

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті

ӘОЖ: 005.8 : 620.3 (574)

Қолжазба құқығында

ЕСМУРЗАЕВА АҚНУР БАГЛАНОВНА

**Қазақстан Республикасындағы нанотехнология саласындағы жобаларды
басқару жүйесін құру және дамыту**

6D051800 – Жобаларды басқару

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесші
Экономика ғылымдарының кандидаты,
Купешова Сауле Тлеухановна

Шетелдік ғылыми кеңесші
PhD, қауымдастырылған профессор
David Luigi Fuschi
Northeastern University London

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2026 жыл

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	4
АНЫҚТАМАЛАР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	12
НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР	14
1 НАНОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ	15
1.1 Нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың теориялық аспектілері	15
1.2 Жобаларды басқару жүйесінің құрылымы мен бағалаудың әдістемелік тәсілдері (нанотехнология саласы негізінде).....	25
1.3 Нанотехнология саласындағы жобаларды халықаралық стандарттар негізінде басқару тәсілдерінің жаһандық эволюциясы.....	40
2 ҚР-ДАҒЫ НАНОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДА ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ АҒЫМДАҒЫ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ	50
2.1 Отандық нанотехнология саласының даму жағдайы мен экономикалық-ұйымдастырушылық факторларын талдау	50
2.2 Кемелдену моделі арқылы ұйымдардың нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесін бағалау	69
2.3 Нанотехнология саласындағы жобалардың жүзеге асырылу механизмінің мәселелерін талдау	82
2.3.1 Жобаларды жүзеге асыру механизмдерінің жалпы сипаттамасы және негізгі мәселелері	83
2.3.2 Нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыруға әсер ететін сыртқы факторларды талдау (PESTLE).....	87
2.3.3 Нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру нәтижелерін эконометриялық талдау	89
3 ҚР НАНОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ДАМУДЫ ЖЕТІЛДІРУДІҢ АЛГОРИТМІ ЖӘНЕ ОНЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУДЫҢ ТЕТІКТЕРІ	102
3.1 Қазақстанның нанотехнология саласын дамытудың институционалдық және ұйымдастырушылық тетіктері	102

3.2 Қазақстанның нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін жетілдіру және дамыту	121
ҚОРЫТЫНДЫ	144
ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	150
Қосымша А	160
Қосымша Б	162
Қосымша В	164
Қосымша Г	164
Қосымша Д	166
Қосымша Е	168
Қосымша Ж	169

КІРІСПЕ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Әлемдік экономиканың қазіргі даму кезеңі инновациялар, ғылым және сандық технологиялар, жасанды интеллекттің қарқынды дамуымен сипатталады. Әрине бұл тұста, жаңа материалдарды, микро және наноэлектрониканы, наномедицинаны, энергияны үнемдейтін технологияларды және экологиялық таза өндірістерді құру үшін негіз болып табылатын трансдисциплинарлық бағыт ретінде нанотехнологиялар ерекше маңызға ие. Зерттеулер көрсеткендей, нанотехнология саласы ресурстық-шикізаттық экономика моделінен «білім экономикасына» көшуді қамтамасыз ететін катализаторы болып табылады. Дәстүрлі салалармен (мысалы, жеңіл өнеркәсіп, қарапайым машина жасау) салыстырғанда, нанотехнологиялар жаңа материалдар, технологиялар мен инновациялық нарықтарды қалыптастыруға бағытталған. Бұл өз кезегінде ел экономикасы үшін ғылыми-техникалық серпіліс беріп, бәсекеге қабілеттілікті арттыруға жол ашады. Қазақстан Республикасы үшін нанотехнологияларды дамытудың стратегиялық маңызы жоғары, Президент Қасым-Жомарт Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» (2025 ж.) атты Жолдауында елдің болашағы алдыңғы қатарлы ғылыми жетістіктерді өнеркәсіп пен басқару үдерістеріне біріктіре отырып, жоғары технологиялық кластерлер құру және мемлекеттің технологиялық егемендігін нығайту қабілетіне байланысты екені атап өтілді. Сонымен қатар, 2021 жылғы №965 Үкімет қаулысымен бекітілген «Тұрақты даму үшін ғылым және технология» ұлттық жобасында нанотехнологиялар мен жаңа материалдарды дамыту ғылыми-техникалық саясаттың стратегиялық басымдықтарының бірі ретінде айқындалған. 2024 жылы қабылданған «Ғылым және технологиялық саясат туралы» Қазақстан Республикасының Заңы ғылыми-техникалық жобаларды басқарудың тиімді құралдарын, соның ішінде зерттеу нәтижелерін коммерцияландыру үдерістерін стандарттау мен цифрландыруды көздейді. Дегенмен, Қазақстанда нанотехнология саласында жобаларды басқаруға байланысты бірқатар мәселелер шешілмеген күйінде қалып отыр.

Біріншіден, нанотехнологиялар саласындағы жобаларды басқару өз кезегінде дәстүрлі өндірістік немесе инженерлік жобалардан өзгеше, ерекше басқару тәсілдерін қолдануды талап етуі бұл бағыт бойынша жүйелі тәсілдердің қалыптасып, дамуын күрделенткен. Бүгінгі таңда Қазақстанда нанотехнология саласында жобаларды басқарудың бірыңғай институционалдық және әдістемелік базасы қалыптаспаған. Дәстүрлі инженерлік немесе өндірістік жобалардан айырмашылығы, нанотехнологиялық зерттеулер жоғары ғылыми анықсыздық дәрежесімен, сынақ циклдарының ұзақтығымен, айтарлықтай тәуекелдермен және пәнаралық өзара әрекеттің қажеттілігімен сипатталады. Мұндай ерекшеліктер жобаларды басқарудың нұсқауларын (Agile, Stage-Gate, OPM3, PMBOK) және инновациялық нәтижеге бағытталған аралас үлгілерін қолдануды талап етеді.

Екіншіден, елдің даму стратегиялары мен салалық бағдарламалар деңгейінде нанотехнологиялар басым бағыт мәртебесіне ие болғанымен (мұны қолданыстағы заңнамалық және бағдарламалық құжаттар дәлелдейді) іске асырылып жатқан жобалардың тиімділігін бағалау және нәтижелерін бақылаудың әлсіз жүйесі орын алған. Демек, бұл саланы зерттеу практикалық тұрғыдан өзекті әрі институционалдық қолдауға ие.

Үшіншіден, қолданыстағы ғылыми және инновациялық жобаларды басқару тәсілдері саланың ерекшелігін - зерттеу, жобалау және коммерцияландыру кезеңдерінің бір циклде бірігуін - толық ескермейді. Соның салдарынан ғылыми-зерттеу ұйымдары, мемлекеттік даму институттары мен өндірістік кәсіпорындар арасындағы іс-әрекеттердің үйлесімсіздігі жиі байқалады. Дәл осы мәселелер нанотехнологияларды басқару тәсілдерін жетілдіруді, инновациялық процестердің тиімділігін арттыруды және жобалардың барлық кезеңдерін – зерттеу, жобалау және коммерцияландыруды – біртұтас басқару жүйесіне біріктіруді қажет етеді.

Осы тұста, нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін әзірлеу мен дамыту ғылыми әрі практикалық тұрғыдан маңызды міндет екені анық. Нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін ғылыми тұрғыда негіздеу тек ғылыми орта үшін ғана емес, елдің инновациялық даму стратегиясы тұрғысынан да аса маңызды болып табылады. Яғни, нанотехнологиялық жобаларды жоспарлау, үйлестіру және бақылау үшін тиімді тетіктерді қалыптастыруға, олардың жүзеге асырылу ашықтығы мен нәтижелілігін арттыруға, сондай-ақ ғылыми жетістіктердің өнеркәсіптік секторға трансферін қамтамасыз ету бүгін күн қажеттілігі. Мұндай жүйенің қалыптасуы елдің инновациялық инфрақұрылымын нығайтып, Қазақстанның жаһандық технологиялық кеңістікке интеграциялануына ықпал етеді.

Осылайша, зерттеудің өзектілігі инновациялар мен ғылым, жасанды интеллект пен сандық технологиялар даму заманында Қазақстан Республикасының тұрақты дамуы саясатының стратегиялық мақсаттарына қол жеткізудің негізгі құралы ретінде нанотехнология саласындағы жобаларды басқару тетіктерін жетілдіру қажеттілігімен айқындалады. Осы саладағы жобаларды басқарудың тиімді жүйесін әзірлеу және енгізу ұлттық экономиканың бәсекеге қабілеттілігін арттырудың және оның жаһандық технологиялық кеңістіктегі орнын нығайтудың маңызды шарты болып табылады.

Зерттеу тақырыбының ғылыми дәрежесі. Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми әдебиеттерді талдау қарастырылып отырған мәселенің бірнеше ғылыми бағыттардың тоғысында қалыптасқанын көрсетеді. Атап айтқанда, бұл бағыттарға жобаларды басқару теориясы, жоғары технологиялық және инновациялық жобаларды басқару, сондай-ақ нанотехнологиялар саласындағы зерттеулер жатады.

Жобаларды басқарудың теориялық негіздері шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектерінде кеңінен қарастырылған. Жобаның өмірлік циклі,

мерзімдерді, шығындарды, тәуекелдерді және сапаны басқару сияқты негізгі ұғымдар PMI [1], Cleland және King [2], Meredith және Mantel [4], Turner және Müller [5] еңбектерінде, сондай-ақ ISO 21500 [9] халықаралық стандартында көрініс тапқан.

Жоғары технологиялық және инновациялық жобаларды басқару мәселелері де ғылыми әдебиеттерде жеткілікті деңгейде зерттелген. Арчибальд, Kerzner еңбектерінде күрделі технологиялық жобаларды іске асыру ерекшеліктері, оның ішінде жоғары деңгейдегі белгісіздік, тәуекелдер және пәнаралық сипат қарастырылады.

Жобаларды басқару тәсілдерін дамытуға қазақстандық ғалымдар да елеулі үлес қосқан. Атап айтқанда, Цеховой А.Ф., Акзамбекқызы А., Некрасова Н.А., Саркамбаева Ш.Г., Шильдибеков Е.Ж. еңбектерінде трансформацияланушы экономика жағдайында жобаларды басқару жүйелерін қалыптастыру, олардың кемелдену деңгейін бағалау және тиімділігін арттыру мәселелері зерттеледі.

Сонымен қатар, Нарбаев Т., Кожахметова А.К., Оразалин Н.С. зерттеулерінде цифрлық трансформация, тұрақты даму және жоғары технологиялық секторларда басқару тетіктерін жетілдіру мәселелері қарастырылған. Бұл еңбектерде жобаларды басқарудың дәстүрлі тәсілдерін күрделі технологиялық жүйелер мен жоғары белгісіздік жағдайларына бейімдеу қажеттілігі негізделеді.

Нанотехнологиялар саласындағы зерттеулер жеке ғылыми бағыт ретінде дамып келеді. Мансуров Ж., сондай-ақ Наурызбаева А. еңбектерінде Қазақстандағы нанотехнологиялардың даму ерекшеліктері мен олардың елдің инновациялық дамуына әсері қарастырылады. Нурмаканов және бірлескен авторлардың зерттеулері заманауи нанотехнологиялық әзірлемелердің жоғары ғылыми сыйымдылығы мен пәнаралық сипатын көрсетеді.

Алайда ғылыми әдебиеттерді талдау көрсеткендей, қолданыстағы зерттеулердің басым бөлігі нанотехнологиялардың ғылыми және технологиялық аспектілеріне бағытталған, ал осы саладағы жобаларды басқару мәселелері жеткілікті деңгейде қарастырылмаған. Атап айтқанда, нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесін қалыптастыру тетіктері, жоғары ғылыми белгісіздікті ескеру әдістері, сондай-ақ ұлттық экономика жағдайында мұндай жобаларды басқарудың ерекшеліктері толық зерттелмеген. Сонымен қатар, қазақстандық ғылыми әдебиеттерде нанотехнологияларды дамыту мәселелері көбінесе олардың технологиялық әлеуеті тұрғысынан қарастырылып, ал басқарушылық аспектілері, оның ішінде институционалдық тетіктер, әдістер мен құралдар жеткіліксіз деңгейде зерттелген.

Осылайша, жобаларды басқару және нанотехнологиялар саласында жүргізілген зерттеулердің жеткілікті көлеміне қарамастан, Қазақстан Республикасында нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесін қалыптастыру және дамыту мәселесі жеткілікті деңгейде зерттелмеген. Бұл өз кезегінде зерттеу тақырыбының ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығын айқындайды.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері.

Зерттеудің мақсаты – Қазақстан Республикасындағы нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін жетілдірудің институционалдық, ұйымдастырушылық және әдістемелік тетіктерін әзірлеу.

Осы мақсатқа жету үшін келесі **міндеттер** қойылды:

1. Нанотехнологиялық жобаларды басқарудың теориялық аспектілерін зерттеу және олардың дәстүрлі жобалардан айырмашылығын айқындау;
2. Жобаларды басқару жүйесін бағалау және кемелдену модельдерін талдау негізінде отандық нанотехнология саласына ерекшеліктеріне сәйкес келетін және бейімделетін модельді ғылыми тұрғыда дәлелдеу;
3. Халықаралық тәжірибеде қолданылатын нанотехнологиялық жобаларды басқару стандарттары мен тәсілдерін сараптамалық талдау және олардың нанотехнологиялық жобаларға қолдану мүмкіндіктерін бағалау;
4. Қазақстандағы нанотехнология саласының қазіргі жағдайын, институционалдық және ұйымдастырушылық факторларын талдау;
5. Отандық нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асырушы ұйымдардың кемелдену деңгейін бағалау арқылы жобаларды басқару жүйесінің институционалдық және ұйымдастырушылық шектеулерін айқындау.
6. Нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмдеріне талдау жүргізу және туындайтын институционалдық, экономикалық және ұйымдастырушылық мәселелерді анықтау.
7. Зерттеу нәтижелері негізінде отандық нанотехнология саласындағы жобаларды басқару тиімділігін арттыруға бағытталған институционалдық, ұйымдастырушылық және әдістемелік ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу объектісі – Қазақстан Республикасындағы нанотехнология саласында ғылыми зерттеулер мен инновациялық әзірлемелер жүргізетін ұйымдар, зертханалар және институттар.

Зерттеу пәні – Қазақстан Республикасындағы нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін құру мен дамытудың теориялық, әдіснамалық және ұйымдастырушылық негіздері, соның ішінде нанотехнологиялық жобаларды тиімді жоспарлау, үйлестіру және іске асыруды қамтамасыз ететін қағидаттар, құралдар және модельдер.

Зерттеудің теориялық маңыздылығы. Зерттеу нәтижелері нанотехнологиялық жобаларды басқару теориясын дамытуға үлес қосады. Жұмыста «нанотехнологиялық жоба» ұғымына авторлық анықтама беріліп, жоғары технологиялық жобалардың ішіндегі ғылыми анықсыздық, пәнаралық құрылым және инфрақұрылымдық тәуелділік тұрғысынан ерекшеліктері ғылыми негізделді. Қазақстанның нанотехнология саласына бейімделген кешенді ғылыми-әдістемелік модель мен кемелдену деңгейін бағалаудың индикаторлық жүйесі жобаларды басқару ғылымындағы жаңа теориялық және әдіснамалық бағыт ретінде ұсынылды. Зерттеу нәтижелері инновациялық менеджмент, жобаларды басқару және нанотехнология салаларында теориялық базаны кеңейтеді және болашақ ғылыми еңбектерге негіз бола алады.

Зерттеудің **тәжірибелік маңыздылығы** авторлық кемелдену моделін, институционалдық интеграция үлгісін және «АИС УП-Нано» автоматтандырылған ақпараттық жүйесінің тұжырымдамасын нақты ұйымдарда қолдану мүмкіндігімен айқындалады. Ұсынылған әдістер ғылыми зерттеулер мен инновациялық әзірлемелер жүргізетін ұйымдар, технопарктер және жоғары технологиялық кәсіпорындарда жобаларды жоспарлау, тәуекелдерді басқару, мониторинг және нәтижелерді бағалау үрдістерін жетілдіруге мүмкіндік береді. Эмпирикалық талдау нәтижелері саладағы институционалдық және ұйымдастырушылық шектеулерді анықтап, мемлекеттік саясатты, салалық бағдарламаларды және инновациялық қолдау механизмдерін жетілдіруге тәжірибелік ұсыныстар береді.

Теориялық және әдістемелік негізі. Зерттеудің теориялық және әдіснамалық негізін тұрақты жобалық басқару теориясына (Sustainable Project Management) сүйенетін ғылыми бағыттар құрайды. Бұл тәсіл жобалардың өмірлік циклін кеңейтілген түрде қарастыруды, ғылыми-тәжірибелік нәтижелердің коммерциялық қолданысқа өтуін және ұзақ мерзімді құндылық қалыптастыруды көздейді. Сонымен қатар нанотехнологиялық жобалардың ерекшеліктерін түсіндіретін пәнаралық ғылыми тұжырымдамалар, инновациялық менеджмент теориялары, жобалық кемелдену модельдері, тәуекел менеджменті және цифрлық мониторинг әдістері пайдаланылады.

Диссертациялық зерттеу функционалдық әдіске негізделіп, жүйенің тұтастығын және өзара байланыстарын зерттеу арқылы жүзеге асырылды. Зерттеу барысында сандық және сапалық әдістер қолданылды: әдебиеттерді талдау, фактілерді жинақтау және салыстыру, SWOT-талдау, контент-талдау, жүйелеу, моделдеу, корреляциялық және факторлық талдау. Отандық нанотехнология саласының ерекшеліктеріне негізделген жобаларды басқарудың ғылыми-әдістемелік моделін әзірлеу үшін жобалық үрдістерді визуализациялау, бағалау критерийлерін нақтылау, тәуекелдерді талдау, сондай-ақ ұйымдардың кемелдену деңгейін бағалау әдістері қолданылды. Статистикалық өңдеу MS Excel бағдарламасы арқылы орындалды.

Ақпараттық база. Зерттеудің ақпараттық базасын бастапқы және екінші ретті деректер жиынтығы құрайды. Бастапқы деректер: нанотехнологиялық жобаларды іске асыратын ғылыми ұйымдар, орталықтардың, зертханалардың, институттардағы 102 сарапшыдан алынған сауалнама және жүргізілген тереңдетілген сұхбат деректері.

Екінші ретті деректер: нанотехнологиялық саласындағы ғылыми және ғылыми-техникалық жобалардың қорытынды есептері, ұйымдардың жылдық есептері, отандық және шеледік ашық ресми құжаттар мен статистикалық деректер арқылы жиналды.

Алынған бастапқы және екінші ретті мәліметтер эмпирикалық талдау жүргізуге, ұйымдардың кемелдену деңгейін бағалауға, шектеуші факторларды анықтауға және авторлық модельді апробациялауға мүмкіндік берді.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы. Диссертациялық зерттеудің ғылыми жаңалығы нанотехнологиялық жобаларды басқарудың ұғымдық-категориялық аппаратын дамыту және нақтылау, кемелдену модельдері мен эконометриялық талдауды интеграциялау негізінде мұндай жобалар мен ұйымдарды басқару жүйесінің кемелдену деңгейін бағалаудың кешенді құралдарын әзірлеу, сондай-ақ Қазақстан Республикасында нанотехнология саласындағы жобаларға алғаш рет эконометриялық талдауды қолданумен сипатталады.

Зерттеу барысында төмендегі **ғылыми нәтижелерге қол жеткізілді:**

1. Нанотехнологиялық жобаларды басқарудың теориялық-әдістемелік негіздері жүйеленіп, олардың жоғары ғылыми белгісіздік, пәнаралық сипат, инфрақұрылымдық тәуелділік және коммерцияландыру циклі ұзақтығы бойынша басқа жоғары технологиялық жобалардан айырмашылықтары нақтыланды.

2. «Нанотехнологиялық жоба» ұғымына авторлық анықтама ұсынылып, оның зерттеу, әзірлеу, сынақ және коммерцияландыру кезеңдерін біріктіретін инновациялық сипаты негізделді.

3. Отандық нанотехнология саласының ерекшеліктеріне бейімделген жобаларды басқарудың кешенді ғылыми-әдістемелік моделі әзірленді.

4. Нанотехнология саласындағы ұйымдардың жобаларды басқару жүйесін бағалауға арналған 5 деңгейлі авторлық кемелдену моделі және бағалау критерийлері жүйесі әзірленді.

5. Қазақстандағы нанотехнология саласындағы ұйымдарға эмпирикалық бағалау жүргізіліп, жобаларды басқару жүйесінің институционалдық, ұйымдастырушылық, кадрлық және цифрлық шектеулері анықталды.

6. Жобалық менеджмент әдістерінің басқару процестері мен ұйымның кемелдену деңгейі арасындағы байланысты күшейтетін модераторлық әсері эмпирикалық түрде негізделді.

7. Нанотехнология саласындағы жобаларды басқаруды жетілдіруге арналған «мемлекет – ғылым – бизнес» өзара іс-қимылына негізделген институционалдық интеграциялық модель ұсынылды.

8. Нанотехнологиялық жобаларды жоспарлау, мониторинг, тәуекелдер мен бюджетті бақылауды цифрландыруға арналған «АИС УП-Нано» автоматтандырылған ақпараттық жүйесінің тұжырымдамасы әзірленді.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар.

Қорғауға келесі жаңа және ғылыми жаңалығы бар нәтижелер шығарылды:

1. Нанотехнологиялық жобалардың жоғары технологиялық жобалардан айырмашылығы олардың ғылыми белгісіздік деңгейінің жоғарылығымен, пәнаралық сипатымен, инфрақұрылымдық тәуелділігімен және ұзақ коммерцияландыру циклімен негізделеді; осының негізінде «нанотехнологиялық жоба» ұғымына авторлық анықтама берілді.

2. Отандық нанотехнология саласының ерекшеліктеріне бейімделген жобаларды басқарудың кешенді ғылыми-әдістемелік моделі әзірленді.

3. Нанотехнология саласындағы ұйымдардың жобаларды басқару жүйесін бағалауға арналған 5 деңгейлі авторлық кемелдену моделі және бағалау критерийлері жүйесі ұсынылды. Ол нанотехнология саласындағы ұйымдардағы жобалық басқарудың даму деңгейін сандық және сапалық тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді.

4. Эмпирикалық зерттеу нәтижесінде Қазақстандағы нанотехнология саласындағы ұйымдарда жобаларды басқару жүйесінің институционалдық, ұйымдастырушылық, кадрлық және цифрлық шектеулері анықталды.

5. Жобалық менеджмент әдістерінің басқару процестері мен ұйымның кемелдену деңгейі арасындағы байланысты күшейтетін модераторлық әсері эмпирикалық түрде негізделді.

6. Нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесін жетілдіру үшін «мемлекет – ғылым – бизнес» интеграциялық моделі мен «АИС УП-Нано» автоматтандырылған ақпараттық жүйесінің тұжырымдамасы ұсынылды.

Автордың жеке үлесі. Зерттеу жұмысы автордың тікелей ғылыми ізденістерінің, талдаулары мен модельдік әзірлемелерінің нәтижесінде орындалды. Диссертацияда ұсынылған барлық теориялық тұжырымдар, салыстырмалы талдаулар, кестелер, диаграммалар мен авторлық модельдер зерттеушінің жеке ғылыми еңбегінің нәтижесі болып табылады. Автор нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйелерінің халықаралық тәсілдерді жүйелеп, олардың отандық нарықтың ерекшеліктері негізінде бейімдеу мүмкіндіктерін айқындады. Зерттеу барысында жобаларды басқарудың авторлық кемелдену моделін және ұйымдастырушылық-институционалдық моделін әзірледі. Бұл модельдер отандық нанотехнология саласының ерекшеліктеріне бейімделіп, ғылыми-инновациялық жобалардың тиімділігін арттыруға бағытталған. Сонымен қатар, автор шетелдік тәжірибелерді (АҚШ, Қытай, Жапония, Германия және Ұлыбритания) салыстырмалы тұрғыда талдап, олардың институционалдық үйлестіру мен стандарттау тәжірибесін Қазақстан жағдайына бейімдеу бойынша ғылыми негізделген ұсынымдар жасады.

Зерттеу нәтижесінде жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесі – «АИС УП-Нано» тұжырымдамасы әзірленіп, оның функционалдық құрылымы мен қолдану салалары ғылыми тұрғыда негізделді.

Автор сонымен бірге эмпирикалық материалдарды жинақтау мен өңдеуді, статистикалық деректерді талдауды және нәтижелерді визуализациялауды өздігінен жүзеге асырды. Барлық қорытындылар, ұсыныстар мен практикалық шешімдер автордың жеке ғылыми пайымына және зерттеу нәтижелерінің аналитикалық өңделуіне негізделген.

Жұмыстың негізгі нәтижелерін апробациялау. Зерттеу жұмысының негізгі тұжырымдары әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің Экономика және бизнес жоғары мектебінің ғылыми-әдістемелік семинарларында талқыланды. Диссертацияның негізгі нәтижелері келесі халықаралық, шетелдік және республикалық ғылыми конференцияларда баяндалды және ұсынылды: студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық конференциясы «Фараби Әлемі-

2017» (Қазақстан), Халықаралық бизнес және экономика тақырыбына арналған конференция (Вьетнам, Clarivate Analytics базасында индекстелген), «Индустрия 4.0: Ұрпақтар арасындағы диалог және жас ғалымдарға арналған жаңа нұсқаулар» атты VI республикалық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдары (Қазақстан), «Қазіргі ғылымға шолулар» атты 5-ші халықаралық ғылыми конференция (Швеция).

Зерттеу нәтижелері бойынша жарияланымдар. Зерттеу жұмысының нәтижелері мен қорытындылары 11 мақалада жарық көрген. Оның ішінде 1 мақала нөлдік емес импакт-факторы бар журналда жарияланды және Scopus мәліметтер базасына енгізілді, 5 - ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған ғылыми журналдарда, 5 – халықаралық және республикалық ғылыми конференциялардың жинақтарында жарияланды.

Диссертация құрылымы. Зерттеу жұмысы кіріспе, заңнамалық актілер, қысқартулар, кіріспе, үш бөлім, қорытынды, әдебиеттер мен қосымшалардан тұрады. Диссертация көлемі 159 бет, 53 кесте мен 21 суреттен тұрады.

АНЫҚТАМАЛАР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

A*STAR Nano	Agency for Science, Technology and Research (Singapore) Сингапурдың ғылым, технология және зерттеу агенттігі
API	Application Programming Interfaces Қолданбалы бағдарламалау интерфейстері
ASTM	American Society for Testing and Materials Америкалық сынақ және материалдар қоғамы
CAGR	Grand View Research
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CORDIS	Community Research and Development Information Service Еуропалық зерттеу және инновация қызметі туралы ақпараттық портал
CRM	Customer Relationship Management Тұтынушылармен қатынастарды басқару жүйесі.
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency АҚШ Қорғаныс министрлігінің алдыңғы қатарлы зерттеу жобалары агенттігі
DOD	United States Department of Defense АҚШ Қорғаныс министрлігі
DOE	United States Department of Energy АҚШ Энергетика министрлігі
ELN	Electronic Laboratory Notebook Электрондық зертханалық дәптер
EOSC	European Open Science Cloud - ғылыми деректер мен жобаларды, соның ішінде нанотехнология салаларын басқаруға арналған бірыңғай цифрлық қызметтерді ұсынатын инфрақұрылым
ISO	International Organization for Standardization Стандарттау жөніндегі халықаралық ұйым
KIST	Korea Institute of Science and Technology Корея ғылым және технология институты
KISTEP	Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning Корея ғылым мен технологияны бағалау және жоспарлау институты
LCA	Life Cycle Assessment Өнімнің өмірлік циклін бағалау
LIMS	Laboratory Information Management System Зертханалық ақпаратты басқару жүйесі
MVP	Minimum Viable Product Ең төменгі өміршең өнім
NIH	National Institutes of Health АҚШ Ұлттық денсаулық сақтау институттары

NNI	National Nanotechnology Initiative
NSF	National Science Foundation АҚШ Ұлттық ғылым қоры
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымы
OPM3	Organizational Project Management Maturity Model
P3M3	Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model Портфельді, бағдарламаларды және жобаларды басқарудың жетілу моделі
PESTLE	Political, Economic, Social, Technological, Legal, Environmental Саяси, Экономикалық, Әлеуметтік, Технологиялық, Құқықтық және Экологиялық факторлар талдауы
PM Value Model	Project Management Value Model - жобаларды басқару құндылығын (value) өлшеуге және бағалауға арналған концептуалды модель
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PMIS	Project Management Information System Жобаларды басқарудың ақпараттық жүйесі
PMMM	Project Management Maturity Model
RBAC	Role-Based Access Control - ақпараттық жүйелердегі пайдаланушылардың қолжетімділігін рөлдер арқылы басқару әдісі
TQM	Total Quality Management Сапаны толық басқару жүйесі
VTI	Technical Research Centre of Finland Ltd Финляндияның техникалық зерттеу орталығы
АБЖ	Жобаларды басқарудың автоматтандырылған басқару жүйесі
АИС УП-Nano	Авторлық нанотехнологиялар саласындағы жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесі
ЖБ	Жобаларды басқару
ЖБЖ	Жобаларды басқару жүйесі
ҚОӘБ	Қоршаған ортаға әсерді бағалау Environmental Impact Assessment

НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР

Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған осы диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер пайдаланылды:

1. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» атты Қазақстан халқына Жолдауы, 05.09.2025ж.
2. Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
3. Халықаралық стандарттау ұйымы. (2018). ISO 31000:2018 Тәуекелдерді басқару - Нұсқаулықтар. Женева, Швейцария: ISO.
4. Халықаралық стандарттау ұйымы. (2021). ISO 21500:2021 Жобаларды, бағдарламаларды және портфельдерді басқару - Негізгі қағидаттар мен ұғымдар. Женева, Швейцария: ISO.
5. Британдық стандарттар институты. (2019). BS 6079:2019 Жобаларды басқару - Жобаларды басқару қағидаттары мен нұсқаулығы. Лондон, Ұлыбритания: BSI.
6. AXELOS. (2017). Managing Successful Projects with PRINCE2 (6-е издание). Лондон: The Stationery Office (TSO).
7. Халықаралық стандарттау ұйымы (ISO). (2024). ISO/TC 229 – Нанотехнологиялар: стандарттау жөніндегі техникалық комитет. Женева: ISO.
8. AXELOS. (2015). Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model (P3M3)®. Version 3.0. London, UK: AXELOS.
9. CMMI Institute. (2018). CMMI for Development, Version 2.0: Improving Processes for Developing Better Products and Services. Pittsburgh, PA: CMMI Institute.
10. International Project Management Association (IPMA). (2016). IPMA Delta® – Organizational Competence Baseline for Organizational Competence in Project, Programme and Portfolio Management. Zürich, Switzerland: IPMA.

1 НАНОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

1.1 Нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың теориялық аспектілері

Нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың ерекшеліктерін зерттеу, ең алдымен, «жоба», «нанотехнология», және «нанотехнологиялық жоба» мәнін түсінуді талап етеді.

Қазіргі заманғы «жоба» ұғымы көптеген аспектілерді қамтиды, мысалы, уақыт шеңберлері, нәтижелердің бірегейлігі, ресурстарды басқару қажеттілігі және өзгерістерге бейімделу. Бұл жобаларды басқаруға икемділікпен қарауға және оны әртүрлі салалар мен міндеттерге қолдануға мүмкіндік береді. Соңғы жылдары бұл ұғым халықаралық стандарттар мен әртүрлі жобаларды басқару тәсілдерін қалыптастырудың негізіне айналып, жобалардың тиімділігі мен нәтижелілігін арттыруға бағытталды.

Project Management Institute (PMI) мәліметі бойынша, жоба – бұл бірегей өнімді, қызметті немесе нәтижені құруға бағытталған уақытша ұйым [1]. Бұл анықтама жобаның маңызды сипаттамаларын, атап айтқанда, мерзімдік шектеулер мен нәтижелердің бірегейлігін атап көрсетеді, бұл мақсаттарға қол жеткізу үшін мұқият жоспарлауды және басқаруды қажет етеді. PMI сондай-ақ жобаның ауқымы мен күрделілігі әртүрлі болатынын баса айтады, бұл қазіргі жағдайда өте маңызды, өйткені жобалар шағын бастамалардан бастап, ірі инфрақұрылымдық және технологиялық бағдарламаларды да қамтиды (PMI, 2021). Бұл PMI ұсынған тәсіл корпоративтік тәжірибеде кең қолданыс тауып, қазіргі заманғы жобаларды басқару әдістемелерінің негізіне айналды. Бұл тәсіл Кливленд пен Кинг (Cleland & King, 1983) сияқты зерттеушілердің академиялық жұмыстарында да көрініс тапты, олар жобаны алдын ала белгіленген мақсаттар мен шектеулерге ие бірегей қызмет түрі ретінде анықтайды [2]. Кравченконың (2019) пікірінше, жоба алдын ала жоспарланған нәтижелерге қол жеткізу үшін уақытша ұйымдастырылған қызмет ретінде қарастырылуы мүмкін. Жобаларды басқаруда мерзімдер, шығындар және сапа сияқты факторлардың маңызы зор, бұл қажетті ресурстарды бөлуді және тапсырманы сәтті орындау үшін нақты жоспарлауды қажет етеді [3].

Бірқатар басқа зерттеушілер де бұл анықтаманы қолдайды, сонымен қатар жобаны орындауға сыртқы және ішкі факторлардың әсерін ескерудің маңыздылығына баса назар аударады. Жобаның негізгі анықтамаларының бірін Cleland және King (1983) ұсынған, олар жобаны «уақыт және бюджетпен шектелген мақсатқа бағытталған әрекеттер кешені» ретінде қарастырады. Олар әрбір жобаның нақты мақсаттары мен міндеттері бар екенін және оларға қол жеткізу тек уақытты, ресурстарды және қаржыны тиімді басқару арқылы мүмкін екенін атап көрсетеді [2]. Бұл көзқарас жобаны процесс ретінде құрылымдауға

және оның маңызды құрамдас бөліктерін белгілеуге көмектесетіндіктен, ғылыми зерттеулерде кеңінен таралды.

Meredith пен Mantel (2011) зерттеуінде жобаның нақты бір мәселені шешуге немесе өнім жасауға бағытталған бірегей ұйым ретіндегі рөлі атап көрсетіледі. Авторлардың пікірінше, жоба нақты анықталған тапсырмалар мен жетістік көрсеткіштерін қамтитын уақытша іс-әрекет ретінде қарастырылуы тиіс, бұл оны басқа қызмет түрлерінен ерекшелейді. Олар жобаның күнделікті операциялық қызметтің бөлігі еместігіне назар аударады, сондықтан ол икемді және бейімделгіш басқару тәсілдерін талап етеді [4]. Бұл бірегейлік аспектісі жобаны тек уақытша және ресурстармен шектелген әрекет қана емес, сонымен қатар тұрақты процестерден айрықшалайды.

Turner мен Müller (2003) зерттеушілері жобалық қызметтің күрделілік пен көп міндеттілік сипаттарын атап көрсетеді. Олардың пікірінше, жоба «жалпы мақсатпен байланысқан іс-әрекеттердің тұтас кешенін» қамтиды, олар соңғы нәтиженің бірегейлігіне қарамастан мұқият үйлестіруді және бақылауды қажет етеді [5]. Мұндай анықтама ірі инфрақұрылымдық немесе технологиялық жобалар контекстінде, әртүрлі мамандардың өзара әрекеттестігі мен ресурстарды бөлудің шешуші рөл атқаратын жағдайында аса өзекті. Turner мен Müller жобаларды өзгерістерге бейімделу және икемді басқару қабілеттілігін талап ететін процестер ретінде де атап өтеді.

Соңғы жылдардағы жүргізілген зерттеулер жобаның анықтамасын кеңейтіп, оны инновациялылық пен тұрақты даму аспектілерімен толықтырады. Мысалы, Müller мен Jugdev (2005) жобаны тек нақты мақсаттары бар уақытша ұйым ғана емес, сонымен қатар сыртқы ортадағы өзгерістерді ескеріп, іске асыру барысында жаңа талаптарға бейімделетін динамикалық жүйе ретінде қарастырады [6]. Бұл әсіресе қазіргі жобаларда маңызды, онда инновация мен экологиялық тұрақтылық айтарлықтай рөл атқарып, стандартты жобалық басқару әдістерін бейімдеуді талап етеді. Осыған орай тағы бір маңызды аспект – қазіргі заманғы жобалардың пәнаралық сипаты. Kähkönen және Artto (2013) қазіргі жобалар, әсіресе технологиялық және инфрақұрылымдық салаларда, әртүрлі салалардағы білім мен әдістерді біріктіруді талап ететінін айтады, бұл жобада білімді басқару мен үйлестірудің маңыздылығын арттырады [7]. Бұл тәсіл ISO 31000 сияқты халықаралық стандарттарда қолдау табады, онда жобаның кешенді тәсілінің маңыздылығы және түрлі әдістерді біріктірудің тәуекелдерді азайтып, мақсаттарға жетуге көмектесетіндігі атап көрсетіледі [8]. Бұл зерттеулер жобаны тек уақытша ұйым ғана емес, сонымен қатар өзгермелі сыртқы ортаға бейімделетін динамикалық жүйе ретінде қарастырады. Бұл қазіргі жобаларда инновация, тұрақты даму және пәнаралық интеграцияның маңыздылығын арттырады.

ISO 21500:2021 халықаралық жобаларды басқару стандартына сәйкес жоба «басталу және аяқталу күні белгіленген, өзара байланысты және басқарылатын көптеген міндеттерден тұратын бірегей процесс» ретінде анықталады. Бұл стандарт уақыт шеңберлері мен ресурстар шектеулерін жобаның негізгі

сипаттамалары ретінде көрсетіп, табысқа жету үшін жобаның барлық элементтерін үйлестірудің маңыздылығын атап өтеді [9]. Бұл анықтама жобаның әрқашан уақытша сипатқа ие екенін және оның орындалуы басқарушылық шешімдер қабылдауды, сондай-ақ жүзеге асырылуына әсер ететін сыртқы факторларды ескеруді талап ететінін растайды. Осы анықтама BS 6079:2019 стандартында да қолдау табады, ол бұл түсінікті тәуекелдер мен мүдделі тараптарды басқару сияқты аспектілермен толықтырады [10].

BS 6079:2019 жобаларды басқару стандарты жобаны анықтау мен сипаттауға айтарлықтай үлес қосады. BS 6079:2019 стандартына сәйкес, жоба - бұл уақытша іс-шаралар жиынтығы, ерекше нәтижеге қол жеткізуге бағытталған, және бұл іс-шаралар уақытты, ресурстарды және тәуекелдерді басқаруды қамтиды. Стандарт мүдделі тараптарды тарту және коммуникацияларды басқару маңыздылығына назар аударады, бұл ғаламдық бәсекелестік пен жылдам өзгеретін іскерлік орта жағдайында жобаның сәтті аяқталу мүмкіндігін арттыруға мүмкіндік береді [10].

PMBOK (Project Management Body of Knowledge) стандарты негізінде, жоба - уақытша және бірегей іс-шаралар кешенін қамтиды, ол тәуекелдер мен ресурстарды басқару стратегияларын әзірлеуді және енгізуді талап етеді, бұл жобаларды басқарудағы қазіргі заманғы сын-қатерлерді көрсетеді [1]. PMBOK жобаларды басқару процесінің әртүрлі кезеңдерін сипаттайды, соның ішінде инициация, жоспарлау, орындау, мониторинг және аяқтау, бұл жобалардың әртүрлі түрлерінде бірізді тәсілдерді қолдануға және оларды нақты міндеттің ерекшеліктеріне бейімдеуге мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы жоба анықтамалары оның уақытша шектеулілігі мен бірегейлігіне ерекше назар аударады. Мысалы, Müller және басқа да зерттеушілер (2012) жобаны операциялық қызметтен ерекшеленетін және арнайы басқаруды қажет ететін мақсатты нәтижесі мен нақты тапсырмалары бар уақытша ұйым ретінде қарастырады [11]. Жобаның тұрақты қызметтен айырмашылығы – ол нақты тапсырмалар кешенін орындауды көздейді, бұл қатысушылардан икемділік пен жоғары бейімделгіштікті талап етеді. Бұл тәсіл AgilePM және PRINCE2 сияқты стандарттарда қолдау табады, олар жобаларды басқарудың икемді әдістерін ұсынып, өзгерістерге жылдам бейімделуге және міндеттерді орындау тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Әртүрлі авторлардың пікірлерін қорытындылай келе, жобаны бірегей нәтиже жасауға бағытталған уақытша, мақсатты ұйым деп сипаттауға болады. Жобаның негізгі сипаттамалары – мақсаттың бірегейлігі, уақыт және қаржы шеңберінің шектеулілігі, сондай-ақ ресурстарды үйлестіру мен тәуекелдерді ескеру қажеттілігі [12]. Соңғы онжылдықтарда жобаларды басқару саласындағы зерттеулер ресурстар мен тәуекелдерді басқаруға негізделген кешенді тәсілдің жобалардың тиімділігі мен бейімделгіштік деңгейін арттыратынын көрсетті [13]. Жобаларды басқарудағы заманауи тәсілдер мен стандарттар, мысалы ISO 21500:2021 және BS 6079:2019, тәуекелдерді басқару, өзгерістерге бейімделу және пәнаралық интеграцияның маңыздылығын атап көрсетеді.

Ғылыми әдебиеттерде «инновациялық жоба» және «жоғары технологиялық жоба» ұғымдары кеңінен қарастырылғанымен, нанотехнология саласындағы жобалардың басқарушылық ерекшеліктері дербес ғылыми бағыт ретінде жеткілікті деңгейде зерттелмеген.

Көп жағдайда нанотехнологиялық жобалар жоғары технологиялық жобалардың құрамдас бөлігі ретінде ғана сипатталады, бұл олардың ғылыми белгісіздік деңгейін, инфрақұрылымдық тәуелділігін және ұзақ коммерцияландыру циклін толық ашуға мүмкіндік бермейді.

Осыған байланысты нанотехнологиялық жобаларды жеке талдау объектісі ретінде қарастыру қажеттілігі туындайды.

Жобаларды басқаруды қажет ететін салалардың бірі – нанотехнологиялар саласы. Нанотехнологиялар технологиялық инновациялық дағдарыстың маңызды элементі болып табылады. Қазақстандық зерттеушілердің еңбектерінде нанотехнологиялардың экономикалық және технологиялық маңызы кеңінен қарастырылған. Мысалы, З.Ә. Мансұров нанотехнологиялардың Қазақстандағы қалыптасу және даму кезеңдерін талдай отырып, бұл саланың ғылым мен өндірістің жаңа деңгейін қалыптастырудағы стратегиялық рөлін атап көрсетеді [14]. Сонымен қатар, А.Наурызбаева әріптестерімен нанотехнологияларды ХХІ ғасырдың негізгі технологиялық бағыттарының бірі ретінде сипаттап, олардың өнеркәсіпте, экологияда және экономиканың түрлі секторларында кеңінен қолданылатынын көрсетеді [15].

Қазақстандық ғалымдардың заманауи зерттеулері наноматериалдарды синтездеу, энергия жинақтау және материалдардың қасиеттерін басқару бағытында жүргізілуде, бұл нанотехнологиялардың жоғары ғылыми сыйымдылығын және қолданбалы маңыздылығын дәлелдейді [16, 17]. Сонымен қатар, соңғы зерттеулер нанотехнологияларды мұнай-газ саласында қолдану мүмкіндіктерін де көрсетіп, олардың өндірістік тиімділікті арттырудағы әлеуетін дәлелдейді [18].

Қазақстандық зерттеушілердің пікірінше, нанотехнологиялар елдің индустриялық-инновациялық дамуының негізгі бағыттарының бірі болып табылады және жоғары технологиялық өндірістерді қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, отандық ғылыми еңбектерде нанотехнологияларды тиімді басқару мен коммерцияландыру мәселелерінің өзектілігі атап өтіледі.

