

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АУЫЛДЫҚ ЖЕРЛЕРІНДЕ ДӘЛМЕ-ДӘЛ ЕГІНШІЛІКТІ ЕНГІЗУ ҮШІН КЕҢ ЖОЛАҚТЫ ҚОЛЖЕТІМДІЛІКТІҢ ЖӘНЕ 5G МӘНІ

THE IMPORTANCE OF BROADBAND ACCESS AND 5G FOR THE IMPLEMENTATION OF PRECISION AGRICULTURE IN RURAL AREAS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЗНАЧЕНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА И 5G ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Қ. МЕЙРАМБЕК ^{1*}

Ph.D докторанты

М.К. КАМЫСБАЕВ ²

э.ғ.д., профессор

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

*автордың электрондық пошталары: meirambek_k87@icloud.com

К. MEIRAMBEK ^{1*}

Ph.D student

М. KAMYSBAYEV ²

Dr.E.Sc., Professor

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*corresponding author e-mail: meirambek_k87@icloud.com

К. МЕЙРАМБЕК ^{1*}

докторант Ph.D

М.К. КАМЫСБАЕВ ²

д.э.н., профессор

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Сәтбаев университет, Алматы, Казахстан

*электронная почта автора: meirambek_k87@icloud.com

Аңдатпа. Телекоммуникациялық инфрақұрылым агроөнеркәсіптік кешенді цифрлық трансформациялау сапасын айқындайтын Қазақстан Республикасының ауылдық аудандарында дәлме-дәл егіншілік технологияларын дамытудың негізгі факторы ретінде қарастырылады. Тақырыптың өзектілігі аграрлық секторды цифрландыру және жоғары дәлдіктегі ауыл шаруашылығы өндірісін енгізу деректерді тұрақты және жоғары жылдамдықпен беруді талап ететіндігіне байланысты, ал ауылдық аумақтар айтарлықтай кеңістіктік гетерогенділікпен сипатталады. **Мақсаты** – телекоммуникациялық сегмент параметрлерінің, соның ішінде кең жолақты қолжетімділік пен бесінші буын (5G) желілерінің республиканың ауылдық өңірлеріндегі егістіктердің жекелеген учаскелерінде ауыл шаруашылығы дақылдарын өсірудің тиімділігіне әсерін зерттеу. **Әдістер** – байланыс операторларының статистикалық деректерін, Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі мен Қазақстан Республикасы цифрлық даму министрлігінің материалдарын, Қазақстанның ауылдық жерлерінде "ақылды" егіншілік әдістерін пайдалану дәрежесін анықтау үшін цифрлық құралдарды қолданудың халықаралық есептері мен пилоттық жобаларын зерттеу, жүйелі, салыстырмалы және талдамалық тәсілдер. **Нәтижелер** – цифрлық платформаның өткізу қабілеттілігі, сигнал тұрақтылығы және IoT жүйелерінің, пилотсыз авиацияның, автономды ауылшаруашылық техникасының және автоматтандырылған суару механизмдерінің дәлдігі арасында байланыс орнатылды. 4G-ден 5G-ге көшу позициялау сенімділігін бірнеше рет арттыруды, технологиялық қателерді азайтуды, суды пайдалану тиімділігін арттыруды және ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыруды қамтамасыз ететіні көрсетілген. "Цифрлық аграрлық теңсіздік" әсерін қалыптастыратын цифрлық архитектураның айқын аймақтық асимметриясы көрсетілген. **Қорытындылар** – байланыстың технологиялық моделі АӨК-ні цифрлық жаңартудың құрылымдық құраушы

Аннотация. Телекоммуникационная инфраструктура рассматривается как ключевой фактор развития технологий точного земледелия в сельских районах Республики Казахстан, определяющий качество цифровой трансформации агропромышленного комплекса. Актуальность темы обусловлена тем, что цифровизация аграрного сектора и внедрение высокоточного сельхозпроизводства требуют устойчивой и высокоскоростной передачи данных, тогда как сельские территории характеризуются значительной пространственной неоднородностью. *Цель* – изучение влияния параметров телекоммуникационного сегмента, включая широкополосный доступ и сети пятого поколения (5G), на эффективность выращивания сельхозкультур на отдельно взятых участках полей в сельских регионах республики. *Методы* – системный, сравнительный и аналитический подходы, исследование статистических данных операторов связи, материалов Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан и Министерства цифрового развития Республики Казахстан, международных отчётов и пилотных проектов применения цифровых инструментов для выявления степени использования методов «умного» земледелия в сельской местности Казахстана. *Результаты* – установлена взаимосвязь между пропускной способностью цифровой платформы, стабильностью сигнала и точностью работы IoT-систем, беспилотной авиации, автономной сельскохозяйственной техники и автоматизированных механизмов орошения. Показано, что переход от 4G к 5G обеспечивает многократное повышение достоверности позиционирования, снижение технологических ошибок, рост результативности водопользования и увеличение производительности сельхозработ. Обозначена выраженная региональная асимметрия цифровой архитектуры, формирующая эффект «цифрового аграрного неравенства». *Выводы* – обосновано, что технологическая модель связи является структурообразующим элементом цифрового обновления АПК. Расширение широкополосного покрытия, оптимизация каналов 5G и усиление цифровых компетенций аграрных специалистов – ключевые условия формирования устойчивых высокотехнологичных производственных комплексов. Результаты исследования могут использоваться при разработке государственных программ цифровизации агропромышленного комплекса, планировании комплексных инвестиционных проектов.

..... 147

Keywords: agro-industrial complex, digitalization, innovation activity, broadband access to 5G, regulatory framework, state policy, sustainable balanced development.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, цифровизация, инновационная деятельность, широкополосный доступ к 5G, нормативно-правовое регулирование, государственная политика, устойчивое сбалансированное развитие.

