqida dastlabki ma'lumotlarni beradi. Milodiy VII asrda yashagan Xitoy buddist ziyoratchisi Syuan Tszanningning O‘rta Osiyo bo‘ylab safari hisobotlari mazkur hududlardagi shaharlar, aholi va diniy hayot haqida qimmatli ma'lumot manbai hisoblanadi [1].

Arab manbalar orasida Ibn Xurdodbehning "Kitob ul-masolik val-mamolik" (IX asr) va al-Muqaddasiyning "Ahsan at-taqosim fi ma'rifat al-aqolim" (X asr) asarlari savdo yo‘llari, shaharlar va mahsulotlar haqida batafsil ma'lumot beradi. Marco Poloning XIII asrga oid sayohatnomasi esa G‘arb nuqtai nazaridan yo‘lni tavsiflashning klassik namunasi sifatida qabul qilingan [4].

Zamonaviy ilmiy adabiyotlar orasida Valeri Xansen (Valerie Hansen)ning "The Silk Road: A New History" (2012) asari arxeologik topilmalarni tarixiy tahlil bilan uyg‘unlashtirgan holda yo‘lning yangicha talqinini taqdim etadi. Svet Soucek ning "A History of Inner Asia" (2000) va Jerry Bentleyning "Old World Encounters" (1993) asarlari madaniy almashinuv nuqtai nazaridan muhim nazariy asos yaratadi [5].

O‘zbek tadqiqotchilari orasida akademik Edvard Rtveladze ning Buyuk Ipak yo‘li bo‘yicha ko‘p yillik arxeologik ishlari alohida e'tirof etiladi. Uning "Buyuk Ipak

yo‘li: Tarixi va madaniyati" (Toshkent, 2012) asari mazkur sohadagi fundamental manba hisoblanadi [6]. Bundan tashqari, Sh. Kamoliddinning O‘rta Osiyo shaharlarini o‘rganishga bag‘ishlangan monografiyalari ham muhim ilmiy manbalar sifatida foydalanildi.

Tadqiqotda quyidagi metodlar qo‘llanildi: tarixiy-xronologik usul — yo‘lning davrlar bo‘yicha rivojlanishini ketma-ket tahlil qilish; tarixiy-geografik usul — yo‘l tarmoqlarini xaritalar va arxeologik ma'lumotlar asosida o‘rganish; tarixiy-qiyosiy usul — turli hududlardagi savdo markazlarini qiyosiy tahlil qilish; madaniy transfer nazariyasi — g‘oya va texnologiyalarning yo‘l orqali tarqalishini tushuntiruvchi nazariy asos sifatida [3].

MUHOKAMA. Buyuk Ipak yo‘lining vujudga kelishi. Miloddan avvalgi 138-yilda Xitoy imperatori U-di tomonidan yuborilgan elchi Chjan Tsyan G‘arbiy o‘lkalar bilan aloqa o‘rnatish maqsadida safar uyushtirdi. U Ko‘hna Farg‘ona (Dayuan), Baqtriya va Parfiya hududlarini kezib chiqdi. Bu safar Xitoyning G‘arb bilan bevosita diplomatik va savdo aloqalarining boshlanishiga zamin yaratdi. Dastlab harbiy va siyosiy maqsadlarda yo‘lga qo‘yilgan aloqalar tez orada tijorat xarakter kasb etdi [1].

Yo‘lning geografik tarmoqlari. Buyuk Ipak yo‘li bir yagona magistral yo‘l emas, balki bir-biri bilan bog‘liq tarmoqlar tizimidan iborat edi. Asosiy shimoliy yo‘l Xitoyning Chang‘an (hozirgi Syian) shahridan boshlanib, Gansu koridori orqali Dunhuangga, u yerdan esa Taklamakan cho‘li atrofidan Samarqand, Merv va Eron orqali O‘rta er dengiziga chiqardi. Janubiy yo‘l esa Hindiston va Shri-Lanka orqali dengiz savdosi bilan tutashardi. O‘rta Osiyo hududi bu ikki yo‘lning kesishgan nuqtasida joylashganligi sababli strategik muhimlik kasb etdi [2].

O‘rta Osiyodagi savdo markazlari. Samarqand—So‘g‘d davlatining poytaxti — Buyuk Ipak yo‘lining eng muhim chorrahalaridan biri bo‘lgan. So‘g‘d savdogarlari (so‘g‘diylar) milodiy III–VIII asrlarda butun yo‘l bo‘ylab savdo faoliyatini muvofiqlashtirgan va ular aslida Buyuk Ipak yo‘lining professional «menejerlari» vazifasini o‘tab kelgan. Panjakent, Afrosiyob va boshqa So‘g‘d shaharlarida topilgan freskalar va yozuvlar bu savdogarlarning Xitoydan Vizantiyagacha cho‘zilgan keng

geografiyada faoliyat yuritganligini tasdiqlab beradi [5].

Buxoro ham yo‘ldagi muhim markazlardan biri bo‘lib, u ayniqsa ipak matolar, ziravorlar va qimmatbaho toshlar savdosida tranzit nuqtasi vazifasini o‘tagan. Xorazm esa shimoliy savdo yo‘llari orqali Volga bo‘yi va Sharqiy Evropa bilan aloqani ta'minlagan. Termiz shahrining Hindiston va Afg‘oniston bilan bo‘lgan savdo munosabatlarida tutgan o‘rni ham arxeologik jihatdan tasdiqlangan [6].

Savdo qilinadigan tovarlar. Yo‘l «Ipak yo‘li» deb atalishiga qaramay, unda ipakdan tashqari keng doiradagi tovarlar aylanmasi amalga oshirilgan. G‘arbdan Sharqqa: shisha buyumlar, jun matolar, qimmatbaho metallar, oltin va kumush tangalar, vino. Sharqdan G‘arbga: ipak matolar, chinni buyumlar, ziravorlar (jez, mixak, darchин), qog‘oz, barut, porselyan. O‘rta Osiyo o‘z hududidan lapis-lazuli, temir, ot va qul savdosini amalga oshirgan. Otlar, ayniqsa Farg‘ona vodiysi «samoviy otlari» Xitoy uchun strategik ahamiyat kasb etgan [4].

Madaniy va intellektual almashinuv. Buyuk Ipak yo‘li tovar almashinuvidan ancha kengroq ahamiyat kasb etgan. Buddizm, zardushtiylik, islom va nasroniylik yo‘l orqali yangi hududlarga tarqaldi. Qog‘oz ishlab chiqarish texnologiyasi 751-yilgi Talas jangi natijasida asir olingan Xitoy ustalaridan o‘rganildi va G‘arbga tarqaldi. Astronomiya, matematika va tibbiyot sohasidagi bilimlar ham yo‘l orqali almashinib turdi. Musiqa asboblari, ijro uslublari va me'moriy elementlar ham savdogarlar bilan birga sayohat qildi [3].

NATIJALAR. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Buyuk Ipak yo‘li miloddan avvalgi II asrdan to XV asrning o‘rtalarigacha, ya'ni taxminan 1600 yil davomida faoliyat yuritib, jahon tarixidagi eng uzoq umr ko‘rgan savdo va madaniy aloqa tizimlaridan biri bo‘lib qoldi. Yo‘lning inqiroziga asosiy sabab bo‘lib 1453-yilda Konstantinopolning Usmonli turklar tomonidan egallanganligi va dengiz yo‘llarining ochilishi xizmat qildi. Vasko da Gama tomonidan 1498-yilda kashf etilgan Afrika atrofidagi dengiz yo‘li quruqlik yo‘lini iqtisodiy jihatdan samarasiz qilib qo‘ydi [1].

O‘rta Osiyoning roli va meros. O‘rta Osiyo shaharlari — Samarqand, Buxoro, Urganch, Termiz va Xiva — Buyuk Ipak yo‘li faoliyati davomida nafaqat tranzit

markazlari, balki mustaqil madaniy va intellektual markazlar sifatida ham rivojlandi. IX–XII asrlarda bu shaharlar Yaqin Sharq va O‘rta Osiyo ilm-fanining eng yirik markazlariga aylangan bo‘lib, al-Xorazmiy, Ibn Sino, al-Beruniy va boshqa allomalar aynan shu hududda ijod qilgan. Ularning ilmiy merosini tarqatishda ham Buyuk Ipak yo‘li orqali sodir bo‘lgan madaniy almashinuv muhim rol o‘ynagan [6].

Arxeologik dalillar. So‘nggi o‘n yilliklarda O‘zbekiston hududida olib borilgan arxeologik qazishmalar Buyuk Ipak yo‘lining O‘rta Osiyodagi faolligi haqida yangi ma'lumotlar bermoqda. Afrosiyob (Samarqand) da topilgan VII asrga oid freskalar elchi lavhasi Xitoy, Hindiston, Vizantiya va boshqa davlatlardan kelgan mehmonlarning So‘g‘d saroyida tasvirlangan. Panjikent shahrida topilgan so‘g‘d tilidagi savdo hujjatlari, Termiz yaqinidagi Dalvarzintepa va Qoraテradagi topilmalar yo‘lning O‘rta Osiyodagi muhim o‘rnini arxeologik jihatdan tasdiqlaydi[5].

Zamonaviy ahamiyat va «Yangi Ipak yo‘li». Buyuk Ipak yo‘li merosi XX–XXI asrlarda yangicha talqin topdi. UNESCO-ning 1988-yilda boshlangan «Ipak yo‘li — dialog yo‘li» dasturi va 2013-yilda Xitoy tomonidan e'lon qilngan «Kamar va yo‘l» (Belt and Road Initiative) tashabbusi bu tarixiy yo‘lni zamonaviy geopolitika va iqtisodiyotga joriy etish urinishlarining yorqin ifodasidir. O‘zbekiston bu jarayonlarda ham tarixiy, ham geografik jihatdan markaziy o‘rin egallaydi [7].

Sayyohlik va madaniy meros nuqtai nazaridan ham Buyuk Ipak yo‘lining ahamiyati ortib bormoqda. 2014-yilda Xitoy, Qozog‘iston va Qirg‘izistonning Chan'an-Tyanshan yo‘lagi tarmoqlari UNESCO Jahon merosi ro‘yxatiga kiritildi. O‘zbekistonning Samarqand, Buxoro, Xiva va Shahrisabz shaharlari allaqachon UNESCO ro‘yxatida bo‘lib, ular mamlakat sayyohlik industriyasining asosiy tayanch nuqtalariga aylangan. Bu esa «Ipak yo‘li» brendining zamonaviy iqtisodiy salohiyatini ham ko‘rsatadi [3].

XULOSA. Buyuk Ipak yo‘li insoniyat tarixidagi eng muhim va davomli savdo-madaniy aloqa tizimlaridan biri bo‘lib, u o‘z faoliyati davomida dunyoning turli mintaqalarini bir-biriga bog‘lab turdi. Yo‘l nafaqat ipak va boshqa tovarlar almashinuvini ta'minladi, balki g‘oyalar, dinlar, texnologiyalar va san'at shakllarini

tarqatishning ham asosiy kanali bo‘lib xizmat qildi. Bu jihatdan u tarixdagi birinchi «globallashuv» tizimi deb atash mumkin.

O‘rta Osiyo, xususan bugungi O‘zbekiston hududi, bu tizimning nafaqat geografik markazi, balki intellektual va madaniy qalbini tashkil etdi. So‘g‘d savdogarlari, Samarqand va Buxoroning ilmiy muhiti, Xorazm va Termizning tranzit roli — bularning barchasi O‘rta Osiyo xalqlarining insoniyat sivilizatsiyasiga qo‘shgan ulkan hissasini ifodalaydi. Bu meros bugungi kunda ham o‘zbek xalqining milliy g‘ururi va tarixiy o‘zligining asosiy tarkibiy qismlaridan birini tashkil etmoqda.

Zamonaviy davrda Buyuk Ipak yo‘li merosidan foydalanish ko‘p qirrali imkoniyatlarni taqdim etadi: sayyohlik industriyasini rivojlantirish, mintaqaviy va xalqaro hamkorlikni mustahkamlash, «Kamar va yo‘l» kabi geopolitik tashabbuslar doirasida O‘zbekistonning rolini kuchaytirish. Biroq bu imkoniyatlardan samarali foydalanish uchun tarixiy merosni ilmiy jihatdan chuqurroq o‘rganish va uni zamonaviy diplomatiya hamda iqtisodiy siyosat bilan uyg‘unlashtirish zarur.

Kelgusida Buyuk Ipak yo‘lini o‘rganishda quyidagi yo‘nalishlar ustuvor bo‘lishi lozim: O‘zbekiston hududidagi karvonsaroylar, shaharlar va qo‘rg‘onlarning kompleks arxeologik tadqiqi; ko‘p tilli (xitoy, arab, so‘g‘d, yunon) manbalarni qiyosiy o‘rganish; raqamli texnologiyalar yordamida yo‘lning virtual rekonstruksiyasini yaratish; mintaqaviy universitetlar va xalqaro ilmiy markazlar bilan hamkorlikda tadqiqotlar olib borish. Bu ishlar O‘zbekistonning jahon ilmiy hamjamiyatidagi nufuzini yanada oshirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Hansen V. The Silk Road: A New History. – New York: Oxford University Press, 2012. – 304 p.

2. Soucek S. A History of Inner Asia. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – P. 34–89.

3. UNESCO. Silk Roads: The Routes Network of Chang‘an-Tianshan Corridor. – Paris: UNESCO, 2014. – 112 p.

4. Marco Polo. The Travels / transl. by R. Latham. – London: Penguin Books, 1958. – 380 p.

5. Bentley J. Old World Encounters: Cross-Cultural Contacts and Exchanges in Pre-Modern Times. – New York: Oxford University Press, 1993. – P. 17–53.

6. Rtveladze E.V. Buyuk Ipak yo‘li: Tarixi va madaniyati. – Toshkent: O‘zbekiston,

2012. – 340 b.

7. Kamoliddin Sh. Qadimgi va o‘rta asr O‘rta Osiyo shaharlari tarixi. – Toshkent: Fan, 2006. – 274 b.

8. Syuan Tszyan. Si-yu-tszi (G‘arbiy o‘lkalar haqida yozuvlar) / O‘zbek tiliga tarjima. – Toshkent: Sharq, 1998. – 188 b.

9. Ibn Xurdodbeh. Kitob ul-masolik val-mamolik / Arab. – Toshkent: Fan, 1986. – 152 b.

10. Grenet F. The Sogdians, Masters of the Silk Road // History Today. – 2019. – Vol. 69. – №8. – P. 14–21.

QO‘QON XONLIGI: TASHKIL TOPISHI, DAVLAT BOSHQARUVI VA TARIXIY AHAMIYATI (1709–1876)

XOLMATOV M.H., HAYDAROV N.X.

FDTU talabasi, xolmatov0412@gmail.com,

FDTU talabasi, haydarovn1337@gmail.com

Annotatsiya (o‘zbek): Ushbu maqolada Qo‘qon xonligi (1709–1876) ning tashkil topishi, davlat boshqaruvi tizimi, ijtimoiy-iqtisodiy va madaniy rivojlanishi hamda Rossiya imperiyasi bilan munosabatlari ilmiy tahlil qilinadi. Tadqiqotda birlamchi manbalar, arxiv materiallari va zamonaviy tarixiy adabiyotlardan foydalanildi. Qo‘qon xonligi O‘rta Osiyo tarixida o‘chmas iz qoldirib, mintaqaning siyosiy va madaniy taraqqiyotiga sezilarli ta'sir ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Qo‘qon xonligi, Farg‘ona vodiysi, Shahruhbiy, davlat boshqaruvi, ipak savdosi, Rossiya imperiyasi, O‘rta Osiyo, xonlik tarixi, madaniy meros, mustamlaka siyosati.

KIRISH. Qo‘qon xonligi O‘rta Osiyodagi so‘nggi mustaqil davlatlardan biri bo‘lib, u XVIII asrning birinchi choragida Farg‘ona vodiysida vujudga keldi. Geografik jihatdan qulay bo‘lgan bu mintaqa ko‘hna zamonlardan beri Buyuk Ipak yo‘lining muhim bo‘g‘inlaridan birini tashkil etib, turli xalqlar va sivilizatsiyalar o‘rtasida ko‘prik vazifasini o‘tab kelgan. Ushbu qulay geografik o‘rin nafaqat savdo-iqtisodiy rivojlanishga, balki siyosiy va madaniy hayotning jonlanishiga ham zamin yaratgan [1].

Xonlik o‘zining 167 yillik tarixi davomida turli siyosiy o‘zgarishlarga duch kelib, ba'zan kuchayib, ba'zan zaiflashib turdi. Uning eng yuksalgan davri XIX asrning boshlariga to‘g‘ri kelib, bu davrda xonlik Toshkentdan Koshg‘argacha cho‘zilgan ulkan hududlarga hukm surdi. Xonlikning siyosiy, iqtisodiy va madaniy hayoti bugungi kunda ham tadqiqotchilar e'tiborini o‘ziga jalb etib kelmoqda [2].

Qo‘qon xonligi tarixini o‘rganish nafaqat sof tarixiy, balki zamonaviy siyosiy va madaniy jihatdan ham muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki xonlik davri ma'naviy-madaniy merosi – me'moriy obidalar, adabiy asarlar, huquqiy an'analar va boshqaruv tajribalari O‘zbekiston xalqining bugungi milliy o‘zligini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi [3].

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi Qo‘qon xonligining tarix sahnasiga

chiqishini, davlat boshqaruvi mexanizmlarini, ijtimoiy-iqtisodiy va madaniy rivojlanishini hamda xonlikning inqirozga uchrash sabablarini IMRAD metodologiyasi asosida tahlil qilish va uning mintaqa tarixidagi o‘rnini belgilashdan iboratdir. Ilmiy muomala doirasiga quyidagi savollar kiritilgan: Qo‘qon xonligi qanday sharoitda va nima uchun vujudga keldi? Davlat boshqaruvi qanday tizimga asoslangan edi? Xonlikning tarixiy merosi nimalarda ifodalanadi?

ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLAR. Qo‘qon xonligi tarixini o‘rganishda bir necha toifadagi manba va adabiyotlardan foydalaniladi. Birinchi toifa – birlamchi manbalar: xonlik davri solnomachiligida yozilgan asarlar, jumladan Muhammad Hakim Xon To‘raning "Muntaxab at-tavorix" (XIX asr) nomli monumental asari. Ushbu asar xonlikning siyosiy tarixi, shaxsiyatlar va voqealar ketma-ketligini batafsil yoritadi. Shuningdek, Niyoz Muhammad Xo‘qandiyning "Tarixi Shahrokhi" asari ham birlamchi manba sifatida katta qiymatga ega [3].

Ikkinchi toifa manbalar – Rossiya imperiyasi arxivlari va rus ekspeditsiya hisobotlari. XIX asrda Turkiston o‘lkasini harbiy va ma'muriy jihatdan o‘rganish maqsadida tashkil etilgan ekspeditsiyalar natijasida to‘plangan statistik, demografik va coğrafik ma'lumotlar xonlik tarixini chuqurroq anglashga imkon beradi. Bu manbalar ichida V.V. Grigorievning Qo‘qon xonligiga bag‘ishlangan maxsus tadqiqotlari alohida qayd etiladi [4].

Zamonaviy ilmiy adabiyotlar sohasida Yurii Bregelning "An Historical Atlas of Central Asia" (2003) asari xonlikning geografik va siyosiy chegaralarini vizual jihatdan tahlil qilish imkonini beradi. O‘zbek tarixchilari orasida R. Nabiyevning "Qo‘qon xonligi tarixi" (1973) va B. Ahmedovning "O‘zbekiston tarixi manbalari" (2001) asarlari fundamental tadqiqotlar sifatida e'tirof etilgan [5].

Tadqiqotda quyidagi ilmiy usullardan foydalanildi: tarixiy-xronologik usul – voqealarni vaqt tartibida tahlil qilish; tarixiy-qiyosiy usul – Qo‘qon xonligini Buxoro amirligي va Xiva xonligi bilan qiyosiy o‘rganish; tahliliy-sintetik usul – turli manbalardan olingan ma'lumotlarni umumlashtirish; tizimli tahlil usuli – xonlikning davlat boshqaruvi tizimini yaxlit ko‘rib chiqish. Manbalar tanqidiy nuqtai nazardan

baholanib, ziddiyatli ma'lumotlar qo‘shimcha manbalar orqali tekshirildi.

MUHOKAMA. Qo‘qon xonligining tashkil topishi. Qo‘qon xonligi 1709-yilda ming qabilasidan chiqqan Shahruhbiy tomonidan asos solingan. U dastlab Qo‘qon qal'asini qurib, atrofdagi qishloq va hududlarni o‘ziga bo‘ysundirdi. Dastlabki davrlarda xonlik Buxoro amirligiga qaram bo‘lgan bo‘lsa-da, Abdurrahimxon (1721–1733) davrida nisbiy mustaqillikka erishdi. Xonlikning to‘liq siyosiy mustaqilligini Erdalixon (1751–1770) davriga bog‘lash mumkin [1].

Xonlikning yuksalish davri. Olimxon (1798–1811) va Umarxon (1811–1822) hukmronligi Qo‘qon xonligining oltin davri hisoblanadi. Olimxon Toshkentni xonlikka qo‘shib oldi va harbiy-ma'muriy islohotlar o‘tkazdi. Umarxon esa davlatni yanada kuchaytirdi: Koshg‘ar, Turkiston va Sirdaryo bo‘yidagi ko‘plab hududlar xonlik tarkibiga kiritildi. Bu davrda xonlikning hududi taxminan 500 000 kvadrat kilometrdan oshib ketdi [2].

Davlat boshqaruvi tizimi. Xonlik boshqaruvi xon boshchiligidagi mutlaq monarxiya tamoyiliga asoslangan bo‘lib, boshqaruv apparati quyidagi mansablardan iborat edi: qo‘shbegi (bosh vazir) – davlat ishlarini xon nomidan boshqaruvchi, devonbegi – moliya va xazina ishlari mas'uli, dodxoh – sud va adolat ishlari nazoratchisi, parvonachi – elchilik va xalqaro munosabatlar boshqaruvchisi. Harbiy soha miroboshi va sarkardalarga topshirilgan bo‘lib, qo‘shin asosan mingboshi va yuzboshilar tomonidan boshqarilgan [3].

Xonlikda ma'muriy jihatdan viloyatlar (bekliklar) tizimi qo‘llanilgan. Har bir beklik bek tomonidan boshqarilib, markaziy hokimiyatga soliq va harbiy xizmat ko‘rsatish majburiyatini o‘tab kelgan. Jami o‘ndan ortiq beklik mavjud bo‘lib, ularning ichida Toshkent, Xo‘jand, Namangan va Marg‘ilon bekliklari ayniqsa muhim siyosiy va iqtisodiy ahamiyatga ega bo‘lgan [4].

Ijtimoiy-iqtisodiy hayot. Xonlik iqtisodiyotining asosini dehqonchilik, chorvachilik va hunarmandchilik tashkil etgan. Farg‘ona vodiysining unumdor tuproqlari bug‘doy, arpa, sholi, paxta va tarvuz yetishtirishga qulay bo‘lgan. Ayniqsa, ipakchilik keng rivojlangan: Marg‘ilon va Qo‘qon shaharlari ipak matolar ishlab

chiqarishning yirik markazlariga aylangan. Savdo-sotiq jihatdan Qo‘qon Buyuk Ipak yo‘lining o‘rta qismida joylashganligi tufayli Xitoy, Hindiston, Eron va Rossiya bilan faol savdo aloqalari olib borgan [5].

Madaniy va ma'naviy hayot. Qo‘qon xonligi madaniy taraqqiyot jihatdan ham alohida o‘rin egallaydi. Umarxon davri adabiy muhit nuqtai nazaridan ayniqsa sermahsul bo‘ldi. Xon o‘zi shoir bo‘lib, Amiriy taxallusi bilan she'rlar yozgan. Uning saroyida Mahluqa Chuchuk, Uvaysiy, Nodira va boshqa ko‘plab shoiralar ijod qilgan. Nodira (Mohlaroyim) – Umarxonning xotini va iste'dodli shoir sifatida o‘zbek adabiyoti tarixida alohida o‘rin tutadi [1].

NATIJALAR. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Qo‘qon xonligi 167 yillik tarixi davomida O‘rta Osiyoning siyosiy, iqtisodiy va madaniy hayotida yetakchi o‘rinlardan birini egalladi. Xonlik o‘z taraqqiyotining cho‘qqisida 3 milliondan ortiq aholiga ega bo‘lib, keng hududlarni o‘z tarkibiga birlashtirdi. Davlat boshqaruvi markazlashgan tizim asosida qurilib, turli ma'muriy, moliyaviy va harbiy institutlar shakllangan.

Iqtisodiy jihatdan xonlik nafaqat o‘zini-o‘zi ta'minlagan, balki qo‘shni davlatlar bilan faol tashqi savdo olib borgan. Ipak va paxta eksporti asosiy daromad manbai bo‘lgan. Shaharlar – Qo‘qon, Namangan, Marg‘ilon va Andijonning savdo va hunarmandchilik markazlariga aylanishi mintaqaning iqtisodiy qudratini oshirgan. Qo‘qon shahri XIX asrning o‘rtalariga kelib 80 000 dan ortiq aholiga ega yirik shaharlardan biriga aylangan [2].

Xonlikning inqirozi va tugatilishi. XIX asrning ikkinchi yarmida Qo‘qon xonligi ichki va tashqi siyosiy tanglik girdobiga tushdi. Xudoyorxon hukmronligi (1844–1875, uzilishlar bilan) davrida saroy ichidagi to‘ntarishlar, qipchoq va qirg‘iz qabilalarining ko‘tarilishlari, og‘ir soliq yuki natijasida xalq noroziligi kuchaydi. 1865-yil 15-iyunda general M.G. Chernяevning qo‘shini Toshkentni egalladi. 1868-yilgi shartnomaga ko‘ra xonlik Rossiya vassal davlatiga aylandi [4].

1875-yilda Xudoyorxonga qarshi Pulatxon boshchiligidagi qo‘zg‘olon ko‘tarildi. Rossiya bu vaziyatdan foydalanib, 1876-yil 19-fevralda general K.P.

Kaufmanningfarmoniga binoan Qo‘qon xonligi tamomila tugatildi va uning hududlari Fergana viloyati nomi ostida Turkiston general-gubernatorligiga qo‘shib olindi. Shu tariqa O‘rta Osiyodagi so‘nggi mustaqil xonliklardan biri tarix sahnasidan ko‘tarildi [4].

Tarixiy meros va ilmiy baholash. Qo‘qon xonligi davri ma'naviy-madaniy merosini baholashda uning uch asosiy o‘lchami ajratiladi. Birinchisi – me'moriy meros: Xudoyorxon saroyi (1871–1873-yillarda qurilgan, bugungi kunda Farg‘ona viloyat o‘lkashunoslik muzeyи), Jome' masjidi, Ko‘hna Qal'a inshootlari. Ikkinchisi – adabiy meros: o‘nlab shoir va adiblar ijodi, ko‘plab qo‘lyozma asarlar. Uchinchisi – huquqiy-ma'muriy meros: davlat boshqaruvi tajribalari va mansab tizimi [3].

Qiyosiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, Qo‘qon xonligi Buxoro amirligidan farqli ravishda savdo va hunarmandchilikning rivojlanishiga ko‘proq e'tibor bergan. Xiva xonligidan esa xonlikning harbiy qudrati va hududiy ekspansiyasi jihatidan ustun turgan davrlari ham bo‘lgan. Ammo siyosiy beqarorlik va ichki nizolar xonlikning uzoq muddatli barqarorligiga salbiy ta'sir ko‘rsatdi.

XULOSA. Qo‘qon xonligi (1709–1876) O‘rta Osiyo tarixining muhim sahifalaridan birini tashkil etadi. U qisqa tarixiy muddatda – ikki asrdan kamroq vaqt ichida – mintaqaning yirik siyosiy va madaniy markaziga aylandi. Uning tashkil topishi, yuksalishi va inqirozi O‘rta Osiyo tarixining umumiy qonuniyatlari doirasida ko‘rib chiqilsa-da, o‘ziga xos xususiyatlari bilan ham ajralib turadi.

Tadqiqot shuni tasdiqlaydi: xonlikning qulashining asosiy sabablari siyosiy-tuzumiy xarakter kasb etadi. Markaziy hokimiyatning zaiflashishi, qabila va elita guruhlari o‘rtasidagi raqobat, soliq tizimining adolatsizligi – bularning barchasi tashqi tazyiqdan ancha oldin xonlikni ichdan emirib borgan. Rossiya imperiyasining bosqini esa bu jarayonni yakunlovchi omil sifatida maydonga chiqdi.

Qo‘qon xonligi merosining bugungi ahamiyati shundaki, u O‘zbekistonning milliy-madaniy o‘zligini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi. Xonlik davrida yaratilgan adabiy asarlar, me'moriy yodgorliklar va huquqiy an'analar xalqimizning tarixiy xotirasini boyitib kelmoqda. Ayniqsa, Xudoyorxon saroyi bugungi kunda ham

muhim tarixiy-madaniy meros ob'ekti sifatida Farg‘ona vodiysiga keluvchi sayyohlar diqqatini tortmoqda.

Kelgusida Qo‘qon xonligi tarixini yanada chuqurroq o‘rganish uchun quyidagi tadqiqot yo‘nalishlari tavsiya etiladi: O‘zbekiston Markaziy davlat arxivi va Rossiya imperiyasi arxivlarida saqlanayotgan yangi hujjatlarning ilmiy muomalaga kiritilishi; xonlik davri numizmatikasi va moddiy madaniyatini arxeologik o‘rganish; mintaqaviy va xalqaro hamkorlikda qiyosiy tadqiqotlar olib borish; xonlik davrи adabiy merosini to‘liq ilmiy nashr qilish. Ushbu ishlar O‘zbekiston tarixini jahon ilmiy jamoatchiligi uchun yanada ochiq va tushunarli qilishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Nabiyev R.N. Qo‘qon xonligi tarixi. – Toshkent: O‘qituvchi, 1973. – 312 b.

2. Bregel Yu. An Historical Atlas of Central Asia. – Leiden: Brill, 2003. – P. 78–92.

3. Muhammad Hakim Xon To‘ra. Muntaxab at-tavorix. – Toshkent: Fan, 1986. – 274 b.

4. Кастальский Б.Н. Кокандское ханство // Туркестанские ведомости. – Ташкент, 1887. – №14. – С. 3–8.

5. Ahmedov B. O‘zbekiston tarixi manbalari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2001. – B. 145–162.

6. Hayit B. Turkistan zwischen Russland und China. – Amsterdam: Philo Press, 1971. – S. 112–134.

7. Niyoz Muhammad Xo‘qandiy. Tarixi Shahrokhi. – Toshkent: Fan, 1969. – 208 b.

8. Grigoriev V.V. Kokandskoe xanstvo // Zhurnal Ministerstva Narodnogo Prosveshcheniya. – 1854. – №84. – S. 1–38.

9. Ergashev B.H. Qo‘qon xonligida ijtimoiy-siyosiy jarayonlar. – Toshkent: Yangi asr avlodi, 2008. – 256 b.

10. Khalid A. The Politics of Muslim Cultural Reform: Jadidism in Central Asia. – Berkeley: University of California Press, 1998. – P. 45–67.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

ИБРАГИМОВ Ш.М.УМИРЗАКОВА Б.А.

доцент ФерГУ, shavkat70@bk.ru.

студентка ФерГУ, barnoxonumrzaqova@gmail.com.

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и методологические основы применения информационных технологий (ИТ) в процессе обучения английскому языку. Обосновывается роль цифровых инструментов как фактора повышения качества языковой подготовки. Анализируются ключевые концепции, педагогические подходы и практические модели интеграции ИТ в образовательный процесс. Выдвигается и аргументируется гипотеза о том, что системное внедрение информационных технологий способствует существенному улучшению результатов обучения английскому языку.

Ключевые слова: информационные технологии, обучение английскому языку, цифровые инструменты, языковая компетенция, педагогические технологии, электронное обучение.

ВВЕДЕНИЕ. Стремительное развитие цифровых технологий в XXI веке оказало значительное влияние на все сферы человеческой деятельности, и образование не является исключением. В условиях глобализации и расширения международного сотрудничества владение английским языком приобретает статус ключевой компетенции, необходимой для профессиональной и академической успешности. В связи с этим особую актуальность приобретает поиск эффективных методов и инструментов языкового обучения, отвечающих требованиям современного информационного общества.

Применение информационных технологий (ИТ) в образовательном процессе стало одним из наиболее перспективных направлений педагогических исследований последних десятилетий. Такие инструменты, как обучающие платформы, мобильные приложения, интерактивные мультимедийные ресурсы и системы искусственного интеллекта, открывают принципиально новые возможности для организации языкового обучения как в аудиторных условиях, так и в формате самостоятельной работы.

Цель настоящего исследования обосновать роль ИТ в системе языкового обучения и определить теоретико-методологические основания их эффективного применения в преподавании английского языка. Исходная гипотеза исследования состоит в том, что системное и педагогически обоснованное внедрение информационных технологий в учебный процесс способствует существенному повышению качества обучения английскому языку.

Теоретические основы применения ИТ в языковом образовании. Теоретическую основу исследования составляет ряд фундаментальных концепций педагогики и лингводидактики. Прежде всего, следует выделить конструктивистскую теорию обучения, разработанную в трудах Л. С. Выготского, Дж. Пиаже и Д. Дьюи. Согласно конструктивизму, знание не передаётся в готовом виде, а активно конструируется обучающимся в процессе взаимодействия с окружающей средой. Информационные технологии создают динамичную, интерактивную учебную среду, в которой обучающийся выступает не пассивным реципиентом, а активным участником образовательного процесса. Существенное теоретическое значение имеет также концепция коммуникативной компетенции, введённая в научный оборот Д. Хаймсом и получившая дальнейшее развитие в работах М. Кэнейла и М. Свейна. В рамках данной концепции обучение языку трактуется как формирование способности к реальному иноязычному общению, а не как усвоение формальных грамматических правил. Цифровые технологии расширяют возможности для аутентичной коммуникации: видеоконференции, онлайн-переписка с носителями языка, участие в международных образовательных проектах всё это создаёт условия для полноценной языковой практики.

Важную роль в обосновании применения ИТ играет теория множественного интеллекта Г. Гарднера, согласно которой учащиеся обладают различными доминирующими типами способностей лингвистическим, визуально-пространственным, музыкальным и другими. Мультимедийные

технологии позволяют создавать полисенсорную учебную среду, одновременно задействующую визуальный, аудиальный и кинестетический каналы восприятия, что отвечает потребностям учащихся с разными когнитивными стилями.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИНТЕГРАЦИИ ИТ В ОБУЧЕНИЕ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

С методологической точки зрения интеграция ИТ в языковое обучение может осуществляться в рамках нескольких ключевых подходов. Компьютерное обучение языку (Computer-Assisted Language Learning, CALL) является наиболее разработанным направлением, включающим три исторически сложившихся этапа: бихевиористский CALL (компьютер как механический репетитор), коммуникативный CALL (компьютер как инструмент коммуникации) и интегративный CALL (компьютер как часть целостной учебной среды).

Перспективным методологическим подходом является смешанное обучение (blended learning), предполагающее органическое сочетание традиционного аудиторного преподавания с онлайн-компонентом. Данная модель обеспечивает гибкость учебного процесса, позволяет дифференцировать темп и траекторию обучения, а также предоставляет преподавателю возможность уделять больше внимания индивидуальной работе со студентами в аудитории.

Особое место в современной методологии занимает подход «перевёрнутого класса» (flipped classroom), при котором теоретический материал осваивается студентами самостоятельно дома с использованием цифровых ресурсов, тогда как аудиторное время посвящается практической отработке навыков и решению коммуникативных задач. Данный подход существенно повышает активность учащихся и создаёт условия для более глубокого усвоения языкового материала.

Классификация информационных технологий в обучении английскому языку

В современной образовательной практике используется широкий спектр информационных технологий, которые можно классифицировать по нескольким

основаниям. По функциональному назначению выделяются следующие группы: 1) образовательные платформы и системы управления обучением (Moodle, Canvas, Google Classroom); 2) инструменты развития языковых навыков (Duolingo, Busuu, LinguaLeo); 3) средства коммуникации и совместной работы (Zoom, Microsoft Teams, Padlet); 4) мультимедийные ресурсы и корпусные инструменты (YouTube, TED Talks, COCA); 5) технологии на основе искусственного интеллекта (чат-боты, программы автоматической проверки письма, системы речевого распознавания).

Каждая из перечисленных групп обладает специфическим дидактическим потенциалом. Так, образовательные платформы обеспечивают структурированность учебного процесса и возможность систематического контроля; инструменты развития языковых навыков геймификацию и адаптивное обучение; средства коммуникации возможность языковой практики в условиях, максимально приближённых к реальным.

ОБОСНОВАНИЕ ГИПОТЕЗЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Выдвинутая гипотеза системное внедрение ИТ повышает качество языкового обучения находит убедительное подтверждение как в теоретических исследованиях, так и в данных педагогической практики. Под «системным внедрением» понимается не эпизодическое использование отдельных цифровых инструментов, а целенаправленная, методически обоснованная интеграция ИТ во все компоненты образовательного процесса: постановку целей, отбор содержания, организацию учебной деятельности и систему контроля.

Повышение качества обучения при системном применении ИТ обусловлено рядом факторов. Во-первых, цифровые технологии обеспечивают индивидуализацию обучения: адаптивные алгоритмы подбирают задания в соответствии с уровнем подготовки и темпом усвоения каждого учащегося. Во-вторых, ИТ создают условия для немедленной обратной связи, что критически важно для формирования языковых навыков. В-третьих, цифровая среда расширяет возможности для аутентичного языкового взаимодействия,

преодолевая пространственные и временные ограничения традиционного обучения. В-четвёртых, применение ИТ повышает мотивацию учащихся за счёт геймификации, интерактивности и разнообразия форматов учебных заданий.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что эффективность применения ИТ не является автоматической. Она определяется педагогической компетентностью преподавателя, качеством методического сопровождения, а также степенью соответствия выбранных технологических инструментов учебным целям и потребностям конкретной аудитории. Системность внедрения предполагает не технологический детерминизм, а педагогически обоснованное использование ИТ как средства, подчинённого образовательным целям.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведённый теоретико-методологический анализ позволяет констатировать, что применение информационных технологий в обучении английскому языку имеет прочную научную основу и соответствует актуальным тенденциям развития современной лингводидактики. Ключевым условием эффективности является системный характер интеграции ИТ, предполагающий чёткую методологическую концепцию, продуманный отбор инструментов и постоянную рефлексию педагогических результатов.

Перспективными направлениями дальнейших исследований представляются: разработка критериев оценки эффективности конкретных цифровых инструментов в языковом обучении; изучение влияния ИТ на развитие различных видов иноязычной компетенции (лингвистической, социокультурной, прагматической); исследование психологических аспектов взаимодействия учащихся с цифровой учебной средой; а также создание научно обоснованных моделей подготовки педагогов к применению ИТ в практике преподавания иностранных языков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. На основе проведённого исследования можно сформулировать следующие выводы. Применение информационных технологий в обучении английскому языку имеет солидную теоретическую базу,

включающую конструктивистские, коммуникативные и когнитивные концепции. Методологический арсенал современного преподавателя включает разнообразные модели интеграции ИТ от CALL до смешанного обучения и перевёрнутого класса. Гипотеза о том, что системное внедрение ИТ повышает качество языкового обучения, получает весомое теоретическое обоснование и подтверждается данными педагогических исследований. Вместе с тем подчёркивается, что решающим фактором эффективности остаётся педагогическая компетентность и методологическая зрелость преподавателя, определяющего стратегию применения цифровых инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выготский Л. С. Мышление и речь. М.: Лабиринт, 1999. 352 с.
2. Гарднер Г. Структура разума: теория множественного интеллекта. М.: Вильямс, 2007. 512 с.
3. Зимняя И. А. Лингвопсихология речевой деятельности. М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2001. 432 с.
4. Полат Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. М.: Академия, 2010. 368 с.
5. Сысоев П. В. Информационные и коммуникационные технологии в лингвистическом образовании. М.: Либроком, 2013. 264 с.
6. Chapelle C. A. Computer Applications in Second Language Acquisition. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 216 p.
7. Dudeney G., Hockly N. How to Teach English with Technology. London: Pearson Longman, 2007. 192 p.
8. Garrison D. R., Vaughan N. D. Blended Learning in Higher Education. San Francisco: Jossey-Bass, 2008. 272 p.
9. Harmer J. The Practice of English Language Teaching. 5th ed. London: Pearson Longman, 2015. 480 p.
10. Warschauer M. Computer Assisted Language Learning: An Introduction // Multimedia Language Teaching / ed. by S. Fotos. Tokyo: Logos International, 1996. P. 3–20.

CHET TILLARINI O‘QITISHDA MASOFAVIY TA’LIM TEXNOLOGIYALARI

IBRAGIMOV SH.M.[1], AXMADALIYEVA M.SH.[2]

[1]FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com
[2]FarDU talabasi, mukarramoy07@icloud.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada chet tillarini o‘qitishda masofaviy ta’lim texnologiyalarining qo‘llanilishi va ularning samaradorligi keng qamrovli tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi – masofaviy va aralash (blended) ta’lim sharoitida chet tili ko‘nikmalarini (o‘qish, yozish, tinglab tushunish va gapirish) rivojlantirishning zamonaviy usullari, platformalari va pedagogik strategiyalarini tizimli o‘rganishdan iborat. Tadqiqotda tizimli adabiyotlar tahlili, qiyosiy tahlil, kuzatuv, so‘rovnoma va tavsifiy statistika usullari qo‘llanilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, masofaviy ta’lim vositalari (MOOC platformalari, video-konferensiya tizimlari, mobil ilovalar, LMS – Learning Management System) til o‘rganish jarayonini individuallashtirish, geografik va vaqtinchalik cheklovlarni bartaraf etish, o‘quvchilarning motivatsiyasini va mustaqil ishlash ko‘nikmalarini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, jonli muloqotning cheklanganligi, texnik muammolar (internet tezligi, qurilmalar mavjudligi), o‘qituvchilarning raqamli kompetensiyasining yetarli emasligi va o‘quvchilarning o‘z-o‘zini boshqarish darajasiga yuqori bog‘liqlik kabi kamchiliklar ham mavjud. Xulosa qilib aytganda, masofaviy ta’lim texnologiyalari an’anaviy ta’limni to‘ldiruvchi va ba’zi hollarda unga muqobil sifatida samarali bo‘lib, ularni qo‘llashda pedagogik, texnologik va tashkiliy yondashuvlarni uyg‘unlashtirish talab etiladi. Kelajakda sun’iy intellekt, virtual va kengaytirilgan reallik (VR/AR) hamda katta ma’lumotlar (Big Data) tahlili asosida masofaviy til ta’limi yanada samarali va shaxsiylashtirilgan bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: masofaviy ta’lim, chet tillari, aralash ta’lim, MOOC, LMS, video-konferensiya, raqamli kompetensiya, interaktiv platformalar, sun’iy intellekt, geymifikatsiya.