Қазіргі уақытта атомдық деңгейде материяны манипуляциялаудың жаңа қабілеттілігінен туындаған жаңа өнеркәсіптік өзекті революция – нанотехнологиялар саласы деп танылады [19]. Ал наноэкономика - бұл технологиялық өзгерістер қарқынын жеделдету үшін наноғылым және экономика альянсы [20]. Бұл ғылым, техника және экономика арасындағы тығыз қарым қатынас пен тәуекелділікті көрсетеді. Яғни нанотехнологиялар саласында жобаларды басқару құралдарын тиімді енгізу және қолдану – наноғылымның маңызды құраушысы болып табылады. Ал ғылыми, жекеменшік және мемлекеттік мекемелерде білім мен ғылымды дамыту ортасын құру

экономикалық өсуде нанотехнологиялық зерттеулердің рөлі немесе инновация мен бәсекеге қабілеттілікті ынталандыру тетігі сияқты күрделі мәселелерді шешуге мүмкіндік береді [21].

Нанотехнологиялық жобалардың өзектілігі олардың материалдардың қасиеттерін дәстүрлі технологиялармен қол жетімсіз деңгейде өзгерту және макродеңгейде жүзеге аспайтын ерекше функционалдық мүмкіндіктерді жасау қабілетінде жатыр. Taniguchi (1974) және Drexler (1986) зерттеулері нанотехнологияның ғылым ретінде өнеркәсіпте, медицинада және тіпті күнделікті өмірде елеулі өзгерістер енгізе алатын саласына бастама болды [22, 23]. Еуропалық комиссияның мәліметтері бойынша, нанотехнологиялар ХХІ ғасырдың негізгі технологияларының қатарына кіреді, өйткені олар ресурстарды үнемдеу мен тұрақты дамуға жаһандық сұраныс жағдайында неғұрлым үнемді және энергияны үнемдейтін шешімдер жасауды қамтамасыз етеді [24].

Бұл жобалардың маңыздылығы олардың дәрілік препараттарды мақсатты жеткізу және ауруларды молекулалық деңгейде ерте диагностикалау әдістері сияқты жаңа медициналық технологияларды дамытуға ықпал ету қабілетімен де атап өтіледі [25]. Энергетика саласында нанотехнологиялар тиімділігі жоғары күн панельдері мен аккумуляторлар жасауға мүмкіндік береді, бұл жаңартылатын энергия көздеріне көшу мәселесін шешуге септігін тигізеді. Bhushan (2017) зерттеуі наноматериалдардың ерекше қасиеттері ластаушы заттардың ыдырауы мен суды тазартуға ықпал ететін материалдарды жасау арқылы экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік беретінін де растайды.

Нанотехнология саласында ғылыми зерттеулер мен әзірлемелер 2000 жылдан бастау алып, алғашқы 7 жылдың өзінде 60-тан астам елде қызығушылық тудырып зерттеле басталған [26]. Бұл жаһандық нанотехнологияға бағдарланған инновациялық процесс ретінде алдыңғы қатарлы индустриалды елдер мен өңірлер арасында бәсекеге қабілеттіліктің жоғарғы деңгейі болып табылады.

Қазақстанда нанотехнология саласы стратегиялық маңызды бағыттардың бірі ретінде қарастырылып, ғылым мен өндірістің жаңа деңгейін қалыптастыруға ықпал етеді.

Зерттеулерге сәйкес, нанотехнологиялар елдің инновациялық дамуы мен бәсекеге қабілеттілігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, Қазақстандағы нанотехнологиялық зерттеулер көбінесе ғылыми сипатта қалып, оларды коммерцияландыру және басқару мәселелері өзекті күйінде қалып отыр.

Нанотехнологияның дамуы бірнеше тарихи кезеңдерден тұрады және оның қалыптасуы ХХ ғасырдың ортасынан басталады. Бұл үдеріс ғылыми идеядан бастап толыққанды индустриялық бағытқа айналғанға дейінгі ұзақ эволюцияны қамтиды.

Нанотехнологияның алғашқы тұжырымдамалық негізін 1959 жылы американдық физик Ричард Фейнман өзінің әйгілі “There’s Plenty of Room at the Bottom” лекциясында ұсынды. Ол алғаш рет атомдар мен молекулаларды жеке басқару арқылы жаңа материалдар мен құрылымдар жасау мүмкіндігі туралы айтты. Бұл идея сол кезде тек теориялық болжам болғанымен, кейінгі

онжылдықтарда нанотехнологияның ғылыми бағытына айналды [27]. 1974 жылы жапон ғалымы Норио Танигути «нанотехнология» ұғымын ғылыми айналымға енгізіп, оны микронан деңгейдегі өңдеу мен басқару технологиялары ретінде сипаттады. Бұл кезеңде нанометрлік өлшемдегі материалдарды жасауға арналған алғашқы эксперименттер жүргізіле бастады [21].

1980–1990 жылдары нанотехнологияның қарқынды даму кезеңі басталды. 1981 жылы сканирлеуші туннельдік микроскоптың (STM) ашылуы ғалымдарға жеке атомдарды көруге және қозғалтуға мүмкіндік берді. 1985 жылы фуллерендер (C60 молекуласы) табылды, ал 1991 жылы наноқұбырлар (carbon nanotubes) синтезделіп, бұл кезеңді «нанореволюцияның басталуы» деп атауға негіз болды.

1990 жылдардың соңында және 2000 жылдардың басында нанотехнология ғылыми бағыттан нақты технологиялық салаға айналды. 2000 жылы АҚШ-та National Nanotechnology Initiative (NNI) бағдарламасы іске қосылып, нанозерттеулерге мемлекеттік қолдау көрсетті. Бұл бастама Еуропа мен Азия елдерінде де ұқсас бағдарламалардың құрылуына түрткі болды, мысалы, Еуропалық Одақтың Horizon 2020 шеңберіндегі «Key Enabling Technologies (KETs)» тізіміне нанотехнология енгізілді.

2010 жылдан бастап нанотехнология қолданбалы және өнеркәсіптік деңгейге өте бамтады. Наноматериалдар медицинада (дәрілік заттарды дәл жеткізу, диагностика), энергетикада (жоғары сыйымдылықты батареялар, күн панельдері), электроникада (наночиптер, сенсорлар) және экологияда (тазалау жүйелері, нанофилтрлер) кеңінен қолданылып келеді.

Қазіргі кезеңде (2020 жылдардан бастап) нанотехнологиялар жасанды интеллект, биоинженерия және жасыл энергетикамен интеграцияланып, метатехнология деңгейіне көтерілді. Бұл интеграция жаңа бағыттарды – мысалы, наномедицина, наноэнергетика, нанобиотехнология және наноэлектроника сияқты салаларды қалыптастырды. Осылайша, нанотехнологияның дамуы төрт негізгі кезеңнен тұрады (кесте 1):

Кесте 1 – Нанотехнология дамуының негізгі кезеңдері

Кезең	Жылдар	Негізгі жетістіктер	Ерекшелігі
Идея және теориялық кезең	1959–1979	Р. Фейнманның “There’s Plenty of Room at the Bottom” дәрісі (1959); Н. Танигути «нанотехнология» терминін енгізді (1974)	Наномасштабтағы басқару тұжырымдамасы пайда болды
Зертханалық және тәжірибелік кезең	1980–1999	Сканирлеуші туннельдік микроскоп (1981), фуллерендер (1985), наноқұбырлар (1991)	Атомдық деңгейде бақылау мен синтездің басталуы
Институционалдық және стратегиялық кезең	2000–2010	АҚШ-та NNI (2000), ЕО-да Horizon 2020, нанотехнологияны KETs тізіміне енгізу	Мемлекеттік бағдарламалар мен ғылыми

			саясаттар қалыптасты
Интеграциялық және қолданбалы кезең	2010– қазіргі уақыт	Наномедицина, наноэнергетика, наноэлектроника, AI және биоинтеграция	Ғылым мен өнеркәсіптің түйісуі, метатехнологияға айналу
<i>Ескерту: Зерттеулер негізінде автормен құрастырылған</i>			

Нанотехнологиялар мен наноиндустрия қазіргі уақытта ғылымның, технологиялар мен өнеркәсіптің неғұрлым перспективалы бағыттарының бірі және өте күрделі пәнаралық болғандықтан, осы қызмет саласының қарқынды дамуы терминология жүйесінің кеңеюіне және жаңа терминдердің пайда болуына алып келеді, ол тілдегі бар терминологияның әртүрлі әдістеріне байланысты, сәйкесінше білім салаларынан алынған ұғымдарға негізделген.

Қазіргі таңда «нанотехнологиялық жоба» түсінігінің нақты анықтамасы берілмеген. Кравченко К.А., Мешалкин В.П. ғылыми мақаласында наноиндустрия саласындағы жобалар «дамушы сипатқа» ие екендігін атап көрсетті. Ал «дамушы жоба - бастамашылық кезінде түпкілікті мақсаттары жоқ, оған қол жеткізу оның аяқталуын білдіретін жоба» деген анықтама берді [28]. Нанотехнологиялар саласындағы жобаларды 1-ден 100 нанометрге дейінгі ауқымдағы инновациялар жасауға бағытталған жүйелік зерттеулер мен әзірлемелер ретінде анықтауға болады. Бұл жобалардың негізгі мақсаты - материалдардың жаңа қасиеттері мен мүмкіндіктеріне қол жеткізу үшін оларды атомдық деңгейде басқару болып табылады. АҚШ Ұлттық нанотехнология бастамасының деректеріне сәйкес (National Nanotechnology Initiative, 2000), «нанотехнологиялық жоба» наноденгейде бірегей физикалық және химиялық қасиеттерді көрсететін жаңа материалдар мен құрылымдарды әзірлеуді қамтиды, бұл макродеңгейде баламасы жоқ өнімдер жасау мүмкіндігін береді.

Арчибальд нанотехнологиялық жобаларды жоғары технологиялық жобалар санатына жатқызғанымен, алайда, олардың анықтамасын бермеген. Оның сипаттауы бойынша нанотехнологиялық жобалар күрделі, әрі тәуекел деңгейі жоғары, білікті мамандардың қатысуын қажет етеді. Пиллай мен Безбаруа (Pillai & Bezbaruah, 2017) зерттеулеріне сәйкес, мұндай жобалар көптеген ресурстар мен әртүрлі салалардан жоғары білікті мамандарды қажет етеді, өйткені наноденгейдегі көптеген процестер мен нәтижелер жаңашыл және бірегей болып табылады [29]. Пиллай мен Безбаруа нанотехнологиялық жобаларды басқару кезінде денсаулыққа және қоршаған ортаға наноматериалдармен жұмыс істеу барысында туындайтын ықтимал қауіптерді ескеру қажеттігін де атап өтеді. Нанотехнологиялық жобалар көбінесе жаңа қасиеттерге ие материалдар мен құрылымдарды құрумен байланысты, мысалы, жоғары беріктік немесе биологиялық объектілермен селективті әрекеттесу қабілеті, бұл жобаның барлық кезеңдерінде ерекше бақылауды талап етеді.

Жоғары технологиялық жобалардың ішіндегі нанотехнологиялық жобалар ерекше басқарушылық және ғылыми-техникалық сипаттамаларымен ерекшеленеді. Нанотехнологиялардағы жобаларды басқару осы салаға тән бірнеше ерекше факторларға байланысты арнайы тәсілді талап етеді. Мұндай факторлардың бірі - пәнаралық деңгейдің жоғарылығы. Осы саладағы жобалар жиі физика, химия, биология және инженерия мамандарын біріктіретінін, бұл бірегей нәтижелерге қол жеткізу үшін әртүрлі әдістер мен білімдерді интеграциялауға ықпал ететінін атап көрсетеді [25, 30]. Басқа жобалармен салыстырғанда, олар жоғары ғылыми белгісіздік пен айтарлықтай тәуекел деңгейімен ерекшеленеді, өйткені наноматериалдардың көптеген қасиеттері әлі де болса толық зерттелмеген, бұл өз тарапынан жобаларды басқаруды біршама қиындатады [31]. Атап айтқанда, нанотехнология саласындағы жобаларды басқару физика, химия, биология, материалтану және инженерияны және басқа да салаларды біріктіретін пәнаралық тәсілдерді талап етеді [32].

ІТ, биотехнология, жасыл энергетика, робототехника секілді жоғары технологиялық бағыттар инновациялық дамудың драйвері саналса, нанотехнологиялық жобаларда инновациялық өнім атомдық және молекулалық деңгейде қалыптасады. Бұл жобалардың нәтижесі материалдардың құрылымы мен қасиетін наномасштапта бақылау арқылы айқындалатындықтан, олардың басқару логикасы дәстүрлі инженерлік жобаларға қарағанда күрделірек. Зерттеушілер Л.Пиллай және С.Безбаруа нанотехнологиялық жобаларды іске асыру үшін қоршаған орта мен адам денсаулығына наноматериалдардың ықтимал әсерін бақылауға және қауіпсіздікке айтарлықтай инвестиция салу қажеттігін атап өтеді.

Сонымен қатар, нанотехнологиялық жобалардың ерекшелігі:

1) *Ғылыми белгісіздіктің жоғары деңгейінде* көрінеді және тәуекелдер. Нанотехнологиялар толық зерттелмеген процестерді қамтиды, бұл болжау қиындықтарын туғызады және жобаны басқаруда икемділікті қажет етеді. Фадел (2018) атап өткендей, осы саладағы жобалар материалдар мен процестер қасиеттерінің белгісіздігімен байланысты, бұл әртүрлі кезеңдерде тәуекелдерді үнемі бағалауды және жоспарларды түзетуді талап етеді [36]. Бұл ресурстарды жоспарлау және қажетті қаржылық инвестицияларды анықтау кезеңінде, әсіресе жоғары технологиялық жабдық пен білікті мамандардың құны айтарлықтай болған кезде маңызды болып табылады

2) Мұндай жобалар *инфрақұрылымдық тәуелділікке жоғары дәрежеде* ие: «таза бөлме» (clean room), сканерлеуші туннельдік микроскоп, нанолитография жабдықтары сияқты қымбат зертханалық-инженерлік кешендер қажет.

3) Наноматериалдарды прототип ретінде алу – жобаның тек бастапқы кезеңі. Олар нарыққа шығарылмас бұрын технологияны масштабтау, сертификаттау, экологиялық және биологиялық қауіпсіздігін дәлелдеу сияқты *ұзақ коммерцияландыру циклі* жүзеге асырылады. Бұл кезең 5–15 жылға дейін созылуы мүмкін.

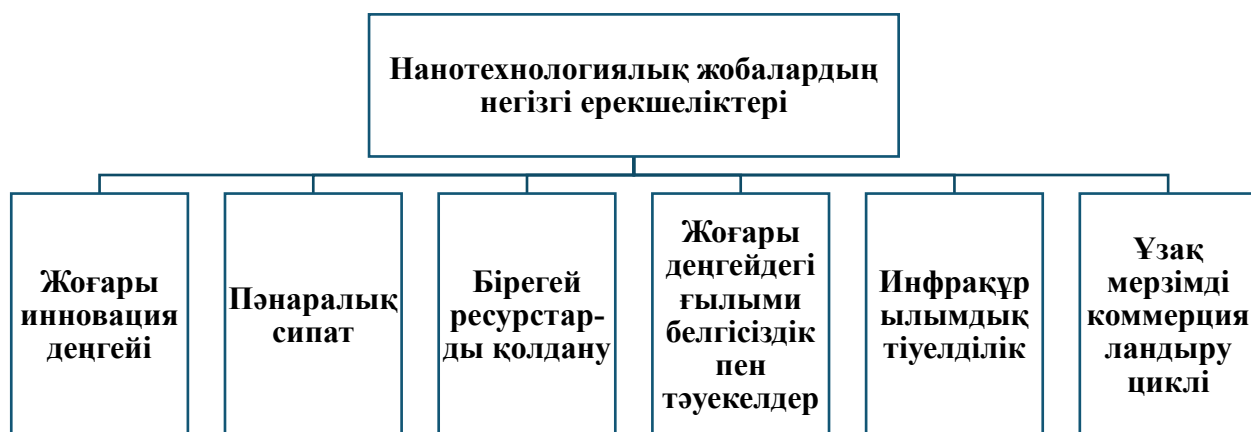
4) *Жоғары инновация деңгейі.* Нанотехнология саласындағы жобалар жоғары деңгейдегі инновациямен ерекшеленеді, өйткені олар көбінесе мүлдем жаңа материалдар мен технологияларды әзірлеумен байланысты. Мешалкин және Стоянова (2012) сияқты зерттеушілердің айтуынша, нанотехнологиялық жобалар «даму сипатына» ие, сондықтан олардың соңғы мақсаттары бастапқы кезеңдерде нақты анықталмауы мүмкін, және жобаның табысы тұрақты зерттеулер мен оңтайландыруға тәуелді [33]. Pillai және Bezbaruah (2017) атап өткендей, мұндай жобалар қауіпсіздікті қамтамасыз етуге үлкен шығындарды талап етуі мүмкін, өйткені наноматериалдарды жасау процесі денсаулық пен қоршаған ортаға ықтимал әсерді болдырмау үшін қатаң бақылауды және стандарттарды сақтауды қажет етеді [29].

5) *Пәнаралық сипат.* Нанотехнологиялық жобаларда физика, химия, материалтану, электроника, биомедицина секілді әртүрлі ғылыми бағыттардың өзара байланысы қажет. Сондықтан мұндай жобалар көбіне жеке компания немесе зертхананың шеңберінде ғана емес, консорциумдар мен ғылыми-технологиялық кластерлер арқылы іске асады. Бұл фактор жобаларды басқарудағы ұйымдастырушылық үйлестіруді күрделендіреді және бұл пәнаралық ортаны құрайды.

Forsyth Institute және басқа да зерттеу орталықтары осы саладағы жобалардың сәттілігі көбінесе әртүрлі ғылыми тәсілдерді біріктіру қабілетіне байланысты екенін атап көрсетеді, бұл жаңа функционалды материалдар мен инновациялар жасау мүмкіндігін арттырады. Арчибалд (2010) өз зерттеуінде бірнеше ғылым саласын қамтитын жобалар инновациялық әлеуетінің жоғары екенін, өйткені ғалымдар бірегей нәтижелерге қол жеткізу үшін кешенді тәсілдің артықшылықтарын пайдалана алатынын баса көрсетеді [34].

6) *Бірегей ресурстарды қолдану.* Харш (2017) зерттеулеріне сәйкес, нанотехнология жобалары арнайы жабдықтар мен ресурстарды қажет етеді, бұл оларды қымбат әрі ресурстарға тәуелді етеді. Мысалы, наноматериалдармен жұмыс істейтін зертханалар ұсақ бөлшектермен жұмыс істеуге және жоғары стерильділік пен қауіпсіздік деңгейін сақтауға арналған жабдықпен жабдықталуы керек. Мазур мен Шапиро сияқты материалтану саласының мамандары нанотехнологиялық жобалардағы білікті мамандардың маңыздылығын атап көрсетеді, өйткені жоғары деңгейдегі мамандану мен білім жоба табысы үшін өте маңызды [35].

Осы ерекшеліктер нанотехнологиялық жобаларды дәстүрлі инженерлік, IT және басқа да технологиялардың жобаларымен тең басқару әдістерін кең қолдануға мүмкіндік бермейді. Сондықтан дәл осы салаға бейімделген басқару әдіснамаларын әзірлеу, процестерді стандарттау, тәуекелді бағалау және инфрақұрылымдық тәуелділікті есепке алу қажеттілігі туындайды. Бұл диссертациялық зерттеудің тақырыбын таңдаудың ғылыми негізін құрап, жұмыстың өзектілігін арттырады (сурет 1).



Сурет 1 - Нанотехнологиялық жобалардың негізгі ерекшеліктері
Ескерту - зерттеулер негізінде автормен құрастырылған

Сонымен қатар, нанотехнологиялық жобаларды жоғары технологиялар саласындағы басқа жобалармен салыстырғанда тағы бір айырмашылығы - олардың инженерлік және техникалық білімді ғана емес, атомдық деңгейдегі іргелі процестерді терең түсінуді де қажет етеді, бұл оларды пәнаралық және жоғары мамандандырылған етеді [32], сондай-ақ адам мен экологияның қауіпсіздігін қамтамасыз ету қажеттілігі бар [37]. Фадел (2018) пікірінше, ақпараттық технологиялар немесе биотехнологиялар саласындағы жобалар сияқты дәстүрлі жоғары технологиялық жобалар болжамдылық пен тұрақтылықтың жоғары деңгейіне ие, ал нанотехнологиялық жобалар ерекше сынақтар мен жоғары деңгейдегі белгісіздіктермен байланысты, бұл оларды басқаруға ерекше тәсіл қажет етеді [36].

Жоғары технологиялық жобалардың (IT, био-, жасыл және нано) негізгі көрсеткіштері бойынша салыстырмалы сипаттамасы 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2 - Жоғары технологиялық жобалардың салыстырмалы көрсеткіштері

№	Көрсеткіш	IT-	Био-	Жасыл	Нано
1	Нәтиже	Бағдарлама, алгоритм	Тірі жүйе, молекула	Энергия/экология шешімі	Атом-молекула деңгейіндегі жаңа материал
2	Белгісіздік	Орташа	Жоғары	Орташа	Өте жоғары
3	Инфракұрылым	Компьютер, сервер	Зертхана	Өндіріс, панель	«Таза бөлме», наножабдық
4	Коммерцияландыру	Жылдам	Ұзақ	Орташа	Өте ұзақ
5	Стандарттау	Жеңіл	Қатаң	Орташа	Өте қатаң
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған					

Кесте 2-де келтірілген салыстырмалы талдау нәтижелері нанотехнологиялық жобалардың тек жоғары технологиялық жобалардың бір түрі ғана емес, басқару логикасы бойынша сапалық тұрғыдан өзгеше екенін

көрсетеді. Біріншіден, нанотехнологиялық жобаларда нәтиже атомдық деңгейде қалыптасады, бұл олардың болжамдылығын төмендетеді. Екіншіден, ғылыми белгісіздік деңгейі айтарлықтай жоғары және жобаның соңғы нәтижесі бастапқы кезеңде толық анықталмауы мүмкін. Үшіншіден, инфрақұрылымдық талаптардың күрделілігі және коммерцияландыру кезеңінің ұзақтығы оларды басқарудың дәстүрлі тәсілдерін қолдануды шектейді.

Автордың ұстанымы бойынша, нанотехнологиялық жобаларды тек инновациялық немесе жоғары технологиялық жобалардың құрамдас бөлігі ретінде қарастыру жеткіліксіз. Себебі, бұл тәсіл олардың басқарушылық ерекшеліктерін, атап айтқанда ғылыми белгісіздіктің жоғары деңгейін, инфрақұрылымдық тәуелділігін және ұзақ мерзімді коммерцияландыру циклін толық ашпайды.

Осыған байланысты нанотехнологиялық жобаларды жобаларды басқару теориясында жеке талдау объектісі ретінде қарастыру орынды деп есептеледі.

Осылайша, нанотехнологиялық жобалар бірегей, жоғары тәуекелді, пәнаралық және ресурстарды көп қажет ететін бастамалар болып табылады, оларды басқаруға және барлық кезеңдерде үйлестіруге ерекше тәсілді талап етеді деген қорытындыға келе отырып, жоғарыда жүргізілген талдау негізінде «нанотехнологиялық жоба» ұғымы нанотехнология саласының ерекшеліктерін ескере отырып нақтыланады: «Нанотехнологиялық жоба – бұл жоғары наномасштабты (1–100 нанометр) материалдар, құрылғылар, жүйелерді және олардың зерттеу-әзірлеу-коммерцияландыру циклын қамтитын, жоғары ғылыми белгісіздік, көпсалалы интеграция және жоғары тәуекелдермен сипатталатын инновациялық жоба. Оның басқаруы стандартты инженерлік жобалардан ерекше ұйымдық-институционалдық, инфрақұрылымдық және әдістемелік талаптарды қажет етеді».

Жобаларды табысты іске асыру техникалық және ғылыми аспектілермен қатар, команданың пәнаралық білімді біріктіре білу қабілетіне және өзгермелі жағдайларға бейімделуіне де тәуелді. Мұндай жобалар басқару мен жоспарлаудың кешенді әдістерін, сондай-ақ әртүрлі салалардағы ғалымдар мен инженерлердің тығыз ынтымақтастығын талап етеді.

Жоғарыда айтылғандарды қорытындылай келе, нанотехнология саласындағы жобаларды табысты басқару икемді жоспарлау мен іске асыруға, сондай-ақ тез өзгертін жағдайлар мен жаңа ғылыми жаңалықтарға бейімделу қабілетіне байланысты екенін анықтауға болады.

1.2 Жобаларды басқару жүйесінің құрылымы мен бағалаудың әдістемелік тәсілдері (нанотехнология саласы негізінде)

Ұйымға жобаларды басқару жүйесін енгізу басқару құрылымдарына айтарлықтай өзгерістер әкеледі. Жобаларды басқарудың табысты болуы үшін бұл жүйе «жүйелер» контекстінде қарастырылып, оны енгізудің стратегиясы

мұқият жоспарлануы қажет. Жобаларды басқару жүйесі жобаларды орталықтандыру мен жеңілдету арқылы өнімділікті арттыруға, ресурстарды тиімді пайдалануға және жобаның нәтижелерін жақсартуға ықпал етеді [38].

Жобаларды басқару теориясы соңғы бірнеше онжылдықта қарқынды дамып, көптеген модельдер мен тәсілдер пайда болды. Бұл тәсілдер қазіргі инновациялық және жоғары технологиялық жобалардың күрделілігі мен динамикасына бейімделуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жаһандық бәсекелестік пен ресурстардың шектеулігі тиімді басқарудың құрылымдалған әдістерін қолдануды талап етеді. 20-ғасырдың ортасынан бастап жобаларды басқару интуитивті амалдан құрылымдалған пән ретінде қалыптасты. Бүгінгі таңда бұл ұйымдарға стратегиялық мақсаттарына жету, тәуекелдерді азайту және ресурстарды оңтайлы пайдалану үшін қажетті құрал болып табылады.

Жобаларды басқарудың осындай эволюциясының нәтижесінде жобаларды басқару жүйесі (ары қарай – ЖБЖ) пайда болды. ЖБЖ – бұл жобаларды тиімді жоспарлау, ұйымдастыру, бақылау және аяқтауға бағытталған әдістердің, құралдардың және процестердің кешені. Оның негізгі құрамдас бөліктері мазмұнды, мерзімдерді, құнын, сапаны, ресурстарды, коммуникацияларды, тәуекелдерді және сатып алуды басқару болып табылады [1]. Project Management Institute (PMI) әзірлеген PMBOK стандартына сәйкес, ЖБЖ жобаның мақсаттарына жетуге бағытталған құрылымдалған тәсілдерді қамтиды, оның ішінде мерзімдер, бюджет және сапа сияқты маңызды аспектілер кіреді (PMI, 2017).

Бұл өзгерістердің барлығы ЖБЖ-ның қазіргі заманғы ұйымдар үшін қажеттілігін және оның тиімділігін арттыратын жүйелі құрал екенін дәлелдейді.

Қазіргі зерттеулер ЖБЖ-ны ақпараттық технологиялар мен нанотехнологиялар сияқты жоғары технологиялық салалардың ерекше қажеттіліктеріне бейімдеуге көбірек көңіл бөледі, мұнда жаңашылдықты үнемі жаңартып отыру және интеграциялау қажет. Svejvig және Andersen (2015) жұмыстарында дәстүрлі жобаларды басқару әдістерін икемді және бейімделгіш әдістермен біріктіретін аралас тәсілдердің маңыздылығы атап көрсетіледі [47]. Олардың зерттеулері жобаларды басқарудағы икемділік ғылыми және технологиялық әзірлемелерге тән белгісіздікпен жақсы күресуге мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Сонымен қатар, Backlund және әріптестерінің (2014) пікірінше, ЖБЖ-ның жетілу деңгейі инновациялық жобалардың табыстылығымен тікелей байланысты. Швед компанияларының мысалында жүргізілген зерттеулерінде олар ЖБЖ-ның жоғары жетілу деңгейлері жобаларды орындаудың тиімділігін арттырумен байланысы бар екенін атап өтеді. Бұл тұжырым СММИ (Capability Maturity Model Integration) сияқты жобаларды басқарудың кешенді модельдерін енгізу қажеттілігін растайды, олар сапа мен тәуекелдерді басқару элементтерін қамтиды [39].

Тәуекелдер мен қауіпсіздік талаптары маңызды рөл атқаратын нанотехнологиялық жобаларда зерттеушілер процестерді қатаң бақылау мен

мониторингтің қажеттілігіне назар аударады. Тәуекелдер мен белгісіздік жоғары технологиялық жобаларда басқарудың бейімделгіш тәсілдері маңызды рөл атқарады. Бұл тұрғыда Serrador және Pinto (2015) Agile әдістемесінің қолданылуы жобалардың дәлдігін арттырып, жағымсыз салдарлардың ықтималдығын азайтатынын анықтаған [40].

Нанотехнология саласындағы жобалар күрделілігі мен инновациялық деңгейінің жоғары болуымен сипатталады, бұл көпсалалы командалардың үйлесімділігі мен ресурстарды тиімді басқаруды қамтамасыз ету үшін ЖБЖ қолдануды талап етеді. Зерттеулер ЖБЖ-ны нанотехнологиялық жобаларда енгізу тиімділікті арттыруға және тәуекелдерді азайтуға ықпал ететінін көрсетеді. Нанотехнологиялар саласындағы ЖБЖ тәуекелдерді, сапаны және инновацияларды басқаруға жоғары талаптарымен ерекшеленеді. Нанотехнологиялық жобаларда ЖБЖ қолдану жобалардың сәтті орындалуын қамтамасыз ету, тәуекелдерді басқару және процестерді оңтайландыру үшін қажетті құрал болып табылады. ЖБЖ бағалаудың әртүрлі әдістері жобаларды орындауды бақылау және қадағалау мүмкіндіктерін ұсынады [41].

Нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесінің негізгі ерекшеліктері мыналарды қамтиды:

- алдыңғы қатарлы технологиялардың, мысалы, жасанды интеллект, машиналық оқыту және үлкен деректерді пайдалана отырып, процестерді болжау және оңтайландыру үшін жоғары деңгейде интеграциялау [42, 43].

- процестердің икемділігіне қойылатын талаптар, бұл нанотехнология саласының қарқынды дамуы және жаңа ашылуларға жедел бейімделу қажеттілігімен байланысты [39].

- сапаны бақылаудың және қауіпсіздік талаптарына сәйкестіктің жоғарылатылған стандарттары, бұл нанотехнологияда экологиялық және биологиялық тәуекелдерге байланысты ерекше маңызды [40].

Нанотехнологиялық жобаларда қолданылатын ЖБЖ өзіндік элементтер мен құрылымға ие, олар дәстүрлі ЖБЖ-нен ерекшеленеді. Бұл саладағы маңызды компоненттер мыналарды қамтиды:

1. Білімді басқару: нанотехнологиялық жобалар арнайы міндеттерді шешу үшін қажетті бірегей құзыреттерге сүйенетіндіктен, білімді жүйелендіру қажет. Жобалық командаларға арналған білім қоры мен арнайы тренингтердің болуы дағдылар мен білімді үнемі жаңартып отыруды қамтамасыз етеді, бұл сала үшін аса маңызды [44].

2. Инновациялар және технологиялық қолдау: нанотехнологиялар саласындағы жобалар күрделі жобалық процестерді басқару үшін сандық егіздер мен модельдеу сияқты инновациялық құралдар мен модельдерді пайдаланады [40]. Технологиялық қолдау процестерді бақылау мен оңтайландыруда маңызды рөл атқарады, мысалы, деректерді жинауды автоматтандыру және қауіпсіздік параметрлерін талдау арқылы.

3. Тәуекелдерді басқару және сапаны бақылау: нанотехнологиядағы жобаларды басқару жүйелері тәуекелдерді және сапаны басқару әдістерін

тереңірек интеграциялауды талап етеді. Бұл үшін PRINCE2 және OPM3 сияқты модельдер қолданылуы мүмкін, олар жаңа наноматериалдарды әзірлеуге байланысты арнайы тәуекелдерді бағалау мен бақылауға бейімделген [46].

4. Процестердің икемділігі мен бейімделуі: процестер жобадағы немесе нормативтік талаптардағы өзгерістерге тез бейімделуі керек. Бұл үшін ЖБЖ құрылымы Agile немесе Lean сияқты бейімделгіш әдістемелерді қамтиды, олар жоспарлар мен стратегияларды жобаның барлық кезеңдерінде қайта қарауға мүмкіндік береді [1].

5. Ресурстарды тиімді бөлу: нанотехнологиялық жобалар зерттеулер мен әзірлемелерге айтарлықтай инвестицияларды талап етеді, сондықтан ЖБЖ бюджет пен адами ресурстарды икемді басқаруды көздейді [47].

Бұл элементтер ұйымның күрделі жобаларды басқаруға дайындығын анықтауға бағытталған жобаларды басқару жүйесінің жетілуін бағалаудың негізін құрайды.

Бұл ішкі элементтер өзара тәуелді, олардың өзара іс-қимылы ақырында жобаның мақсатына қол жеткізілетін тиімділік пен нәтижелілікке әсер етеді. Жобаның табысы осы ішкі элементтерінің өзара іс-қимылына және адамдардың жобаны тиімді басқаруға ықпал ету үшін мәдени ортаның барабарлығын қалай қабылдайтынына байланысты. Ұйымдағы құрылымның түрін және жобалық жұмысты ұйымдастырудың үш түрлі қағидасы қолданылады: функционалды, матрицалық және жобалық. Олардың өзара айырмашылығы – жоба менеджері немесе функционалды басқарушының құзыреттілігінің басымдылығында. Егер бастапқыда ұйым жобалық-бағдарланған, бірақ оған жобаны басқару жүйесін енгізу міндеті тұрса, онда ұйым функционалды құрылымдан матрицаға (оның кіші түрлерінің бірі - әлсіз, күшті немесе теңдестірілген) немесе жобалық құрылымға ауысуы керек. Ұйым басқару құрылымын өзгертуден бұрын, жоспарлап отырған құрылымның міндеттеріне ұйымның ағымдағы құрылымы мен персонал сәйкестігін тексеру қажет. Осыдан кейін ЖБЖ-нің жобаларды басқару әдіснамасы әзірленеді.

Осылайша, нанотехнология саласындағы инновациялық және зерттеуші ұйымдарда жобаларды басқарудың жүйесі (ЖБЖ) менеджерге жоба бойынша жұмыстарды басқарудың тиімділігін және үйлестіруді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін, оның өмірлік циклінің барлық фазаларында жобаны басқарудың әртүрлі деңгейлері мен сатыларын қамтитын теңгерімді басқару шешімдерін әзірлеу және іске асыру құралдарын ұсынатын ұйымдастырушылық және бағдарламалық-техникалық орта ретінде қарастырылады. Инновациялық технологиялар саласындағы жобаларды басқару жүйесінің айтарлықтай дамуына, зерттелуіне қарамастан, көптеген жобалар сәтсіз немесе мүлдем сәтсіз деп танылады. The Standish Group International зерттеулеріне сәйкес, инновациялық технологиялар саласында іске асырылатын жобалардың 30% - ға жуығы табысты деп танылады [48]. Дж. К. Кроуфорд (J.K. Crawford), табысты аяқталған жобалардың төмен үлесі жоба командасы мен жобалар менеджерінің және ұйымдағы ЖБЖ төменгі деңгейінен деп анықтайды. Зерттеушінің

пікірінше, жобалық білімді, құралдар мен технологияларды тиімді және нәтижелі пайдалану үшін, жоба жетекшілері он жыл бойы үздіксіз жобалық қызметті жүргізуі тиіс, яғни жоба командасы, ұйымдар біртіндеп және дәйекті түрде кемелденуі және дамуы тиіс [44].

Нанотехнологиялар саласында жобаларды басқару жүйесін қолдану *i* - ресурстарды басқару тиімділігін арттыру, яғни материалдар мен жабдықтарды пайдалануды онтайландыру; *ii* - командаларды үйлестіруді жақсарту, яғни әртүрлі салалар мамандарының бірлесіп жұмыс істеуін қамтамасыз ету; *iii* - тәуекелдерді азайту: жобаның ерте кезеңдерінде ықтимал мәселелерді анықтау және басқаруды қамтамасыз етеді.

Жобаларды басқару саласы заманауи ғылыми зерттеулер мен тәжірибелерге негізделіп отырып, жүйелендірілген және құрылымдалған әдістемелерді ұсынады. Жобаларды басқарудың негізгі концепциялары мен әдістемелері ұйымдарға стратегиялық мақсаттарына қол жеткізуге мүмкіндік беретін құралдарды қамтиды. Солардың бірі – Project Management Institute (PMI) әзірлеген PMBOK стандарты. Бұл стандарт жобаларды басқару процестерін инициация, жоспарлау, орындау, мониторинг және аяқтау сияқты бес топқа және он білім саласына бөлу арқылы жобаларды басқару процестерін жүйелейді. Осы әдістеме кез келген саланың ерекшелігіне бейімделіп, жобаның негізгі параметрлері – уақыт, бюджет және сапаға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, PRINCE2 әдістемесі басқарудың үдеріс-бағдарланған тәсіліне негізделген. Оның басты ерекшелігі – жобаның әрбір кезеңінде құжаттаманың нақты жүргізілуі, жобаның өміршеңдігіне тұрақты баға беру және процестердің жоғары құрылымдалуы [50]. Бұл әдістеме өзгермелі талаптарға тез бейімделуді қажет ететін нанотехнологиялар саласында жоғары тиімділік көрсетеді.

Жобаларды басқаруда икемді тәсілдерді енгізу, мысалы, Agile әдістемесі, заманауи технологиялар мен нарық талаптарына жедел жауап беруді қамтамасыз етеді. Agile әдістемесі бейімделмелі жоспарлау мен итеративті орындауды біріктіре отырып, белгісіздік жағдайында жұмыс істеуге және инновациялық идеяларды жедел жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл әдіс жоғары технологиялық жобаларда, оның ішінде нанотехнологияларда, кеңінен қолданылады.

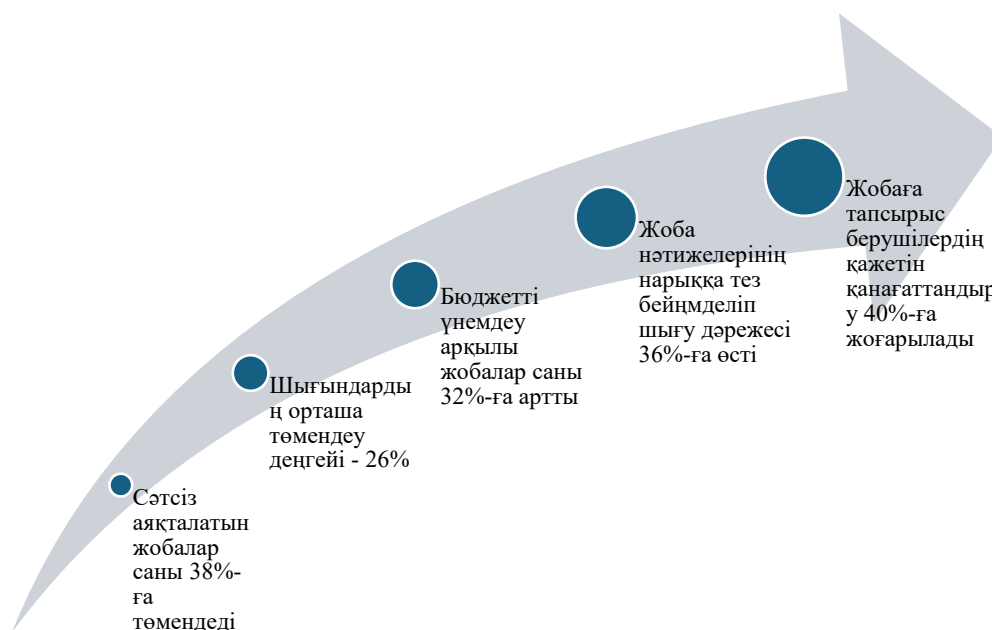
Жобаларды басқару саласындағы жетілу деңгейін бағалау үшін PMMM (Project Management Maturity Model) және OPM3 сияқты модельдер жиі қолданылады. Бұл модельдер ұйымдардағы жобаларды басқару процестерінің дамуын және олардың тиімділігін арттыруға арналған жүйелі тәсілдерді сипаттайды [44]. Олар ұйымдарға басқару әдістерін жетілдіру арқылы стратегиялық мақсаттарға тиімді қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Жобаларды басқарудың осы концепциялары мен әдістемелері ұйымдардың ресурстарды онтайлы пайдалануына, инновациялық шешімдерді енгізуіне және жобаларды орындау сапасын арттыруына ықпал етеді.

Жобаларды басқару жүйесінің дамуын, тиімділігін анықтайтын оңтайлы әдіс – кемелдену моделі болып табылады, себебі ұйымның жоба менеджментінің кемелдену деңгейі артқан сайын, сәйкесінше ұйымда жүзеге асырылған жобаның сәтті аяқталу ықтималдылығы жоғарылайды [39].

Кемелдену модельдері - қызметті тиімді басқару мақсатын көздейтін ұйымдарға басқару жүйесінің ағымдағы жағдайын бағалау және ұйымда басқаруды дамыту стратегиясы мен тактикасын анықтау мүмкіндігін береді. Кемелдену деңгейі өскен компанияларда келесідей оң нәтижелер орын алды (сурет 2).

Сурет 2-де кемелдену деңгейін арттырған ұйымдарда байқалған оң нәтижелер ұсынылған. Көрсетілген деректер жобаларды басқару жүйесін институционалдық тұрғыдан жетілдірудің нақты тиімділігін дәлелдейді: шығындардың төмендеуі, жобалардың мерзімінде аяқталу деңгейінің өсуі, бюджет шегінде орындалған жобалар санының артуы және клиенттердің қанағаттану көрсеткішінің жоғарылауы. Бұл нәтиже ұйымдардың жобалық мәдениеті, басқару құралдары және стандартталған процестерді енгізу арқылы стратегиялық мақсаттарға тиімді қол жеткізе алатынын көрсетеді.



Сурет 2 -Кемелдену деңгейі өскен компанияларда орын алған оң нәтижелер

Ескерту - [33] дереккөз негізінде автормен құрастырған

Кемелдену деңгейінің өсуі тек операциялық көрсеткіштерді жақсарту ғана емес, сонымен қатар жобалық басқаруды жүйелі оңтайландырудың өлшенетін индикаторы болып табылады. Осыған байланысты ғылыми әдебиеттерде кемелдену модельдері түрлі тәсілдерге сүйене отырып топтастырылған. Сурет 3-де ұйымдардың жобаларды басқарудағы кемелденуін бағалауда қолданылатын

халықаралық модельдердің жіктелімі ұсынылған. Бұл модельдер ұйымдарға басқару әдістерін стандарттау, процестерді жетілдіру және жобалық қызметтің тиімділігін арттыру үшін жүйелі негіз береді.



Сурет 3 - Ұйымдағы жобаларды басқарудың кемелденуін бағалайтын модельдер

Ескерту - зерттеулер негізінде автормен құрастырылған

«Сатылы» модельдер жобаларды басқару жүйесі үдемелі дамуына негізделеді (РМММ 5 деңгейді бөледі, олардың әрқайсысында білімнің тоғыз саласы бойынша процестерді сипаттайды, Г.Керцнер кемелдену деңгейін, жоғары деңгейлерге көшу әдістерін және т. б. сипаттайды) [50];

OPM3 басқару объектілері (жоба, бағдарлама, портфель) бойынша құрылымдалған және осы объектілерді үш өлшемде басқару бөлігінде ЖБЖ деңгейін айқындауды қамтиды – стандарттау, өлшеу, бақылау және процестерді кемелдену бойынша үздік тәжірибелер; жобаларды, бағдарламаларды және портфельдерді басқаруда осы практикаларды қолдану; үздік практикалар қабілеттілігінің бірізділігін құру [51];

«Жапырақ тәрізді» модельдері жобаларды басқару жүйесі кемелденудің қосымша параметрлерін пайдаланумен ерекшеленеді, мысалы қызметкерлерді басқару, жобаларды басқару сапасын қамтамасыз ету, ұйымдастырушылық жобалау және т.б.;

«Иерархиялық» модель - кемелденудің әр түрлі параметрлерін (объектілер, функциялар, процестер), осы модель шеңберінде кемелдену деңгейін біріктіретін ЖБЖ туралы барлық түсінік кешенін синтездеу әрекеті үш құрамдас бөліктермен сипатталады: әдіснама, технология, персонал [50].

