ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

5G TARMOQLARIDA RADIORESURSLARNI BOSHQARISH ALGORITMLARINI MODELLASHTIRISH VA TAHLIL QILISH

A. O.Islomov
"Telekommunikatsiya muhandisligi" kafedrasi assistenti
E-mail: welcomeielts2022@gmail.com
K.A. Sobirova
"Telekommunikatsiya muhandisligi" kafedrasi assistenti
E-mail:abduvohidjonqizi@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada 5G NR mobil aloqa tarmoqlarida radioresurslarni boshqarish (RRM) algoritmlarining samaradorligi tadqiq etilgan. Round Robin, Proportional Fair, Best CQI va Maximum C/I algoritmlari Flutter platformasi asosida yaratilgan mobil ilova yordamida tahlil qilindi. Algoritmlar throughput, spektral samaradorlik va adolatlilik ko'rsatkichlari bo'yicha baholandi. Natijalar Proportional Fair algoritmi tizim unumdorligi va resurslarni adolatli taqsimlash bo'yicha eng maqbul yechim ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: 5G NR, radioresurslarni boshqarish, RRM algoritmlari, Proportional Fair, Flutter, mobil ilova.

Abstract. This paper investigates the performance of Radio Resource Management (RRM) algorithms in 5G NR networks. Round Robin, Proportional Fair, Best CQI, and Maximum C/I algorithms were evaluated using a Flutter-based mobile application. The algorithms were compared in terms of throughput, spectral efficiency, and fairness. The results show that the Proportional Fair algorithm provides the best balance between system performance and fair resource allocation.

Keywords: 5G NR, Radio Resource Management, RRM algorithms, Proportional Fair, Flutter, mobile application.

Аннотация. В статье исследована эффективность алгоритмов управления радиоресурсами (RRM) в сетях 5G NR. Алгоритмы Round Robin, Proportional Fair, Best CQI и Maximum C/I были проанализированы с использованием мобильного приложения, разработанного на платформе Flutter. Оценка проводилась по показателям пропускной способности, спектральной эффективности и справедливости распределения ресурсов. Результаты показали, что алгоритм Proportional Fair обеспечивает наилучший баланс между производительностью сети и справедливым распределением ресурсов.

Ключевые слова: 5G NR, управление радиоресурсами, алгоритмы RRM, Proportional Fair, Flutter, мобильное приложение.

KIRISH.

So‘nggi yillarda beshinchi avlod mobil aloqa tizimlari (5G New Radio – 5G NR) telekommunikatsiya sohasining eng muhim rivojlanish yo‘nalishlaridan biriga aylandi. 5G texnologiyasi yuqori ma’lumot uzatish tezligi, ultra past kechikish, katta hajmdagi qurilmalarni bir vaqtning o‘zida ulash va xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish kabi afzalliklari bilan ajralib turadi. Xalqaro Telekommunikatsiyalar Ittifoqi (ITU) prognozlariga ko‘ra, kelgusi yillarda mobil trafik hajmi bir necha barobarga ortishi kutilmoqda, bu esa radiochastota spektridan samarali foydalanish zaruratini yanada kuchaytiradi [1,2]. 5G NR tarmoqlarining asosiy xususiyatlaridan biri mavjud radioresurslarni foydalanuvchilar o‘rtasida optimal taqsimlash imkoniyatidir. Ushbu jarayon radioresurslarni boshqarish (Radio Resource Management – RRM) mexanizmlari orqali amalga oshiriladi. RRM algoritmlari tarmoqning umumiy unumdorligi, spektral samaradorligi, xizmat sifati (QoS) va foydalanuvchilar o‘rtasidagi adolatlilik ko‘rsatkichlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli zamonaviy mobil aloqa tarmoqlarida radioresurslarni samarali boshqarish ilmiy tadqiqotlarning dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi [3,4].