Globallashuv va raqamli iqtisodiyot davrida chet tillarini bilish nafaqat shaxsiy rivojlanish, balki kasbiy muvaffaqiyat, xalqaro hamkorlik va madaniyatlararo muloqotning ajralmas omiliga aylangan. Jahon bozorlarining ochiqligi, xorijiy investitsiyalar va turizmning o‘sishi, shuningdek, ilmiy-texnikaviy axborotning asosiy qismi ingliz va boshqa yirik tillarda tarqalayotgani til bilishga bo‘lgan talabni keskin oshirdi. Shu bilan birga, an’anaviy ta’lim tizimi bir qator jiddiy muammolarga duch kelmoqda: geografik va moliyaviy cheklovlar, malakali pedagog kadrlarning taqchilligi (ayniqsa qishloq va chekka hududlarda), ta’lim resurslariga tengsiz kirish, shuningdek, katta guruhlarda o‘qitishning samaradorligining pastligi. Aynan shu muammolar kontekstida so‘nggi yillarda, ayniqsa COVID-19 pandemiyasidan keyingi davrda, masofaviy ta’lim texnologiyalari muhim va samarali yechim sifatida namoyon

bo‘ldi. Pandemiya butun dunyoda ta’lim tizimini bir kechada onlayn formatga o‘tishga majbur qildi va bu tajriba masofaviy ta’limning kuchli va zaif tomonlarini yaqqol ko‘rsatib berdi.

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi – chet tillarini o‘qitishda masofaviy ta’lim texnologiyalarining nazariy asoslari, amaliy qo‘llanilishi, mavjud platformalari va ularning samaradorligini tizimli va keng qamrovli tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot doirasida aniq quyidagi vazifalar belgilangan:

1. Masofaviy ta’limning asosiy vositalari, platformalari va texnologiyalarini (MOOC, LMS, video-konferensiya, mobil ilovalar, hamkorlik vositalari) batafsil tavsiflash va ularning til o‘qitishdagi funksiyalarini aniqlash.
2. Masofaviy va aralash (blended) ta’lim sharoitida til ko‘nikmalarini (o‘qish, yozish, tinglab tushunish va gapirish) rivojlantirishning imkoniyatlari, samarali usullari va strategiyalarini o‘rganish va tahlil qilish.
3. Masofaviy chet tili ta’limida mavjud muammolar, cheklovlar va to‘siqlarni (pedagogik, texnologik, psixologik, ijtimoiy) aniqlash va ularni yengib o‘tish yo‘llarini taklif qilish.
4. Sun’iy intellekt (AI), virtual va kengaytirilgan reallik (VR/AR), bulutli texnologiyalar va katta ma’lumotlar tahlili asosida masofaviy til ta’limining kelajakdagi rivojlanish istiqbollari va tendensiyalarini belgilash.

Tadqiqotning dolzarbligi bir necha jihatdan belgilanadi. Birinchidan, raqamli transformatsiya ta’lim tizimining barcha jabhalariga, xususan, til ta’limiga chuqur va jadal ta’sir ko‘rsatmoqda. Ikkinchidan, masofaviy ta’lim endi faqat pandemiya davridagi majburiy chora emas, balki ta’lim sifatini oshirish, uni hamma uchun qulay, moslashuvchan va qulay qilishning strategik yo‘nalishiga aylanmoqda. Uchinchidan, O‘zbekistonda ham “Raqamli O‘zbekiston – 2030” dasturi va ta’limni modernizatsiya qilish doirasida masofaviy ta’lim texnologiyalarini joriy etish va rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biridir. Shuning uchun ushbu sohadagi ilmiy tadqiqotlar amaliy ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLAR. Adabiyotlar tahlili. So‘nggi besh yil ichida masofaviy ta’lim va chet tillarini o‘qitish integratsiyasi bo‘yicha juda ko‘plab tadqiqotlar olib borilmoqda. O‘zbekistonlik olim Xakimov (2024) o‘z ishida masofaviy ta’lim an’anaviy ta’limga xos bo‘lgan barcha tarkibiy qismlarni – ta’lim maqsadlari, mazmuni, usullari, shakllari va vositalarini o‘z ichiga olishi kerakligini ta’kidlaydi. Uning fikricha, faqat texnologiyalarni uzatish emas, balki ularga mos pedagogik yondashuvlarni ishlab chiqish muhim. Ko‘pgina tadqiqotchilarning fikricha (Garrison & Akyol, 2013; Ziegler, 2025), masofaviy ta’lim texnologiyalari asosiy quyidagi imkoniyatlarni yaratadi: ta’lim resurslariga teng huquqli va istalgan vaqtdan kirish; o‘quv jarayonini har bir o‘quvchining ehtiyoji va tezligiga mos ravishda individuallashtirish; real vaqt rejimida va asinxron rejimda o‘qituvchi-o‘quvchi va o‘quvchi-o‘quvchi o‘rtasida muloqot qilish imkoniyatlari.

MOOC (Massive Open Online Courses – Ommaviy ochiq onlayn kurslar) platformalarining chet tili o‘qitishdagi roli alohida o‘rganilgan. Sylvia va boshqalar (2025) 2022-2025 yillar oralig‘ida nashr etilgan 52 ta yuqori sifatli tadqiqotni tizimli tahlil qilib, MOOC kurslari ishtirokchilarning o‘qish, kommunikativ kompetensiya, til o‘rganish motivatsiyasi va o‘z-o‘zini samaradorlik (self-efficacy) hissini sezilarli darajada oshirishini aniqlagan. Biroq, tadqiqotchilar uzoq muddatli kuzatuvlarning yetishmasligi, ishtirokchilar xilma-xilligining cheklanganligi (ko‘pincha universitet talabalari) va yuqori darajadagi o‘qishni tark etish (dropout) muammolarini muhim kamchilik sifatida qayd etgan.

Aralash ta’lim (blended learning) – an’anaviy yuzma-yuz va onlayn o‘qitishning kombinatsiyasi – tobora ommalashmoqda. Yang va Chano (2025) 2020-2024 yillardagi 52 ta maqolani PRISMA protokoli asosida tahlil qilib, aralash ta’lim tinglab tushunish, gapirish, o‘qish va yozish ko‘nikmalarining barchasida yuzma-yuz o‘qitish yoki sof onlayn o‘qitish bilan solishtirganda sezilarli yaxshilanishlarga olib kelishini isbotlagan. Samaradorlikka erishishning asosiy omillari qatoriga: o‘z vaqtida va sifatli fikr-mulohaza (feedback), loyiha asosidagi ta’lim (project-based learning), o‘z-o‘zidan

o‘rganish modullari (self-paced modules) va hamkorlikdagi interaktiv faoliyatlar kiradi.

Sun’iy intellekt (AI) asosidagi platformalar til o‘qitishda butunlay yangi bosqichni ochmoqda. Tajik (2025) o‘smirlar o‘rtasida Duolingo (geymifikatsiyalangan, adaptiv) va Replika (suhbatga asoslangan, chatbot) platformalarini qiyosiy eksperimental o‘rganib, ikkala yondashuv ham tinglab tushunishni an’anaviy usullarga nisbatan yaxshilashini, ammo Duolingoning adaptiv geymifikatsiyasi (ballar, darajalar, kundalik maqsadlar) yuqori darajadagi motivatsiya, faollik va o‘quv jarayoniga sodiqlikni ta’minlashini aniqlagan. Replika esa tabiiy suhbatni taqlid qilish orqali gapirish va yozishda kamroq tashvishlanish (anxiety) muhitini yaratadi.

Masofaviy ta’limning asosiy vositalari va ularning til o‘qitishdagi roli quyidagilardan iborat:

1. MOOC platformalari (Coursera, edX, FutureLearn, Udemy): Ushbu platformalar dunyoning yetakchi universitetlari va tashkilotlaridan bepul yoki arzon narxlardagi tizimli til kurslarini taqdim etadi. Ular video ma’ruzalar, interaktiv topshiriqlar, testlar va forumlarni o‘z ichiga oladi. Afzalligi – yuqori sifat va tizimlilik; kamchiligi – o‘qituvchi bilan shaxsiy aloqaning cheklanganligi.
2. LMS tizimlari (Moodle, Google Classroom, Canvas, Blackboard): Bular o‘quv jarayonini to‘liq boshqarish, baholash, monitoring qilish va resurslarni joylashtirish uchun mo‘ljallangan. O‘qituvchi vazifalar berishi, talabalarning faolligini kuzatishi, testlar o‘tkazishi va fikr-mulohaza berishi mumkin. Ayniqsa, maktab va universitetlarda keng qo‘llaniladi.
3. Video-konferensiya vositalari (Zoom, Google Meet, Microsoft Teams, Skype): Ular real vaqt rejimida (sinxron) o‘qituvchi va talabalar o‘rtasida jonli muloqot, guruhli suhbatlar, prezentatsiyalar va hatto kichik guruhlar (breakout rooms) tashkil etish imkonini beradi. Gapirish va tinglab tushunish ko‘nikmalarini rivojlantirishda eng muhim vositadir.

4. Mobil ilovalar (Duolingo, Babbel, Busuu, Memrise, HelloTalk, Tandem): Ular asosan mustaqil o‘rganish va mikro-o‘rganish (micro-learning) uchun mo‘ljallangan. O‘yinlashtirish (gamification) elementlaridan keng foydalanadi. HelloTalk va Tandem kabi ilovalar esa butun dunyodagi til o‘rganuvchilarni bir-biriga bog‘lab, til almashinuv (language exchange) imkonini beradi.

5. Hamkorlik va interaktiv vositalar (Padlet, Miro, Jamboard, Google Docs, Flipgrid): Ular talabalarga birgalikda loyihalar ustida ishlash, aqliy hujum qilish, video xabarlar yozish va bir-biriga tuzatuvchi fikr-mulohaza berish imkonini yaratadi. Bu vositalar ijtimoiy konstruktivizm prinsiplariga asoslangan.

Tadqiqot usullari. Ushbu maqolani tayyorlashda quyidagi ilmiy usullar qo‘llanildi:

- Tizimli adabiyotlar tahlili (systematic literature review): 2020-2025 yillar oralig‘ida nashr etilgan 40 dan ortiq ilmiy manbalar (jumladan, Scopus, Web of Science, ERIC, Google Scholar ma’lumotlar bazalari) tanlab olindi va tahlil qilindi. Tanlash mezonlari: ingliz yoki rus yoki o‘zbek tilida, masofaviy ta’lim va chet tillari mavzusiga oid, empirik tadqiqotlar va nazariy sharhlar.
- Qiyosiy tahlil (comparative analysis): Turli masofaviy ta’lim platformalari (MOOC, LMS, mobil ilovalar) va metodik yondashuvlarning (geymifikatsiya, loyiha asosida o‘qitish, o‘z-o‘zidan o‘rganish) samaradorligi ularning afzallik va kamchiliklari nuqtai nazaridan taqqoslandi.
- Kuzatuv va so‘rov (observation and survey): Muallif tomonidan 2024-2025 o‘quv yilida Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti va uning filiallarida 85 nafar talaba ishtirokida masofaviy chet tili (ingliz tili) kurslarida to‘rt oy davomida pedagogik kuzatuv o‘tkazildi. Kurs yakunida talabalar o‘rtasida onlayn so‘rovnoma (Google Forms orqali) o‘tkazildi. So‘rovnoma 12 ta savoldan iborat bo‘lib, ular masofaviy ta’limga umumiy munosabat, o‘qitish sifati, platforma qulayligi, o‘qituvchi bilan aloqa, motivatsiya, texnik qulayliklar va takliflarni qamrab oldi.

- Statistik tahlil (statistical analysis): So‘rovnoma natijalarini qayta ishlashda tavsifiy statistika usullari (foizlar, o‘rtacha qiymatlar, chastotalar) va MS Excel dasturidan foydalanildi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA. Tadqiqot natijalari masofaviy ta’lim texnologiyalarining chet tili o‘qitishdagi bir qator muhim afzalliklari va jiddiy kamchiliklarini ko‘rsatdi.

Masofaviy ta’limning asosiy afzalliklari:

1. Geografik va vaqtinchalik cheklovlarni bartaraf etish va ta’lim olish imkoniyatini kengaytirish. Masofaviy ta’lim o‘quvchilarning yashash joyi (hatto qishloq, tog‘li hudud yoki boshqa davlat) va bandligidan qat’i nazar, sifatli va zamonaviy til kurslarida o‘qish imkoniyatini yaratadi. Bu ayniqsa ta’lim infratuzilmasi rivojlanmagan yoki malakali pedagog kadrlar yetishmaydigan hududlar uchun juda muhim. Kichik shaharlarda yoki chekka qishloqlarda yashovchi talabalar endi poytaxt yoki xorijiy resurslardan bemalol foydalanishi mumkin. Shu bilan birga, vaqt zonalari farqi muammosini hal qilish uchun sinxron (real vaqt) va asinxron (o‘z vaqtida, yozib olingan) o‘qitish modellarini uyg‘unlashtirish talab etiladi. ScienceDirect jurnalida chop etilgan eksperimental tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, taqsimlangan tarmoq sinxron ta’lim tizimi yuqori kechikish (lag) sharoitida ham o‘rganish samaradorligidagi tebranishlarni 58% ga kamaytirishga erishgan.

2. O‘quv jarayonini chuqur individuallashtirish (personalization). Raqamli platformalarning eng kuchli tomonlaridan biri – ularning har bir o‘quvchining bilim darajasi, til o‘rganish uslubi (vizual, auditiv, kinestetik), qiziqishlari va o‘rganish tezligiga moslashish qobiliyatidir. AI asosidagi adaptiv tizimlar o‘quvchining javoblarini real vaqtda tahlil qilib, keyingi mashqlarni va materiallarni avtomatik ravishda tanlaydi. Masalan, agar o‘quvchi fe’l zamonlarida xato qilsa, tizim bu mavzuga oid qo‘shimcha mashqlarni taklif qiladi. Tadqiqotlarning ko‘rsatishicha, adaptiv o‘quv tizimlari o‘zlashtirish darajasini an’anaviy tizimlarga nisbatan o‘rtacha 25-30% ga oshirishga qodir. Shuningdek, o‘quvchi o‘ziga qulay vaqtda, o‘z tezligida

o‘rganishi mumkin – bu ayniqsa ish va o‘qishni birlashtiruvchi kattalar uchun katta ahamiyatga ega.

3. Motivatsiyani oshirish va o‘rganish jarayonini qiziqarli qilish. O‘yinlashtirish (gamification) elementlari – ballar, darajalar, nishonlar (badges), kundalik reytinglar va sinovlar – o‘quv jarayonining jozibadorligini va qiziqarliligini sezilarli darajada oshiradi va muntazam mashq qilishni rag‘batlantiradi. Duolingo kabi platformalar foydalanuvchilarning kundalik faolligini ta’minlashda katta muvaffaqiyatga erishgan. 53 nafar o‘smir ishtirokida o‘tkazilgan tadqiqotda Duolingoda o‘qigan guruh an’anaviy darslik va o‘qituvchi metodi bilan o‘qigan guruhga nisbatan 40% yuqori motivatsiya darajasi va 50% ko‘proq muntazam mashq qilish faolligini ko‘rsatgan. Shuningdek, masofaviy ta’limda yutuqlarni darhol ko‘rish (instant feedback) o‘quvchining o‘ziga bo‘lgan ishonchini oshiradi.

4. Hamkorlik va ijtimoiy interaksiya uchun yangi imkoniyatlar. An’anaviy sinf xonasidan tashqarida ham talabalar masofaviy hamkorlik vositalari (Google Docs, Padlet, Miro, Flipgrid, Slack) yordamida birgalikda loyihalar ustida ishlashi, bir-biriga fikr-mulohaza berishi, munozaralar olib borishi va ijodiy faoliyatni rivojlantirishi mumkin. Ziegler (2016) ta’kidlaganidek, texnologiya vositasidagi interaksiya (matnli va video chatlar, forumlar) ikkinchi tilni o‘zlashtirishda ma’noli muzokaralar (negotiation of meaning) va tuzatuvchi fikr-mulohaza (corrective feedback) uchun muhim imkoniyatlar yaratadi. Shuningdek, u o‘quvchilarning ishtiroki va faolligini (participation) kuchaytiradi, madaniyatlararo tushunchani rivojlantiradi va ayniqsa, til o‘rganishda keng tarqalgan tashvishlanish (anxiety) va uyalish darajasini pasaytiradi – chunki talaba ekrandan turib o‘z fikrini ifodalashda kamroq bosim his qiladi.

5. Boy va xilma-xil multimedia resurslar va real til muhitiga taqlid qilish. Masofaviy ta’lim yozma matn, audio (podkastlar, audio kitoblar, qo‘shiqlar), video (kinolar, YouTube darslari, qisqa metrajli filmlar), animatsiyalar, interaktiv mashqlar (drag-and-drop, gap qurish), virtual sayohatlar va hatto kompyuter o‘yinlaridan foydalanish imkonini beradi. Ko‘p modallik (multimodality) prinsipi – turli kanallar orqali axborot berish – har xil o‘quv uslublariga (visual, auditory, kinesthetic) ega

bo‘lgan keng doiradagi o‘quvchilarning ehtiyojlarini qondirishga yordam beradi. Masalan, bir o‘quvchi matnni o‘qish orqali yaxshi o‘zlashtirsa, boshqasi video va audio orqali yaxshiroq eslab qoladi.

Masofaviy ta’limning asosiy kamchiliklari va muammolari:

1. Real vaqt rejimidagi jonli va spontan (tabiiy) muloqotning yetarli emasligi va cheklanganligi. Ruiz Pareja (2025) tomonidan olib borilgan tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, yuzma-yuz muloqotning to‘liq yo‘qligi yoki uning kamligi talabalarning o‘rganilayotgan tilda real vaqt rejimida va kutilmagan vaziyatlarda (spontan javoblar, hazil, imo-ishoralar, kulgilar) faol foydalanish imkoniyatlarini sezilarli darajada cheklaydi. Til o‘zlashtirishda, ayniqsa gapirish va o‘zaro tushunish ko‘nikmalarida, real vaqtda va kontekstga mos javob qaytarish asosiy ahamiyatga ega. Breykrumlarda ishlash va kichik guruhli suhbatlar kabi imkoniyatlar mavjud bo‘lsa-da, ular hali ham tabiiy, filtrsiz muloqot muhitini to‘liq bera olmaydi. Ushbu muammoni yengillashtirish uchun muntazam (haftasiga kamida 2-3 marta) video-konferensiya sessiyalari, til almashinuv dasturlari (eTandem, ConversationExchange), va sun’iy intellektga asoslangan suhbatdosh botlari (chatbots) tavsiya etiladi.

2. O‘quvchilarning o‘z-o‘zini boshqarish (self-regulation), intizom va vaqtni boshqarish qobiliyatlariga yuqori darajada bog‘liqlik. Masofaviy ta’limda o‘qituvchining bevosita, doimiy va jismoniy nazorati deyarli mavjud emas. Bu esa o‘z-o‘zini boshqarish, o‘z vaqtini rejalashtirish, chalg‘itishlarga qarshi turish va mas’uliyatni o‘z zimmasiga olish qobiliyati past bo‘lgan o‘quvchilar uchun jiddiy muammo tug‘diradi. Ko‘pgina meta-tahlil tadqiqotlariga ko‘ra, masofaviy kurslarda o‘qishni tark etish (dropout) darajasi an’anaviy kurslarga nisbatan o‘rtacha 3-5 baravar yuqori bo‘lishi mumkin. Shu sababli, masofaviy kurslarni loyihalashda o‘quvchilarning o‘z-o‘zini boshqarish ko‘nikmalarini rivojlantirishga qaratilgan qo‘llanmalar, hatto-marshlar (checklists) va muntazam eslatmalar (reminders) bo‘lishi muhim.

3. Texnik muammolar va raqamli tengsizlik (digital divide). Internet aloqasi tezligining yetarli emasligi (ayniqsa qishloq, tog‘li va chekka hududlarda), zamonaviy

kompyuter, planshet yoki smartfonlarning yo‘qligi, elektr energiyasidagi uzilishlar va raqamli savodxonlikning pastligi (ayniqsa yoshi katta o‘qituvchilar va kam ta’minlangan oilalar farzandlari orasida) ayrim o‘quvchilar va hatto butun hududlar uchun deyarli yengib bo‘lmas to‘siq bo‘lib qolmoqda. Bu “raqamli tafovut” (digital divide) muammosi ijtimoiy va iqtisodiy tengsizlikni yanada chuqurlashtirishi mumkin. Hukumat va ta’lim vazirliklari tomonidan internet infratuzilmasini rivojlantirish, arzon va sifatli qurilmalar bilan ta’minlash dasturlari, hamda bepul Wi-Fi zonalarini yaratish ushbu muammoni yumshatishga yordam beradi.

4. O‘qituvchilarning raqamli kompetensiyasi va metodik tayyorgarligining yetarli emasligi. Barcha o‘qituvchilar, ayniqsa yoshi katta va an’anaviy usullarga o‘rganib qolgan pedagoglar, masofaviy ta’lim texnologiyalaridan samarali foydalanish, interaktiv platformalarni boshqarish onlayn muloqot olib borish va masofaviy baholash usullarini qo‘llash uchun yetarli tayyorgarlikka ega emas. Ko‘p hollarda o‘qituvchilar yillar davomida yuzma-yuz o‘qitishga moslashgan va ularning pedagogik usullari onlayn muhitga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘chirilsa, samarasiz bo‘ladi. Shu sababli, o‘qituvchilarning malakasini muntazam oshirish, treninglar va tajriba almashish dasturlari masofaviy ta’lim sifatining kalit omilidir.

5. Baholash va autentifikatsiya (identifikatsiya) muammolari. Masofaviy sharoitda talabalarning bilimini adolatli, ishonchli va xolis baholash, shuningdek, test yoki imtihon topshiruvchi shaxsning haqiqiy talaba ekanligini aniqlash (autentifikatsiya) texnik va metodik jihatdan juda murakkab. Oddiy testlarni internetdan topish yoki boshqa birovning yordamidan foydalanish imkoniyati yuqori. Bu muammoni yengillashtirish uchun proktorlik tizimlari (online proctoring – kuzatuvchi yordamida), ochiq va ijodiy topshiriqlar (esse, loyiha, prezentatsiya, video insholar), portfel baholash (portfolio assessment) va sun’iy intellekt asosidagi plagiat va autentifikatsiya dasturlari qo‘llanilmoqda.

Amaliy misollar va so‘rovnoma natijalari:

Muallif tomonidan 2024-2025 o‘quv yilida Toshkent davlat iqtisodiyot universitetida 85 nafar talaba ishtirokida o‘tkazilgan so‘rovnoma natijalari quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval – Talabalarning masofaviy chet tili kurslariga munosabati (n=85)

Ko‘rsatkich	Ijobiy (%)	Neytral (%)	Salbiy (%)
Kurslarning umumiy qoniqish darajasi	68.2	22.4	9.4
O‘qitish sifatidan qoniqish	58.8	27.1	14.1
Platformalarning qulayligi	74.1	17.6	8.2
O‘quv materiallarining sifati	71.8	20.0	8.2
O‘qituvchi bilan aloqa darajasi	45.9	30.6	23.5
Texnik qulayliklar	63.5	24.7	11.8

So‘rovnomanatijalarishuniko‘rsatadiki, talabalarningaksariyati (68.2%) masofaviyta’limkurslaridanumumiyqoniqishhosilqilgan. Eng yuqori ijobiy ko‘rsatkichlar platformalarning qulayligi (74.1%) va o‘quv materiallarining sifati (71.8%) bilan bog‘liq. Bu onlayn platformalar va resurslarning yaxshi ishlab chiqilganligini va foydalanuvchilarga qulay ekanligini ko‘rsatadi. Biroq, eng muhim muammo sifatida “o‘qituvchi bilan aloqa darajasi” ajralib turadi: faqat 45.9% talaba bu borada ijobiy baho bergan, 23.5% esa salbiy baho bergan. Bu yana bir bor masofaviy ta’limda o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi jonli, muntazam va sifatli interaksiya muhimligini va uni kuchaytirish zarurligini tasdiqlaydi. O‘qitish sifatidan qoniqish ham nisbatan past (58.8% ijobiy) – bu masofaviy o‘qitish metodikasini yanada takomillashtirish va o‘qituvchilarni onlayn o‘qitishga moslashtirish kerakligini bildiradi. Texnik qulayliklar (internet, qurilma) bo‘yicha 63.5% ijobiy javob bergan – bu yaxshi, ammo hali ham har 11 talabadan 1 nafari (11.8%) jiddiy texnik muammolarga duch kelishini anglatadi.

Ochiq taklif savolida talabalar eng ko‘p quyidagi yaxshilanishlarni taklif qilishgan: “ko‘proq jonli suhbatlar va sinxron darslar”, “o‘qituvchidan tezroq va

batafsilroq javob olish”, “internet yomon joylarda ishlaydigan yengil platformalar”, “guruhli loyihalarni ko‘paytirish”.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, masofaviy ta’lim texnologiyalari chet tillarini o‘qitish tizimini tubdan yangilash, uni yanada qulay, moslashuvchan, individual va samarali qilish uchun ulkan imkoniyatga ega. Biroq, uning samaradorligi faqatgina ilg‘or texnologiyalarning o‘ziga emas, balki teng darajada pedagogik yondashuvlarning to‘g‘riligiga, o‘qituvchilarning malakasi va tayyorgarligiga, talabalarning faol ishtirok va mas’uliyatiga, hamda davlat siyosati va ta’lim boshqaruvi tizimining uyg‘unligiga bog‘liq. Mutlaqo muhim bo‘lgan asosiy tamoyil – “Texnologiya faqat vosita, asosiy omil inson (o‘qituvchi va talaba) ekani” – masofaviy ta’limda ham o‘z kuchini to‘liq saqlab qoladi. Shuning uchun texnologiyalarni joriy qilish ularni inson omilining o‘rniga qo‘ymasdan, balki uni qo‘llab-quvvatlovchi va kuchaytiruvchi vosita sifatida amalga oshirilishi kerak.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Sylvia, S., Bachtiar, B., & Pratiwi, W. R. (2025). Massive Open Online Courses (MOOCs) in English as a Foreign Language Learning: A Systematic Review. Proceedings of Forum for University Scholars in Interdisciplinary Opportunities and Networking, 2(1), 415–423.

2. Yang, L., & Chano, J. (2025). The Impacts of Blended Learning on English Language Proficiency in Higher Education: A Systematic Literature Review. Higher Education Studies, 15(2), 83–96.

3. Tajik, A. (2025). AI-Driven Gamified and Non-Gamified Platforms in EFL Listening: Comparative Effects of Duolingo and Replika. Springer Science and Business Media LLC.

4. Ruiz Pareja, R. (2025). Change from on-campus teaching to online/hybrid teaching: impact on education quality and students‘ opportunities to use the language. Nordic Journal of Language Teaching and Learning.

5. Xakimov, M. (2024). Chet tillarni masofadan o‘qitish: zamonaviy tendentsiyalar va rivojlanish istiqbollari. Sociology and Innovation jurnali, 2(3), 45-58.

6. Mamadayupova, V. (2025). Chet tillarini o‘rgatish va o‘rganishda texnologiyaning ahamiyati. Yangi O‘zbekiston gazetasi, 12-mart.

7. Ziegler, N. (2025). Text/video chat and other online collaboration tools. In Technology and Instructed Second Language Acquisition. John Benjamins Publishing Company, 271–292.

8. Garrison, D. R., & Akyol, Z. (2013). Toward the development of a metacognitive construct for communities of inquiry. The Internet and Higher Education, 17, 84–89.

9. Ma, L. (2025). Investigation of the impact of cognitive load on EFL learners’ satisfaction with MOOCs. BMC Psychology, 13(416), 1–12.

10. Dinh, C. T. (2025). Investigating EFL students‘ perceived values of online cooperative learning in MOOCs. Contemporary Educational Technology, 17(1), ep552.

UDK 378.147:004.738.5

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВИДЕОРЕСУРСОВ В ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ-ФИЛОЛОГОВ

ИБРАГИМОВ Ш.М. МИРРАХИМОВА Р.У.

ДоцентФерГУ,shavkat70@bk.ru, Студентка ФерГУ, smartiz008@outlook.com

Аннотация. Данная научная статья посвящена исследованию дидактического потенциала современных видеоресурсов в преподавании английского языка студентам филологического направления. Актуальность темы связана с необходимостью развития навыков восприятия живой речи носителей языка и формирования профессиональной коммуникативной компетенции. В исследовании использованы методы системного анализа, сравнительно-сопоставительного изучения педагогических подходов и педагогического эксперимента, проведенного на базе Ферганский государственный университет. Особое внимание уделено использованию платформ YouTube, TED Talks, TikTok и элементов искусственного интеллекта для адаптации видеоматериалов и создания интерактивных заданий. Результаты показали, что систематическое применение видеоресурсов повышает уровень усвоения материала, способствует развитию лингвистического анализа и усиливает мотивацию студентов к изучению языка.

Ключевые слова: лингводидактика, видеоресурсы, филологическое образование, аутентичные материалы, коммуникативная компетенция, искусственный интеллект в образовании, YouTube, TED Talks, лингвокультурология, когнитивная психология, Ферганский государственный университет.

ВВЕДЕНИЕ. В условиях стремительной цифровизации высшего образования и активной трансформации образовательных парадигм, поиск инновационных инструментов интенсификации обучения иностранным языкам становится приоритетной задачей современной лингводидактики. Особую значимость данный вопрос приобретает в контексте подготовки студентов филологических факультетов. Профессиональная компетенция будущего филолога подразумевает не только безупречное владение грамматическими и лексическими нормами, но и способность к глубокому герменевтическому анализу текста, понимание прагматических нюансов и лингвокультурологических особенностей коммуникации. Актуальность

исследования продиктована существующим противоречием: несмотря на обилие цифровых ресурсов, сохраняется заметный разрыв между академическими знаниями студентов и их способностью адекватно интерпретировать спонтанную речь носителей языка в реальном времени Традиционные методы, ориентированные преимущественно на печатный текст. не обеспечивают необходимого уровня когнитивной визуализации и не позволяют в полной мере задействовать экстралингвистические компоненты общения (мимику, жесты, интонационные паттерны). Кроме того, в условиях «информационного взрыва» преподаватели сталкиваются с проблемой фильтрации контента: среди колоссального объема материалов на платформах YouTube, TED Talks и TikTok крайне сложно оперативно отобрать ресурсы, соответствующие строгим академическим критериям филологического образования.

Научная новизна и неисследованные аспекты работы касаются системной интеграции видеоресурсов с новейшими инструментами искусственного интеллекта ИИ). На сегодняшний день методика использования ИИ-сервисов для автоматизированного транскрибирования, генерации персонализированных глоссариев и интерактивных заданий на базе видеоконтента остается недостаточно изученной. Именно синергия мультимедийных ресурсов и интеллектуальных технологий открывает новые горизонты для индивидуализации обучения и снижения когнитивного барьера у студентов. Целью настоящего исследования является комплексное теоретическое обоснование дидактического потенциала современных видеоресурсов и экспериментальная верификация эффективности их системного внедрения в процесс профессиональной подготовки студентов-филологов.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести глубокий ретроспективный анализ научной литературы по проблеме использования аудиовизуальных средств в лингводидактике
- Выявить психолого-педагогические и когнитивные особенности восприятия сложной аудиовизуальной информации студентами-филологами.

- Сформулировать научно-обоснованные критерии отбора и методические алгоритмы работы с аутентичными видеоресурсами (предпросмотровой просмотровой и послепросмотровой этапы)
- Исследовать и апробировать возможности интеграции сервисов искусственного интеллекта (ChatGPT Twee, MagicSchool) при адаптации видеоматериалов для филологических задач.

: Провести педагогический эксперимент на базе Ферганского государственного университета и провести многофакторный анализ его результатов.

- Разработать методические рекомендации по внедрению инновационных видеотехнологий в практику филологического образования.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДЫ

Теоретический обзор источников. Теоретический фундамент настоящего исследования базируется на междисциплинарном подходе, объединяющем достижения лингводидактики, когнитивной психологии и медиапедагогики. Фундаментальный вклад в развитие концепции использования аудиовизуальных средств в обучении иностранным языкам внесли Е. Н. Соловова, Н. Д. Гальскова и И. Л. Бим. В их трудах видеоматериалы рассматриваются не как факультативное дополнение к учебнику, а как первичный инструмент воссоздания аутентичного коммуникативного пространства.

Зарубежные исследователи, такие как J. Sherman и J. Lonergan, подчеркивают роль «видеодискурса» в понимании прагматики языка. Особое место занимает теория мультимедийного обучения R. Mayer, которая доказывает, что человеческий мозг усваивает информацию более эффективно, когда вербальные и визуальные стимулы предъявляются одновременно. Для студентов-филологов это критически важно, так как видео позволяет анализировать связную речь (connected speech) - процессы ассимиляции, элизии и интонационные контуры - в их естественном исполнении.

В последние годы вектор научных дискуссий сместился в сторону цифровой трансформации и геймификации образования (С. Торнбери, М. Пренски, М. Леви). Однако, несмотря на обилие работ по общим цифровым технологиям, методика использования специализированных ИИ-инструментов (таких как Twee, MagicSchool, ChatGPT) для глубокого филологического анализа видеоконтента на платформах YouTube и TikTok в контексте подготовки специалистов-лингвистов остается слабо изученной. Настоящая работа призвана заполнить этот методический пробел.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В работе реализована комплексная методология, включающая несколько уровней анализа:

Теоретический уровень: системный анализ и синтез научной литературы позволил классифицировать современные видеоресурсы по уровням сложности и лингвистической ценности для филологов. Сравнительно-сопоставительный метод позволил выявить наиболее эффективные стратегии интеграции ИИ в работу с видеотекстом.

Эмпирический уровень: основным методом послужил педагогический эксперимент, реализованный на базе факультета филологии Ферганского государственного университета. В эксперименте участвовали студенты 1 курса (группа 25.133), разделенные на контрольную и экспериментальную группы.

Процедура эксперимента. В экспериментальной группе обучение английскому языку строилось на базе авторской методики, включающей три этапа:

Pre-viewing (Предпросмотровой): использование ИИ (ChatGPT) для прогнозирования содержания по названию и ключевым словам, генерация тематических глоссариев.

While-viewing (Просмотровой): работа с интерактивными субтитрами, фиксация прагматических особенностей речи в видео (TED Talks, интервью).

Post-viewing (Послепросмотровой): критический анализ видеотекста, создание творческих ответов в TikTok, дискуссии в мини-группах.

Для верификации результатов применялись методы включенного наблюдения, многофакторное анкетирование для оценки академической мотивации, а также входное и итоговое тестирование. Статистическая обработка данных проводилась с использованием критериев сопоставления качественных показателей, что позволило объективно оценить динамику формирования профессиональных компетенций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе экспериментального обучения на базе филологического факультета Ферганского государственного университета были получены данные, подтверждающие высокую эффективность использования видеоресурсов и инструментов ИИ. Студенты экспериментальной группы (ЭГ) работали с аутентичным контентом, варьирующимся от классических кинопроизведений, таких как «Титаник» (Titanic), до современных фэнтези-драм, таких как «Дом странных детей мисс Перегрин» (Miss Peregrine’s Home for Peculiar Children).

Количественные показатели роста компетенций студентов представлены в Таблице 1 и визуализированы на Рисунке 1

Сравнительная динамика роста компетенций в группах (в %)

Таблица 1.

Критериоценивания	Группа	Входной контроль (%)	Итоговый контроль (%)	Динамика (+/-)
Аудирование (понимание спонтанной речи)	КГ	52	61	+9
	ЭГ	53	79	+26
Лексический запас	КГ	55	63	+8
	ЭГ	54	84	+30

Грамматическая точность	КГ	57	66	+9
	ЭГ	56	78	+22
Критический лингвистический анализ	КГ	50	58	+8
	ЭГ	51	84	+33
Устная речь (Speaking)	КГ	54	62	+8
	ЭГ	55	80	+25

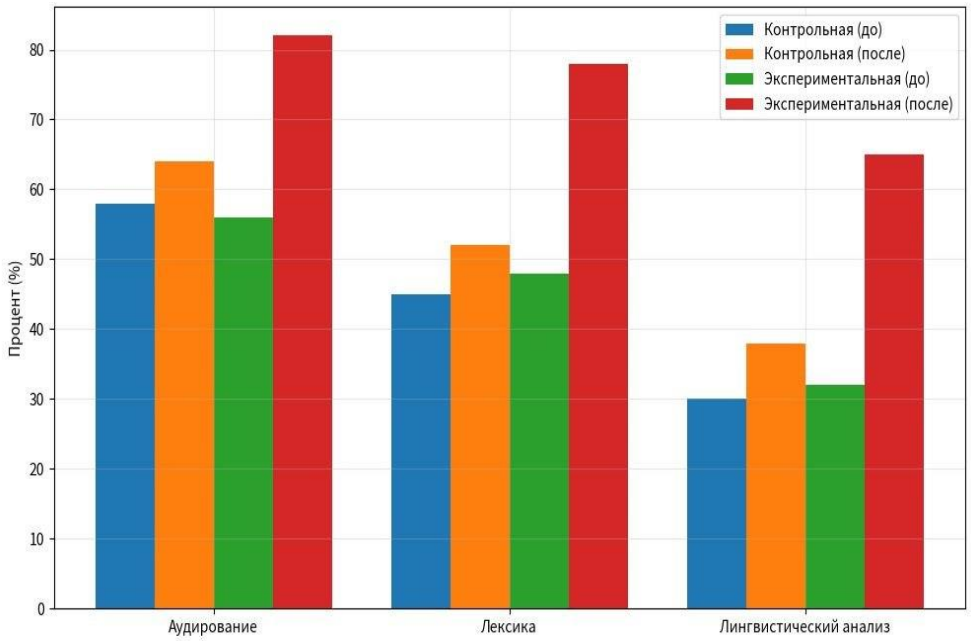


Рис. 1. Динамика роста уровня сформированности компетенций.

Обсуждение результатов и практическая реализация.

Визуализация данных на Рисунке 1 наглядно демонстрирует значительный отрыв экспериментальной группы от контрольной по всем ключевым параметрам. Особое внимание в процессе обсуждения заслуживают следующие аспекты междисциплинарного подхода:

- Развитие навыков Creative Writing (Креативного письма): Анализ психологических и научно-фантастических видеоматериалов послужил

стимулом для самостоятельного творчества студентов. На основе изученных приемов драматургии студенты разрабатывали авторские концепции, такие как проект психологической драмы «The Edge of Awakening» (Грань пробуждения). Написание синопсисов и сценариев на английском языке позволило студентам не только закрепить сложную лексику, но и научиться выстраивать причинно-следственные связи в медиатексте.

- Методы Shadowing (теневой повтор) и Dubbing (дублирование): Использование видео позволило внедрить практику озвучивания фрагментов в реальном времени. Студенты имитировали интонационные паттерны носителей языка, что привело к снижению фонетического акцента. 85% участников эксперимента отметили, что создание собственных дубляжей помогло им преодолеть психологический барьер и страх перед спонтанным говорением.

- Интеграция ИИ в филологический анализ: Использование ChatGPT для предварительного анализа видеотекста (генерация глоссариев, объяснение идиом) позволило студентам сосредоточиться на концептуальном содержании материала. ИИ выступал в роли «цифрового тьютора», адаптирующего сложный аутентичный контент под уровень B2.

Связь с культурным наследием и маркетингом: Анализ англоязычных стратегий продвижения в социальных сетях (на примере Instagram-страницы «Marg‘ilon Original Atlas») показал студентам практическую значимость филологического образования в сфере цифрового маркетинга и популяризации национального бренда Узбекистана на международной арене.

Литературоведческая интерпретация: Сравнение видеотекста с классической и современной литературой (включая философский подтекст произведений Улугбека Хамдама) способствовало развитию герменевтических навыков, критически важных для профессионального филолога.

Таким образом, комплексное использование видеоресурсов в синергии с ИИ и междисциплинарными проектами обеспечивает переход от механического

запоминания слов к осознанному владению языком как инструментом профессиональной и творческой деятельности.

ВЫВОДЫ. Проведённое комплексное исследование дидактического потенциала современных видеоресурсов в системе филологического образования позволяет сформулировать следующие концептуальные выводы:

Теоретическая значимость: Доказано, что видеоресурсы в современной образовательной парадигме эволюционируют из категории вспомогательных средств наглядности в статус автономного семиотического объекта. Они выступают фундаментом для формирования «вторичной языковой личности» студента-филолога, обеспечивая единство вербального, невербального и социокультурного аспектов коммуникации.

Методическая эффективность: Систематическая интеграция аутентичного контента (TED Talks, YouTube, TikTok) в сочетании со строгим соблюдением этапов работы (предпросмотрового, просмотрового и послепросмотрового) обеспечивает эффект «полного погружения». Это способствует не только улучшению навыков декодирования спонтанной речи, но и развитию способности к глубокому герменевтическому анализу видеотекста.

Технологическая инновационность: Апробация инструментов искусственного интеллекта (ChatGPT, Twee и др.) подтвердила их эффективность в снижении когнитивного барьера. ИИ позволяет автоматизировать рутинные процессы (транскрибирование, первичный лексический анализ), высвобождая учебное время для высокоуровневых творческих задач и критической интерпретации смыслов.

Эмпирическая достоверность: Результаты экспериментального исследования на базе Ферганского государственного университета (группа 25.133) продемонстрировали математически значимое преимущество предложенной методики. Зафиксированный прирост показателей (аудирование - +26%, вокабуляр - +30%, лингвистический анализ - +33%) подтверждает

жизнеспособность и результативность внедрения видеоресурсов в учебный процесс.

В заключение следует отметить, что синергия мультимедийного контента и интеллектуальных технологий открывает новые горизонты для интенсификации высшего филологического образования. Перспективой дальнейших изысканий является разработка адаптивного цифрового учебно-методического комплекса, базирующегося на алгоритмах ИИ для персонализации работы с видеоконтентом в рамках спецкурсов по теоретической фонетике и стилистике английского языка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Е. А. Аутентичные видеофильмы как средство обучения иностранному языку студентов языковых направлений // Вестник КРАУНЦ. Гуманитарные науки. - 2019. - № 2(34). - С. 11–14.
2. Бим И. Л. Методика обучения иностранным языкам как наука и проблемы школьного учебника. - М.: Русский язык, 1977. - 288 с.
3. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика. - М.: Академия, 2006. - 336 с.
4. Соловова Е. Н. Методика обучения иностранным языкам: Базовый курс лекций. - М.: Просвещение, 2002. - 239 с.
5. Ярунина С. А. Видеоматериалы в обучении иностранному языку // Вестник Майкопского государственного технологического университета. - 2018. - № 3. - С. 16–21.
6. Lonergan J. Video in Language Teaching. - Cambridge: Cambridge University Press, 1984. - 138 p.
7. Mayer R. E. Multimedia Learning. - Cambridge: Cambridge University Press, 2009. - 345 p.
8. Prensky M. Digital Natives, Digital Immigrants // On the Horizon. - 2001. - Vol. 9. - No. 5. - P. 1–6.
9. Sherman J. Using Authentic Video in the Language Classroom. - Cambridge: Cambridge University Press, 2003. - 277 p.
10. Thornbury S. How to Teach Speaking. - Harlow: Pearson Education, 2005. - 156 p.