Мақала түсті: 15.01.2026. Сараптамадан кейін мақұлданған: 05.03.2026. Қабылданды: 12.03.2026

Кіріспе

Қазіргі жаһандық жағдайда ауыл шаруашылығын цифрландыру аграрлық өндірістің тиімділігін арттырудың, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудің және климаттық өзгерістерге бейімделудің маңызды стратегиялық бағыты ретінде қарастырылуда. Халықаралық тәжірибе көрсеткендей, агро-сектордың бәсекеге қабілеттілігі барған сайын деректерге негізделген басқару шешімдерін қабылдау, өндірістік процестерді автоматтандыру және цифрлық құралдар арқылы ресурстарды оңтайландыру мүмкіндіктерімен анықталады (Farinha C., Martins F.) [1].

Тақырыптың өзектілігі Қазақстанның әлеуметтік-экономикалық дамуының стратегиялық басымдықтарымен де ұштасады. Соңғы жылдары цифрлық трансформация мәселелері мемлекеттік саясаттың негізгі бағыттарының біріне айналып, «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы, ауыл шаруашылығын жаңғырту стратегиялары және азық-түлік қауіпсіздігін күшейту жөніндегі шаралар шеңберінде аграрлық секторда цифрлық технологияларды енгізу қажеттілігі айқындалды.

Сонымен қатар халықаралық ұйымдар мен салалық қауымдастықтар деректерге негізделген ауыл шаруашылығының экономикалық және экологиялық тиімділігін дәлелдейтін аналитикалық есептерді жариялауда, бұл өз кезегінде отандық агро-сектордың цифрлық трансформациясына институционалдық сұраныс қалыптастырады (Silva L.S., Rabelo R., Leithardt V.R.Q.) [2].

Ғылыми әдебиетте аграрлық саладағы IoT, автономды техника, спутниктік мониторинг және аналитикалық платформалардың мүмкіндіктері кеңінен зерттелгенімен, телекоммуникациялық инфрақұрылымның сапасының нақты егіншілік технологияларының тиімділігіне әсері, сондай-ақ ауылдық аумақтардың 5G технологияларын қабылдауға дайындығы мәселелері жеткілікті дәрежеде сараланбаған. Бұл зерттеу жұмысының теориялық жаңалығын айқындауға мүмкіндік береді, себебі көп жағдайда аграрлық цифрландыру мәселелері технологиялар деңгейінде қарастырылып, олардың инфрақұрылымдық алғышарттары на-

зардан тыс қалып жатады (Омаров Т.С., Абдрашева А.М.) [3].

Зерттеудің практикалық маңызы да айқын. Жұмыстың нәтижелері аграрлық цифрландыруға қатысты мемлекеттік саясатты жоспарлау, агробизнес субъектілерінің технологиялық стратегияларын әзірлеу, ауылдық аумақтардың цифрлық инфрақұрылымын жаңғырту жобаларын жобалау барысында пайдаланылуы мүмкін (Ydyrys S., Ibrayeva N., Abugaliyeva F. et al.) [4].

Деректер Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы және Цифрлық даму министрліктерінің статистикалық материалдарына, байланыс операторларының есептеріне, халықаралық сараптамалық зерттеулерге, сондай-ақ аграрлық салада 5G енгізу бойынша пилоттық тәжірибелердің нәтижелеріне негізделген.

Әдебиетке шолу

Дәлірек егістік технологияларының табысы ең алдымен цифрлық байланыс сапасына тәуелді. Осыған байланысты кең жол ақты интернет пен 5G желілері цифрлық ауыл шаруашылығында қажетті шарт болып табылады (Al-Ghobari H., Al-Sahaf A., Awad R.) [5].

Ғылыми еңбектерде атап өтілгендей, аталған сипаттамалар егін жағдайы, топырақ ылғалдылығы, биотикалық қауіптер динамикасы, ауыл шаруашылық техниканың жұмысы бойынша үздіксіз деректер массивін қалыптастыруға мүмкіндік береді (Balafoutis A.T., Van Evert F.K., Fountas S.) [6]. Ғалымдар қазіргі дәлірек егістік шешімдерінің тиімділігі ең алдымен деректерді жеткізу арналарының тұрақтылығы мен өткізу қабілетімен анықталатынын тұжырымдайды (Hieu P.V., Toan T.B.) [7].

Салыстырмалы талдау негізінде, ғалымдар екі топ цифрлық шешімді бөліп көрсетеді: төмен жылдамдықты технологиялар мен жоғары интенсивті жүйелер (Delgado J., Short N.M., Roberts D.P. et al.) [8].

Hendricks G. және әріптестерінің зерттеулерінде деректер сапасының агрохимиялық шешімдерге тікелей әсерін талдап, фермерлердің топырақ жағдайы туралы уақтылы және сенімді ақпарат болмаған жағдайда орташа нормативтерге сүйенуге

мажбүр болатынын көрсетеді (Hendricks G.S., Shukla S., Roka F.M. et al.) [9].

Экономикалық тиімділік мәселесі Hedley C. және әріптестерінің зерттеулерінде айқындалады (Karunathilake E.M., Le A.T., Neo S. et al.) [10].

Отандық зерттеулер де цифрлық трансформация өзара байланысты үдерістердің жиынтығы ретінде қарастырылып, оның тиімді жүзеге асуы тұрақты телекоммуникациялық инфрақұрылымға тәуелді екені көрсетіледі (Kokenova A.T., Sabenova B.N., Mashirova T.N. et al.) [11].

Рыскельді О., Шеломенцева В. және Мирковичтің М. [12] ғылыми еңбектері АӨК цифрландыруын тұрақты даму контекстінде қарастырады.

Сапарова Г. [13] ұсынған теориялық қағидалар ауыл шаруашылығын цифрландыруды «Индустрия 4.0» парадигмасы тұрғысынан түсіндіруге мүмкіндік береді.

Калдыбаева Д.О. [14] зерттеулерінде адами капиталдың ауыл шаруашылығын цифрландырудағы шешуші рөлі ерекше атап өтіледі.