К. Ф. Грей және Э. У. Ларсон [52] жобаларды басқару жүйесі зерттейтін және дамытатын ұйымның мәдениетіне ерекше мән береді. Зерттеу сәтті өту үшін қазіргі ұйымдық мәдениет жобаларды орындау үшін қажетті мінез-құлықты, яғни командаларда жұмыс істеу, жанжалдардағы төзімділік, ақылға

қонымды тәуекелге дайындық, бастама және т.б. қолдау қажет. Авторлардың зерттеуі бойынша, инновациялық технологиялар саласындағы қызмет етуші ұйымдардағы ЖБЖ кемелдену деңгейін анықтаудың ең тиімді әдісі – сатылы модельдерді қолдану. Сатылы модельдер негізінде ұйымдағы ЖБЖ сандық және сапалық талдау жүргізу мүмкіндігі бар. Инновациялық технологиялардың өзі бірнеше түрге бөлінеді, жұмыстың зерттеу объектісі болып нанотехнологиялар саласындағы жобаларды басқару жүйесі табылады. Нанотехнология саласының ерекшеліктеріне сәйкес ЖБЖ бағалаудың көп деңгейлі кемелдену моделі ұсынылады. Ұйым жобаларын басқару жүйесінің жетілуінің көп деңгейлі моделін әзірлеу келесі үрдістерден тұрады. Кесте-3 жобалық менеджмент жүйесінің 7 элементі бойынша модельдерді талдау нәтижелері берілген [53].

Салыстырмалы талдау нәтижелері көрсеткендей, берілген модельдердің ішінен ОРМЗ, Беркли және РМММ кемелдену моделдерінің бағаланатын элементтері жобаны басқару сапасын жан-жақты бағалауға негізделген. Оларды қолдану арқылы ұйымның кемелдену деңгейін үдерістердің қолданылу интенсивтілігі тұрғысынан қарастыруға болады. Алайда, оларды жеке алып қарайтын болсақ, РМММ кемелдену моделі ұйымдағы жобаларды басқару жүйесінің сапалы ақпараттық жүйе қауіпсіздігімен қамсыздандырылуын талап етеді, сонымен қатар бұл модельде келесі жетілу деңгейлеріне көтерілудің нақты бағыттары ұсынылмайды. Отандық мекемелер мұндай талаптарды орындауға дайын емес екенін ескерсек, бұл моделді қолданудың қисынсыз екенін түсінуге болады. Ал ОРМЗ кемелдену моделіне келсек, оны іс жүзінде қолдану қиын.

Кесте 3 - Ұйымның кемелдену деңгейін бағалау модельдерінің салыстырмалы талдауы

Модель	ОРМЗ	Беркли	РМММ	ЕАММФ	СММІ
Жүйенің бағаланатын элементі	ОРМЗ	кемелдену моделі	кемелдену моделі	кемелдену моделі	кемелдену моделі
Нормативті- құқықтық				+	
Әдіснамелік	+	+	+	+	+
Кадрлық	+	+	+		
Ұйымдастырушылық	+	+	+		
Техникалық	+		+	+	+
Корпоративті	+	+	+		
Сандық талдау		+			
Бағаланатын элементтер саны	5	5	5	3	2
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған					

Модельдің үдерістері тек озық тәжірибелі Трансұлттық компаниялардың жүйесін бағалауға негізделген. Бағалау үдеріс жобаларды басқару саласында жоғары біліктілігі бар мамандардың болуын қажет етеді. Процестерді қазақстандық ұйымдардың қажеттіліктері мен мәдениетіне бейімдеу қиындықтары да орын алады. Беркли кемелдену моделіне тоқталсақ, ол өзара байланысты элементтер иерархиясы түрінде жүйенің элементтерін сипаттауға

арналған визуалды құрылымнан тұратын әмбебап жүйе. Ол жобаларды басқару жүйесін дамытудың бағыттары мен нақты қадамдарын ұсынуға мүмкіндік береді. Алайда, кемелдену модельдерін талдау нәтижелерін ескере отырып, келесі қорытындылар жасауға болады:

- кемелдену тұжырымдамасының бірегей түсінігі жоқ, әр модель өзіндік мәселелерді шешеді;
- мұндай кемелдену модельдерін әртүрлі жүйелерді бағалау үшін қолдану қиын, әрі қисынсыз болуы мүмкін;
- кемелдену моделі ұйымның басқару жүйесінің даму деңгейін алдын ала анықталған нақты көрсеткіштер жиынтығын ескеру арқылы бағалауы керек.

Сондықтан Беркли кемелдену моделіне негізделіп жетілдірілген жаңа кемелдену моделі жасалынды. Оның Беркли моделінен айырмашылығы - үдерістерінің отандық компаниялардағы жобалық менеджменттің және жобалық инфрақұрылымның даму жағдайына орай бейімдендіріліп, құрамының өзгертілуінде. Бұл моделдің ерекшелігі келесідей:

- 1) Модератор-айнымалы. Жобалық менеджменттің әдістері;
- 2) Тәуелсіз айнымалы. Жобалық менеджменттің үрдістері;
- 3) Тәуелді айнымалы. Жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі.

Осыған сәйкес зерттеу үш айнымалыдан тұрады. Тәуелсіз айнымалының деңгейі жоғары болған сайын тәуелді айнымалының мәні де арта түседі, ал модератор-айнымалы, яғни жобалау менеджменттің әдістері бұл байланысты күшейте түседі.

Ұсынылған моделдің нақты сипаттамасы қосымшада көрсетілген (қосымша А).

Ары қарай, жобаларды басқару жүйесінің кемелдену дәрежесін сараптамалық бағалау үшін 6 аспектісін қарастырылады [54]:

- бағдарламалық-ақпаратты пайдалану тиімділігін арттыруға бағытталған жобаларды басқару жүйесінде пайдаланылатын бағдарламалық кешен;
- әдістемелік - жобаларды басқару жүйесінің функционалдығын оңтайландыруға қолданылатын тәсілдер мен әдістердің жиынтығы;
- ұйымдастыру-басқару - жобаларды басқару бойынша қолда бар ұйымдастыру шешімдерінің жиынтығы (жоба офисі мен жоба командасының жұмысын ұйымдастыруды қоса алғанда), сондай-ақ қолданыстағы басқару процестері;
- қаржылық – бұл қаржылық жауапкершілік орталықтарының және ақша ресурстарымен жұмыс істеу тетіктерінің жиынтығы;
- стратегиялық - жобалық менеджменттің ұйымның қызметін стратегиялық жоспарлаумен байланысы;
- жүйелілік - жобаларды басқарудың әзірленетін жүйесінің тұтастығы мен бірлігін қамтамасыз ететін интеграциялық тетіктер жиынтығы.

Жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейінің әрқайсысы келесі ерекшеліктерімен сипатталады.

1-деңгей. Бастапқы деңгейде жобаларды басқару жүйесінің тұжырымдамалары ғана қалыптасады. Бұл, әдетте, келесі схема бойынша жүреді. Ұйымда бірнеше бастамашы (кейде бір) пайда болады, алдымен зерттеу, ойлау, содан кейін жобаларды басқару құралдарының жеке әдістерін, құралдарын іске асыруды бастайды. Көбінесе осы кезеңде жобаларды басқару бойынша арнайы бағдарламалық өнімдер, әсіресе күнтізбелік-ресурстық жоспарлау бөлігінде (Microsoft Project, Spider Project, Primavera, Project Planner, Open Plan және т.б.) пайдаланылады, бірақ оларды қолдану тиімділігіне масштабтық жоғары көрсеткіштерге қол жеткізе алмайды, олардың тиімділігін арттыруға арналған жобалар саны бойынша да, сондай-ақ жобаларды басқарудың қамтылатын кіші жүйелері бойынша да шектеледі, мысалы, тек уақытша немесе тек құндық параметрлер бойынша ғана басқару. Осы кезеңде жобаларды басқару жүйесі қысқа мерзімді анықталған проблемалардың шектеулі санын шешу үшін қызмет етеді. Мұнда сондай-ақ, ұйымда жобаларды басқаруға кеңес беру мен тәлімгерліктің маңызды функцияларын атап өткен жөн.

Жобаны басқару жүйесінің жетілу деңгейін бастапқы деңгейде бағалау графикалық түрде 4-суретте көрсетілген.



Сурет 4 - ЖБЖ кемелденуінің 1 деңгейінде жобаларды басқару жүйесін пысықтау дәрежесін графикалық бейнелеуі

Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Екінші деңгейде жобаларды басқару жүйесінде қолданылатын құралдар мен әдістемелерді қолдану тұрақты болады. Жобаларды басқару негізінде жатқан көзқарастар толық көлемде емес, түсінілуі және қолданылуы мүмкін екеніне қарамастан, жобаның табысы әлі де айтарлықтай дәрежеде күтпеген нәтижені береді, ал құны мен жоспарлы кесте бойынша мәселелер орын алады, жобаларды басқару процесіне тартылған қызметкерлердің рөлі мен міндеттерін анықтау, сондай-ақ жобаларды басқарудың корпоративтік стандартын құру бойынша алғашқы қадам іске асырылады, оған жобаларды басқару жөніндегі глоссарий және жобалық жоспарлау және есепке алу жүйесін жолға қою үшін шаблондар мен нысандарды қамтитын рәсімдер кіреді. Жобаларды басқару жүйесін әзірлеудің бастамашылары тәлімгерлік функцияларын орындауды жалғастырады, алайда олардың негізгі күші ығысады, ал жобаларды басқарудың нақты практикалық мәселелері бойынша кеңес беру саласы, сондай-ақ оқыту жүргізіледі.

Жобаны басқару жүйесін кемелдену дәрежесін бағалау 5-суретте көрсетілген.



Сурет 5 - ЖБЖ кемелдену 2 деңгейінде жобаларды басқару жүйесін пысықтау дәрежесін графикалық бейнелеу
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Үшінші деңгейге жеткенде жобаларды басқарудың әзірленген жүйесі жобалар жиынтығын басқаруды іске асыруға мүмкіндік береді. Бұл кезеңде жоба командасы қатысушыларының өзара және зертхананың құрылымдық

бөлімшелерімен өзара іс-қимыл регламентін толықтай сипаттауды, сондай-ақ қажетті құжаттардың шаблондарын қамтитын осы рәсімдерді орындау бойынша жобаларды басқару рәсімдері мен жұмыс нұсқаулықтарын сипаттауды қамтитын жобаларды басқарудың корпоративтік стандартын құру бойынша белсенді жұмыс жүргізіледі. Жобаларды басқару жүйесі шеңберінде бірыңғай интеграцияланған бағдарламалық-ақпараттық жүйе әзірленеді және қолдау көрсетіледі, ол «жобаны инвестициялауға дейінгі талдау жүйесі», «күнтізбелік-ресурстық жоспарлау және бақылау жүйесі», «жеткізуді басқару жүйесі», «құжат айналымын басқару жүйесі», «қаржылық жоспарлау жүйесі» және т. б. модульдерді қамтитын ұйымның жобаларының көпшілігін басқаруды жоспарлау, есепке алу және талдау үшін пайдаланылады. Сондай-ақ тұрақты негізде іске асырылатын жобалардың ағымдағы жай-күйіне кеңестер мен шолулар өткізіледі, онда жобаның мазмұны, құны, кестесі, сапасы, адами ресурстары, коммуникация, тәуекелдерді басқару, жабдықтау мәселелері қарастырылады және жоба жоспарынан туындайтын ауытқулар бойынша жедел шешімдер қабылданады.

Жобаны басқару жүйесін кемелдену деңгейінің 3 деңгейде жетілдіру дәрежесі графикалық түрде 6-суретте көрсетілген.



Сурет 6 - ЖБЖ кемелдену 3 деңгейінде жобаларды басқару жүйесін пысықтау дәрежесін графикалық бейнелеу
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Осы деңгейде жобаларды басқарудың әзірленген жүйесі ұйымда іске асырылатын барлық жобаларды басқаруды ұйымдастыруға және оларды

басқарудың тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Жобаларды басқару жүйесі жобаларды басқарудың барлық процестері ұйымда өтетін басқа да процестермен біріктірілген. Жобаларды басқару бойынша қызмет жобаларды басқару бойынша корпоративтік стандарт түрінде толық қалыптастырылды. Жобаларды басқару жүйесі осы жетілу деңгейіне жеткенде, жобаларды басқару жөніндегі қызметтің екпіні жобаларды басқару практикасын үздіксіз жақсарту, басқарудың ең жақсы әдістері мен техникаларын тарату, болжамдық модельдерді құру мақсатында өткен жобаларды басқару тәжірибесін жинақтау және құрылымдау, персоналды осы саланың ең соңғы жетістіктеріне оқыту жағына қарай жылжиды.

4 деңгейде жобаны басқару жүйесін кемелдену дәрежесін бағалау графикалық түрде 7-суретте көрсетілген.

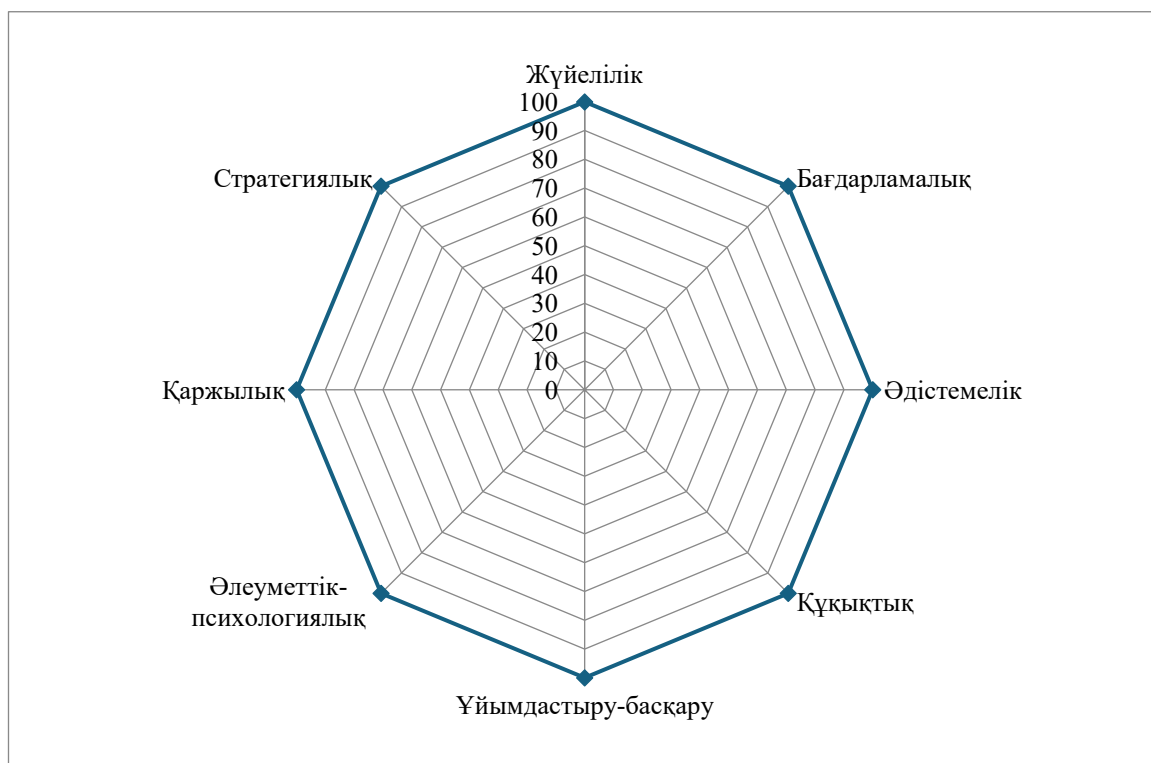


Сурет 7 - ЖБЖ кемелдену 4 деңгейінде жобаларды басқару жүйесін пысықтау дәрежесін графикалық бейнелеу
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Кемелденудің бұл деңгейіне жеткен кезде Жобаларды басқару жөніндегі қызметтің акценттері бүкіл ұйымның бизнес-мақсаттарын қолдау жағына қарай жылжиды, өйткені осы сәтте онда жобаларды басқару қағидаттары қабылданып, пайдаланылады. Жобаларды басқарудың әзірленген жүйесі жобалық тәсіл негізінде стратегиялық дамуды қарастырады, оны жобалар жиынтығы ретінде жоспарлайды және іске асырады. Осылайша, бүкіл зертхана қызметін стратегиялық жоспарлау функциясы жобаларды басқару жүйесі іске асыратын функциялар тізбесіне енгізіледі. Ресурстарды жалпы жобалық жоспарлау және шешімдер қабылдау бүкіл ұйым деңгейінде іске асырылады. Жобаларды

басқарудың әзірленген жүйесі ұйымдағы барлық жобалар ауқымындағы жақсартулардың катализаторы және қорғаушысы болып табылады. Бенчмаркинг – нақты ұйымда жобаларды басқару тиімділігін бүкіл әлем бойынша жобаларды басқару көшбасшыларының жұмыс тиімділігімен үздіксіз салыстыру процесі ұйымдастырылады.

Бенчмаркинг жаңа жақсарту идеяларын құруға және жобаларды басқару құралдарын жетілдіруге көмектеседі. Жобаларды стратегиялық деңгейде табысты іске асыру нормаға, ал жобалардың өздері бизнестің ажырамас бөлігіне айналады (сурет 8):



Сурет 8 - ЖБЖ кемелдену 5 деңгейінде жобаларды басқару жүйесін пысықтау дәрежесін графикалық бейнелеу
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Келтірілген кемелдену моделі ЖБЖ әдістемелік қамтамасыз етілуін кемелдік үлгісінде бөлінген деңгейге сәйкес қарауға мүмкіндік береді. Құрастырылған кемелдену деңгейлерінің критерийлері негізінде жобаларды басқару жүйесін әдістемелік қамтамасыз етуді әзірленеді.

Авторлар тарапынан ұсынылған кемелдену деңгейлерінің критерийлері негізінде жобаларды басқару жүйесін әдістемелік қамтамасыз етуді әзірлейміз.

Жобаларды басқару жүйесін құру мен жұмыс істеуінің оңтайлылығы көбінесе оның негізіне салынатын әдістер мен тәсілдерге байланысты екені анық. Жобаларды басқарудың әзірленетін жүйесінде тиімді пайдаланылуы мүмкін әдістердің тізбесін көрсете отырып, оларды жобаны басқару жүйесінде әдістің

енгізілуі мүмкін болатын кемелдену деңгейін, сондай-ақ оны одан әрі пайдалану, дамыту және басқа әдістермен интеграциялау іске асырылатын деңгейлерді айқындай отырып, жобаларды басқару жүйесінің кемелденуінің ұсынылған бес деңгейлі моделіне сәйкес жіктеледі.

Сипатталған әдістерді, модельдерді және тәсілдерді енгізудің мақсаты жобаларды басқару жүйесінің белгілі бір сипаттамасын қалыптастыру болып табылады, оның болуы жобаларды басқару жүйесімен қол жеткізілген қандай да бір жай-күйін куәландырады (кесте 4).

Кесте 4 - ЖБЖ кемелдену әдістерінің 5 деңгейлі моделімен арақатынасы

Әдістің атауы	Кемелдену деңгейлері				
	1	2	3	4	5
Жобаның құрылымдық декомпозициясының әдістері	h	+	+	+	+
Ұйымдастыру құрылымдарын жобалау әдістері		h	+	+	+
Жобаны модельдеу құралдары	h	+	+	+	+
Ұйымдастыру құрылымымен мақсаттар мен функциялардың құрылымын байланыстыру әдістері		h	+	+	+
TQM				+	+
Үздік тәжірибені іздеу және бейімдеу әдісі (бенчмаркинг)					+
Ұйымдастыру процестерін зерттеу және жобалаудың негізгі әдіснамасы	h	+	+	+	+
Бірегей модельдеу тілі		h	+	+	+
Функционалдық-құндық талдау				h	+
Тәуекелдерді талдау әдістері			h	+	+
CRM					+
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған					

Жобаны дамытудың әртүрлі деңгейлерінде басқару жүйесіне тән келесі 25 негізгі сипаттаманы атап өтеді. Келтірілген сипаттамалар қарастырылған әдістерге ұқсас, ЖБЖ жетілуінің 5-деңгейді моделіне сәйкес келеді (Қосымша Б).

Қорытындылай келе, жобаларды басқару жүйесі жобаны басқаруды қолдау үшін рәсімдер мен ресурстар, әдістер мен әдіснамалардың жиынтығынан тұратындығы анықталды. Осылайша, жобаларды басқару жүйесі ұйымның жобаны табысты аяқтау үшін тиімділік моделі болып саналады. Жобаларды басқару жүйесін және оны бағалаудың кемелдену моделдерін талдау нәтижесінде Беркли кемелдену моделіне негізделіп, отандық нарық ерекшеліктеріне бейімделген жаңа кемелдену моделі ұсынылды. Оның ерекшелігі жаңа үрдістердің қосылуы мен модератор-айнымалы ретінде жобалау менеджментінің әдістері әсерінің ескерілуінде.

1.3 Нанотехнология саласындағы жобаларды халықаралық стандарттар негізінде басқару тәсілдерінің жаһандық эволюциясы

Нанотехнологияның заманауи дамуы жобаларды басқару жүйелеріне (ЖБЖ) ерекше талаптар қоятын жоғары динамикамен және пәнаралық байланыспен сипатталады. Бұл саладағы тиімді басқару тез өзгеретін жағдайларға бейімделуді, белгісіздіктің жоғары деңгейін және әртүрлі ғылыми және инженерлік пәндерді біріктіру қажеттілігін талап етеді.

Бұл бөлімдегі зерттеудің мақсаты наноиндустрияда жобаларды басқару саласындағы әлемнің озық елдерінің тәжірибесін талдау әрі жүйелі шолу болып табылады. Сондықтан алдымен әлемдік нанотехнология саласындағы ғылыми зерттеулердің сандық және сапалық көрсеткіштері, оның ішінде тартылған инвестиция көлемі, жетекші елдердің тәжірибесі сарапталатын болады. Мәселен, Мешалкинның (2016) айтуы бойынша, нанотехнология саласының қандайда бір елдегі даму жағдайын бағалаудың бірден бір көрсеткіші осы саладағы ғылыми зерттеу жұмыстарының көлемі мен оларға жұмсалатын қаржы мөлшері болып саналады [33]. Нанотехнологиялық дамудың ғылыми-зерттеу «нәтижелері» бойынша ресми экономикалық деректер болмағандықтан, нанотехнология нарығының жалпы көлемі зерттелді.

Жаһандық нанотехнологиялар нарығы тұрақты өсуде. Grand View Research мәліметтері бойынша, нарық көлемі 2022 жылы 3,69 миллиард долларды құрады және 2030 жылға қарай күрделі жылдық өсу қарқыны (CAGR) 33,1% болғанда 36,85 миллиард долларға дейін өседі деп күтілуде. Бұл өсу нанотехнологияның әртүрлі салаларда, соның ішінде электроника, медицина, энергетика және материалдарда белсенді түрде енгізілуіне байланысты [55].

Кесте 5 - Жаһандық нанотехнологиялар нарығының өсу болжамы және негізгі көрсеткіштері (2022–2030)

Жыл	Әлемдік нарық көлемі (млрд USD)	Орташа жылдық өсу қарқыны (CAGR, %)	Жеке сектор инвестициясының үлесі (%)	Мемлекеттік сектор инвестициясының үлесі (%)	Негізгі қолдану аймақтары (көлемнің ретімен) кему
2022	3,69	–	52	48	Электроника, медицина, материалдар
2023	4,97	34,7	54	46	Электроника, медицина, энергетика
2024	6,80	36,7	56	44	Электроника, медицина, биотехнологии
2025	10,89	38,0	58	42	Электроника, медицина, химиялық өнеркәсіп
2026	15,60	38,6	60	40	Электроника, медицина, экология
2027	21,30	38,2	62	38	Электроника, медицина, энергетика
2028	27,45	37,5	63	37	Электроника, медицина, фармацевтика

2029	32,10	35,3	64	36	Электроника, медицина, агротехнология
2030	36,85	33,1	65	35	Электроника, медицина

Ескерту - [55] дереккөз негізінде автормен құрастырылған
CAGR көрсеткіші Grand View Research, Allied Market Research және BCC Research бағалары негізінде жылжымалы әдіспен есептелді.
Инвестициялар жаһандық жобалардағы (венчурлік қорлар, стартаптар және мемлекеттік ғылыми бағдарламаларды қоса алғанда) орташа салмақталған үлес ретінде ұсынылған.
Қолдану салалары StatNano.org дерекқорында тіркелген жобалар шеңберіндегі инвестициялық ағындардың бөлінісін көрсетеді.

2023 жылы АҚШ-тың Ұлттық нанотехнологиялық бастамасы (NNI) нанотехнологиялық зерттеулерге 1,99 миллиард АҚШ доллары көлемінде бюджет бөлді. Қаржыландыру наноғылымды, құрылғыларды әзірлеуді және COVID-19 сияқты жаһандық мәселелерді шешуді қоса алғанда, кең ауқымды салаларды қамтиды. Бұл зерттеуді қолдайтын негізгі агенттіктерге NIH, NSF, DOE және DOD кіреді [56].

Елдердің бәсекеге қабілеттілігін бағалау үшін «кіру» көрсеткіштері қолданылады, яғни, ең алдымен, қоғамдық және жеке секторлардың зерттеулер мен әзірлемелерге жұмсаған шығындарының көрсеткіштері, сондай-ақ ғылыми жарияланымдар саны мен патенттер саны сияқты қаржылық емес индикаторлар.

Аталған көрсеткіштердің бірі, атап айтқанда, зерттелуші тақырып бойынша ғылыми зерттеу жұмыстарының саны Scopus және Web of science деректер базасынан алынды. Өйткені Scopus and Web of science рецензияланатын әдебиеттің: ғылыми журналдардың, кітаптар мен конференция материалдарының ең ірі анықтамалық және дәйексөз базасы болып табылады.

2023 жылы Web of Science дерекқоры нанотехнологияға арналған 237 мыңнан астам ғылыми мақаланы индексациялады. Бұл саладағы барлық басылымдардың 46%-ын құрайтын Қытай жетекші орынды алады. Үндістан екінші орында, 2022 жылы АҚШ-ты басып озса, одан кейін Оңтүстік Корея мен Иран тұр. Бір қызығы, Иран мен Сауд Арабиясында барлық ғылыми басылымдардың 20%-ға жуығы нанотехнологияға арналған, бұл осы елдердің ғылыми саясатындағы осы саланың басымдылығын көрсетеді [57].

Нанотехнология саласындағы ғылыми зерттеулердің сапасы әртүрлі ғылыми-метриялық көрсеткіштерді қолдану арқылы бағаланады. Мысалы, ACS Nano журналының импакт-факторы 15,8, онда жарияланған мақалаларға сілтеме жасаудың жоғары деңгейін көрсетеді. Осы саладағы басқа көрнекті журналдарға Nano Research (импакт-фактор 9.5) және Beilstein Journal of Nanotechnology (импакт-фактор 2.9) кіреді.

Ғылыми зерттеулердің басым бөлігі Қытай, АҚШ және Индияға тиесілі. Нанотехнология саласының ғылым ретінде дамуы аталған елдердің тәжірибесіне назар аудартады (кесте 6). Алайда, осы саладағы шын мәнісіндегі көшбасшыларды таңдау үшін жан-жақты талдау қажет.

Кесте 6 - Нанотехнологиялар саласындағы жарияланымдар саны бойынша үздік 5 ел (2024ж.)

Ел	Жарияланымдар саны (Scopus)	Жарияланымдар саны (WoS)	Өсу қарқыны (2020-2024, %)	Нанотехнологиядағы үлесі (%)
Қытай	112500	105000	28,5	46
АҚШ	48500	47000	15,2	18,5
Индия	39000	37000	31	14,5
Оңтүстік Корея	28500	27000	18,3	11
Германия	21000	20000	12,5	9,5
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған				

Ғылыми зерттеулердің қолданбалы табиғаты патент санының белсенді өсуінің себебі болады. Патенттер іргелі білімді коммерциялық технологияларға аудару процесінің аз ғана бөлігі болса да, олар зерттеулер тікелей практикалық әсер ететін бағыттардың жетекші индикаторы болып табылады. Соңғы 20 жылдағы Clarivate Analytics Derwent Innovation Index (DII) мәліметтер базасынан алынған деректерге сәйкес Қытай әлемдегі ең көп нано-патенттік өтінімдерге ие - 209 344 патентті құрайды, бұл көрсеткіш жалпы әлемдік көлемнің 45% құрайды. 2023 жылы нанотехнологияға қатысты барлығы 18 526 патенттік өтінімді Америка Құрама Штаттарының патенттік кеңсесі (USPTO) және Еуропалық патенттік кеңсесі (EPO) жариялады. АҚШ-та мұндай өтінімдердің үлесі жалпы көлемнің шамамен 3%-ын құраса, Еуропада бұл 7,5%-ды құрады. USPTO-ға берілген өтінімдер саны бойынша көшбасшылар АҚШ (6 926 өтініш), Оңтүстік Корея (1 715) және Қытай (1 627) болып табылады. Өтініштердің 22,4%-ға артуымен алғаш рет алғашқы ондыққа кірген Сауд Арабиясының белсенділігінің артуын ерекше атап өтуге болады [58]. European Patent Office тіркеген патенттер саны бойынша АҚШ алда көш бастап келеді. Өзге елдердің көрсеткіштері төмендегі кестеде көрсетілген (кесте 7).

Кесте 7 - European Patent Office тіркелген нанотехнологиялық патенттер

№	Мемлекет	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	АҚШ	421	577	669	856	962	952	879	660	801	899
2	Германия	229	289	354	355	406	325	330	224	280	285
3	Оңт. Корея	52	105	166	251	236	301	242	186	227	276
4	Жапония	131	188	265	318	309	279	233	188	210	251
5	Франция	152	208	236	288	284	238	247	147	238	198
6	Қытай	28	59	64	90	103	135	141	137	180	197
7	Ұлыбритания	45	81	89	114	139	144	113	83	120	123
8	Швейцария					100	93	68	47	86	71
46	Ресей	3	6	4	8	2	6	4	1	4	1
64	Қазақстан	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Әлем бойынша		1415	2006	2386	2908	3155	3138	2888	2142	2716	2934
Ескерту - [58] дереккөз негізінде автормен құрастырылған											

Кестеге сәйкес АҚШ, Германия, Оңтүстік Корея және Жапонияда нанопатенттер саны өзге елдерге қарағанда әлдеқайда артық.

Келесі маңызды көрсеткіштердің бірі – нанотехнология саласындағы стандарттар. Жоғары айтып өткендей, нанотехнология жоғары технологиялық және білімді қажет ететін сала ретінде эксперименттердің сапасын, қауіпсіздігін, қайталануын, сондай-ақ жобаның өмірлік циклін басқаруды қамтамасыз етудің нақты реттелген тәсілдерінің болуын талап етеді. Қалыптасқан халықаралық және ұлттық стандарттар жүйесі нанотехнологияларды әзірлеу және енгізу процестерін бір жүйеге келтіруге ғана емес, сонымен қатар наноөлшемді жүйелердің ерекшеліктерін және зерттеулердің пәнаралық сипатын ескере отырып, жобаларды басқару тәсілдерін біріктіруге мүмкіндік береді.

Оған қоса нанотехнология саласындағы стандарттар саны бойынша алғашқы ондыққа кіретін елдер қарастырылды (кесте 8).

Кесте 8 - Елдер бойынша ұлттық нанотехнология стандарттарының саны

№	Мемлекет	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Қытай	103	112	139	163	165	165	219	230
2	Ұлыбритания	55	64	82	102	120	122	156	183
3	Иран			63	83	94	107	122	146
4	Нидерланды			62	76	101	109	117	132
5	Дания			45	57	47	92	113	131
6	АҚШ	65	69	70	71	71	71	114	130
7	Филиппины			14	14	34	55	90	97
8	Ресей	18	30	39	58	61	66	73	86
9	Швеция			41	50	68	73	78	83
10	Тайвань	67	67	67	67	67	69	69	69
Әлем бойынша		777	917	1098	1272	1741	2008	2335	2701
Ескерту - [58] дереккөз негізінде автормен құрастырылған									

8-кестедегі мәліметтерге сәйкес ұлттық нанотехнология стандарттарының саны жағынан Қытай, Ұлыбритания және Иран алда келеді. Бұл мәліметтер елдегі нанотехнологияларды басқарудың да деңгейін көрсетеді. Жалпы Nester Research мәліметтеріне сүйенсек, наноматериалдар нарығы 2024 жылы 49 млрд АҚШ долларын құрады. Әлемнің бірнеше аналитикалық агенттіктері 2027 жылға дейінгі аралықта әр түрлі өсу қарқынын болжайды: 8,89% -дан (Nester Research) 18% -ға дейін (OG Analysis). Нанотехнологияларды дамытуға салымдар көлемі бойынша АҚШ, Жапония, Тайвань, Оңтүстік Корея, Германия көшбасшылықты бастайды.

Нанотехнологияларды стандарттаудағы негізгі субъектілердің бірі стандарттау жөніндегі халықаралық ұйым (ISO), атап айтқанда 2005 жылы құрылған ISO/TC 229 «Нанотехнологиялар» техникалық комитеті болып табылады. 2024 жылға қарай ISO/TC 229 келесі санаттарды қамтитын 90-нан астам халықаралық стандарттарды әзірледі [59]:

– Терминология және номенклатура (мысалы, ISO/TS 80004);

– Өлшемдер мен сипаттамалар (ISO 21363:2020 - SEM, ISO/TR 14187 үшін);

– Наноматериалдардың уыттылығы мен қауіпсіздігін бағалау (ISO/TR 18637:2016);

– Наноматериалдармен жұмыс істеу процедуралары (ISO/TR 12885:2018 - Наноматериалдарды өңдеудегі еңбек және денсаулық қауіпсіздігі).

Мәселен, ISO/TS 80004-1:2022 – «Nanotechnologies - Vocabulary - Part 1: Core terms» (аудармасы: «Нанотехнологиялар - Сөздік - 1-бөлім: Негізгі терминдер») нано-объектілерге, соның ішінде нанобөлшектерге, нано сымдарға және нанofilmдерге арналған әмбебап терминологияны қамтамасыз етеді.

Кейбір елдер ISO-ға қосымша өздерінің нормативтік базасын әзірлеуде (кесте 9):

Кесте 9 – Нанотехнология саласындағы ISO негізіндегі қосымша нормативтік база

№	Мемлекет	Стандарттар
1	АҚШ	ANSI, ASTM E56 (Нанотехнологиялар жөніндегі комитет), өлшеу, токсикология және өндірістік тәжірибе стандарттары
2	Еуро Одақ елдері	CEN/TC 352, ISO/TC 229-мен үйлестіре жұмыс істейді
3	Қытай	SAC (Қытайдың стандарттау басқармасы) «Қытайда жасалған 2025» ұлттық бағдарламасы аясында стандарттарды белсенді түрде әзірлеуде, оның ішінде наноматериалдардың қауіпсіздігі мен өмірлік циклін басқару
4	Ресей	ГОСТ Р 56041–2014 (наноматериалдарға қойылатын жалпы талаптар), ГОСТ Р ISO/TS 27687–2011 (терминология)
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

PMBOK® Guide (PMI), PRINCE2®, ISO 21500 сияқты жобаларды басқарудың ең кең таралған халықаралық стандарттары нанотехнология саласында бірқатар маңызды бейімделулерімен қолданылады (кесте 10):

Кесте 10 - Нанотехнологиядағы жобаларды басқару стандарттарының ерекшеліктері

Стандарт/ әдістеме	Нанотехнология саласында қолданылу ерекшеліктері
PMBOK (PMI)	Прототиптер мен жабдықтардың жоғары құнына байланысты мерзімдер мен тәуекелдерді басқару өте маңызды.
PRINCE2	Әдеттегі жоба кезеңдерін ауыстыру үшін ғылыми кезеңдер салынған.
ISO 21500	Пәнаралық командалар мен халықаралық ынтымақтастықтар үшін ұсынылады.
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған	

Нанотехнология саласында ҒЗТҚЖ жүргізетін ұйымдар Agile, Waterfall және Stage-Gate элементтерін біріктіретін гибриді жоба әдістемелерін жиі

пайдаланады, олар арнайы жобалық шеңберлер деп аталады. Бұл верификации/валидации стандарттарына сәйкестікке және ғылыми өзгерістерге жауап беру икемділігіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар, нанотехнология әлеуетті экологиялық және биологиялық тәуекелдермен байланысты болғандықтан, жобаларды басқару келесі стандарттарды көбірек біріктіруде:

- ISO 31000 – Тәуекелдерді басқару;
- ISO 14001 – Қоршаған ортаны басқару;
- ESG стандарттары жобаның әлеуметтік, экологиялық және басқару тұрақтылығын бағалау болып табылады.

Наноматериалдарды өндіруге немесе медицинада нанокұрылғыларды енгізуге қатысты жобалар техникалық және этикалық стандарттарға сәйкес болуы керек.

Жоғарыдағы мәліметтерге сүйене отырып, төмендегі кестеде көрсетілген елдердің нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесі саласындағы тәжірибесі негізге алынды (кесте 11).

Кесте 11 - Шетелдік жобаларды басқару жүйелерін салыстырмалы талдау

№	Мемлекет	Жобаларды басқару стандарты	Жобаларды басқару әдісі	Ақпараттық жүйе (PMIS)	Нанотехнология саласындағы персонал	Саланы қолдаушы ұйымдар	Белгілі жобалар / бағдарламалар
1	АҚШ	72 ұлттық стандарт (ASTM, ANSI, ISO 21500, PMI PMBOK)	Процесстік	Microsoft Project	20 000	NNI, NSF, DOE, NIH	NNI, NanoHub, NCI NanoAlliance
2	Қытай	170 ұлттық стандарт (CAS, SAC, ISO/TC 229)	Процесстік	SmartPM, ProjectMate	63 000+	National Center for Nanoscience and Technology, NSFC	China National Nanotech Initiative
3	Жапония	32 ұлттық стандарт (JIS + ISO 21500)	Жүйелілік	NEDO PM System	–	AIST, NIMS	NEDO Nano, RIKEN Nanomaterials Project
4	Германия	35 ұлттық стандарт (DIN, ISO 21500)	Жүйелілік	SAP PS, InLoox	63 000	Nanoinitiative-action Plan, Fraunhofer Institute	BMBF NanoValley, Cluster Nanotechnology
5	Ұлыбритания	122 ұлттық стандарт (BSI, PRINCE2)	Процесстік	Microsoft Project	2 000	EPSRC, Royal Society	Graphene Flagship, NanoMission UK
6	Испания	20 ұлттық стандарт (UNE, ISO 21500)	Процесстік	–	–	ICN2, CSIC	EU Horizon 2020 Nanotech Projects
7	Ресей	61 ұлттық стандарт	Процесстік	Primavera, SpiderProject	–	«Роснано» АҚ, НИЦ	Нац. программа по развитию

		(ГОСТ ISO 21500)				Курчатовский институт	нанотехнологий (2007–2020)
8	Қазақстан	(ISO стандарттары бейімделуде)	Процесстік	Microsoft Project	–	ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігі, ТДҰЗ	QazNanoTech жобалары, Халықаралық жобалар
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған							

11-кестеден байқалғандай, бұл тізімде де көшбасшы мемлекеттер қатарына АҚШ, Қытай, Жапония және Германия енген. Қытай бекітілген ұлттық стандарттар саны бойынша көшбасшы болып табылады, ISO стандарттарын белсенді түрде енгізеді және отандық стандарттау органдарын дамытады. Германия мен Ұлыбритания күшті институционалдық қолдауымен және жетілген әдістемелерімен ерекшеленеді (PMI, PRINCE2, SAP). АҚШ ведомствоаралық ынтымақтастыққа (NNI) және тұрақтылық интеграциясына (P5, ESG, NanoEHS) баса назар аударады. Сонымен қатар, АҚШ nanoиндустрияға мемлекеттік инвестициялар көлемі бойынша көшбасшылықты сақтап келеді (2023 жылы 1,4 млрд АҚШ долларынан астам және жинақталған қорытындымен 29 млрд АҚШ долларына жуық) [60]. Нарықтың жартысына жуығын американдық компаниялар үлесіне тиесілі. Соңғы онжылдықта кем дегенде 100 наномедициналық өнім, құрылғылар мен жүйелер FDA - Америка Құрама Штаттарының Денсаулық сақтау және халыққа қызмет көрсету департаментінің агенттігінің мақұлдауына ие болды [61]. Жапония 2001 жылдан бастап жыл сайын нанотехнологияларды дамытуға арналған бюджетті шамамен 0,9 млрд АҚШ долларын сақтап келеді [62]. Оңтүстік Корея 2011 жылдан бастап нанотехнологияны дамыту жоспарын іске асыруға 3,1 млрд АҚШ долларын жұмсады [63]. Тайвань 2015 жылы бюджеті 0,7 миллиард АҚШ долларын құрайтын ұлттық нанотехнологиялық бағдарламаның екінші кезеңін аяқтады. Германия жыл сайын федералды бюджеттен ұлттық нанотехнологиялық бағдарламаны қаржыландыруға 0,5 миллиард еуродан астам қаражат бөледі.

Бұл топқа 2007 жылдан бастап Ресей «нанотехнологияларға инвестициялаудың ауқымды мемлекеттік бағдарламасы» арқылы кірді. АҚШ, Еуропалық Одақ және Ресейде қабылданған нанотехнологиялар саласындағы негізгі стратегиялық құжаттарды талдау бұл елдердің іс жүзінде бірдей мақсаттар мен міндеттер қоятындығын, барлығы «бір жолмен» жүретіндігін көрсетеді. Ал Қазақстан ғылымды қажет ететін салаларда жобалық менеджментті стандарттау және енгізу бойынша алғашқы қадамдарын жасауда, бұл халықаралық интеграция үшін мүмкіндіктер терезесін ашады.

Әр елдегі нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйелерінің ерекшеліктеріне тоқталатын болсақ, алдымен әлемдегі үздік корпоративтік және академиялық нанотехнологиялық жобаларда стандарттарды қолдану мысалдарын атап өткен жөн (кесте 12):

Кесте 12 - Нанотехнологиялық жобалардағы халықаралық стандарттар: әлемдік тәжірибелер

№	Жоба атауы	Сипаттама	Қолданылған стандарттар	Нәтиже
1	MIT.nano жобасы Массачусетс технологиялық институты, АҚШ	2018 жылы ашылған наноғылым саласындағы ең ірі университеттік зерттеу орталықтарының бірі. Жоба кванттық инженерия, наноэлектроника және бионанотехнологиялар саласында зерттеулер жүргізу мақсатында 20 000 м² ISO-5 және ISO-6 зертханаларының құрылысын қамтыды.	ISO 21500 ISO 31000 ISO 14644 LEED Platinum	Халықаралық стандарттарға негізделген интеграцияланған басқару жүйесін қолдану арқылы жоба бюджет шегінде және жоғары операциялық дайындықпен аяқталды.
2	Graphene Flagship Еуропалық графен флагмандық бастамасы (Horizon 2020, EO)	23 елден 170-тен астам академиялық және өндірістік серіктестерді біріктіретін нанотехнология саласындағы EO тарихындағы ең ірі зерттеу бағдарламасы. Жоба 2013 жылы 1 миллиард еуро бюджетімен басталып, Horizon Europe аясында ұзартылды.	ISO/TS 80004 PRINCE2 және PM² Stage-Gate әдістемесі ISO 14001	Басқарудың стандартталған тәсілі 2022 жылға қарай 22 ғылыми прототиптерді өнеркәсіптік енгізуге сәтті аударуды қамтамасыз етті.
3	Ұлттық нанотехнологиялық бастама (NNI)	2000 жылы құрылған Ұлттық нанотехнологиялық бастама (NNI) NSF, NIH, DOE, NASA сияқты 20 федералды агенттіктердің үйлестірілген стратегиясы болып табылады. Оның миссиясы іргелі және қолданбалы нанотехнологиялық зерттеулерді ілгерілету болып табылады.	ISO 31000 NanoEHS (Environmental, Health, and Safety) P5 стандартты	NanoHub және Nanomaterial Registry дерекқорларына ашық қолжетімділікпен ұлттық наноматериалдарды бағалау жүйесі үшін тәуекелге негізделген бірыңғай нормативтік база құрылды
4	BASF (Германия)	Әлемдегі ең ірі химиялық компания BASF нанотехнологияны материалдарға, катализаторларға және жартылай өткізгіштерге енгізуде. Компания жаһандық тұрақты жобаларды басқару жүйесінің бөлігі ретінде ISO стандарттарын белсенді түрде қолданады.	ISO 21500 ISO/TR 18637:2016 Тұрақтылықты бағалау GRI есеп беруін және P5 негізіндегі ішкі KPI пайдалана отырып, корпоративтік ESG бағдарламасы арқылы жүзеге асырылады.	Компания ауыл шаруашылығы секторында және электроникада нанотехнологияларды тұрақты енгізу үшін бірқатар халықаралық марапаттарға ие болды, соның ішінде Dow Jones Sustainability Index (DJSI)
Ескерту - MIT.nano; Graphene Flagship (EU Horizon Europe initiative); NNI – National Nanotechnology Initiative (США); NanoEHS; NanoHub; BASF Nanotechnology Sustainability Reports ресми дереккөздері негізінде автормен құрастырылған				

Қарастырылған академиялық және корпоративтік мысалдар нанотехнологиялар саласында жоба, тәуекел және тұрақтылықты басқарудың халықаралық стандарттарын қолданудың жоғары тиімділігін көрсетеді. ISO 21500, ISO 31000, P5 және салалық техникалық стандарттарды (мысалы, ISO/TS 80004, ISO 14001) біріктіру жобалардың технологиялық өміршендігін ғана емес,

сонымен қатар олардың тұрақты даму, технологияларды тасымалдау және қауіпсіздік жөніндегі жаһандық талаптарға сәйкестігін де қамтамасыз етеді.