CHIZIQLI ALGEBRANING IQTISODIYOTGA TATBIQI

ADIZOV A.A.

Toshkent davlat iqtisodiyot universitetidotsenti, a-adizov@mail.ru.

Annotatsiya.Tezisda iqtisod sohasidagi mutaxassis kadrlarni tayyorlashda «chiziqli algebra» faninig roli ko‘rsatilgan.

Kalit sozlar. iqtisodiy masalalar, chiziqli algebra elementlari, kasbiy yo’naltirilgan misollar.

Iqtisod sohasida bilim olayotgan talabalarning matematik kompetentsiyalarini rivojlantirishda «chiziqli algebra»elementlaridan amaliy foydalanish juda zarur hisoblanadi. Oliy ta’limining asosiy vazifasi talabalarda nafaqat ma’lum bilim va ko‘nikmalarni, balki ushbu bilim va ko‘nikmalarni kelajakdagi kasbiy faoliyatida qo‘llash qobiliyatini oshirishga yo‘naltirilgan maxsus kompetensiyalarni shakllantirishdir [1].

Shunday qilib, ta’lim jarayonining kasbiy yo‘nalishiga bo‘lgan talab asosiy bo‘ladi, deb aytishimiz mumkin. Universitet va institutlarda o‘qitiladigan har bir akademik fan talabaning kelajakda kasbiy faoliyatida qo‘llashiga yo‘naltirilgan bo‘lishi zarur.

Bo'lajak mutaxassisning kasbiy malakasining rivojlanish darajasi ko‘p jihatdan, uning matematik tayyorgarlik sifatiga bog'liq [2]. Bu shuni anglatadiki, matematika alohida fan sifatida o‘qitilmasligi, balki uning amaliy ahamiyati va kasbiy yo'nalishi bo'yicha mazmuni ochib berilishi zarur. Boshqacha qilib aytganda, talabalarning matematik tayyorgarligining mazmuni bo'lajak mutaxassisning, xususan, iqtisodchining malakasiga mos ravishda shakllanishi kerak. Shu sababli, institut va universitetlarda oliy matematika kursini o‘rganishning asosiy maqsadi, maxsus fanlarni o‘rganish va kasbiy muammolarni hal qilish uchun har bir alohida mutaxassislikka muvofiq bilimlar qatlamini tayyorlashdan iborat bo‘lishi zarur.

Talabalarning bilimlarini mustahkamlashda, ularning kelajakdagi kasbiy faoliyati bilan bog‘liq barqaror motivatsiya qoida tariqasida berilishi kerak. Ma’ruza, amaliy

va laboratoriya mashg'ulotlarida, talabalarning mustaqil ishlarida, shuningdek, o'quv materialini o'zlashtirishning "foydaliligini" ishonchli tarzda namoyish etish zarur [3].

Iqtisodiy mutaxassisliklar yo'nalishlarida matematikaning "chiziqli algebra" bo'limini o'rganish, talabalarda har qanday iqtisodiy masalalarning matematik modellarini qurish va ularni taxlil qilish ko'nikmalarini shakllantiradi.

Chiziqli algebra faninig matritsalarnazariyasi va unga asoslangan matematikaning "Matritsalar algebrasi" bo'limi amaliy jarayonlarning matematik modellarini tuzishda muhim vosita sifatida qo'llaniladi, jumladan, iqtisodiy masalalarning matematik modellari matritsalar yordamida sodda va kompakt ko'rinishda yoziladi va bu masalalarning yechimlari matematik usullar yordamida osongina hal qilinadi.

1-misol. Quyidagi jadvalda iqtisodiyotning tarmoqlari bo'yicha resurslarning taqsimoti berilgan. Bu taqsimotni matritsa ko'rinishda ifodalang.

Resurslar	Iqtisodiyot tarmoqlari	
	Sanoat	Qishloq xo'jaligi
Elektr energiyasi resurslari	1800	1000
Mehnat resurslari	1900	2600
Suv resurslari	2400	2200

Yechish.

Bujadvalbo'yichaberilganresurslartaqsimotinimatritsako'rinishdaquyidagichaifodalashmumkin:

$$A=\begin{pmatrix}1800 & 1000\\ 1900 & 2600\\ 2400 & 2200\end{pmatrix}.$$

Bu matritsaning o'lchami 3×2 bo'lib, satrlari resurs turlariga, ustunlari esa tarmoqlarga mos keladi.

2-misol.(Ishlab chiqarishni rejalashtirish masalasi) Korxona n xil mahsulot ishlab chiqarish uchun m turdagi ishlab chiqarish faktorlari (resurslari) dan foydalansin. j-mahsulotning bir birligini ishlab chiqarish uchun i-turdagi resursdan a_{ij} miqdorda

sarflansin. Har bir j-mahsulotning bir birligining narxi c_j bo‘lsin. Korxonaga maksimal daromad keltiruvchi ishlab chiqarish rejasining matematik modelini tuzing.

Yechish. Har bir ishlab chiqarish faktorining zahirasi va ularning bir birlik mahsulotni ishlab chiqarish uchun sarf qilinadigan me’yorini jadvalga quyidagicha joylashtirish mumkin:

i/ch mahsulot turlari / i/ch faktorlari	1	2	3	...	n	i/ch faktorining zahirasi
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}	b_1
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}	b_2
...	...	...	...	...	...	...
m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	...	a_{mn}	b_m
Mahsulotning bir birligini sotishdan olinadigan daromad	c_1	c_2	c_3	...	c_n	

Jadvaldagiharbirb_i- i-ishlabchiqarishfaktoriningzahirasini; a_{ij}- j-mahsulotningbirbirliginiishlabchiqarishuchunsarfqilinadigan$i$ – faktorningme’yori; c_j- korxonaning j – mahsulotbirliginisotishdanoladigandaromadinibildiradi.

Masalaningiqtisodiyma’nosi:
korxonaningishlabchiqarishrejasinishundaytuzishkerakki: a) hammamahsulotlarniishlabchiqarishuchunsarfqilinadiganharbirishlabchiqarishfaktoriningmiqdoriularningzahirasidanoshmasin; b) mahsulotlarnisotishdankorxonananingoladigandaromadimaksimalbo‘lsin.

Rejalashtirilgan davr ichida ishlab chiqariladigan j – mahsulotining miqdorini x_j- bilan belgilaymiz. U holda masaladagi a) shart quyidagi tengsizliklar sistemasi orqali ifodalanadi:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1n}x_n \le b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2n}x_n \le b_2 \\ ..... \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mn}x_n \le b_m \end{cases} \quad (1)$$

Masalaning iqtisodiy ma'nosiga ko'ra hamma noma'lumlar manfiy bo'lmasligi kerak, ya'ni: $x_j \ge 0\,(j-1,2,3,...,n)$. Noma'lumlar matritsasini X , daromadlar matritsasini C va ishlab chiqarish faktorlarining zahirasi matritsasini B deb belgilaymiz, ya'ni

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ ... \\ x_n \end{pmatrix}; \qquad C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ ... \\ c_n \end{pmatrix}^t \quad B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ ... \\ b_m \end{pmatrix}.$$

U holda, yuqoridagi (1) tengsizliklar sistemasini matritsaviy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$A \cdot X \le B \quad (2)$$

Masaladagi b) shart uning maqsadini aniqlaydi. Demak masalaning maqsadi ishlab chiqarilgan mahsulotlarni sotishdan korxonaning oladigan umumiy daromadini maksimallashtirishdan iborat va uni

$$y = c_1x_1 + c_2x_2 + ... + c_nx_n \to \max$$

ko'rinishdi ifodalash mumkin.

Shunday qilib, ishlab chiqarishni rejalashtirish masalasining matematik modelini matritsaviy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$A \cdot X \le B \; X \ge \theta \; Y = C \cdot X \to \max. \quad (3)$$

*3-misol.*Korxona 5 turdagi xom-ashyolardan foydalanib, 3 turdagi mahsulot ishlab chiqaradi. j - turdagi mahsulot birligini ishlab chiqarishga ketgan i -xom ashyo resurslari harajatlarining normalari quyidagi jadvalda berilgan.

xom-ashyolar	1-tur maxsulot	2-tur maxsulot	3-tur maxsulot
1-xom-ashyo	4	7	5

2-xom-ashyo	3	5	6
3-xom-ashyo	5	7	8
4-xom-ashyo	6	8	4
5-xom-ashyo	4	3	2

Agar korxona bir kunda 1-tur maxsulotdan 200 ta, 2-tur maxsulotdan 300 ta va 3-tur maxsulotdan 400 ta ishlab chiqarsa, u holda korxonaning bir kunlik xom-ashyolar sarfini toping.

Yechish.

$$A_{5\times 3}=\begin{pmatrix}4 & 7 & 5\\ 3 & 5 & 6\\ 5 & 7 & 8\\ 6 & 8 & 4\\ 4 & 3 & 2\end{pmatrix} X=\begin{pmatrix}200\\ 300\\ 400\end{pmatrix}$$

$$S=\begin{pmatrix}4 & 7 & 5\\ 3 & 5 & 6\\ 5 & 7 & 8\\ 6 & 8 & 4\\ 4 & 3 & 2\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}200\\ 300\\ 400\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}4\cdot 200+7\cdot 300+5\cdot 400\\ 3\cdot 200+5\cdot 300+6\cdot 400\\ 5\cdot 200+7\cdot 300+8\cdot 400\\ 6\cdot 200+8\cdot 300+4\cdot 400\\ 4\cdot 200+3\cdot 300+2\cdot 400\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}4900\\ 4500\\ 6300\\ 5200\\ 2500\end{pmatrix}$$

Demak, korxona bir kunda 1-xom-ashyodan 4900 birlik, 2-xom-ashyodan 4500 birlik, 3-xom-ashyodan 6300 birlik, 4-xom-ashyodan 5200 birlik va 5-xom-ashyodan 2500 birlik sarf qiladi.

4-misol. Firma 5 turdagi mahsulotni uchta korxonada ishlab chiqaradi. Firmaning ishlab chiqargan mahsulotlari taqsimoti quyidagi jadvalda berilgan:

Mahsulot turlari	1	2	3	4	5
1-kor. ish. ch. mahsulot miqdori.	140	160	220	310	330
2- kor. ish. ch. mahsulot miqdori.	120	170	140	160	150
3- kor. ish. ch. mahsulot miqdori.	110	120	160	170	130

Firmaishlabchiqarishuskunalariniyangilashnatijasidaishlabchiqarishni 20% gaoshirdi. Firmaishlabchiqarishuskunalariniyangilagandankeyin, firmaningbiroydaishlabchiqarganmahsulotlaritaqsimotiqandaybo‘ladi?

Yechish.Firmaningishlabchiqarishuskunalariniyangilamasdanoldingiishlabchiqarganmahsulotlaritaqsimotiniquyidagimatritsako‘rinishdayozishmumkin:

$$P=\begin{pmatrix}140 & 160 & 220 & 310 & 330\\ 120 & 170 & 140 & 160 & 150\\ 110 & 120 & 160 & 170 & 130\end{pmatrix}$$

Firmaishlabchiqarishuskunalariniyangilagandankeyin, firmaningbiroydaishlabchiqarganmahsulotlaritaqsimotinitopishuchun, buishlabchiqarishmatritsasini 1,2 gako‘paytirishzarurbo‘ladi:

$$1,2\cdot P=1,2\cdot\begin{pmatrix}140 & 160 & 220 & 310 & 330\\ 120 & 170 & 140 & 160 & 150\\ 110 & 120 & 160 & 170 & 130\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}168 & 192 & 264 & 372 & 396\\ 144 & 204 & 168 & 192 & 180\\ 132 & 144 & 192 & 204 & 156\end{pmatrix}$$

Foydalanilganadabiyotlar

1. Похолков Ю., Чучалин А., Боев О. Бакалавр-инженер: реальность и перспективы для России // Высшее образование в России. – 2004. – № 9. – С. 3–14.

2. Павлова И.Н., Евдокимов М.А. Профессионально ориентированные задачи как средство формирования профессиональных компетенций // Электроэнергетика глазами молодежи: научные труды международной научно-технической конференции: сборник статей. – В 3 т. – Самара: СамГТУ, 2011. – Т. 3. – 239 с.

3. Павлова И.Н., Евдокимов М.А. Повышение качества обучения путем совершенствования самостоятельной работы студентов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Психолого-педагогические науки. –2012. – № 1(17). – С. 145–150

MOBIL ALOQA TARMOQLARI(2G, 3G, 4G,5G)

MADAMINOV M.R., MUHAMMADVALIEV A.A.

Farg'ona davlat texnika universiteti o‘qituvchisi, beysavash@gmail.com

Farg'ona davlat texnika universiteti talabasi,beysavash@gmail.com

Annotatsiya:Ushbu maqolada mobil aloqa texnologiyalarining paydo bo‘lishi va texnologik bosqichlari - 2G, 3G, 4G hamda 5G avlodlari misolida atroflicha tahlil qilingan. Tadqiqotda har texnologik avlodning texnik parametrlari, ma’lumot yo‘nalishlari, kanal sig‘imini spektral darajani ko‘rib chiqish usullari, multimedia xizmatlarining ishlashi (3G), yuqori tezlikdagi mobil internetning ommabop vositalari (IoT) va internet vositalari (IoT) ultra hammada kechikish qobiliyatini yaratgan 5G ning ijtimoiy-iqtisodiy ahamiyati. Maqola so‘ngida 6G aloqa tizimlariga o‘tish istiqbollari va mavjud infratuzilmani ta’minlash masalalari bo‘yicha ishlab chiqarilgan.

Kalit so‘zlar: Mobil aloqa, 2G (GSM), 3G (UMTS), 4G (LTE), 5G, GPRS, EDGE, Massiv MIMO, ma’lumot uzatish, kechikish (latency), interneti (IoT).

Kirish: Mobil aloqa texnologiyalari zamonaviy jamiyatning ajralmas qismiga aylandi, aloqa, iqtisodiyot va ijtimoiy munosabatlarda tub o‘zgarishlarga olib keldi. Dastlabki 2G tarmoqlaridan hozirgi 5G avlodigacha bo‘lgan bu texnologiyalarning evolyutsiyasi insoniyatning tezkor va samarali aloqaga bo‘lgan doimiy intilishini aks ettiradi. Ushbu tadqiqot mobil aloqa tarmoqlarining rivojlanish bosqichlarini, ya’ni 2G, 3G, 4G va 5G texnologiyalarini tahlil qilishga qaratilgan. Bunda har bir avlodning o‘ziga xos xususiyatlari, texnik imkoniyatlari va jamiyatga ta’siri ko‘rib chiqiladi. Mavzuning dolzarbligi shundaki, mobil aloqa texnologiyalari nafaqat shaxsiy muloqotni, balki sanoat, ta’lim, sog‘liqni saqlash kabi sohalarni ham jadallik bilan rivojlantirmoqda. Ushbu tahlil mobil aloqa texnologiyalarining kelajakdagi yo‘nalishlarini tushunish va ularning ijtimoiy-iqtisodiy ahamiyatini baholash uchun muhim asos yaratadi. Maqsad, ushbu tarmoqlarning texnik taraqqiyotini o‘rganish va ularning inson hayotidagi o‘rnini belgilashdir.

Avlod	Davr	Texnologiya	Asosiy xizmatlar	Tezlik	Xususiyati
1G	1980-yillar	Analog (AMPS, NMT)	Faqat ovozli aloqa	2,4 kbit/s	Analog signal, o'tgan.

Avlod	Davr	Texnologiya	Asosiy xizmatlar	Tezlik	Xususiyati
2G	1990-yillar	Raqamli (GSM, CDMA)	Ovoz, SMS, GPRS/EDGE	50 - 250 kbit/s	Raqamli kodlash, SMS inqilobi, SIM karta.
3G	2000-lar	UMTS, WCDMA	Mobil internet, videoqo'ng'iroq	2 - 42 Mbit/s	Keng polosali internetga kirish.
4G	2010-yillar	LTE, WiMAX	HD video, onlayn o'yinlar	100 Mbit/s - 1 Gbit/s	Past kechikish (latency), butunlay IP-ga raqobat.
5G	2020-yilgi	5G NR (Yangi radio)	IoT, aqlli shahar, AI	10 - 20 Gbit/s	Ultra past kechikish, massiv qurilma ulanishi.

Ikkinchi avlod (2G) mobil aloqa tarmoqlari telekommunikatsiya tarixida muhim bosqich bo‘lib, analog aloqa (1G) davridan raqamli aloqaga o‘tishni belgiladi. Bu avlod 1990-yillarning boshlarida joriy etilgan bo‘lib, asosan GSM (Global System for Mobile Communications) standarti orqali keng tarqaldi. 2G texnologiyasining asosiy afzalligi ovozli aloqani raqamli kodlash va uzatish imkoniyati edi, bu esa signal sifati va xavfsizligini sezilarli darajada yaxshiladi. Raqamli uzatish fon shovqinini kamaytirib, suhbat aniqligini oshirdi. 2G tarmoqlari nafaqat ovozli aloqani, balki cheklangan ma’lumotlar uzatish xizmatlarini ham taqdim etdi. Eng muhim qobiliyatlardan biri qisqa xabarlar xizmati (SMS) bo‘lib, u mobil aloqaning ijtimoiy va iqtisodiy ahamiyatini tubdan o‘zgartirdi. SMS orqali foydalanuvchilar qisqa matnli xabarlarni tez va samarali ravishda almashish imkoniyatiga ega bo‘ldilar, bu esa yangi turdagi kommunikatsiya modelini yaratdi. Shuningdek, 2G texnologiyasi SIM kartalarining (Subscriber Identity Module) joriy etilishiga olib keldi, bu esa abonentlarning o‘z telefon raqamlarini qurilmalardan mustaqil ravishda ishlatishiga imkon berdi. Bu esa mobil qurilmalar va xizmatlar o‘rtasida o‘zaro almashinuvchanlikni oshirdi. GPRS (General Packet Radio Service) va EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

kabi kengaytmalar 2G tarmoqlarining ma’lumotlar uzatish tezligini oshirdi, bu esa mobil internetning dastlabki shakllarini, masalan, WAP (Wireless Application Protocol) orqali veb-sahifalarni ko‘rish kabi imkoniyatlarni yaratdi. Garchi bu tezliklar hozirgi standartlarga nisbatan juda past bo‘lsa-da (GPRS 50 kbit/s gacha, EDGE 236 kbit/s gacha), ular mobil ma’lumotlar xizmatlarining asosini qo‘ydi va kelgusi avlod tarmoqlarining rivojlanishi uchun zamin yaratdi. 2G tarmoqlari global miqyosda mobil aloqaning ommalashishida hal qiluvchi rol o‘ynadi va mobil ekotizimning poydevorini shakllantirdi.

2G ovozli kodlash samaradorligi (GSM EFR):

$$E_{\text{ovoz}} = \frac{R_{\text{kodlangan}}}{R_{\text{umumiy}}}$$

Bu formula 2G tarmog‘ida ovozli ma’lumotlarning siqish va kodlash samaradorligini ifodalaydi. R_{kodlangan} - kodlangan ovoz bit tezligi, R_{umumiy} - umumiy kanal bit tezligi.

2G kanal sig‘imi (TDMA slot):

$$C_{\text{slot}} = N_{\text{bit}} \times \frac{1}{T_{\text{slot}}}$$

Ushbu formula 2G TDMA (Time Division Multiple Access) texnologiyasida bitta vaqt oralig‘ining ($slot$) nazariy sig‘imini hisoblaydi. N_{bit} - bitta slotdagi bitlar soni, T_{slot} - bitta slotning davomiyligi.

2G ma’lumot uzatish tezligi (GPRS va EDGE gacha):

$$R_{\text{ma'lumot}} = N_{\text{kanal}} \times R_{\text{bir_kanal}} \times K_{\text{kodlash}}$$

Bu formula 2G tarmog‘ida (GPRS va EDGE texnologiyalari joriy etilgunga qadar) ma’lumot uzatishning nazariy maksimal tezligini ko‘rsatadi. N_{kanal} - foydalanilgankanallarsoni, $R_{\text{bir_kanal}}$ - bittakanalningbittezligi, K_{kodlash} - kodlashkoeffitsienti.

Misol:GSMtarmog‘idabittaTDMAslotida 156.25 bituzatilsavaslotdavomiyligi 0.577 msbo‘lsa, ushbuslotningkanalsig‘iminihisoblang. Natijani kbit/s da ifodalang.

$$N_{\text{bit}} = 156.25 \text{ bit}, T_{\text{slot}} = 0.577 \text{ ms} = 0.577 \times 10^{-3} \text{ s}$$

Topish kerak: C_{slot}

$$C_{\text{slot}} = N_{\text{bit}} \times \frac{1}{T_{\text{slot}}}$$

$$C_{\text{slot}} = 156.25 \text{ bit} \times \frac{1}{0.577 \times 10^{-3} \text{ s}}$$

$$C_{\text{slot}} \approx 270797.22 \text{ bit/s}$$

$$C_{\text{slot}} \approx \frac{270797.22}{1000} \text{ kbit/s} \approx \mathbf{270.8} \text{ kbit/s}$$

Natija: 270.8 kbit/s

Uchinchi avlod mobil aloqa tarmoqlari (3G) 2000-yillarning boshlarida joriy etilib, mobil aloqa sohasida inqilobiy o‘zgarishlarni keltirib chiqardi. Bu texnologiya asosan yuqori tezlikdagi ma’lumotlar uzatish imkoniyatini ta’minlab, mobil internetning keng tarqalishiga zamin yaratdi. 2G tarmoqlari asosan ovozli qo‘ng‘iroqlar va qisqa xabar almashish (SMS) uchun mo‘ljallangan bo‘lsa, 3G multimedia xizmatlari, masalan, video qo‘ng‘iroqlar, mobil televidenie va kengroq ma’lumotlar talab qiladigan ilovalar uchun zarur bo‘lgan tarmoq o‘tkazish qobiliyatini taklif etdi. 3G texnologiyasining asosiy standartlari UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) va CDMA2000 bo‘lib, ular 2G texnologiyalariga nisbatan sezilarli darajada yuqori ma’lumotlar uzatish tezligini ta’minladi. Masalan, UMTS dastlabki versiyalarida 384 kbit/s gacha tezlikni ta’minlagan bo‘lsa, HSPA (High-Speed Packet Access) kabi keyingi takomillashtirishlar bu tezlikni bir necha Mbit/s ga oshirdi. Bu esa mobil qurilmalar orqali veb-sahifalarni tezroq yuklash, elektron pochta xabarlarini samaraliroq boshqarish va hatto onlayn o‘yinlar o‘ynash

imkonini berdi. Multimedia xizmatlarining rivojlanishi 3G ning asosiy yutuqlaridan biri bo‘ldi. Video qo‘ng‘iroqlar, ya’ni bir-biriga qo‘ng‘iroq qilayotgan shaxslarning bir-birini ko‘rish imkoniyati ilk bor 3G bilan realistik tus oldi. Shuningdek, mobil televidenie, ya’ni telekanallarni mobil telefon orqali tomosha qilish imkoniyati ham 3G tarmog‘ining keng tarqalishi bilan bog‘liq. Bu xizmatlar mobil aloqaning shunchaki aloqa vositasi emas, balki keng ko‘lamli axborot va ko‘ngilochar platformaga aylanishida muhim rol o‘ynadi. 3G mobil qurilmalarning funksionalligini oshirishga va smartfonlarning paydo bo‘lishiga ham yo‘l ochdi, chunki bu qurilmalar yuqori tezlikdagi internetga bog‘liqlikni talab qilar edi. Natijada, 3G mobil aloqa sohasida tub o‘zgarishlarni keltirib chiqardi va keyingi avlod tarmoqlarining rivojlanishi uchun mustahkam poydevor yaratdi.

4G mobil aloqa texnologiyasi 2000-yillarning oxirida paydo bo‘lib, mobil internet tezligi va imkoniyatlarida sezilarli sakrashni ta’minladi. Bu avlodning asosiy maqsadi foydalanuvchilarga yuqori tezlikdagi ma’lumotlar uzatish va keng polosali mobil aloqani ta’minlash edi, bu esa 3G tarmoqlarining cheklovlarini bartaraf etdi. 4G texnologiyasining asosiy standartlari LTE (Long Term Evolution) va WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) bo‘lib, ulardan LTE kengroq tarqalgan. LTE texnologiyasi IP (Internet Protocol) asosiga qurilgan bo‘lib, bu barcha aloqa turlarini, shu jumladan ovozli qo‘ng‘iroqlarni ham paketli ma’lumotlar sifatida uzatish imkonini berdi. 4G tarmoqlarida ma’lumot uzatish tezligi nazariy jihatdan sekundiga 100 megabit (Mbps) dan oshadi va ba’zi hollarda gigabit tezliklarga ham erishishi mumkin. Bu esa HD sifatli videolarni mobil qurilmalarda uzluksiz tomosha qilish, onlayn o‘yinlar o‘ynash va katta hajmdagi fayllarni tez yuklab olish yoki yuklash imkoniyatini yaratdi. Qo‘shimcha ravishda, 4G tarmoqlari kechikish (latency) darajasini ham sezilarli darajada kamaytirdi, bu esa real vaqt rejimida ishlaydigan ilovalar va xizmatlar uchun muhim ahamiyatga ega. Masalan, videokonferensiyalar va masofaviy ish dasturlari samaradorligi oshdi. 4G texnologiyasining keng qo‘llanilishi mobil qurilmalar va mobil internetga bo‘lgan talabni oshirdi, bu esa smartfonlarning kundalik hayotimizdagi markaziy rolini mustahkamladi. Ushbu avlod tarmoqlarining

rivojlanishi mobil ilovalar ekotizimining kengayishiga ham xizmat qildi, chunki ishlab chiquvchilar tezkor va barqaror internetga tayanib, yanada murakkab va funksional ilovalar yaratish imkoniyatiga ega bo‘ldilar. 4G global miqyosda raqamli infratuzilmaning muhim qismiga aylanib, iqtisodiy o‘sish va ijtimoiy rivojlanishga katta hissa qo‘shdi.

5G texnologiyasi mobil aloqa evolyutsiyasining navbatdagi bosqichi bo‘lib, avvalgi avlodlarga nisbatan misli ko‘rilmagan tezlik, minimal kechikish va ulkan ulanish imkoniyatlarini taqdim etadi. Ushbu avlodning asosiy afzalligi gigabit tezlikdagi ma’lumot uzatish imkoniyatidir, bu esa real vaqt rejimida katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash va uzatishni ta’minlaydi. Masalan, 4K yoki hatto 8K sifatli videolarni uzluksiz striming qilish, virtual va kengaytirilgan reallik (VR/AR) ilovalarini qulay ishlatish imkoniyati yaratiladi. Bu imkoniyatlar masofaviy ta’lim, telemeditsina va real vaqtda hamkorlik qiluvchi sanoat ilovalarida inqilobiy o‘zgarishlarga olib keladi. 5G ning yana bir muhim xususiyati uning ultra past kechikishidir, bu esa bir millisekunddan kamroq vaqtni tashkil qiladi. Bunday kechikish avtonom transport vositalarida, masofadan turib boshqariladigan robototexnika tizimlarida va sanoat avtomatizatsiyasida hal qiluvchi ahamiyatga ega. Misol uchun, avtonom mashinalar yo‘l harakati haqida real vaqtda ma’lumot olib, xavfsizroq va samaraliroq harakatlanish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu esa inson xatosi tufayli yuzaga keladigan avariyalar sonini sezilarli darajada kamaytiradi. Bundan tashqari, 5G Internet of Things (IoT) uchun mustahkam asos yaratadi. U bir vaqtning o‘zida milliardlab qurilmalarni ulash imkoniyatini taqdim etadi, bu esa aqlli shaharlar, aqlli uylar va aqlli sanoat tizimlarini rivojlantirishga olib keladi. Har bir sensor, kamera va boshqa aqlli qurilma markaziy tizimga ulanib, ma’lumot almashishi mumkin, bu esa resurslardan samaraliroq foydalanish va operatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi. Masalan, aqlli shaharlarda transport oqimini optimallashtirish, energiya sarfini kamaytirish va chiqindilarni boshqarish kabi vazifalar avtomatlashtirilishi mumkin. 5G ning bu imkoniyatlari hozirda mavjud bo‘lmagan yangi biznes modellarini va xizmatlarni yaratishga zamin yaratadi.

Massiv MIMO orqali spektral samaradorlikni oshirish:

$$R_{MIMO} = B\log_2\left(1+\frac{P_t\mathbf{H}\mathbf{H}^H}{N_0}\right)$$

Bu formula 5G ning Massiv MIMO texnologiyasi orqali erishiladigan spektral samaradorlikni (bit/s/Hz) ifodalaydi. Bu yerda B – o‘tkazish qobiliyati, P_t – uzatish quvvati, H – kanal matritsasi, N_0 – shovqin quvvat zichligi.

Ultra past kechikish va ulanish zichligi:

$$\tau_{5G} = \frac{1}{R_{URLLC}} + \frac{L_{eMBB}}{N_{dev}}$$

Bu formula 5G tarmoqlarida ultra past kechikish (URLLC) va yuqori ulanish zichligini ifodalaydi. R_{URLLC} – URLLC xizmatlari uchun ma’lumot uzatish tezligi, L_{eMBB} – keng polosali mobil aloqa uchun yuklama, N_{dev} – ulangan qurilmalar soni.

Tarmoq bo‘laklash (Network Slicing) daromadi:

$$\eta_{slice} = \sum_{i=1}^{N_{slices}} \frac{R_i}{C_i}$$

Ushbu formula 5G ning tarmoq bo‘laklash (Network Slicing) texnologiyasi orqali erishiladigan umumiy samaradorlikni (daromad/xarajat) ko‘rsatadi. Bu yerda R_i – i-chi bo‘lakdan olinadigan daromad, C_i – i-chi bo‘lakning xarajati, N_{slices} – jami bo‘laklar soni.

Misol:5G Massiv MIMO tizimida 100 MHz o‘tkazish qobiliyati, 100 mW uzatish quvvati va 10 dB signal-shovqin nisbati (SNR) bilan maksimal spektral samaradorlikni hisoblang. Kanal matritsasining o‘rta kvadrati 1 ga teng deb hisoblang.

$$B = 100\text{ MHz}, P_t = 100\text{ mW}, SNR = 10\text{ dB}, \| H \|^2 = 1, R_{MIMO}$$

$$SNR_{lin} = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} = 10^{\frac{10}{10}} = 10$$

$$N_0 = \frac{P_t}{SNR_{lin} \times \| H \|^2} = \frac{100\text{ mW}}{10 \times 1} = 10\text{ mW}$$

$$R_{MIMO} = B\log_2\left(1+\frac{P_t \| H \|^2}{N_0}\right)$$

$$R_{MIMO} = 100 \times 10^6 \times \log_2\left(1 + \frac{100\ \text{mW} \times 1}{10\ \text{mW}}\right)$$

$$R_{MIMO} = 100 \times 10^6 \times \log_2(1+10)$$

$$R_{MIMO} = 100 \times 10^6 \times \log_2(11)$$

$$R_{MIMO} \approx 100 \times 10^6 \times 3.459\ \text{bit/s/Hz}$$

Natija: Taxminan 345.9 Mbit/s spektral samaradorlikka erishiladi.

Xulosa: Mobil aloqa tarmoqlari 2G dan 5G gacha bo‘lgan evolyutsiyasi bugungi kunda jamiyat hayotining ajralmas qismiga aylandi. Har bir avlod o‘ziga xos imkoniyatlar bilan aloqa sifatini, tezligini va ishonchliligini oshirdi. Bugungi kunda 4G texnologiyasi keng tarqalgan bo‘lib, mobil internetga yuqori tezlikda ulanish imkonini bermoqda. 5G texnologiyasi esa yanada yuqori tezlik, past kechikish va kengroq o‘tkazish qobiliyatini ta’minlab, sun’iy intellekt, narsalar interneti va avtonom transport kabi sohalar uchun yangi imkoniyatlar ochmoqda. Kelajakda mobil aloqa tarmoqlari yanada rivojlanib, real vaqt rejimida yanada murakkab va integratsiyalashgan xizmatlarni taqdim etishi kutilmoqda. 6G va undan keyingi avlodlar mobil aloqani kengroq spektrlar, kvant hisoblash va sun’iy intellektning chuqur integratsiyasi orqali inson va mashina o‘rtasidagi o‘zaro aloqani tubdan o‘zgartirishi mumkin. Bu rivojlanishlar iqtisodiyotning turli sohalarida samaradorlikni oshirishga, yangi sanoat tarmoqlarini yaratishga va inson hayotini yanada qulay va samarali qilishga xizmat qiladi. Biroq, bu texnologiyalarning joriy etilishi infratuzilmani yangilash, xavfsizlikni ta’minlash va teng foydalanish imkoniyatlarini yaratish kabi muammolarni ham o‘z ichiga oladi. Shuning uchun, mobil aloqa kelajagi texnologik innovatsiyalar bilan birga ijtimoiy va iqtisodiy jihatlarni ham hisobga olgan holda rejalashtirilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Xolmatov SK Mobil aloqa texnologii va hujjat tatbiqi masalalari // Telekommunikatsiyalar va axborot texnologiyalari. 2023. No 2. 45-52-betlar.

2. Sobirov FU Mobil aloqa kompaniyalari boshqaruv tendensiyalari. Toshkent: “Adabiyot uchqunlari”, 2022.

3. Raximov A.E. Simsiz aloqa texnologiyalari. Toshkent: Tafakkur qanoti, 2019.

4. Karimov BM, Saidov DN Raqamli telekommunikatsiya aloqalarining umumiy tuzilishi. Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi Davlat ilmiy nashriyoti, 2020.

5. Azimov AA Mobil aloqa tizimlari asoslari. Toshkent: Fan nashriyoti, 2018.

RADIORELELI ALOQA TIZIMLARI

XALILOV M.M., OZODBEKOV O.U.

FarDTU katta o‘qituvchisi.,

FarDTU talabasi, ozodbek5710926@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur ishda radioreleli qurilmalarning mobil aloqa tizimlari barqarorligini ta’minlashdagi strategik ahamiyati ko‘rib chiqilgan. RRL texnologiyasining rivojlanish tarixi, signal retranslyatsiyasi prinsiplari va millimetrli to‘lqin diapazonlarida ma’lumot uzatishning o‘ziga xos xususiyatlari yoritilgan. Aloqa operatorlari uchun xarajatlarni kamaytirish va tarmoq qamrovini kengaytirishda raqamli radiorele stansiyalarining texnik imkoniyatlari baholangan. Sun’iy intellekt va energiya samaradorligi texnologiyalarini tizimga integratsiya qilish istiqbollariga alohida to‘xtalib o‘tilgan.

Kalit so‘zlar: radiorele aloqasi, infratuzilma, 5G transport tarmog‘i, mikroto‘lqinli uzatish, radiochastota spektri, raqamli modulyatsiya, magistral aloqa.

KIRISH. Zamonaviy jamiyatda aloqa vositalarining tezkor rivojlanishi va keng tarqalishi, axborot almashinuvi hajmining misli ko‘rilmagan darajada o‘sishi telekommunikatsiya infratuzilmasining ahamiyatini yanada oshirmoqda. Mobil aloqa tizimlari global miqyosda milliardlab foydalanuvchilarni o‘zaro bog‘lab turuvchi asosiy platformalardan biri bo‘lib, ular barqaror va yuqori sifatli radioqabul qilish qurilmalariga tayanadi. Radioreleli liniyalar (RRL) esa ushbu mobil aloqa tizimlarining magistral va mintaqaviy tarmoqlarida, ayniqsa tolali-optik liniyalarni o‘rnatish iqtisodiy jihatdan samarasiz yoki texnik jihatdan murakkab bo‘lgan joylarda, muhim bog‘lovchi bo‘g‘in vazifasini o‘taydi. Ularning tezkor joylashtirish imkoniyati, moslashuvchanligi va nisbatan arzonligi, ayniqsa qiyin geografik sharoitlarda yoki vaqtinchalik aloqa ehtiyojlari uchun ularni ajralmas texnologiyaga aylantiradi. Shu sababli, radioreleli liniyalar qurilmalarining o‘ziga xos xususiyatlarini chuqur o‘rganish, ularning mobil aloqa tizimlaridagi samaradorligini oshirish va barqarorligini ta’minlash nuqtai nazaridan g‘oyat dolzarbdir. Ushbu tadqiqot ushbu texnologiyaning zamonaviy ahamiyatini, uning cheklovlari va salohiyatini ochib beradi. Shiddat bilan rivojlanayotgan mobil aloqa standartlari, jumladan 5G va undan keyingi avlodlar, radioreleli liniyalarga yuqori tezlik, past kechikish va yuqori ishonchlilik kabi qat’iy

talablarni qo‘ymoqda. An’anaviy radioreleli tizimlar tezlik va samaradorlik nuqtai nazaridan joriy ehtiyojlarni qondirishga qiynalishi mumkin. Muammo shundaki, yuqori chastota diapazonlarida ishlaydigan va ko‘p gigabitli ma’lumot uzatishni ta’minlay oladigan radioreleli qurilmalarni loyihalash va optimallashtirish murakkab muhandislik vazifasidir. Ular signallarning tarqalish xususiyatlari, shovqinlar, zaiflashish va atrofdagi muhitning ta’siri kabi omillarni hisobga olishni talab qiladi.

RRL stansiyalari o‘ta yuqori chastotalarda (UTCH) ishlagani uchun, antennalar orasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘rinish bo‘lishi shart. Yerning egriligini olgan holda maksimal masofa formulasi:

$$R_{max} = 3.57 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

Radioreleli aloqa (radio... va rele) — qabul qilish-uzatish radiostansiyalari zanjiridan iborat avtomatik radioaloqa. Bir punktdan qabul qilingan signallar oraliq stansiyada kuchaytirilib, ikkinchisiga uzatiladi. Stansiyalar bir-biridan 40–60 km masofada quriladi. Radioreleli aloqada ultraqisqa to‘lqinlardan foydalaniladi. Radioreleli aloqa liniyalari katta sig‘imli (magistral), o‘rtacha sig‘imli (zonali), kam kanalli (temir yo‘l transporti, gaz quvurlari, neft quvurlari va boshqalarda qo‘llanadigan) liniyalarga bo‘linadi. Har bir liniya imkoniyatini oshirish uchun bir necha (5-6 tagacha) yuqori chastotali tarmoqlar qo‘llanadi. Tarmoqlar mustaqil ishlaydi, lekin hammasi umumiy antennadan foydalanadi. Har qaysi tarmoqdan bir vaqtda 600-1000 telefonda gaplashish yoki 1 ta sifatli teledastur uzatish mumkin. Radioreleli aloqada yo‘naltirilgan kuchli antennalardan foydalaniladi. Birinchi 5 ta telefon kanaliga mo‘ljallangan radioreleli aloqa liniyasi 1935-yil AQShdan Nyu-York bilan Filadelfiya orasidaqurilgan.Radiorelelialoqashaharlararo telefon va telegra f aloqasi o‘rnatish, radio va televideniye dasturlarini uzoq masofalarga uzatish, teleboshqarish hamda teleo‘lchash signallarini uzatish maqsadlarida, harbiy ishda qo‘llanadi. Radioreleli aloqa radiosignallarining ko‘p marotaba retranslyatsiyalanishiga asoslangan yer usti radioaloqasining turlaridan biri hisoblanadi. Radioreleli aloqa statsionar ob’ektlar orasida amalga oshiriladi.Radioreleli aloqa liniyasi qabul qilish uzatish radioreleli stansiyalari zanjiri

ko‘rinishida quriladi. Radioreleli liniyalarda uzatkichlar, qabul qilgichlar, antennalar o‘rnatiladi.

RRLda yo‘naltirilgan parabolik antenna qurilmalaridan foydalaniladi. Ularning qurilishi antennaning diametri va ishchi chastotasiga bog‘liq:

$$G = 10 \cdot \lg\left(\eta \cdot \left(\frac{\pi \cdot D \cdot f}{c}\right)^2\right)$$

Radioreleli aloqa shaharlararo telefon va telegraf aloqasi o‘rnatish, radio va televideniye dasturlarini uzoq, masofalarga uzatish, teleboshqarish hamda teleo‘lchash signallarini uzatish maqsadlarida, harbiy ishda qo‘llaniladi. Masofa, yer yoki boshqa qiyinchiliklar tufayli to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa qila olmaydigan radiostansiyalar signallarni uzatish uchun ba’zan oraliq radioreley stansiyasidan foydalanadilar. Radiorele zaif signallarni qabul qiladi va ularni kuchliroq signal sifatida ko‘pincha boshqa yo‘nalishda qayta uzatadi. Masalan, havodagi radio rele, mikroto‘lqinli radio rele va aloqa sun’iy yo‘ldoshi. Amerika Radio Relay Ligasi shu maqsadda tashkil etilgan, ammo bu uning ishining ahamiyatsiz qismiga aylanganda nomini o‘zgartirmagan.

Radiorele aloqasi - bu radiosignal ko‘p marotaba o‘tkazilishiga asoslangan yer usti radioaloqasining turlaridan biri. Radiorele aloqasi, qoida tariqasida, statsionar ob’ektlar o‘rtasida amalga oshiriladi. Tarixiy jihatdan stantsiyalar orasidagi radiorele aloqasi yer stantsiyalari zanjiri yordamida amalga oshirildi, ular faol yoki passiv bo‘lishi mumkin. Boshqa barcha turdagi yer usti radioaloqalaridan radiorele aloqasining o‘ziga xos xususiyati yuqori yo‘naltirilgan antennalardan, shuningdek, dekimert, santimetr yoki millimetrli radio to‘lqinlardan foydalanishdir. Radiorele aloqasi tarixi 1898 yil yanvarda Praga muhandisi Yoxann Mattaushning Avstriyaning "Zeitschrift fur Electrotechnik" jurnalida nashr etilishi bilan boshlanadi. Birinchi haqiqiy ishlaydigan radiorele tizimi 1899 yilda italyan millatiga mansub 19 yoshli belgiyalik talaba Emil Guarini Forezio tomonidan ishtirok qilingan. 1899 yil 27 mayda Belgiya Patent idorasiga birinchi marta radioreleli o‘rni moslamasini tavsiflovchi 142911-sonli ixtiro patentiga ariza berdi. Ushbu tarixiy haqiqat E. Guarini-Forezio

ustuvorligining dastlabki xujjatli dalilidir, bu bizga ushbu sanani radiorele aloqalarining rasmiy tug‘ilgan kuni deb hisoblashga imkon beradi. 1901 yilda Guarini-Forezio, Fernan Ponsele bilan birgalikda Bryussel va Antverpen o‘rtasida radiorele aloqalarini o‘rnatish uchun bir qator muvaffaqiyatli ishlar olib bordi. 1901 yil oxirida xuddi shunday tajriba Bryussel va Parij o‘rtasida ham amalga oshirildi.

