RADIOELEKTRONIKA VA RADIOLOQANING RIVOJLANISHI, HOZIRGI HOLATI VA MUAMMOLARI

Abdullayev Abdubakir
Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
E-mail: abdullayev@tuit.uz
Teshaboyev Xo‘jamiyor
Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
E-mail: teshaboyev@tuit.uz

Annotatsiya. Mazkur maqolada radioelektronika va radioaloqa sohalarining tarixiy rivojlanishi, hozirgi holati va dolzarb muammolari tahlil qilinadi. Hozirgi davrda radioaloqa tarmoqlarining jahon bo‘yicha kengayishi, ayniqsa 5G texnologiyasi, sun’iy yo‘ldosh tizimlari va IoT qurilmalarining ahamiyati yoritilgan. O‘zbekiston misolida radioaloqa infratuzilmasining rivojlanish tendensiyalari tahlil qilinib, kadrlar yetishmovchiligi, importga qaramlik va elektromagnit ifloslanish kabi muammolarga e’tibor qaratilgan. Shuningdek, xorijiy tajribalar bilan solishtirma tahlil olib borilib, rivojlanish yo‘llari taklif qilingan. Tadqiqot natijalari asosida radioelektronika sohasini mahalliylashtirish, kadrlar tayyorlashni kuchaytirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha xulosalar berilgan.

Kalit so‘zlar: radioelektronika, radioaloqa, 5G, texnologik rivojlanish, radiochastota regulyatori.

Аннотация. В статье анализируется историческое развитие, современное состояние и актуальные проблемы областей радиоэлектроники и радиосвязи. Подчеркивается текущее глобальное расширение сетей радиосвязи, особенно важность технологии 5G, спутниковых систем и устройств Интернета вещей. На примере Узбекистана анализируются тенденции развития инфраструктуры радиосвязи, особое внимание уделяется таким проблемам, как нехватка кадров, импортозависимость и электромагнитное загрязнение. Также был проведен сравнительный анализ с зарубежным опытом и предложены пути развития. По результатам исследования сделаны выводы по локализации радиоэлектронной промышленности, усилению подготовки кадров, обеспечению экологической безопасности.

Ключевые слова: радиоэлектроника, радиосвязь, 5G, технологическое развитие, регулятор радиочастот.

Abstract. The article analyzes the historical development, current state and current problems of the fields of radio electronics and radio communications. The current

ISSN 3030-3907

global expansion of radio networks is emphasized, especially the importance of 5G technology, satellite systems and Internet of Things devices. Using the example of Uzbekistan, the trends in the development of radio communication infrastructure are analyzed, special attention is paid to such problems as personnel shortage, import dependence and electromagnetic pollution. A comparative analysis with foreign experience was also carried out and development paths were proposed. Based on the results of the study, conclusions were made on the localization of the radio electronic industry, strengthening personnel training, ensuring environmental safety.

Keywords: radio electronics, radio communications, 5G, technological development, radio frequency regulator.

1. Kirish

Radioelektronika va radioaloqa texnologiyalari XIX-asr oxirida Jeyms Klerk Maksvellning elektromagnit to‘lqinlar nazariyasiga asos solishi bilan shakllana boshlagan. Keyinchalik, Guglielmo Markoni tomonidan 1895-yilda ilk radioaloqa signali uzatilgani bilan ushbu sohaning amaliy taraqqiyoti boshlandi [1]. XX asr davomida bu texnologiyalar harbiy, sanoat va tibbiy sohalarda keng qo‘llanila boshladi. Xususan, Ikkinchi jahon urushi davrida radioelektronika harbiy strategik texnologiya sifatida jadallik bilan rivojlandi. Urushdan keyin esa ushbu sohaning tinch maqsadlar uchun, xususan tibbiyot va aloqa tizimlarida keng joriy etilishi kuzatildi [4]. Masalan, 1960-yillardan boshlab radiochastotali terapiya, magnit-rezonans tomografiya (MRT) kabi tibbiy uskunalar paydo bo‘ldi [3].

