

Д.М. Ақынов¹ , А.М.Нұрғалиева^{2*} , В.И. Березюк³ ¹«Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ» КеАҚ,
Қарағанды қ., 100024, Қазақстан Республикасы;²Нархоз Университеті,

Алматы қ., 050035, Қазақстан Республикасы;

³Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті,
Қарағанды қ., 100009, Қазақстан Республикасы*e-mail: aliya_mn@mail.ru**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНЫҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫ: VOSVIEWER
НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҒАНДЫҚ ЗЕРТТЕУ ЛАНДШАФТЫ****Аңдатпа**

Тұрақты ауыл шаруашылығы қоршаған ортаның деградациясы, азық-түлік қауіпсіздігі және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану мәселелеріне байланысты бірнеше онжылдық бойы ғылыми зерттеулердің нысаны болып келеді. Соңғы жылдары цифрлық технологиялардың өсіп келе жатқан рөлі цифрландырудың тұрақты ауыл шаруашылығын дамытуға қосқан үлесін түсінуге деген қызығушылықты арттырды. Зерттеудің мақсаты: 1974–2025 жылдар аралығындағы тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы жағандық зерттеу кеңістігіне жан-жақты библиометриялық бағалау жүргізу, цифрландырудың экологиялық және экономикалық тұрақтылықты нығайтудағы рөлін нақты көрсету. Зерттеу нәтижелері бүкіл зерттеу кезеңі бойында ғылыми өнімнің ұзақ мерзімді өскенін, соның ішінде 2015 жылдан кейін ауа-райының өзгеруіне, БҰҰ-ның Тұрақты даму мақсаттарын қабылдау, сандық және дәл егіншілік технологияларының таралуына көп назар аударылуына байланысты айтарлықтай жеделдегенін көрсетеді. Зерттеу кеңістігі өзара байланысқан биологиялық, экологиялық, өндірістік және технологиялық кластерлер негізінде құрылымдалған. Соңғы зерттеулер цифрлық ауыл шаруашылығына, нақты егіншілікке және деректерге негізделген шешім қабылдауға барған сайын көбірек назар аударып, технологиялық тұрғыдан қамтамасыз етілген тұрақтылық тәсілдеріне бетбұрыс жасап жатқанын көрсетеді. Зерттеу үзік-үзік әдебиетті жүйелеп, тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулердегі құрылымдық өзгерістерді анықтау арқылы ғылыми үлес қосады. Практикалық тұрғыдан алғанда, алынған нәтижелер цифрлық технологиялар ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының ресурстарды пайдалану тиімділігін, экономикалық көрсеткіштерін және климаттық төзімділігін арттыратынын көрсетеді. Библиометриялық дәлелдер осы зерттеудің қосқан құндылығын растап, ауылшаруашылық кәсіпорындарын цифрландыру олардың тұрақты дамуын нығайтады деген негізгі гипотезаны қолдайды, бұл әсіресе ауылшаруашылық секторын жаңғыртуға ұмтылатын Қазақстан сияқты елдер үшін өзекті.

Негізгі сөздер: тұрақты ауыл шаруашылығы, цифрлық ауыл шаруашылығы, библиометриялық талдау, VOSviewer, тұрақты даму, ауылшаруашылық кәсіпорындары.

Кіріспе.

Тұрақты ауыл шаруашылығы соңғы онжылдықтарда ауа-райының өзгеруі, экологиялық деградация, азық-түлік қауіпсіздігі және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану мәселелерінің күшеюіне байланысты ғылыми зерттеулердің назарын арттырды [1]. Басқа шыққан мақалаларды қарап Экологиялық мәселелерден бөлек, ауыл шаруашылығы жүйелері өндіріс шығындарының өсуі, нарықтық құбылмалылық, өнімділік шектеулері және шаруашылық деңгейіндегі табыстың тұрақсыздығы сияқты экономикалық қысымдарға жиі ұшырайды. Осы контексте цифрлық технологиялардың қарқынды таралуы тек технологиялық өзгеріс ғана емес, сонымен қатар ауылшаруашылық кәсіпорындарының тиімділігін, бәсекеге қабілеттілігін және ұзақ мерзімді тұрақтылығын жақсартуға мүмкіндік беретін әлеуетті экономикалық механизм ретінде де пайда болды.

Тұрақты ауыл шаруашылығы туралы бар әдебиет кең әрі көпсалалы болып табылады, оған экологиялық ғылымдар, агрономия, экономика және саясат зерттеулері кіреді. Алғашқы зерттеулер негізінен экологиялық тұрақтылыққа, топырақты қорғауға және ресурстарды басқаруға бағытталған, ал экономикалық аспектілер көбінесе екінші дәрежелі немесе контекстік факторлар ретінде қарастырылған. Соңғы зерттеулер дәл егіншілікке, цифрлық

фермершілікке және ақылды технологияларға барған сайын көбірек назар аударып, олардың ресурстарды пайдалануды оңтайландыру және өнімділікті арттыру әлеуетін көрсетеді [2,3]. Алайда әдебиет әлі де бөлшектенген күйінде қалып отыр және цифрлық трансформацияны тұрақтылықтың экономикалық өлшемімен байланыстыратын жүйелі дәлелдер кең ауқымды тұрақты ауыл шаруашылығы зерттеулерінде әлі де жетіспейді. Атап айтқанда, экономикалық тиімділік, технологиялық инновация және тұрақтылық уақыт өте келе қалай бірігетінін көрсететін жан-жақты библиометриялық талдаулар шектеулі [4, 5].

Осы зерттеудің мақсаты – 1974–2025 жылдар аралығындағы тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы жаһандық зерттеу кеңістігіне жан-жақты библиометриялық бағалау жүргізу, цифрландырудың экологиялық және экономикалық тұрақтылықты нығайтудағы рөлін нақты көрсету. Зерттеу шашыраңқы зерттеу ағындарын жүйелеп, негізгі тақырыптық кластерлерді анықтап, өнімділікті арттыру, шығындарды азайту және тәуекелдерді басқару құралдары ретінде цифрлық технологиялардың өсіп келе жатқан интеграциясын аша отырып, әдебиетке үлес қосады. Практикалық тұрғыдан алғанда, зерттеу нәтижелері тұрақты дамуға экономикалық тұрғыдан тиімді жолдар іздейтін шешім қабылдаушылар мен ауылшаруашылық кәсіпорындары үшін маңызды түсініктер ұсынады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы ауыл шаруашылығы саласындағы жаһандық ғылыми-зерттеу кеңістігіне бағалау жүргізіліп, цифрландырудың тұрақтылық нәтижелерін нығайтудағы рөлі нақтыланған.

Мақала зерттеу аргументін біртіндеп дамытуға бағытталған құрылымда ұсынылған. Алдымен әдіснамалық шеңбер мен дереккөздер таныстырылып, одан кейін библиометриялық нәтижелердің егжей-тегжейлі баяндалуы – сипаттамалық көрсеткіштер, тақырыптық кластерлеу және зерттеу саласының уақыттық динамикасы – келтіріледі. Келесі бөлімде анықталған үрдістер мен олардың саясатқа, тәжірибеге және академиялық зерттеулерге ықпалы терең талқыланады. Мақала болашақ зерттеулердің негізгі бағыттарын айқындап, негізгі нәтижелерді қорытындылаумен аяқталады.

Зерттеудің теориялық негізі тұрақты даму, цифрлық трансформация және ауыл шаруашылығы өндіріс жүйелеріндегі экономикалық тиімділік ұғымдарына негізделген. Осы көзқарастарға сүйене отырып, зерттеу мына зерттеу сұрағына жауап іздейді: тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы жаһандық ғылыми зерттеулерде цифрландырудың рөлі қалай өзгерді және оның негізгі тақырыптық бағыттары қандай? Зерттеудің негізгі гипотезасы – соңғы жылдары цифрлық технологиялар тұрақты ауыл шаруашылығы зерттеулерінің маңызды бағытына айналып, ғылыми жарияланымдарда өнімділікті арттыру, ресурстарды тиімді пайдалану және климаттық тәуекелдерге бейімделу мәселелерімен тығыз байланыста қарастырылуда.

Зерттеу материалдары мен әдістері.