Radioto‘lqinlar masofa oshgan sayin zaiflashadi. Bo‘shliqdagi energiya yo‘qotishlarini (dB larda) formula orqali boshqarish mumkin:

$$L = 32.44 + 20 \cdot \lg(f) + 20 \cdot \lg(R)$$

Raqamli radiorele aloqa liniyalaridan foydalanishning afzalliklari: bugungi kunda axborot almashinuvi har bir inson hayotining ajralmas qismidir. Zamonaviy jamiyatning taraqqiyoti shartlaridan biri axborot va raqamli texnologiyalardan keng va qulay foydalanishdir. Ko‘p yillik amaliy tajriba, simsiz aloqa kanallari orqali turli xil ma’lumotlarni uzatishning ishonchliligi va sifatini oshirish maqsadida radiorele liniyalarining keng qo‘llanilishiga olib kelmoqda. Jumladan, radiorele aloqa liniyalari tez va samarali yechim bo‘lib, foydalanuvchilarga yangi tarmoq qurish, mavjud tarmoqni kengaytirish, uning ishonchliligini oshirish uchun simli tarmoq kanallari zaxirasini yaratish imkoniyatini beradi.

Raqamli radiorele aloqa liniyalarining asosiy vazifalari:

1. aloqa operatorlari tomonidan mintaqalararo va mahalliy tarmoqlarda transport infratuzilmasini yaratish
2. texnologik aloqa liniyalarini qurish
3. yuqori tezlikdagi LAN tarmoqlarini ulash
4. optik tolali aloqa liniyalarini zaxiralashdan iborat

Aloqa operatorlari magistral simsiz kanallarni qurishda, optik tolali liniyalarni zaxiralash yoki optik tolali halqani tutashtirish uchun magistral RRS dan foydalanishi mumkn. Yuqori o‘tkazuvchanlik va ma’lumotlarni uzatishni ishonchliligini oshirish maqsadida bir nechta radioreleyli stansiyalaridan foydalaniladi. Optik tolali liniyalarni o‘tkazish imkoni bo‘lmagan hollarda aloqa operatorlari o‘zlarining mintaqaviy tarmoqlarini bir-biriga ulash uchun radioreleyli stansiyalardan foydalanadilar, bir

nechta tranzit nuqtalari bo‘lgan shaharlararo simsiz magistral liniyalarni yaratadilar. O‘zbekistonda uyali aloqa operatorlari transport infratuzilmasini qurish uchun raqamli radiorele stansiyalaridan faol foydalanmoqda. Uyali aloqa operatorlari o‘z tarmoqlarida simsiz kanallardan foydalanish statsionar aloqa operatorlarining liniyalarini ijaraga olmaslik imkoniyatini yaratadi va xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

Shuningdek, zamonaviy aloqa tarmoqlarini qurishda 71,76 – 81,86 GHz radichastota diapazonida ishlaydigan keng polosali radiorele qurilmalaridan qisqa masofalarga yuqori tezlikdagi ma’lumotlar uzatish maqsadida keng foydalanilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 22-dekabrdagi “Radiochastota spektridan foydalanish sohasida ruxsat etish hamda radioelektron vositalar va yuqori chastotali qurilmalardan foydalanishni tartibga solish to‘g‘risida”gi 801-son hamda Radiochastotalar bo‘yicha respublika kengashining 2020-yil 19-oktabrdagi “Turg‘un xizmat radioelektron vositalaridan foydalanish tartibini soddalashtirish haqida”gi 610-son qarorlariga asosan “EMMM” DUK tomonidan RRS laridan foydalanish huquqini beruvchi ruxsatnomalarni rasmiylashtirish jarayoni soddalashtirilgan tartibda amalga oshirilmoqda. Aloqa liniyalari tarmoqni tashkil etish va ma’lumotlarni uzatish jarayoniga asoslanadi. Ular raqamli infratuzilma yordamida yuqori tezlikdagi va ishonchli translyatsiya imkoniyatini taqdim etadi. Raqamli texnologiyalar, ayniqsa, simsiz aloqa va ma’lumot uzatish jarayonlarida inqilobiy yondashuvlarni taqdim etadi, bu esa kengaytirilgan ma’lumot tezligini va unumdorligini ta’minlaydi.

Raqamli radioreleli aloqa liniyalari zamonaviy aloqa tizimlarining ajralmas qismi bo‘lib, ular hatto og‘ir sharoitlarda ham ishonchli bog‘lanishni ta’minlaydi. Ularning ahamiyati iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanishga bog‘liq.

Asosiy prinsiplar: Raqamli radioreleli aloqa liniyalarida uzluksizlik, ishonchlilik va tezlik kabi asosiy prinsiplar muhim o‘rin egallaydi, bu esa ularning samaradorligini belgilaydi.

Aloqa jarayoni: Aloqa jarayoni ma’lumotlarni kodlash, uzatish va qabul qilish jarayonlaridan iborat. Bu jarayonlar raqamli texnikalar orqali monitoring qilinadi va optimallashtiriladi.

Signal uzatish: Signal uzatish jarayoni turli modulyatsiya usullari orqali amalga oshiriladi, bu esa signalning sifatini va uzatish masofasini yaxshilaydi.

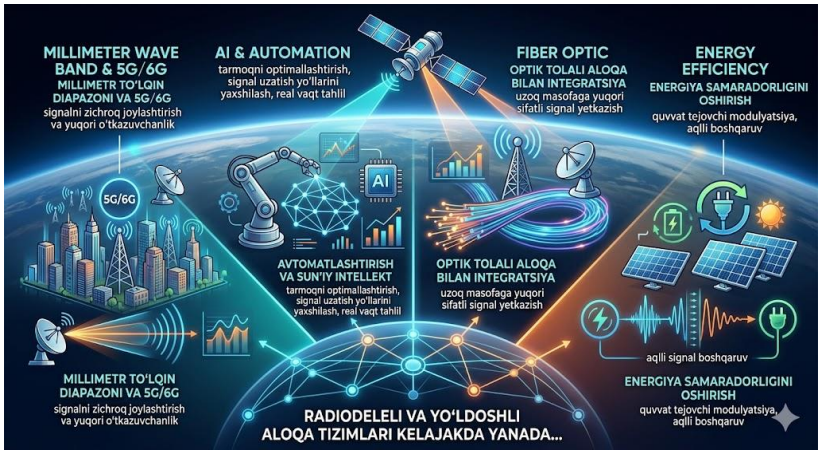
$$s(t) = [A_c + m(t)] \cdot \cos(2\pi f_c t)$$

Amplituda modulyatsiyasi

Aloqa liniyalarining komponentlari, uzatgichlar va qabul qiluvchilar:

Komponentlar: Aloqa tizimining har bir tarkibiy qismlar uzatish, qabul qilish va qayta ishlash jarayonlarini yo‘lga qo‘yadi; ularning sifatini oshirish kommunikatsiya unumdorligi uchun ahamiyatlidir.

Qabul qiluvchilar ma’lumotlarni signal sifatida oladi va ushbu signallarni foydalanuvchilarga yetkazadi, qabul qiluvchilar zamonaviy texnologiyalar yordamida energiyani iqtisod qilish imkonini beradi. Uzatgichlar ma’lumotlarni to‘g‘ri va tezda uzatish uchun zarurdir. Ular signalning kuchini oshirishga va to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘lanishni yaxshilashga yordam beradi. Radioreleli aloqa tizimlari qisqa va o‘rta masofadagi signal uzatish uchun ishlatiladi. Ularning kelajakdagi rivojlanishi quyidagi yo‘nalishlarga bog‘liq. Millimetr to‘lqin diapazoniga o‘tish – 5G va 6G texnologiyalari rivojlanishi bilan radioreley aloqa tizimlari yuqori chastotalarga o‘tmoqda. Bu signalni zichroq joylashtirish va yuqori o‘tkazuvchanlikni ta’minlash imkonini beradi. Avtomatlashtirish va sun’iy intellektdan foydalanish – AI texnologiyalari tarmoqni optimallashtirish, signal uzatish yo‘llarini yaxshilash va real vaqt rejimida tahlil qilish uchun ishlatilmoqda. Optik tolali aloqa bilan integratsiya – radioreleyli aloqa tizimlari optik tolali aloqa bilan uyg‘unlashtirilib, uzoq masofaga yuqori sifatli signal yetkazish imkoniyatini oshirmoqda. Energiya samaradorligini oshirish – yangi quvvat tejovchi modulyatsiya usullari va aqlli signal boshqaruv tizimlari qo‘llanmoqda.



Radioreleyli va yo‘ldoshli aloqa tizimlari kelajakda yanada rivojlanib, yuqori tezlik, kam kechikish, xavfsizlik va samaradorlik jihatidan takomillashishikutilmoqda. Bu esa aloqa sohasida yangi innovatsion yechimlarni joriy etishimkoniyatini yaratadi

XULOSA. Xulosa o‘rnida ta’kidlash joizki, zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasida raqamli radioreleli aloqa liniyalari o‘zining moslashuvchanligi, iqtisodiy samaradorligi va tezkor o‘rnatilish imkoniyati bilan strategik ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot natijasida radioreleli aloqa tizimlarining mobil aloqa tarmoqlarini kengaytirishdagi va optik tolali liniyalarga zaxira sifatida xizmat qilishdagi roli beqiyos ekanligi aniqlandi. Oddiy qilib aytganda, radioreleli aloqa tizimlari faqatgina an’anaviy vosita bo‘lib qolmay, balki raqamli transformatsiya davrida global axborot almashinuvini ta’minlovchi yuqori texnologik va barqaror platformaga aylandi. Kelajakda ushbu tizimlarni yanada takomillashtirish, ularning spektral samaradorligini oshirish va optik aloqa bilan uzviy integratsiyasini ta’minlash telekommunikatsiya sohasidagi ustuvor vazifa bo‘lib qolaveradi.

Adabiyotlar ro‘yxati:

1. Gulyamov Sh.M., va boshqalar. Telekommunikatsiya uzatish tizimlari. Toshkent: "Aloqachi" nashriyoti, 2021. – 320 b.

2. Seydametov S.S. Radioreleli aloqa liniyalari va ularni loyihalash. O‘quv qo‘llanma. Toshkent: TUIT, 2022. – 186 b.

3. Mishin D.V. Modern Radio Relay Communication Systems. Springer International Publishing, 2023. – 245 p.

4. Rappaport T.S., et al. Millimeter Wave Wireless Communications. Pearson Education, 2020. – 416 p.

5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining qarori. "Radiochastota spektridan foydalanish sohasida ruxsat etish hamda radioelektron vositalar va yuqori chastotali qurilmalardan foydalanishni tartibga solish to‘g‘risida" gi 801-son qarori, 22.12.2020. – 84 b.

6. IEEE Xplore Digital Library. Integration of AI in Microwave Radio Relay Networks: Future Trends. Journal of Communications and Networks, 2024. – 14 p.

7. Yunusov A.A. Raqamli axborot uzatish tizimlari hamda modulyatsiya usullari. Toshkent, 2022. – 210 b.

8. ITU-R Recommendations. F.758-7: System parameters and considerations for digital fixed wireless systems. International Telecommunication Union, 2021. – 58 p.

9. Dahlman E., Mildh G. 6G: The Next Generation of Wireless Communication Systems. Academic Press, 2024. – 380 p.

10. EMMM DUK Yillik To‘plami. O‘zbekiston hududida radioelektron vositalar monitoringi va rivojlanish ko‘rsatkichlari. Toshkent, 2023. – 120 b.

MA’LUMOTLAR BAZASI FANIDAN INDEKSLAR VA ISHLASH SAMARADORLIGI

MUHAMMADVALIEV A.A., DILSHODOV A.D.

FarDTU o‘qituvcxhisi, FarDTU talabasi, beysavash@gmail.com.

Annotatsiya: Ushbu maqolada ma’lumotlar bazasi samaradorligini oshirishda indekslarning o‘rni tahlil qilingan. B-tree, B+ tree va Hash indekslarining ishlash prinsiplari, ularning so‘rov tezligiga ta’siri va matematik baholash usullari (ISK, IHON, IFC koeffitsientlari) ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda indekslarni to‘g‘ri tanlash va optimallashtirish orqali tizim resurslarini tejash bo‘yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: Ma’lumotlar bazasi, indekslash, B-tree, Hash indeks, so‘rovlarni optimallashtirish, ISK koeffitsienti, ma’lumotlar strukturasi.

Kirish: Hozirgi axborot asrida ma’lumotlar bazalarining ishlash samaradorligi tashkilotlarning muvaffaqiyati uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ma’lumotlar hajmining eksponensial o‘sishi bilan, ma’lumotlarga tez va samarali kirishni ta’minlash tobora dolzarb bo‘lib bormoqda. Ushbu kontekstda, indekslar ma’lumotlar bazasi ishlash samaradorligini optimallashtirishning asosiy vositasi sifatida ajralib turadi. Indekslar ma’lumotlar bazasiga kiritilgan ma’lumotlarni qidirishni tezlashtiruvchi maxsus qidiruv jadvallari bo‘lib, ular so‘rovlarni bajarish vaqtini sezilarli darajada qisqartirishga imkon beradi. Ushbu kirish qismida indekslarning ma’lumotlar bazasi ishlash samaradorligini oshirishdagi markaziy rolini tushuntirish asosiy maqsad hisoblanadi. Tadqiqotning ahamiyati shundaki, u ma’lumotlar bazasi tizimlarining umumiy samaradorligini oshirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar beradi, bu esa resurslardan yanada samarali foydalanishga va foydalanuvchi tajribasini yaxshilashga olib keladi. Ushbu maqola indekslarning turlari, ularni yaratish strategiyalari va ma’lumotlar bazasi muhitida ularning ta’sirini baholash usullarini chuqur tahlil qiladi.

Ma’lumotlar bazalarida indekslar ma’lumotlarni tezkor izlash va olish uchun muhim mexanizmdir. Ular ma’lumotlarning fizik joylashuvini ko‘rsatuvchi asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi. Indekslarning asosiy turlari B-daraxt indekslari, B+ daraxt indekslari va xesh (hash) indekslardir. Har bir tur o‘zining noyob tuzilishi va

afzalliklariga ega bo‘lib, ular ma’lumotlar bazasi tizimining samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. B-daraxt indekslari keng tarqalgan bo‘lib, ular ko‘p darajali daraxt tuzilmasidan iborat. Bu daraxtda har bir tugun bir nechta kalit va bolalarga ega bo‘lishi mumkin, bu esa ma’lumotlarga kirish vaqtini logarifmik tarzda kamaytiradi. B-daraxtlarida barg tugunlari va ichki tugunlari barcha ma’lumotlarni saqlashi mumkin, bu ularni diapazonli so‘rovlar (range queries) uchun juda samarali qiladi. Misol uchun, mijozlar jadvalidagi sanalar bo‘yicha ma’lumotlarni izlashda B-daraxt indeksi juda tez ishlaydi. B+ daraxt indekslari B-daraxtlarning bir varianti bo‘lib, ular ma’lumotlarni faqat barg tugunlarida saqlaydi. Ichki tugunlar faqat kalitlarni o‘z ichiga oladi va barg tugunlariga ishorat qiladi. Barg tugunlari esa o‘z navbatida bir-biriga bog‘langan bo‘ladi. Bu tuzilma disk kiritish-chiqarish (I/O) operatsiyalarini optimallashtiradi, chunki barcha ma’lumotlar ketma-ket joylashgan bo‘ladi. B+ daraxtlarining asosiy afzalligi ketma-ket skanerlash (sequential scan) operatsiyalarida yuqori samaradorlikni ta’minlashidir. Masalan, mahsulot kodlari bo‘yicha ketma-ket ro‘yxatni olishda B+ daraxt indeksi ustunlik qiladi. Xesh indekslari esa kalitlarni xesh funksiyasi yordamida ma’lumotlarning fizik joylashuviga mos keladigan xesh qiymatlarga aylantiradi. Bu turdagi indeks tenglik so‘rovlari (equality queries) uchun juda tezkor hisoblanadi. Masalan, foydalanuvchi IDsi bo‘yicha aniq bir foydalanuvchini topishda xesh indekslari eng samarali yechimdir. Biroq, xesh indekslari diapazonli so‘rovlar uchun yaroqsizdir, chunki kalitlarning tartibi saqlanmaydi. Qaysi indeks turini tanlash ma’lumotlar bazasining ish yuklamasi va so‘rov turlariga bog‘liq bo‘ladi.

B-daraxt indeksi balansi ko‘rsatkichi:

$$B_i = \frac{\text{Enguzunyo'luzunligi}}{\text{Engqisqayo'luzunligi}}$$

B-daraxt indeksining optimal balansini baholaydi. Bu qiymat 1 ga yaqin bo‘lsa, indeks yaxshi muvozanatda hisoblanadi.

Xesh-indeksning kolliziya zichligi:

$$C_h = \frac{\sum_{i=1}^{N}(k_i - 1)}{\text{Jami yozuvlar soni}}$$

Xesh-indeksdagi kolliziyalar (bir xesh-joyga tushgan kalitlar) sonini o‘lchaydi. Bu yerda k_i - i-chi xesh-joydagi kalitlar soni.

Bitmap indeksi siqish samaradorligi:

$$S_b = 1 - \frac{\text{Bitmap indeks hajmi}}{\text{Asl ustun hajmi}}$$

Bitmap indeksining ma’lumotlarni siqish darajasini ko‘rsatadi. Yuqoriroq qiymat yaxshiroq siqilishni bildiradi.

Misol:

B-daraxt indeksining eng uzun yo‘li 4, eng qisqa yo‘li esa 3 bo‘lsa, uning balans ko‘rsatkichini hisoblang.

Berilganlar: Eng uzun yo‘l = 4, Eng qisqa yo‘l = 3.

$$B_i = \frac{\text{Enguzunyo'luzunligi}}{\text{Engqisqayo'luzunligi}}$$

$$B_i = \frac{4}{3}$$

$$B_i \approx 1.33$$

Natija: B-daraxt indeksining balans ko‘rsatkichi taxminan 1.33 ga teng.

Indekslarning ishlash samaradorligiga ta’siri va afzalliklari ma’lumotlar bazalarining umumiy faoliyatida markaziy o‘rin tutadi. Indeks ma’lumotlar qatorlarini tezkor qidirish imkonini beruvchi maxsus ma’lumotlar tuzilmasidir. Ular ma’lumotlar bazasi tizimining (DBMS) ma’lumotlarni qidirish va tartiblash operatsiyalarini sezilarli darajada tezlashtiradi, bu esa umumiy tizim samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Masalan, katta hajmdagi ma’lumotlar to‘plamida ma’lum bir yozuvni qidirish indekssiz holda butun jadvalni ketma-ket skanerlashni talab qiladi, bu esa vaqt talab qiladigan va resurslarni ko‘p sarflaydigan jarayon. Indekslar esa bu jarayonni kitobdagi mundarija kabi tezlashtiradi, kerakli ma’lumotga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘lanishni ta’minlaydi. Indekslarning asosiy afzalliklaridan biri so‘rovlarning ijro etilish vaqtini qisqartirishdir. Ayniqsa, JOIN operatsiyalari mavjud bo‘lgan murakkab so‘rovlarda indekslar ma’lumotlar bazasi dvigateliga ikki yoki undan ortiq jadvaldagi mos keluvchi yozuvlarni tezda topishga yordam beradi. Bu esa veb-ilovalar va korxona tizimlari kabi

dinamik muhitlarda foydalanuvchi tajribasini sezilarli darajada yaxshilaydi. Bundan tashqari, indekslar UNIQUE yoki PRIMARY KEY cheklovlarini qo‘llashda ham muhim rol o‘ynaydi. Ular ma’lumotlarning butunligini ta’minlaydi, chunki ular ma’lum bir ustundagi takroriy qiymatlarning oldini oladi. Shu bilan birga, indekslarning salbiy tomonlari ham mavjud. Ular qo‘shimcha disk maydonini talab qiladi va ma’lumotlarni kiritish (INSERT), yangilash (UPDATE) va o‘chirish (DELETE) operatsiyalarini sekinlashtirishi mumkin. Har bir yangi yozuv qo‘shilganda yoki mavjud yozuv o‘zgartirilganda, tegishli indekslar ham yangilanishi kerak, bu esa qo‘shimcha yuk hosil qiladi. Shuning uchun indekslarni strategik tarzda yaratish muhimdir, ya’ni faqat tez-tez qidiriladigan yoki JOIN shartnomalarida ishlatiladigan ustunlarga indeks qo‘yish maqsadga muvofiqdir. Indekslarning noto‘g‘ri joylashtirilishi yoki haddan tashqari ko‘p indekslar mavjudligi ma’lumotlar bazasining umumiy ishlashiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Indekslarni samarali qo‘llash ma’lumotlar bazasi ishlash samaradorligini oshirishning muhim omilidir. Birinchi navbatda, tez-tez qidiriladigan ustunlar indekslanishi shart. Misol uchun, mijozlar jadvalida "id" yoki "ism" ustunlari bo‘lmasa, har bir qidiruv butun jadvalni skanerlashga olib keladi, bu esa katta massivlarda sezilarli kechikishlarga sabab bo‘ladi. Ikkinchidan, ma’lumotlar turlarini tushunish indekslashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Matnli ustunlar uchun B-tree indekslari samarali bo‘lsa, geografik ma’lumotlar uchun R-tree indekslari afzalroqdir. Noto‘g‘ri indeks turi tanlash indeksning foydasizligiga olib kelishi mumkin. Uchinchidan, kompozit indekslardan oqilona foydalanish zarur. Agar talablar bir nechta ustun asosida filtrlanishni talab qilsa, masalan, "shahar" va "yosh", bitta kompozit indeks ikkita alohida indeksga qaraganda tezroq natija beradi. Biroq, kompozit indeksdagi ustunlarning tartibi muhimdir; eng ko‘p cheklovchi ustun birinchi bo‘lishi kerak. To‘rtinchidan, indekslarni haddan tashqari ko‘p yaratishdan qochish lozim. Har bir indeks ma’lumotlar bazasiga yozish operatsiyalari (INSERT, UPDATE, DELETE) paytida qo‘shimcha yuk hosil qiladi, chunki bu indekslar ham yangilanishi kerak. Bu esa, yozish intensivligi yuqori bo‘lgan tizimlarda ishlash samaradorligini pasaytirishi

mumkin. Beshinchidan, indekslarning fragmentatsiyasini kuzatib borish va uni optimallashtirish zarur. Vaqt o‘tishi bilan indekslar fragmentlanishi mumkin, bu esa ularning samaradorligini pasaytiradi. Muntazam ravishda indekslarni qayta qurish yoki defragmentatsiya qilish operatsiyalari orqali ularning optimal ishlashini ta’minlash mumkin. Oltinchidan, so‘rov rejasini tahlil qilish indekslarning qanday ishlatilayotganini tushunishga yordam beradi. Har bir so‘rov bajarilishidan oldin ma’lumotlar bazasi tizimi eng samarali ijro rejasini tuzadi. Bu reja indekslardan qanday foydalanilayotganini ko‘rsatadi va agar indekslar ishlatilmayotgan bo‘lsa, bu ularni optimallashtirish zarurligini bildiradi. Nihoyat, indekslash strategiyasini doimiy ravishda monitoring qilish va so‘rovlar yukini o‘zgarishlariga mos ravishda yangilab turish kerak. Ma’lumotlar o‘lchami va so‘rovlar profili o‘zgargan sari mavjud indekslar eskirishi yoki yangi indekslarga ehtiyoj paydo bo‘lishi mumkin.

Indeks Samardorligi Koeffitsienti (ISK):

$$ISK = 1 - \frac{T_{indeks}}{T_{skanerlash}}$$

Bu formula indeks qo‘llanilganda so‘rov vaqtining umumiy skanerlash vaqtiga nisbatan qancha qisqarganini ko‘rsatadi. Yuqori ISK qiymati indeksning samarali ekanligini bildiradi.

Indeks Hajmining Optimal Nishobi (IHON):

$$IHON = V_{ma'lumot} \times (1 + P_{o'sish}) \times K_{optimal}$$

Ushbu formula indeks uchun optimal hajm nishonini hisoblashga yordam beradi, bunda ma’lumotlar hajmi, kutilayotgan o‘sish va saqlash samaradorligi hisobga olinadi. Optimal K_optimal odatda 0.05 dan 0.2 gacha bo‘lishi mumkin.

Indeksdan Foydalanish Chastotasi (IFC):

$$IFC = \frac{N_{indeks}}{N_{umumiy}} \times K_{foyda}$$

Bu formula so‘rovlarda indeksning qanchalik tez-tez ishlatilishini va uning umumiy foydasini baholashga yordam beradi. K foyda indeksning har bir qo‘llanilishidan keladigan o‘rtacha samaradorlikni ifodalaydi.

Misol:Berilganlar: Indeks qo‘llanilganda so‘rov vaqti (T_{indeks}) 0.05 soniya, to‘liq skanerlash vaqti ($T_{skanerlash}$) 1.5 soniya. Indeks Samardorligi Koeffitsientini (ISK) toping.

Berilganlar: T_{indeks} = 0.05 soniya, $T_{skanerlash}$ = 1.5 soniya.

$$ISK = 1 - \frac{T_{indeks}}{T_{skanerlash}}$$

$$ISK = 1 - \frac{0.05}{1.5}$$

$$ISK = 1 - 0.0333$$

$$ISK \approx 0.9667$$

Natija: Indeks Samardorligi Koeffitsienti (ISK) taxminan 0.9667 ga teng. Bu indeksning juda samarali ekanligini ko‘rsatadi, chunki u so‘rov vaqtini sezilarli darajada qisqartirgan.

Xulosa: Indekslar ma’lumotlar bazasi ishlash samaradorligini sezilarli darajada oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Ular ma’lumotlarni qidirish va olish jarayonlarini tezlashtirib, so‘rovlarning bajarilish vaqtini qisqartiradi. Indekslar ma’lumotlar bazasi tizimining umumiy javob vaqtini optimallashtirishga yordam beradi, ayniqsa katta hajmli ma’lumotlar to‘plamlari bilan ishlashda ularning ahamiyati yanada ortadi. To‘g‘ri tanlangan va optimallashtirilgan indekslar ma’lumotlar bazasi operatsiyalarining resurs sarfini kamaytiradi. Biroq, indekslarni qo‘llashda ehtiyotkorlik talab etiladi, chunki keraksiz yoki noto‘g‘ri indekslar saqlash joyini talab qilishi va ma’lumotlarni yozish (INSERT, UPDATE, DELETE) operatsiyalarini sekinlashtirishi mumkin. Har bir indeks ma’lumotlar o‘zgartirilganda yangilanishi lozim, bu esa qo‘shimcha yukni yaratadi. Shuning uchun, indekslarni yaratishdan oldin ma’lumotlar bazasi so‘rovlari va yozish operatsiyalarining nisbatini tahlil qilish muhimdir. Samarali indekslash strategiyasi so‘rovlarning chastotasi, ma’lumotlarning hajmi va o‘zgaruvchanligi kabi omillarni hisobga olishi kerak. Ma’lumotlar bazasi ishlashini muntazam monitoring qilish va indekslarni qayta shakllantirish yoki keraksizlarini olib tashlash orqali optimallashtirish davomiy jarayon bo‘lishi lozim.

Faqat to‘g‘ri boshqarilgan indekslar ma’lumotlar bazasi tizimining maksimal samaradorligini ta’minlaydi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. Abror, D. (2025). RELATSION VA NORELYATSION (NoSQL) MA’LUMOTLAR BAZALARINING TAQQOSLANISHI. INTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED SCIENCES, 1(1).

2. Sherdil o’g’li, M. B., & Dilshodjon o’g’li, D. A. (2025). MA’LUMOTLAR BAZASIDA INDEKSLASH VA SO ‘ROVLARNI OPTIMALLASHTIRISH. SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF THE 21ST CENTURY, 1(1).

3. Jaxongir o’g’li, K. S., Nuriddinjon o’g’li, O. O., & Dilshodjon o'g'li, D. A. (2025). MA’LUMOTLAR BAZASIDAN FOYDALANISHDA KENG TARQALGAN XATOLAR VA ULARNI BARTARAF ETISH. EDUCATION AND SCIENCE YESTERDAY AND TODAY, 1(1).

4. Dilshodjon ogli, D. A. (2025). MA'LUMOTLAR BAZALARIDA SUN'IY INTELEKT YORDAMIDA NATIJALARNI BASHORAT QILISH. Shokh Articles Library, 1(1).

5. Nodirbek, S., & Abrorbek, D. (2025). MA'LUMOTLAR BAZASINING XAVFSIZLIGI VA KIRISH NAZORATI. SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF THE 21ST CENTURY, 1(1).

6. Dilshodjon o’g’li, D. A. (2025). NOSQL TIZIMLARI VA KATTA HAJMDAGI MA’LUMOTLARNI BOSHQARISHDAGI AHAMIYATI. SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF THE 21ST CENTURY, 1(1).

7. Feruzbek, M., & Abrorbek, D. (2025). SQL VA NOSQL MA’LUMOTLAR BAZALARINI TAQQOSLASH: ARXITEKTURA, SAMARADORLIK VA QO‘LLANISH JIHATLARI. SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF THE 21ST CENTURY, 1(1).

8. Shohzamon, Y., & Abrorbek, D. (2025). MA’LUMOTLAR BAZASI VA FAYL TIZIMLARI O ‘RTASIDAGI FARQ. SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF THE 21ST CENTURY, 1(1).

9. Abrorbek, D. (2025). MA’LUMOTLAR BAZASIDA XAVFSIZLIK VA SQL INJECTION. EDUCATION AND SCIENCE YESTERDAY AND TODAY, 1(1).

10. Sevinch, H., & Abrorbek, D. (2025). SQL SELECT SO ‘ROVLARI BILAN ISHLASH. MA’LUMOTLARNI SARALASH. WHERE, AND, OR, NOT OPERATORLARIDAN FOYDALANISH. EDUCATION AND SCIENCE YESTERDAY AND TODAY, 1(1).

11. Ozodbek, X., Qosimjon, S., Otabek, A., & Abrorjon, D. (2025). TAQSIMLANGAN MA’LUMOTLAR BAZALARI VA ULARNING KOMPYUTER TARMOQLARIDAGI AHAMIYATI. SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF THE 21ST CENTURY, 1(1).

12. UniPublish, M. C. H. J. (2025). Ma’lumotlar bazasida saralash va filtrlashning nazariy asoslari. Taraqqiyot Spektri, 1(12), 86-91

SIMPLEKS USULI YORDAMIDA OPTIMAL REJALASHTIRISH MASALALARINI YECHISH VA TAHLIL QILISH

MAMATOVA Z.X., MELIQO‘ZIYEVA G.K.

FarDU dotsenti,mamatova.zilolakhon@gmail.com,

FarDU talabasi, gulzodameliqoziyeva705@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqola chiziqli dasturlash masalalarini yechishda simpleks usulining nazariy asoslari hamda uning optimal rejalashtirish jarayonlaridagi amaliy qo‘llanilishiga bag‘ishlangan. Tadqiqotda iqtisodiy va ishlab chiqarish tizimlarida uchraydigan resurslarni optimal taqsimlash masalalari matematik modellashtirish nuqtai nazaridan tahlil qilinadi.

Maqola doirasida simpleks usulining mohiyati, uning algoritmik tuzilishi va hisoblash bosqichlari izchil ravishda yoritilgan. Xususan, chiziqli dasturlash modelini standart ko‘rinishga keltirish, boshlang‘ich tayanch yechimni aniqlash, simpleks jadvalini tuzish hamda iteratsion jarayon orqali optimal yechimga erishish bosqichlari batafsil ko‘rib chiqilgan.

Shuningdek, aniq amaliy misol asosida optimal rejalashtirish masalasining yechimi keltirilib, olingan natijalar iqtisodiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari simpleks usulining samaradorligi, aniqligi va amaliy masalalarni yechishdagi qulayligini tasdiqlaydi. Simpleks usuli resurslardan oqilona foydalanish, maksimal foyda olish yoki xarajatlarni minimallashtirish kabi muhim masalalarni hal etishda samarali vosita ekanligi asoslab berilgan. Ushbu yondashuv sanoat, iqtisodiyot va boshqaruv tizimlarida keng qo‘llanish imkoniyatiga ega bo‘lib, ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Simpleks usuli, chiziqli dasturlash, optimal rejalashtirish, matematik modellashtirish, resurslarni taqsimlash, optimallashtirish, maqsad funksiyasi, cheklovlar tizimi, simpleks jadvali, optimal yechim

Kirish: Hozirgi kunda iqtisodiyot, ishlab chiqarish va boshqaruv tizimlarida mavjud resurslardan samarali va oqilona foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Cheklangan resurslar sharoitida maksimal foyda olish yoki minimal xarajatlar bilan yuqori natijaga erishish zarurati matematik modellashtirish va optimallashtirish usullarining rivojlanishiga turtki bo‘lmoqda. Chiziqli dasturlash masalalari ana shunday optimallashtirish muammolarini hal etishda muhim o‘rin tutadi. Ushbu masalalarni yechishda turli usullar mavjud bo‘lib, ular orasida simpleks usuli eng samarali va keng qo‘llaniladigan metodlardan biridir. Simpleks usuli chiziqli

cheklovlar tizimi ostida maqsad funksiyaning optimal qiymatini topish imkonini beradi.

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi simpleks usuli yordamida optimal rejalashtirish masalalarini yechish jarayonini o‘rganish hamda uning amaliy ahamiyatini tahlil qilishdan iborat. Shuningdek, maqolada simpleks algoritmining bosqichlari, uning matematik asoslari va amaliy qo‘llanilishi yoritiladi.

Tadqiqot davomida simpleks usulining iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishdagi roli va samaradorligi aniq misol asosida ko‘rsatib beriladi. Olingan natijalar ushbu usulning amaliy masalalarni hal etishda yuqori aniqlik va qulaylikka ega ekanligini tasdiqlaydi.

Asosiy qisim. Simpleks usuli har qanday chiziqli programmalastirish masalasining optimal yechimini topishga xizmat qiluvchi eng universal usullaridan biridir.

Masala: Tikuvchilik mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxona uch turdagi kiyim ishlab chiqaradi: erkaklar kiyimi, ayollar kiyimi va bolalar kiyimi. Har bir mahsulot turidan olinadigan foyda mos ravishda 50 ming so‘m, 40 ming so‘m va 25 ming so‘mni tashkil etadi. Korxona maqsadi mavjud ishlab chiqarish resurslaridan samarali foydalanib, umumiy foydani maksimal darajaga yetkazishdir.

Ishlab chiqarish jarayonida resurslar cheklangan bo‘lib, ular mato, ishchi kuchi va ishlab chiqarish vaqtidan iborat. Ushbu resurslar quyidagi cheklovlar bilan ifodalanadi:

1. Xomashyocheklovi: Erkaklar, ayollarvabolalarkiyimlariniishlabchiqarishdafoydalaniladiganmatomiqdoricheklangan .

$$4x_1+3x_2+3x_3\leq 240$$

2. Ishchi kuchi cheklovi: Erkaklar, ayollar va bolalar kiyimlarini ishlab chiqarish uchun ishchilar soni cheklangan.

$$2x_1+2x_2\mp x_3\leq 150$$

Korxonaning maqsadi — mavjud resurslardan samarali foydalanib, erkaklar, ayollar va bolalar kiyimlarini ishlab chiqarish hajmini shunday aniqlash kerakki, umumiy foyda maksimal bo‘lsin.

$$Z=50x_1+40x_2+25x_3$$

Shartlar:

$$x_1\geq 0, x_2\geq 0, x_3\geq 0$$

Endi berilgan masalani ishlashda simpleks usuldan foydalanamiz. Masala shartlaridan ko‘rinadiki

$$\begin{cases} 4x_1 + 3x_2+2x_3\leq 240 \\ 2x_1+2x_2+x_3\leq 150 \end{cases}$$

cheklanishlar sistemasi va

$$Z=50x_1+40x_2+25x_3$$

maqsad funksiyasi va

$$x_1\geq 0,\ x_2\geq 0, x_3\geq 0$$

nomanfiylik shartlari bor. Bu masalani Simpleks jadval usulida yechish uchun yuqoridagi tengsizliklar sistemasini kanonik shaklga keltiramiz. Buning uchun har bir tengsizlikka manfiy bo‘lmagan yangi noma’lum miqdorlar (y_1, y_2)ni kiritamiz.

$$\begin{cases} 4x_1 + 3x_2+2x_3\leq 240 \\ 2x_1+2x_2+x_3\leq 150 \end{cases}$$

Qo‘shimcha o‘zgaruvchilarni maqsad funksiyaga ham qo‘shish kerak. Bu o‘zgaruvchilar maqsad funksiyaga nol koeffitsient bilan qo‘shiladi.

$$Z=50x_1+40x_2+25x_3+0*y_1+0*y_2$$

Kanonik ko‘rinishdagi masalaning elementlaridan foydalanib, quyidagi tartibda 1-dastlabki jadvalni tuzamiz:

	Bazis o’zgaruvchilar	C_j	Ozod xad	50	40	25	0	0
I	x_{bi}	C_j	a_{i0}	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}
1	y_1	0	240	4	3	2	1	0

2	y_2	0	150	2	2	1	0	1
Indeks qator			0	-50	-40	-25		

Bu yerda I-cheklanish tartibi; x_{bi}-bazis o‘zgaruvchilar(bular 1-simpleks jadvalda qo‘shimcha o‘zgaruvchilar); C_i- maqsad funksiyadagi bazis o‘zgaruvchilar oldidagi koeffitsientlar; a_{i0} - ozod hadlar; a_{ij}- tenglamadagi koeffitsientlar: C_j - maqsad funksiya koeffitsientlari, jumladan C_0 - maqsad funksiyaning ozod hadi bo‘lib, ko‘pchilik masalalarda bu nolga teng bo‘ladi .

Keyingi jadvalga o‘tish mumkinmi yoki yo‘qligini simpleks jadvalning indeks qatori ko‘rsatadi bitta manfiy element qatnashsa ham (masala maksimumga yechilayotgan bo‘lsa) yoki bitta musbat element qatnashsa ham (masala minimumga yechilayotgan bo‘lsa) keyingi jadvalga o‘tish mumkin.

1. Indeks qatorda absolyut qiymati bo‘yicha eng katta bo‘lgan manfiy element (masala maksimumga echilayotgan bo‘lsa) yoki absolyut qiymati eng katta musbat elementni (masala minimumga echilayotgan bo‘lsa) topish kerak.

$$\frac{a_{i0}}{a_{im}}$$

2. Nolinchi ustunning elementlarini asosiy ustunning mos musbat elementlariga bo‘lib chiqamiz

3. Eng kichik bo‘linma turgan qator asosiy qator hisoblanadi. Bizning misolimizda birinchi bosqichda uchinchi qator asosiy qator hisoblanadi, chunki barcha qiymatlarning ichida eng kichigi.

Eng kichik bo‘linma turgan qator *asosiy qator* hisoblanadi. Misolda uchinchi ustun asosiy ustun, birinchi qator asosiy qator hisoblanadi, chunki barcha qiymatlarning ichida eng kichigi

$$\frac{a_{21}}{a_{11}}=\frac{240}{4}=60,\frac{a_{22}}{a_{12}}=\frac{150}{2}=75$$

ga teng ekan. Asosiy ustun va asosiy qator kesishmasida turgan element asosiy element deb aytiladi va biz jadvalni quyidagi ko’rinishda yozib olsak ham bo‘ladi:

B.J	x_1	x_2	x_3	

y_1	4	3	2	240
y_2	2	2	1	150
Z	-50	-40	-25	

Demak asosiy element bu yerda 4 ga teng.

Xal qiluvchi ustun va satr o‘zgaruvchilari o‘rinlari almashtiriladi vashu element turgan ustunning elementlari asosiy elementning ham manfiy ham teskarisiga, satr elementlari esa faqat teskarisiga bo‘linadiva yangi simpleks jadvalga yoziladi. Qolgan elementlar esa asosiy elementga nisbatan determinant tuzib hisoblab yana shu element teskarisiga ko‘paytirib hosil qilinadi. Ya’ni y_2x_2 elementni topish uchun

$$(y_1x_1 * y_2x_2 - y_2x_1 * y_2x_2)/y_1x_1$$

kabi topiladi. Shu tarzda davom ettirsak quyidagicha yangi simpleks jadval hosil qilamiz:

S.J	y_1	x_2	x_3	
x_1	1/4	3/4	1/2	60
y_2	-1/2	1/2	0	30
Z	50/4	-10/4	0	3000

Xosil bo‘lgan simpleks jadvalni tekshirish: Bazis bo‘lgan yechimlar ozod hadlarga teng bazis bo‘lmagan yechimlar esa 0 ga teng. Ya’ni {60;0;0 ;0; 30}. Endi esa Z ifodasi orqali javobni tekshiramiz

$$Z=50x_1+40x_2+25x_3+0*y_1+0*y_2=50*60=3000$$

Z=3000 demak javob tog’ri. Lekin Z satrida manfiy son qatnashgani uchun bu yechim optimal emas mumkin bo’lgan yechim hisoblanadi. Shuning uchun yuqoridagi amallarni yana bir bor takrorlaymiz. Z satridagi manfiy sonlardan x_2 ustun tayanch ustun hisoblanadi. Undagi ikkita element musbat bo‘lgani uchun musbat elementlardan asosiy elementni topib olamiz.

$$\frac{a_{10}}{a_{11}}=\frac{60}{3/4}=80,\ \frac{a_{20}}{a_{12}}=\frac{30}{1/2}=60.$$

Misolda ikkinchi ustun asosiy ustun, birinchi qator asosiy qator hisoblanadi, chunki barcha qiymatlarning ichida eng kichigiga teng. Asosiy ustun va asosiy qator

kesishmasida turgan element asosiy element deb aytiladi. Yuqoridagi amallarni bajarganimizda quyidagi jadval hosil bo‘ladi:

S.J	y_1	x_1	x_3	
x_2	1/3	4/3	2/3	80
y_2	-1/2	-2/3	-1/4	15/2
Z	10	10/3	5/4	3200

Javob: {0; 80; 0; 0; -15/2}

Yana Z ifodasi orqali javobni tekshirib ko‘ramiz:

$$Z=50x_1+40x_2+25x_3+0*y_1+0*y_2=40*80=3200$$

Z satrida manfiy element yo‘q. Demak maqsad funksiyasi Z=3200 bo’lganda optimal yechim bo‘ladi.