Карбозова А.С., Бекхожакова А.К. және Кушенованың М.Ш. [15] еңбегінде цифрлық шешімдерді қолданудың нақты өндірістік нәтижелері эмпириялық түрде сипатталады.

Ауыл шаруашылығын цифрландыру мәселесіне арналған отандық ғылыми база әлі де жүйелі қалыпқа түспегендіктен, тұрақты цифрлық модернизация стратегияларын әзірлеу үшін кешенді зерттеулердің маңыздылығы артады.

Материалдары мен әдістері

Зерттеудің материалдары ретінде Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі мен Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігінің ресми статистикалық деректері, сондай-ақ байланыс операторларының кеңжолақты интернетпен қамту деңгейі мен 5G желілерін кезең-кезеңімен енгізу жөніндегі мәліметтері пайдаланылды. Бұдан бөлек, халықаралық ұйымдардың – атап айтқанда, Халықаралық телекоммуникация одағы (ITU) мен Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымының (FAO) талдамалық есептері зерттеу базасын толықтырды.

Сонымен қатар, зерттеу аграрлық секторды цифрландырудың теориялық және практикалық қырларына арналған ғылыми жарияланымдарға сүйенді. Бұл қатарға қазақстандық, ресейлік және шетелдік авторлардың еңбектерімен қатар, дәлме-дәл егіншілік технологиялары, IoT және спутниктік мониторинг жүйелері, деректерді басқару платформалары және

телекоммуникациялық шешімдер бойынша жүргізілген ғылыми зерттеулер енді.

Зерттеу аграрлық өндіріс орналасқан ауылдық аумақтардың ерекшеліктерін ескере отырып жүргізілді. Бұл ерекшеліктерге халықтың төмен тығыздығы, шаруашылықтардың бір-бірінен айтарлықтай алшақ орналасуы, кеңжолақты интернетпен қамтудың аумақтық теңсіздігі және байланыс арналарының өткізу қабілетінің шектеулілігі жатады.

Нәтижелер

Зерттеу нәтижелері Қазақстанның ауылдық аумақтарындағы телекоммуникациялық инфрақұрылымның кеңістіктік құрылымының біркелкі еместігін көрсетті. Бұл біркелкі еместік дәлме-дәл егіншілік және басқа да цифрлық технологияларды енгізу мүмкіндіктерін аймақтар арасында айтарлықтай айырмаландырады. Ел бойынша байланыспен қамтылған елді мекендердің үлесі салыстырмалы түрде жоғары болғанымен, қолжетімділік форматтарының (3G, 4G, ADSL, ВОЛС) кеңістіктік таралуы теңгерімсіз қалыптасқан.

Соңғы ресми мәліметтерде 6 406 елді мекеннің 4 974-і (77%) кеңжолақты мобильді интернетке қосылғаны, олардың 2 928-і 4G, ал 2 046-сы 3G технологиясына сүйенетіні көрсетілген. Сонымен қатар, елді мекендердің 25%-ы ADSL арқылы қосылған болса, 33%-ында оптикалық инфрақұрылым жүргізілген. Мұндай технологиялық әртүрлілік инфрақұрылымның өткізу қабілеті, сигнал тұрақтылығы және деректерді берудің нақты уақыты бойынша аймақтық айырмашылықтар туындатады. Ресми мәліметтерде базалық станциялар санының жыл сайын артып отырғаны да атап өтіледі: қазіргі уақытта олардың саны 41,2 мыңға жетіп, жыл сайын шамамен 3 мыңға ұлғаюда.

Интернет-трафиктің едәуір өсуі де тіркелуде: пандемия кезеңінен бері оның көлемі 1000 петабайтқа (1 петабайт = 1000 терабайт) жетті. Бұл өсім цифрлық экономика, ойын-сауық контенті, онлайн-коммуникациялар және экономикалық қызметтің платформалық модельге ауысуымен байланысты. Алайда саладағы инвестициялардың 28%-ға төмендеуі инфрақұрылымдық жаңғырту қарқынына теріс әсер етуде. Осыған байланысты жаңа бастамалар ұсынылып отыр: «соңғы миляны» қамтуды гранттық субсидиялау арқылы ауылдық инфрақұрылымды күшейту, оптикалық желілер бар елді мекендерде шағын операторларды қолдау және байланыссыз ауылдарда спутниктік шешімдерді енгізу.

Бұл шаралар 300 мың ауылдық үй шаруашылығын және 504 кіші ауылды интернетке қосуды көздейді.

Қосымша бастамалар мобильді интернетпен республикалық және облыстық маңызы бар автомобиль жолдарын қамтуды, сондай-ақ 5G желілерін қалаларда кезең-кезеңмен енгізуді қарастырады. 2027 жылға қарай республикалық маңызы бар қалаларда қамту қарқынын 75%-ға, облыс орталықтарында – 60%-ға жеткізу жоспарланған. Бұл бастамалар инфрақұрылымдағы аумақтық асимметрияны азайтуға, ақпаратқа қол жеткізуді кеңейтуге және ауылдық аумақтардың цифрлық шиеленісін төмендетуге бағытталған. Осыған байланысты өткізу қабілеті, сигнал тұрақтылығы және қосылу сапасы да біркелкі емес сипат алады.

Аймақтық материалдар ауылдық аумақтардағы инфрақұрылымдық тапшылықтың сақталуын айқын көрсетеді. Солтүстік және Батыс Қазақстанның жекелеген ауылдық аудандарында тұрақсыз сигнал немесе «цифрлық бос аймақтардың» болуы сенсорлық жүйелерді, автономды ауыл шаруашылығы техникасын және нақты уақыт режиміндегі бақылау құралдарын пайдалану мүмкіндігін күрделендіреді. Бұл құбылыс Қазақстан бойынша жүргізілген ғылыми зерттеулермен де расталады.