Бұл зерттеу тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы ғылыми білімнің қалыптасуы мен эволюциясын, сондай-ақ цифрлық технологиялардың осы үдерістегі орнын айқындауға бағытталған сандық библиометриялық тәсілге негізделеді. Библиометриялық дизайн кең уақыттық кезеңді қамти отырып, тұрақты ауыл шаруашылығы мен цифрландыру тоғысындағы ғылыми жарияланымдардың құрылымдық және тақырыптық сипаттамаларын кешенді бағалауға мүмкіндік береді [6, 7].

Зерттеудің эмпирикалық базасы ретінде Scopus халықаралық деректер қоры пайдаланылды. Бұл таңдау дерекқордың рецензияланатын журналдарды кең қамтуымен, метадеректердің стандартталған құрылымымен және ірі көлемдегі библиометриялық талдау жүргізуге қолайлылығымен негізделеді [8, 9]. Деректер жиынтығы 1974–2025 жылдар аралығында жарияланған және тұрақты ауыл шаруашылығы, цифрлық ауыл шаруашылығы, прецизионды егіншілік пен ақылды фермерлік ұғымдарын сипаттайтын кілтсөздер негізінде іріктелген ғылыми еңбектерді қамтиды.

Ғылыми нәтижелердің сенімділігін қамтамасыз ету мақсатында талдауға тек зерттеу мақалалары, шолу мақалалары және конференция материалдары енгізілді. Ал редакциялық

жазбалар, қысқаша хабарламалар және эмпирикалық мазмұны жоқ жарияланымдар деректер жиынтығынан алынып тасталды. Мұндай іріктеу тәсілі алынған мәліметтердің репрезентативтілігін арттыруға мүмкіндік берді [10, 11].

Зерттеу барысында стандартты библиометриялық индикаторлар қолданылды: жарияланымдардың жылдар бойынша саны, сілтемелер динамикасы, құжат түрлері, авторлық құрылым және кілтсөздердің жиілігі. Бұл көрсеткіштер зерттеу саласының сандық даму қарқынын және оның интеллектуалдық құрылымын сипаттау үшін пайдаланылды [12, 13]. Кілтсөздер деректері ғылыми тақырыптардың өзара байланысын анықтау және зерттеу кластерлерін қалыптастыру мақсатында бірге кездесу матрицаларын құруға негіз болды.

Деректерді талдау бірнеше өзара байланысты кезеңдерде жүзеге асырылды. Алғашқы кезеңде жарияланымдардың уақыттық динамикасы мен жалпы сілтеме үлгілерін анықтау үшін сипаттамалық библиометриялық талдау жүргізілді. Келесі кезеңде VOSviewer бағдарламалық құралы арқылы кілтсөздердің бірге кездесу желілері құрылып, негізгі тақырыптық кластерлер айқындалды [14, 15]. Қабатталған визуализация әдісі зерттеу тақырыптарының уақыт бойынша эволюциясын бағалауға мүмкіндік берсе, тығыздық карталары ғылыми белсенділіктің шоғырланған бағыттарын көрсетті.

Алынған нәтижелер микро-, мезо- және макродеңгейлерде интерпретацияланды. Бұл тәсіл биологиялық процестерді, ферма деңгейіндегі басқару тәжірибелерін және жүйелік деңгейдегі тұрақтылық пен институционалдық факторларды өзара байланыстыра отырып талдауға жағдай жасады [16, 17]. Қолданылған библиометриялық және желілік талдау әдістері цифрландырудың тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулерге ену ерекшеліктерін кешенді бағалауға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және оларды талқылау.

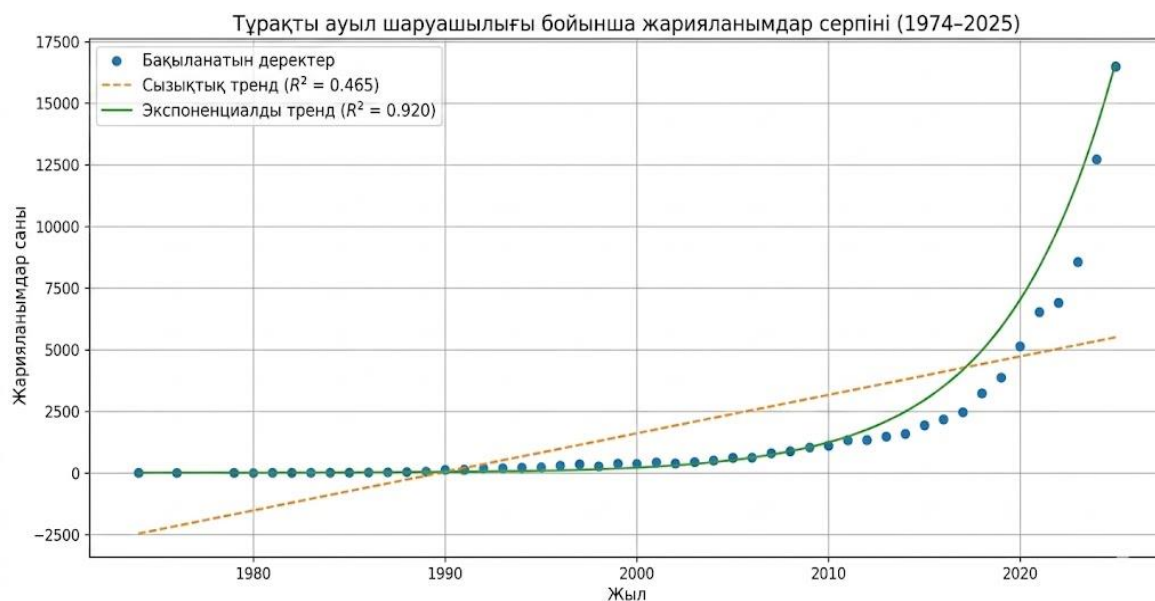
1974–2025 жылдар аралығындағы тұрақты ауыл шаруашылығы туралы жарияланымдар саны айқын өсу үрдісін көрсетеді. Алғашқы зерттеу жұмыстары шектеулі болып, негізінен қоршаған орта мен жерді пайдалану мәселелеріне бағытталды. 2000-жылдардың ортасынан бастап жарияланымдар саны айтарлықтай өсті, бұл ауыл шаруашылығындағы тұрақтылықтың жаһандық маңызының артып келе жатқанын көрсетеді. 2015 жылдан кейін айтарлықтай үдеу байқалады, бұл Тұрақты даму мақсаттарының (ТДМ) қабылдануымен және ауа-райының өзгеруі мен азық-түлік қауіпсіздігіне назар қойылудың жоғарылауымен байланысты. Жалпы алғанда, соңғы жарияланымдар динамикасы тұрақты ауыл шаруашылығының піскен және қарқынды дамып келе жатқан зерттеу саласына айналғанын көрсетеді.

Ситуациялық талдау жалпы ситуациялар санының тұрақты өсуін көрсетеді, бұл тұрақты ауыл шаруашылығы зерттеулерінің ғылыми ықпалының артып келе жатқанын растайды. Ертеректегі зерттеулер ситуацияларды біртіндеп жинақтаса, 2010 жылдан кейінгі жарияланымдар айтарлықтай жоғары ситуациялық қарқын көрсетеді. Бұл үрдіс зерттеу нәтижелерінің кеңеюін ғана емес, сонымен қатар ғылыми көріністің жақсарғанын көрсетеді: ең көп сілтеме жасалған еңбектер қоршаған ортаны қорғау, дақылдардың өнімділігі, экожүйе қызметтері және соңғы кездері дәл егіншілік пен цифрлық технологияларға арналған.

Журнал мақалалары басым құжат түрі болып табылады, бұл тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулердің негізінен рецензияланатын журналдар арқылы таратылатынын білдіреді. Шолу мақалалары, әсіресе соңғы жылдары, жарияланымдардың елеулі және өсіп келе жатқан үлесін құрайды, бұл ұғымдық тұжырымдамалардың нығаюын және жүйелі білім синтезіне қажеттілікті көрсетеді. Конференция мақалалары сияқты басқа құжат түрлері салыстырмалы түрде аз үлесті құрайды және негізінен жаңа технологиялық тақырыптарға байланысты.

Тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулерге қатысқан бірегей авторлардың саны уақыт өте келе тұрақты түрде өсіп келеді, бұл зерттеушілер қауымдастығының кеңеюі мен көпсалалы сипатын көрсетеді. Бір басылымға шаққанда авторлардың орташа санының артуы ауыл шаруашылығы, экологиялық ғылымдар, биология, экономика және деректер ғылымы салаларындағы ынтымақтастықтың өсіп келе жатқанын көрсетеді, бұл тұрақтылық

мәселелерінің күрделілігін және интеграцияланған зерттеу тәсілдеріне деген қажеттілікті айқындайды.



Сурет 1 – Тұрақты ауыл шаруашылығы бойынша жарияланымдардың динамикасы

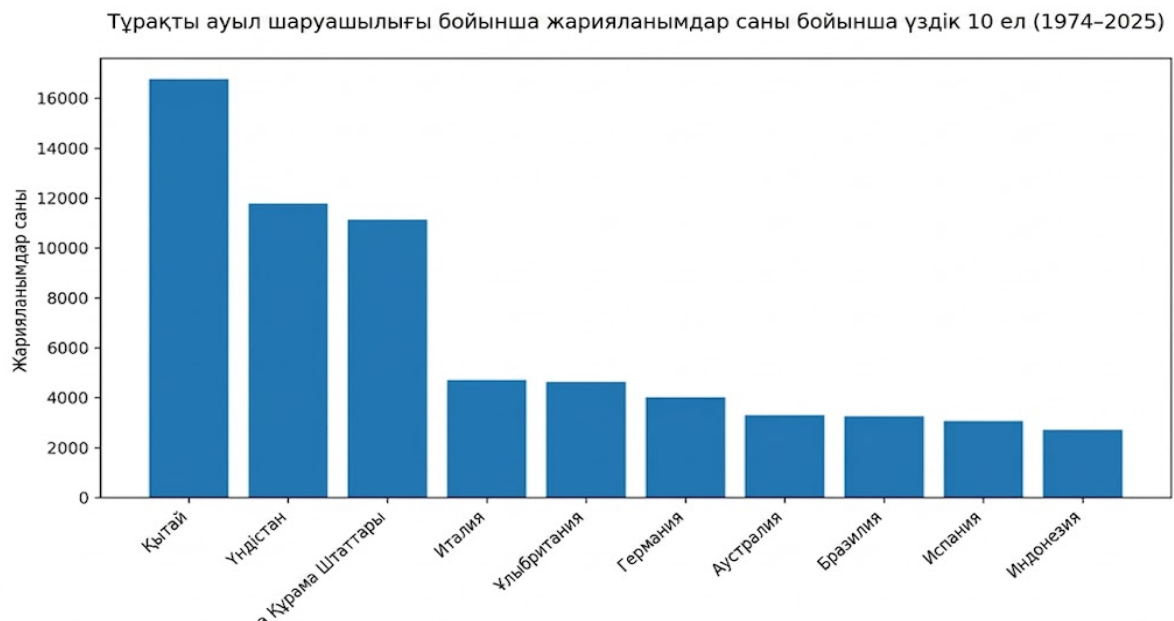
Ескерту: авторлар Scopus дерекқорынан (Elsevier) алынған мәліметтер негізінде <https://www.scopus.com> сайтынан жинақтаған.

Тұрақты ауыл шаруашылығы туралы жарияланымдардың ұзақ мерзімді динамикасы зерттеу саласының дамуында баяу, біртіндеп өсу кезеңінен тез кеңею кезеңіне айқын ауысуын көрсетеді. 1974-жылдан 1990-жылдардың басына дейін ғылыми еңбектердің көлемі өте шектеулі және эпизодтық сипатта болды, бұл сол кезде ауыл шаруашылығында тұрақтылыққа бағытталған біртұтас зерттеу бағдарламасының болмауын көрсетеді. 1990 жылдардан 2000 жылдардың басына дейін жарияланымдардың белсенділігі біртіндеп өсіп, негізінен сызықты үлгіде болды (1-сурет). Осы кезеңде зерттеулер негізінен қоршаған ортаны қорғауға, жерді пайдалануға және ресурстарды сақтауға бағытталып, тұрақты ауыл шаруашылығының тұжырымдамалық негіздерін қалыптастырды.

2015 жылдан кейін өсімнің сипаты айтарлықтай өзгергені байқалады. Жарияланымдар саны күрт өсіп, сызықтықтан ауытқып, экспоненциалды траекторияға жақындайды. Бұл үдеу бірнеше жаһандық оқиғалармен тұспа-тұс келеді. 2015 жылы Тұрақты даму мақсаттары қабылданғаннан кейін тұрақты ауыл шаруашылығының саяси маңызы айтарлықтай күшейіп, түрлі салалардағы академиялық қызығушылықты арттырды. Сонымен қатар, топырақтың деградациясы, су тапшылығы және экстремалды климаттық құбылыстар сияқты күшейіп келе жатқан климаттық қысымдар бейімделгіш және тұрақтылыққа бағытталған ауыл шаруашылығы зерттеулеріне сұранысты арттырды.

Сонымен қатар, дәл егіншілік, қашықтықтан зондтау және деректерге негізделген шешім қабылдау құралдары сияқты сандық технологиялардың қарқынды таралуы әдіснамалық мүмкіндіктерді кеңейтіп, зерттеудің жаңа бағыттарын ынталандырды. COVID-19 пандемиясы азық-түлік жүйелеріндегі құрылымдық осалдықтарды ашып, төзімділік пен тұрақтылықтың маңыздылығын айқындау арқылы зерттеуге деген назарды одан әрі күшейтті.

Экспоненциалды үрдістің күшейген түсіндірушілік қуаты тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулердің экологиялық сын-қатерлер, технологиялық өзгерістер және жаһандық жүйелік соққылардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде жеделдетілген және өзін-өзі күшейтетін өсім кезеңіне енгенін растайды.



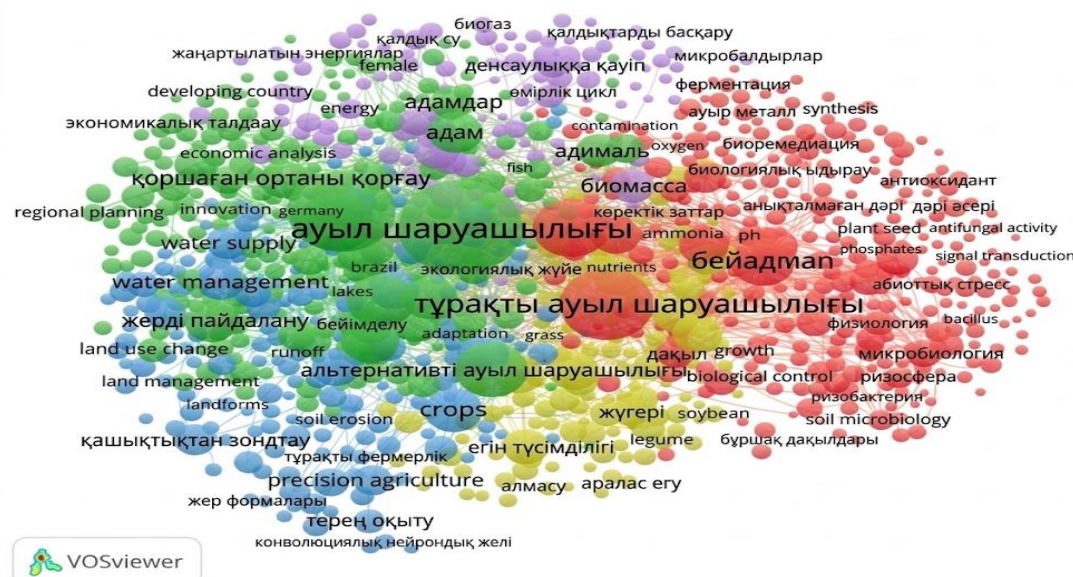
Сурет 2 – Тұрақты ауыл шаруашылығы бойынша жарияланымдар саны бойынша үздік 10 ел

Ескерту – авторлар Scopus дерекқорынан (Elsevier) алынған мәліметтер негізінде <https://www.scopus.com> сайтынан жинақтаған.