Шетелдік тәжірибені талдау нәтижесінде анықталғандай, нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесінің дамыған деңгейге жеткен елдер АҚШ, Ұлыбритания, Қытай, Германия және Жапония болып саналады. Көшбасшылардың тәжірибесін салыстырмалы талдау арқылы отандық нарық және жобалық менеджмент дамуының ерекшеліктері мен деңгейін ескере отырып, Қазақстан үшін озық тәжірибені бейімдеудің бағыттары айқындалды. Қытай және Жапония елдерінің тәжірибесін Қазақстандық нанотехнологияларды басқару үшін бейімдеу тиімдірек деп танылды.

Бірінші тарауда нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың теориялық негіздері жүйелі түрде зерттеліп, осы саладағы басқару жүйесінің ерекшеліктері, құрылымы мен әдіснамалық тәсілдері ғылыми тұрғыда негізделді. Зерттеу нәтижесінде төмендегідей нақты қорытындылар алынды:

Біріншіден, нанотехнологиялық жобалардың табиғаты мен мазмұны дәстүрлі жобалардан түбегейлі айырмашылықтарға ие екені анықталды. Бұл жобалар жоғары ғылыми белгісіздік деңгейімен, пәнаралық құрылымымен, инфрақұрылымдық тәуелділігімен және коммерцияландыру циклының ұзақтығымен ерекшеленеді. Сондықтан мұндай жобаларды басқаруда классикалық тәсілдер жеткіліксіз, ал бейімделгіш және интеграцияланған модельдерді (Agile, Stage-Gate, OPM3, PMBOK) қолдану қажеттілігі дәлелденді.

Екіншіден, «нанотехнологиялық жоба» ұғымына алғаш рет авторлық анықтама берілді. Ол 1–100 нанометр ауқымындағы материалдар мен құрылғыларды зерттеу–әзірлеу–сынақ–коммерцияландыру циклында жүзеге асырылатын, жоғары тәуекелді және пәнаралық өзара байланыстарды талап ететін инновациялық жоба ретінде сипатталды. Бұл анықтама жоғары технологиялық жобаларды басқару саласындағы терминологиялық және әдіснамалық олқылықтың орнын толтырады.

Үшіншіден, нанотехнологиялардың даму эволюциясы төрт негізгі кезең бойынша жүйеленді: идеялық (1959–1979), зертханалық (1980–1999), институционалдық (2000–2010) және интеграциялық (2010 жылдан бүгінге дейін). Бұл кезеңдер ғылымнан өнеркәсіпке дейінгі толық технологиялық тізбекті қалыптастырып, қазіргі таңда нанотехнологиялардың жасанды интеллект, биоинженерия және жасыл энергетикамен бірігу арқылы метатехнология деңгейіне көтерілгенін көрсетті.

Төртіншіден, жобаларды басқару жүйесінің құрылымы мен қағидаттары ISO 21500:2021, BS 6079:2019, PMBOK және PRINCE2 сияқты халықаралық стандарттар негізінде талданды. Бұл стандарттар жобаларды басқаруда тәуекелдерді, сапаны, коммуникацияны және мүдделі тараптарды басқарудың өзара байланысын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, нанотехнологиялық жобаларда процестердің бейімделгіштігі мен икемділігін арттыру үшін Agile және Lean тәсілдерінің қолданылуы тиімді екені дәлелденді.

Бесіншіден, жобаларды басқару жүйесінің негізгі элементтері (білімді басқару, тәуекелдерді басқару, инновациялық қолдау, ресурстарды бөлу және сапаны бақылау) нанотехнологиялық жобалар үшін ерекше маңызға ие екені анықталды. Бұл элементтердің өзара байланысы ұйым ішіндегі жобалық мәдениетті нығайтып, жобаларды орындаудың тиімділігін арттырады.

Алтыншыдан, жобаларды басқарудың кемелдену модельдері (РМММ, ОРМЗ, СММІ) теориялық тұрғыда салыстырылып, олардың ұйымдардың даму деңгейін бағалаудағы және басқару тиімділігін арттырудағы рөлі негізделді. Кемелдену деңгейі артқан сайын жобалардың уақытында және бюджет шегінде аяқталу ықтималдығы артатыны, ал стратегиялық мақсаттарға қол жеткізу көрсеткіші жақсаратыны дәлелденді.

Жетіншіден, нанотехнология саласында жобаларды басқару жүйесін қалыптастырудың институционалдық және ұйымдастырушылық негіздері анықталды. Бұл салада бірыңғай нормативтік-әдістемелік база мен стандарттау жүйесінің болмауы жобалардың тиімді іске асырылуына кедергі келтіретіні көрсетілді. Осыған байланысты ұлттық деңгейде үйлестіру, стандарттау және мониторинг тетіктерін енгізу қажеттігі дәлелденді.

Сонымен қатар, нанотехнологиялық жобаларды басқарудың тиімділігін қамтамасыз етудің негізгі факторлары айқындалды. Оларға жобалық мәдениеттің қалыптасуы, басқару процестерінің стандартталуы, тәуекелдер мен инновацияларды басқару жүйелерін біріктіру, сонымен қатар цифрлық мониторинг пен автоматтандырылған ақпараттық жүйелерді енгізу жатады.

Бірінші тарау нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесінің теориялық негіздерін толық ашып, оның әдіснамалық тұғырларын жүйеледі. Зерттеу нәтижелері бұл саладағы жобаларды тиімді басқару үшін институционалдық үйлестіру, халықаралық стандарттарға сәйкестендіру және ұйымдардың кемелдену деңгейін арттыру бағыттарының өзектілігін айқындады. Осылайша, бірінші тарауда алынған қорытындылар зерттеудің келесі кезеңдерінде - Қазақстандағы нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесінің ағымдағы жағдайын талдау және оны жетілдіру тетіктерін әзірлеу үшін теориялық-әдіснамалық негіз болып табылады.

2 ҚР-ДАҒЫ НАНОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДА ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ АҒЫМДАҒЫ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ

2.1 Отандық нанотехнология саласының даму жағдайы мен экономикалық-ұйымдастырушылық факторларын талдау

Қазақстандағы наноиндустрияның даму деңгейін қалыптасу сатысында деп сипаттауға болады. Бүгінде Қазақстан әлемдік нанотехнологиялық көшбасшылардан - АҚШ, Жапония, Еуроодақ елдерінен, сондай-ақ Ресейдің ғылымды, технологияларды дамытудың абсолюттік көрсеткіштері, наноиндустрия әзірлемелерін өнеркәсіптік игеру және коммерцияландыру дәрежесі бойынша айтарлықтай артта қалған. Сондықтан қазіргі заманғы деңгейге шығу үшін Қазақстан осы салада өз орнын тауып, ірі халықаралық жобалар шеңберінде технологиялар трансфертін сауатты қолдану қажет.

Сандық және жасанды интеллект технологиялары даму кезеңінде Қазақстан үшін инновациялық экономика - бұл елдің бәсекеге қабілеттілігі мен халықтың өмір сүру деңгейін көтеруге мүмкіндік беретін жаңа инновациялық жаңғыртуларды әзірлеуге, жергілікті жағдайларға бейімделуге негізделген жаңа технологияларды енгізу арқылы экономикалық өсу жолы [64]. Қазақстан бұл бағыттағы жүйелі қадамдарын «Қазақстан Республикасының индустриялық-инновациялық дамуының мемлекеттік бағдарламасы» (2015–2019 жж., 2020–2025 жж. дейінгі кезеңге ұзартылған), «2023–2029 жылдарға арналған цифрлық трансформация, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар және киберқауіпсіздік тұжырымдамасы» арқылы жалғастыруда. Бұл құжаттар өнеркәсіптің жоғары технологиялық секторларын, соның ішінде нанотехнологияларды дамытуға, технологиялар трансфертін қамтамасыз етуге, ғылыми-зерттеу базасын нығайтуға және халықаралық ынтымақтастықты кеңейтуге бағытталған.

Елдегі нанотехнология саласының даму динамикасы кешенді талдауды қажет ететін бірқатар экономикалық, институционалдық және ұйымдастырушылық факторлармен анықталады. Саланың ағымдағы жағдайын зерттеу мақсатында келесідей көрсеткіштерге талдау жасалынды:

1. Елдің және нанотехнологиялар саласындағы ұйымдардың инновациялық белсенділігі;
2. Инновациялар мен ілесіп қызметтер нарықтарының жұмыс істеуін қамтамасыз ететін инфрақұрылымның болуы;
3. Нанотехнология саласындағы зерттеулерге кеткен қаражат (ЖІӨ үлесі);
4. Ғылыми зерттеулер мен әзірлемелердің нәтижелілігі;
5. Ғылыми зерттеу қызметімен айналысатын персонал;

Бұл көрсеткіштерді зерттеу барысында ҚР Ұлттық ғылыми порталы, ҚР Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігінің Ұлттық статистика бюросы, Ұлттық зияткерлік меншік институты, Ұлттық мемлекеттік ғылыми

техникалық сараптама орталығы, ҚР ғылым және жоғары білім министрлігінің ақпараттық сараптама орталығы, елдегі он ғылыми нанозертханалардың жеке ақпараттары, statnano.com сайтының, Дүниежүзілік банктің деректері және басқа ресми дереккөздер қолданылды.

1. *Елдің және нанотехнологиялар саласындағы ұйымдардың инновациялық белсенділігі.* Ұлттық статистика бюросының мәліметі бойынша, 2024 жылы елде ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардағы (ҒЗТКЖ) инновациялық белсенділіктің артуы байқалады. Өткен жылдармен салыстырғанда ҒЗТКЖ-мен айналысатын ұйымдардың жалпы саны өсті. Соңғы қолда бар деректерге сәйкес, 2024 жылы Қазақстанда ҒЗТКЖ-мен айналысатын 412 ұйым бар, оның ішінде: мемлекеттік сектор: 110 ұйым, жоғары оқу орындары: 98 ұйым, бизнес секторы: 160 ұйым, коммерциялық емес сектор: 44 ұйым. Облыстар бөлінісінде инновациялар саласындағы белсенділік деңгейі бойынша көшті Шығыс Қазақстан облысы бастайды (15,8%). Ары қарай Нұр-Сұлтан қаласы (14,9%) мен Солтүстік Қазақстан (11,6%), Қызылорда (11,5%), Жамбыл облыстары (11,4). Алматы қаласында орналасқан тиіселі ҒЗТКЖ ұйымдарының үлесі 8,1 пайыз [65].

2024 жылы ұйымдардың инновациялық белсенділік деңгейі өсуді жалғастырып, 15,1%-ды құрады. Бұл еліміздің инновациялық секторының дамуындағы оң динамикасын көрсетеді. Алайда, 2024 жылға арналған ресми статистикалық есептерде нанотехнологияларды енгізетін ұйымдардың үлесі туралы нақты деректер көрсетілмеген. Дегенмен, алдыңғы жылдары нанотехнологиямен, әсіресе медицина, энергетика және материалдар сияқты салаларда айналысатын компаниялар санының өсу үрдісі байқалды. (сурет 9):



Сурет 9 - ҚР инновациялық белсенділік динамикасы, жылдар бойынша
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

2018-2024 жылдар аралығында ұйымдардың инновациялық белсенділік деңгейі 4,6 пайыздық тармаққа өсті, бұл елдегі инновациялық саланың тұрақты дамуын көрсетеді. Көрсеткіштің артуы инновацияны мемлекеттік қолдау, ғылыми-зерттеу инфрақұрылымын дамыту және бизнестің жаңа технологияларды енгізуге қызығушылығын арттырумен байланысты. Еліміздегі наноиндустрия саласындағы ұйымдар келесідей инновациялық қызмет түрлерін жүзеге асырады: ғылыми-зерттеу, жобалық-конструкторлық, жаңа технологияларды және материалдарды енгізу, ғылыми-техникалық бағдарламаларға қатысу, ноу-хауды, технологиялар мен басқа да өндірістік меншік түрлерін сатып алу.

Елдің инновациялық белсенділігі бөлінген мемлекеттік қаражаттар мен тартылған инвестициялар көлеміне байланысты өзгеріп отыр. Патенттерге сұраныстың белсенділігіне қарамастан, патент нарығындағы ұсыныстар зерттеу жұмыстарын жүргізуші ғылыми қызметкерлердің мотивациясының төмендігінен, өндіріс пен ғылыми ұйымдар арасындағы байланыстың әлсіздігінен бұрынғысынша төмен деңгейде қалып отыр. Қазақстан Республикасындағы ғылыми және ғылыми-техникалық қызметтің жеткіліксіз нәтижелілігі тұтастай алғанда елдің бәсекеге қабілеттілігіне теріс әсер етеді.

2. Инновациялар мен нанотехнологиялар нарықтарының жұмыс істеуін қамтамасыз ететін инфрақұрылым. Инновациялық нарықтарды, оның ішінде нанотехнология саласында тиімді дамуы тұрақты және көп деңгейлі инновациялық инфрақұрылымсыз мүмкін емес. Кең мағынада инновациялық инфрақұрылым ғылыми білім мен технологияларды генерациялау, коммерцияландыру процестерін қолдауға бағытталған мекемелердің, ұйымдардың, қызметтер мен механизмдердің жиынтығы ретінде түсініледі [66]. Нанотехнология жағдайында, әсіресе оның пәнаралық сипатын ескере отырып, ғылыми-зерттеу және коммерциялық инфрақұрылым компоненттері негізгі рөл атқарады. Инфрақұрылымның кешенділігін ескере отырып, нанотехнологиялық жаңа идеяны алдын ала берілген қасиеттері бар инновациялық тауарға айналдыру процесіне қызмет көрсететін өзара байланысты объектілер мен ұйымдық құрылымдар жүйесі ретінде қарастыруға болады. Наноиндустрияның негізгі элементтеріне жүйелік тәсіл тұрғысынан мыналар жатады: наноиндустрия объектілері (наноматериалдар және нанотехнологиялар); субъектілер (ғылыми-зерттеу ұйымдары және/немесе жеке зерттеушілер, өндірістік кәсіпорындар, мемлекет, қаржы-несиелік ұйымдар, технопарктер, жеке ұйымдар). Инфрақұрылым олардың үздіксіз өзара іс-қимылын қамтамасыз етеді [61].

Нанотехнологиялар саласының инфрақұрылымының функционалдық құрамдастарының сипаттамасы негізінде факторлық тәсіл жатыр. Өндіріс факторларының эволюциялық теориясына сәйкес наноиндустрия инфрақұрылымының мынадай функционалдық компоненттерін бөліп көрсеткен жөн (сурет 10) [68-71].



Сурет 10. Инновациялар мен нанотехнологиялар нарықтарының жұмыс істеуін қамтамасыз ететін инфрақұрылым

Ескерту – [68-71] дереккөздер негізінде автормен құрастырылған

А) *Кадрлық инфрақұрылым* нанотехнология саласының орнықты және сапалы дамуын қамтамасыз ететін іргелі элемент. Бұл инфрақұрылым – тек мамандарды даярлау ғана емес, сонымен қатар ғылыми мектептердің қалыптасуы, жоғары білім беру жүйесінде нанобағыттарды енгізу, халықаралық академиялық серіктестік пен ғылыми кадрлардың ұтқырлығын қамтамасыз ететін кешенді жүйе. Қазақстан үшін бұл сала стратегиялық маңызды, өйткені нанотехнологиялар заманауи ғылым мен өндірістің шекарасында орналасқан.

2009 жылы ҚР ЖОО-на магистратура - 6M074000- "Наноматериалдар және нанотехнологиялар" (қолдану саласы бойынша) және докторантура - 6D074000 - "Наноматериалдар және нанотехнологиялар" (қолдану саласы бойынша) мамандықтары енгізілді. Бұл білім бағдарламалары әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Satbayev University, Назарбаев Университет, Е.А. Бөкетов атындағы ҚарМУ-да жүгезе асырылады (кесте 13).

Кесте 13 – Нанотехнология саласындағы ғылыми кадрлар ресурсы

Көрсеткіш	Бағалау (2024)
Нанотехнология саласындағы PhD докторлар саны	120–130 адам
Нанозерттеулермен айналысатын оқытушылар мен ғылыми қызметкерлер	300+
Нано бағыты бойынша магистранттар саны	200–250
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған	

Кадрлық инфрақұрылымды талдай келе бірнеше мәселелер мен сын-көзқарастар анықталды (кесте 14):

Кесте 14 - Кадрлық инфрақұрылым мәселелері

Мәселе	Түсініктеме
Кадрлардың сыртқа кетуі («brain drain»)	Білікті кадрлардың шетелде тұрақты жұмысқа орналасуы
Индустрия мен университет арасындағы байланыс әлсіздігі	Нақты өндіріс үшін қажетті инженерлер аз
Оқытушылардың жаңашыл пәндер мен әдістемелерге бейімделуі	Базалық білімді жаңа салаларға (мыс. наномедицина, наноэнергетика) бейімдеу қажеттілігі
Аймақтық теңсіздік	Астана мен Алматыда мамандар шоғырланған, ал аймақтарда жетіспейді
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған	

В) *Өндірістік-технологиялық инфрақұрылым* ғылыми әзірлемелерді тәжірибеге енгізуді, прототиптер жасауды, сынақтан өткізуді және өндіріске трансфер жасауды қамтамасыз етеді. Өндірістік-технологиялық инфрақұрылымның негізгі компоненттері 15-кестеде көрсетілген.

Кесте 15 - Өндірістік-технологиялық инфрақұрылымның статистикалық деректері

Көрсеткіш	2023 ж.	2024 ж. (бағалау)
Нано-зертханалар саны (аккредиттелген)	8	10
Университет жанындағы технология трансфері орталықтары	17	20
Технопарктер және инкубаторлар саны	6	8
Таза бөлмелер (ISO 5–7 деңгейі)	2	3
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

Өндірістік-технологиялық инфрақұрылымның компоненттері — нанотехнологиялар саласындағы жобалардың өмірлік циклы кезеңінде жүзеге асырылуы және дамуы үшін техникалық, кадрлық және қаржылық ресурстар жиналған алаң. Бүгінгі таңда, ғылыми және технологиялық дамудың басым бағыттары бойынша 14 (он төрт) ғылыми зерттеу институттары мен зертханалар және 3 (үш) нано-зертханалар мен таза бөлмелер жұмыс істеп жатыр (кесте 16):

Кесте 16 – Өндірістік-технологиялық инфрақұрылымның негізгі компоненттері

Компонент	Ұйым/зертхана атаулары	Мазмұны	Орналасқан жері
Ғылыми зерттеу институттары мен зертханалар	Ұлттық ядролық орталық (ҰЯО)	Наноматериалдардың радиациялық тұрақтылығын зерттеу	Курчатов
	ҚР ҰҒА институттары	Наноқаптама, катализдік процестер	Алматы
	ҚазҰУ наноорталығы	Нанофотоника, атомдық-күштік микроскопия	Алматы
	Satbayev University наноорталығы	Наноқұрылымдарды физикалық зерттеу	Алматы
	Институт химических наук им. Бектурова	Полимерлер және композициялық нанокұрылымдар	Алматы
	Физика-техникалық институт (ҚР ҰҒА)	Жартылайөткізгіштер және наноқабаттар	Алматы
	Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ	Нанофизика және моделдеу	Астана
	Қ.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ	Материалдардағы наноқасиеттерді зерттеу	Алматы
	ҚазҰУ жанындағы Физика-техникалық институт	Физика және электроника бағытындағы наноматериалдар	Алматы
	ҚБТУ зертханасы	Энергия және жасыл технологиялар бағытындағы наноөнімдер	Алматы
	Жану проблемалары институты	Көміртек негізіндегі нанокұрылымдар	Алматы
	Институт органикалық катализа и электрохимии	Нанокатализ және электрохимиялық процестер	Алматы
	ҚарМУ (Е.Бөкетов атындағы)	Қатты дене физикасы мен нанокұрылымдық зерттеулер	Қарағанды
	Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе университеті	Нанофизика және білім интеграциясы	Ақтөбе
Нано-зертханалар мен таза бөлмелер	NURIS (Nazarbayev University)	ISO 5–7 деңгейіндегі таза бөлме, өлшеу құралдары	Астана
	Satbayev University зертханасы	Наноөлшемді сынақ қондырғылары	Алматы
	ҚазҰУ зертханасы	Физика-химиялық бақылау зертханалары	Алматы
Технология трансфері және прототиптік платформалар	TechGarden	Стартаптарды қолдау, прототиптерді сынау	Алматы
	InnoPark	Инкубация, инженерлік сынақ ортасы	Алматы
	Astana Business Campus	Технология трансфері мен технобизнес алаңы	Астана
Инжинирингтік және пилоттық өндіріс	—	Пилоттық өндіріс жетіспейді, коммерцияландыру тежелуде	Негізінен орталықтарда, аймақтарда жетіспейді
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

Нанотехнологиялар бойынша түрлі жобалармен физика-химиялық зерттеу және талдау әдістері орталығы (ҚазҰУ) айналысады. Орталық химия, экология, материалтану және нанотехнология салаларындағы іргелі және қолданбалы

зерттеулерге маманданған. Орталық халықаралық жобаларға белсене қатысып, түрлі ғылыми ұйымдармен ынтымақтасады. Соңғы 15 жылда 200-ден астам ғылыми жоба жүзеге асырылды, оның ішінде, 100-ге жуығы нанотехнологиялар саласында және ХҒТО, НАТО сияқты халықаралық ұйымдардың 15 гранты [72].

ҚазҰУ базасында ашық түрдегі ұлттық нанотехнологиялық зертханада әл-Фараби нано ғылым және нанотехнология, наноинженерия және наноматериалтану саласында іргелі және қолданбалы зерттеулермен, сондай-ақ әртүрлі физикалық, химиялық және биологиялық процестерді пайдалана отырып жаңа техника, технологиялар мен наноматериалдарды құрумен айналысады [73].

Нанотехнологиялар көмегімен М. А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институтының ферменттерін реттеу және құрылым зертханасының ғалымдары (Алматы қ.) фосфатидилинозитолдан жасалған әмбебап нанокапсулалар жасап, осы дәрілік заттарды жеткізудің жаңа құралын қамтитын трансдермальді формаларды жасады.

Жалпы нанозертханалар ақпараттық технологиялар, биотехнология, газ және мұнай саласында әзірлемелер мен зерттеулерді жүргізеді. 15-кестеде көрсетілген ұйымдардың жалпы санының тек 20% ғана басқа ұйымдармен бірлесіп жұмыс жасайды. Инновациялық «нано» технологиялар саласындағы барлық бірлескен жобалардың 27,8%-ы өндірістік ұйымдармен жүзеге асырылады.

Жүргізілген талдау негізінде елдегі нанотехнология саласының болашағын анықтайтын басты элементтердің бірі болып өндірістік-технологиялық инфрақұрылым екені нақтыланды. Инфрақұрылымды жүйелі дамыту арқылы Қазақстан халықаралық нанотехнологиялық кеңістікте өз орнын нығайта алады.

С) Ақпараттық инфрақұрылым - нанотехнологиялық саланы тиімді дамыту әлеуетті тапсырыс берушілердің нанотехнологиялық өнімдер мен жаңа әзірлемелердің артықшылықтары туралы хабардар болуын қамтамасыз етеді.

Жаңа жобаларды іске асыруға және қолданыстағы жобаларды жүзеге асыруды аяқтауға қатысты шешімдерді қабылдауға әсер ететін ақпараттық дереккөздердің ішінде [74-75]:

- нарық ақпараттық дереккөздер (тұтынушылар, бәсекелестер, кеңесшілер, жабдық жеткізушілері) – 38%,
- ішкі дереккөздер (ұйым ішінде) - 31%,
- сыртқы институционалдық дереккөздер (университеттер, үкімет, ғылыми зерттеу институттары) - 16%,
- өзге ақпараттық арналар (конференциялар, жәрмеңкелер, көрмелер, ғылыми журналдар, техникалық басылымдар, салалық қауымдастықтар) - 15%-ды құрайды.

Қазақстандық наноиндустрияның ерекше проблемасы стейкхолдерлердің негізгі топтары, жалпы нанотехнологиялық бизнес пен қоғам арасындағы өндірушілер мен тұтынушылар арасындағы ақпараттық асимметрия болып табылады.

Сауалнама түріндегі әлеуметтік зерттеудің Алматы қаласы тұрғындары арасында жүргізілген (2024 жылы), респонденттер саны N = 150. Сауалнамаға респонденттердің екі топқа бөліп қарастырылған: I топ (N = 50) - 20-55 жас аралығындағы жоғары және орта арнайы білімі бар мамандар (менеджерлер, жүйелік әкімшілер, бағдарламашылар, директорлар, персоналмен жұмыс жөніндегі қызметкерлер); II топ (N = 100) - 17-22 жас аралығындағы 1-4 курс студенттері. Алматы қаласы тұрғындары арасында жүргізілген сауалнамасының мәліметтері бойынша сұралғандардың 3%-да «нанотехнология» термині бойынша түсінік бар екені байқалады, ал 7%-ы ғана нанотехнологияларға қызығушылық тудырады. Аймақтық әлеуметтік зерттеудің нәтижелері 17-кестеде көрсетілген.

Кесте 17 - Алматы қаласы халқының «нанотехнологиялар» мен «наноиндустрия» туралы хабардар болу деңгейі, % респонденттер

Көрсеткіштер	I топ	II топ
Нанотехнологиялар туралы жалпы түсінік	74	46
«Нанотехнологиялар» терминінің мазмұнын білу	16	9
Нанотехнологияларды дамытуға қызығушылықтың болуы	58	34
Нақты нанотехнологиялық жаңалықтарды немесе қызығушылық тудырған өнімдерді атауға дайындық	2	0
Нанотехнологияларға көзқарас:		
- пайда алып келеді және жаңа мүмкіндіктер ашады	66	64
- зиян келтіреді және жаңа қауіп тудырады	34	36
Наноиндустрия өнімдерін пайдалануға дайындық	56	73
Нанотехнологиялық өнімнің қолжетімділігі:		
- қол жетімді	24	12
- қол жетімді емес	76	88
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

Сауалнама нәтижелері нанотехнологиялар мен наноиндустрия өнімдері туралы, сонымен қатар олармен байланысты тәуекелдер туралы жүйелі білімнің жоқтығын көрсетеді, бұл респонденттердің үштен бірінен астамы оларға теріс баға беруімен байланысты. Мұндай жағдай нанотехнологияларды әлеуметтік легитимизациялаудың төмен деңгейі мен әлеуетін көрсетеді, және болашақта ҚР-да наноиндустрияның дамуының елеулі тежеуші факторы болуы мүмкін.

Ғылыми саланың маңыздылығын түсіне отырып, мемлекет ғылымды дамыту, оны қаржыландыруды жақсарту, кадрлық әлеуетті арттыру үшін барлық қажетті шараларды қабылдайды. Республикада инновациялық қызметті жүйелі қолдау үшін заңнамалық негіз және Институционалдық база қажет. Елімізде нанотехнология саласын реттеуші арнайы заңнама, саланы дамыту стратегиясы қабылданбаған. Саланың тиімділігі үшін ұйымдастырушылық, құрылымдық, кадрлық, сондай-ақ ғылыми және ғылыми-техникалық қызметтің дамуын қаржылық қамтамасыз етуге қатысты нормалар қажет. Қазіргі уақытта жоғары

ғылыми-техникалық комиссия Қазақстан ғылымының жаңа басымдықтарын бекітті. Бұл - энергетика және энергияны үнемдеу, шикізат пен өнімді терең өңдеу, өмір туралы ғылым, ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар. Бұл басымдықтар өндірістің ғылыми-технологиялық дамуына және адамдардың денсаулығына бағытталған зерттеулердің инновацияға міндетті болуын білдіреді.

D) Қаржылық инфрақұрылым - бұл нанотехнологиялар саласының ғылыми, технологиялық және өндірістік бағыттарда дамуын қамтамасыз ететін күрделі, көпдеңгейлі құрылым. Ол тек қаржыландыруды тікелей жүзеге асырумен шектелмейді, сонымен қатар ғылыми жаңалықтарды тәжірибелік және коммерциялық кеңістікке көшіруге мүмкіндік беретін экономикалық тетіктер жүйесі ретінде қызмет атқарады. Қаржылық инфрақұрылымның негізгі элементтері 18-кестеде көрсетілген.

Кесте 18 - Қаржылық инфрақұрылымның негізгі элементтері

Элемент	Мазмұны және рөлі
Мемлекеттік қаржыландыру	Ғылыми гранттар, мақсатты бағдарламалар, ғылыми-техникалық жобаларға қаржы бөлу
Ғылыми қорлар	Ғылым қоры, QazInnovations, MOST Ventures секілді коммерцияландыру мен қолдау
Венчурлік капитал	Инновациялық стартаптар мен жобаларды бастапқы кезеңде инвестициялау
Халықаралық бағдарламалар	Horizon Europe, NATO SPS, DAAD, UNESCO секілді құрылымдар арқылы қаржыландыру
Университеттердің меншікті қаржысы	Зерттеу орталықтарының ішкі бюджеттері мен жоба негізіндегі кірістер
Салықтық жеңілдіктер мен жеңілдетілген несиелер	Жеке секторды ғылымға тарту құралдары
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған	

Мемлекет тарапынан қалыптастырылатын гранттық қаржыландыру жүйесі қаржылық инфрақұрылымның ең басты элементтерінің бірі болып табылады. Бұл жүйе іргелі және қолданбалы зерттеулерді қолдау арқылы университеттер мен ғылыми-зерттеу институттарының тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Қазақстанда бұл функцияны ҒЖЖБМ Ғылым комитетінің бағдарламалық-мақсатты қаржыландыруы, ғылыми және ғылыми-техникалық жобаларға бөлінентін мемлекеттік гранттар, «Жас ғалым» бағдарламасы сияқты құрылымдар атқарады. Сонымен қатар, ғылым мен өндіріс арасындағы көпір қызметін атқаратын ғылыми және инновациялық қорлар маңызды рөл атқарады. Мысалы, «Ғылым қоры» АҚ ғылыми нәтижелерді коммерцияландыруды қаржыландырып, прототиптер жасау, пилоттық өндіріс ұйымдастыру және нарыққа шығу кезеңінде жобаларға қолдау көрсетеді. QazTech Ventures және MOST Ventures секілді қорлар инновациялық стартаптарға және жоғары технологиялы бастамаларға венчурлік инвестиция бөледі, бұл өз кезегінде жеке сектордың ғылыми салаларға араласуына жол ашады.

2023 жылы Қазақстан Республикасында ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға (ҒЗТКЖ) ішкі шығыстардың жалпы көлемі 172,6 млрд теңгені (шамамен 383 млн АҚШ долларын) құрады, бұл 2022 жылмен салыстырғанда 42%-ға артық. Оның ішінде республикалық бюджеттен қаржыландыру 128,3 млрд теңгені құрады, бұл жалпы ішкі ҒЗТКЖ шығындарының 74,3%-ын құрайды [76]. Нанотехнологиялар саласындағы жобаларға бөлінген қаражат бойынша нақты деректер болмаса да, ҰҒТСО деректеріне сәйкес, 2022 жылы 2023-2025 жылдарға арналған ғылыми жобаларды гранттық қаржыландыруға 86 миллиард теңге бөлінген [77].

Қаржылық инфрақұрылымның келесі ажырамас бөлігі – халықаралық қаржыландыру арналары. Қазақстандық ғылыми ұйымдар мен зерттеушілер Horizon Europe, NATO SPS, UNESCO, IAEA, DAAD сияқты халықаралық бағдарламалар арқылы ғылыми жобаларға қолдау алып, жаһандық ғылыми кеңістікке интеграцияланады. Бұл тек қаржы көздерін кеңейтумен қатар, зерттеулердің сапалық деңгейін көтеруге де септігін тигізеді. 2023 жылдан бастап «Ғылым қоры» АҚ Қазақстандағы Horizon Europe бағдарламасы бойынша Ұлттық үйлестіру орталығы болып тағайындалды. Horizon Europe бағдарламасының 2021-2027 жылдарға арналған жалпы бюджеті 95,5 миллиард еуроны құрайды [78]. Нанотехнология саласындағы қаржыландыру көздерінің үлестік құрылымы 19-кестеде көрсетілген.

Кесте 19 - Нанотехнология саласындағы қаржыландыру көздерінің үлестік құрылымы (2023 жылғы деректер негізінде)

Қаржыландыру көзі	Үлес (%)	Түсініктеме
Мемлекеттік бюджет	67,4%	Ғылыми зерттеулердің негізгі қаржыландыру көзі.
Ғылыми ұйымдардың меншікті қаражаттары	23,1%	Университеттер мен зерттеу институттарының өз қаражаттары.
Шетелдік инвестициялар	2,3%	Халықаралық бағдарламалар мен шетелдік серіктестерден тартылған қаражат.
Банктік несиелер	0,1%	Ғылыми зерттеулерді қаржыландыруда банктік несиелердің үлесі өте аз.
Басқа көздер (венчурлік капитал, гранттар)	7,2%	Венчурлік инвестициялар, жеке сектордың қатысуы және басқа да көздер.
Ескерту - деректер Қазақстан Республикасы Ұлттық статистика бюросының 2023 жылғы есебіне негізделген		

Тағы бір маңызды компонент – университеттер мен зерттеу ұйымдарының меншікті қаржы ресурстары. Олар ғылыми зертханалар мен инфрақұрылымды ұстап тұру, жас ғалымдарға шағын гранттар бөлу және қосымша жобаларды жүзеге асыру мақсатында қолданылады. Сонымен қатар, салықтық жеңілдіктер мен қаржылық преференциялар арқылы мемлекет жеке секторды ғылыми-инновациялық жобаларға тартуға ынталандыруда. Қазақстандағы ғылыми зерттеулер мен инновацияларды қаржыландыру көздері 20-кестеде көрсетілген.

Кесте 20 - Қазақстандағы ғылыми зерттеулер мен инновацияларды қаржыландыру (2019–2023)

Жыл	Жалпы ішкі шығындар (млрд тг)	Республикалық бюджет (млрд тг)	Ұйымдардың өз қаражаты (млрд тг)	Халықаралық қаржыландыру (млрд тг)	Басқа көздер (млрд тг)
2019	81,0	61,2	17,3	1,5	1,0
2020	87,5	64,1	20,0	2,0	1,4
2021	102,3	75,9	21,7	3,1	1,6
2022	121,5	92,3	25,2	3,5	0,5
2023	172,6	128,3	39,8	4,0	0,5
Ескерту – деректер Қазақстан Республикасы Ұлттық статистика бюросының 2019-2023 жылғы есебіне негізделген					

Аталған деректер Қазақстанда ғылымды қаржыландырудың оң динамикасын көрсетеді. 2019 жылдан бастап 2023 жылға дейін жалпы ішкі шығындар көлемі 81 млрд теңгеден 172,6 млрд теңгеге дейін артқан, бұл 2 есе өсуді білдіреді. Негізгі үлесті республикалық бюджет иеленеді - оның көлемі 5 жылда 61,2 млрд теңгеден 128,3 млрд теңгеге дейін ұлғайды. Бұл ғылымның стратегиялық маңыздылығының артқанын білдіреді.

Сол сияқты, ұйымдардың өз қаражаты және халықаралық гранттық бағдарламалардан түсетін қаржылар да өсу көрсеткен. Алайда, басқа көздер (мысалы, венчурлік капитал) үлесі салыстырмалы түрде төмен және тұрақсыз болып қалуда, бұл қаржыландыруды әртараптандыру қажеттілігін көрсетеді.

Е) Инфрақұрылымдағы халықаралық серіктестік - бұл ғылыми және технологиялық инфрақұрылымның маңызды компоненті, ол ұлттық ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың (ҒЗТҚЖ) сапасын арттыру, кадрлық әлеуетті дамыту және инновациялық өнімдерді коммерцияландыру мақсатында шетелдік серіктестермен ынтымақтастықты қамтиды. Қазіргі таңда, еліміздегі нанотехнология саласында халықаралық серіктестік келесідей бағыттарда жүзеге асырылып жатыр (кесте 21):

Кесте 21 - Қазақстандық ұйымдардың серіктестік қатысушылары

Ұйым атауы	Халықаралық серіктестері	Ынтымақтастық бағыты
әл-Фараби атындағы ҚазҰУ	CEA (Франция), University of Cambridge	Наномедицина, нанофотоника
Satbayev University	TU Berlin, Fraunhofer Institute	Наноматериалдар, инженерлік құрылымдар
Nazarbayev University	MIT.nano, Rice University	Биоматериалдар, сенсорлар
Ұлттық ядролық орталық (ҰЯО)	IAEA, Российская корпорация Росатом	Радиациялық нанотехнологиялар
Ғылым қоры	Horizon Europe NCP, Central Asia hub	Қаржылық қолдау және жобаларды коммерцияландыру
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

Негізгі бағыттардың бірі – Қытай Халық Республикасының ғылыми мекемелерімен серіктестік. 2025 жылы Қазақстанның Ұлттық ғылым академиясы Чжэцзян технологиялық университетімен бірлесіп, нанотехнологияларды, қашықтықтан зондтауды және экологиялық тұрақты шешімдерді қоса алғанда, пәнаралық зерттеулерді дамытатын ғарыштық-уақыттық жасанды интеллект және тұрақты даму халықаралық зертханасын құрды [79]. Тағы бір жарқын мысал – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті мен Нанкин ғылым және технология университетінің базасында жұмыс істейтін Қазақстан-Қытай энерготиімді нанотехнологиялар ғылыми зертханасы. Зертхана энергия тиімділігін арттыру үшін наноматериалдар мен технологияларды жасауға маманданған [80].

Сондай-ақ қазақстандық зерттеушілер ресейлік ғылыми ұйымдармен, соның ішінде RFA Сібір филиалының жартылай өткізгіштер физикасы институтымен және Ресей ғылым академиясының Санкт-Петербург физика-техникалық орталығымен бірлескен жобаларды жүзеге асыруда. Физика-техникалық институты (Алматы) мемлекетаралық ынтымақтастық аясында жаңа наноматериалдарды әзірлеуге және олардың қасиеттерін зерттеуге қатысады. Сонымен қатар, қазақстандық ғалымдар экологиялық және биологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін нанотехнологияларды қолдануға бағытталған НАТО-ның NATO Science for Peace and Security Programme (Бейбітшілік пен қауіпсіздік үшін ғылым» бағдарламасы) аясында қолдау алады [81]. Курчатов қаласындағы халықаралық ғылыми парк – Ядролық технологиялар паркі аясында ғылыми зерттеулердің өндірістік және қолданбалы бағыты да нығая түсуде. Мұнда радиациялық нанотехнологиялар енгізіліп, Ресей, Франция, Жапония компанияларымен бірлесе отырып, пәнаралық зерттеулер жүргізілуде.

Инновациялар мен ілесіп қызметтер нарықтарының жұмыс істеуін қамтамасыз ететін инфрақұрылымды талдау нәтижесін төмендегі SWOT-талдаудан көруге болады (кесте 22):

Кесте 22 - Қазақстандағы нанотехнология инфрақұрылымының SWOT-талдауы

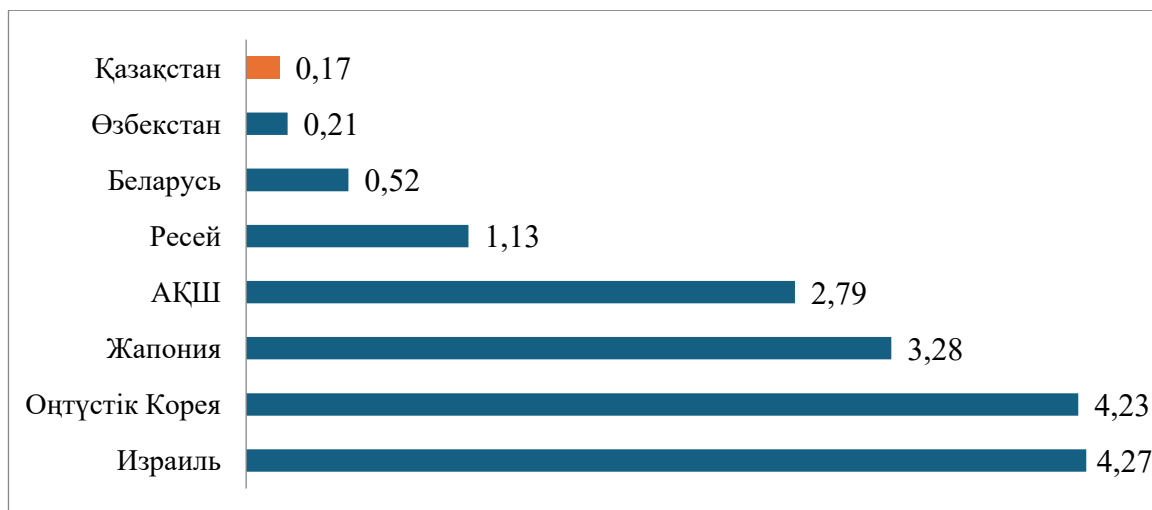
S – Strengths (Күшті жақтары)	W – Weaknesses (Әлсіз жақтары)
– Мемлекеттік деңгейде стратегиялық құжаттар арқылы қолдау (Концепциялар, бағдарлама, т.б.) – Нанотехнология саласына арналған ғылыми-зерттеу орталықтары мен университеттік зертханалардың болуы – Ғылыми кадрлар даярлау жүйесінің қалыптасуы (PhD, магистр бағдарламалары) – Университеттер мен ҒЗИ-да трансфер технология бөлімшелерінің құрылуы – Жекелеген бағыттарда халықаралық жобалар мен гранттар арқылы қатысу (мысалы, Horizon, Erasmus+)	– Зерттеулер нәтижелерін коммерцияландыру деңгейінің төмендігі – Венчурлық капитал мен жеке инвестициялар нарығының дамымауы – Аймақтарда инфрақұрылымның фрагментарлығы және теңсіздігі – Университеттер мен бизнес арасындағы өзара байланыстың әлсіздігі – Ірі өндірістік серіктестердің болмауы және өндіріске енгізудің баяулығы – Жасанды интеллект технологияларын қолданудың өте төмен деңгейі

О – Opportunities (Мүмкіндіктер)	Т – Threats (Қауіп-қатерлер)
– Технологиялық форсайт шеңберінде нанотехнологияларды приоритет ретінде нығайту – Мемлекетаралық ғылыми-техникалық ынтымақтастықты кеңейту – Халықаралық серіктестіктер мен платформаларға белсенді интеграция (OECD, UNESCO) – Наноөнімдердің экспорттық әлеуетін дамыту – ESG және «жасыл технологиялар» трендтері аясында жаңа нарықтарға шығу мүмкіндігі – Жасанды интеллект технологиялар қолдану арқылы нанотехнологиялар саласындағы жобаларды жүзеге асыруды жеделдету мүмкіндігі	– Ғылыми кадрлардың шетелге кетуі (brain drain) – Бәсекелес елдердің технологиялық артықшылығы, әсіресе жасанды интеллект мүмкіншіліктері – ҒЗИ мен өндірушілер арасында жүйелі ынтымақтастықтың болмауы – Инфрақұрылымның жаңғыртылмауы немесе тозуы – Зияткерлік меншікті қорғау жүйесінің әлсіздігі және нормативтік базаның жеткіліксіздігі
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған	

SWOT-талдауы көрсеткендей, Қазақстандағы нанотехнология инфрақұрылымының дамуында елеулі әлеует пен қолдау бар, алайда оның толық іске асуы үшін стратегиялық басқару, инвестициялық құралдарды жетілдіру және кооперацияның жоғары деңгейі қажет. Осы бағыттағы шаралар экожүйенің әрбір құрамдас бөлігін күшейтіп, оны халықаралық стандарттарға сәйкестендіруге мүмкіндік береді.