Bugungi kunda radioresurslarni boshqarish algoritmlarini baholash bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar MATLAB, NS-3 va OPNET simulyatorlari yordamida amalga oshirilgan. Biroq mobil platformalarda ishlovchi, natijalarni tezkor vizuallashtirish imkoniyatiga ega dasturiy vositalar soni cheklangan. Shu sababli 5G NR tarmoqlarida qo‘llaniladigan RRM algoritmlarini mobil ilova yordamida modellashtirish va ularning samaradorligini baholash ilmiy va amaliy jihatdan muhim masala hisoblanadi. Mazkur maqolaning maqsadi 5G NR tarmoqlarida qo‘llaniladigan Round Robin, Proportional Fair, Best CQI va Maximum C/I radioresurslarni boshqarish algoritmlarining samaradorligini tahlil qilish hamda Flutter platformasi asosida ishlab chiqilgan mobil ilova yordamida ularni baholashdan iborat. Tadqiqot natijalari kelajakdagi mobil aloqa tarmoqlarini loyihalash va optimallashtirish jarayonlarida samarali radioresurslarni boshqarish strategiyalarini tanlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili. Mobil aloqa tizimlarining rivojlanishi bilan radioresurslarni samarali boshqarish masalasi telekommunikatsiya sohasidagi eng muhim ilmiy yo‘nalishlardan biriga aylandi. Ayniqsa, 5G NR texnologiyalarining joriy etilishi yuqori tezlikdagi ma’lumot uzatish, minimal kechikish va ommaviy qurilmalar ulanishini ta’minlash uchun radioresurslarni optimal taqsimlash algoritmlarini ishlab chiqishni talab etmoqda. Shu sababli radioresurslarni boshqarish (Radio Resource Management – RRM) va rejalashtirish algoritmlarining samaradorligini baholash bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan. E. Dahlman, S. Parkvall va J. Skold tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda 5G NR texnologiyasining asosiy afzalliklari va radio interfeys

ISSN 3030-3907

imkoniyatlari batafsil tahlil qilingan [5,6]. Mualliflarning ta'kidlashicha, 5G tarmoqlarining samaradorligi ko‘p jihatdan radioresurslarni dinamik boshqarish mexanizmlariga bog‘liq bo‘lib, resurslarni optimal taqsimlash tizimning umumiy unumdorligini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqotda OFDMA texnologiyasi asosida foydalanuvchilar o‘rtasida resurs bloklarini taqsimlashning zamonaviy usullari ko‘rib chiqilgan. J.G. Andrews va hammualliflar tomonidan e'lon qilingan ilmiy ishlarda 5G tarmoqlarining asosiy texnologik imkoniyatlari va radioresurslarni boshqarishning istiqbolli yo‘nalishlari o‘rganilgan [7,8]. Mualliflar radioresurslarni samarali taqsimlash xizmat sifati (QoS) ko‘rsatkichlarini yaxshilashda muhim omil ekanligini ta'kidlaydilar. Ularning fikricha, foydalanuvchilar sonining ortishi sharoitida rejalashtirish algoritmlarining to‘g‘ri tanlanishi tarmoqning o‘tkazuvchanlik qobiliyati va spektral samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Proportional Fair algoritmi bo‘yicha tadqiqotlar ko‘plab ilmiy ishlarda keng yoritilgan. R. Jain va hammualliflar resurslarni taqsimlash jarayonida adolatlilik darajasini baholash uchun maxsus indeks taklif qilganlar [9,10]. Ushbu ko‘rsatkich keyinchalik PF algoritmining samaradorligini baholashda keng qo‘llanila boshlandi. Mualliflarning fikricha, tizim unumdorligi va foydalanuvchilar manfaatlari o‘rtasida muvozanatni saqlash zamonaviy mobil tarmoqlar uchun muhim talab hisoblanadi. Ali M., Saeed N. va Alouini M.S. tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlarda 5G tarmoqlarida resurslarni taqsimlashning zamonaviy usullari tahlil qilingan [11]. Mualliflar radioresurslarni boshqarish algoritmlarini spektral samaradorlik, energiya tejamkorligi va xizmat sifati ko‘rsatkichlari bo‘yicha baholaganlar. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, PF algoritmi amaliy tarmoqlarda eng ko‘p qo‘llaniladigan va samarali algoritmlardan biri hisoblanadi.

Songgi yillarda radioresurslarni boshqarish algoritmlarini modellashtirish va baholash uchun MATLAB, NS-3, OMNeT++ hamda OPNET kabi dasturiy muhitlardan keng foydalanilmoqda [6]. Biroq ushbu platformalar asosan kompyuter muhiti uchun mo‘ljallangan bo‘lib, mobil qurilmalar orqali tezkor tahlil qilish imkoniyatlari cheklangan. Shu sababli Flutter, React Native va boshqa zamonaviy platformalar asosida mobil ilovalar yaratish bo‘yicha tadqiqotlar soni ortib bormoqda.