Тұрақты ауыл шаруашылығы туралы жарияланымдардың географиялық таралуы зерттеу қызметінің шектеулі сандағы елдерде жоғары шоғырлануын және кең ауқымды жаһандық қатысуын көрсетеді. 2025 жылға дейінгі Scopus деректері бойынша Қытай 16 762 жарияланыммен бірінші орында, одан кейін Үндістан (11 779) және АҚШ (11 140) орналасқан. Бұл үш ел әлемдік ғылыми-зерттеу өнімінің негізін құрайды, бұл олардың ірі ауыл шаруашылығы саласы, зор ғылыми әлеуеті және тұрақтылық мәселелеріне қатысуының артуын көрсетеді (2-сурет).

Еуропа елдері де маңызды рөл атқарады. Италия (4 707), Ұлыбритания (4 640), Германия (4 016), Испания (3 069), Франция (2 629) және Нидерланды (2 427) бірлесіп жарияланымдардың елеулі үлесін құрайды. Бұл үлгі тұрақты жерді пайдалану және агроэкологиялық зерттеулер саласындағы еуропалық экологиялық саясат пен ұзақ академиялық дәстүрлердің ықпалын көрсетеді. Сонымен қатар, бірнеше өсіп келе жатқан және дамушы экономикалар елеулі зерттеу белсенділігін көрсетеді. Бразилия (3 256), Индонезия (2 716), Пәкістан (2 151), Иран (1 946) және Оңтүстік Африка (1 613) климаттың өзгеруі, азық-түлік қауіпсіздігі және ресурстық шектеулерге байланысты өткір қиындықтарға тап болған аймақтарда тұрақты ауыл шаруашылығының өсіп келе жатқан маңыздылығын айқындайды. Қазақстанның (316 жарияланым) және басқа Орталық Азия елдерінің қатысуы, көлемі шағын болса да, өңірдің жаһандық ғылыми кеңістікке біртіндеп интеграциялануын көрсетеді.

Тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулердің географиялық құрылымы ірі ғылыми-зерттеу экономикаларының көшбасшылығын және дамушы өңірлердің үлесінің артуын көрсетеді, бұл ауыл шаруашылығындағы тұрақтылық мәселелерінің жаһандық маңызы мен шекарааралық сипатын растайды (3-сурет).



Сурет 3 – Желіні визуализациялау

Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған.

Тақырыптық кластерлерді салыстырмалы талдау экологиялық бағытталған және технологиялық тұрғыдан жүргізілетін зерттеу ағындары арасындағы айқын айырмашылықты көрсетеді(1-кесте).

Кесте 1 – Тұрақты ауыл шаруашылығы бойынша кілтсөздердің бірге кездесу желісінде анықталған тақырыптық кластерлер

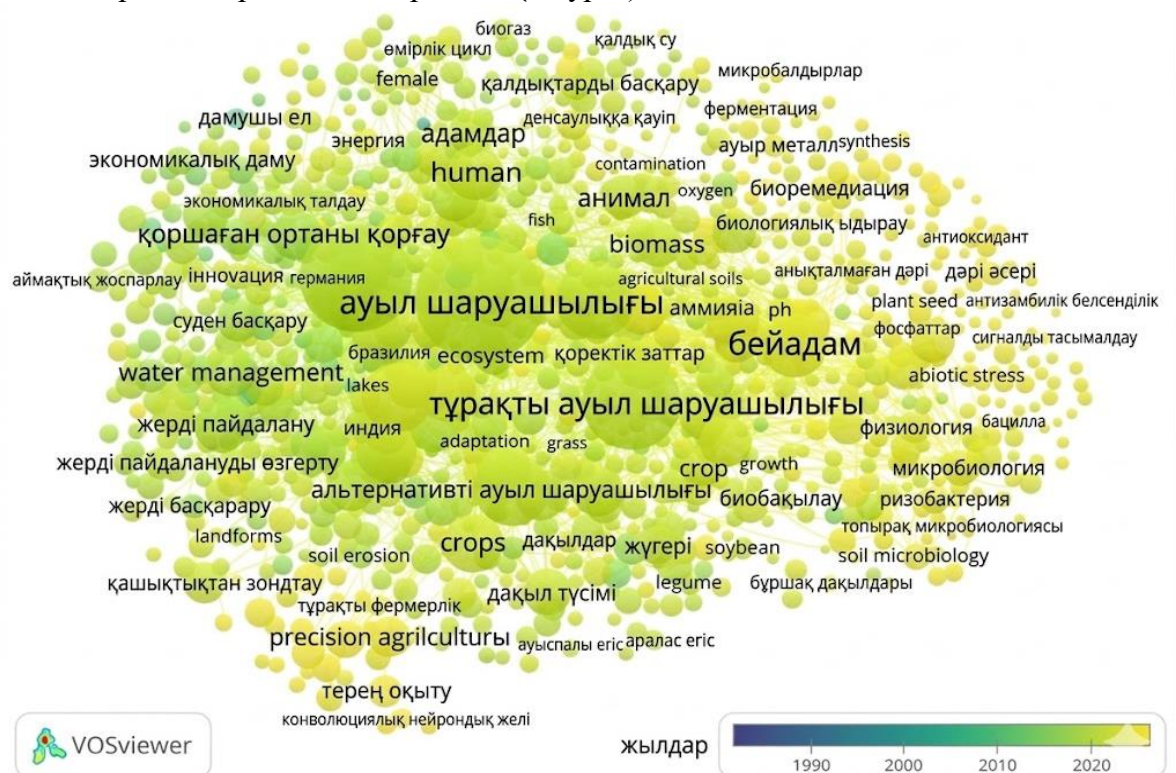
Кластер (Тақырыптық бағыт)	Негізгі репрезентативті кілт сөздер	Түсіндіру және тақырыптық мағына
Қызыл кластер-тұрақты ауыл шаруашылығының Биологиялық және биохимиялық негіздері	микробиология, топырақ микробиологиясы, ризосфера, биодegradация, биоремедиация, физиология, антиоксиданттар, абиотикалық стресс, өсімдік тұқымы, ген экспрессиясы	Бұл кластер тұрақты ауыл шаруашылығының биологиялық және биохимиялық өлшемдерін білдіреді. Зерттеулер топырақ-өсімдік-микробтардың өзара әрекеттесуіне, өсімдіктердің стресске физиологиялық реакцияларына және төзімділік пен өнімділікті қолдайтын биохимиялық механизмдерге бағытталған.
Жасыл кластер-Қоршаған ортаны қорғау және ресурстарды басқару	қоршаған ортаны қорғау, су шаруашылығы, сумен жабдықтау, жерді пайдалану, жерді пайдаланудың өзгеруі, экожүйе, ағынды сулар, топырақ эрозиясы, экономикалық даму	Бұл кластер ауыл шаруашылығындағы экологиялық тұрақтылық пен табиғи ресурстарды басқаруға, соның ішінде жер мен суды басқаруға, экожүйелерді сақтауға және саясатқа бағытталған шешімдер қабылдауға бағытталған зерттеулерді көрсетеді.
Көк кластер-Дәлме-дәл ауыл шаруашылығы және цифрлық технологиялар	дәлме-дәл ауыл шаруашылығы, қашықтықтан зондтау, терең оқыту, конволюциялық нейрондық желі, тұрақты ауыл шаруашылығы, шешімдерді қолдау, мониторинг	Бұл кластер тиімділік пен тұрақтылықты арттыруға бағытталған деректерге негізделген құралдар, жасанды интеллект және цифрлық бақылау жүйелері арқылы тұрақты ауыл шаруашылығының технологиялық трансформациясын көрсетеді.
Сары кластер-Дақылдар жүйесі және ауылшаруашылық өнімділігі	дақылдар, дақылдардың өнімділігі, жүгері, соя, бұршақ дақылдары, ауыспалы егіс, аралық егіс, қоректік заттар, топырақ құнарлылығы	Кластер агрономиялық тәжірибені азық-түлік қауіпсіздігі мен тұрақты өнімділікпен байланыстыра отырып, өсімдік шаруашылығы жүйелері мен өнімділікті оңтайландыруға бағытталған.
Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған		

Экологиялық кластерлер (қызыл, сары және жасыл) негізінен биологиялық процестерге, дақыл жүйелеріне және қоршаған ортаны басқаруға бағытталып, микро деңгейден макро деңгейге дейінгі аналитикалық сатыларда жұмыс істейді. Зерттеу саласының тақырыптық құрылымын одан әрі түсіндіру үшін анықталған кластерлер Біріккен Ұлттар Ұйымының Тұрақты даму мақсаттарына (SDGs) сәйкестендіріліп, олардың жаһандық тұрақтылық басымдықтарына қосқан үлесі айқындалды (2-кесте).