Бұл компонентті талдау Қазақстандағы нанотехнологияны дамытуда халықаралық ынтымақтастықтың стратегиялық рөл атқаратынын көрсетеді. Жаһандық ғылыми бағдарламаларға интеграциялау, бірлескен зертханалар құру және трансшекаралық зерттеу бастамаларына қатысу арқылы республика өзінің ғылыми-техникалық әлеуетін нығайтып, тұрақты ғылыми инфрақұрылымды дамытады.

3) *Нанотехнология саласындағы зерттеулерге кеткен қаражат (ЖІӨ үлесі).* ЮНЕСКО-ның 2023 жылғы соңғы рейтингісінің мәліметтеріне сәйкес, әлемнің 74 елінің ішінде ҒЗТҚЖ-ға өзінің ЖІӨ-нің ең үлкен үлесі Израильге тиесілі - 4,27%, және соңғы бес жылда осы көрсеткіш бойынша көшбасшы болып табылады. Ары қарай, Оңтүстік Корея – 4,23%, Жапония – 3,28%, Швеция – 3,26% және Австрия – 3,07% (сурет 11).



Сурет 11 - Мемлекеттер бойынша ҒЗТҚЖ-дің ІЖӨ-дегі үлесі (2023 ж.)

Ескерту - [82] дереккөз негізінде автормен құрастырылған

2024 жылы Қазақстанда ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға (ҒЗТҚЖ) шығыстардың абсолютті мәнде де, жалпы ішкі өнімнің (ЖІӨ) үлесі ретінде де азаюы байқалады (кесте 23). 2024 жылдың бірінші жартыжылдығында ҒЗТҚЖ қызметінің көлемі 44,7 млрд теңгені құрады, бұл 2023 жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда 23%-ға аз [83].

Кесте 23 - Қазақстандағы ҒЗТҚЖ шығындарының динамикасы (2019–2024 жылдар)

Жыл	ҒЗТҚЖ шығындары (млрд теңге)	ЖІӨ-гі үлесі (%)
2019	81,0	0,13
2020	87,5	0,12
2021	102,3	0,13
2022	121,5	0,12
2023	172,6	0,14
2024*	44,7 (1 полугодие)	-

Ескерту - [84] 2024 жылғы деректер бірінші жартыжылдыққа арналған.

Қаржылық инфрақұрылымда ҒЗТҚЖ-ді қаржыландырудың ең көп бөлігі республикалық бюджет қаражатына - 74,3% тиесілі. Кәсіпорындардың меншікті қаражаты 23,1%-ды, халықаралық гранттар 2,3%-ды, ал ең аз көрсеткіш басқа көздер – 0,3% -ды құрайды (кесте 24).

Кесте 24 - ҚР ҒЗТҚЖ-ді қаржыландыру көздері

Қаржыландыру көзі	Сума (млрд теңге)	Үлес (%)
Республикалық бюджет	128,3	74,3%
Меншікті қаражат	39,8	23,1%
Халықаралық гранттар	4,0	2,3%
Басқа көздер	0,5	0,3%
Жиыны	172,6	100%

Ескерту - [84, 85, 86] дереккөздер негізінде автормен құрастырылған

Елімізде жобаларды қаржыландыру айтарлықтай қиындықтармен жүзеге асырылу байқалады, себебі оларды қаржыландыру тәуекелдері жоғары, сонымен қатар жоғары технологиялық бизнестің дамымағандығы мен бизнеске баға беретін аса білікті мамандардың болмауы ішкі нарық аясының таралауы жағдайында нанотехнологиялық жобаларды қаржыландыру едәуір тәуекелдер туындатады. Өз кезегінде, бұл нанотехнологиялық жобаларды қаржыландыру қызметін сәтсіздікке әкеледі.

Ашық дереккөздерде 2024 жылы нанотехнология саласындағы зерттеулерге жұмсалған шығындар туралы нақты деректер жоқ. Алайда, 2024-2026 жылдарға арналған ғылыми дамудың бекітілген басым бағыттарына сәйкес «Энергетика, озық материалдар және көлік», «Алдыңғы қатарлы өндіріс, цифрлық және ғарыштық технологиялар», оның ішінде нанотехнологиялар саласындағы зерттеулерге ерекше назар аударылады (кесте 25) [87].

Кесте 25 - Қазақстандағы нанотехнологиялық жобаларды қаржыландыру (2015–2024 жылдар)

Жыл	Нанотехнология саласындағы жобалар саны	Жалпы қаржыландыру (млрд. теңге)	Қаржыландыру көзі
2015	12	1,2	Республикалық бюджет
2016	15	1,5	Республикалық бюджет
2017	18	1,8	Республикалық бюджет
2018	20	2,0	Республикалық бюджет
2019	22	2,2	Республикалық бюджет
2020	25	2,5	Республикалық бюджет
2021	28	2,8	Республикалық бюджет
2022	30	3,0	Республикалық бюджет
2023	35	3,5	Республикалық бюджет
2024	40	4,0	Республикалық бюджет
Ескерту - [88] дереккөз негізінде автормен құрастырылған			

2023 жылы Қазақстандағы нанотехнологиялар саласындағы ҒЗТКЖ жұмсалған шығындардың арақатынасы 5:1 деңгейінде. Бұл көрсеткіш АҚШ пен Италияда – 1:2, Францияда – 1:4, Швейцарияда – 1:5, Жапонияда – 2:3, Германияда – 4:3 деңгейінде, яғни Қазақстанмен салыстырғанда анағұрлым тиімді.

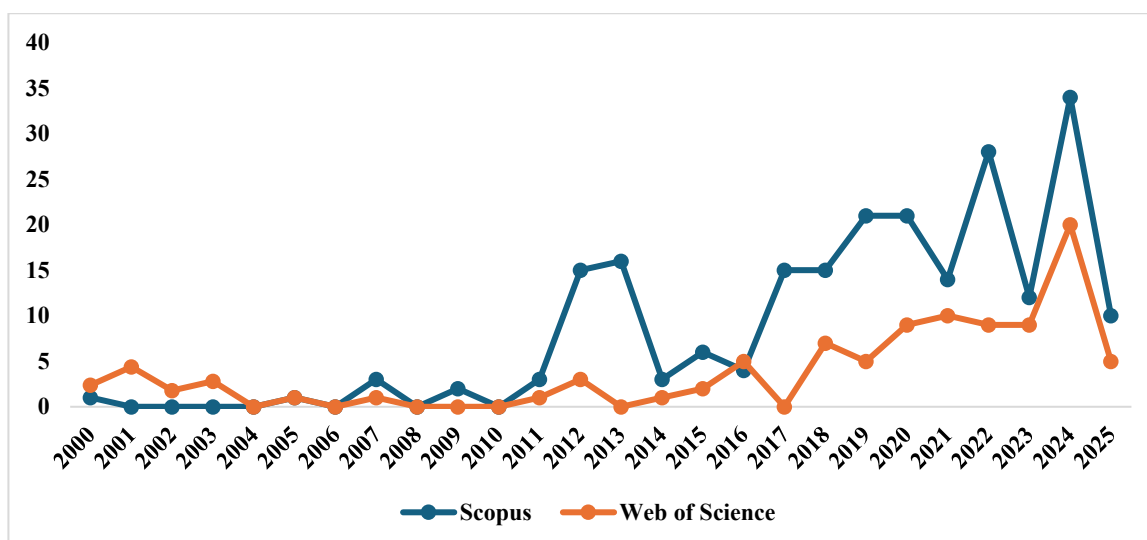
Наноқұрылымдар санының жалпы ішкі өнімдегі (ЖІӨ) үлесі бойынша Қазақстан 2023 жылы 0,36% көрсеткішпен әлем елдері арасында 75-орында тұр (кесте 26). Бұл дерек Қазақстанның нанотехнологиялар саласындағы даму қарқынының жеткіліксіздігін көрсетеді.

Кесте 26 – Наноқұрылымдар санының ЖІӨ-дегі үлесі және халықаралық салыстыру

Ел	Наноқұрылымдар санының ЖІӨ-дегі үлесі (%)	ҒЗТҚЖ шығындарының арақатынасы (нано:жалпы)
АҚШ	1,2	1:2
Италия	1,0	1:2
Франция	0,9	1:4
Швейцария	0,8	1:5
Жапония	0,7	2:3
Германия	0,6	4:3
Қазақстан	0,36	5:1
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

4) Ғылыми зерттеулер мен әзірлемелердің нәтижелілігінің (*патенттік, жобаға өтініштер көрсеткіштері*) маңызды көрсеткіштерінің бірі ел экономикасындағы техникалық және технологиялық жетістіктерді көрсететін патенттік белсенділік болып табылады. Ұлттық зияткерлік меншік институтының (Қазпатент) мәліметі бойынша, 2019-2023 жылдар аралығында Қазақстанда нанотехнологиялар саласындағы 85-ке жуық патент, оның ішінде наноматериалдар, катализаторлар және сенсорлық жүйелер саласындағы әзірлемелер тіркелген. Алайда коммерцияланғандардың үлесі 10-15%-дан аспайды, бұл өнеркәсіптік өндіріске ғылыми әзірлемелерді енгізу тетіктерін күшейту қажеттігін көрсетеді [89].

Негізгі сандық көрсеткіштердің бірі халықаралық деректер қорларында (Scopus, Web of Science) «наноғылым және нанотехнология» (nanoscience & nanotechnology) тақырыбы бойынша индекстелген мақалалар саны болып табылады. Scopus/ Web of Science деректеріне сәйкес, 2000–2025 жылдар аралығында қазақстандық авторлардың жарияланым белсенділігі жалпы өсу үрдісін көрсетеді: Scopus базасында 224, ал Web of Science базасында 89 мақала тіркелген (сурет 12). Бұл ең алдымен, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Назарбаев университеті, Сәтбаев университеті сияқты университеттерде ғылыми-зерттеу жұмыстарының біртіндеп белсендірілгенін көрсетеді.



Сурет 12 – Scopus және Web of Science деректер қорындағы nanoscience & nanotechnology бойынша отандық жариялымдар санының динамикасы, 2000-2025 жж.

Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Алайда соңғы бес жылда өсу қарқыны баяулап, 2025 жылы жарияланымдар санының төмендегені байқалады, бұл саладағы зерттеу белсенділігінің тұрақсыздығын және қаржыландыру мен кадрлық әлеуетке тәуелділігін көрсетеді.

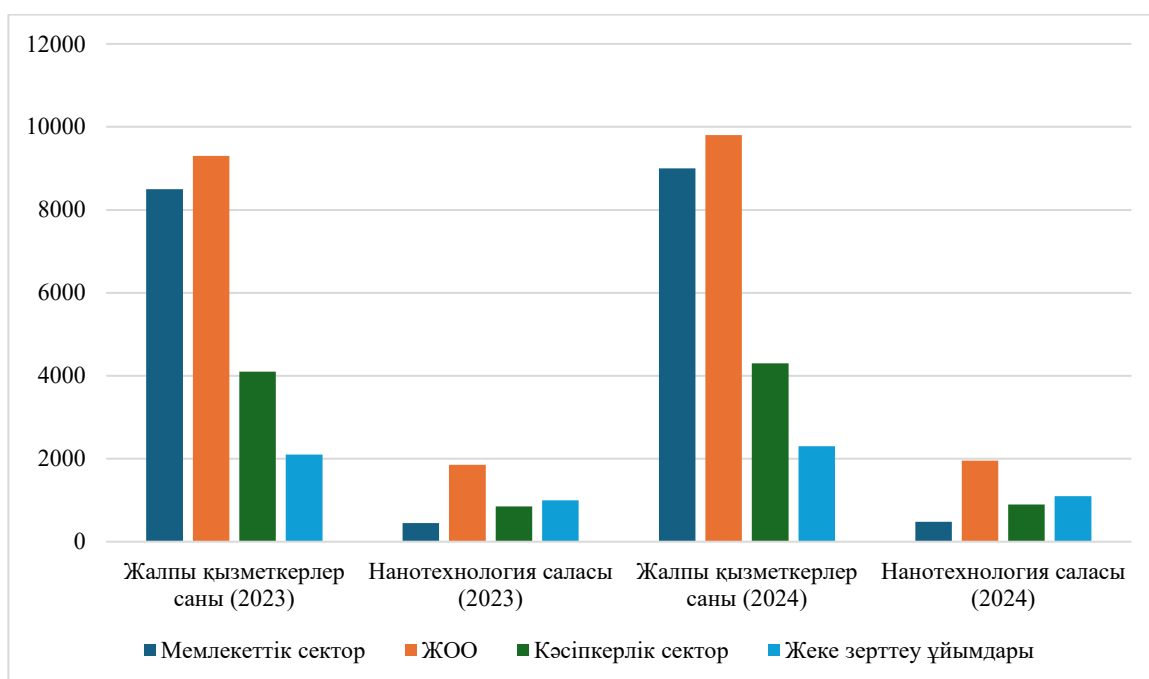
Ғылыми зерттеулер мен әзірлемелердің сапа көрсеткіші болып ғылыми жұмыстардың дәйексөздер көрсеткіші (цитирование) табылады. Web of Science деректері бойынша наноғылым саласындағы қазақстандық авторлардың орташа h-индекс мәні 5-10, ал жетекші елдерде (АҚШ, Германия, Жапония) $h=30-50$. Бұл әлемдік ғылыми кеңістікке жеткіліксіз интеграцияны және отандық зерттеулердің ықпалының төмен деңгейін көрсетеді.

Кесте 27– Қазақстандағы ЖОО-ның ғылыми-зерттеу қызметінің негізгі көрсеткіштері (2023 ж. деректері бойынша)

Көрсеткіш	Мәні (Қазақстан, 2023)	Сипаттама
Scopus/WoS базасындағы жариялымдар саны	~220	Соңғы 5 жылға өсу байқалады
h-index орташа көрсеткіші	5–10	Дамыған елдермен салыстырғанда төмен
Тіркелген патенттер	~85 (5 жылдық)	Коммерциализациялау деңгейі төмен
Әзірлемелерді коммерциаландыру үлесі	~10–15%	Негізгі барьер – бизнеске бағдардың әлсіздігі
Мемлекеттік қаржыландыру (шамамен)	2,5–3,5 млрд тг	ЖІӨ-гі ФЗТКЖ үлесі $< 0,15\%$
Халықаралық жобаларға қатысу	>30	Жекелендірілген, жүйесіз
Ескерту - [84], [89], [90], [91], [92] дереккөздер негізінде автормен құрастырылған		

12-суретте жүргізілген талдау негізінде ғылыми-зерттеу қызметінің сапалық деңгейін бағалауда жиі қолданылатын негізгі көрсеткіштер – бұл жарияланымдық белсенділік, дәйексөз алу көрсеткіші (цитирование), халықаралық патенттеу, коммерцияландыру және ғылыми жобаларға қатысу үлесі болып табылатындығы анықталды. Осы тұрғыда отандық жоғары оқу орындарының ғылыми әлеуетін сипаттайтын негізгі көрсеткіштер төмендегі 27-кестеде келтірілген.

5) *Ғылыми зерттеу қызметімен айналысатын персонал.* 2024 жылы ҒЗТҚЖ саласында 28 156 адам жұмыспен қамтылған, оның ішінде 18 014 маман - зерттеуші. Экономика секторлары бойынша ғылыми зерттеулер мен әзірлемелерді орындаған қызметкерлер саны 13-суретте көрсетілген [84].



Сурет 13 - Ғылыми зерттеулер мен әзірлемелерді орындаған қызметкерлер саны
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Жоғарыда анықталған жүйеленген зерттеу нәтижесі бойынша, қазіргі таңда елдегі инновациялық белсенділікті тежеп тұрған негізгі себептерге ғылым мен инновацияларды дамытуға қаржы ресурстарының жеткіліксіздігі, экономиканың ғылымды көп қажет ететін салаларында жоғары білікті мамандардың жетіспеушілігі болып табылады. Сондай-ақ, сатып алынған жаңа технологиялардың саны табысталған ғылыми әзірлемелер мен технологиялар санынан басым, бұл отандық ғылыми әзірлемелер мен технологияларды енгізудің төмен деңгейін айғақтайды. Біздің көзқарасымыз бойынша, мемлекет кәсіпорындарының инновациялық қызметін ынталандыру тетігіне көбірек мән беруі тиіс, сонда кәсіпорындар ғылыми әзірлемелер мен зерттеулермен айналысуға мүдделі болады. Ол үшін:

– шаруашылық жүргізуші субъектілердің жаңа технологияларды енгізу мен өз технологиялық инновацияларын жасауға пәрменді тетіктер мен ынталандыру жүйесін құру, себебі өнеркәсіптік кәсіпорындар тарапынан жаңа технологияларға сұраныс әлі де жоқтың қасы;

– жеке және мемлекеттік, тікелей шетелдік инвестицияларды, венчурлық қаржыландыруды қамтитын бірлесіп қаржыландыру және өзін-өзін қаржыландыру тетіктерін пайдалану арқылы инновацияларды жасау мен өндіріске енгізу бойынша ресурстық қамтамасыз ету жүйесін құру;

– ғылым, бизнес, білім беру және инновация арасындағы өзара байланыс жүйесін құру, сол арқылы бәсекелестікті арттыру;

– технологиялар трансферті жүйесін дамыту, бұл жағдайда шетелдік технологияларды көз жұма берместен, олардың қыр-сыры мен қайталанбастығын ескере отырып, біздің экономикалық ортамызға бейімдеу қажет.

Қазақстан Республикасындағы нанотехнология саласының даму жағдайларын және экономикалық-ұйымдастырушылық факторларын талдау нәтижелері көрсеткендей, бұл сала қалыптасу кезеңінің бастапқы сатысында тұр және АҚШ, Еуропалық Одақ, Жапония сияқты әлемдік көшбасшылардан, сондай-ақ ғылыми-технологиялық секторлары белсенді дамып келе жатқан Оңтүстік Корея мен Қытай сияқты мемлекеттерден айтарлықтай артта қалған.

Кейбір көреткіштер бойынша оң динамика байқалғанымен, атап айтқанда, ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстармен (ҒЗТҚЖ) айналысатын ұйымдар санының өсуі, университеттік зертханалардың дамуы, халықаралық ынтымақтастықтың және жекелеген бақыттар бойынша қаржыландырудың артуы – Қазақстанда бірқатар маңызды шектеулер әлі де сақталуда. Атап айтқанда:

1 мәселе: нанотехнологиялар саласында стратегиялық және заңнамалық базаның болмауы;

2 мәселе: технологияларды трансферттеудің тиімді тетіктерінің жеткіліксіздігі;

3 мәселе: нанотехнологиялар саласындағы білікті кадрлардың тапшылығы;

4 мәселе: цифрлық экожүйенің әлсіздігі;

5 мәселе: институционалды өзара байланыс деңгейінің төмендігі;

6 мәселе: жеке және венчурлық қаржыландыру деңгейінің төмендігі.

Әлемдік бәсекелестік пен нанотехнологиялардың инновациялық экономиканың негізгі қозғаушы күштерінің біріне айналу жағдайында Қазақстан ғылыми кадрлардың шетелге кетуі, технологиялық тәуелділік, зияткерлік меншікті қорғауды жеткіліксіз деңгейі және ғылыми ұйымдар мен нақты сектор арасындағы институционалдық үйлесімсіздік қатерлерімен бетпе-бет келуде.

SWOT-талдау нәтижелері көрсеткендей, күшті жақтардың (ғылыми мектептердің болуы, мемлекеттік қолдау, халықаралық гранттарға қатысу) болғанына қарамай, ішкі әлсіз тұстарды жоймай және салааралық

ынтымақтастықты күшейтпей, нанотехнология саласының ғылыми-экономикалық және экспорттық әлеуетін толық іске асыру мүмкін емес.

2.2 Кемелдену моделі арқылы ұйымдардың нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесін бағалау

Соңғы уақытта отандық компаниялар шетелдік тәжірибені, әсіресе, жобалық менеджмент құралдарын басқару процесіне белсенді түрде енгізіп жүр, атап айтқанда, қаржылық тиімділік көрсеткіштері, жобаларды басқару бойынша ұйымдық нысандар, скоринг, оңтайландыру модельдері өзектілігімен ерекшеленіп отыр [93]. Әрине, бұл құралдарды енгізу кезінде жүйені жылдам іске қосу кейбір қиындықтарды тудырады, әсіресе техникалық тәуекел ретінде орын алатын мәселелер. Сондай-ақ, басқаруды автоматтандырудың жаңа құралдарын және жүктемені уақытша ұлғайтуды зерттеу қажеттілігіне байланысты ұйым қызметкерлеріне әсер ететін қиындықтар. Сондықтан, жобалық менеджмент құралдарын тиімді енгізу үшін ұйымды жан-жақты талдап, қызметін басқару бойынша кемелденудің қандай деңгейінде екенін және процестерді одан әрі жетілдіруді қажеттілігін анықтау маңызды [94]

Жобаларды басқарудың ұйымдастырушылық кемелдену модельдері жобаларды тиімді басқаруды құру мақсатын көздейтін ұйымдарға жобаларды басқару жүйесінің ағымдағы жағдайын бағалау мүмкіндігін және кәсіпорындағы даму стратегиясы мен тактикасын анықтауды ұсынады. Осы әзірлеудің бастапқы шарты - жобаларды басқару жүйесінің жетілу деңгейін математикалық тұрғыдан анықтау қажеттілігі болып табылады. Бұл қажеттілік нақты тәжірибеде ұйымда жұмыс істейтін жүйе жобаларды басқару жүйесінің кемелдену моделінің сипаттамалық бөлігінде ұсынылған, оның деңгейлерінің формальды сипаттамасы бойынша бірдей сәйкестендіріле алмауымен байланысты.

1.2 бөлімде автор тарапынан ұсынылған кемелдену деңгейлерінің критерийлері негізінде жобаларды басқару жүйесін әдістемелік қамтамасыз ету арқылы әзірленген модель арқылы зерттеу объектілері болып табылатын он екі зертхана мен институттардың жобалық қызметін кемелдену моделінде зерттеу жүргізілді. Олар белсенді дамып келе жатқан құрылым ретінде жобаларды басқарудың жүйесін дамытудың бағыттары мен басымдықтарын айқындау міндетіне тап болды. Талдау екі деңгейден тұрады:

1. Жүзеге асырылған жобаларды талдау нәтижесінен алынған ақпараттар негізінде талдау.

2. Эксперттік нәтиже есебінен талдау.

Осы зерттеудің объектісі ретінде 2020–2024 жылдар аралығында нанотехнология саласында ғылыми-инновациялық жобаларды жүзеге асырған Қазақстан Республикасындағы 11 ұйым (университеттер мен ғылыми-зерттеу орталықтары) алынды. Аталған ұйымдарда іске асырылған жобалар, олардың басқару тәжірибелері және институционалдық рәсімделу деңгейі зерттеу объектісі болып табылады.

Зерттеудің пәні – нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесінің жетілу деңгейі және оны сипаттайтын ұйымдастырушылық, процестік және институционалдық параметрлер.

Зерттеу материалдары ретінде келесі дереккөздер пайдаланылды:

- ұйымдардың ресми есептері мен ішкі нормативтік құжаттары;
- жобалық паспорттар, күнтізбелік жоспарлар, қаржылық және қорытынды есептер;
- жобалық топ мүшелері мен басшыларымен жүргізілген эксперттік сауалнама және сұхбат нәтижелері;
- мемлекеттік және ведомстволық дерекқорлардағы ашық статистикалық мәліметтер.

Зерттеуге енгізілетін ұйымдарды іріктеу келесі критерийлер негізінде жүргізілді:

- а) 2020–2024 жылдар аралығында кемінде бір нанотехнологиялық жоба жүзеге асырған болуы;
- б) жобалардың ғылыми-техникалық немесе инновациялық сипатта болуы;
- с) жобалар бойынша ресми құжатталған ақпараттың (есептер, жоспарлар, регламенттер) қолжетімділігі;
- д) ұйым басшылығы мен жобалық топ мүшелерінің зерттеуге қатысуға келісім беруі;
- е) ұйымның жоғары оқу орны немесе ғылыми-зерттеу орталығы мәртебесіне ие болуы.

Талдауға алынған жобалар мен ұйымдар репрезентативті іріктеу қағидасы бойынша таңдалды, яғни олар нанотехнология саласындағы жобалық қызметтің әртүрлі деңгейлерін (институционалданған, жартылай институционалданған және формалданбаған) қамтиды.

Зерттеу барысында әр ұйым бойынша жобалық параметрлерді сипаттайтын жиынтық кесте (кесте 28) қалыптастырылды. Бағалау көрсеткіштеріне: ұйымның құрылған жылы, соңғы бес жылдағы аяқталған жобалардың жалпы саны, жобалық топтың болуы, құжатталған базаның болуы және автоматтандыру деңгейі енгізілді. Аталған көрсеткіштер жобаны басқару процестерінің ресімделуін, тұрақтылығын және ұйым ішінде институционалдану дәрежесін сипаттайтын алдын ала жетілу индикаторлары ретінде қарастырылды.

Кесте 28 - Нанотехнология саласындағы жобаларды жүзеге асыратын Қазақстанның жетекші ғылыми ұйымдары (2019–2024 жылдар)

№	Ұйым атауы	Құрылған жылы	Қатысушылар	Жүзеге асырылған жобалар (2020-2024 жж)	Маңызды жобалар	Технологияларды дамытудың басым бағыты	Жобалық команда (бар/жоқ)	Құжаттандыру (иә/жоқ)	Оқыту (иә/жоқ)	Автоматтандыру деңгейі (1–5)
1.	Назарбаев Университеті (NU), Жетілдірілген технологиялар және наноматериалдар орталығы (Center for Energy & Advanced Materials)	2010	50+	5	1. Энергияны сақтау үшін наноматериалдар 2. Биомедициналық қолдануға арналған нанокұрылымдар	Энергетика, биомедицина	Иә	Иә	Иә	4
2.	әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті жанындағы NNLOT – Ұлттық нанотехнологиялық зертхана	1934	60+	6	1. Графен мен көміртекті нанотүтікшелер 2. Сенсорлық нанокұрылымдар	Нанофизика, сенсорлар	Иә	Иә	Иә	3
3.	ҚР ҒЖЖБМ Ғылым комитетінің "Жану проблемалары институты" зертханасы	1964	35+	4	1. Нанокөміртек құрылымдары 2. Катализге арналған наноматериалдар	Нанокөміртек, энергетика	Иә	Ішінара	Ішінара	3
4.	Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, г. Алматы	1945	45+	5	1. Полимерлі наноструктуралар 2. Антикоррозиялық жабындар	Катализ, материалтану	Иә	Иә	Иә	3
5.	М.О.Әуезоватындағы Оңтүстік Қазақстан университеті жанындағы NANOFAB ғылыми техникалық орталық	2013	20+	3	1. Қорғаныш қабаттар 2. Ауыл шаруашылығы тыңайтқыштары	Агронанотехнология	Жоқ	Жоқ	Жоқ	1

6.	Физико-технический институт им. Сәтпаева (жанында ҚазҰУ)	2003	25+	3	1. Наноқабықшалар 2. Кванттық құрылымдар	Нанофизика	Ішінара	Ішінара	Жоқ	2
7.	Д.В.Сокольский атындағы «Органикалық Катализ және Электрохимия институты»	1969	30+	3	1. Электрохимиялық сенсорлар 2. Нанокатализ	Электрохимия, катализ	Иә	Ішінара	Ішінара	2
8.	Қ.Сатпаев атындағы ҚазҰТУ инженерлік бейіндегі зертхана	2015	22+	2	1. Наноқабат жабындары	Материалтану, сенсорлар	Жоқ	Жоқ	Жоқ	1
9.	Сәрсен Аманжолов атындағы ШҚМУ жанындағы ұжымдық пайдаланудағы ұлттық ғылыми зертхана	2012	18+	2	1. Оптикалық наноқабаттар	Оптика, наноматериалдар	Жоқ	Жоқ	Ішінара	1
10.	«Ә.С. Ахметов атындағы Наноинженерлік зерттеу әдістері» инженерлі бейінді ғылыми-зерттеу зертханасы	2014	15+	2	1. Микроскопиялық бейнелеу жүйелері	Наноаналитика	Жоқ	Жоқ	Жоқ	1
11.	Қазақ Ұлттық аграрлық университет жанындағы «Агробιοинженерия нанозертханасы»	2016	15+	3	1. Биосенсорлар 2. Микрокапсула технологиясы	Аграрлық биотехнология	Ішінара	Жоқ	Ішінара	2
Ескерту - [73], [95-105] дереккөздер негізінде автормен құрастырылған										

Нанотехнология саласындағы ұйымдардағы жобаларды басқару жүйелерінің кемелдену деңгейін бағалау сандық-баллдық талдауды және сарапшылық сауалнаманы қоса алғанда, аралас тәсіл негізінде жүзеге асырылды. Бағалауға 2020-2024 жылдары нанотехнология саласында жобалар іске асырған 11 ұйымнан тартылған 102 сарапшы қатысты. Әрбір ұйымнан орта есеппен 8-9 сарапшыдан іріктелді. Сарапшылар жобалық менеджмент, ғылыми-зерттеу және инновациялық жобалар саласында кемінде 3 жылдық тәжірибеге ие мамандардан тұрды.

Сарапшылар мақсатты іріктеу (purposive sampling) қағидасы бойынша таңдалды. Іріктеуге ғылыми, инновациялық немесе жобалық қызметке тікелей қатысу тәжірибесі бар, жобаларды басқару саласында кемінде 3 жылдық практикалық тәжірибесі қалыптасқан, жоба жетекшісі, орындаушы немесе сарапшы ретінде жобаларға қатысқан, жобалық құжаттамамен (жоспарлар, есептер, тәуекелдер тізбесі, бюджет) жұмыс істей алатын және зерттеуге қатысуға ерікті түрде келісім берген мамандар енгізілді.

Іріктеу нәтижесінде алынған құрам нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың әртүрлі жетілу деңгейлерін қамтыды, сондықтан іріктеме мазмұны жағынан репрезентативті сипатқа ие болды. Таңдалған 11 ұйым нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың әртүрлі жетілу деңгейлерін көрсетеді және ұсынылған кемелдену моделін эмпирикалық тұрғыда тексеруге мүмкіндік береді.

Сарапшылардың лауазымдық және функционалдық құрамы жоба жетекшілері, жобалық кеңсе қызметкерлері, ғылыми қызметкерлер мен зерттеушілер, инженерлер мен технологтар, сондай-ақ жобалық координаторлардан тұрды. Әрбір сарапшы жобаларды басқару әдістерін алдын ала әзірленген бағалау парақтары арқылы тәуелсіз түрде бағалады. Бағалау процесінде жобаларды жоспарлау, ауқымын басқару, тәуекелдерді басқару, ресурстарды басқару, коммуникацияларды ұйымдастыру және сапаны басқару бағыттары қамтылды.

Әдістеме екі негізгі өлшемді анықтады: жобаны басқару әдістері (11 тармақ) және кемелдену сипаттамалары (25 атрибут). Әрбір позицияға екі ось бойынша мән тағайындалды:

1) Маңыздылық – белгілі бір ұйым үшін берілген әдістің немесе сипаттаманың маңыздылығын бағалау (1-ден 5-ке дейінгі шкала бойынша);

2) Даму дәрежесі – ұйым қызметіндегі берілген элементті нақты енгізу/іске асыру деңгейі (1-ден 3-ке дейінгі шкала бойынша).

Нанотехнология саласындағы жобаларды жүзеге асырушы ұйымдарда жұмыс істейтін жобаларды басқару жүйесі аралас белгілерге ие болуы мүмкін, мысалы, бірінші және екінші кемелдену деңгейі. Ал кейбір жағдайларда пайдаланылатын әдістердің құрамы бойынша да, тән сипаттамалардың құрамы бойынша да. Сондықтан ұйым жобаларын басқару жүйесінің кемелдену деңгейін анықтау үшін жобаларды басқару жүйесінің кемелдену

деңгейін бағалаудың интеграцияланған математикалық моделін пайдалану ұсынылады.

Интегралдық кемелдену көрсеткішін есептеудің соңғы формуласы келесідей болды:

$$Maturity = \Sigma(Mi \times Ai),$$

мұнда:

Mi – i -ші әдіс/сипаттама үшін маңыздылық мәні;

Ai – i -ші элемент үшін меңгеру мәні.

Көрсетілген технологияға сәйкес жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейін бағалаудың қолданылатын әдістері бойынша ұйымдарда қолданылатын әдістердің тізбесі, оларды игеру дәрежесі анықталды және 29-кестеде көрсетілгендей жиынтық баллдық баға алынды.

Кесте 29 - Қолданылатын әдістер бойынша ұйымдардағы ЖБЖ кемелдену деңгейін бағалау

Әдістің атауы	Маңыздылық	Даму дәрежесі	Есептеу
Жобаның құрылымдық декомпозициясының әдістері	5	1	5
Ұйымдастыру құрылымдарын жобалау әдістері	2	1	2
Жобаны модельдеу құралдары	1	1	1
Ұйымдастыру құрылымымен мақсаттар мен функциялардың құрылымын байланыстыру әдістері	1	1	1
TQM	2	1	2
Үздік тәжірибені іздеу және бейімдеу әдісі (бенчмаркинг)	2	2	4
Ұйымдастыру процестерін зерттеу және жобалаудың негізгі әдіснамасы	2	1	2
Бірегей модельдеу тілі	2	1	2
Функционалдық-құндық талдау	1	1	1
Тәуекелдерді талдау әдістері	1	1	1
CRM	2	1	1
Барлығы	22		
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

Жобаны басқару әдістерімен есептеу келесідей жүзеге асырылды: 11 әдістің әрқайсысы екі ось бойынша (маңыздылық және меңгеру дәрежесі) әр ұйымнан тартылған жалпы саны 102 сарапшы тарапынан бағаланды. Әр әдіс

бойынша алынған мәндер сарапшылар пікірі негізінде орташаланып, қорытындыланды. Алынған мәндер орташаланып, қорытындыланды, нәтижесінде максималды мүмкін мәннен 22 ұпай ($11 \times 5 \times 3 = 165$) алынды, 63 шкаласына нормаланды. Бұл келесідей түсіндіріледі: 11 әдістің әрқайсысы үшін мүмкін болатын максималды балл 5 (маңыздылық) $\times$ 3 (меңгеру) = 15. Сондықтан барлық әдістердің жалпы ұпайы $11 \times 15 = 165$ ұпай болады. Дегенмен, бағалаудың екі компоненті – әдістер (11 тармақ) және кемелдену сипаттамалары (25 атрибут) арасындағы пропорционалды үлесті қамтамасыз ету үшін әр блоктың салмағын теңестіру қажет болды. Кемелдену моделінің екі негізгі блогының – әдістердің (макс. 165 ұпай) және сипаттамалардың (макс. 300 ұпай) салмағын теңестіру үшін автор жобаны басқару әдістері үшін 0–63 нормаланған шкаласын енгізді. Бұл шешім 1:5 қатынасына негізделген және интегралды бағалаудың салыстырмалылығын сақтауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл үлгінің әртүрлі құрамдас бөліктері үшін салмақтар мен таразылар пайдаланылатын РЗМЗ және СММІ сияқты кемелдену деңгейін бағалау үлгілеріндегі қалыпқа келтіру тәжірибесіне сәйкес келеді [106, 107, 108].

Ары қарай, кемелдену сипаттамалары бойынша есептеу: 25 кемелдену индикаторлары (соның ішінде, жобалық кеңсенің болуы, ережелер, оқу курстары, шаблондар, ақпараттық қамтамасыз ету) негізінде сарапшылар олардың маңыздылығы мен шеберлігін бағалады. Бұл топтың қорытынды ұпайы мүмкін болатын 300 ұпайдан 83 ұпай ($25 \times 5 \times 3$) болды. Кемелдену сипаттамалары бойынша ұйымдардағы ЖБЖ кемелдену деңгейін бағалау 30-кестеде көрсетілген.

Кесте 30 - Кемелдену сипаттамалары бойынша ұйымдардағы ЖБЖ кемелдену деңгейін бағалау

Ұйым жобаларын басқару жүйесінің сипаттамасы	Маңыздылық	Даму дәрежесі	Есептеу
Жобаларды басқару командасының болуы;	5	3	15
Жоба нәтижелерін тіркеу жүзеге асырылады;	3	2	6
ЖБ негізгі кіші жүйелері бойынша жобаны талдау жүзеге асырылады;	1	2	2
Жобаларды басқару бастамашылары зертхана қызметкерлеріне жобаларды басқарудың теориялық және практикалық мәселелері бойынша кеңес береді;	1	1	1
Жобаларды басқару әдістемесі ЖБЖ әзірлеу бойынша іс-қимылдар негізіне алынады;	4	1	4
ЖБЖ әзірлеу жобасына жоғары басшылықтың назары;	2	3	6
Жобаның нәтижелерінің болжануы;	1	2	2
Жобаларды басқару бойынша терминдер глоссарийі бар;	2	2	4
Жобаларды басқарудың жекелеген процестері құжатталады;	2	1	2
Зертхана қызметкерлерін жобаларды басқару әдістері мен құралдарына оқыту жүзеге асырылуда;	0	0	0
Жоғары басшылық тарапынан әзірленген ЖБЖ қолдаудың жоғары деңгейі байқалады;	1	1	1

Іске асырылып жатқан жобалардың ағымдағы жай-күйіне тұрақты кеңестер мен шолулар өткізіледі;	1	1	1
Ұйым типтік жобаларды тиімді жоспарлай алады, басқара алады және біріктіре алады;	2	3	6
Жобаларды басқарудың ақпараттық жүйесін әкімшілендіру жүзеге асырылады;	1	1	1
Алдыңғы жобаларды басқару тәжірибесі талданады және пайдаланылады;	5	2	10
Жобаларды басқаруды жоспарлау үдерістерімен зертхананың ағымдағы қызметін жоспарлау мен басқарудың интеграциясы іске асырылуда;	2	1	2
Ұйым жобалардың барлық жиынтығын тиімді жоспарлай және басқара алады;	3	1	3
Зертхана жобаларын басқару бойынша корпоративтік стандарт қалыптастырылады;	1	1	1
Зертхананың жобаларының портфелін басқару жүзеге асырылуда;	1	1	1
Зертхананың ағымдағы қызметі үшін олардың маңыздылығы тұрғысынан іске асырылатын жобаларды бағалау жүргізіледі;	1	1	1
Зертхананың стратегиялық дамуы жоба ретінде қарастырылады; оған жобаларды басқарудың тиісті әдістері мен құралдары қолданылады;	1	1	1
Зертхананың стратегиялық дамуы үшін олардың маңыздылығы тұрғысынан іске асырылатын жобаларды бағалау жүргізілуде;	2	2	4
Жобаларды басқару жүйелерін әзірлеу саласындағы отандық және әлемдік тәжірибе оқытылады және жеке элементтер осы ұйымның ЖБЖ талданады;	2	3	6
Жобаларды басқару принциптері ұйымның ағымдағы өндірістік қызметіне де қолданылады;	2	1	2
Жобаларда ұйымның икемді, шоғырланған құрылымы қалыптасты.	1	1	1
Барлығы	83		
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

Ары қарай, интегралдық кемелдену индексі есептеу үшін қорытынды балл ретінде екі жартылай соманың көбейтіндісі пайдаланылды:

$$\text{Кемелдену индексі} = 22 \times 83 = 1826 \text{ ұнай.}$$

Қабылданған кемелдену шкаласына сәйкес (0-2223 - 1 деңгей, 2224-3336 - 2 деңгей, 3337-4449 - 3 деңгей және т.с.с.) алынған мән 1-ші жетілу деңгейіне сәйкес келеді және жобаны басқару жүйесінің кемелденуінің бастапқы кезеңі мыналармен сипатталады:

- формальды рәсімдердің болмауы;
- орындаушылардың жеке тәжірибесіне тәуелділігі;
- жүйелік қолдаусыз басқару құралдарын эпизодтық пайдалану.

Эксперттік талдауға алдын ала мақсатты іріктеу (purposive sampling) қағидасы бойынша таңдалған, зерттеуге қатысуға ерікті түрде келісім берген 102 маман қатысты және оларға келесі негізгі тақырыптар бойынша сұрақтар

қойылды: жобалық басқару мен жобалық портфельдің жетілуі, жобаларды басқару құралдары мен техникасы, сондай-ақ жобаларды іске асыру кезінде мамандар тап болатын проблемалар. Төменде зерттеу барысында қозғалған әр түрлі бағыттар бойынша нәтижелер қысқаша келтірілетін болады.

31-кестедегі деректер мен сарапшылардың сұхбаттары негізінде келесі мәндер алынды:

Кесте 31 – Эксперттік талдау нәтижелері

Көрсеткіш	Мәні, балл	Максималды мәні, балл	Сипаттамасы
Әдістер бойынша	22	63	Мұнда әрбір әдіс (жобаны басқарудың 11 негізгі әдісі) екі ось бойынша бағаланды: аңыздылық (1–5) және меңгеру дәрежесі (1–3)
Сипаттамалар бойынша	83	300	Мұнда 25 кемелдену сипатына арналған біріктірілген ұпайды көрсетеді
Интегралды кемелдену балы	22 × 83 = 1826		Кемелденудің 1-ші деңгейіне сәйкес келеді (0-ден 2223 баллға дейін).
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

Пайдаланылатын әдістер мен кемелдену сипаттамалары бойынша алынған балл сомасын көбейту арқылы ұйымдардағы жобаларды басқару жүйесінің пайдаланылатын кемелдену деңгейін интегралдық бағалау жүргізілді және ұйымның ЖБЖ кемелденудің бірінші деңгейіне сәйкес келетін 1826 балл мәні алынды.

Жобалар бойынша негізгі нәтижелер:

- Ұйымдардың 41%-ы жобаның белгіленген мерзімінен жиі ауытқиды;
- Ұйымдардың 80%-ында грант бойынша берілген бюджеттік қаражаттың жетіспеушілігі;
- Ұйымдардың 48%-ы жүзеге асырған жобаның нәтижесімен қанағаттанбайды.