Sobirova Kamola tomonidan ishlab chiqilgan Flutter platformasi ko‘p platformali mobil ilovalarni yaratishda yuqori samaradorlikka ega vosita sifatida e'tirof etilgan [12]. Ushbu texnologiya yordamida ishlab chiqilgan dasturiy vositalar real vaqt rejimida hisob-kitoblarni bajarish, natijalarni vizuallashtirish va foydalanuvchi bilan qulay interfeys orqali ishlash imkonini beradi. Shu

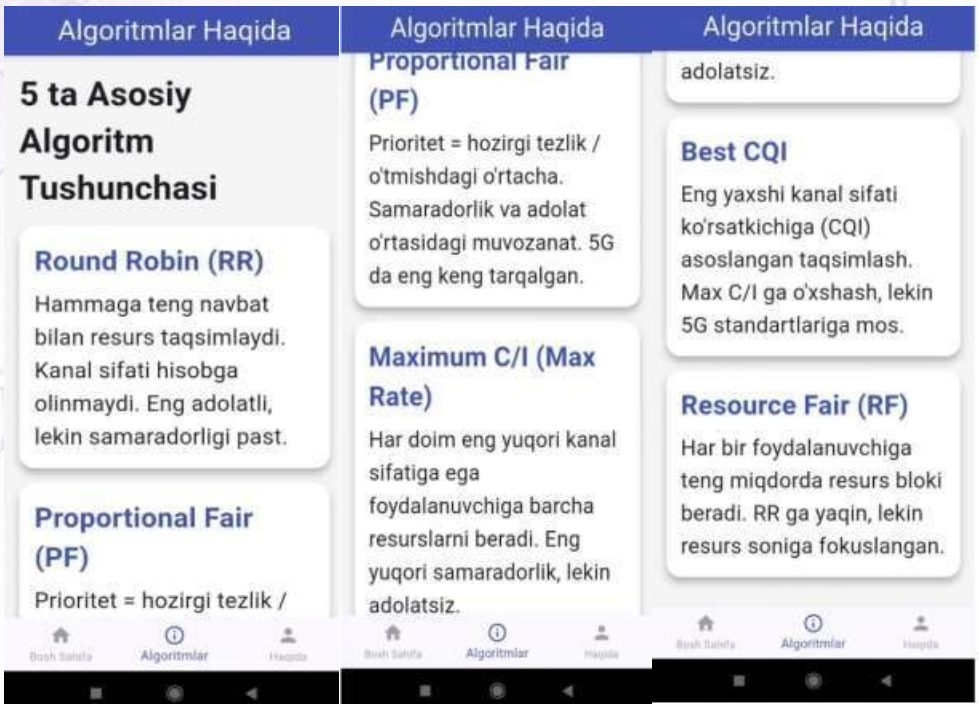
ISSN 3030-3907

jihatdan Flutter asosidagi mobil ilovalar telekommunikatsiya tizimlarini modellashtirish va baholash uchun istiqbolli vosita hisoblanadi.

Tahlil qilingan ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, radioresurslarni boshqarish algoritmlarining samaradorligini baholash bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar amalga oshirilgan bo‘lsa-da, ularni mobil ilovalar asosida modellashtirish va natijalarni interaktiv tarzda taqdim etish masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan. Mazkur tadqiqot aynan shu yo‘nalishda olib borilib, 5G NR tarmoqlarida qo‘llaniladigan asosiy RRM algoritmlarini Flutter platformasi asosidagi mobil ilova yordamida baholashga qaratilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqotda 5G NR mobil aloqa tarmoqlarida radioresurslarni boshqarish algoritmlarining samaradorligini baholash uchun modellashtirish va qiyosiy tahlil usullaridan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi turli rejalashtirish algoritmlarining tarmoq unumdorligi, spektral samaradorligi va foydalanuvchilar o‘rtasidagi resurslarni taqsimlash adolatliligiga ta’sirini aniqlashdan iborat. Tadqiqot jarayonida 5G NR tarmog‘ining soddalashtirilgan modeli ishlab chiqildi hamda unda eng keng tarqalgan radioresurslarni boshqarish algoritmlari – Round Robin (RR), Proportional Fair (PF), Best Channel Quality Indicator (Best CQI) va Maximum Carrier-to-Interference (Max C/I) algoritmlarining ishlash prinsiplari modellashtirildi. Ushbu algoritmlar tanlanishiga sabab ularning zamonaviy mobil aloqa tizimlarida keng qo‘llanilishi va ilmiy adabiyotlarda samarali rejalashtirish usullari sifatida e’tirof etilishidir. Tadqiqotning dasturiy qismi Flutter platformasi asosida ishlab chiqilgan mobil ilova yordamida amalga oshirildi. Flutter texnologiyasi kross-platformali dasturlar yaratish imkoniyatiga ega bo‘lib, foydalanuvchi interfeysini yaratish, hisoblash jarayonlarini bajarish va natijalarni vizual ko‘rinishda aks ettirish uchun qulay vosita hisoblanadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Tadqiqotda qo‘llanilgan algoritmlarning nazariy tavsiflari moduli.