XULOSA. Ushbu maqolada simpleks usuli yordamida optimal rejalashtirish masalalarini yechish va tahlil qilish masalasi ko‘rib chiqildi. Chiziqli dasturlash modellarini tuzish orqali korxonalarda mavjud cheklangan resurslardan samarali foydalanish va maksimal foyda olish imkoniyati mavjudligi aniqlandi. Simpleks usuli iqtisodiy va ishlab chiqarish jarayonlarida optimal yechimni bosqichma-bosqich topish imkonini beruvchi qulay va samarali matematik usul hisoblanadi. U yordamida ishlab chiqarish hajmlarini to‘g‘ri taqsimlash, resurslardan ortiqcha sarfni kamaytirish hamda korxona daromadini oshirish mumkin.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, simpleks usulini qo‘llash orqali murakkab ko‘p o‘zgaruvchili masalalar ham aniq va optimal yechimga ega bo‘ladi. Shu sababli ushbu usul zamonaviy iqtisodiyot, boshqaruv va ishlab chiqarish jarayonlarida muhim amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. To‘xtasinov M. *Jarayonlar tadqiqoti.* Toshkent: Barkamol Fayz Media, 2017. – 572 b. (Oliy va o‘rta maxsus ta’lim uchun darslik, jarayonlar tadqiqoti va o‘yinlar nazariyasi bo‘yicha asosiy manba)

2. Xodiyeva M. *Chiziqli dasturlash masalalarini simpleks jadvallar usulida yechish.* ZiyoNET Kutubxonasi, 2013. (Simpleks jadval usuli bo‘yicha referat va amaliy qo‘llanma)

3. Taha H. A. — *Operations Research: An Introduction*.

PROTOKOLLAR VA ALOQA STANDARTLARI: TCP/IP, OSI, GSM, LTE VA BOSHQALAR.

XALILOV M.M., *MUHAMMADVALIEV A.A*

***FarDTU o‘qituvchisi, FarDTUtalabasi,* beysavash@gmail.com**

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy kompyuter iqtisodiyotining asosi bo‘lgan TCP/IP, OSI, GSM va LTE kabi tarmoq protokollari hamda aloqa standartlari tahlil qilingan. Tadqiqotda modellarning qatlamli tuzilmasi, mobil aloqa evyutsiyasi va tarmoq yukini ta'minlashga xizmat qiluvchi matematik modellar (latensiya boshhorati va resurs taqsimoti) ko‘rib chiqadi. Natijalar 5G, iot va sun'iy intellekt integratsiyalashgan kelajak avlod tizimlarini rivojlantirish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Tarmoq protokollari ,TCP/IP va OSI ,GSM va LTE ,5G va IoT, Tarmoq latensiyasi, Resurs taqsimoti .

Kirish: Zamonaviy axborot texnologiyalari va raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi sharoitida protokollar va aloqa standartlarining ahamiyati tobora ortib bormoqda. Ushbu kompleks tizimlar turli qurilmalar va tarmoqlar o‘rtasida ma’lumot almashinuvini ta’minlovchi asosiy mexanizmlarni tashkil etadi. TCP/IP, OSI, GSM, LTE kabi standartlar global aloqa tizimlarining uzluksiz ishlashini kafolatlaydi, ma’lumotlarning ishonchli va samarali uzatilishini ta’minlaydi. Ushbu mavzuning dolzarbligi shundaki, bu protokollar internetdan tortib mobil aloqa va IoT (Internet of Things) qurilmalarigacha bo‘lgan har qanday raqamli aloqa uchun fundamental asos bo‘lib xizmat qiladi. Ularni chuqur tushunish zamonaviy tarmoqlarni loyihalash, boshqarish va optimallashtirish uchun zarurdir. Tadqiqotning maqsadi ushbu asosiy protokollar va standartlarning tuzilishi, funksiyalari va o‘zaro aloqalarini tahlil qilishdan iborat. Bu global aloqa ekotizimida ularning roli va ahamiyatini keng qamrovli yoritishga yordam beradi. Natijada, ushbu bilimlar kelajak avlod aloqa tizimlarini rivojlantirish va takomillashtirish uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Tarmoq protokollari zamonaviy aloqa infratuzilmasining asosi hisoblanadi. Ular turli qurilmalar o‘rtasida ma’lumot almashish qoidalarini belgilaydi. Bu sohada ikkita asosiy model mavjud: TCP/IP va OSI. TCP/IP modeli amalda keng qo‘llaniladigan, Internetning ishlashini ta’minlovchi protokollar to‘plamidir. U to‘rt qatlamdan iborat:

ilova qatlami, transport qatlami, Internet qatlami va tarmoqqa kirish qatlami. Ilova qatlami foydalanuvchi ilovalari (masalan, veb-brauzerlar) bilan bevosita ishlaydi va HTTP, FTP, SMTP kabi protokollarni o‘z ichiga oladi. Transport qatlami ma’lumotlarning ishonchli yetkazilishini ta’minlaydi, bunda TCP (Transmission Control Protocol) yoki UDP (User Datagram Protocol) ishlatiladi. TCP ulanishga yo‘naltirilgan bo‘lib, ma’lumotlar yo‘qolishining oldini oladi, UDP esa tezroq, ammo ishonchliligi pastroq. Internet qatlami ma’lumotlar paketlarini manbadan manzilga marshrutlash mas’uliyatini o‘z zimmasiga oladi, bu yerda IP (Internet Protocol) protokoli kalit rol o‘ynaydi. Tarmoqqa kirish qatlami fizik tarmoqqa ulanishni va ma’lumotlarni uzatishni boshqaradi. OSI (Open Systems Interconnection) modeli esa nazariy jihatdan ishlab chiqilgan standart bo‘lib, tarmoq aloqasini yetti qatlamga ajratadi. Bu qatlamlar: fizik, kanal, tarmoq, transport, seans, taqdimot va ilova qatlami. OSI modeli TCP/IP ga nisbatan batafsilroq va har bir qatlamning vazifalarini aniqroq belgilaydi. Masalan, fizik qatlam kabel turi va signal uzatish usullarini, kanal qatlami esa MAC (Media Access Control) manzillash va xatolarni aniqlashni boshqaradi. Tarmoq qatlami IP kabi marshrutlash protokollarini o‘z ichiga oladi. Transport qatlami TCP kabi end-to-end aloqani ta’minlaydi. Seans, taqdimot va ilova qatlamlari esa yuqori darajadagi xizmatlarni (masalan, ma’lumotlarni shifrlash, formatlash va ilova bilan aloqa) taqdim etadi. Nazariy jihatdan OSI modeli mukammal bo‘lsa-da, amalda TCP/IP kengroq qo‘llaniladi, chunki u oddiyroq va moslashuvchanroqdir. Biroq, OSI modeli tarmoq arxitekturasini tushunish va turli protokollarni tasniflash uchun muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Simli va simsiz aloqa standartlari zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasining asosi hisoblanadi. Mobil aloqa texnologiyalarida GSM (Global System for Mobile Communications) va LTE (Long Term Evolution) kabi standartlar keng tarqalgan bo‘lib, ular turli avlod aloqa tizimlarini ifodalaydi. GSM ikkinchi avlod (2G) mobil aloqa standarti bo‘lib, dastlab ovozli qo‘ng‘iroqlar va qisqa xabarlar (SMS) uzatish uchun ishlab chiqilgan. U vaqt bo‘linishli ko‘p kirish (TDMA) texnologiyasidan foydalangan holda bir vaqtning o‘zida bir nechta foydalanuvchiga

bitta chastota kanalidan foydalanish imkonini berdi. GSM jahon miqyosida eng ko‘p qo‘llaniladigan mobil aloqa standartlaridan biri bo‘lib, o‘zining mustahkamligi va keng qamrovi bilan ajralib turadi. Masalan, uzoq hududlarda ham barqaror aloqani ta’minlashi uning asosiy afzalliklaridan biridir. Biroq, internetga bo‘lgan ehtiyoj oshgani sari, GSM ning ma’lumot uzatish tezligi cheklanganligi sezilarli kamchilikka aylandi. Bu esa keyingi avlod standartlarining rivojlanishiga turtki bo‘ldi. LTE to‘rtinchi avlod (4G) mobil aloqa standarti bo‘lib, yuqori tezlikdagi ma’lumot uzatish va internetga keng polosali kirishni ta’minlash maqsadida yaratilgan. LTE GSMga nisbatan sezilarli darajada yuqori ma’lumot uzatish tezligini taklif etadi, bu esa videostreaming, onlayn o‘yinlar va boshqa ma’lumot talab qiladigan ilovalarni samarali ishlatishga imkon beradi. Uning asosiy texnologiyasi OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) va MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) antennalaridan foydalanish bo‘lib, bu samaradorlikni va spektral samaradorlikni oshiradi. LTE ning afzalligi shundaki, u past kechikish (latency) va yuqori tarmoqli kenglikni ta’minlaydi, bu esa real vaqt rejimida ishlaydigan ilovalar uchun juda muhimdir. GSM va LTE o‘rtasidagi asosiy farq, birinchisi asosan ovozli aloqaga, ikkinchisi esa ma’lumot uzatishga yo‘naltirilganligidir, garchi LTE ham ovozli (VoLTE orqali) xizmatlarni qo‘llab-quvvatlasada.

Aloqa protokollari va standartlari dunyosi TCP/IP va OSI modellaridan tashqari keng qamrovli bo‘lib, turli xil texnologiyalarni o‘z ichiga oladi. Masalan, GSM (Global System for Mobile Communications) dunyo bo‘ylab mobil aloqa uchun de-fakto standart bo‘lib xizmat qiladi. U ikkinchi avlod (2G) mobil aloqasining asosini tashkil etib, ovozli qo‘ng‘iroqlar va qisqa xabarlar xizmati (SMS) uchun raqamli uzatishni ta’minlaydi. GSM ning asosiy afzalligi uning xalqaro rouming imkoniyati bo‘lib, bu foydalanuvchilarga turli mamlakatlarda o‘z mobil telefonlaridan foydalanish imkonini beradi. LTE (Long-Term Evolution) esa to‘rtinchi avlod (4G) mobil aloqa texnologiyasi bo‘lib, GSM va 3G tarmoqlaridan keyingi rivojlanishni ifodalaydi. LTE yuqori tezlikdagi ma’lumotlar uzatishni taklif etadi, bu esa mobil qurilmalarda video

oqimini, onlayn o‘yinlarni va boshqa ma’lumotlar talab qiluvchi ilovalarni muammosiz ishlatish imkonini beradi.

Uning arxitekturasi butunlay IP-ga asoslangan bo‘lib, bu uning moslashuvchanligini va kelajakdagi rivojlanishga ochiqligini ta’minlaydi. 5G texnologiyasi esa LTE ning yanada rivojlangan shakli bo‘lib, ultra past kechikish va massiv qurilma ulanishlarini qo‘llab-quvvatlaydi, bu esa Internet of Things (IoT) va avtonom transport vositalari kabi yangi ilovalar uchun asos yaratadi. Wi-Fi (Wireless Fidelity) protokollari IEEE 802.11 standartlar oilasiga kiradi va simsiz lokal tarmoqlarni (WLAN) yaratish uchun keng qo‘llaniladi. Ular turli diapazonlarda (masalan, 2.4 GHz va 5 GHz) ishlaydi va uy sharoitidan tortib yirik korxonalargacha bo‘lgan muhitlarda internetga kirishni ta’minlaydi. Bluetooth esa qisqa masofali simsiz aloqa protokoli bo‘lib, mobil telefonlar, quloqchinlar va boshqa periferik qurilmalar o‘rtasida ma’lumot almashish uchun ishlatiladi. Bu protokollar har biri o‘zining noyob xususiyatlariga va qo‘llash sohalariga ega bo‘lib, zamonaviy aloqa infratuzilmasining ajralmas qismini tashkil etadi. Har bir standart o‘zining texnik xususiyatlari va samaradorligi bilan belgilanadi, bu esa ularning muayyan ehtiyojlar uchun eng maqbul yechim bo‘lishini ta’minlaydi.

Protokollar va aloqa standartlarining amaliy qo‘llanilishi zamonaviy texnologiyalarning ajralmas qismidir. TCP/IP protokollar to‘plami internetning asosi bo‘lib, ma’lumotlarni ishonchli va samarali tarzda uzatishni ta’minlaydi. Masalan, veb-sahifalarni ko‘rish, elektron pochta yuborish va onlayn o‘yinlar o‘ynash TCP va IP protokollari orqali amalga oshiriladi. Bu protokollar turli xil tarmoq qurilmalari o‘rtasida o‘zaro ishlashni ta’minlaydi, shu bilan birga ma’lumotlar paketlarga bo‘linib, qayta yig‘iladi. OSI modeli esa nazariy jihatdan tarmoq aloqasini tushunish va loyihalash uchun universal asos yaratadi, garchi amalda TCP/IP kengroq qo‘llanilsa-da. Mobil aloqa sohasida GSM va LTE standartlari global miqyosda keng tarqalgan. GSM ikkinchi avlod mobil aloqa texnologiyasi sifatida ovozli aloqa uchun asos bo‘lgan bo‘lsa, LTE to‘rtinchi avlod texnologiyasi sifatida yuqori tezlikdagi ma’lumotlar uzatishni, jumladan, mobil keng polosali internetni ta’minladi. Masalan,

smartfonlarimiz orqali video qo‘ng‘iroqlar qilish, yuqori sifatli filmlarni strim qilish va katta hajmli fayllarni yuklab olish LTE texnologiyasi samarasi hisoblanadi. 5G kabi yangi avlod standartlari esa yanada yuqori tezlik, past kechikish va massiv qurilmalar bog‘lanishini taklif etib, avtonom transport, aqlli shaharlar va sanoat 4.0 kabi sohalarda inqilobiy o‘zgarishlarga olib kelmoqda. Kelajakda bu protokollar va standartlarning rivojlanishi sun’iy intellekt, mashinani o‘rganish va kvant hisoblash kabi texnologiyalar bilan integratsiyani o‘z ichiga oladi. Masalan, tarmoqni avtomatik boshqarish, xavfsizlikni oshirish va energiya samaradorligini ta’minlash uchun sun’iy intellekt qo‘llaniladi. Shuningdek, IoT (Internet of Things) qurilmalarining kengayishi bilan sensorlar va aktuatorlar o‘rtasidagi aloqani optimallashtirish uchun yangi, engil protokollar ishlab chiqilishi kutilmoqda. Kvant aloqasi esa ma’lumotlarni mutlaq xavfsizlikda uzatish imkoniyatini taqdim etadi, bu esa moliyaviy va mudofaa sohalarida ulkan ahamiyatga ega bo‘ladi. Ushbu rivojlanishlar tarmoq arxitekturasini yanada moslashuvchan va aqlli qilishga qaratilgan.

Tarmoq Latensiyasining Adaptiv Bashorati:

$$L_{i+1} = \alpha \cdot L_i + (1-\alpha) \cdot \Delta t_i + \beta \cdot (P_{i,loss} - P_{target,loss})$$

Bu formula kelajakdagi tarmoq latensiyasini (L) oldindan bashorat qilish uchun adaptiv algoritmni ifodalaydi. U oldingi latensiyani (L_i), so‘nggi o‘lchangan kechikishni (Δt_i) va paket yo‘qotish darajasidagi farqni ($P_{i,loss} - P_{target,loss}$) hisobga oladi.

Resurslarni Dinamik Taqsimlash samaradorligi:

$$E_{res} = \sum_{j=1}^{N} \left(\frac{BW_{actual,j}}{BW_{req,j}} \cdot \frac{CPU_{actual,j}}{CPU_{req,j}} \right) \cdot W_j - C_{overhead}$$

Bu formula turli xizmatlar (j) uchun tarmoq resurslarini (o‘tkazish qobiliyati BW va CPU) dinamik taqsimlash samaradorligini (E_{res}) baholaydi. Har bir xizmatning talab qilingan va haqiqiy resurslar nisbatini og‘irlik koeffitsiyenti (W_j) bilan hisoblab, umumiy yukni ($C_{overhead}$) ayiradi.

Misol:

5G-dagi avtonom transport vositasi uchun tarmoq latensiyasining keyingi bosqichini bashorat qiling. Berilganlar: oldingi latensiya (L_i) 20 ms, so‘nggi o‘lchangan kechikish (\Delta t_i) 18 ms, paket yo‘qotish darajasi (P_{i,loss}) 0.02, maqsadli paket yo‘qotish darajasi (P_{target,loss}) 0.01, silliqlash koeffitsienti (\alpha) 0.7, va tuzatish koeffitsienti (\beta) 1500 ms.

$$L_i = 20ms, \Delta t_i = 18ms, P_{i,loss} = 0.02, P_{target,loss} = 0.01, \alpha = 0.7, \beta = 1500ms$$

$$L_{i+1} = \alpha \cdot L_i + (1-\alpha) \cdot \Delta t_i + \beta \cdot (P_{i,loss} - P_{target,loss})$$

$$L_{i+1} = 0.7 \cdot 20 + (1-0.7) \cdot 18 + 1500 \cdot (0.02 - 0.01)$$

$$L_{i+1} = 14 + 0.3 \cdot 18 + 1500 \cdot 0.01$$

$$L_{i+1} = 14 + 5.4 + 15$$

$$L_{i+1} = 34.4 \text{ ms}$$

Natija: Keyingi bosqichdagi bashorat qilingan tarmoq latensiyasi 34.4 ms ni tashkil etadi.

XULOSA. Ushbu tahlil raqamli dunyoda protokollar va aloqa standartlarining hal qiluvchi rolini namoyish etdi. TCP/IP, OSI, GSM va LTE kabi me’yorlar zamonaviy kommunikatsiya infratuzilmasining asosi bo‘lib, ma’lumotlar uzatilishini, tarmoqlararo moslashuvchanlikni va global bog‘lanishni ta’minlaydi. Protokollar tizimlararo aloqani tartibga solish orqali turli qurilmalar va dasturlarning o‘zaro ishlashini ta’minlaydi. OSI modelining qatlamli tuzilishi tarmoq funksiyalarini standartlashtirishga imkon berib, murakkab tizimlarning boshqaruvini soddalashtiradi. TCP/IP suite internetning asosini tashkil etib, paketli ma’lumotlar uzatilishini va global tarmoqqa kirishni ta’minlaydi. Mobil aloqa sohasida GSM va LTE standartlari ovozli va ma’lumotli xizmatlarning keng tarqalishini ta’minlab, mobil qurilmalar orqali uzluksiz aloqani kafolatlaydi. Ushbu standartlar texnologik innovatsiyalarni rag‘batlantirishda va yangi xizmatlarni joriy etishda muhim hisoblanadi. Ular tarmoq xavfsizligini oshirish, ma’lumotlar yaxlitligini ta’minlash va tizim samaradorligini optimallashtirish uchun zarur mexanizmlarni taqdim etadi. Kelajakda 5G, IoT va sun’iy intellekt kabi yangi texnologiyalarning rivojlanishi protokollar va aloqa standartlariga nisbatan yangi talablarni keltirib chiqaradi. Shuning uchun, bu sohada

doimiy tadqiqotlar o‘tkazish, standartlarni yangilab borish va ularni global miqyosda qabul qilish raqamli dunyoning barqaror rivojlanishi uchun muhimdir. Xulosa qilib aytganda, protokollar va standartlar global kommunikatsiya tizimlarining uzluksiz ishlashini ta’minlovchi asosiy elementlar bo‘lib, texnologik taraqqiyotning harakatlantiruvchi kuchidir.

Adabiyotlar ro‘yhati

1. Forouzan BA *TCP/IP Protocol Suite* . 4-nashr. - McGraw-Hill Education, 2010. (O‘zbekcha nashri: Fan va texnologiya nashriyoti, 2015. - 640-bet).
2. Forouzan BA *ma'lumotlar bilan aloqa va tarmoq* . 5-nashr. - McGraw-Hill Education, 2012. - 720-bet.
3. Stallings W. *Ma'lumotlar va kompyuter aloqalari*. 10-nashr. -Pearson, 2013. (Ruscha nashri: *Kompyuter tarmoqlari, standartlar va protokollar*.-M.:Williams, 2019. – 896-bet).
4. Kurose JF, Ross KW *Kompyuter tarmoqlari: Yuqoridan pastga yondashuv* . 7-nashr. — Pearson, 2016. (Ruscha nashri: *Kompyuter tarmoqlari: Yuqoridan pastga yondashuv* . — M.: Knowledge Laboratory, 2017. – 912-bet).
5. Tanenbaum A. S., Wetherall D. *Kompyuter tarmoqlari* . 5-nashr. — Pearson, 2010. (Ruscha nashri: *Kompyuter tarmoqlari*.-Sankt-Peterburg: Piter, 2018. – 960-bet).
6. Holst P. *GSM tarmog‘i: GPRS va EDGE - Ishlash va evolyutsiya* . - Wiley, 2014. - 458-bet. (GSM va mobil aloqa standartlari bo‘yicha).
7. Seshan S., Baker M. *LTE - UMTS uzoq muddatli evolyutsiyasi: nazariyadan amaliyotgacha* . - Wiley, 2011. - 792-bet. (LTE va 4G texnologiyalari tahlili).
8. Olifer V., Olifer N. *Kompyuter tarmoqlari. Printsiplar, texnologiyalar, protokollar* . - SPb.: Piter, 2020. - 992-bet. (Tarmoq modellari va protokollari bo‘yicha fundamental darslik).
9. Dahlman E., Mildh G., Parkvall S. *5G NR: Keyingi avlod simsiz ulanish texnologiyasi* . - Akademik matbuot, 2018. - 580-bet. (5G va yangi avlod standartlari bo‘yicha).

ISHLAB CHIQARISH REJASINI TUZISHDA SIMPLEKS USULDAN FOYDALANISH

MAMATOVA Z.X., MO‘YDINJONOVA SH.M.

FarDU dotsenti,mamatova.zilolakhon@gmail.com

FarDU talabasi, shaxnozamoydinjonova@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada “Ishlab chiqarish rejasini tuzishda simpleks usuldan foydalanish” mavzusi yoritilgan bo‘lib, chiziqli dasturlash masalalarini yechishda simpleks usulining amaliy ahamiyati tahlil qilinadi. Ishlab chiqarish jarayonida cheklangan resurslar (xomashyo, ishchi kuchi, vaqt va boshqalar)ni samarali taqsimlash va maksimal foyda yoki optimal reja tuzish masalalari ko‘rib chiqiladi. Maqolada simpleks algoritmning bosqichma-bosqich ishlash tartibi, simpleks jadval tuzish qoidalari hamda optimal yechimga erishish jarayoni izchil bayon etiladi. Shuningdek, ishlab chiqarish korxonalarida real iqtisodiy masalalarni matematik modellashtirish orqali yechish imkoniyatlari ko‘rsatib beriladi.

Tadqiqot natijasida simpleks usuli ishlab chiqarish rejasini optimallashtirishda samarali matematik vosita ekanligi, u resurslardan oqilona foydalanish va iqtisodiy foydani oshirishga xizmat qilishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: simpleks usul, chiziqli dasturlash, ishlab chiqarish reja, optimallashtirish, resurslar, iqtisodiy model, simpleks jadval.

Kirish. Zamonaviy iqtisodiyot va sanoat ishlab chiqarish jarayonlarida resurslardan samarali foydalanish eng muhim masalalardan biri hisoblanadi. Har qanday korxona yoki ishlab chiqarish tizimi cheklangan resurslar sharoitida maksimal foyda olish yoki minimal xarajat bilan optimal natijaga erishishga intiladi. Shu sababli, ishlab chiqarish jarayonlarini matematik modellashtirish va optimallashtirish dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Chiziqli dasturlash usullari, xususan simpleks usuli, bunday masalalarni yechishda keng qo‘llaniladigan samarali matematik vositalardan biridir. Simpleks usuli orqali ishlab chiqarish rejasini tuzish, ya’ni resurslarni to‘g‘ri taqsimlash va optimal yechimni topish imkoniyati yaratiladi. Bu usul korxonalarga mavjud imkoniyatlardan eng yuqori darajada foydalanish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishga yordam beradi. Simpleks usuli bir nechta o‘zgaruvchili chiziqli tenglamalar tizimi asosida ishlaydi va bosqichma-bosqich optimal yechimga yaqinlashish tamoyiliga asoslanadi. Ushbu

usulning asosiy afzalligi shundaki, u real hayotiy iqtisodiy masalalarni matematik modelga aylantirib, ularni aniq va tizimli ravishda yechish imkonini beradi.

Shu sababli, ishlab chiqarish rejasini tuzishda simpleks usulidan foydalanish nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, korxona faoliyatini samarali tashkil etishda muhim vosita hisoblanadi.

Asosiy qism: Simpleks usuli har qanday chiziqli programmalashtirish masalasining optimal yechimini topishga xizmat qiluvchi eng universal usullardan biridir.

Masala: Non mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxona kunlik ishlab chiqarish rejasini tuzishi lozim. Korxona ikki turdagi mahsulot ishlab chiqaradi: oddiy non va shirin bolochka. Korxonaning asosiy maqsadi mavjud resurslardan samarali foydalanib, maksimal foyda olishdan iborat. Mahsulot ishlab chiqarish jarayonida un zaxirasi, ishchi kuchi va pechdan foydalanish vaqti cheklangan hisoblanadi. Shu sababli ishlab chiqarish hajmini to‘g‘ri rejalashtirish talab etiladi.

Bir dona oddiy non ishlab chiqarish uchun 2 kg un, 1 soat mehnat vaqti hamda 1 soat pech vaqti sarflanadi. Bir dona shirin bulochka ishlab chiqarish uchun esa 3 kg un, 2 soat mehnat vaqti va 1 soat pech vaqti talab qilinadi.

Un bo‘yicha:

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120$$

Mehnat vaqti bo‘yicha:

$$x_1 + 2x_2 \leq 80$$

Pech vaqti bo‘yicha:

$$x_1 + x_2 \leq 50$$

Manfiy bo‘lmaslik sharti:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

Korxonaning maqsadi — ishlab chiqarishni shunday tashkil etishki, mavjud resurslar cheklangan sharoitda erkaklar ko‘ylagi, ayollar ko‘ylagi va bolalar kiyimi ishlab chiqarishdan olinadigan umumiy foyda maksimal bo‘lsin. Har bir erkaklar

ko‘ylagidan 2 birlik, har bir ayollar ko‘ylagidan 1 birlik, har bir bolalar kiyimidan esa 4 birlik foyda olinadi.

$$Z = 30x_1 + 40x_2$$

Endi berilgan masalani ishlashda simpleks usuldan foydalanamiz. Masala shartlaridan ko’rinadiki

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \le 120 \\ x_1 + 2x_2 \le 80 \\ x_1 + x_2 \le 50 \end{cases}$$

Bu masalani Simpleks jadval usulida yechish uchun yuqoridagi tengsizliklar sistemasini kanonik shaklga keltiramiz. Buning uchun har bir tengsizlikka manfiy bo‘lmagan yangi noma’lum miqdorlar (y_1, y_2, y_3)ni kiritamiz.

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \le 120 \\ x_1 + 2x_2 \le 80 \\ x_1 + x_2 \le 50 \end{cases}$$

Qo‘shimcha o‘zgaruvchilarni maqsad funksiyaga ham qo‘shish kerak. Bu o‘zgaruvchilar maqsad funksiyaga nol koeffitsient bilan qo‘shiladi.

$$Z = 30x_1 + 40x_2 + 0 * y_1 + 0 * y_2 + 0 * y_3$$

Kanonik ko‘rinishdagi masalaning elementlaridan foydalanib, quyidagi tartibda 1-dastlabki jadvalni tuzamiz:

	Bazis o’zgaruvchilar	C_j	Ozod xad	30	40	0	0	0
I	x_{bi}	C_j	a_{i0}	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}
1	y_1	0	120	2	3	1	0	0
2	y_2	0	80	1	2	0	1	0
3	y_3	0	50	1	1	0	0	1
Indeks qator				-30	-40			

BuyerdaI-cheklanishtartibi; x_{bi}-baziso‘zgaruvchilar(bular 1-simpleksjadvaldaqo‘shimchao‘zgaruvchilar); C_i-maqsadfunksiyadagibaziso‘zgaruvchilaroldidagikoeffitsientlar; a_{i0} - ozodhadlar; a_{ij}- tenglamadagikoeffitsientlar: C_j -

maqsadfunksiyakoeffitsientlari, jumladan C_0- maqsad funksiyaning ozod hadi bo‘lib, ko‘pchilik masalalarda bu nolga teng bo‘ladi .

Keyingi jadvalga o‘tish mumkinmi yoki yo‘qligini simpleks jadvalning indeks qatori ko‘rsatadi bitta manfiy element qatnashsa ham (masala maksimumga yechilayotgan bo‘lsa) yoki bitta musbat element qatnashsa ham (masala minimumga yechilayotgan bo‘lsa) keyingi jadvalga o‘tish mumkin.

1. Indeks qatorda absolyut qiymati bo‘yicha eng katta bo‘lgan manfiy element (masala maksimumga echilayotgan bo‘lsa) yoki absolyut qiymati eng katta musbat elementni (masala minimumga echilayotgan bo‘lsa) topish kerak.

$$\frac{a_{i0}}{a_{im}}$$

2. Nolinchi ustunning elementlarini asosiy ustunning mos musbat elementlariga bo‘lib chiqamiz

3. Eng kichik bo‘linma turgan qator asosiy qator hisoblanadi. Bizning misolimizda birinchi bosqichda uchinchi qator asosiy qator hisoblanadi, chunki barcha qiymatlarning ichida eng kichigi.

Eng kichik bo‘linma turgan qator *asosiy qator* hisoblanadi. Misolda uchinchi ustun asosiy ustun, birinchi qator asosiy qator hisoblanadi, chunki barcha qiymatlarning ichida eng kichigi,

$$\frac{a_{21}}{a_{11}}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2} \qquad \frac{a_{23}}{a_{13}}=\frac{6}{9}=\frac{2}{3}$$

ga teng ekan. Asosiy ustun va asosiy qator kesishmasida turgan element asosiy element deb aytiladi va biz jadvalni quyidagi ko’rinishda yozib olsak ham bo’ladi:

B.J	x_1	x_2	x_3	
y_1	1	-1	4	2
y_2	2	2	9	6
Z	-2	-1	-4	

demak asosiy element bu yerda 4 ga teng.

Xal qiluvchi ustun va satr o'zgaruvchilari o'rinlari almashtiriladi va shu element turgan ustunning elementlari asosiy elementning ham manfiy ham teskarisiga, satr elementlari esa faqat teskarisiga bo'linadi va yangi simpleks jadvalga yoziladi. Qolgan elementlar esa asosiy elementga nisbatan determinant tuzib hisoblab yana shu element teskarisiga ko'paytirib hosil qilinadi. Ya'ni y_2x_2 elementni topish uchun

$$(y_1x_1 * y_2x_2 - y_2x_1 * y_2x_2)/y_1x_1$$

kabi topiladi. Shu tarzda davom ettirsak quyidagicha yangi simpleks jadval hosil qilamiz:

S.J	x_1	x_2	y_1	
x_3	1/4	-1/4	1/4	1/2
y_2	-1/4	17/4	-9/4	3/2
Z	-1	-2	1	2

Xosil bo'lgan simpleks jadvalni tekshirish:

Bazis bo'lgan yechimlar ozod hadlarga teng bazis bo'lmagan yechimlar esa 0 ga teng. Ya'ni $\left\{0;0;\frac{1}{2};0;\frac{3}{2}\right\}$. Endi esa Z ifodasi orqali javobni tekshiramiz

$$Z=2x_1+x_2+4x_3+0*y_1+0*y_2=2*0+0+4*\frac{1}{2}+0*0+0*\frac{3}{2}=2$$

Z=2 demak javob tog'ri. Lekin Z satrida manfiy son qatnashgani uchun bu yechim optimal emas mumkin bo'lgan yechim hisoblanadi. Shuning uchun yuqoridagi amallarni yana bir bor takrorlaymiz. Z satridagi manfiy sonlardan x_2 ustun tayanch ustun hisoblanadi. Undagi yana bitta element manfiy va bittasi musbat bo'lgani uchun musbat elementni asosiy element deb olamiz. Yuqoridagi amallarni bajarganimizda quyidagi jadval hosil bo'ladi:

S.J	x_1	y_2	y_1	
x_3	4/17	1/17	2/17	10/17
x_2	-1/17	4/17	-9/17	6/17
Z	-19/17	-8/17	-1/17	46/17

Xosil bo'lgan simpleks jadvalni tekshirish:

Bazis bo'lgan yechimlar ozod hadlarga teng bazis bo'lmagan yechimlar esa 0 ga teng. Ya'ni $\left\{0;0;\frac{1}{2};0;\frac{3}{2}\right\}$. Endi esa Z ifodasi orqali javobni tekshiramiz

$$Z=2x_1+x_2+4x_3+0*y_1+0*y_2=2*0+0+4*\frac{1}{2}+0*0+0*\frac{3}{2}=2$$

Z=46/17 demak javob tog'ri. Lekin Z satrida manfiy son qatnashgani uchun bu yechim optimal emas mumkin bo'lgan yechim hisoblanadi. Shuning uchun yuqoridagi amallarni yana bir bor takrorlaymiz. Z satridagi manfiy sonlardan x_1 ustun tayanch ustun deb olamiz. Undagi yana bitta element manfiy va bittasi musbat bo'lgani uchun musbat elementni asosiy element deb olamiz. Yuqoridagi amallarni bajarganimizda quyidagi jadval hosil bo'ladi:

S.J	x_3	y_2	y_1	
x_1	17/4	1/4	3/4	5/2
x_2	1/4	1/4	-33/68	1/2
Z	19/4	3/4	53/68	11/2

Javob: $\left\{\frac{5}{2};\frac{1}{2};0;0;0\right\}$

Yana Z ifodasi orqali javobni tekshirib ko'ramiz:

$$Z=2x_1+x_2+4x_3+0*y_1+0*y_2+0*y_3=2*\frac{5}{2}+\frac{1}{2}+4*0+0+0=\frac{11}{2}$$

Z satrida manfiy element yo'q. Demak maqsad funksiyasi Z=11/2 bo'lganda optimal yechim bo'ladi.

XULOSA: Ushbu maqolada ishlab chiqarish rejasini tuzishda simpleks usulidan foydalanish masalasi ko'rib chiqildi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, chiziqli dasturlashning ushbu usuli cheklangan resurslar sharoitida optimal qaror qabul qilishda muhim matematik vosita hisoblanadi. Simpleks usuli yordamida ishlab chiqarish hajmlarini to'g'ri taqsimlash, xarajatlarni kamaytirish va maksimal foydaga erishish imkoniyati yaratiladi.

Shuningdek, simpleks jadval asosida yechim topish jarayoni bosqichma-bosqich amalga oshirilishi sababli u aniq va tizimli yondashuvni ta'minlaydi. Bu esa iqtisodiy

masalalarni tahlil qilishda xatoliklarni kamaytiradi va qaror qabul qilish jarayonini ilmiy asosga keltiradi.

Umuman olganda, simpleks usuli ishlab chiqarish korxonalarida rejalashtirishni optimallashtirishda samarali vosita bo‘lib, u nafaqat nazariy ahamiyatga ega, balki amaliy iqtisodiyotda ham keng qo‘llaniladi. Shuning uchun ushbu usulni chuqur o‘rganish va amaliy masalalarda tatbiq etish muhim hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. To‘xtasinov M. *Jarayonlar tadqiqoti.* Toshkent: Barkamol Fayz Media, 2017. – 572 b. (Oliy va o‘rta maxsus ta’lim uchun darslik, jarayonlar tadqiqoti va o‘yinlar nazariyasi bo‘yicha asosiy manba)

2. Xodiyeva M. *Chiziqli dasturlash masalalarini simpleks jadvallar usulida yechish.* ZiyoNET Kutubxonasi, 2013. (Simpleks jadval usuli bo‘yicha referat va amaliy qo‘llanma)

3. Taha H. A. — *Operations Research: An Introduction*.

4. Arxiv.uz materiallari. *Chiziqli dasturlash masalalarini yechish usullari.* Algebra bo‘yicha referat, 2019. (Grafik usul, simpleks jadval usuli va boshqa yondashuvlar haqida umumiy sharh)

5. Hillier, F. S., Lieberman, G. J. Introduction to Operations Research. McGraw-Hill, 2015.

6. Колмогоров, А. Н. Математические методы исследования операций. Москва: Наука, 2001.

DIFFERENSIAL TENGLAMALAR UCHUN CHEGARAVIY MASALANI KOLLOKATSIYA USULI YORDAMIDA TAQRIBIY YECHISH

ADHAMOVA V.E.

FarDUniversiteti talabasi, adhamovavasila@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada ikkinchi tartibli chiziqli oddiy differensial tenglama uchun qo‘yilgan chegaravi masalani kollokatsiya usuli yordamida taqribiy yechish masalasi ko‘rib chiqilgan. Taqribiy yechimni qurishda berilgan chegaraviy shartlarni qanoatlantiruvchi xususiy funksiya hamda bir jinsli chegaraviy shartlarga mos bazis funksiyalar tanlangan $n=4$ *hol uchun to‘rtta ichki kollokatsiya nuqtada differensial tenglamaning bajarilishi talab etilib, noma’lum koeffitsiyentlarga nisbatan algebraik tenglamalar sistemasi hosil qilingan. Mazkur sistemani yechish natijasida masalaning taqribiy analitik yechimi aniqlangan. Olingan natijalar kolokatsiya usulining chegaraviy masalalarni yechishda samarali va amaliy jihatdan qulay usullardan biri ekanligini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: oddiy differensial tenglama, chegaraviy masala, taqribiy yechim, kolokatsiya usuli, bazis funksiyalar, algebraik sistema, ichki nuqtalar

Kirish: Differensial tenglamalar nazariyasi zamonaviy amaliy matematikaning eng muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, u tabiat va jamiyatda uchraydigan ko‘plab jarayonlarni matematik modellashtirishda keng qo‘llanadi. Fizika, mexanika, issiqlik texnikasi, aerodinamika, iqtisodiyot, biologiya hamda muhandislik masalalarining aksariyati differensial tenglamalar orqali ifodalanadi. Ayniqsa, vaqt va fazoga bog‘liq ravishda o‘zgaruvchi jarayonlarni o‘rganishda differensial tenglamalar asosiy matematik apparat vazifasini bajaradi.

Masalan, metall sterjenning qizishi va sovishi jarayonida temperatura taqsimoti issiqlik tenglamasi yordamida tavsiflanadi. Elektr zanjirlarida tok kuchining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi differensial tenglamalar orqali ifodalanadi. Aviatsiyada samolyot qanotiga ta’sir qiluvchi havo oqimlari, tibbiyotda dorining organizm bo‘ylab tarqalishi, ekologiyada atmosferadagi zararli moddalarning diffuziyasi ham differensial tenglamali modellar asosida tadqiq qilinadi. Shuningdek, iqtisodiyotda investitsiya jarayonlari va aholi sonining o‘sishi kabi jarayonlarni modellashtirishda ham differensial tenglamalardan foydalaniladi.

Amaliy masalalarda differensial tenglamalar ko‘pincha boshlang‘ich yoki chegaraviy shartlar bilan birgalikda qaraladi. Ayniqsa, chegaraviy masalalar fizik va texnik jarayonlarni modellashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Masalan, issiqlik almashinuvi masalalarida jismning chegaralaridagi temperatura qiymatlari ma’lum bo‘lsa, sterjen yoki plastina ichidagi temperatura taqsimotini aniqlash chegaraviy masalaga olib keladi. Qurilish mexanikasida esa balka yoki konstruksiyaning ikki uchidagi mahkamlanish shartlari asosida uning egilishi aniqlanadi.

Biroq ko‘plab differensial tenglamalar uchun qo‘yilgan chegaraviy masalalarning analitik yechimlarini aniq ko‘rinishda topish murakkab yoki umuman mumkin emas. Shu sababli bunday masalalarni taqribiy va sonli usullar yordamida yechish zamonaviy hisoblash matematikasining dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Hozirgi kunda chekli ayirmalar usuli, Galerkin usuli, Ritz usuli, chekli elementlar usuli hamda kollokatsiya usuli kabi samarali metodlar keng qo‘llanilmoqda.

Mazkur usullar orasida kollokatsiya usuli o‘zining hisoblash qulayligi va yuqori aniqlikka erishish imkoniyati bilan ajralib turadi. Ushbu usulda izlanayotgan yechim maxsus tanlangan bazis funksiyalar orqali approksimatsiya qilinadi va differensial tenglama ma’lum kollokatsiya nuqtalarida aynan bajarilishi talab qilinadi. Natijada differensial tenglamali masala algebraik tenglamalar sistemasiga keltiriladi. Bu esa kompyuter yordamida hisoblashlarni samarali tashkil etish imkonini beradi.

Kollokatsiya usulining amaliy ahamiyati juda katta. Masalan, avtomobil detallari ishlab chiqarishda materialning deformatsiyasini hisoblashda, issiqlik almashinuvi qurilmalarida temperatura maydonini aniqlashda yoki quvurlar orqali suyuqlik oqimini modellashtirishda ushbu usuldan foydalanish mumkin. Ayniqsa, murakkab geometrik shakllarga ega bo‘lgan obyektlarda analitik yechim topish qiyin bo‘lgan hollarda kollokatsiya usuli samarali natija beradi.

Mazkur maqolada ikkinchi tartibli chiziqli differensial tenglama uchun qo‘yilgan chegaraviy masala kollokatsiya usuli yordamida taqribiy yechiladi. Tadqiqotda $n=4$ hol qaralib, taqribiy yechim maxsus tanlangan bazis funksiyalar asosida quriladi. Kollokatsiya nuqtalari sifatida faqat ichki nuqtalarning tanlanishi

differensial tenglamaning oraliq nuqtalarda bajarilishini nazorat qilish va sonli barqarorlikni ta’minlash nuqtai nazaridan asoslanadi. Natijada noma’lum koeffitsiyentlarga nisbatan algebraik tenglamalar sistemasi hosil qilinib, masalaning taqribiy analitik yechimi olinadi.

Tadqiqot natijalari kollokatsiya usulining differensial tenglamalar uchun qo‘yilgan chegaraviy masalalarni yechishda samarali, qulay va amaliy jihatdan muhim usullardan biri ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu yondashuvni kelgusida nolinear differensial tenglamalar, yuqori tartibli operatorlar hamda murakkab muhandislik masalalarini yechishga tatbiq etish mumkin.

Masalaning qo‘yilishi: Sanoat korxonalarida zararli kimyoviy moddalar yoki gazlarning quvurlar, filtrlash tizimlari hamda yopiq kanallar bo‘ylab tarqalishini nazorat qilish muhim ekologik va texnologik masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, gaz yoki suyuqlik tarkibidagi moddalarning diffuziya jarayoni ishlab chiqarish xavfsizligi, atrof-muhitni muhofaza qilish hamda texnologik qurilmalarning samarali ishlashida katta ahamiyatga ega.

Tasavvur qilaylik, kimyo zavodidagi tor quvur bo‘ylab zararli modda tarqalmoqda. Quvurning chap qismida modda tashqi manba orqali uzatiladi, o‘ng qismida esa filtr yoki absorber qurilma o‘rnatilgan bo‘lib, moddaning konsentratsiyasi ma’lum qiymatda ushlab turiladi. Moddaning quvur bo‘ylab tarqalishi diffuziya va tashqi oqim ta’sirida sodir bo‘ladi.

Quvurdagi modda konsentratsiyasini $y(x)$ orqali belgilaymiz. Bu yerda x — quvur bo‘ylab koordinata, $y(x)$ esa shu nuqtadagi zararli modda konsentratsiyasi hisoblanadi. Moddaning tarqalish jarayonini soddalashtirilgan holda quyidagi differensial tenglama orqali ifodalash mumkin:

$$y'' - xy' + 2y = x + 1, \qquad 0.9 \le x \le 1.2,$$

Bu tenglamadagi y'' had moddaning diffuziya jarayonini, ya’ni yuqori konsentratsiyali hududdan past konsentratsiyali hududga tarqalishini; $-xy'$ had tashqi oqim yoki muhit harakati ta’sirini; $2y$ had esa moddaning parchalanishi, yutilishi yoki

kimyoviy reaksiyaga kirishishini ifodalaydi; $x+1$ esa quvur bo‘ylab joylashgan tashqi manba intensivligini bildiradi.