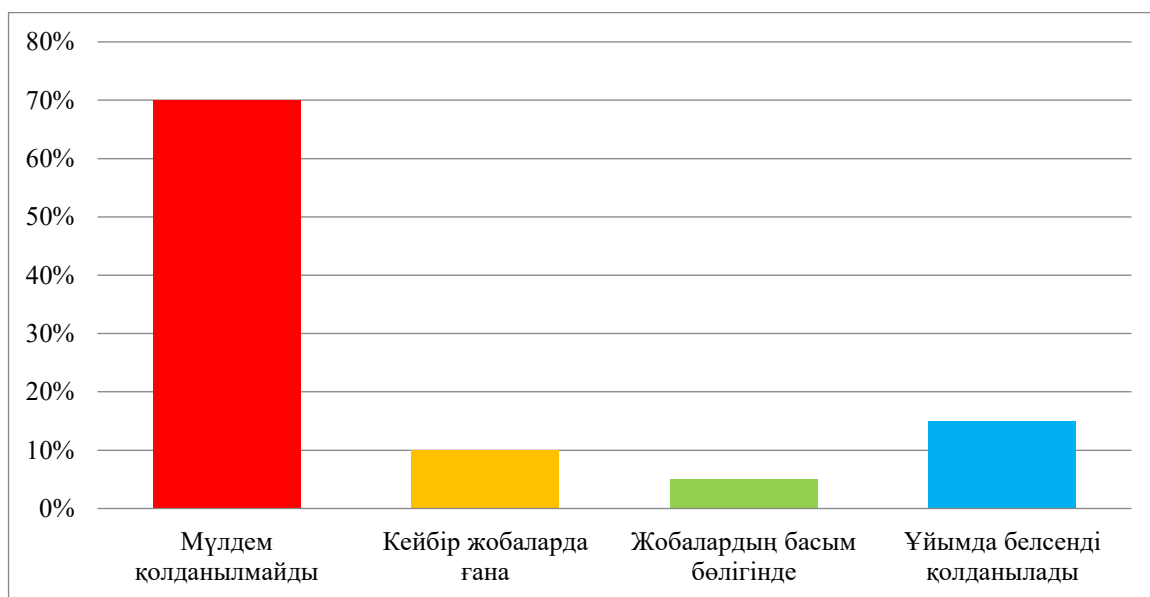
Жоба басшыларының негізгі мәселелері:

- Жобалар мазмұнының тұрақты болуы, жобаны жүзеге асыру барысында өзгертуге мүмкіндік жоқ. Бұл нанотехнологиялық жобалардың белгісіздік жағдайында жүзеге асырылатын ескерсек, ыңғайсыздық тудырады, және жоба нәтижесіне кері әсерін тигізу қаупі бар;
- Жобаларды басқару тәсілдерінің сәйкессіздігі;
- Ресурстарды тиісінше басқару мүмкіндігінің жоқтығы. Ғылым комитетінен бөлінген гранттық өтінімдерді қаржыландыру бойынша жобаны жүзеге асыруға бағытталған қаражат нақты жоба менеджеріне емес, ұйым

немесе институтқа жіберіледі. Зерттеушілерге қажет болған қаражат пен ресурстардың дәл уақытында келмеу тәуекелі бар.

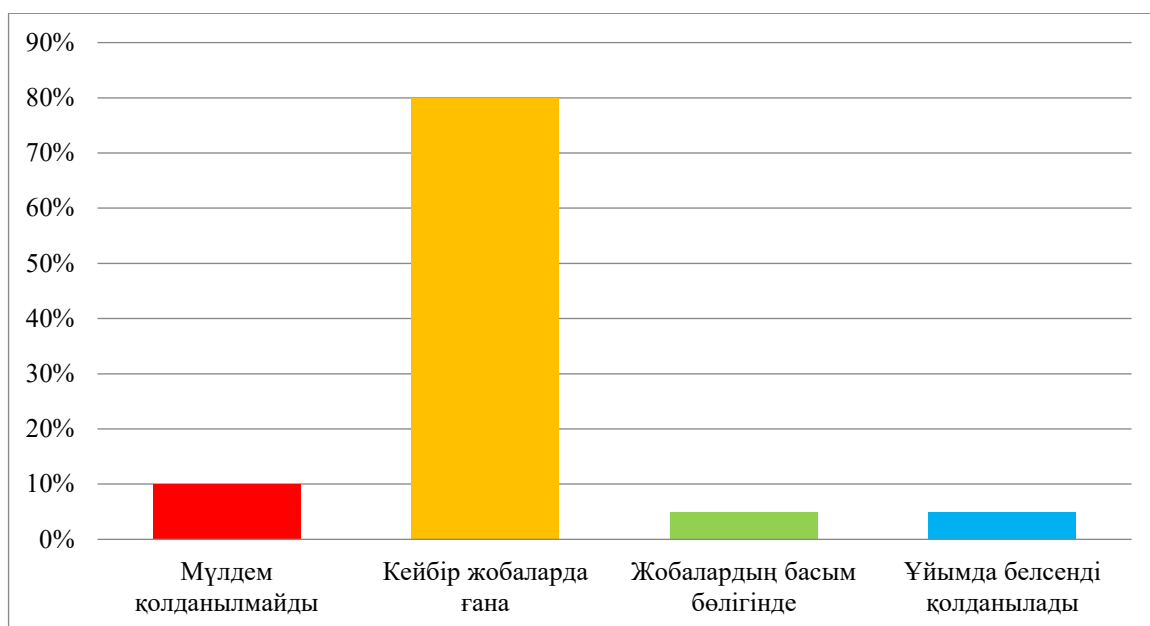
Жобаларды басқарудың кемелденуінің маңызды индикаторы - жобаларды басқару әдістемесін дәйекті енгізу, пайдалану және қолдау. Барлық жобалар бірдей басқарыла ма және бір өмірлік цикл бойынша жүзеге асырылып жатыр ма әлде жобаның сапасы жоба жетекшісіне байланысты ма? Жоғары технологиялық жобаларда бірізділіктің болмауы, жобаның мазмұны, құны, мерзімі мен сапасы бойынша бірқатар мәселелерді тудырады.

Респонденттердің 5% -ы көп жағдайда жобаларды басқарудың бірегей әдістемесі қолданылатынын айтты. Тағы 15% - ға жуығы бірегей әдістеме ұйымның барлық жобаларында қолданылатынын мәлімдеген. Эксперттердің 10%-ы тек кейде қолданады деп жауап берді. Деректер 14-суретте келтірілген.



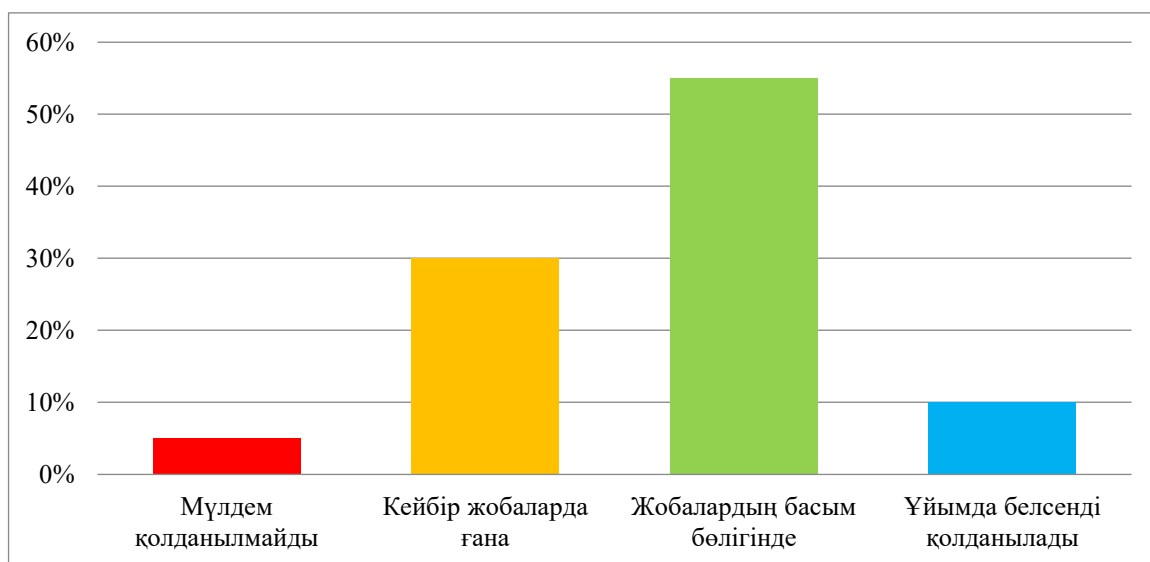
Сурет 14 - Ұйымда бірегей әдіснаманың қолданылуы
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Эксперттердің мәліметтеріне сәйкес, жобалардың 10% - ы жоспарлы кестені пайдаланбай жүзеге асырылады, яғни базалық жоспар бойынша жоба объектісінің прогресін бақыламайды. Толық деректер 15-суретте берілген. Дегенмен, респонденттердің 80% - дан астамы жоспарлы кестені әрдайым белсенді қолданатынын, және алдын ала дайындалған кесте бойынша жобаны бірізділікпен жүзеге асыратынын мәлімдеген. Саны жағынан үлкен болмаса да, мұндай қарама-қайшылық жобаларды басқару мен құралдарды пайдаланудың формальды тәсілін жиі кездестіруге болады деген тұжырымға алып келеді.



Сурет 15 - Жоспарлы кестенің жиі қолданылу деңгейі
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

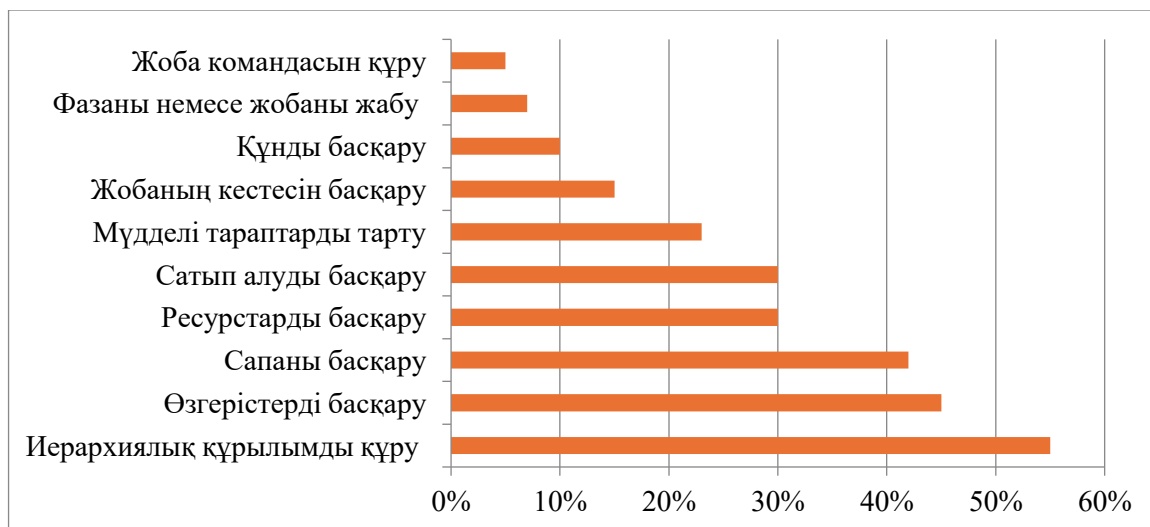
Респонденттердің 50% - дан астамы тұрақты негізде тәуекелдерді басқарудың құралдарын пайдаланады, алайда тәуекелдерді басқаруды қолданудың тиімділігі немесе жүйелілігі туралы деректер жоқ. Олардың тиімділігін өлшеу зертханалар үшін өте қиын және көпшілігі мұнымен айналыспайды. Деректер 16-суретте келтірілген.



Сурет 16 - Жобаны жүзеге асыру барысында тәуекелдерді басқару құралдарының қолданылуы
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Дегенмен, сұқпат барысында байқағанымыздай, эксперттердің басым бөлігі (80%) тәуекелдерді басқару құралдары туралы бұрыс түсінікке ие екендігі анықталды. Себебі, тәуекелдер реестрі мүлдем қолданылмайды.

Мүмкін болатын тәуекелдерді шетелдік мақалалардың зерттелген ақпараттарынан алады. Бұл да нанотехнологиялық жобаның жүзеге асырылуындағы тағы бір кедергі болып табылады.



Сурет 17 - Эксперттердің пікірі бойынша ең қиын үрдістер
Ескеру - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Басшыларда жұмыстың иерархиялық құрылымын құру процесі үлкен қиындық туғызады. Бұл үдерісті респонденттердің 55% проблемалы нүкте ретінде атап өтті. Екінші және үшінші орынды өзгерісті басқару мен сапаны басқару үрдістері алады. Эксперттердің 45% -ы осы мәселелерді атап өтті. Ең аз қиындықтар фазаны немесе жобаны жабу мен жоба командасын құру үрдістері тудырады. Олардың үлесі 5%-дан аз. 17 суретте толық деректер ұсынылған.

Иерархиялық құрылымды құру мәселесі көп қиындық тудыратын себебі – ол эксперттердің басым бөлігі ЖИҚ мүлдеп қолданбайды, таныс емес. Жоба шеңберін көрсету үшін, кейбір жұмыстардың жіберілмеу ықтималдығын азайту мақсатында жұмыстың иерархиялық құрылымын пайдалануды ұсынады. жобаны іске асыру үшін қажетті жұмыс пакеттерін мақсатты қалыптастыруды қамтамасыз ету үшін олар бойынша шығындардың негізгі түрлерін алдын ала бөлу (бюджеттеу), менеджерлердің жауапкершілігін бөлу.

Жоғарыда келтірілген талдауға сүйене отырып, еліміздегі нанозертханалардағы жобаларды басқарудың дамуы кемелденудің бірінші деңгейінің бастапқы сатысына сәйкес келетіні анықталды.

Осы талдаудан кейін зертханалардағы жобаларды басқарудың корпоративтік жүйесін дамыту бағыттары қалыптастырылды. Даму бағыттары мынадай алғышарттарға сүйене отырып тұжырымдалды:

- жобаларды басқарудың жетілуінің әрбір келесі деңгейіне қол жеткізу жобаларды басқару тиімділігін арттырады және жобалардың сәтсіздігі тәуекелін төмендетеді;

– ағымдағы деңгейге жету жөніндегі жұмысты толық аяқтамай, кемелденудің келесі деңгейіне өту үшін дамуды жүзеге асыру мүмкін, бірақ дамудағы жүйеліліктің жоғалуына байланысты тәуекелдер айтарлықтай артады.

Кемелденудің бірінші (бастапқы) деңгейі зертханаларда жобаларды басқарудың формальды қабылданған рәсімдері жоқ, жобаларды орындау жоспарлары құрылмаған, жұмыстар мазмұны, көлемі және құны бойынша нашар айқындалған жағдайға сәйкес келеді. Жобаларды басқару процестері толығымен күтпеген және әлсіз бақыланады, ал жоғары басшылық басқарудың негізгі мәселелерін жиі түсінбейді.

Жобаларды басқару жағдайын бағалау үшін нанозертханаларға қатысты, біздің ойымызша, бір жағынан, халықаралық тәжірибеге сүйенетін, ал екінші жағынан – зертхананың ерекшелігі мен олардың қызметінің шарттарын көрсететін өз тәсілін қалыптастыру қажет.

2020–2024 жылдары нанотехнология саласында жобалар жүзеге асырған 11 ұйымға және олардан тартылған 102 сарапшының бағасына сүйене отырып, ұйымдардағы жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі авторлық модель негізінде бағаланды.

Бағалау екі негізгі блок бойынша жүргізілді:

1. *Жобаны басқару әдістері (11 әдіс)*. Әр әдіс маңыздылық (1–5) және меңгеру дәрежесі (1–3) бойынша бағаланды.

Максималды мүмкін мән: $11 \times 5 \times 3 = 165$ ұпай.

Нақты алынған мән: 22 ұпай, ол 0–63 нормаланған шкалада 22 баллға сәйкес келеді. Бұл әдістердің ұйымдарда өте төмен деңгейде қолданылатынын көрсетеді.

2. *Кемелдену сипаттамалары (25 индикатор)*.

Максималды мүмкін мән: $25 \times 5 \times 3 = 300$ ұпай.

Нақты алынған мән: 83 ұпай.

Бұл ұйымдарда жобаларды басқарудың институционалдық, кадрлық және цифрлық негіздерінің әлсіз қалыптасқанын білдіреді.

Интегралды кемелдену индексі: $22 \times 83 = 1826$ ұпай.

Қабылданған шкала бойынша: 0–2223 ұпай – 1-деңгей (бастапқы деңгей). Осылайша, зерттелген ұйымдардың жобаларды басқару жүйесі кемелденудің 1-деңгейіне сәйкес келеді.

Сараптамалық сауалнама нәтижелері де бұл қорытындыны растайды:

1) Ұйымдардың 41%-ында жобалар белгіленген мерзімнен жиі ауытқиды;

2) Ұйымдардың 80%-ында гранттық немесе бюджеттік қаражат жеткіліксіз;

3) Ұйымдардың 48%-ы жүзеге асырған жобаның нәтижесіне толық қанағаттанбайды;

4) Респонденттердің тек 5%-ы жобаларды басқарудың бірегей әдістемесін тұрақты қолданатынын көрсетті;

5) 80%-дан астамы жоспарлы кестені қолданатынын айтқанымен, оның сапалы орындалуы бірізді емес;

6) Эксперттердің 80%-ы тәуекелдерді басқару құралдарын дұрыс түсінбейтіні анықталды.

2.2-бөлімнің нәтижелері көрсеткендей, Қазақстандағы нанотехнология саласындағы ұйымдарда жобаларды басқару жүйесі жүйеленбеген, процестер тұлғалардың жеке тәжірибесіне тәуелді, цифрландыру мен стандарттау деңгейі төмен және кемелденудің тек бастапқы сатысында тұр. Бұл жағдай жобалардың мерзім, бюджет және нәтиже бойынша тұрақсыздығына тікелей әсер етіп отыр. Бұл бөлімде жүргізілген бағалау нәтижелері ұйымдардың жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі төмен екенін көрсетті. Алайда, кемелдену деңгейінің төмен болу себептері мен оның жобалардың нақты нәтижелеріне әсері толық ашылуды талап етеді. Осыған байланысты 2.3 бөлімде жобаларды жүзеге асыру механизмдері терең талданып, анықталған мәселелердің экономикалық және институционалдық негіздері қарастырылады

2.3 Нанотехнология саласындағы жобалардың жүзеге асырылу механизмінің мәселелерін талдау

Қазіргі таңда әлемдік деңгейде стартаптар мен технологиялық компаниялар туралы мәліметтер Crunchbase, PitchBook, F6S, AngelList сияқты халықаралық платформаларда жинақталады. Алайда бұл ресурстар Қазақстандағы нанотехнология саласын толық әрі жүйелі түрде қамтымайды, сондықтан ел ішінде осы бағытта орталықтандырылған ашық реестр құру қажеттілігі сақталып отыр. Мұндай ортаның болуы, отандық және шетелдік компаниялар есебінен ғылыми зерттеу нәтижелерін қаржыландыру мәселелерін шешуге; наноөнімге тапсырыс беруші үшін лайықты компанияны табу; наноорталықтар мен лабораториялар арасындағы тығыз қарым қатынас пен өзара тәжірибе алмасуды қамтамасыз ету мүмкіндігін береді [109].

Қазақстан Республикасындағы нанотехнология саласындағы жобаларды жүзеге асыру механизмін талдау олардың күрделі, көпдеңгейлі және жоғары белгісіздік жағдайында іске асырылатын жүйе екенін көрсетеді. Нанотехнологиялық жобалар дәстүрлі инженерлік немесе өндірістік жобалардан айырмашылығы – зерттеу, әзірлеу, сынақ және коммерцияландыру кезеңдерінің бір циклде бірігуімен, жоғары тәуекел деңгейімен және пәнаралық сипатымен ерекшеленетін анықталып көрсетілді.

2.2 бөлімде жүргізілген эмпирикалық бағалау нәтижелері отандық нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асырушы ұйымдарда жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі негізінен төмен (1–2 деңгей) екенін көрсетті. Алайда, бұл көрсеткіш тек басқару жүйесінің ағымдағы жай-күйін

сипаттайды, ал оның қалыптасу себептері мен жобалардың нақты нәтижелеріне әсері осы бөлімде тереңірек қарастырылады.

Осыған байланысты, 2.3 бөлімнің мақсаты – нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмдерінің құрылымын жүйелі түрде талдау, олардың тиімділігін шектейтін институционалдық, ұйымдастырушылық және экономикалық факторларды анықтау және жобалардың табыстылығына әсерін негіздеу болып табылады.

Жобаларды жүзеге асыру механизмі бұл – жобаны инициациялау, жоспарлау, орындау, мониторинг және аяқтау кезеңдерін қамтитын, сондай-ақ ресурстарды, тәуекелдерді, сапаны және коммуникацияларды басқару процестерін біріктіретін кешенді басқару жүйесі. Нанотехнология саласында бұл механизм ғылыми зерттеулердің жоғары белгісіздігімен және ұзақ коммерцияландыру циклімен күрделенеді.

Зерттеу барысында жобаларды жүзеге асыру механизмі үш деңгейде қарастырылды:

- жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейін бағалау;
- жобалық процестердің іске асырылу деңгейін пәндік және процестік топтар бойынша талдау;
- жобаларды жүзеге асыруға әсер ететін сыртқы факторларды (PESTLE) анықтау.

Зерттеу нәтижелері нанотехнология саласындағы жобалардың жүзеге асырылу механизмін кешенді түрде бағалауға және олардың тиімділігін шектейтін негізгі факторларды анықтауға бағытталған. Зерттеу «ішкі жетілу деңгейі – басқару сапасы – сыртқы орта ықпалы» логикасы негізінде жүргізілді.

2.3.1 Жобаларды жүзеге асыру механизмдерінің жалпы сипаттамасы және негізгі мәселелері

Жоба нәтижесін нарыққа табысты енгізудің маңызды шарты - бұл жаңа өнімнің өмірлік циклін нормативтік-техникалық қамтамасыз ету: әзірлеуден бастап нарыққа шығаруға дейін. Яғни, стандарттау, сертификаттау және қажетті рұқсат беру құжаттарын алу жүйелерінің болуы. Бұл бөлімде саладағы жобалардың жүзеге асырылу қағидалары анықталады.

Эмпирикалық зерттеу аясында Қазақстандағы нанотехнология саласында жүзеге асырылған үш жоба қарастырылды. Сауалнамаға жалпы саны 21 жоба жетекшілері, қызметкерлері мен зерттеушілері қатысты. Зерттеу үшін авторлық бағалау моделі қолданылды, ол «СТ РК ISO 21500-2014» стандартына сәйкес 10 пәндік және 5 процестік топты қамтитын 44 сұрақтан тұрады. Бағалау 5 балдық шкала негізінде жүргізілді. Бұл бағалау шкаласы халықаралық жобаларды басқару стандарттарының (ISO 21500) және авторлық кемелдену моделіне (maturity model) сәйкес қалыптастырылды, мұнда 1 балл – басқару элементтерінің болмауын немесе қолданылмауын, 2

балл – бастапқы деңгейде қолданылуын, 3 балл – ішінара қалыптасқан жүйені, 4 балл – жүйелі түрде енгізілген процестерді, ал 5 балл – толық жетілген және тұрақты жұмыс істейтін басқару жүйесін білдіреді.

Осыған сәйкес, 1–2 балл аралығы жобаларды басқару жүйесінің төмен деңгейін, 3 балл – орташа деңгейін, ал 4–5 балл – жоғары деңгейін сипаттайды.

Өлшеу шкаласының сенімділігін тексеру мақсатында Cronbach's Alpha коэффициенті есептелді, нәтижесінде $\alpha = 0,98$ мәні алынды, бұл қолданылған көрсеткіштердің жоғары ішкі келісімділігін көрсетеді және оларды әрі қарай эконометриялық талдауда пайдалануға мүмкіндік береді.

Жобаларды басқарудың пәндік топтары бойынша кемелдену деңгейін бағалау нәтижелері төменде келтірілген. Аталған бағалау жобаларды басқарудың негізгі функционалдық бағыттары бойынша басқару жүйесінің даму деңгейін анықтауға мүмкіндік береді. Жобаларды басқарудың пәндік топтары бойынша кемелдену деңгейінің нәтижелері 32-кестеде келтірілген.

Кесте 32 - Жобаларды басқарудың пәндік топтары бойынша жобаның кемелдену деңгейін бағалау

№	Пәндік топтар	Жобалар		
		Ж 1	Ж 2	Ж 3
1	Интеграция	1,6	1,2	2
2	Мүдделі тараптар	1,3	1,3	1,6
3	Мазмұны	1,71	1,42	2
4	Ресурстар	1,5	1,33	1,5
5	Мерзім	2,25	2	2,5
6	Құн	1,75	1,5	1,5
7	Тәуекелдер	0,75	0,75	0,75
8	Сапа	1	1	1,2
9	Сатып алу	1	1	1
10	Коммуникация	1,33	2	2
Барлығы		1,39	1,32	1,61
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған				

Кесте 32 нәтижелері көрсеткендей, зерттелген жобалардың барлығы жобаларды басқару кемелденуінің төмен деңгейінде орналасқан (1,32–1,61). Бұл көрсеткіштер жобаларды басқару процестерінің жүйелі түрде қалыптаспағанын және олардың көбіне бастапқы деңгейде жүзеге асырылатынын көрсетеді. Пәндік топтар бойынша талдау тәуекелдерді басқару (0,75), сапа (1–1,2) және сатып алу (1) бағыттарының ең әлсіз екенін көрсетті. Бұл жобаларды жүзеге асыру барысында белгісіздік деңгейінің жоғары екенін және басқару құралдарының жеткіліксіз қолданылатынын білдіреді.

Жобаларды басқарудың процестік топтары бойынша кемелдену деңгейін бағалау нәтижелері жобаларды жүзеге асырудың әр кезеңіндегі

басқару тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді. Жобаларды басқарудың процестік топтары бойынша нәтижелер 33-кестеде ұсынылған.

Кесте 33 - Жобаларды басқарудың процестер тобы бойынша жобаның кемелдену деңгейін бағалау

№	Процестер тобы	Жобалар		
		Ж 1	Ж 2	Ж 3
1	Жобаның инициациясы	1,7	1,67	2
2	Жоспарлау	2,13	1,81	2,25
3	Орындалу	1,1	1,1	1,2
4	Басқару	0,92	0,7	1
5	Жобаның аяқталуы	2	1	3
Барлығы		1,57	1,26	1,89
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған				

Кесте 33 нәтижелері көрсеткендей, жобаларды басқару процестері теңгерімсіз сипатқа ие. Жоспарлау кезеңінде көрсеткіштер салыстырмалы түрде жоғары (2,13–2,25) болғанымен, орындау (1,1) және бақылау (0,7–1) кезеңдері төмен деңгейде қалып отыр. Бұл жобаларды жүзеге асыру барысында жоспарланған шешімдердің толық іске асырылмайтынын және бақылау механизмдерінің жеткіліксіз екенін көрсетеді. Сонымен қатар, жобаларды аяқтау кезеңіндегі көрсеткіштердің айырмашылығы (1–3) жобалардың нәтижелілігі тұрақсыз екенін дәлелдейді.

Ары қарай, жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейін неғұрлым терең бағалау мақсатында сандық және сапалық бағалау нәтижелері салыстырылды (Кесте 34).

Кесте 34 - Жобаларды басқарудың кемелдену деңгейін сандық және сапалық бағалау нәтижелерін салыстыру

Жоба	ОПМЗ бойынша моделі сапалық талдау	Керцнер бойынша моделі сапалық талдау	Автормен құрастырылған модель бойынша сандық талдау
Ж1	1	1	1,39
Ж2	1	0	1,32
Ж3	1	2	1,61
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

Кесте 34 нәтижелері сандық бағалау нәтижелерін сапалық сипаттамалармен салыстыра отырып, жобаларды басқару жүйесінің нақты жағдайын кешенді түрде сипаттауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, сандық көрсеткіштердің төмен деңгейі сапалық талдау нәтижелерімен расталып, жобаларды басқару процестерінің жүйелілігінің жеткіліксіз екенін дәлелдейді.

Аталған нәтижелер негізінде нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмінде келесі жүйелі мәселелер анықталды:

Жобаларды басқару жүйесінің жеткілікті деңгейде қалыптаспауы. Кесте 32 нәтижелері бойынша барлық пәндік топтар бойынша көрсеткіштер 1–2 деңгей аралығында орналасқан (орташа мәндері 1,32–1,61). Бағалау шкаласына сәйкес, бұл жобаларды басқару жүйесінің төмен деңгейде екенін көрсетеді. Аталған нәтиже жобаларды басқару процестерінің жүйелі түрде енгізілмегенін және жобаларды басқару стандарттарының толық көлемде қолданылмайтынын дәлелдейді.

Тәуекелдерді басқару жүйесінің жеткіліксіз дамуы. Кесте 32 бойынша тәуекелдерді басқару көрсеткіші барлық жобаларда 0,75 мәніне тең, бұл ең төмен көрсеткіш болып табылады. Бұл тәуекелдерді анықтау, бағалау және басқару процестерінің іс жүзінде қалыптаспағанын және жобалардың жоғары белгісіздік жағдайында басқарылатынын көрсетеді.

Жобаларды басқару бағыттары бойынша даму деңгейінің біркелкі болмауы. Кесте 32 нәтижелері көрсеткендей, жобаларды басқарудың жекелеген бағыттары әртүрлі деңгейде дамыған. Мысалы, мерзімді басқару көрсеткіштері 2–2,5 аралығында болса, сапа (1–1,2), сатып алу (1) және коммуникация (1,3–2) көрсеткіштері төмен деңгейде қалып отыр. Бұл жобаларды басқару жүйесінің барлық бағыттары бойынша біркелкі жүйелі дамымағанын көрсетеді.

Жобаларды басқару кезеңдері бойынша орындалу деңгейінің төмендігі. Кесте 33 нәтижелері бойынша жоспарлау кезеңінде көрсеткіштер салыстырмалы түрде жоғары (2,13–2,25) болғанымен, орындау (1,1) және бақылау (0,7–1) кезеңдері төмен деңгейде қалып отыр. Бағалау шкаласына сәйкес, бұл жобаларды жүзеге асыру барысында жоспарланған шешімдердің толық орындалмайтынын және бақылау процестерінің жеткіліксіз екенін көрсетеді.

Жобаларды басқару стандарттарын қолдану деңгейінің төмендігі. Сауалнама нәтижелері көрсеткендей, респонденттердің барлығы жобаларды басқару барысында тек гранттық қаржыландыруға қатысты нормативтік рәсімдерді қолданатынын атап өтті. Халықаралық жобаларды басқару стандарттары (ISO 21500, PMBOK және т.б.) жүйелі түрде қолданылмайды. Бұл жобаларды басқару процестерінің әдіснамалық негізінің әлсіздігін көрсетеді.

Ақпарат алмасу және тәжірибе тарату деңгейінің төмендігі. Зерттеу барысында респонденттердің тәжірибе алмасуға қатысу деңгейінің төмендігі байқалды, бұл жобаларды басқару саласындағы білім мен тәжірибенің жүйелі түрде таралуын шектейді және басқару тәжірибесінің жинақталуын тежейді. Сонымен қатар, бұл фактор эмпирикалық зерттеулер жүргізуді де қиындатады.

Жобаларды басқару процестерінің цифрландыру деңгейінің төмендігі. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, жобаларды басқару процестерінің көпшілігі автоматтандырылмаған және қолмен жүзеге асырылады. Бұл мониторинг, бақылау және талдау тиімділігін төмендетеді, сондай-ақ жобалардың

нәтижелілігіне кері әсер етеді. Осылайша, нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмін талдау олардың тиімділігіне әсер ететін негізгі мәселелердің жүйелік сипатқа ие екенін көрсетті. Бұл мәселелер тек жекелеген жобалар деңгейінде ғана емес, бүкіл саланың институционалдық және ұйымдастырушылық құрылымымен байланысты.

Анықталған мәселелерді кешенді түрде шешу жобаларды басқару жүйесін жетілдіруді, стандарттауды, цифрландыруды және басқару мәдениетін арттыруды талап етеді, бұл келесі бөлімдерде ұсынылатын ғылыми негізделген шешімдердің қажеттілігін айқындайды. Жүргізілген талдау нәтижелері нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизміндегі негізгі мәселелердің ішкі басқару процестерімен байланысты екенін көрсетті. Алайда жобалардың нәтижелілігіне тек ішкі факторлар ғана емес, сонымен қатар сыртқы орта да елеулі әсер етеді.

Осыған байланысты, келесі бөлімде нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыруға әсер ететін сыртқы факторлар PESTLE-талдау әдісі негізінде қарастырылады.

2.3.2 Нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыруға әсер ететін сыртқы факторларды талдау (PESTLE)

Жоғарыда жүргізілген талдау нәтижелері нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмінде анықталған мәселелердің негізінен ішкі басқару процестерінің жеткіліксіз дамуымен байланысты екенін көрсетті. Дегенмен, жобалардың нәтижелілігі мен тұрақтылығы тек ішкі факторлармен шектелмейді және сыртқы макроорта жағдайларымен өзара байланыста қалыптасады. Осыған байланысты, нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыруға әсер ететін сыртқы факторларды кешенді бағалау мақсатында PESTLE-талдау жүргізілді, оның нәтижелері 35-кестеде ұсынылған.

Кесте 35 – Мемлекеттік қаржыландыру негізіндегі нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмдеріне әсер ететін сыртқы орта факторларының PESTLE-талдауы

Фактор	Нақты көрініс	Әсері	Ұсынылған шешім
Political	Нормативтік стандарттардың жеткіліксіздігі, сертификаттау рәсімдерінің ұзақтығы	Жоба нәтижелері жоспарының, коммерцияландыру мерзімінің ұзаруы, нормативтік кедергілер	Ұлттық стандарттар жүйесін кеңейту, лицензиялау процестерін оңтайландыру
Economic	Импортқа тәуелділік, валюталық ауытқулар, қаржыландырудың кезеңділігі	Бюджет тапшылығы, жобалардың үздіксіздігі бұзылады	Мемлекеттік-жеке серіктестік үлгілерін кеңейту, тұрақты қаржыландыру циклі
Social	Кадр тапшылығы, тілдік және пәнаралық	Жобалардың сапасы мен нарыққа	STEM-бағдарламаларын

	кедергілер, қоғам сенімінің төмендігі	бейімделуі төмендейді	күшейту, қоғаммен коммуникация стратегиясы
Technological	Зертханалық базаның ескіруі, трансфер мен патенттеу әлсіздігі	Нәтижелердің өнеркәсіпке енгізілуі баяулайды	Зертханаларды жаңғырту, ұлттық трансфер орталықтарын дамыту
Legal	Сертификаттау/лицензиялау рәсімдерінің ұзақтығы; нано-стандарттардың шектеулілігі; IP/TT шарттарының күрделілігі	Мерзімнің ұзаруы, коммерцияландырудың баяулауы, экспорт кедергілері	Regulatory-by-design, стандарт картасы (ISO/ASTM/OECD → ұлттық нормалар), FTO/патент күнтізбесі, compliance-координатор
Environmental	ҚОӘБ пен экотоксикология сынақтарының құны; «таза бөлме» және қалдық басқарудың қатаң талаптары	Бюджетке қысым, пилоттың деңгейден масштабтауға кешігу, репутациялық тәуекел	Green Lab протоколдары, ерте LCA/ҚОӘБ, қалдықтарды қайта өңдеу, ISO 14001/50001 элементтері
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

Саяси факторлар (Political). Нанотехнологиялық жобалар мемлекеттік ғылыми-технологиялық саясатқа тікелей тәуелді. Қазақстан Республикасының «Ғылым және технологиялар туралы» заңы (2024 ж.) және «Индустриялық-инновациялық даму тұжырымдамасы (2021–2025)» ғылыми жобаларды қаржыландырудың институционалдық негізін қалыптастырады. Алайда тәжірибеде гранттық рәсімдердің ұзақтығы (6–8 ай) жобаларды уақтылы бастауға кедергі келтіреді. Сонымен қатар, келісімшарттарды бекіту және сатып алу рәсімдерінің күрделілігі жобалардың орындалу қарқынын төмендетеді. Нанотехнологиялық өнімдерді сертификаттау жүйесінің жеткіліксіз дамуы маңызды шектеу болып табылады. Қазақстанда тиісті ұлттық стандарттар саны аз, бұл жобалардың коммерциялануы мен экспортқа шығуын тежейді.

Экономикалық факторлар (Economic). Экономикалық орта жобалардың ресурстық тұрақтылығына тікелей әсер етеді. Ғылыми жабдықтардың шамамен 80%-ының импортқа тәуелді болуы валюталық тәуекелдерді күшейтеді. 2022–2023 жылдары ұлттық валютаның әлсіреуі зертханалық шығындардың 12–15%-ға өсуіне алып келді, бұл жобалардың бюджеттік параметрлерінің бұзылуына себеп болды. Сонымен қатар, венчурлық қаржыландыру үлесінің төмендігі (шамамен 3%) жобалардың өнеркәсіптік кезеңге өтуін тежейді.

Әлеуметтік факторлар (Social). Кадрлық әлеуеттің жеткіліксіздігі жобаларды іске асыру сапасына әсер етеді. Нанотехнология саласындағы зерттеушілердің үлесі 2,8%-ды құрайды, бұл халықаралық деңгеймен салыстырғанда төмен. Пәнаралық өзара әрекеттестіктің әлсіздігі ғылыми нәтижелерді интеграциялауды қиындатады және жобалардың мерзімдік кешігуіне алып келеді. Сонымен қатар, ғылыми ағылшын тілін меңгеру деңгейінің жеткіліксіздігі халықаралық жобаларға қатысуды шектейді.

Технологиялық факторлар (Technological). Технологиялық инфрақұрылым жобалардың нәтижелілігін анықтайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Зертханалардың 40%-дан астамы жаңғыртуды қажет етеді, ал қолданылатын жабдықтардың басым бөлігі моральдық тұрғыдан ескірген. Бұл зерттеу нәтижелерінің дәлдігіне әсер етіп, жобалардың сапасын төмендетеді. Сонымен қатар, технология трансферінің әлсіздігі ғылыми нәтижелердің өндірісте қолданылуын шектейді.

Құқықтық факторлар (Legal). Нанотехнология саласына арналған арнайы нормативтік база толық қалыптаспаған. Қолданыстағы талаптар жалпы ғылыми және техникалық стандарттарға негізделген, бұл саланың ерекшеліктерін толық ескермейді. Сертификаттау және лицензиялау рәсімдерінің күрделілігі жобалардың коммерцияландыру кезеңін ұзартады. Мемлекеттік сатып алу рәсімдерінің көпсатылығы жобаларды іске асыру мерзімдеріне теріс әсер етеді.

Экологиялық факторлар (Environmental). Наноматериалдардың экологиялық қауіпсіздігін бағалау жүйесі жеткіліксіз дамыған. Өмірлік циклді бағалау (LCA) жобаларда міндетті талап ретінде қолданылмайды, ал қалдықтарды басқару жалпы химиялық регламенттермен шектеледі. Бұл жобалардың халықаралық стандарттарға сәйкестігін төмендетіп, олардың экспорттық мүмкіндіктерін шектейді.

Жалпы алғанда, PESTLE-талдау нәтижелері сыртқы орта факторларының нанотехнологиялық жобалардың жүзеге асырылуына жүйелі түрде әсер ететінін көрсетті. Бұл факторлар ішкі басқару мәселелерімен (2.3.1 бөлім) өзара байланыста қалыптасып, жобалардың мерзім және құн бойынша ауытқуларына алып келеді. Осыған байланысты, анықталған факторлардың жобалардың нәтижелеріне әсерін сандық тұрғыда бағалау үшін келесі бөлімде эконометриялық талдау жүргізіледі.

2.3.3 Нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру нәтижелерін эконометриялық талдау

Зерттеудің алдыңғы кезеңдерінде нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесінің ұйымдастырушылық, институционалдық және функционалдық ерекшеліктері талданып, ұйымдардың жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі авторлық модель негізінде бағаланды. Атап

айтқанда, 2.2 бөлімінде ұйымдардың жобалық басқару процестері, ресурстық әлеуеті, цифрландыру деңгейі, жобалық мәдениеті және басқару тәжірибесінің даму деңгейі кешенді түрде қарастырылды.

Алайда жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейін бағалау тек сипаттамалық немесе сапалық талдау шеңберінде шектелмеуі тиіс. Жобаларды басқару жүйесінің нақты тиімділігін анықтау үшін оның жобаларды жүзеге асыру нәтижелеріне ықпалын сандық тұрғыда бағалау қажет. Осыған байланысты аталған бөлімде эконометриялық модельдеу әдістері қолданылып, жобаларды басқару факторлары мен жобалардың нәтижелілік көрсеткіштері арасындағы статистикалық байланыс зерттелді.

Эконометриялық талдаудың негізгі мақсаты – нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі мен жобалардың табыстылығы арасындағы тәуелділікті анықтау және авторлық кемелдену моделінің практикалық қолданбалылығын эмпирикалық тұрғыда дәлелдеу болып табылады.

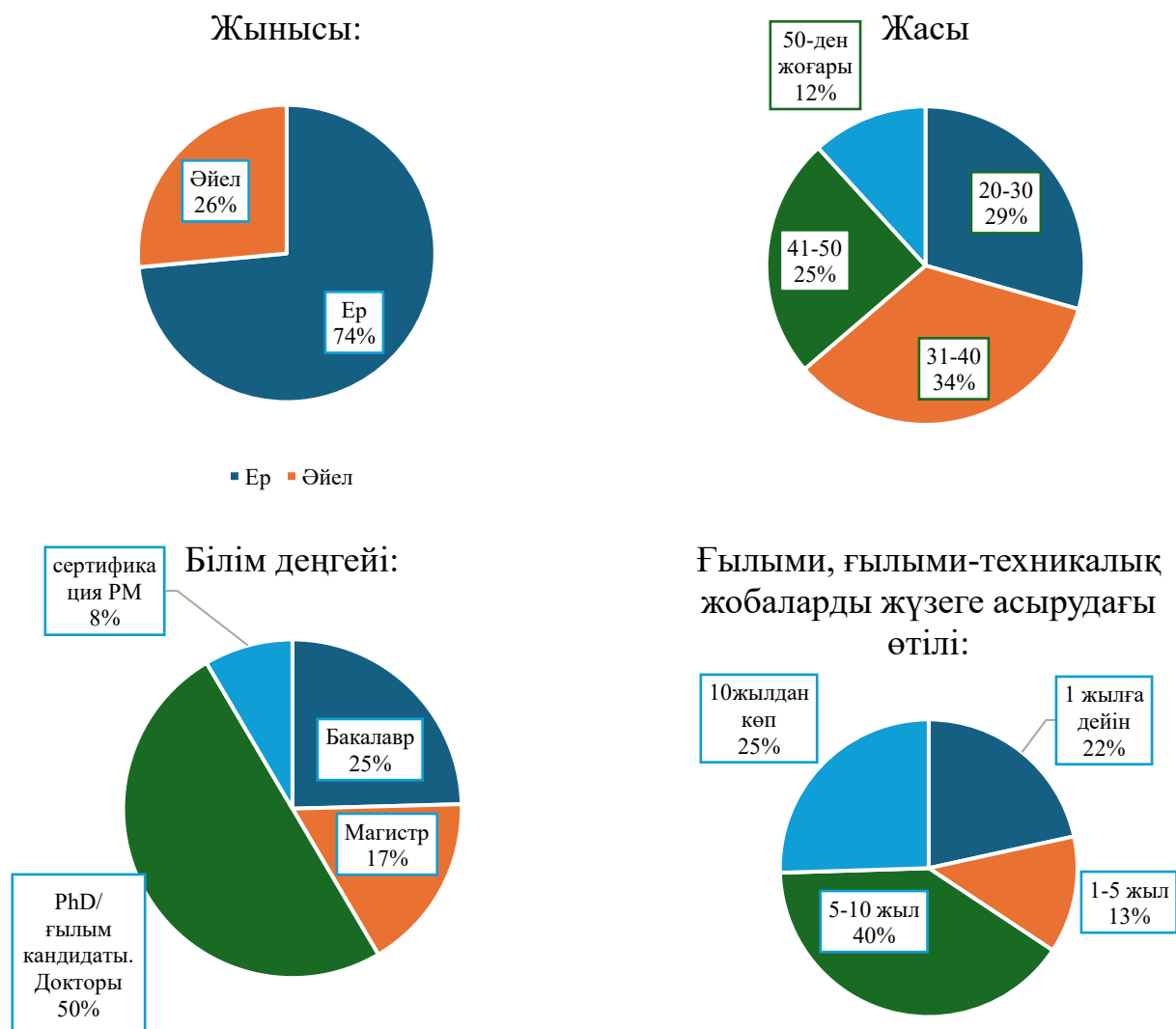
Зерттеу логикасы жобаларды басқару жүйесінің ішкі факторлары жобаның нәтижесіне тікелей әсер етеді деген ғылыми болжамға негізделеді. Осыған сәйкес зерттеуде тәуелсіз айнымалылар (X) ретінде жобаларды басқарудың негізгі факторлары мен ұйымның кемелдену көрсеткіштері қарастырылды. Оларға интеграцияны басқару, мерзімдерді басқару, тәуекелдерді басқару, сапаны басқару, коммуникациялар, ресурстарды басқару, цифрландыру деңгейі, жобалық мәдениет және ұйымның жобалық кемелдену деңгейі енгізілді.