Ishlab chiqilgan mobil ilovada foydalanuvchilar soni, kanal sifati ko‘rsatkichlari va radioresurslar hajmini kiritish imkoniyati yaratildi. Kiritilgan parametrlar asosida algoritmlarning ishlash natijalari avtomatik ravishda hisoblandi va grafik hamda jadval ko‘rinishida taqdim etildi.



2-rasm. Modellashtirish parametrlarini kiritish va algoritmlarni faollashtirish oynasi.

Simulyatsiya jarayonida tarmoqda 6 ta foydalanuvchi mavjud deb qabul qilindi. Har bir foydalanuvchi uchun kanal sifati (CQI) qiymatlari va ma’lumot uzatish tezliklari tasodifiy hamda real sharoitlarga yaqin parametrlar asosida shakllantirildi. Tarmoqning umumiy resurs bloklari (Resource Blocks – RB)

ISSN 3030-3907

algoritmlar talablariga muvofiq foydalanuvchilar o‘rtasida taqsimlandi. Har bir algoritm uchun simulyatsiya bir necha marotaba takrorlanib, o‘rtacha natijalar hisoblab chiqildi. Algoritmlar samaradorligini baholash uchun quyidagi asosiy mezonlardan foydalanildi.

- tizimning umumiy o‘tkazuvchanlik qobiliyati (System Throughput);
- spektral samaradorlik (Spectral Efficiency);
- resurslarni taqsimlash adolatliligi (Fairness Index);
- foydalanuvchilarga xizmat ko‘rsatish sifati (QoS).

Adolatlilik darajasini aniqlash uchun Jain Fairness Index ko‘rsatkichidan foydalanildi. Ushbu indeks foydalanuvchilar o‘rtasida resurslarning qanchalik teng taqsimlanganligini baholash imkonini beradi va quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$J = \frac{\left(\sum_{i=1}^{N} R_i\right)^2}{N \sum_{i=1}^{N} R_i^2} \qquad (1)$$

bu yerda:

(R_i) – i-foydalanuvchining ma’lumot uzatish tezligi;

(N) – foydalanuvchilar soni.

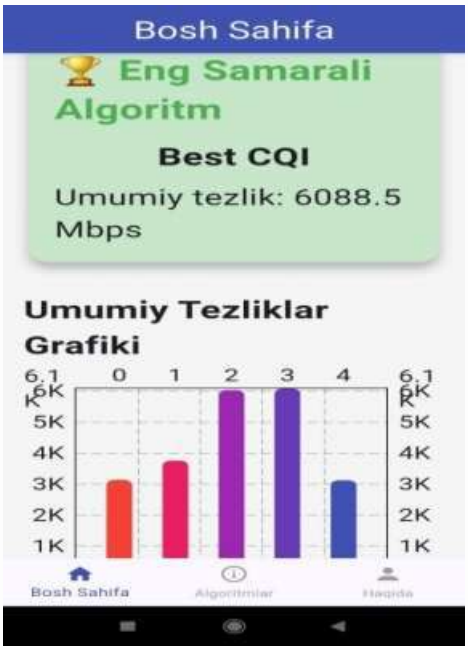
Tadqiqot natijalari statistik qayta ishlash usullari yordamida tahlil qilindi. Har bir algoritm uchun throughput, fairness va spektral samaradorlik ko‘rsatkichlari hisoblanib, o‘zaro taqqoslandi. Olingan natijalar asosida 5G NR tarmoqlarida radioresurslarni boshqarishning eng samarali usullari aniqlandi hamda ishlab chiqilgan mobil ilovaning amaliy qo‘llash imkoniyatlari baholandi. Taklif etilgan metodologiya radioresurslarni boshqarish algoritmlarini tezkor tahlil qilish, ularning afzallik va kamchiliklarini aniqlash hamda kelgusida sun’iy intellekt asosidagi adaptiv rejalashtirish usullarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos yaratadi.