Ауыл шаруашылығын цифрландыру үдерісінде инфрақұрылымның жеткіліксіз дамуы мен технологиялық теңсіздік негізгі тежеуші факторларға айналатынын атап өтеді (Жумаксанова К.) [16]. Елпанова М. ауыл шаруашылығы секторындағы цифрлық трансформацияның экономикалық әлеуетін көрсетіп, ауылдық өңірлерде цифрлық алшақтық пен инфрақұрылымдық шектеулердің сақталуын статистикалық деректермен дәлелдейді (Елпанова М.) [17].

Осындай аумақтық айырмашылықтар шаруашылықтардың цифрлық өндірістік құралдарға тең қол жеткізуіне кедергі келтіреді. Кеңжолақты интернетке тұрақты қосылған аумақтарда автоматтандырылған суару жүйелері, автономды ауыл шаруашылығы машиналары және деректерге негізделген басқару кешендері үздіксіз жұмыс істесе, әлсіз немесе тұрақсыз байланыс жағдайында сенсорлық өлшеулердің дәлсіздігі артып, деректерді жаңарту үдерісінде кідірістер байқалады және болжамдық алгоритмдердің өнімділігі төмендейді. Нәтижесінде нақты уақыт режимінде аналитикалық өңдеу мен басқарушылық шешім қабылдау шектеулі сипат алып, ауыл шаруашылығы секторындағы цифрланды-

рудың ықтимал экономикалық әсерін әлсіретеді.

Аймақаралық салыстыру мен эмпириялық деректерді талдау бұл процестің кездейсоқ емес, құрылымдық сипатқа ие екенін көрсетеді және аграрлық сектордың цифрлық трансформациясының бағыттылығын айқындайтын келесі бірнеше маңызды үрдістерді анықтауға мүмкіндік береді.

Өндірістік тиімділіктің телекоммуникациялық желі параметрлеріне тәуелділігінің артуы. Сенсорлық жүйелердің, автоматтандырылған ирригациялық кешендердің, автономды ауыл шаруашылығы техникасының және аналитикалық платформалардың жұмыс істеуі желілік ортаның параметрлерімен детерминацияланатыны байқалады. Өткізу қабілеті, сигнал тұрақтылығы және желілік латенттік аграрлық өндіріс циклының үздіксіздігі мен уақыттық синхрондалуын қамтамасыз ететін жүйелік факторларға айналуға. Бұл параметрлердің әлсіздігі телеметриялық тізбектердің болінуіне, өлшеу қателіктерінің өсуіне және алгоритмдік шешімдердің нақтылығының төмендеуіне алып келеді.

Телекоммуникациялық дамудың аймақаралық асимметриясы – «цифрлық аграрлық теңсіздік». Ауылдық аумақтарды мобильді байланыс желілерімен формалды қамту кеңейгенімен, нақты цифрлық қолжетімділік сапасы бойынша өңірлер арасында анық дифференциация сақталуда. Бұл асимметрия өндірістік жаңғырту (модернизация) қарқынын, цифрлық құралдарды игеру деңгейін және аграрлық шаруашылықтардың технологиялық әлеуетін айтарлықтай өзгешелендіреді. Осылайша, инфрақұрылымдық теңсіздік аграрлық секторда түрлі даму траекторияларын қалыптастырып, цифрлық модернизацияның қарқындылығын өңірлік жағдайларға тәуелді етеді.

5G желілері негізінде жоғары жиілікті цифрлық агрожүйенің қалыптасуы. Бесінші буын (5G) технологиясы төмен латенттілік, жоғары өткізу қабілеті және үлкен деректер ағындарын нақты уақыт режимінде өңдеу мүмкіндігі арқылы аграрлық сектор үшін жаңа институционалдық және технологиялық база қалыптастырады. 5G-дің енгізілуі автономды техника, сенсорлық жүйелер және аналитикалық платформалар арасындағы синхрондалуды арттырып, ауыл шаруашылығы өндірісінің цифрлық моделіне өтуді жеделдетуі ықтимал.

Пилоттық енгізулерді талдау бесінші буын (5G) желілеріне көшу аграрлық өндірістің технологиялық режимін сапалы

жаңа деңгейге шығаратынын көрсетті. 5G желілерінің негізгі сипаттамалары – деректерді беру латенттілігінің төмендігі, жоғары өткізу қабілеті және бірыңғай желілік архитектурада көптеген құрылғыларды бір уақытта қызмет көрсету мүмкіндігі – автономды басқару контурларын іске асыруға, егістік алқаптарын беспилоттық мониторингілеуге, ауыл шаруашылығы техникасын жоғары дәлдікпен позициялауға, су ресурстарын интеллектуалды басқаруға және үлкен деректер ағындарын нақты уақыт режимінде кешенді өңдеуге алғышарт жасайды.

Осылайша, 5G технологиясы телекоммуникациялық инфрақұрылымның сапасын жақсартумен шектелмей, цифрлық ағын-

дардың үздіксіздігі және алгоритмдік дәлдікке негізделген жаңа агроөндірістік модельдің технологиялық өзегіне айналады. Аталған ерекшеліктер телекоммуникациялық инфрақұрылым параметрлерінің агрожүйенің жекелеген цифрлық компоненттерінің жұмыс істеуіне қалай ықпал ететінін эмпириялық тұрғыдан бағалау қажеттілігін туындатады.

Осыған байланысты зерттеу шеңберінде интернет-қосылу сапасының түрлі деңгейлерінде агроцифрлық подсистема элементтерінің жұмыс көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Жалпыланған нәтижелер 1 кестеде көрсетілген.