Ал тәуелді айнымалылар (Y) ретінде жобалардың нәтижелілік көрсеткіштері қолданылды. Олар жобаларды басқаруда кеңінен қолданылатын «үштік шектеу» (Triple Constraint) тұжырымдамасына сәйкес уақыт (Time) және құн (Cost) көрсеткіштері арқылы бағаланды.

Зерттеудің ақпараттық базасы және сипаттамалық статистика. Эконометриялық талдау жүргізу үшін ақпараттық база ретінде нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыруға тікелей қатысатын 102 респонденттен алынған сауалнама нәтижелері пайдаланылды. Сауалнамаға ғылыми ұйымдардың, зертханалардың және ғылыми-техникалық жобаларды жүзеге асыратын ұйымдардың жоба жетекшілері, ғылыми қызметкерлері және жоба командасының мүшелері қатысты.

Сауалнама 2019 жылдың қыркүйек айы мен 2025 жылдың наурыз айы аралығында жүргізілді. Іріктеу мақсатты (эксперттік) сипатқа ие болды, себебі зерттеуге нанотехнология саласында тәжірибесі бар және жобаларды басқару процестеріне тікелей қатысатын мамандар тартылды. Бұл алынған мәліметтердің сенімділігі мен зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығын қамтамасыз етеді.

Зерттеудің бірінші кезеңінде респонденттердің әлеуметтік-демографиялық және кәсіби сипаттамалары бойынша сипаттамалық статистикалық талдау жүргізілді (сурет 18).



Сурет 18 – Сипаттамалық талдау нәтижелері
Ескерту – сауалнама нәтижелері негізінде автормен құрастырылған

Сауалнама нәтижелері бойынша респонденттердің басым бөлігін ер адамдар құрады (74%), ал әйелдердің үлесі 26%-ды көрсетті. Бұл нанотехнология саласының техникалық және инженерлік бағыттармен тығыз байланысты болуына сәйкес келеді.

Жас құрылымы бойынша респонденттердің негізгі бөлігі 31–40 жас аралығында (34%) және 20–30 жас аралығында (29%) болды. Сонымен қатар 41–50 жас аралығындағы мамандардың үлесі 25%-ды, ал 50 жастан жоғары респонденттердің үлесі 12%-ды құрады. Бұл зерттеуге тәжірибелі әрі белсенді ғылыми-зерттеу қызметімен айналысатын мамандардың тартылғанын көрсетеді.

Білім деңгейі бойынша респонденттердің жартысы PhD, ғылым кандидаты немесе ғылым докторы ғылыми дәрежесіне ие болды (50%). Сонымен қатар бакалавр дәрежесі бар респонденттер – 25%, магистр дәрежесі

барлар – 17%, ал жобаларды басқару бойынша халықаралық сертификаттарға ие мамандардың үлесі 8%-ды құрады. Бұл зерттеуге жоғары білікті ғылыми және басқарушылық кадрлардың қатысқанын дәлелдейді.

Ғылыми және ғылыми-техникалық жобаларды жүзеге асыру тәжірибесі бойынша респонденттердің 65%-дан астамының 5 жылдан жоғары тәжірибесі бар екендігі анықталды. Атап айтқанда, 5–10 жыл тәжірибесі бар мамандар – 40%, 10 жылдан жоғары тәжірибесі барлар – 25% болды. Бұл зерттеу нәтижелерінің сараптамалық деңгейін және алынған деректердің объективтілігін күшейтеді.

Бұл көрсеткіштер жүргізілген сипаттамалық статистикалық талдау зерттеу іріктемесінің нанотехнологиялық жобаларды басқару саласындағы тәжірибелі және кәсіби мамандардан құралғанын көрсетті. Бұл өз кезегінде кейінгі корреляциялық және регрессиялық талдау нәтижелерінің ғылыми сенімділігін қамтамасыз етеді.

Айнымалылар жүйесін қалыптастыру. Эконометриялық талдау жүргізу үшін зерттеуде тәуелсіз және тәуелді айнымалылар жүйесі қалыптастырылды.

Тәуелсіз айнымалылар (X) ретінде жобаларды басқарудың PMBOK стандартына негізделген 10 негізгі білім саласы және ұйымдық кемелдену көрсеткіші қолданылды. Атап айтқанда, интеграцияны басқару, жоба мазмұнын басқару, мерзімдерді басқару, құнды басқару, сапаны басқару, ресурстарды басқару, коммуникацияларды басқару, тәуекелдерді басқару, сатып алуларды басқару және мүдделі тараптарды басқару факторлары қарастырылды.

Әрбір білім саласы 3 индикаторлық сұрақ арқылы бағаланды. Эконометриялық талдау барысында бастапқы көрсеткіштер агрегатталып, әрбір фактор бойынша орташа интегралды мән есептелді. Сонымен қатар ұйымдық кемелдену көрсеткіші жобалық мәдениет, қызметкерлерді оқыту, цифрлық құралдарды қолдану, тәжірибені тарату және процестерді жетілдіру индикаторлары негізінде қалыптастырылды. Осылайша, зерттеуде 35 бастапқы индикатор негізінде 11 тәуелсіз айнымалы қалыптастырылды.

Тәуелді айнымалылар (Y) ретінде жобалардың нәтижелілік көрсеткіштері алынды. Зерттеуде жобалардың нәтижелілігін бағалау үшін жобаларды басқарудың классикалық «үштік шектеу» (Triple Constraint) тұжырымдамасы негізге алынды. Аталған тұжырымдамаға сәйкес жобаның табыстылығы уақыт (Time), құн (Cost) және сапа (Quality) көрсеткіштері арқылы бағаланады.

Алайда нанотехнологиялық жобалардың ерекшеліктеріне байланысты зерттеуде сапа көрсеткіші (Quality / Project Success) тәуелді айнымалы ретінде қолданылған жоқ. Бұл нанотехнологиялық жобалардың нәтижелері көбінесе ұзақ мерзімді ғылыми және технологиялық әсермен сипатталатынымен түсіндіріледі. Атап айтқанда, мұндай жобалардың сапалық нәтижелері коммерцияландыру деңгейі, технологиялық апробация және инновациялық әсер арқылы бірнеше жылдан кейін ғана толық бағалануы мүмкін.

Сонымен қатар сапалық нәтижелердің көпшілігі тікелей сандық өлшеуге келмейді және субъективті бағалауға тәуелді болып табылады. Осыған байланысты зерттеуде эконометриялық модельдеу үшін нақты сандық өлшеуге болатын және жобалардың орындалу тиімділігін объективті сипаттайтын көрсеткіштер ретінде жобаның мерзімдік тиімділігі (Time) мен бюджет бойынша тиімділігі (Cost) пайдаланылды.

Осылайша, зерттеуде тәуелді айнымалылар ретінде:

Y1 – жобаның уақытында аяқталуы (Time);

Y2 – жобаның жоспарланған бюджет шегінде орындалуы (Cost) көрсеткіштері қолданылды. Зерттеуде қолданылған айнымалылар жүйесі 36-кестеде көрсетілген.

Кесте 36 – Эконометриялық модельде қолданылған айнымалылар жүйесі

Айнымалы түрі	Белгіленуі	Айнымалы атауы	Индикатор саны
Тәуелсіз айнымалы	X1	Интеграцияны басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X2	Жоба мазмұнын басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X3	Мерзімдерді басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X4	Құнды басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X5	Сапаны басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X6	Ресурстарды басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X7	Коммуникацияларды басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X8	Тәуекелдерді басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X9	Сатып алуларды басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X10	Мүдделі тараптарды басқару	3
Тәуелсіз айнымалы	X11	Ұйымдық кемелдену деңгейі	5
Тәуелді айнымалы	Y1	Time – жобаның уақытында аяқталуы	–
Тәуелді айнымалы	Y2	Cost – жобаның жоспарланған бюджет шегінде орындалуы	–
Ескерту – сауалнама нәтижелері негізінде автормен құрастырылған			

Зерттеу гипотезаларын қалыптастыру. Зерттеу аясында жобаларды басқару факторлары мен нанотехнологиялық жобалардың нәтижелілігі арасындағы байланысты тексеру үшін келесі гипотезалар қалыптастырылды:

H1 - жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі жобалардың мерзімдік нәтижелілігіне әсер етеді;

H2 - жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі жобалардың бюджеттік нәтижелілігіне әсер етеді.

H3 - Жобаларды басқару факторлары мен ұйымның кемелдену деңгейі жобалардың нәтижелілік көрсеткіштерімен статистикалық тұрғыда өзара байланысты.

Қалыптастырылған гипотезаларды тексеру үшін корреляциялық және регрессиялық талдау әдістері қолданылды.

Эконометриялық модельді құру әдістемесі. Зерттеуде нанотехнологиялық жобаларды басқару факторлары мен жобалардың

нәтижелілік көрсеткіштері арасындағы байланысты анықтау үшін корреляциялық және регрессиялық талдау әдістері қолданылды.

Сауалнама нәтижелері Likert шкаласы бойынша бағаланды, мұнда респонденттердің жауаптары 1-ден 5-ке дейінгі аралықта өлшенді. Айнымалылардың ішкі үйлесімділігін және сенімділігін бағалау үшін Cronbach's Alpha коэффициенті есептелді. Зерттеу нәтижесі бойынша көрсеткіштердің сенімділік деңгейі жоғары екендігі анықталды (Cronbach's Alpha > 0,9).

Зерттеудің бастапқы кезеңінде айнымалылар арасындағы өзара байланысты анықтау мақсатында жұптық корреляциялық талдау жүргізілді. Корреляциялық талдау нәтижелері жобаларды басқару факторлары мен жобалардың нәтижелілік көрсеткіштері арасындағы байланыстың бағыты мен күшін бағалауға мүмкіндік берді.

Келесі кезеңде тәуелсіз айнымалылардың жобалардың нәтижелілік көрсеткіштеріне ықпалын анықтау үшін көпфакторлы регрессиялық модель құрылды. Жалпы модель келесі түрде ұсынылды:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (1)$$

мұндағы:

- Y – жобаның нәтижелілік көрсеткіші;
- $X_1, X_2, \dots, X_n$ – тәуелсіз айнымалылар;
- β_0 – тұрақты коэффициент;
- $\beta_1 \dots \beta_n$ – регрессия коэффициенттері;
- ε – кездейсоқ қателік.

Модельдің сапасын бағалау үшін детерминация коэффициенті (R^2), Фишер критерийі (F-statistic) және айнымалылардың статистикалық маңыздылық деңгейлері (p-value) талданды.

Зерттеудің келесі кезеңінде жобаларды басқару факторлары мен жобалардың нәтижелілік көрсеткіштері арасындағы өзара байланысты анықтау мақсатында Pearson әдісі бойынша **жұптық корреляциялық талдау** жүргізілді.

Талдау барысында тәуелсіз айнымалылар ретінде жобаларды басқару факторлары мен ұйымның жобалық кемелдену көрсеткіштері, ал тәуелді айнымалылар ретінде жобаның уақыт бойынша тиімділігі (Time) және бюджет бойынша тиімділігі (Cost) қарастырылды. Жұптық корреляциялық талдау нәтижелері 37-кестеде көрсетілген.

Кесте 37 – Жобаларды басқару факторлары мен жоба нәтижелілігі арасындағы жұптық корреляция коэффициенттері

Айнымалылар	Y1 – Time	Y2 – Cost
X1 – Интеграцияны басқару	-0,294	0,281
X2 – Жоба мазмұнын басқару	-0,0393	0,182

X3 – Мерзімдерді басқару	0,050	0,254
X4 – Құнды басқару	0,105	0,200
X5 – Сапаны басқару	-0,127	0,157
X6 – Ресурстарды басқару	0,069	0,281
X7 – Коммуникацияларды басқару	-0,157	0,246
X8 – Тәуекелдерді басқару	-0,239	0,237
X9 – Сатып алуларды басқару	0,075	0,284
X10 – Мүдделі тараптарды басқару	-0,136	0,245
X11 – Ұйымдық кемелдену деңгейі	-0,170	0,248
Ескерту – Pearson корреляция коэффициенттері MS Excel бағдарламасындағы CORREL функциясы арқылы автормен есептелді		

Кесте 37 нәтижелері жобаларды басқару факторлары мен жобалардың нәтижелілік көрсеткіштері арасында белгілі бір деңгейде статистикалық байланыс бар екенін көрсетті.

Y1 – Time көрсеткіші бойынша корреляция коэффициенттері негізінен әлсіз деңгейде анықталды. Бұл нанотехнологиялық жобалардың жоғары ғылыми белгісіздікпен, ұзақ зерттеу циклдерімен және нәтижелердің болжамдылығының төмендігімен сипатталуымен түсіндіріледі. Осыған байланысты жобалардың уақытында аяқталуы тек басқару факторларына ғана емес, ғылыми-зерттеу жұмыстарының ерекшеліктеріне де тәуелді болады.

Time көрсеткіші бойынша ең жоғары теріс байланыс интеграцияны басқару ($r = -0.294$) және тәуекелдерді басқару ($r = -0.239$) факторлары арасында байқалды. Бұл аталған басқару процестерінің күшеюі жобалардың мерзімдік ауытқуларын төмендетуге ықпал ететінін көрсетеді. Сонымен қатар мерзімдерді басқару ($r = 0.05$) және ресурстарды басқару ($r = 0.069$) факторлары Time көрсеткішімен әлсіз оң байланыс көрсетті.

Y2 – Cost көрсеткіші бойынша барлық факторлар оң корреляциялық байланыс көрсетті. Ең жоғары байланыс сатып алуларды басқару ($r = 0.284$), интеграцияны басқару ($r = -0.281$) және ресурстарды басқару ($r = 0.281$) факторлары бойынша анықталды. Бұл жобаларды басқару процестерінің тиімді ұйымдастырылуы жобалардың бюджет шегінде орындалуына ықпал ететінін көрсетеді.

Сонымен қатар ұйымдық кемелдену деңгейі мен Cost көрсеткіші арасында да оң байланыс анықталды ($r = 0.248$). Бұл ұйымдағы жобалық мәдениеттің, цифрлық құралдарды қолданудың және басқару процестерін жетілдірудің жобалардың қаржылық тиімділігіне әсер ететінін дәлелдейді.

Ары қарай, регрессиялық модель құру алдында тәуелсіз айнымалылар арасындағы өзара байланыс деңгейін бағалау мақсатында корреляциялық матрица құрылды. Корреляциялық матрица X айнымалылары арасындағы жұптық Pearson корреляция коэффициенттерін көрсетуге және мультиколлинеарлық деңгейін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері бойынша құрылған жұптық корреляция матрицасы 38-кестеде көрсетілген.

Кесте 38 – Жұптық корреляция матрицасы

Айнымалылар	Интеграцияны басқару	Жоба мазмұнын басқару	Мерзімдерді басқару	Құнды басқару	Сапаны басқару	Ресурстарды басқару	Коммуникацияларды басқару	Тәуекелдерді басқару	Сатып алуларды басқару	Мүдделі тараптарды басқару	Ұйымдық кемелдену	Time	Cost
Интеграцияны басқару	1,000	0,416	0,252	0,355	0,534	0,336	0,642	0,629	0,321	0,680	0,702	- 0,294	0,281
Жоба мазмұнын басқару	0,416	1,000	0,567	0,663	0,524	0,505	0,492	0,431	0,415	0,452	0,510	- 0,039	0,182
Мерзімдерді басқару	0,252	0,567	1,000	0,515	0,327	0,581	0,387	0,294	0,512	0,394	0,337	0,051	0,255
Құнды басқару	0,355	0,663	0,515	1,000	0,632	0,598	0,656	0,513	0,509	0,581	0,516	0,106	0,201
Сапаны басқару	0,534	0,524	0,327	0,632	1,000	0,562	0,842	0,814	0,586	0,764	0,771	- 0,127	0,158
Ресурстарды басқару	0,336	0,505	0,581	0,598	0,562	1,000	0,606	0,507	0,827	0,483	0,490	0,069	0,282
Коммуникацияларды басқару	0,642	0,492	0,387	0,656	0,842	0,606	1,000	0,833	0,573	0,814	0,748	- 0,157	0,247
Тәуекелдерді басқару	0,629	0,431	0,294	0,513	0,814	0,507	0,833	1,000	0,475	0,737	0,785	- 0,239	0,238
Сатып алуларды басқару	0,321	0,415	0,512	0,509	0,586	0,827	0,573	0,475	1,000	0,488	0,497	0,076	0,284
Мүдделі тараптарды басқару	0,680	0,452	0,394	0,581	0,764	0,483	0,814	0,737	0,488	1,000	0,853	- 0,137	0,245
Ұйымдық кемелдену	0,702	0,510	0,337	0,516	0,771	0,490	0,748	0,785	0,497	0,853	1,000	- 0,170	0,249
Time	-0,294	-0,039	0,051	0,106	- 0,127	0,069	- 0,157	- 0,239	0,076	- 0,137	- 0,170	1,000	- 0,015
Cost	0,281	0,182	0,255	0,201	0,158	0,282	0,247	0,238	0,284	0,245	0,249	- 0,015	1,000

Ескерту – Pearson корреляция коэффициенттері MS Excel бағдарламасының CORREL функциясы арқылы есептелді

Жұптық корреляциялық матрицасы нәтижелері тәуелсіз айнымалылар арасында орташа және жоғары деңгейдегі өзара байланыстар бар екенін көрсетті. Бұл жобаларды басқару процестерінің өзара интеграцияланған жүйе ретінде әрекет ететінін білдіреді. Әсіресе, коммуникацияларды басқару, тәуекелдерді басқару, мүдделі тараптарды басқару және ұйымдық кемелдену көрсеткіштері арасында салыстырмалы түрде жоғары корреляциялық байланыстар байқалды. Мысалы, коммуникацияларды басқару мен тәуекелдерді басқару арасындағы корреляция коэффициенті $r = 0,833$, ал мүдделі тараптарды басқару мен ұйымдық кемелдену арасындағы байланыс $r = 0,853$ мәнін көрсетті.

Анықталған жоғары корреляциялық байланыстар тәуелсіз айнымалылар арасында мультиколлинеарлықтың белгілі бір деңгейде бар екенін көрсетті. Осыған байланысты келесі кезеңде регрессиялық модельдің тұрақтылығын қамтамасыз ету мақсатында айнымалыларға іріктеу жүргізілді.

Регрессиялық модельдің тұрақтылығын арттыру және мультиколлинеарлық әсерін төмендету мақсатында өзара жоғары байланысты айнымалыларға іріктеу жүргізілді. Айнымалыларды таңдау барысында олардың теориялық маңыздылығы, жобаларды басқару жүйесіндегі рөлі және зерттеудің авторлық тұжырымдамасындағы орны ескерілді.

Нәтижесінде регрессиялық модельге келесі айнымалылар енгізілді:

- интеграцияны басқару;

- жоба мазмұнын басқару;
- мерзімдерді басқару;
- құнды басқару;
- сапаны басқару;
- ресурстарды басқару;
- тәуекелдерді басқару;
- ұйымдық кемелдену деңгейі.

Ал коммуникацияларды басқару, сатып алуларды басқару және мүдделі тараптарды басқару айнымалылары жоғары мультиколлинеарлыққа байланысты модельден алынып тасталды.

Регрессиялық модельдің мақсаты – бірнеше тәуелсіз айнымалылардың жобалардың нәтижелілік көрсеткіштеріне әсерін сандық түрде бағалау болып табылады. Регрессиялық талдау Ordinary Least Squares (OLS) әдісі негізінде жүргізілді. Тәуелді айнымалылар ретінде:

Кесте 39 –Эконометрикалық модельдеу нәтижелері

№	Модель	R ²	Adjusted (R ²)	F	Prob(F)	Маңызы
1	Time model =4.438–0.234X1 –0.120X2 –0.002X3 +0.245X4 –0.025X5 +0.118X6 –0.235X8 +0.099X11	0.19	0.121	2.731	0.009	статистикалық маңызды
2	Cost model =1.142+0.234X1 –0.082X2 +0.189X3 +0.059X4 –0.228X5 +0.192X6 +0.144X8 +0.087X11	0.148	0.075	2.021	0.052	шектеі маңызды
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырған						

Кесте 6 нәтижелері жобаларды басқару факторлары мен жобалардың нәтижелілігі арасында статистикалық байланыс бар екенін көрсетті. Регрессиялық модельдер екі тәуелді айнымалы бойынша құрылды: Y1_Time model - жобаның уақытында аяқталуы және Y2_Cost model - жобаның бюджет шегінде орындалуы.

Бірінші модель бойынша Y1_Time model көрсеткішіне әсер ететін факторлар бағаланды. Модельдің детерминация коэффициенті $R^2 = 0,19$ болды. Бұл жобалардың мерзімдік нәтижелілігінің 19%-ы таңдалған басқару факторлары арқылы түсіндірілетінін көрсетеді. Қалған 81%

нанотехнологиялық жобаларға тән сыртқы және ғылыми-техникалық факторлармен, атап айтқанда зерттеу нәтижелерінің белгісіздігімен, зертханалық жабдықтарға тәуелділікпен, қаржыландыру мерзімдерімен және эксперименттік циклдердің ұзақтығымен түсіндірілуі мүмкін. F-статистика 2,731-ге тең, ал $p = 0,009$ болды. Бұл модельдің 5% маңыздылық деңгейінде статистикалық тұрғыдан маңызды екенін көрсетеді. Демек, жобаларды басқару факторларының жиынтығы жобалардың уақытында орындалуымен байланысты және модельді ғылыми интерпретациялау үшін қолдануға болады.

Y1_Time model моделінде интеграцияны басқару коэффициенті теріс мәнге ие болды (-0,234). Бұл интеграциялық басқару деңгейінің артуы мерзімдік ауытқуларды төмендетумен байланысты екенін көрсетеді. Тәуекелдерді басқару коэффициенті де теріс мән көрсетті (-0,235), бұл тәуекелдерді алдын ала анықтау және басқару жобаның уақыт бойынша тұрақтылығын арттыруға ықпал ететінін білдіреді. Құнды басқару коэффициенті оң мәнге ие (0,245), бұл бюджеттік жоспарлау мен бақылаудың мерзімдік көрсеткіштермен де байланысты екенін көрсетеді. Ресурстарды басқару (0,118) және ұйымдық кемелдену (0,099) оң әсер көрсетті, яғни ресурстарды тиімді бөлу және ұйымдық процестердің жетілуі жобаның мерзімдік орындалуын жақсартуға ықпал етеді.

Екінші модель Y2_Cost model-дің $R^2 = 0.148$ болуы жобалардың бюджеттік нәтижелілігінің 14,8%-ы жобаларды басқару факторларымен түсіндірілетінін көрсетеді. Бұл көрсеткіш төмен болғанымен, нанотехнологиялық жобаларда бюджет нәтижесіне сыртқы факторлардың, жабдық құнының, импорттық компоненттердің, зертханалық шығындардың және қаржыландыру тәртібінің әсері жоғары екенін ескерсек, мұндай нәтиже қисынды болып табылады. F-статистика 2,021 болды, ал $p = 0,052$ -ге тең. Бұл модельдің 5% деңгейінде толық статистикалық маңызды емес, бірақ 10% деңгейінде шекті маңызды екенін көрсетеді. Демек, Cost көрсеткіші бойынша байланыс бар, бірақ ол Time моделіне қарағанда әлсіздеу.

Y2_Cost model моделінде интеграцияны басқару коэффициенті оң мәнге ие болды (0,234). Бұл жобаларды басқарудың бірыңғай жүйесінің болуы бюджеттік тәртіпті жақсартумен байланысты екенін көрсетеді. Мерзімдерді басқару (0,189), ресурстарды басқару (0,192), тәуекелдерді басқару (0,144) және ұйымдық кемелдену (0,087) оң әсер көрсетті. Бұл факторлар бюджет шегінде орындауға ықпал ететін негізгі басқарушылық элементтер ретінде қарастырылады. Ал сапаны басқару коэффициентінің теріс мәні (-0,228) сапа талаптарын күшейту қосымша шығындарды қажет етуі мүмкін екенін көрсетеді. Бұл нанотехнологиялық жобалар үшін қалыпты жағдай, себебі сапаны тексеру, валидация, сынақ және зертханалық бақылау қосымша қаржылық ресурстарды талап етеді.

Алынған регрессиялық модельдердің тәжірибелік қолданылуын бағалау мақсатында есептік және нақты нәтижелерді салыстыру жүргізілді (кесте 40).

Салыстыру сауалнамаға қатысқан ұйымдардың типтері бойынша жүзеге асырылды. Бұл тәсіл модельдің әртүрлі ұйымдастырушылық орта жағдайларында қолданылу мүмкіндігін бағалауға мүмкіндік береді.

Кесте 40 – Ұйым типтері бойынша есептік және нақты нәтижелерді салыстыру

Ұйым типі	Time есептік мәні	Time нақты мәні	Cost есептік мәні	Cost нақты мәні
Университет	14.2%	15%	36.8%	35%
Ғылыми-зерттеу институты	22.4%	20%	41.5%	40%
Ғылыми-зерттеу зертханасы	18.7%	20%	38.2%	40%
Инновациялық орталық	11.9%	10%	33.7%	35%
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырған				

Кесте 40 нәтижелері есептік және нақты көрсеткіштер арасындағы айырмашылықтардың айтарлықтай жоғары емес екенін көрсетті. Бұл құрылған регрессиялық модельдердің жобалардың мерзімдік және бюджеттік нәтижелілігін жалпы тенденция деңгейінде сипаттай алатынын дәлелдейді. Сонымен қатар ұйым типтері арасындағы айырмашылықтар нанотехнологиялық жобалардың нәтижелілігіне ұйымның инфрақұрылымы, ғылыми әлеуеті және басқару процестерінің жетілу деңгейі әсер ететінін көрсетті.

Осыған байланысты келесі кезеңде зерттеу гипотезаларын тексеру жүргізілді.

Зерттеуде келесі гипотезалар ұсынылған:

H1 - жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі жобалардың мерзімдік нәтижелілігіне әсер етеді;

H2 - жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі жобалардың бюджеттік нәтижелілігіне әсер етеді.

H3 - Жобаларды басқару факторлары мен ұйымның кемелдену деңгейі жобалардың нәтижелілік көрсеткіштерімен статистикалық тұрғыда өзара байланысты.

Y1_Time model моделі бойынша $p = 0,009 < 0,05$ болғандықтан, H1 гипотезасы расталды. Бұл жобаларды басқару факторларының жобалардың уақытында орындалуына статистикалық тұрғыдан әсер ететінін көрсетті.

Y2_Cost model моделі бойынша $p = 0.052$ мәні анықталды. Бұл нәтиже 10% деңгейінде шекті статистикалық маңыздылықты көрсетті. Осыған байланысты H2 гипотезасы ішінара расталды деп қорытынды жасауға болады.

Жүргізілген корреляциялық және регрессиялық талдау нәтижелері жобаларды басқару факторлары мен ұйымдық кемелдену деңгейі жобалардың нәтижелілік көрсеткіштерімен статистикалық байланысқа ие екенін көрсетті.

Алынған нәтижелер НЗ гипотезасын растады және жобаларды басқару кемелденуі мен жобалардың нәтижелілігі арасында статистикалық өзара байланыс бар екенін дәлелдеді.

Эконометриялық талдау нәтижелері ішкі басқару факторлары мен сыртқы орта факторларының жобалардың нәтижелілігіне бірлескен әсерін сандық тұрғыда көрсетті.

Зерттеу нәтижелері жобаларды басқару жүйесін жетілдірудің нақты бағыттарын анықтауға мүмкіндік берді. Негізгі бағыттар ретінде тәуекелдерді басқару, сапаны бақылау, ресурстарды жоспарлау және коммуникацияларды жетілдіру айқындалды. Практикалық тұрғыдан алынған нәтижелер ғылыми-инновациялық жобаларды басқару жүйесін жетілдіруде, мемлекеттік бағдарламалар шеңберінде жобаларды бағалау мен мониторинг жүргізуде және жобалық тәуекелдерді төмендетуде қолданылуы мүмкін.

2.3 бөлімде жүргізілген талдау нәтижелері нанотехнологиялық жобалардың тиімділігі ішкі басқару сапасы мен сыртқы факторлардың өзара әсеріне тәуелді екенін көрсетті. Ішкі талдау жобаларды басқару жүйесінің жеткілікті деңгейде дамымағанын және процестердің жүйелі ұйымдастырылмағанын анықтады. Сонымен қатар, пәндік бағыттар бойынша теңгерімсіздік бар екені байқалды, бұл жобаларды жоспарлау, орындау және бақылау кезеңдерінің үйлесімділігін төмендетеді.

Сыртқы факторларды талдау институционалдық, экономикалық және технологиялық шектеулердің жобалардың жүзеге асырылуына елеулі әсер ететінін көрсетті. Бұл факторлар басқару жүйесінің әлсіз тұстарын күшейтіп, нәтижелілікке кері әсер етеді.

Эконометриялық модельдеу нәтижелері аталған факторлардың жобалардың мерзімі мен құны бойынша ауытқуларына тікелей ықпал ететінін растады. Осы негізде жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі жобалардың нәтижелілігін анықтайтын негізгі фактор ретінде айқындалды.

2.1–2.3 бөлімдер бойынша жүргізілген кешенді талдау нәтижелері Қазақстандағы нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесінің тиімділігі жеткіліксіз екенін көрсетті. Атап айтқанда, 2.1 бөлімде саланың дамуында оң динамика байқалғанымен, бұл өзгерістер жобаларды басқару тиімділігінің артуына толық әсер етпейтіні анықталды. Ғылыми нәтижелердің коммерциялану деңгейі төмен, өндірістік енгізу үлесі шектеулі және қаржыландыру құрылымы жеткіліксіз әртараптандырылған. 2.2 бөлімде ұйымдардың басым бөлігі жобаларды басқарудың төмен кемелдену деңгейінде екені анықталды: 62% – бастапқы деңгейде, 28% – екінші деңгейде және тек 10% – үшінші деңгейде. Жоғары деңгейлер тіркелмеген. Сонымен қатар, процестердің цифрландырылу деңгейі төмен және жобалар негізінен мемлекеттік қаржыландыруға тәуелді.

Үш деңгейдегі талдау нәтижелерін біріктіру жобаларды басқару жүйесінде бірқатар жүйелік мәселелердің бар екенін көрсетті. Олардың қатарына басқару процестерінің жүйеленбеуі, цифрландыру деңгейінің

төмендігі, кадрлық әлеуеттің жеткіліксіздігі және ғылым мен өндіріс арасындағы байланыстың әлсіздігі жатады.

Жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейінің төмен болуы жобалардың мерзімдік және қаржылық тұрақсыздығына алып келетіні анықталды. Осылайша, екінші тарау нәтижелері нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесін кешенді түрде жетілдіру қажеттілігін статистикалық және эконометриялық деректер негізінде дәлелдейді. Анықталған заңдылықтар келесі тарауда ұсынылатын ғылыми-әдістемелік тәсілдерді әзірлеуге негіз болады.

3 ҚР НАНОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ДАМУДЫ ЖЕТІЛДІРУДІҢ АЛГОРИТМІ ЖӘНЕ ОНЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУДЫҢ ТЕТІКТЕРІ

3.1 Қазақстанның нанотехнология саласын дамытудың институционалдық және ұйымдастырушылық тетіктері

Бұған дейін жүргізілген талдау нәтижелері көрсеткендей, Қазақстандағы нанотехнологиялар саласының қазіргі жағдайы институционалдық қолдаудың бытыраңқылығымен, ғылым мен өндірістің жеткіліксіз интеграциясымен, сондай-ақ жоғары технологиялық жобаларды басқару жүйесі дамуы деңгейінің төмендігімен сипатталады. Бұл жағдай саланы жүйелі дамытуға бағытталған ұйымдастырушылық тетіктерді қайта қарау қажеттігін айқындайды. Сондықтан, еліміздегі инновациялық жобаларды жүзеге асырушы ұйымдар мен институттарды инновациялық қызметке ынталандыру үшін экономикалық дамыған елдердегі оң нәтижелер көрсеткен тәжірибелерді қолдануға ұмтылғаны дұрыс. Экономикалық теорияда бұл үрдіс «институттар трансплантациясы» деп аталады [94].

Қазақстанның нанотехнологиялар саласының инфрақұрылымын дамыту жөніндегі басым стратегиялық шараларды іске асыру шеңберінде мыналар ұсынылады:

Біріншіден, Қазақстанда нанотехнологиялық бастамаларды іске асыруды үйлестіретін орталықтандырылған құрылым жоқ. Мәселен, АҚШ-тың National Nanotechnology Initiative (NNI) үлгісінен айырмашылығы, Қазақстанда бұл функциялар әртүрлі мемлекеттік органдар мен ұйымдар арасында бөлінген, ал бұл өз кезегінде, жобаларды жүзеге асыру барысындағы міндеттердің қайталануына және ресурстарды тиімсіз бөлуге әкеледі. Қазақстан жағдайына бейімделген, бірақ NNI-ге ұқсас, нанотехнологияларды дамыту жөніндегі мамандандырылған агенттік құру институционалдық тұрақтылықты және стратегиялық көзқарасты қамтамасыз ете алады. Мұндай агенттік «Самұрық-Қазына» қоры секілді квазимемлекеттік ұйым форматында, салалық университеттер мен ғылыми-зерттеу институттары қатысатын ғылыми-эксперттік кеңеспен жұмыс істей алады.

Екіншіден, нанотехнологиялар саласын дамытуды тежеп отырған ең өзекті мәселелердің бірі – осы бағытты реттейтін арнайы ұлттық стратегия мен заңнамалық базаның болмауы. Қазіргі таңда Қазақстанда нанотехнологиялар саласы бойынша ғылыми зерттеулерді, өнеркәсіптік енгізуді және технологиялар трансферін нақты реттейтін құқықтық актілер жоқ. Бұл институционалдық бытыраңқылыққа әкеліп саланың үйлесімді дамуын тежеп отыр. Ал дамыған мемлекеттер бұл бағытта әлдеқашан мақсатты бағдарламаларды іске асыруда. Мысалы, АҚШ-та 2000 жылы қаұрылған National Nanotechnology Initiative (NNI) нақты нормативтік архитектураға сүйену арқасында 20-дан астам ұйымды біріктіріп отыр [60]. Осы

үйлесімділіктің арқасында, 2023 жылы федералдық ұйымдардың нанотехнологияларға жұмсаған шығындары \$1,99 млрд құрап, жалпы инвестициялар көлемі \$40,7 млрд-қа жетті, бұл өз кезегінде тұрақты ұйымаралық үйлестіру мен ұзақмерзімді жоспарлауды қамтамасыз етті.

Қазақстанда ғылыми зерттеулерді, инновациялық қызметті, цифрлы экономиканы дамытуды қолдау үшін бірқатар стратегиялық құжаттар қабылданған. Олардың қатарында Қазақстан Республикасының индустриялық-инновациялық дамуының 2020–2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы [113], «2023–2029 жылдарға арналған цифрлық трансформация, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар және киберқауіпсіздік тұжырымдамасы» [114] бар. Бұл құжаттар технологиялар трансфертін, ғылыми инфрақұрылымды жаңғыртуды, халықаралық ынтымақтастықты кеңейтуді және жоғары технологиялық секторларда, соның ішінде нанотехнологияда, кадр даярлауды көздейді [115, 116].

Айтылған мәселені тиімді шешу үшін, нанотехнологиялардың пәнаралық сипатын ескере отырып, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі, Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі және Өнеркәсіп және құрылыс министрлігі бірлесе отырып қызмет атқаруы тиіс. Зерттеу жұмысы барысында алған нәтижелерге сай 2025–2030 жылдары Қазақстанда нанотехнологияларды дамыту моделін енгізу кезеңдерін ұсынылды (кесте 41).

Кесте 41 - Қазақстанда нанотехнологиялар саласын дамыту моделін енгізу кезеңдері (2026–2030 жылдар)

Жылдар	Кезеңдер	Негізгі міндеттер
2026-2027 жж.	I кезең – Институционалдық, инфрақұрылымдық және цифрлық негізді қалыптастыру	• Нанотехнологиялар мен жасанды интеллект интеграциясын үйлестіретін <i>Ұлттық Нанотехнология және ЖИ кеңесін</i> құру; • Жаңа <i>ЖИ және цифрлық даму министрлігімен</i> бірлесіп бірыңғай ғылыми-технологиялық деректер платформасын іске қосу; • ҒЗТКЖ орталықтары мен сынақ зертханаларының цифрлық трансформациясын бастау; • Нанотехнология және ЖИ бойынша білім беру бағдарламаларын жаңарту.
2028-2029 жж.	II кезең – Қаржылық және халықаралық интеграция (жасанды интеллект құралдарын пайдалану арқылы)	• Нанотехнологиялық инновациялар мен ЖИ-жобаларды қолдауға арналған <i>Nano-AI Fund</i> құру; • Венчурлық және жеке инвестицияларды тарту арқылы жобаларды коммерцияландыру; • ЖИ негізіндегі жобалық басқару мен тәуекел модельдерін енгізу;

		• Халықаралық серіктестік (OECD, ЕО, Корея, Сингапур) аясында бірлескен зертханалар ашу.
2030 ж.	III кезең – Стратегиялық талдау, нәтижелерді бағалау	• Жетістіктер мен тиімділік көрсеткіштерін (KPI, AI-metrics) бағалау; • Ірі жобалардың әлеуметтік-экономикалық әсерін ЖИ-талдау құралдары арқылы өлшеу; • Нанотехнология және ЖИ салаларына арналған ұзақмерзімді стратегияны жаңарту.
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

41-кестеде ұсынылған Қазақстандағы нанотехнологияларды дамыту моделін енгізу кезеңдері 2026–2030 жылдар аралығында саланы институционализациялау мен нығайтуға бағытталған кешенді және кезеңдік тәсілді көрсетеді. Бірінші кезеңде институционалдық, инфрақұрылымдық, цифрлық және ЖИ бағытталған негіз қалыптастыру көзделеді. Бұл кезеңде Ұлттық Нанотехнология және ЖИ кеңесін құру, бірыңғай ғылыми деректер платформасын іске қосу және кадрлық әлеуетті нығайту жоспарланған. Мұндай қадамдар кейінгі технологиялық өзгерістер мен инновациялық серпілістер үшін берік іргетас қалайды [117]. Екінші кезеңде жеке капиталды тарту, венчурлік қаржыландыруды дамыту және халықаралық әріптестікті ЖИ технологиялары арқылы кеңейту көзделеді. Бұл бағыт әлемдік тәжірибедегі жоғары технологиялық салаларды дамытудың негізгі үрдістеріне сай келеді және қазақстандық наножобалардың жаһандық ғылыми-технологиялық жүйемен интеграциялануына мүмкіндік береді. Неліктен Nano-AI Fund нанотехнологиялар үшін маңызды? Ең алдымен, жасанды интеллект нанотехнологиялардың дамуын жылдамдататын негізгі құралға айналып отыр. Қазіргі әлемде наноматериалдарды жобалау мен зерттеу саласында ЖИ қолдану зерттеу циклының уақытын 40–60 %-ға дейін қысқартады. Мысалы, жаңа наноқаптамалар мен биоматериалдарды іздеу кезінде ЖИ деректер базасынан автоматты модельдер шығарып, тәжірибелік сынақтардың санын азайтады. Сондықтан нанотехнология жобаларына ЖИ енгізу – бұл жай қосымша емес, ғылыми тиімділіктің өзегі.

Президент Қ-Ж.К. Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауында: «Жасанды интеллект экономиканың барлық секторының өнімділігін арттырудың және жаңа нарықтар қалыптастырудың құралына айналуы тиіс» екендігін атап өтті [118]. Демек, ЖИ – жалпы құрал болса да, оны нақты салаларға (мысалы, нанотехнология, биоинженерия, энергетика) бағыттау қажет.

Nano-AI Fund осы мақсатта - ЖИ-ні нақты технологиялық сектордың (нано) ішінде жүйелі енгізуге арналған секторлық қор болады. Мұндай модель халықаралық тәжірибеде бар және тиімділігін дәлелдеген: АҚШ-тағы AI

Materials Discovery Fund (DARPA, 2022) - наноматериалдар мен ЖИ-ні біріктіретін мақсатты қор; Еуропадағы AI4Nano Initiative (Horizon Europe) - дәл осы бағытта зерттеу мен коммерцияландыру жобаларын қаржыландырады. Осылайша, Қазақстан үшін Nano-AI Fund құру - әлемдік үрдіске үйлеседі және ұлттық ғылыми экожүйенің халықаралық бәсекеге қабілеттілігін арттырады.

Сонымен қатар, автор жасанды интеллекттің басқа салалармен байланысын жоққа шығармайды, бірақ нанотехнология саласында мультипликативтік әсері жоғары екенін ескертеді. ЖИ наноматериалдарды медицина, энергетика және ауыл шаруашылығына бейімдеуді жеделдетеді, наножеткізушілер мен сенсорлық жүйелердің ЖИ алгоритмдері смарт-қала және экологиялық мониторинг жобаларында қолданылады [119]. Демек, Nano-AI Fund тек тар секторлық емес, транс-салалық катализатор рөлін атқара алады.

Соңғы кезеңде ішкі және сыртқы ғылыми-технологиялық ортаның динамикасын ескере отырып, қол жеткізілген нәтижелерге стратегиялық баға беру және саясатты ЖИ негізіндегі талдау нәтижелері бойынша түзету жүзеге асырылады. Мұндай дәйекті және цифрлық негізделген тәсіл ұлттық нанотехнология саласын дамытудың болжамдылығы мен тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді [120].

Екіншіден, анықталған мәселені – ғылыми әзірлемелердің коммерциялық өнімдерге әлсіз трансформациясын – шешу үшін Қазақстан жағдайына бейімделген халықаралық тәжірибе негізінде технологиялар трансфері инфрақұрылымын дамыту және нығайту шаралары ұсынылады.

Қазіргі уақытта елдегі ғылыми зерттеулердің көпшілігі зертханалық деңгейде тоқтап қалып, тәжірибелік-өнеркәсіптік өндіріске және нарықтық енгізу кезеңіне жете алмайды. Негізгі себептердің қатарында ғылым мен бизнестің жеткіліксіз ықпалдасуы, қолданыстағы технопарктер мен инкубаторлардың қамту ауқымының шектеулілігі, сондай-ақ ғылыми идеядан бастап коммерциялық өнімге дейінгі бүкіл технология трансфері циклін сүйемелдей алатын кешенді платформалардың тапшылығы бар.

Айта кету керек, Қазақстанда ғылыми-инновациялық инфрақұрылымның жекелеген элементтері басымырақ жұмыс істейді, олар: Nazarbayev University, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Satbayev University және басқа да жоғары оқу орындарындағы технопарктер мен инкубаторлар, сондай-ақ Astana Hub пен Alatau IT City аясындағы қолдау құрылымдары. Алайда олардың әлеуетін әрі қарай күшейту, пәнаралық өзара іс-қимылды кеңейту және қолданбалы нәтижеге бағыттау әлі де болса әлсіз.

Халықаралық тәжірибе ғылыми орталықтардың бизнес-инфрақұрылыммен интеграциялануының тиімділігін дәлелдейді. Мысал ретінде Еуропадағы ең ірі қолданбалы зерттеу институттары желісі – Fraunhofer Gesellschaft (Германия) қызметін келтіруге болады. 2023 жылы оның жылдық бюджеті 3,6 млрд еуродан асты, оның 85%-дан астамы

индустриялық серіктестермен келісімшарттар мен жобалардан түскен кірістерді құрады [121]. Fraunhofer қаржылық моделі $\frac{1}{3}$ базалық мемлекеттік қаржыландыруды, $\frac{1}{3}$ өнеркәсіптік келісімшарттарды және $\frac{1}{3}$ мемлекеттік жобаларға қатысуды көздейді, бұл жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етіп, әзірлемелердің нақты секторға трансферін ынталандырады.