Кесте 2 – Тақырыптық кластерлерді Тұрақты даму мақсаттарымен (ТДМ) байланыстыру

Тақырыптық кластер	Тиісті SDG	Тұрақты дамуға қосқан үлесі
Қызыл кластер (Биологиялық және биохимиялық негіздер)	SDG 3, SDG 15	Биологиялық және физиологиялық зерттеулер арқылы топырақтың саулығын, өсімдіктердің төзімділігін және экожүйенің тұрақтылығын арттырады.
Сары кластер (Дақылдар жүйесі және өнімділік)	SDG 2, SDG 12	Тұрақты агрономиялық тәжірибелер арқылы азық-түлік қауіпсіздігі мен ресурстарды үнемдейтін өсімдік шаруашылығын қолдайды.
Жасыл кластер (Қоршаған ортаны қорғау және ресурстарды басқару)	SDG 6, SDG 13, SDG 15	Тұрақты жер және су ресурстарын басқару және климатқа бейімделу стратегияларына ықпал етеді.
Күлгін кластер (Айналмалы экономика және биоэнергетика)	SDG 7, SDG 12	Биомасса мен қалдықтарды кәдеге жарату арқылы жаңартылатын энергия көздерін өндіруге және айналмалы экономикаға үлес қосады.
Көк кластер (Цифрлық және дәлме-дәл ауыл шаруашылығы)	SDG 9, SDG 2, SDG 13	Цифрлық технологиялар мен дәл егіншілік арқылы инновацияларға, өнімділіктің өсуіне және климатқа төзімділікке ықпал етеді.
Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дереккөзі негізінде авторлар құрастырған		

Бұл карталау тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулердің өзара байланысты биологиялық, экологиялық және технологиялық жолдар арқылы бір уақытта бірнеше Тұрақты даму мақсаттарына әсер ететінін көрсетеді (4-сурет).



Сурет 4 – Қабатталған визуализация

Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған.

Тұрақты ауыл шаруашылығы зерттеулерінің Overlay визуализациясын талдау жасалынды (3-кесте).

Кесте 3 – Тұрақты ауыл шаруашылығы зерттеулерінің Overlay визуализациясын талдау

Уақыт аралығы	Зерттеудің басым бағыты	Негізгі сипаттамалары
1984–2010	Экологиялық және жердегі тұрақтылық	Топырақты сақтауға, суды басқаруға, жерді пайдаланудың өзгеруіне, биоәртүрлілікке және экожүйені қорғауға назар аударыңыз.
2010–2017	Интеграцияланған экологиялық-экономикалық тәсіл	Тұрақтылықты тиімділікпен байланыстыра отырып, дақылдардың өнімділігіне, қоректік заттарды басқаруға және экожүйелік қызметтерге назар аудару.
2018–2025	Цифрлық және дәлме-дәл ауыл шаруашылығы	Дәл егіншілікті, қашықтықтан зондтауды, машиналық оқытуды және ақылды ауыл шаруашылығын кеңейту.
Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған		

Тақырыптық кластерлердің салыстырмалы интерпретациясы бойынша қарастырылды. Оған қарама-қарсы, технологиялық кластер (көк) барлық талдау деңгейлерінде цифрлық құралдарды біріктіретін көлденең қабат ретінде қызмет етеді. Прецизионды ауыл шаруашылығы, жасанды интеллект және қашықтықтан зондтау биологиялық процестер, ферма деңгейіндегі басқару және саясаттық деңгейдегі тұрақтылық мақсаттары арасындағы байланысты қамтамасыз етеді (4-кесте).

Кесте 4 – Тақырыптық кластерлердің салыстырмалы интерпретациясы

Кластер	Үстем бағдар	Негізгі зерттеу бағыты	Аналитикалық деңгей (микро–мезо–макро)
Қызыл (Биологиялық)	Экологиялық	Топырақ микробиологиясы, өсімдіктер физиологиясы, стресске төзімділік	Микро
Сары (Дақыл жүйелері)	Экологиялық-өнімді	Өсімдік шаруашылығы жүйелері, өнімділікті қалыптастыру, қоректік заттарды басқару	Микро-Мезо
Жасыл (Экологиялық)	Экологиялық-саясат	Жерді пайдалану, су ресурстарын басқару, экожүйені қорғау	Мезо-Макро
Күлгін (Айналым экономика)	Экологиялық-технологиялық	Биомассаны кәдеге жарату, қалдықтарды басқару, өмірлік циклді талдау	Мезо
Көк (Сандық)	Технологиялық	Дәлме-дәл ауыл шаруашылығы, жасанды интеллект, қашықтықтан зондтау	Макро (көлденең кесу)
Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған			

Нәтижелер оқшауланған экологиялық тәсілдерден көп деңгейлі, технологиялық мүмкіндіктерге негізделген тұрақтылық шеңберлеріне құрылымдық ауысуды көрсетеді.

Кесте 5 – Тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы негізгі ғылыми бағыттар

Ғылыми бағыт	Негізгі тақырыптар мен әдістер	Библиометриялық талдаудың дәлелдері	Зерттеу деңгейі
Ауыл шаруашылығын цифрландыру	Жасанды интеллект, қашықтық зондтау, заттар интернеті, ірі деректер, шешім қабылдауды қолдау жүйелері	2018 жылдан кейінгі қабаттасқан визуализациядағы жаңа пайда болатын кілтсөздер; сандық (көк) кластердің үстемдігі	Макро (салааралық)
Прецизионды фермершілік	Аймаққа тән басқару, өнімділікті бақылау, сенсорларға негізделген суару	Егін, жерді пайдалану және су ресурстарын басқару кілтсөздерімен мықты бірге кездесуі	Мезо

Ауа-райына төзімділік	Климатқа бейім ауыл шаруашылығы, бейімделу стратегиялары, стресске төзімділік	Уақыт аралықтары бойынша экологиялық және биологиялық кластерлермен тығыз байланысы	Микро–макро
Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған			

Библиометриялық талдау қазіргі заманғы тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулерді қалыптастыратын үш басты ғылыми үрдісті анықтайды (5-кесте). Біріншіден, ауыл шаруашылығын цифрландыру салааралық үрдіс ретінде пайда болып, деректерге негізделген шешім қабылдауға және жүйелік деңгейде оңтайландыруға мүмкіндік береді. Екіншіден, дәлме-дәл егіншілік цифрлық құралдарды мезодеңгейде қолданудың үлгісі болып табылады, ол нақты жер учаскелеріндегі ресурстарды басқаруға және өндіріс тиімділігін арттыруға бағытталған. Үшіншіден, климаттық төзімділікке артқан назар ауыл шаруашылығы жүйелерін климаттың құбылмалылығы мен экстремалды құбылыстарға бейімдеу қажеттілігінің артып келе жатқанын көрсетеді. Осы үрдістер дәстүрлі тұрақтылық тәсілдерінен технологиялық мүмкіндіктерге негізделген және төзімділікке бағытталған зерттеу шеңберлеріне көшуді көрсетеді.