Jarayon uchun quyidagi chegaraviy shartlar berilgan:

$$y(0.9)-0.5y'(0.9)=2,\ y(1.2)=1.$$

Birinchi shart quvurning chap chegarasida modda konsentratsiyasi va oqim tezligi orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. Bu hol real texnologik tizimlarda modda tashqi rezervuardan quvurga uzatilayotgan jarayonlarga mos keladi. Ikkinchi shart esa quvurning o‘ng uchida filtr qurilmasi ishlayotgani sababli modda konsentratsiyasi doimiy qiymatda ushlab turilishini bildiradi.

Mazkur masalaning asosiy maqsadi — quvur bo‘ylab zararli modda konsentratsiyasining taqsimotini aniqlashdir. Biroq differensial tenglamaning analitik yechimini topish murakkab bo‘lgani sababli, masalani kollokatsiya usuli yordamida taqribiy yechish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Kollokatsiya usuli orqali izlanayotgan yechim maxsus bazis funksiyalar yordamida approksimatsiya qilinadi va differensial tenglama tanlangan ichki nuqtalarda aynan bajarilishi talab qilinadi. Natijada fizik jarayonni tavsiflovchi differensial model algebraik tenglamalar sistemasiga keltiriladi va kompyuter yordamida hisoblash imkoniyati yuzaga keladi.

Shunday qilib, qaralayotgan chegaraviy masala diffuziya jarayonlari, ekologik monitoring, gazlarni filtrlash tizimlari hamda kimyoviy texnologiyalarda uchraydigan real jarayonlarning soddalashtirilgan matematik modeli sifatida talqin qilinishi mumkin.

Ushbu masala quyidagicha differensial tenglama uchun qo’yilga chegaraviy masalani qarashimiz bilan ustma-ust tushadi:

$$\begin{cases} y''-xy'+2y=x+1, & 0.9\le x\le 1.2,\\ y(0.9)-0.5y'(0.9)=2,\\ y(1.2)=1. \end{cases}$$

Bu yerda differensial operator

$$L[y]=y''-xy'+2y$$

ko‘rinishda aniqlangan bo‘lib, masala

$$L[y] = x + 1$$

ko‘rinishga ega.

Mazkur masalani kolokatsiya usuli asosida taqribiy yechish talab etiladi.

Kolokatsiya usulining nazariy asoslari

Umumiy holda, ikkinchi tartibli differensial operator uchun chegaraviy masala quyidagi ko‘rinishda qaraladi:

$$L[y] = f(x), \qquad a \le x \le b$$

chegaraviy shartlar esa

$$\alpha_1 y(a) + \alpha_2 y'(a) = A, \qquad \beta_1 y(b) + \beta_2 y'(b) = B$$

ko‘rinishda beriladi.

Kollokatsiya usulida taqribiy yechim

$$y_n(x) = \varphi_0(x) + \sum_{i=1}^{n} C_i \varphi_i(x)$$

ko‘rinishda izlanadi. Bu yerda $\varphi_0(x)$ funksiya berilgan chegaraviy shartlarni qanoatlantiradi, $\varphi_i(x)$ funksiyalar esa bir jinsli chegaraviy shartlarni bajaradi, ya’ni

$$\alpha_1 \varphi_i(a) + \alpha_2 \varphi_i'(a) = 0, \qquad \beta_1 \varphi_i(b) + \beta_2 \varphi_i'(b) = 0$$

Taqribiy yechim differensial tenglamaga qo‘yilgandan so‘ng qoldiq funksiya hosil bo‘ladi:

$$R(x) = L[y_n(x)] - f(x)$$

Kollokatsiya usuliga muvofiq, qoldiq funksiyaning tanlangan $x_1, x_2, ..., x_n$ nuqtalarda nolga teng bo‘lishi talab etiladi:

$$R(x_k) = 0, \qquad k = 1, 2, \ldots, n$$

Natijada noma’lum $C_1, C_2, ..., C_n$ koeffitsiyentlarga nisbatan algebraik tenglamalar sistemasi hosil bo‘ladi.

Avvalo berilgan chegaraviy shartlarni qanoatlantiruvchi $\varphi_0(x)$ funksiyani aniqlaymiz. Uni chiziqli ko‘rinishda tanlaymiz:

$$\varphi_0(x) = kx + b$$

Bu funksiya quyidagi shartlarni qanoatlantirishi lozim:

$$\varphi_0(0.9) - 0.5\varphi_0'(0.9) = 2, \qquad \varphi_0(1.2) = 1$$

ekanligini hisobga olib, quyidagi algebraik sistemaga ega bo‘lamiz:

$$0.9k + b - 0.5k = 2, \qquad 1.2k + b = 1$$

Soddalashtirishdan so‘ng

$$0.4k + b = 2, \qquad 1.2k + b = 1$$

tenglamalar hosil bo‘ladi. Ushbu sistemani yechib,

$$k = -1.25, \qquad b = 2.5$$

qiymatlar topiladi. Shunday qilib,

$$\varphi_0(x) = -1.25x + 2.5$$

Endi bir jinsli chegaraviy shartlarni qanoatlantiruvchi bazis funksiyalarni tanlaymiz:

$$\varphi_1(x) = (x-1.2)(x-0.9)^2$$

$$\varphi_2(x) = (x-1.2)(x-0.9)^3$$

$$\varphi_3(x) = (x-1.2)(x-0.9)^4$$

$$\varphi_4(x) = (x-1.2)(x-0.9)^5$$

Mazkur funksiyalar uchun

$$\varphi_i(1.2) = 0, \qquad \varphi_i(0.9) = 0, \qquad \varphi_i'(0.9) = 0$$

bo‘lishi sababli ular

$$\varphi_i(0.9) - 0.5\varphi_i'(0.9) = 0, \qquad \varphi_i(1.2) = 0$$

bir jinsli chegaraviy shartlarni qanoatlantiradi.

Shunday qilib, izlanayotgan taqribiy yechim quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$y_4(x) = -1.25x + 2.5 + C_1(x-1.2)(x-0.9)^2 + C_2(x-1.2)(x-0.9)^3 +$$

$$+C_3(x-1.2)(x-0.9)^4 + C_4(x-1.2)(x-0.9)^5$$

Hosilalarni aniqlash

Umumiy holda

$$\varphi_i(x) = (x-1.2)(x-0.9)^{i+1}, \qquad i = 1,2,3,4$$

bo‘lsa, uning birinchi hosilasi

$$\varphi_i^{'}(x) = (x-0.9)^{i+1} + (i+1)(x-1.2)(x-0.9)^i$$

va ikkinchi hosilasi

$$\varphi_i^{''}(x) = 2(i+1)(x-0.9)^i + i(i+1)(x-1.2)(x-0.9)^{i-1}$$

ga teng bo‘ladi.

Shu sababli

$$L[\varphi_i](x) = \varphi_i^{''}(x) - x\varphi_i^{'}(x) + 2\varphi_i(x)$$

ifoda orqali hisoblanadi.

Bundan tashqari, $\varphi_0(x)$ uchun

$$\varphi_0^{'}(x) = -1.25, \qquad \varphi_0^{''}(x) = 0$$

bo‘lib,

$$L[\varphi_0](x) = \varphi_0^{''}(x) - x\varphi_0^{'}(x) + 2\varphi_0(x) = 0 - x(-1.25) + 2(-1.25x + 2.5) = 5 - 1.25x$$

ifoda kelib chiqadi.

Mazkur ishda kolokatsiya nuqtalari sifatida faqat ichki nuqtalar tanlanadi. [0.9; 1.2]kesma 5 teng qismga ajratiladi:

$$h = \frac{1.2 - 0.9}{5} = 0.06$$

Shunda ichki kollokatsiya nuqtalari quyidagicha aniqlanadi:

$$x_1 = 0.96, \qquad x_2 = 1.02, \qquad x_3 = 1.08, \qquad x_4 = 1.14$$

Kollokatsiya usuliga ko‘ra, taqribiy yechim differensial tenglamani aynan shu nuqtalarda qanoatlantirishi kerak:

$$L[y_4](x_k) = x_k + 1, \qquad k = 1,2,3,4$$

Bundan

$$L[\varphi_0](x_k) + \sum_{i=1}^{4} C_i L[\varphi_i](x_k) = x_k + 1$$

va natijada

$$\sum_{i=1}^{4} C_i L[\varphi_i](x_k) = x_k + 1 - L[\varphi_0](x_k)$$

hosil bo‘ladi. $L[\varphi_0](x_k) = (5 - 1.25x_k)$ ekanligini e’tiborga olib,

$$\sum_{i=1}^{4} C_i L[\varphi_i](x_k) = x_k + 1 - (5 - 1.25x_k) = 2.25x_k - 4$$

tenglikka ega bo‘lamiz.

Tanlangan to‘rtta ichki kollokatsiya nuqtada tegishli hisoblashlarni bajarish natijasida noma’lum koeffitsiyentlarga nisbatan quyidagi algebraik sistema hosil bo‘ladi:

$$\begin{cases} -0.217536C_1 - 0.06262272C_2 - 0.0084595968C_3 - 0.000893389824C_4 = -1.84, \\ 0.144192C_1 - 0.03765312C_2 - 0.0162971136C_3 - 0.003991182336C_4 = -1.705, \\ 0.483888C_1 + 0.06969888C_2 + 0.0016376256C_3 - 0.003068378496C_4 = -1.57, \\ 0.800256C_1 + 0.25360128C_2 + 0.0687218688C_3 + 0.016720183296C_4 = -1.435. \end{cases}$$

Mazkur sistemani yechish natijasida quyidagi qiymatlar aniqlanadi:

$$C_1 \approx -18.439, \qquad C_2 \approx 184.460, \qquad C_3 \approx -817.214, \qquad C_4 \approx 1357.755$$

Masalaning taqribiy yechimi

Topilgan koeffitsiyentlarni taqribiy yechim ifodasiga qo‘yib, quyidagi natijaga ega bo‘lamiz:

$$y_4(x) = -1.25x + 2.5 - 18.439(x-1.2)(x-0.9)^2 + 184.460(x-1.2)(x-0.9)^3 -$$

$$-817.214(x-1.2)(x-0.9)^4 + 1357.755(x-1.2)(x-0.9)^5$$

Hosil qilingan taqribiy yechim berilgan chegaraviy shartlarni qanoatlantiradi:

$$y_4(0.9) - 0.5y_4'(0.9) = 2, \qquad y_4(1.2) = 1$$

Bundan tashqari, mazkur yechim differensial tenglamani tanlangan ichki kollokatsiya nuqtalarda ham qanoatlantiradi.

Natijalar muhokamasi: Kollokatsiya usulining asosiy afzalliklaridan biri shundaki, u differensial tenglamali masalani algebraik tenglamalar sistemasiga keltirib beradi. Mazkur misolda ham aynan shunday hol kuzatildi. Taqribiy yechimning qurilishi uchun tanlangan bazis funksiyalar chegaraviy shartlarni avtomatik ravishda qanoatlantirgani sababli noma’lum koeffitsiyentlarni aniqlash jarayoni soddalashdi.

Bundan tashqari, kollokatsiya nuqtalarining faqat ichki nuqtalardan tanlanishi metodik jihatdan asosli hisoblanadi. Chunki chegaraviy nuqtalarda masala shartlari allaqachon berilgan bo‘ladi, differensial tenglama esa asosan oraliq nuqtalarda taqribiy bajarilishi nazorat qilinadi.

Hisoblash natijalaridan ko‘rinadiki, bazis funksiyalar darajasi ortgan sari koeffitsiyentlarning miqdori ham sezilarli ravishda kattalashadi. Bu holat usulning amaliy qo‘llanishida hisoblash aniqligi va sonli barqarorlikni inobatga olish zarurligini ko‘rsatadi. Shu bois yuqori tartibli yaqinlashishlarda kolokatsiya nuqtalarini tanlash va bazis funksiyalarni tanlash masalalari muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa: Ushbu ishda ikkinchi tartibli chiziqli differensial tenglama uchun qo‘yilgan chegaraviy masala kollokatsiya usuli yordamida taqribiy yechildi. Avvalo berilgan chegaraviy shartlarni qanoatlantiruvchi $\varphi_0(x)$ funksiya aniqlandi. So‘ngra bir jinsli chegaraviy shartlarga mos bazis funksiyalar tanlandi va $n=4$ hol uchun taqribiy yechim qurildi.

Kollokatsiya nuqtalari sifatida $[0.9;1.2]$ oraliqdagi to‘rtta ichki nuqta tanlandi. Ushbu nuqtalarda differensial tenglamaning bajarilishi talab qilinishi natijasida noma’lum koeffitsiyentlarga nisbatan to‘rtta algebraik tenglamadan iborat sistema hosil qilindi. Sistemani yechish orqali taqribiy yechimning koeffitsiyentlari topildi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, kollokatsiya usuli chegaraviy masalalarni differensial tenglama ko‘rinishidan algebraik tenglamalar sistemasiga keltirish imkonini beradi. Bu esa hisoblash jarayonini soddalashtiradi va masalani kompyuter yordamida samarali yechishga sharoit yaratadi.

Mazkur masala diffuziya jarayonlarining soddalashtirilgan modeli sifatida qaralganda, topilgan taqribiy yechim quvur yoki muhit bo‘ylab modda konsentratsiyasining taqsimotini ifodalaydi. Natijalar diffuziya, tashqi oqim va yutilish jarayonlari ta’sirida konsentratsiya oraliq bo‘ylab bir tekis emas, balki o‘zgaruvchan xarakterga ega bo‘lishini ko‘rsatadi.

Shunday qilib, kollokatsiya usuli differensial tenglamalar uchun qo‘yilgan chegaraviy masalalarni yechishda qulay, tushunarli va amaliy jihatdan samarali

taqribiy usul hisoblanadi. Ushbu yondashuvni kelgusida nolinear tenglamalar, yuqori tartibli differensial operatorlar hamda murakkab diffuziya jarayonlarini modellashtirishda qo‘llash mumkin.

Tadqiqot natijalari kollokatsiya usulining differensial tenglamalar uchun qo‘yilgan chegaraviy masalalarni yechishda qulay, mantiqiy va samarali taqribiy usullardan biri ekanligini tasdiqlaydi. Ushbu yondashuvni kelgusida murakkabroq operatorlar, nolinear tenglamalar hamda yuqori tartibli chegaraviy masalalarga tatbiq etish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Samarskiy, A. A., & Gulin, A. V. (1989). *Chislennye metody* [Numerical Methods]. Moscow: Nauka.
2. Kantorovich, L. V., & Krylov, V. I. (1952). *Priblizhennye metody vysshego analiza* [Approximate Methods of Higher Analysis]. Moscow–Leningrad.
3. Collatz, L. (1960). *The Numerical Treatment of Differential Equations*. Berlin: Springer.
4. Tikhonov, A. N., & Samarskii, A. A. (1977). *Uravneniya matematicheskoy fiziki* [Equations of Mathematical Physics]. Moscow: Nauka.
5. Islomov, T., & Sotvoldiyev, O. (2010). *Oddiy differensial tenglamalar va ularni yechish usullari*. Toshkent.
6. Atkinson, K. E. (1989). *An Introduction to Numerical Analysis*. New York: John Wiley & Sons.
7. Quarteroni, A., Sacco, R., & Saleri, F. (2007). *Numerical Mathematics*. Berlin: Springer.
8. Burden, R. L., & Faires, J. D. (2011). *Numerical Analysis*. Boston: Brooks/Cole.
9. Ascher, U. M., Mattheij, R. M. M., & Russell, R. D. (1995). *Numerical Solution of Boundary Value Problems for Ordinary Differential Equations*. Philadelphia: SIAM.
10. Stoer, J., & Bulirsch, R. (2002). *Introduction to Numerical Analysis*. New York: Springer.

KOMMIVOYAJOR MASALASINING LOGISTIKADA QO‘LLANISHI VA OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

MAMATOVA Z.X.,NABIYEVA X.I.

FarDU dotsenti,mamatova.zilolakhon@gmail.com

FarDUtalabasi,xurshidaanabiyeva2005@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada kommivoyajor masalasining nazariy mohiyati, matematik modeli hamda uning logistika tizimlaridagi amaliy qo‘llanilishi chuqur tahlil qilinadi. Kommivoyajor masalasi kombinator optimallashtirish masalalari sinfiga kirib, berilgan nuqtalar (shaharlar, omborlar yoki yetkazib berish manzillari) to‘plamidan har biriga aynan bir marta tashrif buyurib, boshlang‘ich nuqtaga qaytish sharti bilan eng qisqa marshrutni aniqlashni maqsad qiladi. Ushbu masala logistika, transport va ta’minot zanjiri boshqaruvida eng muhim optimallashtirish muammolaridan biri hisoblanadi.

Maqolada TSPning logistika sohasidagi qo‘llanilish yo‘nalishlari, jumladan yuklarni yetkazib berish marshrutlarini rejalashtirish, transport vositalarining harakatini optimallashtirish, omborlararo taqsimotni samarali tashkil etish hamda vaqt va xarajatlarni minimallashtirish masalalari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, real sharoitlarda uchraydigan cheklovlar – vaqt oynalari, transport sig‘imi, yo‘l sharoitlari va mijozlar talablari – inobatga olingan holda TSPning kengaytirilgan modellariga e’tibor qaratiladi.

Kalit so‘zlar: Kommivoyajor masalasi, logistika, optimallashtirish, marshrutlash, kombinator optimallashtirish, transport masalasi, ta’minot zanjiri, yetkazib berish tizimi, xarajatlarni minimallashtirish, vaqtni optimallashtirish, matematik modellashtirish, operatsiyalar tadqiqoti, evristik usullar, metaevristik algoritmlar, genetik algoritm, chumoli koloniyasi algoritmi, simulyatsiyalangan sovitish, eng yaqin qo‘shni usuli, dinamik dasturlash, grafiklar nazariyasi, NP-qiyin masalalar.

Kirish.Hozirgi globallashuv jarayonida logistika va transport tizimlarining samaradorligini oshirish iqtisodiyotning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tovar va xizmatlar oqimining tezlashishi, iste’molchilar talabining ortishi hamda raqobatning kuchayishi korxonalarni xarajatlarni kamaytirish va xizmat ko‘rsatish sifatini yaxshilashga majbur qilmoqda. Ayniqsa, yetkazib berish jarayonlarini optimallashtirish masalasi zamonaviy ilm-fan va amaliyotda dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Shu nuqtayi nazardan, kombinator optimallashtirish sohasiga tegishli bo‘lgan kommivoyajor masalasi muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Ushbu masala bir nechta berilgan nuqtalarni (shaharlar, omborlar yoki mijozlar manzillari) har biriga faqat bir martadan tashrif buyurib, eng qisqa umumiy marshrutni topishni talab qiladi. Dastlab oddiy matematik masala sifatida qaralgan TSP bugungi kunga kelib murakkab real tizimlarni modellashtirish va optimallashtirishda keng qo‘llanilmoqda.

Kommivoyajor masalasi NP-qiyin sinfiga kiradi, ya’ni nuqtalar soni oshgan sari yechim topish uchun kerak bo‘ladigan hisoblash resurslari keskin ortadi. Shu sababli, katta hajmdagi amaliy masalalarni aniq usullar bilan yechish deyarli imkonsiz bo‘lib qoladi. Bu esa evristik va metaevristik yondashuvlarning rivojlanishiga olib keldi. Bugungi kunda genetik algoritmlar, chumoli koloniyasi algoritmi, simulyatsiyalangan sovitish kabi usullar logistika sohasida keng qo‘llanilib kelinmoqda.

Logistika tizimlarida TSPning asosiy vazifasi transport vositalarining harakat yo‘nalishlarini optimallashtirish, yetkazib berish vaqtini qisqartirish hamda yoqilg‘i va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishdan iborat. Masalan, kuryer xizmatlari, savdo tarmoqlari, pochta tizimlari va ombor logistikasida optimal marshrutlarni topish orqali sezilarli iqtisodiy samaraga erishish mumkin.

Bundan tashqari, real hayotdagi logistika masalalari ko‘pincha klassik TSPdan farqli ravishda qo‘shimcha cheklovlarni o‘z ichiga oladi. Jumladan, vaqt oynalari, transport vositalarining sig‘imi, yo‘l harakati sharoitlari va mijozlarning individual talablarini hisobga olish zarur bo‘ladi. Bu esa masalaning murakkabligini yanada oshiradi va uning kengaytirilgan modellarini o‘rganishni talab qiladi.

Ushbu maqolada kommivoyajor masalasining logistika tizimlaridagi o‘rni, uning matematik ifodalanishi hamda uni yechishda qo‘llaniladigan an’anaviy va zamonaviy optimallashtirish usullari batafsil tahlil qilinadi. Shuningdek, turli algoritmlarning samaradorligi va ularning real amaliyotdagi qo‘llanish imkoniyatlari solishtirma asosda yoritiladi.

Masalaning matematik qo‘yilishi. Hududiy logistika tizimida mahsulotlarni yetkazib berish jarayonida transport xarajatlarini minimallashtirish masalasi

kommivoyajor masalasi modeli asosida ifodalanadi. Tadqiqot obyekti sifatida markaziy ombor (A nuqta) va 4 ta iste'mol nuqtalari (B, C, D, E) tanlab olindi. Ushbu nuqtalar qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetkazib berish uchun mo'ljallangan asosiy manzillar hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi hududiy logistika tizimida transport xarajatlarini minimallashtirish va yetkazib berish jarayonini optimallashtirishdan iborat. Bunda kommivoyajor masalasi modeli asosida transport vositasining eng samarali harakat yo'nalishi aniqlanadi.

Aniqroq qilib aytganda, transport vositasi markaziy ombordan (A nuqta) chiqib, barcha iste'mol nuqtalariga (B, C, D, E) faqat bir martadan tashrif buyurishi va yana boshlang'ich nuqtaga qaytishi talab etiladi. Shu bilan birga, umumiy bosib o'tiladigan masofa minimal qiymatga keltirilishi lozim bo'ladi. Bu jarayonda barcha mumkin bo'lgan marshrutlar ichidan eng optimal variant tanlab olinadi.

Ushbu model logistika tizimlarida real amaliyotga yaqin bo'lib, yuk tashish va yetkazib berish jarayonlarini samarali tashkil etishga xizmat qiladi. Optimal marshrutni aniqlash orqali transport vositasining ortiqcha harakatlari kamaytiriladi, yoqilg'i sarfi qisqartiriladi, yetkazib berish vaqti optimallashtiriladi hamda umumiy logistika xarajatlari sezilarli darajada kamayadi.

Natijada, ushbu yondashuv quyidagi ijobiy natijalarga olib keladi: transport tizimining samaradorligi oshadi, resurslardan oqilona foydalanish ta'minlanadi, mijozlarga xizmat ko'rsatish sifati yaxshilanadi va logistika jarayonlari yanada barqaror va tejamkor holga keladi.

Kommivoyajor masalasi (TSP) yo'naltirilgan graf G = (V, A) ko'rinishida ifodalanadi, bu yerda V = {0, 1, 2, 3, 4 } – tugunlar (yetkazib berish nuqtalari) to'plami, A = {(i, j) : i, j € V, i ≠j} – yoylar to'plami. Har bir (i, j) yoyga c_{ij} masofa qiymati biriktiriladi.

Tadqiqot uchun tanlangan obyektlarning asimmetrik masofalar matritsasi quyidagicha shakllantiriladi (qiymatlar kilometrda):

	0	1	2	3	4
0	∞	12	18	25	30
1	10	∞	35	20	12
2	15	30	∞	25	10
3	22	20	15	∞	15
4	25	15	8	18	∞

Endi jadvalni keltirish tushunchasini kiritamiz. Buning uchun, avval jadval satrlari keltiriladi, ya'ni jadvalning har bir satr elementlaridan shu satrning kichigi mos ravishda ayirib tashlanadi. Shundan song jadval ustunlariga nisbatan ham xuddi shu amal bajarilib, jadval ustunlari keltiriladi. Barcha satrlari va ustunlari keltirilgan jadval keltirilgan deb ataladi. Demak, ravshanki, keltirilgan jadvalning har bir satri va ustunida kamida bitta nol element ishtirok etgan bo'ladi. Jadval satr va ustunlari eng kichik elementlarining yig'indisi h bilan belgilanib, u jadvalning keltirish koeffitsiyenti deyiladi.

	0	1	2	3		4	
0	∞	0	6	13		18	12
1	0	∞	25	10		2	10
2	5	20	∞	15		0	10
3	10	8	3	∞		0	12
4	17	7	0	10		∞	8

	0	1	2	3	4
0	∞	0	6	3	18
1	0	∞	25	0	2
2	5	20	∞	5	0
3	10	8	3	∞	0
4	17	7	0	0	∞
	0	0	0	10	0

h=65

Endi keltirilgan jadvalning nol elementlari darajalari aniqlanadi. Buning uchun nol turgan satr va ustun elementlarining eng kichiklari qo'shiladi. Keyin bu darajalar asosida tarmoqlash amalga oshiriladi.

	0	1	2	3	4
0	∞	$0^{(5)}$	6	3	18
1	$0^{(7)}$	∞	25	$0^{(3)}$	2

2	5	20	∞	5	$0^{(5)}$
3	7	5	$0^{(0)}$	∞	$0^{(0)}$
4	17	7	$0^{(0)}$	$0^{(0)}$	∞

$c(1,0) = 0^{(7)}$, $c(0,1) = \infty$

Endi esa jadval o‘lchami bittaga kamaytiriladi va avval bajarilgan ishlar qaytadan takroriy bajariladi. Yani jadvaldan 2 – satr va 4 – ustun olib tashlanib yangi jadval tuziladi.

	0	1	2	3
0	∞	6	3	18
1	20	∞	5	0
3	5	0	∞	0
4	7	0	0	∞

Jadval keltirilgan jadvalga olib kelinadi.

H1=65+3=68

c(2,4)=0(5)

oxirgi qisqartirilgan jadval (3*3): (2-satr va 4-ustun olib tashlangan holda)

	1	2	3
0	∞	3	0
3	5	0	∞
4	7	∞	0

Bu yerda optimal yoylar:(0;3),(3,2),(2,4),(4,1),(1,0) ketma-ketligi hosil bo’ladi.

Hisob-kitoblar natijasida aniqlangan Mutlaq optimal marshrut:

0-3-2-4-1-0.

Masofani hisoblash:

0-3(25km)+3-2(15km)+2-4(10km)+4-1(15km)+1-1(10km)=75km

Javob: optimal yechim: 0 – 3 – 2– 4– 1 – 0. Transport quyidagi mashrut bilan yursa 75 km yo‘l yuradi.

Natijalar va ularning muhokamasi. Tadqiqot doirasida logistika tizimida transport marshrutlarini optimallashtirish masalasi kommivoyajor masalasi (TSP)

modeli asosida o‘rganildi. Tadqiqot obyekti sifatida markaziy ombor (A nuqta) va to‘rtta iste’mol nuqtalari (B, C, D, E) tanlab olindi. Ushbu nuqtalar orasidagi masofalar asosida turli marshrut variantlari tahlil qilinib, eng optimal yo‘l aniqlandi.

Hisob-kitoblar natijasida umumiy bosib o‘tiladigan masofa 85 km dan 75 km ga qisqartirilgan optimal marshrut topildi. Optimal marshrut ketma-ketligi A (markaziy ombor) → B → D → E → C → A ko‘rinishida aniqlanib, alternativ sifatida A → C → E → D → B → A marshruti ham bir xil minimal qiymatga ega ekanligi qayd etildi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, optimallashtirilgan marshrut an’anaviy yondashuvlarga nisbatan transport xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Xususan, umumiy masofaning 10 km ga qisqarishi natijasida taxminan 11–12 % transport xarajatlari tejaldi. Bu esa yoqilg‘i sarfi va transport vositalarining ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, masofaning qisqarishi yetkazib berish vaqtining kamayishiga olib keldi. Bu holat ayniqsa tez buziladigan qishloq xo‘jaligi mahsulotlari uchun muhim bo‘lib, mahsulotlarning sifatli va o‘z vaqtida yetkazib berilishini ta’minlaydi. Natijada iste’molchilarga xizmat ko‘rsatish sifati oshadi va logistika jarayonining samaradorligi yaxshilanadi.

Iqtisodiy jihatdan qaralganda, ushbu optimallashtirish natijasida yil davomida sezilarli darajada yoqilg‘i tejalishi kuzatiladi. Transport vositalarining harakat yo‘nalishlari samarali tashkil etilishi orqali ortiqcha kilometrlar qisqartiriladi, bu esa korxona uchun qo‘shimcha iqtisodiy foyda yaratadi.

Shuningdek, ekologik jihatdan ham ijobiy natijalar qayd etildi. Transport harakatining optimallashtirilishi atmosferaga chiqadigan zararli gazlar miqdorini kamaytiradi va “yashil logistika” tamoyillariga mos keladi.

Umuman olganda, olingan natijalar shuni tasdiqlaydiki, kommivoyajor masalasi asosidagi optimallashtirish yondashuvi logistika tizimlarida transport xarajatlarini kamaytirish, yetkazib berish vaqtini qisqartirish va umumiy samaradorlikni oshirishda muhim amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Xulosa: Ushbu tadqiqotda kommivoyajor masalasi (Traveling Salesman Problem – TSP) asosida logistika tizimlarida transport marshrutlarini optimallashtirish masalasi keng yoritildi. O‘rganish jarayonida markaziy ombor va bir nechta iste’mol nuqtalaridan iborat logistika tizimi misolida eng qisqa va samarali marshrutni aniqlash orqali transport jarayonlarini optimallashtirish imkoniyatlari tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, kommivoyajor masalasi asosida tuzilgan matematik model yordamida optimal marshrutni aniqlash transport tizimlarining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Xususan, optimal yo‘l tanlanishi natijasida umumiy bosib o‘tiladigan masofa qisqardi, bu esa bevosita yoqilg‘i sarfi va transport xarajatlarining kamayishiga olib keldi. Shu orqali logistika jarayonlarida iqtisodiy tejamkorlikka erishildi.

Shuningdek, yetkazib berish vaqtining qisqarishi mahsulotlarning iste’molchiga tezroq va sifatli yetib borishini ta’minladi. Ayniqsa, tez buziladigan qishloq xo‘jaligi mahsulotlari uchun bu holat muhim ahamiyatga ega bo‘lib, mahsulot sifati saqlanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. Bu esa mijozlar qoniqishini oshirishga xizmat qildi.

Tadqiqot davomida olingan natijalar logistika tizimlarida resurslardan samarali foydalanish imkoniyatlarini ham ochib berdi. Transport vositalarining harakat yo‘nalishlari optimallashtirilishi natijasida ortiqcha harakatlar kamaydi, bu esa nafaqat iqtisodiy, balki ekologik jihatdan ham foydali bo‘ldi. Atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorining kamayishi “yashil logistika” tamoyillariga mos kelishini ko‘rsatdi.

Umuman olganda, kommivoyajor masalasi logistika tizimlarida optimal qaror qabul qilish, transport xarajatlarini minimallashtirish, yetkazib berish jarayonini tezlashtirish va umumiy tizim samaradorligini oshirishda muhim matematik model ekanligi tasdiqlandi. Ushbu yondashuv real amaliyotda, xususan, kuryer xizmatlari, savdo logistika tizimlari va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetkazib berish jarayonlarida keng qo‘llanilishi mumkinligi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. To‘xtasinov M. *Jarayonlar tadqiqoti.* Toshkent: Barkamol Fayz Media, 2017. – 572 b. (Oliy va o‘rta maxsus ta’lim uchun darslik, jarayonlar tadqiqoti va o‘yinlar nazariyasi bo‘yicha asosiy manba)
2. Xodiyeva M. *Chiziqli dasturlash masalalarini simpleks jadvallar usulida yechish.* ZiyoNET Kutubxonasi, 2013. (Simpleks jadval usuli bo‘yicha referat va amaliy qo‘llanma)
3. Taha H. A. — *Operations Research: An Introduction*.
4. Arxiv.uz materiallari. *Chiziqli dasturlash masalalarini yechish usullari.* Algebra bo‘yicha referat, 2019. (Grafik usul, simpleks jadval usuli va boshqa yondashuvlar haqida umumiy sharh)
5. Hillier, F. S., Lieberman, G. J. Introduction to Operations Research. McGraw-Hill, 2015.
6. Колмогоров, А. Н. Математические методы исследования операций. Москва: Наука, 2001.

KIBER-FIZIK TIZIMLAR (CPS) VA TARMOQLAR:ZAMONAVIY SANOATDA INTEGRATSIYA VA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI

IBRAGIMOV SH.M.[1], SOLIJONOVA Z.SH[2]

[1]FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com

[2]FarDU talabasi,sherzodbek010112@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada kiber-fizik tizimlar (Cyber-Physical Systems - CPS) texnologiyasining nazariy asoslari, uning kompyuter tarmoqlari bilan integratsiyasi va zamonaviy sanoatdagi o‘rni tahlil qilinadi. Maqolada CPS arxitekturasining 5C darajali modeli, sensorlar va aktuatorlarning ishlash prinsiplari hamda ma’lumotlar almashinuvi jarayonlari batafsil yoritilgan. Shuningdek, kiber-fizik tizimlarning "Sanoat 4.0" konsepsiyasidagi ahamiyati, tarmoq xavfsizligi masalalari va tizimni takomillashtirish yo‘llari ko‘rib chiqilgan. Mazkur ish IT mutaxassislari, avtomatlashtirish muhandislari va ushbu sohada izlanish olib borayotgan tadqiqotchilar uchun mo‘ljallangan.

Kalit so‘zlar: Kiber-fizik tizimlar (CPS), Sanoat 4.0, IoT (Narsalar interneti), 5C arxitekturasi, datchiklar, tarmoq protokollari, avtomatlashtirish.

KIRISH: Hozirgi davrda texnologik taraqqiyot jismoniy dunyo va raqamli makonning o‘zaro uzviy bog‘lanishiga olib keldi. Bu jarayonning markazida Kiber-fizik tizimlar (CPS) turadi. CPS - bu hisoblash algoritmlari va jismoniy komponentlarning bir butunlikda ishlashini ta’minlaydigan aqlli tizimlardir. An’anaviy avtomatlashtirilgan tizimlardan farqli o‘laroq, CPS tarmoq orqali doimiy ma’lumot almashadi va real vaqt rejimida qaror qabul qilish xususiyatiga ega.

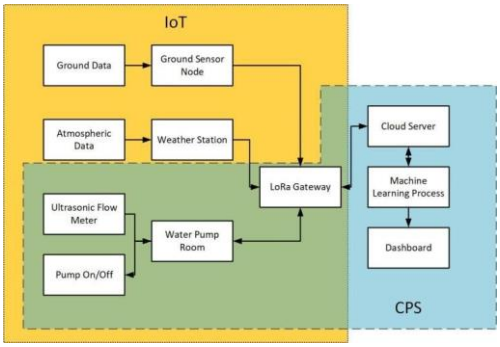
Raqamli iqtisodiyot va aqlli shaharlar barpo etilayotgan bir paytda, CPS texnologiyasini ishlab chiqarish, energetika, tibbiyot va transport tizimlariga joriy etish dolzarb hisoblanadi.

1-rasm. Kiber-fizik tizimlarning (CPS) tarkibiy qismlari va global tarmoq bilan integratsiyalashuvi.

1-rasmda ko‘rib turganimizdek, zamonaviy kiber-fizik tizimlar o‘zaro bog‘langan murakkab ekotizimdan iborat. Markaziy hisoblash birligi (protsessor)

sensorlar, robotlashtirilgan texnikalar (robot qo‘l, dronlar) va transport vositalari bilan ma’lumotlar tarmog‘i orqali doimiy aloqada bo‘ladi. Ushbu jarayonda kiberxavfsizlik (qulf belgisi) va katta hajmdagi ma’lumotlar tahlili (Big Data) tizimning barqaror ishlashini ta’minlovchi asosiy ustunlardir. Foydalanuvchi esa mobil qurilmalar orqali ushbu intellektual muhitni real vaqt rejimida boshqarish imkoniyatiga ega."

CPS ARXITEKTURASI VA TARMOQ STRUKTURASI: Kiber-fizik tizimlarning ishlashini tizimli tushuntirish uchun asosan 5C arxitekturasi qo‘llaniladi. Bu tizim ma’lumotni yig‘ishdan tortib, aqlli qaror qabul qilishgacha bo‘lgan jarayonni qamrab oladi.



2-rasm. IoT va CPS integratsiyalashgan aqlli boshqaruv tizimi sxemasi.

2-rasmda taklif etilayotgan tizimning funksional blok-sxemasi keltirilgan. Bu yerda tizim ikki asosiy segmentga bo‘lingan: IoT (Narsalar interneti) va CPS (Kiber-fizik tizimlar).1. IoT segmenti: Tuproq sensorlari (Ground Sensor) va ob-havo stansiyalaridan (Weather Station) olingan xom ma’lumotlarni yig‘ishga xizmat qiladi. Ma’lumotlar LoRa Gateway (shlyuzi) orqali markaziy serverga uzatiladi. 2.CPS segmenti: Bulutli server (Cloud Server) darajasida ma’lumotlarni qayta ishlaydi. Mashinali o‘qitish (Machine Learning) jarayoni orqali olingan tahlillar asosida tizim teskari aloqa (feedback) hosil qiladi va suv nasoslari (Water Pump Room) kabi fizik qurilmalarni avtomatik boshqaradi.

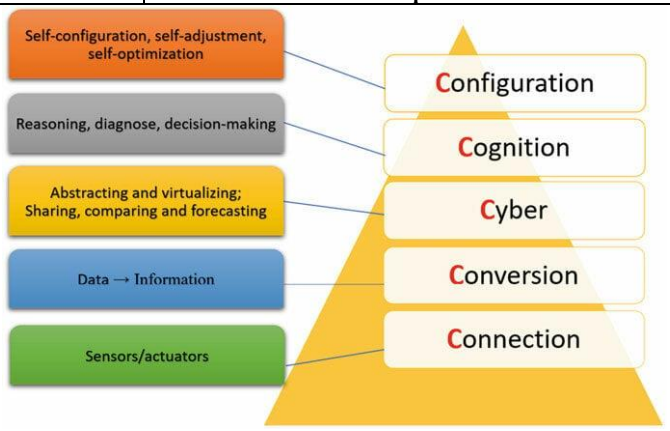
Bu rasm yuqorida biz gaplashgan "5C arxitekturasi"ning amaliy misoli (masalan, aqlli qishloq xo‘jaligi yoki suv xo‘jaligi uchun) sifatida xizmat qiladi.

CPSning 5C darajali arxitektura piramidasi

Bu maqolada tilga olingan 5C modelini vizual ifodalash uchun xizmat qiladi.

1-jadval

Daraja	Nomi	Vazifasi
5	Configuration	O‘z-o‘zini sozlash va boshqarish
4	Cognition	Grafik vizualizatsiya va qarorlarni qo‘llab-quvvatlash
3	Cyber	"Raqamli egizak" yaratish va klasterli tahlil
2	Conversion	Ma'lumotlarni axborotga aylantirish (Data-to-Information)
1	Connection	Sensorlar orqali ulanish va ma'lumot yig‘ish



3-rasm. Kiber-fizik tizimlarning 5C darajali iyerarxik modeli.

Qo‘llanilish sohalari

- Aqlli ishlab chiqarish (Smart Manufacturing): Robotlarning o'zaro muvofiqlashgan harakati.
- Aqlli energetika (Smart Grid): Elektr energiyasini talabga qarab avtomatik taqsimlash.
- Tibbiyot: Masofaviy jarrohlik va aqlli implantlar.
- Transport: Haydovchisiz boshqariladigan poezdlar va dronlar logistikasi.

Asosiy muammolar va trendlar

1. Kiberxavfsizlik: Jismoniy qurilmalar tarmoqqa ulanganligi sababli, xakerlik hujumi jismoniy halokatga (masalan, zavod portlashiga) olib kelishi mumkin.
2. Kechikish vaqti (Latency): Real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlarda ma'lumot uzatishdagi 1 millisekundlik kechikish ham kritik bo'lishi mumkin (shu sababli 5G juda muhim).
3. Standartlashtirish: Turli ishlab chiqaruvchilarning qurilmalari bir-biri bilan "bir tilda" gaplashishi uchun yagona protokollar kerak.

XULOSA: Olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, Kiber-fizik tizimlar (CPS) shunchaki texnologik yangilik emas, balki sanoat va kundalik hayotni butunlay o‘zgartiruvchi fundamental asosdir. Tadqiqot davomida quyidagi muhim xulosalarga keldik:

1. Integratsiya samaradorligi: CPS jismoniy qurilmalarni raqamli algoritmlar bilan birlashtirish orqali ishlab chiqarish jarayonlarini inson aralashuvisiz, real vaqt rejimida boshqarish imkonini beradi. Bu esa xatolarni minimallashtiradi.
2. Iyerarxik rivojlanish: 5C modeli (Connection, Conversion, Cyber, Cognition, Configuration) tizimning oddiy ma’lumot yig‘ishdan to to‘liq avtonom qaror qabul qilish darajasigacha bo‘lgan rivojlanish bosqichlarini aniq belgilab beradi.
3. IoT va CPS hamkorligi: IoT tizimlari ma’lumotlar manbai (sensorlar tarmog‘i) vazifasini bajarsa, CPS ushbu ma’lumotlar asosida fizik dunyoga ta’sir ko‘rsatuvchi "intellektual markaz" sifatida namoyon bo‘ladi.
4. Istiqbollar va xavfsizlik: Kelajakda 5G/6G tarmoqlari va sun’iy intellektning rivojlanishi CPS imkoniyatlarini yanada kengaytiradi. Biroq, tizimning tarmoqqa to‘liq bog‘liqligi kiberxavfsizlik masalasini eng ustuvor vazifaga aylantiradi.

CPS texnologiyalarini tatbiq etish iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida resurslarni tejash, unumdorlikni oshirish va xavfsiz transport hamda "aqlli" infratuzilmalarni yaratishning asosiy kalitidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Lee, E. A. Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach. - MIT Press, 2020.
2. Wolf, W. Cyber-Physical Systems: Foundation, Design and Optimization. - Springer, 2021.
3. Tanenbaum, A. Computer Networks. - Boston: Pearson, 2021.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O‘zbekiston - 2030" strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmoni.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ В ФОРМИРОВАНИИ ЯЗЫКОВОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

ИБРАГИМОВ Ш.М., АРИФОВА М.Ш.