Mobil ilova arxitekturasi va algoritmlar tavsifi. 5G NR tarmoqlarida radioresurslarni boshqarish algoritmlarining samaradorligini baholash maqsadida Flutter platformasi asosida mobil ilova ishlab chiqildi. Ilovaning asosiy vazifasi radioresurslarni taqsimlash algoritmlarini modellashtirish, ularning ishlash natijalarini hisoblash hamda olingan ko‘rsatkichlarni foydalanuvchiga qulay shaklda taqdim etishdan iborat.

ISSN 3030-3907



4-rasm. a) Round Robin va PF algoritmlari natijalari. b) Maximum C/I va Best CQI tahlili.



3.5-rasm. Ilovadagi "Eng samarali algoritm" xulosasi va qiyosiy grafik ko‘rinishi

Mobil ilova arxitekturasi. Ishlab chiqilgan mobil ilova ko‘p qatlamli arxitektura asosida loyihalashtirildi. Arxitektura uchta asosiy qismdan tashkil topgan:

Foydalanuvchi interfeysi (User Interface – UI);

Hisoblash va modellashtirish moduli;

Natijalarni tahlil qilish va vizualizatsiya moduli.

Foydalanuvchi interfeysi qismida foydalanuvchi simulyatsiya parametrlarini kiritadi. Jumladan, tarmoqdagi abonentlar soni, kanal sifati ko‘rsatkichlari (CQI), resurs bloklari soni va algoritm turi tanlanadi. Flutter

ISSN 3030-3907

platformasining zamonaviy vidjetlaridan foydalanish natijasida intuitiv va qulay interfeys yaratildi. Hisoblash moduli radioresurslarni taqsimlash algoritmlarining matematik modellarini amalga oshiradi. Ushbu modul foydalanuvchi tomonidan kiritilgan parametrlar asosida har bir algoritm uchun resurslarni taqsimlaydi hamda throughput, fairness va spektral samaradorlik ko‘rsatkichlarini hisoblaydi. Vizualizatsiya moduli hisoblangan natijalarni grafik va jadval ko‘rinishida aks ettiradi. Bu foydalanuvchiga turli algoritmlarning ishlash samaradorligini tezkor taqqoslash imkonini beradi. Natijalar ustunli diagrammalar, chiziqli grafiklar va statistik ko‘rsatkichlar ko‘rinishida taqdim etiladi.

Mobil ilovaning umumiy ishlash ketma-ketligi quyidagi bosqichlardan iborat:

- foydalanuvchi parametrlarni kiritadi;
- algoritm tanlanadi;
- hisoblash moduli simulyatsiyani amalga oshiradi;
- natijalar qayta ishlanadi;
- grafik va jadval ko‘rinishida ekranga chiqariladi.

Mazkur arxitektura tizimni kelgusida yangi algoritmlar bilan kengaytirish imkonini beradi.

Radioresurslarni boshqarish algoritmlari. Tadqiqotda 5G NR tarmoqlarida keng qo‘llaniladigan to‘rtta rejalashtirish algoritmi tahlil qilindi. Round Robin algoritmi- Round Robin (RR) algoritmi radioresurslarni foydalanuvchilar o‘rtasida navbatma-navbat taqsimlash tamoyiliga asoslanadi. Algoritm kanal holatiga e’tibor bermaydi va barcha foydalanuvchilarga teng imkoniyat yaratadi. Ushbu yondashuv resurslarni adolatli taqsimlashni ta’minlaydi, biroq tarmoqning umumiy o‘tkazuvchanlik qobiliyati yuqori bo‘lmasligi mumkin. RR algoritmining afzalligi uning soddaligi va hisoblash murakkabligining pastligidadir. Shu sababli u real vaqt tizimlarida keng qo‘llaniladi. Proportional Fair algoritmi- Proportional Fair (PF) algoritmi zamonaviy mobil aloqa tizimlarida eng ko‘p qo‘llaniladigan rejalashtirish usullaridan biri hisoblanadi. Ushbu algoritm foydalanuvchining joriy kanal sifati va avvalgi xizmat ko‘rsatish darajasini birgalikda hisobga oladi. PF algoritmi resurslarni quyidagi ustuvorlik mezoni asosida taqsimlaydi:

$$P_i(t) = \frac{R_{inst}(i,t)}{R_{avg}(i,t)} \quad (2)$$

$R_{inst}(i,t)$– i -foydalanuvchining t vaqt lahzasidagi lahzali (instantaneous) o‘tkazuvchanlik qobiliyati; $R_{avg}(i,t)$ foydalanuvchining o‘tmishdagi o‘rtacha tezligi. Mazkur algoritm throughput va fairness o‘rtasidagi optimal muvozanatni ta’minlaydi.

ISSN 3030-3907

Best CQI (Best Channel Quality Indicator) algoritmi radioresurslarni eng yaxshi kanal sifatiga ega foydalanuvchilarga ajratadi. Bunda tarmoq maksimal o‘tkazuvchanlikka erishadi, chunki resurslar faqat yuqori sifatli kanalga ega abonentlarga beriladi. Ushbu algoritmning asosiy afzalligi spektral samaradorlikning yuqori bo‘lishidir. Biroq kanal sifati past foydalanuvchilar resurslardan kam foydalanishi sababli adolatlilik darajasi pasayadi.

Maximum Carrier-to-Interference (Max C/I) algoritmi signal va shovqin nisbati eng yuqori bo‘lgan foydalanuvchini tanlaydi. Ushbu algoritm Best CQI algoritmiga o‘xshash bo‘lib, maksimal throughputni ta’minlashga qaratilgan. Mazkur yondashuv yuqori tarmoq unumdorligini ta’minlaydi, ammo foydalanuvchilar o‘rtasida resurslar notekis taqsimlanishi mumkin.

Taklif etilgan mobil ilova arxitekturasi radioresurslarni boshqarish algoritmlarini real vaqt rejimida tahlil qilish imkonini beradi. Flutter platformasidan foydalanish natijasida tizim Android va iOS qurilmalarida bir xil samaradorlik bilan ishlaydi. Bundan tashqari, yangi algoritmlarni qo‘shish, sun’iy intellekt modullarini integratsiya qilish va natijalarni bulutli serverlarda saqlash imkoniyatlari mavjud. Ishlab chiqilgan mobil ilova 5G NR tarmoqlarida radioresurslarni boshqarish algoritmlarining samaradorligini baholash va taqqoslash uchun qulay hamda samarali dasturiy vosita hisoblanadi.

1-Jadval

An’anaviy usullar va mobil ilova orqali loyihalashning qiyosiy ko‘rsatkichlari.

Taqqoslash mezoni	An’anaviy (MATLAB/NS-3)	Taklif etilayotgan (Mobil Ilova)
Sarflanadigan vaqt	Bir necha kun/hafta	Sekundlar/Daqiqalar
Litsenziya xarajatlari	Yuqori (Qimmatbaho)	Minimal (Ochiq kodli)
Mutaxassis malakasi	Yuqori darajadagi dasturchi	Tarmoq muhandisi / Texnik
Mobillik	Faqat laboratoriya/ofis	Dala sharoiti (Field tests)

XULOSA. Mazkur tadqiqotda 5G NR mobil aloqa tarmoqlarida radioresurslarni boshqarish algoritmlarining samaradorligini baholash masalalari o‘rganildi hamda ularni tahlil qilish uchun Flutter platformasi asosida mobil ilova ishlab chiqildi. Tadqiqot davomida Round Robin (RR), Proportional Fair (PF), Best CQI va Maximum Carrier-to-Interference (Max C/I) algoritmlarining ishlash prinsiplari modellashtirildi va ularning asosiy texnik ko‘rsatkichlari o‘zaro taqqoslandi. O‘tkazilgan tahlillar natijasida radioresurslarni taqsimlash algoritmlarining tarmoq samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Round Robin algoritmi foydalanuvchilar o‘rtasida resurslarni nisbatan adolatli