Библиометриялық нәтижелер жаһандық тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулерде дамушы елдердің айтарлықтай аз көрсетілгенін көрсетеді. Ғылыми өнім негізінен зерттеу инфрақұрылымы дамыған және қаржыландыруы тұрақты шектеулі елдерде шоғырланған, ал көптеген дамушы өңірлер жарияланымдардың салыстырмалы түрде аз үлесін қосады. Бұл теңгерімсіздік осы өңірлерде тұрақтылық мәселелері жиі өткір болатынына қарамастан сақталуда. Сонымен бірге, дамушы елдер зерттеуді кеңейтуге елеулі әлеует көрсетеді. Климаттық тәуекелдерге, жердің деградациясына және азық-түлік қауіпсіздігіне қатысты қысымның жоғары болуы тұрақты және бейімделгіш ауыл шаруашылығы шешімдеріне жоғары сұраныс тудырады. Алайда библиометриялық деректер осы елдердегі зерттеулер әлі де дәстүрлі экологиялық және өндірістік тақырыптарға шоғырланғанын, цифрлық ауыл шаруашылығы мен дәл егіншілікке қатысуы шектеулі екенін көрсетеді.

Қазақстан да осы жалпы үрдісті көрсетеді. Оның жаһандық ғылыми-зерттеу кеңістігіндегі үлесі жетекші елдермен салыстырғанда әлі де аз, тіпті ұлттық ауыл шаруашылығы секторы экономикалық тұрғыдан маңызды болып, тұрақтылық пен цифрландыру бағдарламаларының ықпалы күшейіп келеді. 2015 жылдан кейінгі кезеңде жаһандық зерттеу траекториясы қарқынды өсім мен технологиялық әртараптылықты көрсетсе, Қазақстандағы зерттеу нәтижелері баяу және технологиялық тұрғыдан аз бағытталған.

Әлемдік динамикамен салыстыру өзектіліктің жоқтығын емес, құрылымдық зерттеу алшақтығын көрсетеді. Халықаралық ынтымақтастықты кеңейту, цифрлық технологияларға қолжетімділікті жақсарту және ұлттық зерттеу басымдықтарын жаһандық тұрақтылық пен инновациялық үрдістермен үйлестіру Қазақстанда және басқа да дамушы елдерде тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулердегі рөлін айтарлықтай нығайта алады.

Кесте 6 – Библиометриялық нәтижелер негізінде алынған саясаттық ұсыныстар

Саясаттың бағыты	Негізгі саясаттық ұсыныс	Библиометриялық нәтижелерге сілтеме
Цифрлық бағдарламалар	Деректерге негізделген ферманы басқару мен бақылауды қолдау үшін ұлттық және өңірлік цифрлық ауыл шаруашылығы бағдарламаларын әзірлеу және іске асыру	Қатпарлы талдауда цифрлық ауыл шаруашылығы мен дәл ауыл шаруашылығы тақырыптарының қарқынды өсуі
Инновацияларды қолдау	Ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға ынталандыру шараларын, агротехнологиялық стартаптарды	Технологиялық кластерлердің үстемдігі және бірге кездесу желісінде дәл ауыл шаруашылығының рөлінің артуы

	және технологияларды беру механизмдерін қоса алғанда, ауыл шаруашылығы инновацияларын мемлекеттік қолдауды күшейту	
Климаттық бастамалар	Ауыл шаруашылығы саясатының құрылымдарына климатқа бейімделу және төзімділік шараларын интеграциялау	Экологиялық кластерлер мен климаттық зерттеу тақырыптары арасындағы мықты байланыс
Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған		

Библиометриялық нәтижелер ауыл шаруашылығындағы мемлекеттік саясаттың цифрлық трансформацияға, инновацияларды қолдауға және климаттық төзімділікке барған сайын көбірек назар аударуы тиіс екенін көрсетеді. Цифрлық ауыл шаруашылығы саласындағы зерттеулердің қарқынды кеңеюі арнайы цифрлық бағдарламалардың қажеттілігін айқындайды, ал дәл егіс технологиясының өсіп келе жатқан маңызы инновацияға бағытталған қолдау құралдарының рөлін ерекше көрсетеді. Сонымен қатар, климаттық зерттеулердің бағыттары қоршаған ортаның күшейіп келе жатқан тәуекелдерін еңсеру үшін ауыл шаруашылығы саясатында бейімделгіш және төзімділікке негізделген тәсілдерге басымдық беру қажеттігін көрсетеді.

Кесте 7 – Ауыл шаруашылығы мүдделі тараптары үшін практикалық ұсыныстар

Сенсорларды орналастыру	Шаруашылық деңгейінде топырақтың ылғалдылығын, ауа-райын және дақылдардың шығымын бақылайтын сенсорларды енгізу	Аландағы жағдайларды бақылауды жақсарту, ресурстардың шығынын азайту, уақытылы шешім қабылдау
Жасанды интеллект негізіндегі өнімділік болжауы	Егін өнімділігін болжау және тәуекелдерді бағалау үшін жасанды интеллект пен машинамен оқыту модельдерін қолдану	Алдын ала болжаудың дәлдігін арттыру, стресс факторларын ерте анықтау, өндірісті жоспарлауды жақсарту
Фермерлерді оқыту	Цифрлық сауаттылықты, сенсорларды пайдалануды және деректерді талдауды дамытуға бағытталған оқыту бағдарламалары	Сандық құралдарды кеңінен қолдану, ферманы басқару дағдыларын жетілдіру, өнімділікті арттыру
Ескерту: VOSViewer көмегімен Scopus дерекқоры негізінде авторлар құрастырған		

Зерттеу нәтижелері ауыл шаруашылығы мүдделі тараптары үшін бірнеше практикалық ұсыныстарды айқындайды (7-кесте). Сенсорлық технологияларды енгізу топырақ пен дақылдардың жағдайын нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік беріп, ресурстарды тиімді пайдалануды қамтамасыз етеді. Жасанды интеллект негізіндегі өнімді болжау модельдері климаттық белгісіздік жағдайында өндірісті жоспарлау мен тәуекелдерді басқаруды жақсартады. Сонымен қатар, фермерлердің цифрлық дағдыларын арттыруға және озық технологияларды күнделікті ауыл шаруашылығы тәжірибесіне тиімді енгізуді қамтамасыз етуге бағытталған мақсатты оқыту бағдарламалары маңызды.

Бұл зерттеу тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы жаһандық зерттеулердің тақырыптық дамуын, басым бағыттарын және жаңа тенденцияларын жан-жақты, құрылымдық шолу арқылы әдебиетке үлес қосады. Сипаттамалық библиометрика мен желілік талдауды біріктіре отырып, зерттеу тұрақтылыққа қатысты тақырыптардың негізінен экологиялық мәселелерден технологиялық шешімдер мен төзімділікке бағытталған тәсілдерге қалай ауысқанын анықтайды.

VOSviewer құралын қолдану кілтсөздер, зерттеу тақырыптары мен уақыт кезеңдері арасындағы күрделі байланыстарды визуализациялауға мүмкіндік беретіндіктен, орталықтандырылған әдістемелік рөл атқарады. Бірге кездесу, қабаттасу және кластерлік талдау әдістерін пайдалану дәстүрлі әңгімелеме шолулар арқылы оңай анықталмайтын

жасырын тақырыптық құрылымдарды анықтауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде зерттеу библиометриялық карталаудың әдебиеттің үлкен көлемін синтездеу және ғылыми үрдістерді дәлелдерге негізделген түсіндіруді қолдау құралы ретіндегі құндылығын көрсетеді.

Тұрақты ауыл шаруашылығынан бөлек, осы зерттеуде қолданылған әдіснамалық шеңбер агроөнеркәсіптік жүйелер, экологиялық экономика, жаңартылатын энергия немесе климат саясаты саласындағы зерттеулерде қайта қолдануға жоғары әлеуетке ие. Scopus деректері мен VOSviewer негізіндегі талдауды біріктіру әртүрлі салаларда тақырыптық динамиканы, зерттеудегі олқылықтарды және салалараралық байланыстарды зерттеуге оңай бейімделе алады, осылайша салыстырмалы және салалараралық академиялық зерттеулерді жетілдіреді.