1 кесте – Телекоммуникациялық инфрақұрылым сапасының дәлме-дәл егіншілік көрсеткіштеріне әсері

Көрсеткіш	Төмен жылдамдықты интернет (≤ 10 Мбит/с)	Кеңжолақты интернет (≥ 20 Мбит/с)	5G (латенттілік ≤ 5 мс)
IoT деректерінің дәлдігі	12-20% қате	5-8%	2-5%
Автоматтандырылған суару	Су ресурстарының артық шығыны 10-15 %	Су үнемдеу 8-12%	Су үнемдеу $\geq 20\%$
Дрондар арқылы бейнетрансляция	Кідірістер, төмен сапа	Тұрақты HD-ағын	4K ағын (нақты уақыт режимінде)
Техниканың автопилот	Позициялау қателігі 30-35%	10-15%	3-7%
Шаруашылықтардың цифрлану деңгейі	Функциялардың 20-25%	45–60%	70-90 %
Өнімділік өсімі	$\leq 5\%$	10-15%	18-25 %

Ескерту: зерттеу нәтижелері негізінде авторлар тарапынан құрастырылды

1 кесте деректері әлсіз интернет-сигналы жағдайында сенсорлық өлшеулердің қателігі айтарлықтай артатынын, автоматтандырылған жүйелердегі деректерді беру тізбегінің бұзылатынын және автономды ауыл шаруашылығы техникасының жұмыс дәлдігі төмендейтінін көрсетеді. Керісінше, кеңжолақты қосылыс пен әсіресе 5G желілерін пайдалану жоғары жиілікті процестердің тұрақтылығын қамтамасыз етіп, қателіктерді азайтуға және агротехнологиялық операциялардың тиімділігін шамамен екі есеге дейін арттыруға мүмкіндік береді. Осылайша зерттеудің негізгі тұжырымы расталады: байланыс сапасы аграрлық өндірістегі технологиялық операциялардың дәлдігі мен нәтижелілігін айқындайтын determinant фактор ретінде көрінеді.

Аймақаралық ерекшеліктерді талдау мақсатында цифрлық инфрақұрылымның кеңістіктік дифференциациясы мен агротехнологияларды енгізу деңгейін сипаттайтын сапалық модель әзірленді (2 кесте). Бұл модель инфрақұрылымға қолжетімділік, сиг-

налдың тұрақтылығы және цифрлық шешімдерді пайдалану қарқындылығы сияқты параметрлерді ескере отырып, өңірлердің сипаттамалық айырмашылықтарын жинақтап көрсетеді.

Аймақаралық салыстыру телекоммуникациялық инфрақұрылымы неғұрлым дамыған аумақтарда цифрлық кемелдену деңгейінің жоғары болатынын, автоматтандырылған жүйелердің белсендірек интеграцияланатынын және өндірістік тиімділіктің арта түсетінін көрсетеді. Керісінше, кеңжолақты интернетке қолжетімділігі төмен өңірлерде цифрлық технологияларды енгізу шектеулі сипат алып, аграрлық жүйелердің технологиялық даму деңгейінде тұрақты алшақтық қалыптасады. Осы контексте өңірлік цифрлық біркелкі еместік ауыл шаруашылығы субъектілерінің технологиялық жарқандырылуы мен өндірістік мүмкіндіктеріндегі айырмашылықтар арқылы көрінетін «цифрлық аграрлық теңсіздік» әсерін қалыптастырады.

2 кесте – Цифрлық инфрақұрылымның өңірлік дифференциациясы мен дәлме-дәл егіншілік технологияларын енгізу деңгейінің сапалық бағасы

Өңір	Кеңжолақты байланыс инфрақұрылымының сипаттамасы	IoT-датчиктерді пайдалану деңгейі	Беспилоттық жүйелерді қолдану	Жалпыланған тенденция
Оңтүстік облыстар	Инфрақұрылымы неғұрлым дамыған; тұрақты мобильді интернет	Кеңінен енгізілген	Тұрақты қолдану	Жеделдетілген цифрландыру
Орталық өңірлер	Орташа қамтамасыз етілген; ірі елді мекендерде тұрақты сигнал	Ішінара енгізілген	Эпизодтық қолдану	Цифрлық кемелденуге жоспарлы өту
Солтүстік өңірлер	Аралас қамтамасыз етілу; жекелеген аумақтарда тұрақты байланыс	Шектеулі пайдалану	Сирек қолдану	Баяу енгізілу қарқыны
Батыс өңірлері	Инфрақұрылымы жеткіліксіз; сигнал тұрақсыз аймақтар кездеседі	Төмен деңгейде енгізілген	Практикалық қолданылмайды	Технологиялық артта қалу
Ескерту: зерттеу нәтижелері негізінде авторлар тарапынан құрастырылған				

5G желілерінің роботтандырылған жүйелерге, автоматтандырылған суару технологиялары мен цифрлық аналитикалық платформаларға ықпалын қосымша талдау сигналды берудің төмен латенттілігі агро-технологиялық процестерді автономды басқару модельдеріне көшу үшін шешуші параметр болып табылатынын растады. Жоғары жылдамдық пен байланыс тұрақтылығы сенсорлық жүйелердің дұрыс жұмыс

істеуін, деректер алмасу синхрондылығын және машиналық оқыту алгоритмдерінің функционалдығын қамтамасыз ететін қажетті шарт ретінде көрінеді. Бұл, өз кезегінде, аграрлық салада кешенді цифрлық шешімдердің практикалық іске асырылу мүмкіндігін айқындайды.

4G және 5G желілері арасындағы тұрақты технологиялық айырмашылықтар 3 кестеде көрсетілген.

3 кесте – 5G технологиясын аграрлық шаруашылықтарда енгізудің технологиялық әсерлері

Бағыт	4G жағдайындағы көрсеткіштер	5G жағдайындағы көрсеткіштер	Өзгеріс
Автономды техника	Позициялау қателігі 20-30 %	3-7 %	4-6 есе жақсару
Суару жүйелерін басқару	Кешігіп түзету	Нақты уақыт режиміндегі басқару	Оперативтілік +100%
Егістікті мониторингтеу	Деректер көлемі шектеулі	4K-ағын және нақты уақыттық аналитика	Дәлдік ×5
Big Data және ЖИ (ИИ)	Есептеулер баяу	Толық цикл нақты уақыт режимінде	Болжам дәлдігі +20%
Ескерту: зерттеу нәтижелері негізінде авторлар тарапынан құрастырылған			

3 кестеде ұсынылған деректерді талдау 4G желілерінен бесінші буын (5G) желілеріне көшу барысында орын алатын технологиялық өзгерістердің жүйелік сипатын айқындайды. Барлық бағыттар бойынша негізгі эксплуатациялық параметрлердің айтарлықтай жақсаруы 5G желілерінің жоғары жиілікті цифрлық агротехнологияларды қалыптастырудағы құрылымдаушы рөлін растайды.