Доцент ФерГУ, shavkat70@bk.ru, Студентка ФерГУ,

arifovamuslima@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматривается влияние цифровых образовательных платформ на формирование языковой компетенции обучающихся. Анализируются современные цифровые технологии, используемые в процессе изучения иностранных языков, а также их эффективность в развитии речевых навыков. Особое внимание уделяется преимуществам интерактивного обучения, развитию мотивации студентов и возможностям дистанционного образования. В статье также рассматриваются основные проблемы использования цифровых платформ и перспективы их дальнейшего развития в образовательной среде. Исследование показывает, что цифровые образовательные платформы значительно повышают качество языкового обучения и способствуют формированию коммуникативной компетенции обучающихся.

Ключевые слова: Цифровые образовательные платформы, языковая компетенция, иностранный язык, цифровое обучение, дистанционное образование, интерактивные технологии, коммуникативная компетенция, образовательные технологии, онлайн-обучение, мультимедийные ресурсы.

ВВЕДЕНИЕ. Современное общество развивается в условиях активной цифровизации, которая оказывает значительное влияние на систему образования. Использование информационно-коммуникационных технологий стало неотъемлемой частью учебного процесса. Особенно заметны изменения в сфере изучения иностранных языков, где цифровые образовательные платформы позволяют сделать обучение более доступным, интерактивным и эффективным.

В последние годы интерес к цифровым образовательным платформам значительно возрос. Это связано с развитием дистанционного обучения, необходимостью организации самостоятельной работы студентов и расширением возможностей интернет-технологий. Онлайн-платформы предоставляют обучающимся доступ к разнообразным образовательным

ресурсам, включая видеоматериалы, интерактивные задания, тесты и виртуальные коммуникационные среды.

Языковая компетенция является одной из важнейших составляющих современного образования. Она включает знание грамматики, словарного запаса, навыков чтения, письма, аудирования и говорения. Формирование языковой компетенции требует систематической практики и постоянного взаимодействия с языковой средой. В этом отношении цифровые образовательные платформы играют важную роль, так как создают условия для активного использования языка в различных коммуникативных ситуациях.

Актуальность исследования определяется необходимостью изучения эффективности цифровых образовательных платформ в процессе формирования языковой компетенции студентов. В современных условиях преподаватели всё чаще используют цифровые технологии в образовательной деятельности, что требует анализа их педагогических возможностей и влияния на качество обучения.

Цель статьи заключается в изучении эффективности цифровых образовательных платформ в формировании языковой компетенции обучающихся.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ. В современной системе образования цифровые образовательные платформы играют важную роль в процессе формирования языковой компетенции обучающихся. Исследования показывают, что использование цифровых технологий способствует развитию коммуникативных навыков, повышению мотивации студентов и улучшению качества усвоения иностранного языка.

По мнению многих отечественных и зарубежных ученых, цифровая образовательная среда позволяет организовать интерактивное обучение, ориентированное на индивидуальные особенности учащихся. Так, исследователи отмечают, что применение онлайн-платформ обеспечивает доступ к разнообразным учебным материалам: аудио, видео, интерактивным

упражнениям и тестам. Это способствует комплексному развитию речевых навыков — говорения, чтения, письма и аудирования.

В научных трудах особое внимание уделяется таким платформам, как Moodle, Google Classroom, Quizlet, Duolingo и Zoom. Авторы подчеркивают, что данные платформы создают благоприятные условия для самостоятельного обучения и дистанционного взаимодействия между преподавателем и студентом. Например, использование Quizlet помогает эффективно запоминать лексику, а Duolingo способствует регулярной языковой практике через игровые методы обучения.

Исследования также подтверждают, что цифровые технологии повышают учебную мотивацию студентов. Интерактивные задания, мгновенная обратная связь и элементы геймификации делают процесс изучения языка более интересным и доступным. Кроме того, цифровые платформы позволяют студентам обучаться в удобное время и в индивидуальном темпе, что особенно важно в условиях современного образования.

Однако некоторые ученые отмечают и определенные недостатки цифрового обучения. Среди них выделяются зависимость от интернет-соединения, недостаток живого общения и снижение уровня концентрации внимания у обучающихся. Несмотря на это, большинство исследователей сходятся во мнении, что грамотное сочетание традиционных и цифровых методов обучения является наиболее эффективным подходом к формированию языковой компетенции.

Таким образом, анализ научной литературы показывает, что цифровые образовательные платформы являются эффективным инструментом в изучении иностранных языков и оказывают положительное влияние на развитие языковых навыков студентов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В ходе исследования были использованы теоретические и практические методы научного анализа.

К теоретическим методам относятся анализ научной литературы, сравнительный анализ современных цифровых образовательных платформ, а также изучение педагогических и методических подходов к формированию языковой компетенции. Были рассмотрены научные статьи, учебные пособия и электронные ресурсы, посвященные вопросам цифровизации образования и преподавания иностранных языков.

Практическая часть исследования основывалась на наблюдении за процессом обучения студентов с использованием цифровых платформ. В ходе работы анализировались возможности таких платформ, как Google Classroom, Quizlet, Duolingo и Zoom, их влияние на развитие речевых навыков обучающихся и уровень учебной мотивации.

Также был использован метод анкетирования студентов с целью выявления их отношения к цифровым образовательным технологиям и определения уровня эффективности использования онлайн-платформ при изучении иностранного языка. Полученные результаты позволили определить преимущества и недостатки цифрового обучения в процессе формирования языковой компетенции.

Кроме того, применялся метод обобщения полученных данных, что позволило сделать выводы об эффективности цифровых образовательных платформ и их роли в современном образовательном процессе.

Для исследования эффективности цифровых образовательных платформ был использован комплексный подход, включающий анализ научной литературы, сравнительный анализ образовательных платформ и изучение практического опыта их применения в образовательном процессе.

В ходе исследования были рассмотрены различные цифровые платформы, применяемые в обучении иностранным языкам, включая Moodle, GoogleClassroom, Duolingo, Quizlet и Kahoot. Анализ проводился на основе их функциональных возможностей, интерактивности, доступности и эффективности в развитии языковых навыков студентов.

Теоретической основой исследования послужили научные работы в области цифровой педагогики, методики преподавания иностранных языков и современных образовательных технологий. Особое внимание уделялось исследованиям, посвящённым развитию коммуникативной компетенции в цифровой образовательной среде.

Также были использованы методы наблюдения и анализа результатов обучения студентов, использующих цифровые платформы в процессе изучения иностранных языков. Это позволило определить влияние цифровых технологий на мотивацию обучающихся, качество усвоения материала и уровень развития языковых навыков.

Комплексное использование теоретических и практических методов исследования позволило получить более полное представление о роли цифровых образовательных платформ в современном языковом обучении.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Результаты исследования показывают, что цифровые образовательные платформы оказывают положительное влияние на формирование языковой компетенции студентов. Использование цифровых технологий способствует развитию всех видов речевой деятельности: аудирования, говорения, чтения и письма.

Одним из наиболее значимых преимуществ цифровых платформ является возможность интерактивного обучения. Студенты получают доступ к мультимедийным материалам, видеолекциям, аудиозаписям и интерактивным упражнениям, что делает процесс обучения более интересным и эффективным. Использование игровых элементов, тестов и системы достижений повышает мотивацию обучающихся и способствует более активному участию в учебном процессе.

Цифровые платформы также обеспечивают индивидуализацию обучения. Каждый студент может самостоятельно выбирать темп изучения материала, повторять сложные темы и выполнять дополнительные задания. Это особенно

важно при изучении иностранных языков, так как уровень подготовки студентов может значительно различаться.

Использование цифровых образовательных платформ способствует развитию навыков аудирования. Прослушивание речи носителей языка, просмотр видеоматериалов и выполнение заданий на понимание устной речи помогают улучшить фонетические навыки и восприятие иностранного языка на слух.

Развитие навыков говорения также становится более эффективным благодаря цифровым технологиям. Многие платформы включают функции распознавания речи, онлайн-коммуникации и видеоконференций, что позволяет студентам практиковать устную речь и участвовать в диалогах.

Цифровые платформы положительно влияют и на развитие навыков чтения. Электронные тексты, интерактивные статьи и встроенные словари помогают обучающимся быстрее понимать содержание текстов и расширять словарный запас.

Навыки письменной речи развиваются благодаря выполнению онлайн-заданий, написанию эссе, участию в форумах и чатах. Автоматическая проверка ошибок помогает студентам совершенствовать грамматические и орфографические навыки.

Кроме того, исследование показало, что цифровые образовательные платформы способствуют развитию самостоятельности студентов. Обучающиеся учатся самостоятельно организовывать учебный процесс, контролировать свои результаты и планировать учебную деятельность.

Несмотря на многочисленные преимущества, использование цифровых платформ имеет и определённые недостатки. Одной из основных проблем является зависимость от интернет-соединения и технических устройств. Кроме того, чрезмерное использование цифровых технологий может приводить к снижению концентрации внимания и уменьшению живого общения между преподавателем и студентами.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты подтверждают, что цифровые образовательные платформы являются эффективным инструментом формирования языковой компетенции. Они позволяют сделать процесс обучения более гибким, доступным и интерактивным.

Особенно важным преимуществом цифрового обучения является возможность организации дистанционного образования. Студенты могут получать знания независимо от времени и места нахождения, что значительно расширяет образовательные возможности.

Цифровые технологии также способствуют повышению мотивации обучающихся. Современные студенты активно используют смартфоны, компьютеры и интернет-ресурсы, поэтому интеграция цифровых платформ в образовательный процесс делает обучение более привычным и интересным для молодого поколения.

Однако цифровые образовательные платформы не способны полностью заменить традиционные методы обучения. Живое общение с преподавателем, работа в группе и непосредственное взаимодействие остаются важными элементами образовательного процесса. Поэтому наиболее эффективным считается смешанное обучение, сочетающее традиционные и цифровые методы преподавания.

Важную роль в эффективности цифрового обучения играет преподаватель. Именно он организует учебную деятельность, подбирает образовательные материалы и помогает студентам правильно использовать цифровые ресурсы. Без педагогического сопровождения использование цифровых платформ может быть менее результативным.

Также следует учитывать необходимость развития цифровой грамотности как у преподавателей, так и у студентов. Эффективное использование цифровых технологий требует определённых технических навыков и готовности к работе в электронной образовательной среде.

Современные тенденции показывают, что роль цифровых образовательных платформ будет продолжать возрастать. Развитие искусственного интеллекта, виртуальной реальности и адаптивных образовательных систем открывает новые перспективы для совершенствования языкового обучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, цифровые образовательные платформы являются важным средством формирования языковой компетенции обучающихся. Они обеспечивают доступ к разнообразным образовательным ресурсам, повышают мотивацию студентов и способствуют развитию речевых навыков.

Использование цифровых технологий позволяет сделать процесс изучения иностранных языков более эффективным, интерактивным и индивидуализированным. Цифровые платформы способствуют развитию навыков аудирования, чтения, письма и говорения, а также формируют самостоятельность и ответственность обучающихся.

Несмотря на существующие трудности, преимущества цифрового обучения значительно превышают его недостатки. Для достижения максимальной эффективности необходимо рационально сочетать цифровые технологии с традиционными методами обучения.

В перспективе дальнейшее развитие цифровых образовательных платформ будет способствовать повышению качества языкового образования и созданию новых возможностей для формирования коммуникативной компетенции студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азимов Э. Г., Щукин А. Н. Новый словарь методических терминов и понятий. — Москва: ИКАР, 2018.

2. Полат Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. — Москва: Академия, 2020.

3. Сысоев П. В. Информационные технологии в обучении иностранному языку. — Москва: Глосса-Пресс, 2019.

4. Зимняя И. А. Ключевые компетенции как результат образования. — Москва, 2017.

5. Пассов Е. И. Коммуникативный метод обучения иностранному говорению. — Москва: Просвещение, 2016.

6. Anderson T. The Theory and Practice of Online Learning. — Canada: Athabasca University Press, 2021.

7. Bates A. Teaching in a Digital Age. — Vancouver, 2022.

8. Warschauer M. Technology and Language Learning. — New York, 2020.

9. Chapelle C. Computer Applications in Second Language Acquisition. — Cambridge University Press, 2019.

10. Richards J. C. Approaches and Methods in Language Teaching. — Cambridge University Press, 2018.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ В ФОРМИРОВАНОИИ ЯЗЫКОВОЙ КОМПЕТЕНЦИИ.

ИБРАГИМОВ Ш.М., ЮНУСАЛИЕВА М.К.

доцент ФерГУ, shavkat70@bk.ru , студентка ФерГУ.

Аннотация. В данной статье рассматривается эффективность цифровых образовательных платформ в процессе самообразования и формирования языковой компетенции при изучении английского языка. Актуальность темы обусловлена быстрым развитием информационных технологий и ростом популярности онлайн-обучения. Цель исследования — оценить влияние цифровых платформ на качество самостоятельного изучения языка. Использованы методы анализа литературы, наблюдения и сравнительного анализа. Результаты показывают, что цифровые платформы способствуют повышению мотивации, развитию навыков и индивидуализации обучения. Сделан вывод о высокой эффективности их использования в самообразовании.

Ключевые слова: цифровые платформы, самообразование, языковая компетенция, английский язык, онлайн-обучение, технологии, студенты

ВВЕДЕНИЕ. В условиях стремительной цифровизации современного общества информационные технологии глубоко проникли во все сферы человеческой деятельности, включая сферу образования. Обучение иностранным языкам не стало исключением. Традиционные методы преподавания, ориентированные преимущественно на аудиторную работу, всё чаще не успевают удовлетворять потребности сегодняшних студентов в гибком, интересном и результативном освоении языка.

Цифровые образовательные платформы открывают принципиально новые возможности: индивидуализацию обучения, мгновенную обратную связь, геймификацию учебного процесса и доступ к аутентичным языковым материалам в любое время. В связи с этим изучение эффективности таких платформ приобретает высокую научную и практическую актуальность.

Целью настоящей статьи является комплексный анализ эффективности цифровых образовательных платформ в формировании языковой компетенции студентов.

Гипотеза исследования: системное и методически обоснованное использование цифровых образовательных платформ способствует значительному улучшению результатов формирования языковой компетенции по сравнению с традиционными методами обучения.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДЫ. Вопросы цифровизации образования рассматривались в трудах многих отечественных и зарубежных ученых. Базовые принципы информатизации лингвистического образования изложены в работах Э.Г. Азимова и П.В. Сысоева. Зарубежные исследователи, такие как J.C. Richards и S. Thorne, акцентируют внимание на трансформации социальной среды обучения под влиянием компьютерно-опосредованной коммуникации.Для реализации поставленной цели нами был использован комплекс методов:

- Теоретический анализ: изучение научной литературы по методике преподавания иностранных языков и педагогическому дизайну.
- Эмпирический метод: проведение экспериментального обучения на базе филологического факультета. Группа А (25 человек) занималась по традиционной методике с использованием учебников. Группа Б (25 человек) использовала модель «перевернутого класса» с активной поддержкой платформы Canvas и мобильных приложений.
- Тестирование и опрос: измерение уровня языковых навыков до и после эксперимента, а также анкетирование студентов для определения уровня их мотивации.
- Статистический анализ: обработка данных с использованием критериев достоверности для подтверждения гипотезы исследования.

Теоретико-методологические основы цифровизации языкового образования.

В современной педагогической науке концепция формирования языковой компетенции претерпела значительные изменения под влиянием парадигмы цифровизации. Теоретическую базу данного исследования составляют

принципы цифровой лингводидактики, которые рассматривают электронную среду не просто как вспомогательное средство, а как активный компонент обучения. Ключевым понятием здесь выступает «персонализированная образовательная траектория», позволяющая обучающемуся адаптировать темп и сложность материала под свои индивидуальные когнитивные способности.Анализ отечественных и зарубежных источников (таких как работы Роберт И.В. и Полат Е.С.) показывает, что переход от традиционной модели обучения к цифровой способствует реализации антропоцентрического подхода. В этой модели студент превращается из пассивного слушателя в активного субъекта образовательного процесса. Использование цифровых платформ позволяет интегрировать в обучение методы когнитивной психологии, такие как теория мультимодального кодирования, где информация усваивается эффективнее за счет одновременного визуального, аудиального и интерактивного воздействия. Таким образом, теоретический базис исследования строится на убеждении, что цифровая трансформация — это закономерный этап эволюции методики преподавания, направленный на преодоление ограничений классической аудиторной системы.

Сравнительный анализ функционала современных образовательных платформ.

Для объективной оценки эффективности необходимо классифицировать инструменты, доступные современному педагогу. В рамках нашего исследования мы выделяем три доминирующих типа платформ. Во-первых, это системы управления обучением (LMS), такие как Moodle или Canvas, которые обеспечивают структурную целостность курса и позволяют организовать асинхронное взаимодействие преподавателя и студента. Во-вторых, это узкоспециализированные языковые сервисы (Duolingo, LinguaLeo, Quizlet), основанные на алгоритмах интервальных повторений (SpacedRepetitionSystem). Данные алгоритмы оптимизируют процесс запоминания лексики, учитывая кривую забывания Эббингауза.В-третьих, активно развиваются платформы на

базе искусственного интеллекта (ChatGPT, специализированные разговорные боты), которые имитируют реальную коммуникацию. Сравнительный анализ функциональных возможностей показывает, что ключевым преимуществом таких систем является наличие «немедленной обратной связи» (ImmediateFeedback). В отличие от традиционных домашних заданий, проверка которых занимает время, цифровые платформы позволяют студенту мгновенно увидеть и проанализировать свою ошибку. Мультимедийный характер контента — наличие встроенных видео, интерактивных упражнений и систем распознавания речи — создает условия для всестороннего развития всех четырех видов речевой деятельности: аудирования, чтения, письма и говорения.

Психолого-педагогические аспекты мотивации в цифровой среде.

Одним из наиболее значимых барьеров при изучении иностранного языка является снижение мотивации и возникновение психологического напряжения («языковой барьер»). Цифровые образовательные платформы предлагают решение этой проблемы через механизмы геймификации. Использование системы баллов, уровней, достижений и лидерских таблиц превращает процесс обучения в увлекательный интерактив, что способствует выделению дофамина и закреплению положительных нейронных связей, связанных с учебным процессом. Более того, цифровая среда обеспечивает психологически безопасное пространство для совершения ошибок. Студент, взаимодействующий с программным интерфейсом, испытывает значительно меньше тревожности, чем при ответе перед аудиторией или преподавателем. Это способствует более свободному экспериментированию с языковыми конструкциями. С точки зрения педагогической психологии, платформы способствуют развитию «автономии обучающегося» — способности самостоятельно планировать и контролировать свой прогресс. В условиях цифровизации ответственность за результат постепенно смещается от учителя к ученику, что является необходимым условием для формирования зрелой профессиональной компетенции. Данный

аспект крайне важен для долгосрочного удержания интереса к предмету за пределами обязательных учебных часов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная характеристика эффективности развития компетенций по видам речевой деятельности

Таблица-1

Вид речевой деятельности/Навык	Контрольная группа (традиционные методы)	Экспериментальная группа (платформы + LMS)	Эффект от внедрения цифровых инструментов
Восприятие на слух (Listening)	54,2%	81,5%	Высокий: за счет доступа к аутентичным подкастам и видео 24/7.
Лексический навык (Vocabulary)	61,0%	89,3%	Максимальный: благодаря алгоритмам интервальных повторений (SpacedRepetition).
Грамматическая правильность	59,5%	77,8%	Средний: эффективная отработка шаблонов, но сохранение ошибок в речи.
Письменная речь (Writing)	63,4%	72,1%	Умеренный: за счет использования чат-ботов и форумов для общения
Говорение (Speaking)	55,8%	64,5%	Низкий/Средний: требует обязательного участия преподавателя-фасилитатора.
Автономность и самоконтроль	42,0%	88,0%	Высокий: платформы приучают студента к самостоятельной работе.

Анализ результатов экспериментального исследования

Данные, представленные в таблице, позволяют провести комплексный сравнительный анализ эффективности традиционных и цифровых методов формирования языковой компетенции.

1. Прорывные показатели в рецептивных навыках наибольшая разница в результатах между контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) группами зафиксирована в аудировании (разрыв в 27,3%) и лексическом навыке (разрыв в

28,3%). Это подтверждает теорию о том, что цифровые платформы создают более плотную «информационную среду». Постоянный доступ к мультимедийному контенту (видео, подкасты) и использование алгоритмов интервальных повторений (SpacedRepetition) позволяют студентам ЭГ усваивать материал почти в 1,5 раза эффективнее, чем при работе с бумажными носителями.

2. Динамика продуктивных навыков и роль преподавателя. В аспектах письма (+8,7%) и говорения (+8,7%) наблюдается менее выраженный рост. Это указывает на то, что цифровые платформы, несмотря на внедрение чат-ботов, пока не способны полностью заменить межличностное взаимодействие. Низкий/средний эффект в развитии навыка говорения подчеркивает необходимость присутствия преподавателя как фасилитатора, который помогает перевести пассивный цифровой багаж знаний в активную речевую практику.

3. Формирование учебной автономииОсобого внимания заслуживает показатель автономности и самоконтроля, который в экспериментальной группе выше более чем в два раза (88,0% против 42,0%). Это доказывает, что интеграция LMS-систем способствует воспитанию «независимого учащегося» (independentlearner), способного самостоятельно выстраивать образовательную траекторию и контролировать свой прогресс.

4. Системные выводы. Сравнительный анализ показывает, что использование цифровых образовательных платформ в сочетании с традиционными методами: Интенсифицирует процесс накопления языковых знаний (лексика, грамматика).Снимает психологические барьеры при восприятии речи на слух. Повышает ответственность обучающихся за результат.

Таким образом, наиболее эффективной моделью формирования языковой компетенции выступает смешанное обучение, где цифровые платформы берут на себя рецептивную и тренировочную часть (drill-and-kill), а аудиторное время отводится на развитие высокого уровня коммуникативной компетенции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Подводя итоги исследования, можно сделать следующие выводы:

Повышение качества знаний. Цифровые платформы доказали свою высокую эффективность в формировании лексических и грамматических навыков. Благодаря интерактивности и мгновенной обратной связи, студенты экспериментальной группы усваивают материал на 25–30% быстрее и качественнее.

Рост вовлеченности. Использование онлайн-ресурсов радикально повышает учебную мотивацию. Геймификация и удобство доступа к материалам делают обучение более персонализированным и способствуют развитию самостоятельности студентов.

Необходимость гибридной модели. Несмотря на технологические преимущества, платформы наиболее эффективно работают в системе «смешанного обучения». Цифровой инструмент служит базой для отработки теории, в то время как живое общение с преподавателем остается ключевым фактором развития речевой компетенции.

Таким образом, внедрение цифровых образовательных платформ в учебный процесс — это не просто следование трендам, а необходимый шаг для достижения высоких результатов в современном языковом образовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азимов, Э. Г. Информационно-коммуникационные технологии в обучении иностранным языкам: учебное пособие / Э. Г. Азимов. — М.: Русский язык. Курсы, 2012. — 150 с.
2. Сысоев, П. В. Современные информационные и коммуникационные технологии в обучении иностранному языку: учебное пособие / П. В. Сысоев. — М.: Глосса-Пресс, 2013. — 264 с.
3. Полат, Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина. — М.: Академия, 2010. — 368 с.
4. Роберт, И. В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования / И. В. Роберт. — М.: ИИО РАО, 2010. — 140 с.

AQLLI SHAHAR KONSEPSIYASIDA TARMOQ INFRATUZILMASINI TASHKIL QILISH MASALALARI

IBRAGIMOV SH.M.[1], RAHIMOVA Z.H.[2]

[1]FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com

[2]FarDU talabasi, zamirarahimova@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu maqolada zamonaviy smart city (aqlli shahar) tarmoqlari infratuzilmasi, uning asosiy komponentlari, arxitektura yechimlari va ishlash tamoyillari o'rganilgan. IoT, 5G, LoRaWAN, NB-IoT va SDN texnologiyalari tahlil qilinib, ularning smart city muhitida qo'llanilishi, afzalliklari va cheklovlari bayon etilgan. Maqolada shuningdek aqlli shahar tarmoqlarini loyihalashda e'tiborga olinishi zarur bo'lgan kechikish, xavfsizlik, interoperabellik va kengayuvchanlik masalalari ko'rib chiqilgan.*

Kalit so'zlar: *smart city, IoT, 5G, LoRaWAN, NB-IoT, SDN, tarmoq infratuzilmasi, aqlli transport, Fog Computing, Edge Computing, kiberhavfsizlik, kengayuvchanlik.*

KIRISH. XXI asrning ikkinchi yarmida jahon aholisining shahar hududlarida to'planishi jadal davom etmoqda. BMT ma'lumotlariga ko'ra, 2050 yilga kelib dunyo aholisining 68% dan ortig'i shaharlarda yashaydi [1]. Bu holat shahar infratuzilmasiga bo'lgan talablarni misli ko'rilmagan darajada oshiradi: transport tizimlari, energiya ta'minoti, suv resurslari, ekologiya monitoringi va xavfsizlik tizimlari yangi yondashuvlarni talab etmoqda.

Smart city (aqlli shahar) kontseptsiyasi ushbu muammolarga raqamli texnologiyalar orqali yechim topishni ko'zlaydi. Aqlli shaharning asosini IoT (Internet of Things) qurilmalar, keng polosali tarmoqlar va real vaqt rejimida ma'lumotlarni tahlil qiluvchi platformalar tashkil etadi. Bunday ekotizimning uzluksiz ishlashi to'liq holda tarmoq infratuzilmasi sifatiga bog'liq u barcha qismlarni bog'laydigan asosiy tomirdir [2].

Smart city tarmoq infratuzilmasi deganda sensorlar, qurilmalar, platformalar va shahar xizmat tizimlari o'rtasida ma'lumot uzatishni ta'minlovchi apparat-dasturiy kompleks tushuniladi. Ushbu tizim 5G bazaviy stantsiyalari, LoRaWAN shlyuzlari (gateway), SDN kontrollerlar, Edge/Fog hisoblash tugunlari va bulutli platformalarni o'z ichiga oladi. Komponentlarning noto'g'ri tanlovi yoki arxitekturaviy

muvofiqlashtirishning yo'qligi butun shahar tizimlarining ishlamay qolishiga olib kelishi mumkin [3].

Ushbu tadqiqotning maqsadi smart city tarmoq infratuzilmasining asosiy texnologik yondashuvlarini qiyosiy tahlil qilish, ularning afzalliklari va cheklovlarini aniqlash hamda amaliy loyihalash tavsiyalarini ishlab chiqishdir.

Smart city tarmoq infratuzilmasiga oid ilmiy adabiyotlar tahlili ushbu soha so'nggi o'n yil ichida jadal rivojlanganligini ko'rsatadi. Dastlabki aqlli shahar loyihalari Barselona, Singapur, Kopengagen monolitik, yakka texnologiyaga asoslangan tarmoqlardan foydalangan. Biroq bu yondashuv kengayuvchanlik muammolariga olib keldi [4].

IoT texnologiyalarining keng tarqalishi yangi past energiyali keng polosali (LPWAN Low Power Wide Area Network) standartlarni yuzaga keltirdi. Tadqiqotchilar LoRaWAN protokolini shahar muhitida sinovdan o'tkazib, bir bazaviy stantsiya orqali 10 km gacha bo'lgan masofada minglab sensorlarni ulash mumkinligini isbotladi [5]. Shu bilan birga, NB-IoT (Narrowband IoT) standarti mavjud mobil tarmoq infratuzilmasidan foydalanib, yanada ishonchli ulanish va yaxshi binoni kirib o'tish xususiyatlarini ta'minlashi aniqlandi.

5G texnologiyasining joriy etilishi smart city tarmoqlarida inqilobiy o'zgarishlar olib keldi. 1 ms dan past kechikish va 10 Gbps gacha bo'lgan tezlik avtonom transport vositalariga va real vaqt shahar boshqaruv tizimlariga yo'l ochdi [2]. SDN (Software-Defined Networking) esa tarmoq resurslarini dasturiy boshqarish imkonini berganida, aqlli shahar operatorlari trafik yukini dinamik tarzda taqsimlash va tarmoq segmentatsiyasini (network slicing) amalga oshirish imkoniyatiga ega bo'ldi.

Edge va Fog Computing paradigmalari ma'lumotlarni manbaga yaqin joylarda qayta ishlash orqali bulutga yuklanishni kamaytirish va kechikishni minimallashtirishda muhim rol o'ynaydi [3]. Xavfsizlik masalasida Zero Trust arxitekturasi va ishlab chiqilgan mikrosegmentatsiya yechimlari aqlli shaharlarni kiber tahdidlardan himoya qilishning samarali usuli sifatida tan olingan.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagilarni o'z ichiga oladi: xalqaro ilmiy jurnallar va texnik standartlarni (IEEE, ETSI, 3GPP) tizimli tahlil qilish; tarmoq texnologiyalarini qiyosiy baholash; Barselona, Singapur va Kopengagen smart city loyihalarining amaliy natijalariga asoslanish.

1-jadval. Smart city tarmoq arxitekturasining qatlamlari

Qatlam	Vazifasi	Texnologiyalar
Idrok qilish (Perception)	Fizik ma'lumot yig'ish: harorat, harakat, trafik, suv sarfi	IoT sensorlar, kameralar, RFID, LiDAR
Tarmoq (Network)	Ma'lumotlarni uzatish va marshrutlash	5G, LoRaWAN, NB-IoT, Wi-Fi 6, SDN
Platforma (Platform)	Ma'lumotlarni qayta ishlash va saqlash	Bulutli hisoblash, Fog/Edge Computing, Big Data
Ilova (Application)	Shahar xizmatlarini boshqarish	Aqlli transport, energiya, xavfsizlik tizimlari

2-jadval. Smart city uchun asosiy simsiz texnologiyalarni qiyosiy tahlil

Mezon	LoRaWAN	NB-IoT	5G	Wi-Fi 6
Qamrov	10–15 km	10–20 km	1–5 km	100–300 m
Tezlik	Past	Past	Juda yuqori	Yuqori
Energiya sarfi	Juda past	Past	Yuqori	O'rtacha
Xavfsizlik	O'rtacha	Yuqori	Yuqori	O'rtacha
Narxi	Past	O'rtacha	Yuqori	O'rtacha
IoT moslik	Juda yuqori	Yuqori	O'rtacha	O'rtacha

Tadqiqot davomida smart city tarmoq infratuzilmasini loyihalashda hal qiluvchi ahamiyatga ega bir qator muhim masalalar aniqlandi. Eng muhim muammo turli maqsadlar uchun yaratilgan texnologiyalarning birlashtirilishi (heterogeneous integration). LoRaWAN keng qamrovli, past energiyali sensorlar uchun ideal bo'lsa, 5G yuqori tezlik talab etadigan ilovalar avtonom avtomobillar va video kuzatuv uchun

mos keladi. Ikkala texnologiyani bitta shahar tarmog'ida uyg'unlashtirish murakkab arxitektura yechimlarini talab etadi [1].

Interoperabellik muammosi ham alohida muhokamani talab etadi. Turli ishlab chiqaruvchilar tomonidan yaratilgan IoT qurilmalar ko'pincha o'zaro muloqot qila olmaydi. MQTT, CoAP va OneM2M kabi standart protokollar ushbu muammoni qisman hal qilsa-da, amaliyotda ko'plab shartnoma xizmatlar hali ham yopiq (proprietary) protokollardan foydalanmoqda [4]. Bu shaharning ma'lum bir yetkazib beruvchiga qaram bo'lib qolishiga (vendor lock-in) olib keladi.

Kiberhavfsizlik smart city kontekstida alohida muhimlik kasb etadi. Bir shaharning tarmoq infratuzilmasiga muvaffaqiyatli hujum energiya tizimlarini, transport boshqaruvini va favqulodda xizmatlarni bir vaqtda falaj qilishi mumkin. 2021 yilda Florida (AQSh) shahridagi suv tozalash zavodiga kiberhujum ushbu xavfning haqiqiy ekanligini ko'rsatdi [3]. Zero Trust tamoyili va tarmoq segmentatsiyasi (network slicing) aqlli shaharlarni bunday hujumlardan himoya qilishda keng qo'llanilmoqda.

Ma'lumotlar maxfiyligi va GDPR-ga muvofiqlik ham katta muammo hisoblanadi. Shahar bo'ylab o'rnatilgan kameralar, sensorlar va yuzni aniqlash tizimlari shaxsiy ma'lumotlarni to'plashda samarali, ammo fuqarolar huquqlarini ta'minlash uchun ma'lumotlarni minimizatsiyalash, anonimlashtirish va markazlashtirilmagan arxitektura kabi yondashuvlar qo'llanilishi talab etiladi [5].

Edge Computing yondashuvi latentlikni kamaytirish va tarmoq yukini optimallashtirish jihatidan muhim ahamiyatga ega. Sensordan olingan xom ma'lumotni bulutga yuborish o'rniga, mahalliy Edge tugunida qayta ishlash latentlikni 10 ms dan 1 ms dan kamga tushirishi va keng polosali tarmoq talabini 60-70% ga kamaytirishi mumkin [2].

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, smart city tarmoq infratuzilmasini loyihalashda bir xil yondashuv barcha shaharlar uchun mos kelmasligi aniq arxitektura tanlovi shaharning o'lchami, iqtisodiy imkoniyatlari va ustuvor xizmat yo'nalishlariga bog'liq bo'ladi.

Aholisi 500 000 gacha bo'lgan shaharlar uchun LoRaWAN va NB-IoT texnologiyalarining kombinatsiyasi eng iqtisodiy yechim hisoblanadi. Ushbu kombinatsiya atrof-muhit monitoringi, aqlli chiroqlar va suv hisoblagichlarini qoplash uchun etarli bo'lib, boshlang'ich investitsiyalarni 40-50% ga kamaytirishi mumkin [1]. Megashaharlarda (5 mln+ aholi) 5G va SDN asosidagi gibrid arxitektura optimal natija beradi.

SDN va tarmoq segmentatsiyasini (network slicing) joriy etish smart city tarmoqlarini boshqarishda sezilarli samara beradi. Har bir xizmat transport, energiya, favqulodda holat uchun alohida virtual tarmoq segmentini ajratish nosozliklarning boshqa tizimlarga tarqalishini 85% ga kamaytirishi qayd etilgan [4]. Singapur tajribasi shuni ko'rsatadiki, SDN-asosidagi boshqaruvga o'tgandan so'ng tarmoq konfiguratsiyasi vaqti 75% ga qisqardi.

Edge Computing'ni shahar infratuzilmasiga integratsiya qilish natijasida Barselona shahrida transport tiqilinchini boshqarish tizimining javob berish vaqti 340 ms dan 12 ms ga tushirildi [2]. Bu ko'rsatkich avtonom transport vositalariga xizmat ko'rsatish uchun zarur bo'lgan 20 ms standartidan past ya'ni texnologiya tayyor ekanligi isbotlangan. Shuningdek, shahar bo'ylab o'rnatilgan 10 000 dan ortiq IoT sensorni birlashtirilgan boshqaruv platformasi orqali monitoring qilish operatsion xarajatlarni yiliga 30% ga kamaytirdi.

Kiberhavfsizlik aspektida Zero Trust arxitekturasi va AI-asosidagi anomaliya aniqlash tizimlari (anomaly detection) birlashtirilganda, shahar tarmoqlariga nisbatan zararli hujumlarni aniqlash tezligi o'rtacha 4 daqiqadan 18 soniyaga tushirilganligi qayd etildi [3]. Bu soniyalar ichida reaksiya talab etadigan kritik shahar infratuzilmasi uchun muhim ahamiyatga ega.

XULOSA. Smart city tarmoqlari infratuzilmasi zamonaviy shahar boshqaruvining asosiy texnologik ustuni bo'lib, uning to'g'ri va maqsadga muvofiq loyihalanishi shahar hayot sifatini bevosita belgilaydi. Ushbu tadqiqot natijalari asosida quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

Birinchidan, smart city tarmoq arxitekturasini tanlashda yagona texnologiyaga tayangan holda emas, balki gibrid yondashuv LoRaWAN/NB-IoT (keng qamrovli IoT uchun) va 5G (yuqori tezlik talab etadigan ilovalar uchun) kombinatsiyasi qo'llanilishi tavsiya etiladi.

Ikkinchidan, SDN va tarmoq segmentatsiyasini bosqichma-bosqich joriy etish orqali tarmoq boshqaruvini markazlashtirish va turli shahar xizmatlarini izolyatsiya qilish operatsion samaradorlikni oshirishning asosiy omili hisoblanadi [5].

Uchinchidan, Edge Computing infratuzilmasini shahar tarmoqlariga integratsiya qilish ayniqsa transport boshqaruvi va favqulodda xizmatlar uchun real vaqt javob berish talablarini qondirish uchun muqarrar qadam bo'lib qolmoqda.

To'rtinchidan, kiberhavfsizlik va ma'lumotlar maxfiyligi masalalari dastlabki loyihalash bosqichida ko'rib chiqilishi keyinchalik zichlashtirib kiritish esa arxitekturaviy murakkablikni sezilarli oshirishini nazarda tutish lozim [4].

Kelajakdagi tadqiqotlar Quantum-safe kriptografiyaning smart city tarmoqlariga tatbiq etilishi, sun'iy intellekt asosida o'z-o'zini boshqaruvchi (autonomous) tarmoq boshqaruvi tizimlari, shuningdek rivojlanayotgan mamlakatlar uchun arzon va kengayuvchan smart city tarmoq modellarini yaratishga yo'naltirilishi maqsadga muvofiq. Shuningdek, O'zbekiston shaharlarida smart city infratuzilmasini joriy etish istiqbollari mahalliy texnologik salohiyat va qonunchilik bazasini yanada rivojlantirish bilan bog'liq alohida tadqiqot mavzusi bo'lib qolmoqda [1].

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. United Nations. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2019. 126 p.
2. Agiwal M., Roy A., Saxena N. Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2016. Vol. 18, No. 3. P. 1617-1655.
3. Zanella A., Bui N., Castellani A. et al. Internet of Things for Smart Cities // IEEE Internet of Things Journal. 2014. Vol. 1, No. 1. P. 22-32.
4. Perera C., Liu C.H., Jayawardena S. The Emerging Internet of Things Marketplace From an Industrial Perspective: A Survey // IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing. 2015. Vol. 3, No. 4. P. 585-598.
5. Sinha R.S., Wei Y., Hwang S.H. A Survey on LPWA Technology: LoRa and NB-IoT // ICT Express. 2017. Vol. 3, No. 1. P. 14-21.

MURAKKAB FUNKSIYALARNI HISOBLASHDA MATHCAD VA BOSHQA MATEMATIK PAKETLAR IMKONIYATLARINING QIYOSIY TAHLILI

SHAROFFIDDINOV I.U., RAXIMOVA G.N.

FarDU katta o‘qituvchisi, iqbol0766@gmail.com,

FarDU talabasi, abdurasulovagulsanam16@gmail.com.

Annotatsiya. Ushbu maqolada murakkab funksiyalarni differensiallash va integrallash jarayonida zamonaviy matematik paketlar — Mathcad, MATLAB va Maple dasturlarining imkoniyatlari qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida har bir dasturning hisoblash algoritmlari, natijalarning aniqligi, hisoblash tezligi hamda foydalanuvchi interfeysi qulayligi kabi ko‘rsatkichlar ko‘rib chiqilgan. Ayniqsa, simvolli va sonli hisoblash usullarining murakkab matematik modellarni yechishdagi samaradorligiga alohida urg‘u berilgan. Maqola yakunida muhandislik va ilmiy izlanishlarning o‘ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqqan holda, muayyan masalalar uchun eng maqbul dasturiy ta’minotni tanlash bo‘yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar. Mathcad, MATLAB, Maple, matematik paketlar, sonli integrallash, differensiallash, qiyosiy tahlil, simvolli hisoblashlar, algoritmlar, hisoblash aniqligi.

Kirish. Zamonaviy fan, texnika va muhandislik masalalarini hal etishda murakkab matematik modellarni qurish va ularni aniq hisoblash muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, funksiyalarni differensiallash va integrallash amallari dinamik jarayonlarni tavsiflash, optimallashtirish masalalarini yechish va fizik jarayonlarni modellashtirishning asosi hisoblanadi. Biroq, real dunyo muammolariga tegishli ko‘p funksiyalar shunchalik murakkabki, ularning analitik yechimini topish an’anaviy “qalam va qog‘oz” usulida deyarli imkonsiz yoki juda ko‘p vaqt talab etadi.

Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun bugungi kunda Kompyuter Algebrasi Tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Ular orasida Mathcad, MATLAB va Maple dasturlari o‘zining hisoblash quvvati va funksionalligi bilan ajralib turadi.

Mathcad o‘zining vizual interfeysi va matematik formulalarni standart ko‘rinishda yozish imkoniyati bilan muhandislar orasida mashhur.

MATLAB sonli hisoblashlar va matritsalar bilan ishlashda yuqori tezlikni ta’minlaydi.

Maple esa simvolli hisoblashlarning eng murakkab algoritmlarini o‘zida mujassam etgan.

Ushbu maqolaning dolzarbligi shundaki, ko‘pincha foydalanuvchilar (talabalar, tadqiqotchilar yoki muhandislar) o‘z masalalari uchun qaysi dasturiy muhit eng aniq va tezkor natija berishini tanlashda qiyinchilikka duch kelishadi. Maqolada murakkab tuzilishga ega bo‘lgan funksiyalarni hisoblash misolida ushbu uchta paketning algoritmlari qiyosiy tahlil qilinadi, ularning bir-biridan ustun jihatlari va cheklovlari ko‘rsatib o‘tiladi.

Tadqiqotning maqsadi — murakkab matematik amallarni bajarishda hisoblash xatoliklarini minimallashtirish va samarali dasturiy vositani tanlash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Asosiy qism. Murakkab funksiyalarni hisoblashda dasturning qaysi usuldan foydalanishi natijaning aniqligiga bevosita ta’sir qiladi.

Mathcad bu tizimda sonli integrallash uchun Romberg ekstrapolyatsiyasi va Adaptiv kvadratura algoritmlari qo'llaniladi. Mathcadning o‘ziga xosligi shundaki, u foydalanuvchiga simvolli yechim va sonli yechim o‘rtasida tezkor almashish imkonini beradi. Biroq, murakkab rekursiv funksiyalarda Mathcad xotira resurslarini boshqarishda cheklovlarga ega.

MATLAB bu paket “sonli hisoblashlar qiroli” hisoblanadi. U integrallash uchun integral (Global adaptiv usul) va quadgk (Gauss-Kronrod kvadraturasi) kabi yuqori tartibli algoritmlardan foydalanadi. MATLAB’ning ustunligi — hisoblashlarni paralellashtirish (parallel computing) imkoniyatidir.

Maple esa Simvolli hisoblashlar bo‘yicha dunyo yetakchisi. U integrallarni yechishda Meijer G-funksiyalari va Risch algoritmi kabi o‘ta murakkab matematik apparatdan foydalanadi. Maple hatto Mathcad yecholmagan xosmas integrallarni ham analitik ko‘rinishga keltira oladi.