Кесте 8 – Аналитикалық деңгей бойынша болашақ зерттеу бағыттарының матрицасы

Зерттеу бағыты	Micro level	Meso level	Macro level
ТМД елдеріндегі цифрлық ауыл шаруашылығы		✓	✓
Экономикалық тұрақтылық модельдері		✓	✓
Ауыл шаруашылығындағы жасанды интеллект және машинамен оқыту	✓	✓	
Климаттық тәуекелдер және төзімділік	✓	✓	✓
Аймақтық салыстырмалы зерттеулер			✓
Ескерту: VOSviewer көмегімен Scopus дереккөзі негізінде авторлар құрастырған			

Матрица аналитикалық деңгейлер бойынша болашақ зерттеу бағыттарының айқын айырмашылығын көрсетеді (8-кесте). ТМД елдеріндегі цифрлық ауыл шаруашылығы мен экономикалық тұрақтылық модельдері негізінен мезо және макро деңгейлерде орналасқан, бұл институционалдық құрылымдардың, шаруашылық жүйелерінің және саяси ортаның ауқымды енгізу мен әсер ету үшін маңыздылығын көрсетеді. Бұл бағыттар үйлестірілген инвестициялар, нормативтік қолдау және өңіраралық стратегияларды талап етеді.

Ауыл шаруашылығындағы жасанды интеллект пен машинамен оқыту саласындағы зерттеулер микро және мезо деңгейлерді қамтиды, бұл дала деңгейіндегі деректерге, дақылдарға арналған арнайы қолданбаларға және ферманы басқаруды оңтайландыруға баса назар аударылатынын көрсетеді. Бұл позиция технологиялық жетістіктердің тек саясат деңгейінде ғана емес, операциялық шаруашылық жүйелеріне енгізілгенде әлдеқайда тиімді болатынын көрсетеді.

Климаттық тәуекелдер мен төзімділік шын мәнінде көп деңгейлі зерттеу бағыты ретінде көрініс табады, оған микродеңгейдегі биологиялық жауаптар, мезодеңгейдегі фермаларды бейімдеу стратегиялары және макродеңгейдегі климат пен тұрақтылық саясаты кіреді. Бұл ауқым ауыл шаруашылығындағы климаттық мәселелердің жүйелік сипатын айқындайды. Соңында, өңірлік салыстырмалы зерттеулер макродеңгейде шоғырланған, мұнда елдер мен өңірлер арасындағы талдаулар тұрақтылық жолдарындағы құрылымдық айырмашылықтарды, цифрлық технологияларды қабылдауды және саясаттың тиімділігін анықтай алады.

Қорытынды

Зерттеу Scopus деректері мен VOSviewer негізіндегі желілік талдауды пайдалана отырып, тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы жаһандық зерттеу кеңістігінің жүйелі библиометриялық бағалауын ұсынады. Нәтижелер 2015 жылдан кейінгі кезеңде ғылыми еңбектердің тұрақты әрі қарқынды өсуін растайды, бұл тұрақтылық мәселелерінің, климаттың өзгеруінің қысымы мен ауыл шаруашылығындағы технологиялық инновациялардың маңызының артуын көрсетеді.

Талдау биологиялық, экологиялық, өндірістік және технологиялық зерттеу кластерлерінен тұратын айқын құрылымдалған тақырыптық кеңістікті көрсетеді. Ал бұрынғы зерттеулер негізінен жерді пайдалану, топырақты қорғау және экологиялық қорғау мәселелеріне арналса, соңғы зерттеулер цифрлық және дәл егіншілікке айтарлықтай ауысуды

көрсетеді. Қабаттасу және бірге кездесу талдаулары цифрлық технологиялардың микродеңгейдегі биологиялық процестерді, мезодеңгейдегі ферма басқару тәжірибелерін және макродеңгейдегі тұрақтылық пен саясаттық мақсаттарды байланыстыратын интеграциялық қабат ретінде қызмет ететінін көрсетеді.

Ғылыми тұрғыдан алғанда, бұл зерттеу шашыраңқы әдебиетті біріктіріп, тұрақты ауыл шаруашылығы саласындағы цифрландырудың дамып келе жатқан рөліне қатысты эмпирикалық дәлелдер ұсына отырып, өз үлесін қосады. Нәтижелер көрсеткендей, дәл егіншілік технологиялары, қашықтықтан зондтау, жасанды интеллект және деректерге негізделген шешім қабылдау жүйелері сияқты цифрлық құралдар тар салалық қолданбалардан тұрақтылыққа бағытталған ауыл шаруашылығы зерттеулерінің негізгі құрамдас бөліктеріне айналды. Осы нәтижелердің практикалық және экономикалық маңызы зор. Сандық технологиялар тек экологиялық көрсеткіштерді жақсартып қана қоймай, сонымен бірге өнімділікті арттыру, шығындарды азайту, ресурстарды оңтайлы бөлу және климаттық белгісіздік жағдайында өндіріс тәуекелдерін төмендету арқылы ауылшаруашылық кәсіпорындарының экономикалық тұрақтылығын нығайтады. Бұл әсерлер ауылшаруашылық секторы үлкен және өндіріс жағдайлары әртүрлі елдер үшін аса маңызды.

Қазақстан жағдайында алынған нәтижелер сандық ауылшаруашылық шешімдерді кеңінен енгізу арқылы тұрақты дамуды жеделдетудің маңызды мүмкіндіктерін көрсетеді. Елдің қазіргі зерттеу саласындағы қатысуы жаһандық деңгейде әлі де шектеулі болғанымен, цифрландыру стратегияларын экономикалық тиімділік пен тұрақтылық мақсаттарымен үйлестіру ауылшаруашылық кәсіпорындарының бәсекеге қабілеттілігі мен төзімділігін айтарлықтай арттыруы мүмкін. Жалпы алғанда, библиометриялық дәлелдер осы зерттеудің негізгі гипотезасын растайды: ауылшаруашылық кәсіпорындарын цифрландыру олардың тұрақты дамуын нығайтады, экономикалық көрсеткіштерді жақсартып қана қоймай, сонымен бірге ұзақ мерзімді экологиялық және әлеуметтік мақсаттарды да ілгерілетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Rotz, S., Gravelly, E., Mosby, I., et al. (2021) Digital agricultural technologies and the future of farming. *International Journal of Agricultural Sustainability*. Vol. 19. No. 3–4. P. 240–256.
2. Bronson, K. (2022) Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*. Vol. 94. P. 74–83.
3. Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M., Dela Rue, B. (2021) Managing socio-ethical challenges in the development of smart farming. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*. Vol. 93. P. 56–67.
4. Fielke, S., Taylor, B., Jakku, E. (2020) Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks. *Rural Society*. Vol. 29. No. 3. P. 154–175.
5. Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., et al. (2021) Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*. Vol. 2. P. 266–272.
6. Finger R., Swinton S. M., El Benni N., Walter A. (2019) Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment. *Annual Review of Resource Economics*. Vol. 11. P. 313–335.
7. Basso B., Antle J. (2020) Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*. Vol. 3, № 4. P. 254–256.
8. Beillouin D., et al. (2020) A review of agroecological practices. *Nature Sustainability*. Vol. 3, № 9. P. 716–723.
9. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. (2020) A review of social science on digital agriculture. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*. Vol. 90–91. Art. 100315.
10. Lajoie-O'Malley A., Bronson K., van der Burg S., Klerkx L. (2020) The future(s) of digital agriculture. *Sustainability*. Vol. 12, № 6. Art. 2294.
11. Ayaz M., Ammad-Uddin M., Sharif Z., Mansour A., Aggoune E.-H. (2022) Internet of Things for smart agriculture. *Sensors*. Vol. 22, № 7. Art. 2453.
12. World Bank. (2021) Digital technologies in agriculture and rural areas. *World Bank Research Observer*. Vol. 36, № 2. P. 151–171.
13. Sharma R., Kamble S., Gunasekaran A., Kumar V. (2021) Digital technologies and sustainable agriculture. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 163. Art. 120434.
14. Rose D. C., Chilvers J. (2021) Agriculture 4.0: Responsible innovation in smart farming. *Frontiers in*

Sustainable Food Systems. Vol. 5. Art. 699789.

15. Saiz-Rubio V., Rovira-Más F. (2020) From smart farming to agriculture 5.0. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 176. Art. 105587.