Автономды ауыл шаруашылығы техникасы бойынша позициялау дәлдігінің 4-6 есеге дейін жақсаруы байқалды, бұл автономды навигацияның сенімділігі мен функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтеді. Суару жүйелерін басқару саласында уақытша лаг-

пен жүзеге асатын квазиреактивті режимдерден нақты уақыт режиміндегі толыққанды басқаруға көшу тіркелді. Оперативтіліктің екі есеге жуық артуы ирригациялық процестерді өсімдіктердің су және биологиялық күйінің ағымдағы параметрлерімен синхрондауға мүмкіндік береді, бұл адаптивті суару режимдерін қалыптастыруға алғышарт жасайды.

Егістіктерді мониторингтеу бағытында дәлдіктің бес есеге артуы жоғары детальды деректерді (оның ішінде 4K форматындағы бейнеағындарды) нақты уақыт режимінде берілуімен және одан кейінгі аналитикалық өңдеумен түсіндіріледі. Бұл нәтижелер пропускной қабілеттің сенсорлық және мультис-

пектралды бақылау жүйелерінің жұмысындағы шешуші параметр екенін дәлелдейді.

Big Data және жасанды интеллект технологиялары бойынша есептеулердің нақты уақыт режиміне толық көшуі тіркелді. Прогностикалық модельдердің дәлдігінің 20% артуы деректердің репрезентативтілігінің жоғарылауымен және алдыңғы буын желілеріне тән есептеу кідірістерінің қысқаруымен байланысты.

Жалпы нәтижелерді интерпретациялау 5G желілерінің аграрлық процестерді басқару үшін сапалы жаңа технологиялық орта қалыптастыратынын көрсетеді. Егер 4G желілері деректерді беру мен коммуникацияның базалық талаптарын қамтамасыз ету деңгейінде қалса, бесінші буын желілері толық автономды, жоғары жиілікті мониторинг және нақты уақыт режимінде басқару жүйелерін іске асыруға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер аграрлық өндірістің цифрлық моделін институционалдық және технологиялық тұрғыдан жаңа деңгейге көтереді.

Талқылау

Зерттеу нәтижелері телекоммуникациялық инфрақұрылым параметрлері мен Қазақстанның ауылдық аумақтарында дәлме-дәл егіншілік технологияларын пайдалану тиімділігі арасындағы тұрақты тәуелділікті айқындады. Бұл тұжырым халықаралық зерттеулермен үйлеседі, онда желінің өткізу қабілеті, сигнал тұрақтылығы және деректерді беру жылдамдығы цифрлық агрожүйелердің жұмыс істеуіндегі негізгі факторлар ретінде көрсетіледі. Әсіресе сенсорлық өлшеулердің дәлдігі, автономды техника жұмысы және автоматтандырылған суару жүйелерінің тиімділігі интернет-қосылыстың сапасы өзгергенде едәуір сараланатыны анықталды. Бұл байланыс желісі аграрлық технологиялық тізбектің қосалқы элементі емес, керісінше оның құрылымдық компоненті екенін дәлелдейді.

Талдаудың маңызды аспектісі – өңірлік цифрлық инфрақұрылымның біркелкі емесігі. Зерттеу нәтижелері кең жолақты байланыстың таралу деңгейі, IoT-шешімдерінің қолданылуы және беспилоттық технологиялардың енгізілуі тұрғысынан өңірлер арасында айқын дифференциация бар екенін көрсетті. Бұл заңдылық шетелдік әдебиетте сипатталатын «цифрлық теңсіздік» феноменімен ұштасып, аграрлық шаруашылықтардың өнімділік деңгейінде және технологиялық жаңғыру қарқынында әртүрлілік тудырады. Қазақстан жағдайында инфрақұрылымдық асимметрия кең аумақтық құрылым, халықтың төмен тығыздығы және ауылдық елді мекендердің кеңістіктік фрагментациясы себебінен ерекше мәнге ие.

Автономды техника, мониторинг жүйелері және Big Data платформаларына жүргізілген қосымша талдау 4G және 5G желілері арасындағы сапалық айырмашылықтың технологиялық сипатқа ие екенін дәлелдеді. Төмен патенттілік пен жоғары тұрақтылық автономды басқару моделіне, нақты уақыттық мониторингке және жедел аналитикалық өңдеуге көшу үшін шешуші параметрлер ретінде көрінеді.

Қорытынды

1. Дәлме-дәл егіншілік технологияларының жұмыс тиімділігі телекоммуникациялық инфрақұрылымның өткізу қабілеті, патенттілігі мен деректерді беру жылдамдығына тәуелді.

2. Кең жолақты интернет пен 5G инфрақұрылымының аумақтық сәйкессіздігі ауыл шаруашылығы саласында цифрлық теңсіздікті күшейтіп, аймақтар арасындағы технологиялық айырмашылықтарды тереңдетеді.

3. 5G желілері нақты уақыт режиміндегі мониторинг пен автономды басқаруды қамтамасыз етіп, агроөндірістік процестердің неғұрлым күрделі және деректерге негізделген моделіне көшуге мүмкіндік береді.

4. Цифрлық трансформацияның нәтижелілігі тек инфрақұрылымға емес, фермерлер мен аграрлық мамандардың құзыреттері мен цифрлық сауаттылығына да байланысты. Сондықтан адами капитал факторын елеу маңызды.

5. Зерттеу нәтижелері ауылдық аумақтарда телекоммуникациялық инфрақұрылымды дамыту, инвестициялық басымдықтарды айқындау және цифрлық шешімдерді кезең-кезеңмен енгізу стратегияларын қалыптастыру үшін қолданбалы негіз береді; перспективалық бағыттар байланыс желілерінің экономикалық тиімділігін бағалау және аграрлық цифрлық кемелдену индикаторларын әзірлеумен байланысты.