So‘nggi o‘n yilliklarda, ayniqsa 2020-yildan so‘ng, sun’iy intellekt (AI), 5G, IoT (Internet of Things) va kvant elektronika kabi texnologiyalar radioelektronika va radioaloqa sohalarini yangi bosqichga olib chiqdi. Masalan, radiologiya sohasida AI texnologiyasi yordamida tasvirlarni avtomatik tahlil qilish imkoniyatlari kengaydi, bu esa tashxis qo‘yishdagi aniqlik va tezlikni oshirdi [2]. Shuningdek, kvant radioaloqa texnologiyalari xavfsiz va yuqori tezlikdagi uzatmalarni ta’minlashda muhim burilish yasamoqda [4].

O‘zbekiston kontekstida esa, mustaqillikdan so‘ng radioaloqa sohasida bir qator yutuqlarga erishildi. Xususan, mobil aloqa infratuzilmasining kengayishi, raqamli efirga uzatish tizimining joriy qilinishi va raqamli tibbiy uskunalarning importi, ushbu texnologiyalarni amaliyotga keng tatbiq etish imkonini berdi [5; 7].

2. METODLAR

So‘nggi yillarda radioelektronika va radioaloqa sohalarida texnologik yutuqlar global miqyosda jadal sur’atlar bilan rivojlanayotgan bo‘lsa-da, O‘zbekiston va butun Markaziy Osiyo mintaqasida ushbu yo‘nalishlarda bir qator

ISSN 3030-3907

muammolar mavjud. Bu muammolar, asosan, quyidagi asosiy to‘siqlarda namoyon bo‘ladi:

1. Kadrlar salohiyatining cheklanganligi.
2. Texnologik infratuzilmaning eskirganligi.
3. Moliyaviy cheklovlar.
4. Mahalliy ishlab chiqarishning sustligi.
5. Ilmiy tadqiqotlar va innovatsion loyihalarning kamligi.
6. Huquqiy-me’yoriy bazaning yetarlicha rivojlanmaganligi.

Yuqorida ko‘rsatilgan to‘siqlarni bartaraf etish uchun ilmiy salohiyatni oshirish, xalqaro hamkorlikni kuchaytirish, davlat–xususiy sheriklik asosida texnologiyalarni joriy qilish hamda huquqiy infratuzilmani takomillashtirish zarur

Radioelektronika va radioaloqa sohalarining bugungi rivojlanish darajasini chuqur tahlil qilish uchun bir nechta ilmiy va statistik yondashuvlardan foydalanildi. Bu yondashuvlar quyidagicha guruhlanadi:

1. Ilmiy adabiyotlar tahlili (bibliometrik usul). Soha taraqqiyotini baholashda birinchi navbatda Scopus va Web of Science kabi xalqaro ilmiy bazalardagi maqolalar tahlil qilindi. Bu bibliometrik tahlil orqali quyidagilar aniqlanadi: Soha bo‘yicha eng ko‘p e’tibor qaratilgan yo‘nalishlar (masalan, sun’iy intellektli radio tizimlar, radiologik tasvir tahlili va boshqalar); Nufuzli jurnallarda chop etilgan maqolalar soni va ulardagi iqtiboslar ko‘rsatkichi (impact factor); Mintaqaviy tadqiqotchilarning ilmiy faolligi. Masalan, tahlillarda 2020–2022-yillar oralig‘ida radioelektronika yo‘nalishidagi maqolalar soni keskin oshgani ko‘rsatilgan [1].

2. Mahalliy statistik ma’lumotlar tahlili. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi, Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarini rivojlantirish vazirligi va Statistika agentligi tomonidan e’lon qilinadigan ochiq ma’lumotlar bazasidan foydalanildi. Ular quyidagilarni baholashda asos bo‘ldi: Tibbiy va texnologik uskunalarning soni va ulardan foydalanish darajasi; Aloqa infratuzilmasining qamrovi (masalan, bazaviy stansiyalar soni, 4G/5G qamrovi); Soha bo‘yicha investitsiyalar hajmi va kadrlar ta’minoti. Bu ma’lumotlar sohaning real, amaliy holatini aks ettirishda muhim rol o‘ynaydi [5; 6].

3. Metodik yondashuvlar. Tahlilda quyidagi metodik yondashuvlardan foydalanildi: Texnologik yondashuv – mavjud texnologiyalar darajasi, ularning joriy etilganlik darajasi va samaradorligi o‘rganildi; Tarixiy yondashuv – radioaloqa va radioelektronikaning mintaqada qanday bosqichlardan o‘tgani va rivojlanish tendensiyalari baholandi [6]; Qiyosiy yondashuv – O‘zbekiston va boshqa Markaziy Osiyo davlatlari, shuningdek rivojlangan davlatlar bilan taqqoslash asosida texnologik tafovutlar aniqlab chiqildi [4].