16. Reidsma P., et al. (2021) Sustainable intensification in agriculture. Agricultural Systems. Vol. 190. Art. 103118.

17. Zhou L., et al. (2021) Climate-smart agriculture and digital technologies. Journal of Cleaner Production. Vol. 328. Art. 129509.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ГЛОБАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЛАНДШАФТ НА ОСНОВЕ VOSVIEWER

Аннотация

Устойчивое сельское хозяйство было объектом научных исследований в течение нескольких десятилетий из-за проблем деградации окружающей среды, продовольственной безопасности и эффективного использования природных ресурсов. В последние годы растущая роль цифровых технологий вызвала растущий интерес к пониманию вклада цифровизации в развитие устойчивого сельского хозяйства. Цель исследования: провести всестороннюю библиометрическую оценку глобального исследовательского пространства в области устойчивого сельского хозяйства в период с 1974 по 2025 год, наглядно продемонстрировать роль цифровизации в укреплении экологической и экономической стабильности. Результаты исследования показывают долгосрочный рост научной продукции на протяжении всего периода исследования, значительно ускорившись после 2015 года из-за растущего внимания к изменению климата, принятия целей ООН в области устойчивого развития и распространения технологий цифрового и точного земледелия. Пространство исследования структурировано на основе взаимосвязанных биологических, экологических, промышленных и технологических кластеров. Недавние исследования показывают, что все больше внимания уделяется цифровому сельскому хозяйству, точному сельскому хозяйству и принятию решений на основе данных, что делает поворот к технологически обеспеченным подходам к устойчивому развитию. Исследование вносит научный вклад, систематизируя прерывистую литературу и выявляя структурные изменения в исследованиях в области устойчивого сельского хозяйства. С практической точки зрения полученные результаты показывают, что цифровые технологии повышают эффективность использования ресурсов, экономические показатели и климатическую устойчивость сельскохозяйственных предприятий. Библиометрические данные подтверждают ценность этого исследования и подтверждают основную гипотезу о том, что цифровизация сельскохозяйственных предприятий способствует их устойчивому развитию, что особенно актуально для таких стран, как Казахстан, которые стремятся модернизировать сельскохозяйственный сектор.

Ключевые слова: устойчивое сельское хозяйство, цифровое сельское хозяйство, библиометрический анализ, VOSviewer, устойчивое развитие, сельскохозяйственные предприятия.

SUSTAINABLE AGRICULTURAL DEVELOPMENT: A GLOBAL RESEARCH LANDSCAPE BASED ON VOSVIEWER

Annotation

Sustainable agriculture has been the subject of scientific research for several decades related to environmental degradation, food security and the efficient use of Natural Resources. In recent years, the growing role of digital technologies has increased interest in understanding the contribution of digitalization to the development of sustainable agriculture. The purpose of the study is to conduct a comprehensive bibliometric assessment of the global research space in the field of sustainable agriculture from 1974 to 2025, to demonstrate clearly the role of digitalization in strengthening environmental and economic stability. The results of the study show a long-term increase in scientific output throughout the research period, significantly accelerated after 2015 due to increased attention to climate change, the adoption of the UN Sustainable Development Goals and the spread of quantitative and precision farming technologies. The research space is structured on the basis of interconnected biological, environmental, industrial and technological clusters. The latest research shows that increasing attention is being paid to digital agriculture, precision farming and data-driven decision-making, making a shift towards technologically sound sustainability approaches. The study makes scientific contributions by systematizing fragmentary literature and identifying structural changes in research in the field of sustainable agriculture. From a practical point of view, the results obtained show that digital technologies increase the efficiency of resource use, economic indicators and Climate Resilience of agricultural enterprises. Bibliometric evidence underscores the added value of this study and supports the main hypothesis that digitalization of agricultural enterprises strengthens their sustainable development, which is especially relevant for countries such as Kazakhstan, seeking to modernize the agricultural sector.

Key words: sustainable agriculture, digital agriculture, bibliometric analysis, VOSviewer, sustainable development, agricultural enterprises.

REFERENCES

1. Rotz, S., Gravelly, E., Mosby, I., et al. (2021) Digital agricultural technologies and the future of farming. *International Journal of Agricultural Sustainability*. Vol. 19. No. 3–4. P. 240–256. [in English]
2. Bronson, K. (2022) Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*. Vol. 94. P. 96. [in English]
3. Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M., Dela Rue, B. (2021) Managing socio-ethical challenges in the development of smart farming. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*. Vol. 93. P. 123. [in English]
4. Fielke, S., Taylor, B., Jakku, E. (2020) Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks. *Rural Society*. Vol. 29. No. 3. P. 154–175. [in English]
5. Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., et al. (2021) Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*. Vol. 2. P. 266–272. [in English]
6. Finger R., Swinton S. M., El Benni N., Walter A. (2019) Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment. *Annual Review of Resource Economics*. Vol. 11. P. 313–335. [in English]
7. Basso B., Antle J. (2020) Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*. Vol. 3, № 4. P. 254–256. [in English]
8. Beillouin D., et al. (2020) A review of agroecological practices. *Nature Sustainability*. Vol. 3, № 9. P. 716–723. [in English]
9. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. (2020) A review of social science on digital agriculture. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*. Vol. 90–91. Art. 100315. [in English]
10. Lajoie-O'Malley A., Bronson K., van der Burg S., Klerkx L. (2020) The future(s) of digital agriculture. *Sustainability*. Vol. 12, № 6. Art. 2294. [in English]
11. Ayaz M., Ammad-Uddin M., Sharif Z., Mansour A., Aggoune E.-H. (2022) Internet of Things for smart agriculture. *Sensors*. Vol. 22, № 7. Art. 2453. [in English]
12. World Bank. (2021) Digital technologies in agriculture and rural areas. *World Bank Research Observer*. Vol. 36, № 2. P. 151–171. [in English]
13. Sharma R., Kamble S., Gunasekaran A., Kumar V. (2021) Digital technologies and sustainable agriculture. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 163. Art. 120434. [in English]
14. Rose D. C., Chilvers J. (2021) Agriculture 4.0: Responsible innovation in smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 5. Art. 699789. [in English]
15. Saiz-Rubio V., Rovira-Más F. (2020) From smart farming to agriculture 5.0. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 176. Art. 105587. [in English]
16. Reidsma P., et al. (2021) Sustainable intensification in agriculture. *Agricultural Systems*. Vol. 190. Art. 103118. [in English]
17. Zhou L., et al. (2021) Climate-smart agriculture and digital technologies. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 328. Art. 129509. [in English]

Information about authors:

Akynov Dossymkhan Meirkhanuly – doctoral student of the Department of Economics and international business of Karaganda National Research University named after academician Ye.A. Buketov, Karaganda, Republic of Kazakhstan

E-mail: dosim.kz@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7216-3616>

Nurgaliyeva Aliya Miyazhdenovna - **corresponding author**, candidate of Economic Sciences, PhD, associate professor of the School of Economics and management of Narkhoz University, Almaty, Republic of Kazakhstan

E-mail: aliya_mn@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6044-6926>

Beryozyuk Valentina Ivanovna – Doctor of Economics, Professor, Karaganda University of Kazpotreboysuz, Karaganda, Republic of Kazakhstan

E-mail: valuha-hilo@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6239-7021>

Информация об авторах:

Акынов Досымхан Мейрханулы – докторант кафедры экономики и международного бизнеса Карагандинского национального исследовательского университета имени академика Е.А. Букетова, г. Караганда, Республика Казахстан

E-mail: dosim.kz@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7216-3616>

Нұрғалиева Алия Мияжденовна – **основной автор**, кандидат экономических наук, PhD, доцент Школы экономики и менеджмента Университета Нархоз, г. Алматы, Республика Казахстан

E-mail: aliya_mn@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6044-6926>

Березюк Валентина Ивановна – доктор экономических наук, профессор, Карагандинский университет Казпотребсоюза, г. Караганда, Республика Казахстан

E-mail: valuha-hilo@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6239-7021>

Авторлар туралы ақпарат:

Ақынов Досымхан Мейірханұлы - академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университетінің Экономика және халықаралық бизнес кафедрасының докторанты, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы

E-mail: dosim.kz@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7216-3616>

Нұрғалиева Әлия Мияжденовқызы- **негізгі автор**, Экономика ғылымдарының кандидаты, PhD, Нархоз университетінің Экономика және менеджмент мектебінің доценті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

E-mail: aliya_mn@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6044-6926>

Березюк Валентина Ивановна - экономика ғылымдарының докторы, профессор, Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы

E-mail: valuha-hilo@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6239-7021>