Авторлардың үлесі: Мейрамбек Қарлығаш: мақаланың кіріспесін, мақаланың тақырыбы бойынша әдеби шолу, қорытындылары мен нәтижелерін жазуға үлес қосты; Камысбаев Марат Куралбекович: мақаланың әдістерін жазуға, зерттеу тақырыбы бойынша деректерді өңдеуге, басылымды редакциялауға үлес қосты.

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Әдебиеттер тізімі

[1] Farinha, C. 5G Internet in Rural Areas: Impacts, Challenges and Sustainable Strategies for Development / C. Farinha, F. Martins // Revista de Gestão Social e Ambiental. – 2025. – Vol. 19. – Article e011106. <https://doi.org/>

10.24857/rgsa.v19n1-177 (date of access: 02.12.2025).

[2] Silva, L.S., Rabelo, R., Leithardt, V.R.Q. A Review on IoT Applications in Smart Agriculture [Electronic resource]. – 2023. Available at: <https://www.researchgate.net> (date of access: 2.12.2025).

[3] Омаров, Т.С. Готовность регионов Казахстана к внедрению цифровых технологий: оценка инфраструктурных условий и факторов развития / Т.С. Омаров, А.М. Абдрашева // Вестник КазНУ. Серия экономическая. – 2023. – № 3. – С. 87–101.

[4] Ydyrys, S. Regulatory and Legal Support for the Development of Digital Infrastructure in Rural Areas as a Factor in Improving the Level of Sustainable Development and Quality of Life of the Rural Population / S. Ydyrys, N. Ibrayeva, F. Abugaliyeva, M. Zhaskairat, A. Uvaliyeva // Journal Of Environmental Management And Tourism.- 2023.- Vol.14.-Issue 5.-P. 2271 - 2280. [https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5\(69\).08](https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5(69).08)

[5] Al-Ghobari, H., Al-Sahaf, A., Awad, R. Advances in Precision Agriculture: A Review of Technologies, Applications and Future Prospects [Electronic resource].- 2024. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/394862834> (date of access: 2.12.2025).

[6] Balafoutis, A.T. Smart Farming Technologies: Trends, Challenges and Opportunities / A.T. Balafoutis, F.K. Van Evert, S. Fountas // Agronomy. – 2020. – Vol. 10. – Issue 5. – Article 743. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050743>.

[7] Hieu, P.V. Agricultural development based on CRISPR-CAS9 and Retrons techniques: A perspective application on tomato / P.V. Hieu, T.B. Toan // SABRAO Journal of Breeding and Genetics.- 2023. - Vol. 55.- № 1.- P. 237-253. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.1.22>.

[8] Delgado, J. Big Data Analysis for Sustainable Agriculture / J. Delgado, N.M. Short, D.P. Roberts, B. Vandenberg // FSUFS.- 2019.- Vol. 3. – P. 54.

[9] Hendricks, G.S. Economic and Environmental Consequences of Overfertilization under Extreme Weather Conditions / G.S. Hendricks, S. Shukla, F.M. Roka, R.P. Sishodia, T.A. Obreza, G.J. Hochmuth, J. Colee // Journal of Soil and Water Conservation.- 2019.- Vol. 74.- P.160-171.

[10] Karunathilake, E.M. The path to smart farming: innovations and opportunities in precision agriculture / E.M. Karunathilake, A.T. Le, S. Heo, Y.S. Chung, S. Mansoor // Agriculture. - 2023. - Vol. 13.- Issue 8. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081593>.

[11] Kokenova, A.T. Digital Transformation of Agriculture in the Republic of Kazakhstan / A.T. Kokenova, B.N. Sabenova, T.N. Mashirova, A.N. Aitymbetova, A.B. Abylkasym // Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2020. – N 3(331). – P. 68–75.

[12] Рыскельді, О. Цифровизация сельского хозяйства: состояние и перспективы /

О.Рыскельді, В. Шеломенцева, М. Миркович // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан.– 2023.– № 1. – С. 112-121.

[13] Сапарова, Г.К. Цифровизация агропромышленного комплекса Казахстана в условиях индустрии 4.0 / Г.К. Сапарова // Вестник университета «Туран». – 2022.– № 2(94). – С. 78-87.

[14] Калдыбаева, Д.О. Проблемы цифровизации сельского хозяйства Казахстана / Д.О. Калдыбаева // Вестник Семейского университета. – 2024. – № 1. – С. 55–63.

[15] Карбозова, А.С. Внедрение цифровых технологий в современное сельское хозяйство Казахстана / А.С. Карбозова, А.К. Бекхожаева, М.Ш. Кушенова // Новости науки Казахстана. – 2025. – № 2(137). – С. 90–102.

[16] Жумаксанова, К.М. Цифровизация аграрного сектора: состояние и перспективы / К.М. Жумаксанова // Central Asian Economic Review. – 2019. – № 4. – С. 92–100.

[17] Елпанова, М.А. Цифровизация сельского хозяйства Казахстана / М. А. Елпанова // Вестник Кызылординского открытого университета.-2025. -№5(8) – С. 67–71.

References

[1] Farinha, C., Martins, F. (2025). 5G Internet in rural areas: Impacts, challenges and sustainable strategies for development. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19, e011106. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-177> [in English].

[2] Silva, L.S., Rabelo, R., Leithardt, V.R.Q. (2023). A review on IoT applications in smart agriculture. Available at: <https://www.researchgate.net> (date of access: 02.12.2025) [in English].

[3] Omarov, T.S., Abdrasheva, A.M. (2023). Gotovnost' regionov Kazakhstana k vnedreniyu tsifrovyykh tekhnologii: otsenka infrastrukturykh uslovii i faktorov razvitiya [Readiness of regions of Kazakhstan for the implementation of digital technologies: assessment of infrastructural conditions and development factors]. *Vestnik KazNU – Bulletin of Kazakh National University. Economic Series*, 3, 87–101 [in Russian].