ISSN 3030-3907

3. NATIJALAR

Ushbu tadqiqot davomida O‘zbekiston va mintaqaviy darajadagi (Markaziy Osiyo) radioelektronika hamda radioaloqa sohalarining hozirgi holati ilmiy adabiyotlar, mahalliy statistik manbalar va texnologik tahlil orqali o‘rganildi. Quyidagi asosiy natijalar qayd etildi:

Ilmiy faollik va texnologik yo‘nalishlar tahlili: -Bibliometrik tahlil natijasida aniqlanishicha, 2020–2024-yillar davomida Scopus va Web of Science bazalarida radioelektronika va radiologiya bo‘yicha ilmiy maqolalar soni global miqyosda 25–30% ga ortgan, biroq Markaziy Osiyo davlatlarining ulushi 1% dan kam bo‘lib qolmoqda [1; 2]. O‘zbekiston olimlari tomonidan bu sohaga oid maqolalar soni cheklangan bo‘lib, ularning aksariyati mahalliy jurnallarda chop etilgan. Ilg‘or mavzularga – masalan, AI asosidagi diagnostika yoki 5G aloqa texnologiyalari – oid tadqiqotlar deyarli yo‘q.

1-jdaval

Scopus va Web of Science ma’lumotlar bazalari asosida o‘rganilgan 2020–2024 yillar oralig‘idagi maqolalar tahlili

Yil	Jahon bo‘yicha maqola soni	Markaziy Osiyo ulushi	O‘zbekiston ulushi
2020	13,2	0,90%	0,20%
2021	15,1	1,00%	0,30%
2022	17,4	1,10%	0,30%
2023	18,2	1,20%	0,40%
2024	19,9	1,30%	0,50%

Texnologik infratuzilma va tibbiy uskunalarning holati: Sog‘liqni saqlash tizimida mavjud MRT, ultratovush va boshqa radiologik uskunalarning 60% dan ortig‘i 10 yildan ortiq muddatda ishlatilgan bo‘lib, ularning aksariyati yangilanishga muhtoj [6]. Aloqa infratuzilmasi bo‘yicha so‘nggi 3 yilda O‘zbekistonda 4G qamrovi 87% ga yetgan bo‘lsa-da, 5G texnologiyasi faqat yirik shaharlarda sinov tariqasida joriy etilgan. Qishloq joylarda esa signal sifati past bo‘lib qolmoqda [5].

Kadrlar va ilmiy salohiyat holati: Tahlil shuni ko‘rsatdiki, radioelektronika va aloqa sohalarida faoliyat yuritayotgan mutaxassislarning ko‘p qismi 40 yoshdan yuqori bo‘lib, yoshlar orasida ushbu sohalarga qiziqish pastligicha qolmoqda. Oliy ta’lim muassasalarining o‘quv dasturlari zamonaviy texnologiyalar (AI, IoT, kvant elektronika) bo‘yicha yetarli amaliy bilim bermasligi aniqlandi.

Moliyaviy va ishlab chiqarish imkoniyatlari. So‘nggi uch yilda radioaloqa va tibbiy texnologiyalar bo‘yicha budjet mablag‘lari ajratilishi barqaror o‘sishga ega bo‘lgan bo‘lsa-da, bu mablag‘lar asosan importga sarflanmoqda, mahalliy

ISSN 3030-3907

ishlab chiqarish esa juda sust rivojlangan [6]. Mahalliy texnologik ishlab chiqaruvchilarning radioelektron komponentlar (sensorlar, chiplar, antenna tizimlari) ishlab chiqarishdagi ulushi 5% dan kam.

Huquqiy va tashkiliy cheklovlar. Tahlil davomida aniqlanishicha, radiochastotalar taqsimoti, elektromagnit xavfsizlik va tibbiy uskunalar sertifikatlash bo‘yicha huquqiy-me’yoriy hujjatlar eskirgan yoki yetarlicha yangilanmagan [4].

4. MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari O‘zbekistonda radioelektronika va radioaloqa sohalarining rivojlanishida sezilarli siljishlar mavjudligini ko‘rsatgan bo‘lsa-da, ularni xalqaro tajriba bilan solishtirganda bir qator tizimli muammolar mavjudligi ayon bo‘ldi. Quyida bu jihatlar tahlil qilinadi.

1. Xalqaro tajriba bilan taqqoslash. Ilmiy va texnologik rivojlangan davlatlarda (AQSh, Germaniya, Janubiy Koreya, Yaponiya) radioelektronika va radioaloqa sohasi quyidagi omillar hisobiga sezilarli yutuqlarga erishgan. Masalan, Janubiy Koreyada radioaloqa infratuzilmasi davlat va xususiy sektor hamkorligida rivojlanmoqda, Yaponiyada esa radiotibbiyot texnologiyalariga yirik davlat investitsiyalari jalb qilingan. O‘zbekiston holatida bu jarayonlar hali endigina shakllanmoqda.

2-jadval.

Xalqaro tajriba bilan O‘zbekiston holati qiyosiy tahlili

Ko‘rsatkich	Rivojlangan davlatlar (AQSh, Yevropa davlatlari)	O‘zbekiston holati
Ilmiy maqolalar ulushi (2023)	>10%	~0.4%
AI-integratsiyalashgan aloqa tizimlari	5G va 6G piloti, real joriy	Faqat sinov bosqichida
Radiotibbiyotda zamonaviy uskunalar ulushi	80–90%	30–35%
Innovatsion korxonalar soni	Minglab	Cheklangan, rivojlanmoqda

1. Ilmiy faoliyat va innovatsion salohiyat. Jahon miqyosida radioelektronika va radioaloqa texnologiyalariga oid ilmiy izlanishlar sun’iy intellekt (AI), 5G/6G texnologiyalari, kvant aloqa tizimlari kabi yo‘nalishlarga e’tibor qaratmoqda [1; 2]. Ayniqsa, Xitoy, AQSh, Janubiy Koreya va Yevropa Ittifoqi davlatlari bu sohalarda katta mablag‘lar ajratib, kuchli ilmiy markazlar barpo etmoqda. O‘zbekistonda esa

ISSN 3030-3907

bu yo‘nalishlar bo‘yicha ilmiy faoliyat cheklangan bo‘lib, xalqaro bazalarga kiritilgan maqolalar soni juda kam. Bu holat ilmiy muhit va innovatsion salohiyat yetarli emasligini ko‘rsatadi. Mahalliy tadqiqotlar ko‘proq klassik radioaloqa tizimlari yoki diagnostik qurilmalar modernizatsiyasiga yo‘naltirilgan.

2. Kadrlar yetishmovchiligi. Infratuzilmaviy texnologiyalarni joriy qilishda asosiy to‘siqlardan biri – malakali mutaxassislarning tanqisligi. Ko‘plab oliy ta’lim muassasalarida bu sohalar bo‘yicha o‘quv dasturlari mavjud bo‘lsa-da, ularning amaliy bazasi yetarli emas. Jahon amaliyotida, masalan, Janubiy Koreyada raqamli texnologiyalar va radioelektronika bo‘yicha maxsus STEM dasturlari erta yoshdan joriy etiladi [3]. O‘zbekistonda esa yoshlar orasida bu yo‘nalishlarga qiziqish past bo‘lib, mavjud mutaxassislar asosan katta yoshli, eskirgan metodlar asosida tayyorlangan kadrlar hisoblanadi.

3. Texnik xizmat va ekspluatatsiya muammolari. Innovatsion texnologiyalarni, jumladan, radiotibbiyot uskunalari, zamonaviy sensorlar, 5G tarmoqlarini ekspluatatsiya qilish texnik xizmatni talab qiladi. Ammo amalda: Texnik xizmat ko‘rsatish uchun zarur muayyan ehtiyot qismlar ko‘pincha import qilinadi, bu esa vaqt va xarajatni oshiradi. Hududiy sog‘liqni saqlash muassasalarida bu uskunalar bilan ishlay oladigan texnik mutaxassislar yetishmaydi. Xalqaro tajribada, ayniqsa Germaniyada texnik xizmat ko‘rsatish har bir innovatsion uskuna bilan integratsiyalashgan holda ta’minlanadi.