ISSN 3030-3907

taqsimlash imkonini bersa-da, tizimning umumiy o‘tkazuvchanlik qobiliyati boshqa algoritmlarga nisbatan pastroq ekanligi kuzatildi. Best CQI va Max C/I algoritmlari esa maksimal throughput va yuqori spektral samaradorlikni ta’minlashi bilan ajralib turdi, biroq resurslarning ayrim foydalanuvchilar foydasiga notekis taqsimlanishiga sabab bo‘ldi. Tadqiqot natijalari Proportional Fair algoritmi throughput va fairness ko‘rsatkichlari o‘rtasida optimal muvozanatni ta’minlashini ko‘rsatdi. Mazkur algoritm nafaqat tarmoq unumdorligini yuqori darajada saqlab qoladi, balki foydalanuvchilar o‘rtasida radioresurslarni adolatli taqsimlash imkonini ham beradi. Shu sababli u amaliy 5G NR tarmoqlarida qo‘llash uchun eng maqbul algoritmlardan biri sifatida baholandi. Ishlab chiqilgan mobil ilova radioresurslarni boshqarish algoritmlarining ishlashini real vaqt rejimiga yaqin sharoitlarda modellashtirish, ularning samaradorligini baholash va natijalarni vizual ko‘rinishda aks ettirish imkonini berdi. Ilovaning Flutter platformasida yaratilgani uning Android va iOS operatsion tizimlarida ishlashini ta’minlaydi hamda kelgusida funksional imkoniyatlarini kengaytirish uchun qulay dasturiy asos yaratadi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi 5G NR tarmoqlarida qo‘llaniladigan asosiy radioresurslarni boshqarish algoritmlarini mobil ilova yordamida baholash metodikasining taklif etilganligi bilan izohlanadi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati esa mobil operatorlar, telekommunikatsiya muhandislari va ilmiy tadqiqotchilar uchun radioresurslarni boshqarish strategiyalarini tanlash hamda tarmoq parametrlarini optimallashtirishda foydalanish imkoniyatini yaratishidadir. Kelgusidagi tadqiqotlarda sun’iy intellekt va mashinaviy o‘qitish texnologiyalariga asoslangan adaptiv radioresurslarni boshqarish algoritmlarini ishlab chiqish, shuningdek, mobil ilovani bulutli hisoblash texnologiyalari bilan integratsiyalash orqali katta hajmdagi tarmoq ma’lumotlarini real vaqt rejimida tahlil qilish masalalarini o‘rganish rejalashtirilmoqda. Bu esa 5G va istiqboldagi 6G mobil aloqa tarmoqlarining samaradorligini yanada oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. IMT Vision – Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond*[1] ITU-R M.2083-0,* , Geneva, 2015.
2. Ali M., Saeed N., Alouini M.S. *Resource Allocation in 5G Networks: A Survey*. IEEE Access, 2022.
3. Dahlman E., Parkvall S., Skold J. *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology*. Academic Press, 2020.
4. Andrews J.G., Buzzi S., Choi W. et al. *What Will 5G Be?* IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2019.
5. Holma H., Toskala A. *5G Technology: 3GPP New Radio*. Wiley, 2020.

ISSN 3030-3907

6. Dahlman E., Parkvall S., Skold J. *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology*. Academic Press, 2020.
7. Andrews J.G., Buzzi S., Choi W. et al. *What Will 5G Be?* IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2019.
8. Holma H., Toskala A. *5G Technology: 3GPP New Radio*. Wiley, 2020.
9. Jain R., Chiu D., Hawe W. *A Quantitative Measure of Fairness and Discrimination for Resource Allocation in Shared Systems*. DEC Research Report, 1984.
10. Ali M., Saeed N., Alouini M.S. *Resource Allocation in 5G Networks: A Survey*. IEEE Access, 2022.
11. Sesia S., Toufik I., Baker M. *LTE – The UMTS Long Term Evolution*. Wiley, 2019.
12. Google Developers. Flutter Documentation and Software Development Kit. 2025.
13. Obitjon o‘g‘li, I. A., & Iqboljon o’g’li, B. M. (2026). SIGNALLAR VA TIZIMLARNING ZAMONAVIY ALOQA TIZIMLARIDAGI AHAMIYATI. *EDUCATION AND SCIENCE YESTERDAY AND TODAY*
14. islomov, A., & Botiraliyev, F. (2026). NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access) — Multiplekslashning kelajagimi?. *Research and Implementation*, *2*(5/2), 61–68.

ISSN 3030-3907