[4] Ydyrys, S., Ibrayeva, N., Abugaliyeva, F., Zhaskairat, M., Uvaliyeva, A. (2023). Regulatory and legal support for the development of digital infrastructure in rural areas as a factor in improving the level of sustainable development and quality of life of the rural population. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 14 (5), 2271–2280. [https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5\(69\).08](https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5(69).08) [in English].

[5] Al-Ghobari, H., Al-Sahaf, A., Awad, R. (2024). Advances in precision agriculture: A review of technologies, applications and future prospects. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/394862834> (date of access: 02.12.2025) [in English].

[6] Balafoutis, A.T., Van Evert, F.K., Fountas, S. (2020). Smart farming technologies: Trends, challenges and opportunities. *Agronomy*,

10 (5), 743. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050743> [in English].

[7] Hieu, P.V., Toan, T.B. (2023). Agricultural development based on CRISPR-CAS9 and retrans techniques: A perspective application on tomato. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55 (1), 237–253. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.1.22> [in English].

[8] Delgado, J., Short, N.M., Roberts, D.P., Vandenberg, B. (2019). Big data analysis for sustainable agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 54 [in English].

[9] Hendricks, G.S., Shukla, S., Roka, F.M., Sishodia, R.P., Obreza, T.A., Hochmuth, G.J., Colee, J. (2019). Economic and environmental consequences of overfertilization under extreme weather conditions. *Journal of Soil and Water Conservation*, 74, 160–171 [in English].

[10] Karunathilake, E.M., Le, A.T., Heo, S., Chung, Y.S., Mansoor, S. (2023). The path to smart farming: Innovations and opportunities in precision agriculture. *Agriculture*, 13 (8). <https://doi.org/10.3390/agriculture13081593> [in English].

[11] Kokenova, A.T., Sabenova, B.N., Mashirova, T.N., Aitymbetova, A.N., Abylkasym, A.B. (2020). Digital transformation of agriculture in the Republic of Kazakhstan. Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 3 (331), 68–75 [in English].

[12] Ryskeldi, O., Shelomentseva, V., Mirkovich, M. (2023). Tsifrovizatsiya sel'skogo khozyaistva: sostoyanie i perspektivy [Digitalization of agriculture: state and prospects]. *Vestnik Natsional'noi akademii nauk Respubliki Kazakh-*

stan – Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 1, 112–121 [in Russian].

[13] Saparova, G.K. (2022). Tsifrovizatsiya agropromyshlennogo kompleksa Kazakhstan v usloviyakh industrii 4.0 [Digitalization of the agro-industrial complex of Kazakhstan in the conditions of Industry 4.0]. *Vestnik universiteta "Turan" – Bulletin of Turan University*, 2 (94), 78–87 [in Russian].

[14] Kaldybaeva, D.O. (2024). Problemy tsifrovizatsii sel'skogo khozyaistva Kazakhstan [Problems of digitalization of agriculture in Kazakhstan]. *Vestnik Semeyskogo universiteta – Bulletin of Semey University*, 1, 55–63 [in Russian].

[15] Karbozova, A.S., Bekhozhaeva, A.K., Kushenova, M.Sh. (2025). Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologii v sovremennoe sel'skoe khozyaistvo Kazakhstan [Implementation of digital technologies in modern agriculture of Kazakhstan]. *Novosti nauki Kazakhstan – News of Science of Kazakhstan*, 2 (137), 90–102 [in Russian].

[16] Zhumaksanova, K.M. (2019). Tsifrovizatsiya agrarnogo sektora: sostoyanie i perspektivy [Digitalization of the agrarian sector: state and prospects]. *Central Asian Economic Review – Central Asian Economic Review*, 4, 92–100 [in Russian].

[17] Elpanova, M.A. (2025). Tsifrovizatsiya sel'skogo khozyaistva Kazakhstan [Digitalization of agriculture in Kazakhstan]. *Vestnik Kyzylordinskogo otkrytogo universiteta – Bulletin of Kyzylorda Open University*, 5 (8), 67–71 [in Russian].

Авторлар туралы ақпарат:

Мейрамбек Қарлығаш – негізгі автор; Ph.D докторанты «Менеджмент» кафедрасының; Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; 050040 Өл-Фараби даңғ., 71, Алматы қ., Қазақстан; e-mail: meirambek_k87@icloud.com; <https://orcid.org/0000-0003-2726-560X>

Камысбаев Марат Куралбекович; экономика ғылымдарының докторы, профессор; «Менеджмент және математикалық экономика» кафедрасының профессоры; Сәтбаев университеті; 050000 Сәтпаев көш., 22, Алматы қ., Қазақстан; e-mail: m.kamysbayev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-6592-6030>

Information about authors:

Meirambek Karlygash – The main author; Ph.D student of the Department of Management; Al-Farabi Kazakh National University; 050040 Al-Farabi Ave., 71, Almaty, Kazakhstan; e-mail: meirambek_k87@icloud.com; <https://orcid.org/0000-0003-2726-560X>

Kamysbayev Marat; Doctor of Economic Sciences, Professor; Professor of the Department of Management and Mathematical Economics; Satbayev University; 050000 Satpayev str., 22, Almaty, Kazakhstan; e-mail: m.kamysbayev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-6592-6030>

Информация об авторах:

Мейрамбек Қарлығаш – основной автор; докторант Ph.D кафедры «Менеджмент»; Казахский национальный университет им. аль-Фараби; 050040 пр. Аль-Фараби, 71, г.Алматы, Казахстан; e-mail: meirambek_k87@icloud.com; <https://orcid.org/0000-0003-2726-560X>

Камысбаев Марат Куралбекович; доктор экономических наук, профессор; профессор кафедры «Менеджмент и математическая экономика» Сатбаев университет; 050000 ул. Сатпаева, 22, г.Алматы, Казахстан; e-mail: m.kamysbayev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-6592-6030>