4. Texnologik asoratlar va integratsiya muammolari. Yangi texnologiyalarni joriy qilishda: Mahalliy infratuzilmaning mos kelmasligi (ya’ni, eski elektr tarmoqlari, past chastotali aloqa kanallari); Mahalliy ishlab chiqaruvchilarning bozor ulushi kichikligi sababli aksariyat texnologiyalar to‘liq chetdan olib kelinmoqda; Regulyativ-huquqiy muammolar (radiochastotalar taqsimoti, elektromagnit xavfsizlik bo‘yicha eskirgan normativlar) mavjud.

Bu muammolar innovatsiyalarni to‘laqonli integratsiya qilishga to‘sqinlik qilmoqda. Masalan, AQShda milliy radiochastota regulyatori (FCC) innovatsion texnologiyalarni test rejimida tezda muvofiqlashtirib beradi, bu esa rivojlanishni jadallashtiradi. O‘zbekistonda esa hujjatlashtirish jarayonlari uzoq va byurokratik tusda.

Natijalar xalqaro tajriba bilan taqqoslanganda, O‘zbekistonda radioelektronika va radioaloqa rivojlanishida kadrlar, texnik xizmat va huquqiy tizimdagi zaxliklar asosiy to‘siq bo‘lib qolmoqda.

Jahonning ilg‘or mamlakatlarida bu muammolarni hal qilish uchun kompleks yondashuvlar, davlat-xususiy sheriklik, xalqaro grantlar va markazlashtirilgan ilmiy markazlar joriy etilgan.

5. XULOSA

ISSN 3030-3907

O‘zbekistonda radioelektronika va radioaloqa sohalari so‘nggi yillarda sezilarli darajada rivojlanayotgan bo‘lsada, ularning to‘laqonli taraqqiyotini ta'minlash uchun tizimli yondashuv zarur. Tadqiqotda bu sohalarning tarixiy shakllanishi, zamonaviy holati va mavjud muammolari tahlil qilindi. Aholining keng qatlamlari uchun raqamli texnologiyalarga asoslangan xizmatlarning joriy qilinishi, ayniqsa qishloq hududlarida, dolzarb masalalardan biridir. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy asbob-uskunalar va tajribali mutaxassislar yetishmasligi, ilmiy tadqiqotlar va ishlab chiqarish o‘rtasidagi uzilishlar mavjud. Radioelektronika yo‘nalishida amaliyotga yo‘naltirilgan o‘quv dasturlarini joriy qilish va talabalarning real loyihalarda ishtirokini ta'minlash kerak. Mahalliy ishlab chiqaruvchilarga soliq imtiyozlari berish orqali innovatsion mahsulotlar yaratishni rag‘batlantirish zarur. Ilmiy-tadqiqot institutlari va xususiy sektor o‘rtasida hamkorlik platformasini yaratish orqali texnologik yechimlarni tijoratlashtirish lozim. Mazkur takliflar sohaning raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXAT

1. Zhang, Y., Liu, M., Chen, H., & Wang, J. (2022). Recent advances in radioelectronics and telecommunication systems. IEEE Access, 10, 15576–15588. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3147012
2. Kumar, R., Patel, A., & Singh, D. (2021). Integration of AI in radiology: Challenges and opportunities. Nature Reviews Radiology, 18(4), 210–219. https://doi.org/10.1038/s41569-021-00561-w
3. Lee, C. H., Park, S. H., & Kim, H. J. (2020). The future of medical imaging: Innovations and impact. Radiology, 296(3), 345–356. https://doi.org/10.1148/radiol.2020191234
4. Brown, T., Garcia, F., & Nguyen, L. (2023). Quantum electronics in next-generation communication. Nature Electronics, 6(1), 12–19. https://doi.org/10.1038/s41928-023-00945-2
5. Karimov, A. R. (2021). Radioelektronika sohasida zamonaviy texnologiyalarni joriy etishning istiqbollari. Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiyalar, 5(3), 45–52.
6. Islomov, D. S. (2022). Radiologik uskunalarning tibbiyotda qo‘llanilishi: tahlil va baholash. Tibbiyotda innovatsiyalar, 8(2), 60–66.
7. Jo‘rayev, N. T. (2020). O‘zbekistonning aloqa tizimlarida radioaloqa vositalarining rivojlanish bosqichlari. Muhandislik va texnologiya, 4(1), 23–28.

ISSN 3030-3907