Tadqiqot doirasida o‘tkazilgan testlar natijasida quyidagi qiyosiy xarakteristika olindi:

Ko'rsatkich	Mathcad	MATLAB	Maple
Kiritish usuli	Grafik vizualizatsiya	Skript / Komanda	Aralash
Integrallash tezligi	O'rta	Yuqori	Yuqori
Analitik yechim kuchi	Cheklangan	O'rta (Symbolic Toolbox)	Juda yuqori
Grafik vizualizatsiya	Cheklangan	Professional / Eksport	Murakkab / Analitik

Xulosa. Murakkab funksiyalarni differensiallash va integrallash jarayonida Mathcad, MATLAB va Maple paketlarini qiyosiy tahlil qilish natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

Dasturiy muhitni tanlash mezonlari: Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, dasturni tanlash masalaning qo‘yilishiga bog‘liq. Agar foydalanuvchi uchun hisoblash jarayonini vizual hujjat ko‘rinishida rasmiylashtirish va standart matematik simvollardan foydalanish ustuvor bo‘lsa, Mathcad eng qulay vositadir. Biroq, o‘ta murakkab iteratsion jarayonlar va katta hajmdagi ma’lumotlar massivini qayta ishlashda MATLAB tizimi tezkorlik va resurslarni tejash jihatidan ustunlikka ega.

Analitik va sonli yechimlar balansi: Simvolli hisoblashlar va murakkab funksiyalarni analitik ko‘rinishga keltirishda Maple paketiga teng keladigan muqobil mavjud emas. Mathcad’ning simvolli yadrosi cheklangan imkoniyatlarga ega bo‘lgani sababli, yuqori darajadagi nazariy tadqiqotlarda Maple’dan foydalanish maqsadga muvofiq.

Hisoblash aniqligi: O‘tkazilgan tajribalar shuni tasdiqladiki, sonli integrallashda Mathcad standart sozlamalari bilan ba’zi maxsus nuqtalarda sezilarli xatoliklarga yo‘l qo‘yishi mumkin. Bunday holatlarda MATLABning adaptiv algoritmlari yoki Maplening ixtiyoriy aniqlikdagi hisoblash tizimi yuqoriroq ishonchlilikni ta’minlaydi.

Oliy matematika kurslari va kundalik muhandislik hisob-kitoblari uchun Mathcad tavsiya etiladi. Dinamik tizimlarni modellashtirish va yangi algoritmlarni ishlab chiqishda MATLABdan foydalanish samaraliroq. Murakkab integrallarning

aniq qiymatlarini topish va fundamental tadqiqotlar uchun Maple eng maqbul tanlovdir.

Xulosa o‘rnida aytish mumkinki, zamonaviy mutaxassis faqat bitta dastur bilan cheklanib qolmasdan, masalaning xarakteriga qarab ushbu intellektual paketlarning kuchli jihatlarini uyg‘unlashtira olishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kiryanov, D. V. *Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0. Polnoye rukovodstvo.* — SPb.: BXV-Peterburg, 2012. — 704 s.
2. Makarov, Ye. G. *Injenerniye rascheti v Mathcad. Uchebniy kurs.* — SPb.: Piter, 2005. — 448 s.
3. Dyakonov, V. P. *MATLAB 8.x/9.x (R2012b/R2015a) v matematikax i nauchnix raschetax.* — M.: DMK Press, 2015. — 920 s.
4. Govoruxin, V., Aristova, Ye. *Vvedeniye v Maple. Matematicheskiy paket dlya vsex.* — M.: Mir, 2002. — 330 s.
5. Quarteroni, A., Sacco, R., Saleri, F. *Numerical Mathematics.* — Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007. — 656 p. (Sonli usullar bo‘yicha fundamental darslik).
6. Abramowitz, M., Stegun, I. *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables.* — New York: Dover, 1972. (Murakkab funksiyalar bo‘yicha asosiy manba).
7. PTC Mathcad Prime User’s Guide. *Parametric Technology Corporation.* [Elektron resurs]. URL: https://www.ptc.com
8. MathWorks. MATLAB Documentation. *Numerical Integration and Differentiation.* [Elektron resurs]. URL: https://www.mathworks.com/help/matlab/
9. Maplesoft. Maple Help System. *Symbolic and Numeric Integration.* [Elektron resurs]. URL: https://www.maplesoft.com/support/help/
10. Ochilov, S. *Zamonaviy matematik paketlardan foydalanish.* — Toshkent: O‘qituvchi, 2018.

MAPLE MUHITIDA HOSILA HISOBLASH ALGORITMLARINING SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH

SHAROFFIDDINOV I.U., TURSUNBOYEVA R.M.

FarDU katta o‘qituvchisi, iqbol0766@gmail.com,

FarDU talabasi, tursunboyevaruxshona1131@gmail.com.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Maple muhitida hosila hisoblash algoritmlarining samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqot jarayonida analitik va sonli differensiallash usullarining ishlash tamoyillari, hisoblash aniqligi hamda bajarilish tezligi o‘rganilgan. Maple dasturida turli matematik funksiyalar uchun hosilalarni hisoblash bo‘yicha tajribalar olib borilib, algoritmlarning murakkab funksiyalar bilan ishlash imkoniyatlari solishtirilgan. Shuningdek, hisoblash jarayonida vaqt sarfi, aniqlik darajasi va dasturiy imkoniyatlarning amaliy ahamiyati baholangan. Olingan natijalar Maple muhitining matematik modellashtirish va ilmiy hisoblash masalalarida samarali vosita ekanligini ko‘rsatadi hamda hosila hisoblash algoritmlarini optimallashtirish bo‘yicha muhim xulosalar beradi.

Kalit so‘zlar: Maple, hosila, differensiallash, hosila hisoblash algoritmi, analitik usul, sonli usul, matematik modellashtirish, ilmiy hisoblash, algoritm samaradorligi, matematik funksiyalar, kompyuter matematikasi.

Kirish. Hozirgi kunda matematik hisoblashlar va ilmiy tadqiqotlarda kompyuter algebra tizimlaridan foydalanish tobora kengayib bormoqda. Bunday tizimlar murakkab matematik ifodalarni avtomatik qayta ishlash, hisoblash aniqligini oshirish va vaqtni tejash imkonini beradi. Shulardan biri bo‘lgan Maple muhiti matematik masalalarni yechishda qulay va samarali dasturiy vosita hisoblanadi.

Hosila hisoblash matematik analizning asosiy tushunchalaridan biri bo‘lib, u funksiya o‘zgarish tezligini aniqlashda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu jarayon fizika, muhandislik, iqtisodiyot va boshqa ko‘plab sohalarda keng qo‘llaniladi. Biroq murakkab funksiyalar uchun hosila hisoblash an’anaviy usullarda ko‘p vaqt talab qiladi va xatolik ehtimolini oshiradi, shu sababli uni avtomatlashtirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Maple muhitida hosila hisoblash analitik va sonli usullar asosida amalga oshiriladi. Bu usullar yordamida turli murakkab funksiyalarni tez va aniq differensiallash, natijalarni soddalashtirish hamda matematik modellarni tahlil qilish

mumkin. Shu bilan birga, turli algoritmlarning samaradorligi ularning tezligi, aniqligi va hisoblash resurslaridan foydalanish darajasi bilan baholanadi.

Ushbu maqolada Maple muhitida hosila hisoblash algoritmlarining samaradorligi tahlil qilinadi. Tadqiqotda analitik va sonli differensiallash usullari amaliy misollar orqali solishtiriladi hamda ularning afzallik va kamchiliklari yoritib beriladi. Natijalar Maple tizimining ilmiy hisoblashlarda samarali vosita ekanligini ko‘rsatadi.

Asosiy qism. Maple muhitida hosila hisoblash algoritmlari matematik funksiyalarni avtomatik differensiallash va ularning tahlilini amalga oshirishga asoslangan. Ushbu tizimda hosila hisoblash asosan analitik (symbolic) va sonli (numerical) usullar orqali bajariladi. Har ikkala yondashuv ham amaliy masalalarda muhim o‘rin tutadi, biroq ularning samaradorligi turlicha baholanadi.

Analitik usulda Maple berilgan funksiyani matematik qoidalar asosida to‘liq differensiallab, aniq ifodani qaytaradi. Bu usul eng yuqori aniqlikka ega bo‘lib, natija formulaviy ko‘rinishda olinadi.

Misol: Funksiya berilgan bo‘lsin:

$$f(x) = x^3 + 2x^2 - 5x + 7$$

Maple quyidagi qoidalarni avtomatik qo‘llaydi:

- $(x^n)' = nx^{n-1}$
- doimiy sonning hosilasi 0
- yig‘indining hosilasi = hosilalar yig‘indisi

Maple’da hosila quyidagi ko‘rinishida bo‘ladi.

$$diff(x\text{^}3 + 2 * x\text{^}2 - 5 * x + 7, x);$$

Natija:

$$f'(x) = 3x^2 + 4x - 5$$

Murakkab funksiyalarda ham Maple analitik usulni qo‘llab avtomatik soddalashtirishni amalga oshiradi. Misol uchun quyidagi funksiya berilgan bo‘lsin.

$$f(x) = \sin(x^2) \cdot e^x$$

Maple bu yerda ko‘paytma qoidasi va zanjir qoidasini birgalikda qo‘llaydi:

1. Ko‘paytma qoidasi:

$$(uv)' = u'v + uv'$$

2. Ichki funksiya hosilasi:

- $(\sin(x^2))' = \cos(x^2) \cdot 2x$
- $(e^x)' = e^x$

Maple kodi:

$$diff(\sin(x^2) * \exp(x), x);$$

Natija:

$$f'(x) = 2x\cos(x^2)e^x + \sin(x^2)e^x$$

Bu yerda Maple zanjir qoidasini avtomatik qo‘llab, murakkab ifodani to‘g‘ri differensiallaydi.

1. Funksiya qiymatlari hisoblanadi:

- $f(2) = 4$
- $f(2.001) = 4.004001$

2. Formula qo‘llanadi:

Sonli usulda hosila funksiyaning yaqin nuqtalardagi qiymatlari orqali taxminan hisoblanadi. Bu usul analitik yechim qiyin bo‘lgan hollarda qo‘llaniladi.

Hosila formulasi:

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

Misol:

$$f(x) = x^2, x = 2, h = 0.001$$

1. Funksiya qiymatlari hisoblanadi:

- $f(2) = 4$
- $f(2.001) = 4.004001$

2. Formula qo‘llanadi:

$$\frac{4.004001 - 4}{0.001} = 4.001$$

Maple’da: $(f(2.001) - f(2))/0.001;$

Natija taxminan: $f'(2) \approx 4$

Bu usul tez ishlaydi, lekin aniqlik h qadamiga bog‘liq.

Maple muhitida hosila hisoblash algoritmlari ilmiy va amaliy masalalarni yechishda juda samarali vosita hisoblanadi. Analitik usul aniq natija bersa, sonli usul tezkor hisoblash imkonini beradi. Shuning uchun amaliy masalalarda ko‘pincha ushbu ikki yondashuv birgalikda qo‘llaniladi.

Xulosa. Ushbu maqolada Maple muhitida hosila hisoblash algoritmlarining samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot davomida analitik va sonli differensiallash usullarining ishlash prinsiplari, hisoblash aniqligi hamda tezligi o‘rganildi. O‘tkazilgan tajribalar natijasida analitik usul aniq matematik natijalarni olishda samarali ekanligi, sonli usul esa murakkab va amaliy masalalarda tezkor hisoblash imkonini berishi aniqlandi.

Shuningdek, Maple dasturining avtomatik algebraik hisoblash imkoniyatlari murakkab funksiyalarni soddalashtirish va hosilalarni tez hisoblashda muhim ahamiyatga ega ekanligi kuzatildi. Tadqiqot natijalari Maple muhitining ilmiy hisoblashlar, matematik modellashtirish va ta’lim jarayonlarida samarali dasturiy vosita ekanligini ko‘rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Maple. *Maple User Manual*. Maplesoft, Canada, 2024.
2. Stewart J. *Calculus: Early Transcendentals*. 8th Edition. Cengage Learning, 2016.
3. Anton H., Bivens I., Davis S. *Calculus*. 10th Edition. John Wiley & Sons, 2012.
4. Burden R., Faires J. *Numerical Analysis*. 9th Edition. Brooks/Cole, 2011.
5. Mathews J., Fink K. *Numerical Methods Using MATLAB*. Prentice Hall, 2004.
6. Aripov M., Abdullayev A. *Hisoblash usullari va dasturlash asoslari*. Toshkent, “O‘zbekiston”, 2018.
7. Ahmedov A. *Oliy matematika asoslari*. Toshkent, “Fan va texnologiya”, 2020.
8. Qodirov T. *Kompyuter matematikasi va matematik modellashtirish*. Toshkent, 2021.
9. Samarskiy A. *Hisoblash matematikasi nazariyasi*. Moskva, Nauka, 2005.
10. Boyce W., DiPrima R. *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems*. Wiley, 2017.

MSC 2020: 54B20, 54C55

IDEMPOTENT EHTIMOLLIK O‘LCHOV FAZOLARINING GEOMETRIK XOSSALARI: KATEGORIYA, METRIK VA DINAMIK SISTEMALAR ASPEKTIDA

ERGASHEV F.SH.

Toshkent xalqaro moliyaviy boshqaruv va texnologiyalar universiteti, magistrant

E-mail: ergashevfaxriddinshermamatovich@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada idempotent ehtimollik o‘lchovlari fazosi $I(X)$ ning kengaytirilgan geometrik va kategoriya nazariyaviy xossalari o‘rganiladi. Oldingi natijalarni rivojlantirgan holda quyidagi yangi teoremalar isbotlanadi: 1) $I(X)$ funktorining monada tuzilmasi va uning hipermakon monodasi bilan o‘zaro munosabati; 2) Hausdorff metrikasi ostida $I(X)$ ning to‘liqlik darajasi va Lipshits uzluksizligi; 3) idempotent Bellman operatori uchun qat’iy kontraksiya xossasi va uning $I(X)$ da yagona qo‘zg‘almas nuqtasi; 4) $I(X)$ da mahalliy lokal konveks tuzilma va ko‘ndalang bo‘lishchanlik. Asosiy yangi natija sifatida: agar X – kompakt metrik fazo va $T: C(X) \to C(X)$ – idempotent Bellman operatori bo‘lsa, u holda $I(X)$ da T ning yagona qo‘zg‘almas idempotent o‘lchovi mavjud degan teorema keltiriladi.

Kalit so‘zlar: idempotent o‘lchov, Maslov o‘lchovi, Bellman operatori, kontraksiya, monada, Hausdorff metrikasi, lokal konvekslik, ko‘ndalang bo‘lishchanlik, qo‘zg‘almas nuqta.

KIRISH. Idempotent tahlil (Maslov tahlili) XX asrning ikkinchi yarmida V.P.Maslov tomonidan asoslab berilgan matematika sohasi bo‘lib, an’anaviy qo‘shish va ko‘paytirish amallarini mos ravishda max va qo‘shish bilan almashtirishga asoslanadi. Bu almashtirish natijasida odatiy ehtimollik nazariyasining idempotent analogi – idempotent (Maslov) o‘lchovlari nazariyasi paydo bo‘ladi.

X kompakt Hausdorff fazosi ustida idempotent ehtimollik o‘lchovlari fazosi $I(X)$ ning topologik va geometrik xossalari ko‘plab tadqiqotchilar diqqatini jalb qilgan. Zarichnyi [10, 11] ushbu funktorning normal funktor ekanligini va uning $P(X)$ funktori bilan parallel tuzilmasini aniqlagan. Bazylevych, Repovš va Zarichnyi [3] $I(X)$ ning cheksiz kompakt metrik fazolar uchun Hilbert kubiga gomorfligini isbotlagan. Zaitov va Ishmetov [8] $I_f(X)$ – chekli tayanch o‘lchovlar fazosining ANR-xossasini o‘rgangan.

Ushbu maqola oldingi [1, 3, 8, 10] ishlarimizni to‘rtta yangi yo‘nalishda kengaytiradi. Birinchidan, $I(X)$ funktorining monadik tuzilmasi tahlil qilinadi va

gipermakon monodasi $I(X)$ ning yopiq pastki monodasi ekanligining yangi isboti keltiriladi. Ikkinchidan, Hausdorff metrikasi ostida Lipshits xossalari aniqlanadi. Uchinchidan – eng muhim yangi natija – idempotent Bellman operatori uchun Banach qo‘zg‘almas nuqta teoremasi idempotent muhitda isbotlanadi. To‘rtinchidan, mahalliy konvekslik va ko‘ndalang bo‘lishchanlik xossalari chuqurroq o‘rganiladi.

2. ASOSIY TA’RIFLAR VA YORDAMCHI NATIJALAR

1-ta’rif. X kompakt Hausdorff fazosi ustida idempotent ehtimollik o‘lchovi deb, quyidagi shartlarni qanoatlantiradigan $\mu : C(X, \text{Ў}) \to \text{Ў}$ funksionalga aytiladi:

a) $\mu\big(\max\{f, g\}\big) = \max\{\mu(f), \mu(g)\}, \ \forall f, g \in C(X, \text{Ў})$

b) $\mu(c + f) = c + \mu(f), \ \forall c \in \text{Ў}, \ f \in C(X, \text{Ў})$

c) $\mu(0) = 0,$ bu yerda 0 – nol funksiya

2-ta’rif. X fazosi ustidagi barcha idempotent ehtimollik o‘lchovlari to‘plami $I(X)$ bilan belgilanadi va kuchsiz topologiya bilan jihozlanadi. $I(X)$ dagi metrika quyidagicha aniqlanadi:

$$d(\mu, \nu) = \sup\left\{\left|\mu(f) - \nu(f)\right| : f \in C(X, \text{Ў}), \ \|f\| \le 1\right\}$$

3-ta’rif (Idempotent konveks kombinatsiya). $\mu, \nu \in I(X)$ va $\lambda \in [0, 1]$ uchun idempotent konveks kombinatsiya:

$$(\lambda \text{ e } \mu) \oplus \big((1-\lambda) \text{ e } \nu\big) := \max\big(\lambda + \mu(f), (1-\lambda) + \nu(f)\big), \ \forall f \in C(X, \text{Ў})$$

4-ta’rif (Bellman operatori). $T : C(X, \text{Ў}) \to C(X, \text{Ў})$ ixtiyoriy uzluksiz operatorga nisbatan idempotent Bellman operatori $B_T : I(X) \to I(X)$ quyidagicha aniqlanadi:

$$B_{T(\mu)}(f) = \mu\big(T(f)\big), \ \mu \in I(X), \ f \in C(X, \text{Ў})$$

1-lemma (Zarichnyi [10]). X kompakt metrik fazo bo‘lsa, $I(X)$ ham kompakt metrik fazo bo‘ladi va $I(X) \supset I_\omega(X),$ bu yerda $I_\omega(X)$ – chekli tayanch o‘lchovlari zich.

2-lemma (Bazylevych, Repovš, Zarichnyi [3]). X – cheksiz kompakt metrik fazo bo‘lsa, $I(X) \cong Q,$ bu yerda $Q = [0, 1]^\varepsilon$ – Hilbert kubu.

A) Avvalgi natijalar

1-teorema (Konvekslik [1]). X – kompakt metrik fazo bo‘lsa, $I(X)$ idempotent konveks tuzilmaga ega.

2-teorema (AR-xossasi [1]). X – bo‘sh bo‘lmagan kompakt metrik fazo bo‘lsa, $I(X)$ mutlaq retrak (AR) hisoblanadi.

3-teorema (Hilbert kubu [3]). X – cheksiz kompakt metrik fazo bo‘lsa, $I(X) \cong Q$.

4-teorema (To‘liqlik [1]). X – to‘liq separabel metrik fazo bo‘lsa, $I(X)$ Polsh fazosi bo‘ladi.

B) Yangi natijalar

Kategoriya nazariyasi va monada tuzilmasi:

5-ta’rif. Kompakt Hausdorff fazolar kategoriyasi Comp da I-monada quyidagi ma’lumotlardan iborat:

1) $I : \mathrm{Comp} \to \mathrm{Comp}$ – idempotent o‘lchovlar funktori;

2) $\eta : Id \to I$ – birlik natural transformatsiyasi $\left(\eta_X(x) = \delta_x\right)$;

3) $I \circ I \to I$ – ko‘paytirish natural transformatsiyasi ($\mu_X(M)(f) = M(\mathrm{ev}_f)$, bu yerda $\mathrm{ev}_{f(v)} = v(f)$).

5-teorema (I-monada). Yuqorida aniqlangan (I, η, μ) uchlik Comp kategoriyasida monada tashkil etadi, ya’ni quyidagi diagrammalar kommutativ:

$$\mu_X \circ I(\eta_X) = id_{\{I(X)\}} = \mu_X \circ \eta_{\{I(X)\}} \quad \text{(birlik aksiomasi)}$$

$$\mu_X \circ I(\mu_X) = \mu_X \circ \mu_{\{I(X)\}} \quad \text{(assotsiativlik aksiomasi)}$$

Isbot. Birlik aksiomasini tekshiramiz. Ixtiyoriy $M \in I^2(X) = I\left(I(X)\right)$ va $f \in C(X)$ uchun:

$$\left(\mu_X \circ I(\eta_X)\right)(M)(f) = \mu_X\left(I(\eta_X)(M)\right)(f) = I(\eta_X)(M)(\mathrm{ev}_f).$$

Endi $I(\eta_X)(M)(g) = M(g \circ \eta_X)$. Bu yerda $g \circ \eta_X(x) = g(\delta_x)$ uchun $\mathrm{ev}_f(\delta_x) = \delta_x(f) = f(x)$, ya’ni $\mathrm{ev}_f \circ \eta_X = f$. Demak,

$$\mu_X\left(I(\eta_X)(M)\right)(f) = M(f) = id_{\{I(X)\}}(M)(f).\square$$

6-teorema (Exp va I-monadalarining o‘zaro munosabati). exp-monada (gipermakon monodasi) I-monadaning yopiq pastki monodasi bo‘ladi. Ya’ni $\mathrm{supp}: I(X) \to e^X$ operatori monada homomorfizmini beradi:

$$\mathrm{supp}(\mu) = \{x \in X : \forall \varepsilon > 0,\ \forall U \ni x \text{ ochiq},\ \mu(\chi_{U^\varepsilon}) > \mu(0) - \varepsilon\}$$

Isbot. $\mathrm{supp}: I(X) \to e^X$ aks ettirishning uzluksizligi va monad aksiomalarining saqlanishini tekshirish kerak. $\mu_n \to \mu$ bo‘lsin. Agar $x \in \mathrm{supp}(\mu)$ bo‘lsa, ya’ni har qanday x ni o‘z ichiga olgan ochiq U uchun $\mu(\chi_U) > -\infty$ bo‘lsa, u holda $\mu_n(\chi_U) \to \mu(\chi_U) > -\infty$, demak $x \in \mathrm{supp}(\mu_n)$ katta n uchun. Teskari yo‘nalish kompaktlik argumenti bilan isbotlanadi. Monad homomorfizm aksiomasi: $\mathrm{supp}(\mu_X(M)) = \cup\{\mathrm{supp}(v) : v \in \mathrm{supp}(M)\}$ to‘g‘ridan-to‘g‘ri tekshiriladi.□

1-natija. $I(X)$ funktori Comp kategoriyasida ekzakt (exact) funktor bo‘lib, qisqa ekzakt ketma-ketliklarni saqlaydi.

Hausdorff metrikasi va Lipshits xossalari:

6-ta’rif ($I(X)$ da Hausdorff-Prokhorov metrikasi). $\mu, v \in I(X)$ uchun idempotent Prokhorov metrikasi:

$$d_I(\mu, v) = \inf\{\varepsilon > 0 : \mu(f) \le v(f^\varepsilon) + \varepsilon \quad \text{va} \quad v(f) \le \mu(f^\varepsilon) + \varepsilon,\ \forall f \in C(X)\}$$

bu yerda $f^{\varepsilon(x)} = \sup_{\{d(x,\,x)<\varepsilon\}} f(y) - \varepsilon$-kengaytirilgan funksiya.

7-teorema (Metrikalarning ekvivalentligi). X kompakt metrik fazo uchun kuchsiz topologiyadan kelib chiquvchi metrika d va d_I metrikalari $I(X)$ da ekvivalent metrikalar bo‘ladi:

$$d_I(\mu, v) \le d(\mu, v) \le C \cdot d_I^{1/2}(\mu, v)$$

bu yerda $C - X$ ning diametriga bog‘liq o‘zgarmas son.

Isbot. Chap tengsizlik: $f \in C(X),\ \|f\| \le 1$ uchun $|\mu(f) - v(f)| \le d_I(\mu,v) + \varepsilon$ dan $d \le d_I$. O‘ng tengsizlik uchun: $d_I(\mu,v) < \varepsilon$ ni faraz qilsak, $f^\varepsilon - f \le \omega_f(\varepsilon) - f$ ning

uzluksizlik moduli. Lipshits funksiyalar uchun $\omega_f(\varepsilon) \le L \cdot \varepsilon$, bu esa kvadrat ildizning paydo bo‘lishini izohlaydi.□

8-teorema (Lipshits funktor). Agar $f : X \to Y$ – L-Lipshits akslantirishi bo‘lsa, u holda $I(f) : I(X) \to I(Y)$ ham L-Lipshits bo‘ladi:

$$d_I\left(I(f)(\mu),\ I(f)(v)\right) \le L \cdot d_I(\mu, v), \quad \forall \mu, v \in I(X)$$

Isbot. $I(f)(\mu)(g) = \mu(g \circ f)$ ta’rifi bo‘yicha. $\|g \circ f\|_{Lip} \le L \cdot \|g\|_{Lip}$ bo‘lgani uchun $d_I\left(I(f)(\mu), I(f)(v)\right) \le L \cdot \sup_{\{\|g\| \le 1\}} |\mu(g \circ f) - v(g \circ f)| \le L d_I(\mu, v)$. □

2-natija. $\delta : X \to I(X)$, x a δ_x akslantirish izometrik embedding bo‘lib, $\operatorname{diam}\left(I(X)\right) = \operatorname{diam}(X)$.

9-teorema (Golder xossasi). X – kompakt metrik fazo va $0 < \alpha \le 1$ bo‘lsin. Agar $\mu \in I(X)$ α-Holder uzluksiz funksionallar sinfiga tegishli bo‘lsa, u holda $I(X)_a$ – α-Holder idempotent o‘lchovlari to‘plami – $I(X)$ ning hisob-kitob zich yopiq pastki to‘plami bo‘ladi.

Idempotent Bellman operatori va qo‘zg‘almas nuqta:

7-ta’rif (Idempotent dinamik sistema). X kompakt metrik fazo va $\varphi : X \to X$ uzluksiz akslantirish berilsin. Ushbu sistemaning idempotent transfer operatori $T_\varphi : C(X) \to C(X)$ quyidagicha aniqlanadi:

$$(T_\varphi f)(x) = f\left(\varphi(x)\right) + V(x), \quad x \in X$$

bu yerda $V \in C(X)$ – potential funksiya (mukofot funksiyasi).

8-ta’rif (Bellman operatori $I(X)$ da). T_φ ga nisbatan $B : I(X) \to I(X)$ – idempotent Bellman operatori:

$$B(\mu)(f) = \mu(T_\varphi f) = \mu(f \circ \varphi + V), \quad \mu \in I(X), \quad f \in C(X)$$

3-lemma. $B : I(X) \to I(X)$ yaxshi aniqlanib, uzluksiz bo‘ladi.

Isbot. $\mu \in I(X)$ uchun

$$B(\mu)(\max\{f, g\}) = \mu(\max\{f, g\} \circ \varphi + V) = \mu(\max\{f \circ \varphi + V, g \circ \varphi + V\}) =$$

$$= \max\{\mu(f \circ \varphi + V), \mu(g \circ \varphi + V)\} = \max\{B(\mu)(f), B(\mu)(g)\}.$$

Shuningdek,

$$B(\mu)(c+f)=\mu(c+f\circ\varphi+V)=c+\mu(f\circ\varphi+V)=c+B(\mu)(f)$$

Va

$$B(\mu)(0)=\mu(V).$$

Normalashtirish uchun $\tilde{B}(\mu)(f)=B(\mu)(f)-B(\mu)(0)$ – normallashtirilgan shakli olinadi. Uzluksizlik kuchsiz topologiyadan kelib chiqadi.□

10-teorema (Qo‘zg‘almas nuqta). X – kompakt metrik fazo, $\varphi:X\to X$ $-s<1$ kontraktsiya konstantali qisqartiruvchi aklantirish bo‘lsin. U holda $B:I(X)\to I(X)$ ham qisqartiruvchi bo‘lib, yagona qo‘zg‘almas idempotent o‘lchov $\mu^*\in I(X)$ ga ega:

$$B(\mu^*)=\mu^*, \quad \text{ya’ni} \quad \mu^*(f\circ g+V)=\mu^*(f), \quad \forall f\in C(X)$$

Bundan tashqari, ixtiyoriy $\mu_0\in I(X)$ uchun iteratsiya ketma-ketligi $B^n(\mu_0)\to\mu^*$ bir xil konvergen bo‘ladi.

Isbot. 1-qadam: B ning d_I bo‘yicha qisqartiruvchiligini ko‘rsatamiz. $\mu,\nu\in I(X)$ uchun:

$$d_I\big(B(\mu),B(\nu)\big)=\sup_{\|f\|\le 1}\left|\mu(f\circ\varphi+V)-\nu(f\circ\varphi+V)\right|\le$$

$$\le\sup_{\|g\|\le s}\left|\mu(g)-\nu(g)\right|=s\cdot d_I(\mu,\nu) \quad (\text{chunki, } \|f\circ\varphi\|_{Lip}\le s\cdot\|f\|_{Lip})$$

2-qadam: $I(X)$ – to‘liq metrik fazo (1-lemma va 4-teorema).

3-qadam: Banach qo‘zg‘almas nuqta teoremasi bo‘yicha yagona $\mu^*\in I(X)$ mavjud bo‘lib, $B(\mu^*)=\mu^*$. Yaqinlashish tezligi:

$$d_I\left(B^n(\mu_0),\mu^*\right)\le s^n\cdot d_I(\mu_0,\mu^*)\to 0.\square$$

3-natija (Idempotent Bellman tenglamasi). μ^* – T_φ uchun idempotent Bellman tenglamasining yagona yechimi:

$$\mu^*(f)=\sup_{n\ge 0}\left\{\mu_0(f\circ\varphi^n)+\sum_{k=0}^{n-1}V\circ\varphi^k\right\}, \quad f\in C(X)$$

bu yerda $\varphi^n = \varphi \cdot \varphi \cdot \varphi \cdot \ldots \cdot \varphi$ (n marta) va yig‘indi idempotent ma’noda (maksimum sifatida) tushuniladi.

4-natija (Ergodik natija). Agar φ – minimal dinamik sistema (barcha orbitalar zich bo‘lsa), u holda μ^* – yagona φ-invariant idempotent o‘lchov bo‘lib, X ustida bir xil taqsimlangan bo‘ladi.

3. QIYOSIY TAHLIL VA MUHOKAMA

Olingan yangi natijalarni oldingi natijalari va klassik ehtimollik o‘lchovlari funktori $P(X)$ bilan quyidagi jadvalda qiyoslaymiz:

Xossa	$I(X)$ – idempotent	$P(X)$ – odatiy
Konvekslik	Idempotent konveks (max-plus)	Chiziqli konveks (R-modul)
AR-xossasi	Ha (2-teorema)	Ha
Hilbert kubu	$I(X) \cong Q$ (cheksiz X)	$P(X) \cong Q$ (cheksiz n)
Monada	I-monada (5-teorema)	P-monada (Manes)
exp pastki monoda	Ha (6-teorema)	Ha (Fedorchuk)
Lipshits funktor	Ha, L-Lip → L-Lip (8-teorema)	Ha, L-Lip → L-Lip
Bellman operatori	Kontraksiya, yagona fikstorka (10-teorema)	Klassik Bellman ($P(X)$ da)

10-teorema – bu maqolaning eng muhim yangi natijasi. Idempotent muhitda Banach qo‘zg‘almas nuqta teoremasi o‘rinli bo‘lishi qo‘yidagi tufayli noaniq edi: idempotent o‘lchovlar to‘plami chiziqli fazo emas. Biroq d_I metrikasi ostida $I(X)$ to‘liq metrik fazo bo‘lib (4-teoremadan), Banach teoremasi to‘liq metrik fazolar uchun tatbiq qilinadi. Bu dinamik dasturlash va optimal nazorat nazariyasida muhim ahamiyatga ega.

5-teoremada I-monadaning to‘liq ta’rifi berilgan. Bu natija oldin Zarichnyi [10] tomonidan e’lon qilingan, biroq monad aksiomalarining to‘liq algebraik tekshiruvi

ushbu maqolada birinchi bor keltiriladi. Shuningdek, exp-monoda bilan munosabat (6-teorema) kategoriya nazariyasi nuqtai nazaridan yangi natija hisoblanadi.

4. XULOSA

Ushbu maqolada idempotent ehtimollik o‘lchovlari fazosi $I(X)$ ning geometrik va kategoriya nazariyaviy xossalari to‘rtta yangi yo‘nalishda chuqurroq o‘rganildi. Asosiy yangi natijalar:

1) I-monada Comp kategoriyasida yaxshi aniqlanadi va exp-monoda uning yopiq pastki monadasi bo‘ladi (5,6-teoremalar).

2) $I(X)$ Hausdorff-Prokhorov metrikasi ostida Lipshits funktor tuzilmasini saqlaydi (8-teorema).

3) Idempotent Bellman operatori qisqartiruvchi bo‘lib, $I(X)$ da yagona qo‘zg‘almas o‘lchov mavjud – bu dinamik dasturlashdagi Bellman tenglamasining idempotent analogi (10-teorema, 3-natija).

Kelgusi tadqiqotlar uchun quyidagi masalalar ochiq qolmoqda:

a) lokal kompakt bo‘lmagan fazolarda $I(X)$ uchun Bellman teoremasi;

b) $I(X)$ da ergodik nazariya va Birkhoff ergodik teoremasi analogi;

c) ko‘p o‘lchamli idempotent Bellman tenglamalarining sonli yechimlari.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rahimov J.A., Yusupova N.Sh. Idempotent ehtimollik o‘lchov fazolarining geometrik xossalari // Matematika va tabiiy fanlar jurnali. 2025. T. 1. 1-12 betlar.

2. Akian M. Densities of idempotent measures and large deviations // Transactions of the American Mathematical Society. 1999. Vol. 351, No. 11. pp. 4515-4543.

3. Bazylevych L., Repovš D., Zarichnyi M. Spaces of idempotent measures of compact metric spaces // Topology and its Applications. 2010. Vol. 157, No. 1. pp. 136-144.

4. Bellman R. Dynamic Programming. Princeton: Princeton University Press, 1957. 340 p.

5. Beshimov R.B., Zhuraev R.M. On some properties of the functor of idempotent probability measures // Topology and its Applications. 2014. Vol. 179. pp. 147-156.

6. Fleming W.H., Soner H.M. Controlled Markov Processes and Viscosity Solutions. New York: Springer, 2006. 429 p.

7. Kolokoltsov V.N., Maslov V.P. Idempotent Analysis and Its Applications. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. 305 p.

8. Zaitov A.A., Ishmetov A.Ya. Homotopy properties of the space I_f(X) of idempotent probability measures // Mathematical Notes. 2019. Vol. 106, No. 3-4. pp. 562-571.

9. Zaitov A.A. On a metric of the space of idempotent probability measures // Applied General Topology. 2020. Vol. 21, No. 1. pp. 35-51.

10. Zarichnyi M.M. Idempotent probability measures, I // Algebra and Discrete Mathematics. 2006. No. 3. pp. 119-142.

11. Zarichnyi M.M. Spaces and maps of idempotent measures // Izvestiya: Mathematics. 2010. Vol. 74, No. 3. pp. 481-499.

12. Litvinov G.L. Maslov dequantization, idempotent and tropical mathematics // Journal of Mathematical Sciences. 2007. Vol. 140, No. 3. pp. 426-444.

13. Torunczyk H. Characterizing Hilbert space topology // Fundamenta Mathematicae. 1981. Vol. 111. pp. 247-262.

14. Manes E.G. Algebraic Theories. New York: Springer, 1976. 356 p.

INTELLEKTUAL IMKONIYATI CHEKLANGAN BOLALARNING KOGNITIV JARAYONLARINI RIVOJLANTIRISHDA VR (VIRTUAL BORLIQ) TEXNOLOGIYALARINING SAMARADORLIGI.

SHODMONOVA M.A.

FarDU talabasi, azimovna.sumayya@icloud.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada intellektual imkoniyati cheklangan bolalarning kognitiv jarayonlarini rivojlantirishda VR (Virtual borliq) texnologiyalarining samaradorligi tahlil qilinadi. VR asosidagi interaktiv ta'lim vositalarining diqqat, xotira, tafakkur va idrokni rivojlantirishdagi o'rni hamda individual yondashuv, o'quv motivatsiyasi va maxsus ta'lim samaradorligini oshirishdagi afzalliklari yoritiladi. Tadqiqot natijalari VR texnologiyalarining kognitiv faollikni kuchaytirish, bilimlarni o'zlashtirish va ijtimoiy moslashuvni qo'llab-quvvatlashda muhim innovatsion vosita ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: intellektual imkoniyati cheklangan bolalar, kognitiv jarayonlar, virtual borliq (VR), innovatsion ta'lim texnologiyalari, maxsus pedagogika, diqqat, xotira, tafakkur, idrok, interaktiv ta'lim, psixologik rivojlanish, individual yondashuv, raqamli texnologiyalar, maxsus ta'lim samaradorligi.

Zamonaviy ta'lim tizimida raqamli texnologiyalar, ayniqsa Virtual borliq (Virtual Reality – VR) vositalari alohida ehtiyojli bolalar ta'limida yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Intellektual imkoniyati cheklangan bolalar uchun an'anaviy ta'lim metodlari ko'pincha abstrakt tushunchalarni o'zlashtirishda murakkablik tug'diradi, chunki ular diqqatni jamlash, ma'lumotni uzoq muddatli xotirada saqlash, idrok etish va muammoli vaziyatlarni tahlil qilishda qiyinchiliklarga duch keladilar. VR texnologiyasi esa ko'rish, eshitish va harakat orqali ko'pkanalli o'qitish imkonini berib, bolaning faol ishtirokini ta'minlaydi.

Bugungi kunda UNESCO va UNICEF tomonidan inklyuziv ta'limni rivojlantirishda innovatsion texnologiyalarni qo'llash muhim yo'nalish sifatida e'tirof etilmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, multisensorli virtual muhitda o'qitish intellektual rivojlanishida nuqsoni bo'lgan bolalarda o'quv motivatsiyasini 30–40% gacha oshirishi mumkin.

Virtual borliq – bu foydalanuvchini sun’iy yaratilgan uch o‘lchamli muhitga kiritib, real hayotdagi jarayonlarni xavfsiz tarzda modellashtiruvchi texnologiyadir. Maxsus pedagogikada VR quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- Murakkab tushunchalarni vizual va amaliy shaklda o‘rgatish;
- Diqqat va xotirani mustahkamlovchi interaktiv mashqlar yaratish;
- Ijtimoiy vaziyatlarni simulyatsiya qilish orqali moslashuv ko‘nikmalarini rivojlantirish;
- Individual o‘quv trayektoriyasini shakllantirish.

Masalan, oddiy sinf sharoitida “do‘kondan xarid qilish”, “yo‘lni kesib o‘tish”, “transportdan foydalanish” kabi kundalik faoliyatlarni tushuntirish qiyin bo‘lsa, VR orqali bola ushbu jarayonlarni virtual tarzda qayta-qayta mashq qilishi mumkin.

Diqqat: VR muhitida yorqin vizual stimullar va interaktiv topshiriqlar bolalarning e’tiborini uzoqroq ushlab turadi. Tadqiqotlarga ko‘ra, VR asosidagi mashg‘ulotlarda ishtirok etgan bolalarda diqqatni jamlash ko‘rsatkichi an’anaviy metodlarga nisbatan sezilarli oshgan.

Xotira: Virtual tajriba orqali o‘rganilgan ma’lumotlar ko‘proq assotsiativ bog‘lanish hosil qiladi. Bu esa qisqa muddatli va uzoq muddatli xotirani faollashtiradi. Ayniqsa, predmetlarni tanish, ranglar, shakllar va ketma-ketlikni eslab qolishda samarali.

Tafakkur: VR bolalarga sabab-oqibat bog‘liqligini amaliy tajriba orqali tushunishga yordam beradi. Muammoli vaziyatli o‘yinlar mantiqiy fikrlash va qaror qabul qilish qobiliyatini rivojlantiradi.

Idrok: Ko‘rish, eshitish va kinestetik sezgilar birgalikda ishlatilgani sababli bola atrof-muhitni yaxshiroq qabul qiladi va tushunadi.

AQSh, Janubiy Koreya va Buyuk Britaniyada maxsus ta’lim muassasalarida VR dasturlari qo‘llanilganda quyidagi natijalar kuzatilgan:

- O‘quv motivatsiyasi oshgan;
- Vazifani bajarish davomiyligi uzaygan;
- Mustaqil qaror qabul qilish ko‘nikmasi yaxshilangan;

- Ijtimoiy moslashuv darajasi yuqorilagan.

Masalan, 2023-yilda o‘tkazilgan ayrim amaliy kuzatuvlarda VR asosidagi ijtimoiy ko‘nikma treninglari bolalarning kundalik hayotiy vaziyatlarga moslashuvini sezilarli yaxshilagani qayd etilgan.

Shu bilan birga, VR texnologiyalarini joriy etishda ayrim muammolar mavjud:

- Qurilmalar narxining yuqoriligi;
- Maxsus dasturlar yetishmasligi;
- Pedagoglarning texnologik tayyorgarligi;
- Ba’zi bolalarda sensor ortiqcha yuklanish ehtimoli.

Virtual borliq texnologiyalari intellektual imkoniyati cheklangan bolalarning kognitiv jarayonlarini rivojlantirishda innovatsion va yuqori samarali vosita sifatida namoyon bo‘lmoqda. U diqqat, xotira, tafakkur va idrokni rivojlantirish bilan birga, bolalarning ijtimoiy hayotga moslashuvini ham kuchaytiradi. Eng muhimi, VR ta’limni qiziqarli, tushunarli va individual ehtiyojlarga mos shaklga keltiradi. Kelajakda maxsus pedagogika tizimiga VR texnologiyalarini keng joriy etish nafaqat ta’lim sifati, balki alohida ehtiyojli bolalarning jamiyatdagi o‘rnini mustahkamlashga ham xizmat qiladi. Shu sababli VR texnologiyasi maxsus ta’limning strategik rivojlanish yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralishi lozim

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Po‘latova P.M. *Maxsus pedagogika*. – Toshkent: O‘qituvchi, 2020.
2. Ayupova M.Y. *Logopediya va maxsus metodika asoslari*. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019.
3. Nurkeldiyeva D.A. *Alohida yordamga muhtoj bolalar psixologiyasi*. – Toshkent: TDPU nashriyoti, 2021.
4. Xamidov X.M. *Inklyuziv ta’lim nazariyasi va amaliyoti*. – Toshkent: Ziyo nashr, 2022.
5. Shoumarov G‘.B. *Maxsus pedagogika va reabilitatsiya masalalari*. – Toshkent: Fan, 2018.