Ұқсас тәсіл Оңтүстік Кореяда (KIST), Израильде (Technion, Yozma Group) және Финляндияда (VTT) да табысты жүзеге асырылған, мұнда университеттік зерттеулер, мемлекеттік қолдау және венчурлік капиталдың үйлесімі жедел коммерцияландыруға және жоғары технологиялық өнім үлесінің өсуіне ықпал етеді.

Қазақстан үшін қолданыстағы технопарктерді дамыту және ауқымын кеңейту, сондай-ақ қолданбалы әзірлемелер мен технологиялар трансферіне басымдық беретін мамандандырылған пәнаралық нанотехнопарктерді құру өзекті болып табылады. Оларды орналастырудың ең тиімді орындары ретінде Алматы мен Астана қалаларын атауға болады, себебі:

1) бұл қалаларда елдің жетекші ғылыми және білім беру мекемелері шоғырланған, олардың қатарына Nazarbayev University, Satbayev University, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «National Laboratory Astana» және басқа да ұйымдар жатады;

2) мұнда дамыған инновациялық инфрақұрылым бар: Astana Hub, Alatau IT City, университеттер жанындағы бизнес-инкубаторлар;

3) Алматы мен Астана – инвестициялар, білікті кадрлар және халықаралық ғылыми-технологиялық серіктестіктер ағынының негізгі орталықтары;

4) қалалық логистика мен әкімшілік ресурстар жаңа жобаларды интеграциялауды және шетелдік компаниялардың қатысуын жеңілдетеді.

Мұндай нанотехнопарктер зертханаларға қолжетімділікті, жеңілдетілген жалдау шарттарын, салықтық ынталандыруларды, патенттеуге қолдау көрсетуді, пилоттық өндіріс пен лицензиялауды сүйемелдеуді, сондай-ақ халықаралық нарыққа шығуды ұйымдастыруды қоса алғанда, қызметтердің толық спектрін ұсынуы тиіс. Технологиялар трансферін ынталандыру үшін шетелдік патенттерді бейімдеуге және қолданбалы сынақтар өткізуге арналған гранттық бағдарламаларды енгізу қажет.

Технологиялар трансфері инфрақұрылымын кешенді дамыту ғылыми әзірлемелердің коммерциялануын арттырып, идеядан нарықтық өнімге дейінгі жолды қысқартады және қазақстандық ғылымның жаһандық қосылған құн тізбектеріне интеграциялануын күшейтеді.

Нанотехнология саласындағы кадр тапшылығын – саланың дамуына кедергі келтіретін тағы бір шектеуші фактор. Модернизацияның үшінші негізгі бағыты – адами капиталды дамыту, 2-тарауда көрсетілгендей, Қазақстанда ғылыми кадрлар мен инновациялық экономиканың сұранысы арасында айтарлықтай теңгерімсіздік байқалады. Қазақстан Республикасы Ұлттық статистика бюросының (2023) деректеріне сәйкес, нанотехнология

саласындағы мамандардың үлесі ғылыми қызметкерлердің жалпы санының 0,05%-ынан аспайды. 2024 жылғы жағдай бойынша, нанотехнологиялар саласында біліктілікке ие мамандардың саны әлі де тым шектеулі. Республикада бейінді кафедралар мен магистратура және PhD бағдарламалары жеткіліксіз, бұл ғылыми мектептердің қалыптасу әлеуетін айтарлықтай төмендетеді.

Кадрлық тапшылықты жою үшін Назарбаев Университеті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті және Satbayev University базасында индустриялық зертханаларда міндетті тағылымдаманы қамтитын дуальды білім беру жүйесін енгізу қажет. Мысалы, «Болашақ» бағдарламасы немесе Erasmus+ аясында «наноинженерия» мен «наноэкономика» бағыттарында қос диплом мен академиялық ұтқырлықты қолдау мүмкіндігі бар. Мұндай тәсіл Оңтүстік Кореяда сәтті іске асырылған, онда нанотехнологиялар бойынша білім беру бағдарламалары Білім министрлігі тарапынан үйлестіріліп, ұлттық технологиялық басымдықтар қатарына енгізілген [122].

НаноTech цифрлық экожүйесінің жоқтығын жоюға арналған ұсыныстар. Қазақстандағы наноиндустрияны дамытудың маңызды шектеулерінің бірі – жобалар, қатысушылар, зертханалық инфрақұрылым, коммерцияландыру әлеуеті және инвестициялық мүмкіндіктер жөніндегі негізгі ақпаратты біріктіретін бірыңғай цифрлық платформаның болмауы [123]. Бұл мәселе ғылыми кеңістіктің бытыраңқылығымен одан әрі күрделене түседі, соның салдарынан зерттеулердің қайталануы, технологиялар трансферінің тиімділігінің төмендеуі және ғылым, бизнес пен мемлекет арасындағы өзара әрекеттестіктің қиындауы орын алады.

Бүгінде Қазақстанда Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптама орталығының (ҰМҒТСО) порталы жұмыс істейді, ол гранттық қаржыландыру жобаларын тіркеуді және мониторингтеуді, сондай-ақ аяқталған зерттеулерді коммерцияландыруға өтінім беру мен есептілікті жинауды қамтамасыз етеді. Алайда бұл ресурстар негізінен ғылыми жобаларды әкімшілік есепке алуға бағытталған және саланың барлық қажеттіліктерін толық қамтымайды. Олардың ішінде жеке сектордың қатысуы, зертханалық базаны іздеу, әзірлемелер мен венчурлік мүмкіндіктер туралы ақпаратқа қол жеткізу сынды бағыттар шектелген.

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, цифрлық экожүйелер ғылыми-технологиялық прогресті жеделдетудің маңызды элементі болып табылады. Мысалы, еуропалық CORDIS платформасы жобалар мен қатысушылар жөніндегі орталықтандырылған деректер базасы әріптестерді іздеуді жеңілдететінін, процестердің ашықтығын арттыратынын және ғылыми топтардың халықаралық ынтымақтастыққа белсенді қатысуына ықпал ететінін дәлелдеді [124]. Ұқсас қорытындылар АҚШ-тың National Nanotechnology Initiative бастамасының есептерінде де келтірілген.

Ғылыми кеңістіктің бытыраңқылығын жою және саланың негізгі қатысушылары арасындағы өзара әрекеттестікті тиімді ету үшін Қазақстанға

шетелдік табысты платформаларға ұқсас кешенді цифрлық экожүйе қажет. Мұндай экожүйе ғылыми, білім беру, индустриялық және инвестициялық құрылымдарды біріктіретін құралға айналып, технологиялар трансфері мен әзірлемелерді коммерцияландыру үдерістерін жеделдетеді.

Осыған байланысты Қазақстан үшін мынадай шара ұсынылады:

1-кезең. ҰМFTCO-ның қолданыстағы инфрақұрылымына интеграцияланған Ұлттық NanoTech цифрлық платформасын құру.

Жаңа платформа қолданыстағы мемлекеттік ресурстардың кеңейтілген нұсқасы ретінде қызмет етіп, тек гранттық қаржыландырудағы жобалар туралы ғана емес, жеке сектордың бастамалары, зертханалар, инновациялық өнім каталогтары және индустрия сұраныстары жөніндегі деректерді де біріктіруі тиіс. ЕО (CORDIS) және АҚШ (nanoHUB.org) тәжірибесі толыққанды цифрлық экожүйелер ғылыми әзірлемелердің трансферін және олардың нарыққа шығуын жеделдететінін көрсетеді.

2-кезең. Индустриялық серіктестер мен инвесторларға арналған модульдерді әзірлеу.

Платформада қорғалған бөлім қарастырылуы тиіс, оған мыналар кіреді: қолжетімді патенттер мен технологиялар банкі; ғылыми топтар мен зертханалардың байланыс деректері; коммерцияландыруға дайын стартаптар мен аяқталған жобалардың каталогы. Әлемдік тәжірибе мұндай цифрлық экожүйелердің құрылымдық элементтері ғылыми әзірлемелердің инвестициялық тартымдылығын едәуір арттыратынын және технологиялар трансферін жеделдететінін көрсетеді.

Innovate UK Knowledge Transfer Network [125] деректеріне сәйкес, патенттер базасына, стартаптарға және ғылыми ұжымдарға қол жеткізуді қамтамасыз ететін қорғалған бөлімдердің болуы мынадай нәтижелерге жеткізді [126]:

- 3 жыл ішінде ҒЗТКЖ мен инновацияларға жеке инвестициялар көлемін 25%-ға арттыру;

- шағын және орта кәсіпорындарды қоса алғанда, ғылым мен бизнес арасындағы табысты коллаборациялар санын көбейту;

- ғылыми әріптестерді іздеу және таңдау, сондай-ақ әзірлемелерді коммерцияландыру процесін жеделдету.

Сонымен қатар, мұндай модель Еуропалық инновациялық кеңестің EIS Marketplace платформасында да табысты жұмыс істейді [127]. Онда технологиялар мен стартаптардың қорғалған каталогтары әлеуетті инвесторларға қолжетімді, бұл қаржыландыру тартуға және жобалардың халықаралық нарыққа шығуына ықпал етеді.

3-кезең. Халықаралық интеграция үшін үйлесімділікті және ашық API қолжетімділігін қамтамасыз ету.

Қазақстанның ұлттық NanoTech цифрлық платформасы бастапқы кезеңнен-ақ халықаралық үйлесімділік стандарттарын және ашық API (Application Programming Interfaces) қолдауын ескере отырып жобалануы тиіс.

Бұл оны жетекші шетелдік ғылыми-технологиялық экожүйелермен (CORDIS, NNI, Horizon Europe) интеграциялауға мүмкіндік береді. Мұндай қадам қазақстандық ұйымдардың халықаралық жобаларға қатысуын жеңілдетеді, деректер алмасу үдерісін жеделдетеді, технологиялар трансферін тездетеді және отандық ғылымның бәсекеге қабілеттілігін арттырады.

Халықаралық платформалардың нақты нәтижелері олардың ұлттық және өңірлік ғылыми-технологиялық жүйелерді дамытудағы жоғары тиімділігін дәлелдейді:

1) Еуропалық CORDIS платформасы деректерді цифрлық интеграциялаудан кейінгі алғашқы 5 жылда ЕО шеңберлік бағдарламалары (FP7, Horizon 2020) аясындағы халықаралық ғылыми консорциумдар санын 30%-ға арттырды. Еуропалық комиссияның (2023) деректеріне сәйкес, CORDIS және Horizon Europe платформалары ҒЗТКЖ-ға тартылған жеке қаржыландыру үлесін 25%-ға өсіріп, жобалар мен олардың нәтижелері туралы деректердің ашықтығын арттырды [124, 128, 129].

2) Оңтүстік Кореяда ұлттық нанотехнология реестрлері мен KIST цифрлық экожүйесі 7 жыл ішінде ғылыми әзірлемелердің коммерциялануын 35%-ға арттырып, өнеркәсіппен трансферлік келісімдер санын екі есе көбейтті [122].

3) Қытайдың Nano Database CN платформасы 5 жылда жарияланымдық белсенділікті 40%-ға арттырып, наоиндустрияға қосымша мемлекеттік және жеке инвестициялар тартты [130].

4) Израильдің Technion университеті және Yeda агенттігі цифрлық технологиялар трансфері платформасын енгізу арқылы 3 жыл ішінде патенттер мен лицензиялық келісімдер санын 28%-ға көбейтіп, ғылыми стартаптарға шетелдік инвесторларды тартты [131].

5) Сингапурдағы A*STAR Nano жүйесі 5 жыл ішінде жоғары технологиялық өнім экспортын 20%-ға арттырып, ғылыми ұйымдардың халықаралық жарияланымдық белсенділігін күшейтті [132].

Алайда халықаралық тәжірибе бірқатар қауіп-қатерлерді де айқындады:

– Платформалардың бизнестің нақты қажеттіліктерімен төмен деңгейде интеграциялануы және индустриялық серіктестердің ынталандыруының әлсіздігі;

– Жүйелі мониторинг болмаған жағдайда деректердің өзектілігі мен толықтығын сақтаудағы қиындықтар;

– Қорғау стандарттары жеткіліксіз болған жағдайда киберқауіптер мен құпия ақпараттың таралу ықтималдығы.

NanoTech цифрлық платформасын енгізумен байланысты анықталған тәуекелдерді, атап айтқанда құпия ақпараттың таралу қаупін, халықаралық жүйелермен интеграциялаудағы қиындықтарды және жеке сектордың жеткіліксіз қатысу ықтималдығын ескере отырып, Қазақстан үшін аталған тәуекелдерді барынша азайтуға және платформаның тиімді жұмысын

арттыруға бағытталған кешенді кезең-кезеңімен іске асыру тәсілін қолдану орынды.

Ең алдымен, платформаны елдің жетекші ғылыми-технологиялық орталықтарының базасында, соның ішінде Astana Hub, «Алатау» АКПИТ және Nazarbayev University алаңдарында қатысушылардың шектеулі санымен пилоттық жоба форматында енгізу көзделуі тиіс. Пилоттық тестілеу жүйенің негізгі функцияларын – жобалар тізілімін, инфрақұрылым базасын және инвесторларға арналған қорғалған модульді – сынақтан өткізуді қамтуы керек.

Мұндай тәсіл халықаралық тәжірибеге сәйкес келеді. Мысалы, Еуропалық одақ жаңартылған Horizon Europe порталын іске қосқанда осы әдісті қолданып, 18 ай ішінде техникалық және ұйымдастырушылық кемшіліктерді жаппай енгізуге дейін жойған [124].

Екінші кезеңде платформаны сәтті енгізудің негізгі факторы – индустриялық сектор өкілдері мен венчурлік инвесторларды белсенді тарту болып табылады. Израиль және Израиль технологиялық институты Technion тәжірибесі көрсеткендей, цифрлық жүйелерді жобалау және тестілеу кезеңінде бизнестің ерте қатысуы ғылыми әзірлемелердің коммерциялық әлеуетінің артуына және платформаға деген сенімнің нығаюына ықпал етеді [118]. Қазақстанда осындай нәтижеге қол жеткізу үшін кәсіпорындарға арналған консультациялар тетіктерін, пилоттық қолжетімділікті және индустрияға арналған ынталандыру жүйелерін ұйымдастыру қажет. Бұған стартаптар деректер базасы мен патенттер туралы ақпаратқа кеңейтілген қолжетімділікті қамтамасыз ету де кіреді.

Ұсынылып отырған тәсілдің үшінші құрамдас бөлігі – платформаның ақпараттық қауіпсіздік стандарттарын халықаралық талаптарға, соның ішінде ISO/IEC 27001 стандартына сәйкес әзірлеу және енгізу. Ақпаратқа қолжетімділікті көпдеңгейлі шектеу жүйесін енгізу, сондай-ақ жүйені жаппай іске қоспас бұрын киберқауіпсіздік бойынша міндетті тәуелсіз аудит жүргізу сезімтал деректердің таралу қаупін және ғылыми әрі іскерлік қауымдастық тарапынан сенімнің жоғалуын барынша азайтуға мүмкіндік береді. АҚШ-тың Ұлттық нанотехнологиялық бастамасының тәжірибесі көрсеткендей, ақпаратты қорғау стандарттарын сақтамау цифрлық экожүйелердің тиімділігінің төмендеуіне және қатысушылар тарапынан оларды пайдалану ауқымының шектелуіне әкеледі [133].

Жоғарыда аталған NanoTech Қазақстан платформасын халықаралық тәжірибені ескере отырып, жеке секторды белсенді тарту және киберқауіпсіздік стандарттарын сақтау арқылы кезең-кезеңімен кешенді енгізу оның тиімділігін арттырып, тәуекелдерді барынша азайтуға және отандық ғылыми-технологиялық саланың жаһандық инновациялық үдерістерге орнықты интеграциясын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

4-кезең. Платформаны Astana Hub немесе «Алатау» АКПИТ базасында пилоттық енгізу.

Ең оңтайлы шешім – Astana Hub немесе «Алатау» АКПИТ технопарктері базасында, негізгі университеттер мен ғылыми ұйымдардың қатысуымен, кейіннен ел бойынша ауқымын кеңейту арқылы пилоттық жобаны іске қосу. Мұндай пилоттық енгізу бастапқы шығындарды азайтуға, жүйенің функционалын сынақтан өткізуге және пайдаланушылардың нақты сұраныстарын ескеруге мүмкіндік береді, бұл ғылыми цифрлық платформаларды құру жөніндегі Еуропалық инновациялық кеңестің ұсынымдарына сәйкес келеді [127].

Цифрлық NanoTech платформасын әзірлеудің соңғы кезеңінде ең тиімді шешім – Astana Hub немесе «Алатау» АКПИТ сияқты Қазақстанның жетекші ұлттық ғылыми-технологиялық парктері базасында пилоттық жобаны іске асыру. Пилоттық жоба елдің негізгі университеттері мен ғылыми-зерттеу ұйымдарымен тығыз ынтымақтастықта жүзеге асырылуы тиіс. Бұл енгізу жүйенің жұмыс қабілеттілігін, соның ішінде жобалар тізіліміне арналған модульді, инфрақұрылым базасын, инвесторларға арналған қорғалған модульді, мониторинг және деректер алмасу жүйесін бақыланатын жағдайда сынақтан өткізуге мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл Еуропалық инновациялық кеңестің тәжірибесіне толық сәйкес келеді, онда ғылыми-технологиялық цифрлық экожүйелерді енгізу кезінде пилоттық фазалар стандартты тәжірибе болып табылады [127].

Пилоттық енгізудің тиімділігі халықаралық тәжірибемен дәлелденген. Мысалы, Еуропалық одақта Horizon Europe платформасы мен CORDIS цифрлық кеңістігін іске қосу кезінде пилоттық кезең алғашқы 18 ай ішінде жүйелік қателер санын 70%-ға қысқартып, пайдаланушылардың платформада жұмыс істеуге бейімделуін жеделдетті [124].

NanoTech Қазақстан цифрлық платформасының пилоттық жобасын енгізудің болжамды тиімділігі:

1) Бастапқы шығындарды азайту – шектеулі функционалды тестілеу есебінен тікелей толық көлемде іске қосудан шамамен 30%-ға төмен. Еуропалық комиссияның есебінде көрсетілгендей, CORDIS және Horizon Europe платформаларын пилоттық енгізу маңызды қателерді түзетуге байланысты қосымша шығындарды болдырмауға және цифрлық инфрақұрылымды дамытуға бастапқы шығындарды 28–35%-ға қысқартуға мүмкіндік берген [124, 128].

2) Платформаның толық функционалдылыққа шығу уақытын қысқарту – жүйені пайдалануға енгізу мерзімін болжамды түрде 6–9 айға жеделдету. Еуропалық инновациялық кеңестің деректеріне сәйкес, пилоттық форматта сыналған платформа функционалдылықтың және пайдаланушылар белсенділігінің нысаналы көрсеткіштеріне пилотсыз жобаларға қарағанда 6–9 ай бұрын қол жеткізеді [134].

3) Жобалар, қатысушылар және инфрақұрылым туралы ақпараттың дәлдігі мен өзектілігін арттыру – деректердің нақтылығының кем дегенде 25%-ға өсуі күтіледі. Оңтүстік Корея тәжірибесі көрсеткендей, ұлттық

нанотехнология реестрлері платформаларын кезең-кезеңімен енгізу тестілеу кезеңінде анықталған кемшіліктерді жедел жоюдың арқасында деректердің сапасын 22–28%-ға арттырған [123].

4) Ғылыми және индустриялық серіктестердің қатысу деңгейін арттыру – пилот аяқталғаннан кейін платформаның белсенді пайдаланушылары санының 40%-ға өсуі күтіледі. Израильде Yeda Group платформасын пилоттық тестілеумен енгізу белсенді пайдаланушылар мен серіктес ұйымдар санын 38–42%-ға арттырды, бұл жүйенің индустрияның нақты сұраныстарына бейімделуімен байланысты [135].

5) Техникалық ақаулар мен киберқауіптер тәуекелдерін төмендету – архитектура мен қауіпсіздік протоколдарын кезең-кезеңімен тестілеу есебінен. АҚШ тәжірибесі көрсеткендей, қауіпсіздік протоколдарын кезеңдік енгізу және тестілеу деректердің таралуы мен маңызды ақаулардың пайда болу ықтималдығын 50–70%-ға төмендетеді, бұл платформаны пилоттық іске қосудың тиімділігін дәлелдейді [133].

Барлық келтірілген көрсеткіштер Еуропалық Одақтың, Оңтүстік Кореяның, Израильдің және АҚШ-тың ресми есептеріне негізделген, бұл NanoTech Қазақстан платформасының пилоттық енгізу тиімділігі болжамының негізді екенін және халықаралық тәжірибелерге толық сәйкес келетінін көрсетеді. Осылайша, платформаны пилоттық енгізу және оны бүкіл ел бойынша ауқымдандыру – тәуекелдерді азайтуға, соңғы өнім сапасын арттыруға және NanoTech Қазақстан цифрлық экожүйесінің орнықты дамуын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін экономикалық әрі ұйымдастырушылық тұрғыдан негізделген шешім.

Қазақстандағы нанотехнологияларды дамытудағы институционалдық құрылымның бытыраңқылығы және әлсіз үйлестіру мәселесін шешуге арналған ұсыныстар.

Сондай-ақ мемлекеттік құрылымдар, ғылыми-зерттеу институттары (ҒЗИ) және индустрия арасындағы институционалдық үйлестірудің әлсіздігі байқалады. Көп жағдайда нанотехнологияларды дамытудағы басымдықтар бойынша шешім қабылдайтын бірыңғай орталық жоқ. Нанотехнология саласына арналған үйлестіруші орталықтың болмауы саланың бытыраңқы дамуына, функциялардың қайталануына және ортақ көзқарастың болмауына әкеледі.

Институционалдық ортаның фрагментарлығы, бірыңғай стратегиялық жоспарлау орталығы мен мемлекеттік органдар, ғылыми ұйымдар және индустриялық құрылымдар арасындағы үйлестірудің болмауы Қазақстанда нанотехнологияларды дамыту үшін жүйелік шектеу болып табылады. Бұл мәселе ғылыми-технологиялық секторлары қалыптасу кезеңіндегі көптеген елдерге тән, мұнда нанотехнологияларды қоса алғанда, жоғары технологиялық бағыттар оқшауланған түрде және басымдықтарды келіспей дамиды [136, 137].

Бұрын жүргізілген зерттеулер кіріктірілген пәнаралық үйлестіруі бар (мемлекет–ғылым–бизнес) институттар модельдері ұлттық нанотехнологиялық бастамалардың тиімділігін айтарлықтай арттыратынын көрсеткен [138]. Мысалы, Соссia, М. және басқалары (2012) бизнестің шешім қабылдау органдарына қатысуы инновациялық жүйенің синергиясын 20 %-ға арттыратынын дәлелдеген [139]; сонымен қатар, координациялық кеңестер құрылған елдерде ғылыми зерттеулерді коммерцияландыру үлесінің 15–30 %-ға өскенін анықтаған, Р. Shapira (2011) үкіметтер ведомствоаралық құрылымдарды енгізген жағдайда инновациялық белсенділіктің неғұрлым тұрақты өсуіне қол жеткізетінін атап өткен [140].

АҚШ, Оңтүстік Корея және Израильдің ұлттық үлгілері мысалында ведомствоаралық және көпдеңгейлі басқару құрылымдарын енгізу мемлекет, ғылым және өнеркәсіп күш-жігерін үйлестіруге, сондай-ақ әзірлемелерді коммерцияландыруды жеделдетуге мүмкіндік беретіні дәлелденген. АҚШ-та Ұлттық нанотехнологиялық бастама (NNI) 20-дан астам агенттіктің шоғырлануын қамтамасыз етіп, 10 жыл ішінде нанотехнологияларды коммерцияландыруды 35 %-ға арттырды, патенттер санын және халықаралық ғылыми ынтымақтастықты көбейтті (NNI, 2022). Оңтүстік Кореяда KISTEP жанындағы Nanotechnology Council институционалдық кедергілерді азайтуға, ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға және жоғары қосылған құнды өнімдер, соның ішінде наноәзірлемелер экспортын бес жылда 28 %-ға ұлғайтуға мүмкіндік берді (KISTEP, 2021). Израильде Ұлттық нанотехнологиялық бастама (INNI) ғылым мен бизнесті бірыңғай үйлестіру орталығы арқылы интеграциялаудың тиімділігін көрсетті, бұл жеке инвестициялардың өсуін және нанотехнологиялар саласында стартаптардың іске қосылуын қамтамасыз етті [141].

Институционалдық бытыраңқылықты, технологиялар трансферінің төмен тиімділігін және мемлекеттік құрылымдар, ғылыми ұйымдар мен индустрия арасындағы әлсіз үйлестіруді жою мақсатында Қазақстанда нанотехнологияларды дамытудың институционалдық басқарудың интеграцияланған моделін енгізу ұсынылады. Бұл модельдің негізін екі өзара байланысты элемент – Қазақстан Республикасы Үкіметі жанындағы Ұлттық нанотехнологиялар кеңесі және Қазақстанның нанотехнологияларды дамыту агенттігі құрайды.

Ұлттық кеңес стратегиялық жоспарлау, басымдықтарды айқындау, ведомствоаралық үйлестіру, сондай-ақ Қазақстанның халықаралық ғылыми-технологиялық бастамалардағы мүдделерін ұсыну функцияларын орындайды. Кеңес құрамына мемлекеттік органдардың, ғылыми-зерттеу институттарының, университеттердің, индустриялық серіктестердің және халықаралық сарапшылардың өкілдері кіреді. Мұндай құрылым мемлекеттік саясаттың келісімділігін және ресурстарды тиімді пайдалануды қамтамасыз ететін АҚШ (NNI), Оңтүстік Корея (KISTEP жанындағы Nanotechnology Council) және Израиль (INNI) тәжірибесіне толық сәйкес келеді.

Дамыған елдерден айырмашылығы, мұнда нанотехнологиялық кластерлер тарихи тұрғыдан қуатты университеттер мен өнеркәсіп орталықтары айналасында қалыптасқан болса, Қазақстан айқын аумақтық теңгерімсіздікке тап болып отыр. Қазақстан Республикасы Ұлттық статистика бюросының (2023) деректері бойынша, ғылыми-зерттеу ұйымдарының 70 %-дан астамы және мамандардың елеулі бөлігі Астана мен Алматыда шоғырланған, ал перифериялық өңірлер іс жүзінде инновациялық процестерден тыс қалған [84]. Осыған байланысты модель қолда бар технологиялық алаңдар базасында, ең алдымен Astana Hub және «Алатау» АКПИТ сияқты минималды қажетті инфрақұрылымы, кадрлық ресурстары және институционалдық қолдауы бар «якорлық аймақтарды» құруды көздеуі тиіс. Сондай-ақ бейімдеудің аса маңызды құрамдас бөлігі – ISO/TC 229 халықаралық стандарттарын кезең-кезеңімен енгізу. Қазақстан жағдайында шетелдік стандарттарды бірден көшіру технологиялық алшақтық пен инфрақұрылымдық шектеулерге байланысты жиі тиімсіз. Сондықтан басым бағыттардан (медицина, энергетика және құрылысқа арналған наноматериалдар) бастап, кейін тізімді кеңейте отырып, стандарттарды кезеңдік үйлестіру ұсынылады.

Аталған шаралар шетелдік үлгілерді механикалық көшіруге емес, Қазақстанның кадрлық, аумақтық және инфрақұрылымдық ерекшеліктерін ескеретін, сондай-ақ халықаралық ғылыми-технологиялық жүйеге кезең-кезеңімен интеграциялануға мүмкіндік беретін бейімделген институционалдық архитектураны қалыптастыруға бағытталған. Төмендегі суретте ҚР Үкіметі жанындағы Ұлттық нанотехнологиялар кеңесінің құрылымы мен функцияларының авторлық моделі ұсынылған (сурет 19).

Ұсынылып отырған модель Қазақстандағы нанотехнологиялар саласын басқару мен үйлестіру жүйесінің төрт негізгі құрылымдық элементін қамтиды: ғылыми, мемлекеттік, агенттік және бизнес блоктары. Әрбір элемент өз рөлін орындау арқылы стратегиялық шешім қабылдауды, бағдарламаларды іске асыруды және халықаралық стандарттарға интеграцияны қамтамасыз етеді.

Функцияларының толық сипаттамасы:

Стратегиялық жоспарлау: Ұлттық нанотехнологиялық саясаттың орта және ұзақ мерзімді мақсаттарын әзірлеу, ғылым, индустрия және мемлекет арасындағы өзара байланысты ескере отырып, басым бағыттарды анықтау.

Басымдықтарды бекіту (Определение и утверждение приоритетов): Нанотехнологиялар саласында ғылыми зерттеулердің, кадрлық даярлықтың, инфрақұрылымның және коммерцияландырудың негізгі бағыттарын ресми түрде бекіту.

Бағдарламаларды үйлестіру (координация): Мемлекеттік бағдарламаларды, ғылыми-зерттеу жобаларын, инвестициялық және венчурлық бастамаларды үйлестіру, қайталанатын жобаларды болдырмау.

Халықаралық ұйымдармен жұмыс: Қазақстанның OECD, ISO/TC 229, Horizon Europe және басқа да халықаралық құрылымдарға қатысуын

камтамасыз ету, стандарттарды үйлестіру және жаһандық ғылыми-технологиялық желілерге интеграция.



Сурет 19 - Қазақстан Республикасы Үкіметі жанындағы Нанотехнологиялар жөніндегі Ұлттық кеңес құрылымдық моделі
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Сонымен қатар, нанотехнологияларды дамыту жөніндегі мамандандырылған агенттік құру көзделеді, ол мемлекеттік саясатты іске асырудың операторы ретінде қызмет атқарады. Агенттіктің міндеттеріне қолдау көрсетуге арналған қаржы құралдарын басқару, ғылыми әзірлемелерді коммерцияландыруға сүйемелдеу, технопарктер мен зертханалардың инфрақұрылымын дамыту, сондай-ақ отандық жобаларды халықаралық технологиялық тізбектерге енгізуге жәрдемдесу кіреді.

Ұсынылған модельді іске қосу ұлттық ерекшеліктер мен халықаралық тәжірибені ескере отырып, кезең-кезеңімен жүзеге асырылуы тиіс:

1-кезең – Дайындық (2026 жыл). Бұл кезеңде «Қазақстан Республикасындағы нанотехнологиялар туралы» заңды әзірлеу және қабылдау, Ұлттық нанотехнологиялар кеңесін ресми құру, Агенттіктің құрылымы мен функционалын бекіту, сондай-ақ жаңа институттардың қызметін реттейтін нормативтік-құқықтық базаны қалыптастыру жоспарланады.

2-кезең – Ұйымдастыру және пилоттық кезең (2027 жыл). Агенттікті негізгі ғылыми және индустриялық серіктестердің қатысуымен квазимемлекеттік құрылым ретінде құру, жобалар, инфрақұрылым және

ғылыми топтар тізілімін қамтитын цифрлық платформаны іске қосу, алғашқы гранттық бағдарламалар мен технология трансфері бойынша пилоттық жобаларды бастау, Astana Hub және «Алатау» АЭА базасында технопарктерді дамыту жоспарланады.

3-кезең – *Масштабтау және халықаралық интеграция (2028–2030 жылдар)*. Коммерцияландыруды қолдау бағдарламаларын кеңейту, ISO/TC 229 халықаралық стандарттарын енгізу, қазақстандық ұйымдардың халықаралық ғылыми консорциумдарға (OECD-WPN, Horizon Europe) белсенді қатысуы, институционалдық модельдің тиімділігін кешенді мониторингтеу және стратегияны түзету қарастырылады. Төмендегі суретте Қазақстанда нанотехнологияларды дамытудың ұйымдастырушылық тетігінің авторлық моделі көрсетілген (20-сурет).

Модельді Қазақстан жағдайына бейімдеу ғылыми инфрақұрылымның аумақтық ерекшеліктерін ескеруді, шетелдік ғылыми орталықтардағы қазақстандық мамандарды тартуды, қолданыстағы технопарктер базасында аймақтық кластерлерді мақсатты дамытуды, сондай-ақ ұлттық стандарттарды халықаралық талаптармен кезең-кезеңімен үйлестіруді көздейді.



Сурет 20 - Қазақстан Республикасының Нанотехнологияларды дамыту агенттігінің құрылымы (авторлық модель)

Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Ұсынылған модельді іске асыру институционалдық бытыраңқылықты жоюға, мемлекет, ғылым және бизнестің іс-қимылдарын үйлестіруге, тиімді технология трансферінің, кадрлық әлеуеттің дамуының және Қазақстанның жаһандық ғылыми-технологиялық тізбектерге интеграциялануының алғышарттарын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Қазақстан

Республикасының Нанотехнологияларды дамыту агенттігінің негізгі бөлімшелері мен міндеттері 42-кестеде көрсетілген.

Кесте 42 - Қазақстан Республикасының Нанотехнологияларды дамыту агенттігінің негізгі бөлімшелері мен міндеттері

№	Негізгі құрылымдық бөлімшелері	Негізгі міндеттері
1.	Стратегиялық жоспарлау және талдау департаменті	– Нанотехнологиялар саласын дамытудың ұлттық стратегиясын әзірлеу және жанарту; – Ғылыми-технологиялық үрдістерге болжам жасау; – Ұлттық нанотехнологиялар кеңесімен бірге басым бағыттарды келісу; – Нәтижелілік көрсеткіштерін қалыптастыру және жүйелі мониторинг жүргізу.
2.	Технологиялар трансфері және коммерцияландыру департаменті	– Ғылыми әзірлемелерді өндіріс секторына енгізуді ұйымдастыру; – Патенттеу, лицензиялау және технологиялық брокерлік жүйесін дамыту; – Нанотехнологиялар бағытындағы стартаптар мен инновациялық кәсіпорындарды қолдау; – Ортақ пайдаланудағы ғылыми-зерттеу зертханалары мен инфрақұрылымға қолжетімділікті қамтамасыз ету
3.	Инфрақұрылымды дамыту және кластерлерді қолдау департаменті	– Технопарктерді, индустриялық хабтарды және пилоттық өндірістік алаңдарды дамыту; – Аймақтық кластерлерді (Astana Hub, «Алатау» АЭА және басқа алаңдар базасында) интеграциялау; – Зертханалық-сынақ орталықтарын, тәжірибелік-конструкторлық учаскелерді қолдау.
4.	Халықаралық ынтымақтастық және стандарттау департаменті	– Ұлттық стандарттарды халықаралық талаптармен (ISO/TC 229, OECD-WPN) сәйкестендіру; – Қазақстанның халықаралық ғылыми бағдарламаларға (Horizon Europe, NNI және т.б.) қатысуын қамтамасыз ету; – Шетелдегі қазақстандық ғалымдармен байланыс орнату, бірлескен жобаларға тарту; – Қазақстандық жобаларды жаһандық технологиялық жүйелерге интеграциялау.

5.	Қаржыландыру және гранттық қолдау департаменті	– Зерттеу, әзірleme және коммерцияландыру жобаларына гранттар бөлу; – Жаңа инновациялық кәсіпорындарды қолдауға бағытталған қаржылық құралдарды іске асыру; – Қаражаттың тиімді жұмсалуды бақылау; – Мемлекеттік қолдауды венчурлық және жеке инвестициялармен ұштастыру механизмдерін әзірлеу.
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

Агенттікті құру - функциялардың қайталануын жоюға, ғылыми зерттеулердің тиімділігін арттыруға, кадрлық және зертханалық әлеуетті дамытуға, халықаралық ғылыми қауымдастыққа интеграциялануға мүмкіндік береді және Қазақстанның наноиндустрияны жүйелі басқару деңгейіне көшуін қамтамасыз етеді.

Осылайша, ұйымдастырушылық тетіктерді жетілдіру жүйелі сипатқа ие болуы және ғылыми, білім беру, технологиялық және экономикалық экожүйелерді интеграциялауға бағытталуы тиіс. Халықаралық тәжірибені қолдану тек жергілікті жағдайларға бейімделгенде ғана мүмкін – атап айтқанда, қаржыландырудың шектеулілігін, әкімшілік кедергілерді және цифрландырудың ағымдағы деңгейін ескеру қажет. Тек кешенді тәсіл аясында ғана Қазақстан наноиндустрияны өзінің технологиялық және экономикалық жаңғыртуының негізгі қозғаушы күштерінің біріне айналдыра алады.

Мәселе 6: Жеке және венчурлық қаржыландырудың төмен деңгейі. Қазіргі таңда нанотехнологиялық жобалар негізінен мемлекеттік бюджет есебінен қаржыландырылады, ал венчурлық және жеке инвестициялар іс жүзінде жоқтың қасы. Сондықтан қаржыландыруды әртараптандыру да қажет. Дүниежүзілік тәжірибеде мамандандырылған венчурлық қорлар мен мемлекеттік-жекеменшік әріптестік (МЖӘ) тетіктерін қалыптастыру жоғары тиімділігін көрсетті. Мысалы, Израильде бастапқы капиталы \$100 млн болған Yozma қоры 10 жыл ішінде \$2,9 млрд жеке инвестиция тартып, венчурлық экожүйенің қалыптасуын ынталандырды (OECD, 2020). Қазақстан үшін бұл жеке инвестициялар ағынын жандандырып, нәтижелердің коммерциялануын жеделдететін катализатор болар еді.

Қазақстанға Yozma (Израиль) үлгісі бойынша мемлекеттік және венчурлық қаражатты біріктіретін “NanoFund Qazaqstan” атты ұқсас мемлекеттік-жекеменшік қор құру мүмкіндігін қарастыру орынды. Бұл – мемлекет, жеке капитал және халықаралық ұйымдардың аралас қатысуы. Сонымен қатар, отандық компаниялардың халықаралық конкурстарға (мысалы, Horizon Europe, BRICS STI) қатысуын ынталандыру үшін өтінімдерді дайындау шығындарын жабу және бірлесіп қаржыландыру тетіктерін енгізу қажет.

Қазақстан наноиндустриясының ағымдағы жағдайын жүйелі талдау және халықаралық тәжірибеге сүйене отырып, бытыраңқы әрі үйлестіру деңгейі жеткіліксіз жүйеден интеграцияланған және тиімді ұйымдастырушылық архитектураға өтудің кезеңдік моделі ұсынылады. Модель институционалдық, нормативтік, ақпараттық, кадрлық және қаржылық деңгейлерде саланың дамуын қамтамасыз ететін тоғыз негізгі компонентті қамтиды.

43-кестеде модельдің компоненттері, олардың бастапқы жағдайы және ұсынылған тұжырымдаманы іске асыру барысында көзделген мақсатты көрсеткіштер берілген.

Кесте 43 - Қазақстандағы наноиндустрияны дамытуға арналған интеграцияланған модельдің негізгі компоненттері, бастапқы жағдайы және мақсатты көрсеткіштері

Модель компоненттері	Бастапқы дәреже	Мақсатты деңгей
Нормативтік құқықтық база	Бөлшек ережелер, бірыңғай заңның болмауы	«Нанотехнологиялар туралы» Қазақстан Республикасының мамандандырылған Заңын қабылдау.
Институционалдық құрылым	Мемлекеттік органдар арасындағы функцияларды бөлу (ҚР Ұлттық экономика министрлігі, Өнеркәсіп және құрылыс министрлігі, Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі, жергілікті атқарушы органдар)	Бірыңғай үйлестіруші орган – Ұлттық кеңес пен Нанотехнологияларды дамыту агенттігін құру
Білімді басқару	ҒЗТКЖ нәтижелерін жүйелі есепке алу мен алмасудың болмауы	Ұлттық деректер базасы, білім мен зерттеу нәтижелерімен алмасуға арналған цифрлық платформалар
Цифрлық экожүйе	Интеграцияланбаған IT-шешімдер және үйлестірілмеген ақпараттық жүйелер	Жобаларды басқару және технологиялар трансферті үшін «АИС УП-Nano» интеграцияланған цифрлық платформасы
Тиімділікті бағалау	Арнайы көрсеткіштер мен бағалау құралдарының болмауы	Жобалық басқарудың негізгі тиімділік көрсеткіштері (KPI) мен басқарушылық жетілу стандарттарының кешенді жүйесін енгізу (OPM3)
Қаржыландыру	Қаржыландырудың басым бөлігі мемлекеттік көздерден, жеке капиталдың қатысуы бір реттік әрі шектеулі сипатта	Аралас қаржыландыру моделі: мемлекеттік қолдау, венчурлік қорлар, мемлекеттік-жекешелік әріптестік тетіктері және салықтық ынталандыру шаралары
Кадрлық қамтамасыз ету	Тар бағыттағы мамандардың жетіспеушілігі, қолданбалы дайындықтың төмен деңгейі	Жас ғалымдарды жеделдетіп даярлау, қайта даярлау бағдарламалары, шетелдік

		тағылымдамалар мен алмасу бағдарламалары
Ғылым мен бизнестің интеграциясы	Ғылыми және өнеркәсіптік құрылымдардың жеткіліксіз кооперациясы	Нанотехнопарктерді, трансфер орталықтарын дамыту, бизнесті ҒЗТКЖ-ға және коммерцияландыруға белсенді тарту
Халықаралық ынтымақтастық	Халықаралық бастамалар мен консорциумдарға қатысудың шектеулілігі	Ғаламдық ғылыми желілерге интеграция, Horizon Europe, OECD, IAEA, ISO/TC 229 жобаларына қатысу

Аталған үлгіні енгізу Қазақстанға анықталған кедергілерді жоюға және халықаралық стандарттар мен заманауи сын-қатерлерге сай наноиндустрияны дамытудың орнықты экожүйесін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Модельді іске асыру кешенді тәсілді талап етеді, оған мемлекеттік саясатты синхрондау, инфрақұрылымды дамыту, коммерцияландыру мен технология трансферін қолдау, сондай-ақ кадрлық және ғылыми әлеуетті арттыру кіреді.

Зерттеудің бұл бөлімінде Қазақстандағы нанотехнологиялар саласын дамытуға бағытталған ұйымдастырушылық тетіктерді жетілдіру бойынша ұсыныстарды ғылыми тұрғыдан негіздеу жүргізілді. Екінші бөлімде анықталған жүйелік мәселелер - институционалдық құрылымның бытыраңқылығы, ғылым мен бизнестің әлсіз интеграциясы, технологияларды трансферттеу деңгейінің төмендігі және кадрлық әлеуеттің жеткіліксіздігі - елімізде наноиндустрияны дамытудың жаңа тәсілдерін қалыптастыруды қажет ететіні дәлелденді. Осыған сәйкес, зерттеу шеңберінде Қазақстанның ұлттық ерекшеліктерін және озық халықаралық тәжірибені ескере отырып, наноиндустрияны дамытудың бейімделген авторлық моделі әзірленді.

Модель аясында қаржыландыру тетіктерін реформалау көзделеді: мемлекеттік қаржыландырудан венчурлық инвестициялар мен мемлекеттік-жеке меншік әріптестікке негізделген аралас қаржыландыру жүйесіне көшу жоспарлануда.

Ұсынылған ұйымдастырушылық модель әлемнің дамыған елдерінің (АҚШ, Оңтүстік Корея, Израиль, ЕО) үздік тәжірибелеріне сәйкес келеді және Қазақстанның ғылыми инфрақұрылымының аумақтық теңсіздігін, кадрлық әлеуетін және жоғары технологиялық өндірістердің даму деңгейін ескере отырып бейімделген.

Осылайша, әзірленген кешенді модель Қазақстандағы институционалдық үйлестіруді күшейтуге, ғылыми әзірлемелерді трансферттеу тиімділігін арттыруға, ғылым, бизнес және мемлекеттік құрылымдар арасындағы байланысты нығайтуға, сондай-ақ ұлттық наноиндустрияның жаһандық бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

3.2 Қазақстанның нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін жетілдіру және дамыту

Ақпараттық технологиялар саласының заманауи дамуы ұйымның корпоративтік желісі немесе интернет желісі арқылы қол жетімді және қызметкерлердің операциялық, жобалық жұмыстарын жеңілдететін веб-платформалардың үлкен санының пайда болуына алып келді. Жобаларды басқарудың веб-платформалар (немесе ақпараттық басқару жүйесі) барлық қатысушыларға қолжетімді бір немесе бірнеше жобаларды жүргізу үшін жобалық бағытталған жұмыс кеңістігі болып табылады. Нанотехнология саласындағы жобаларды жүзеге асырушы ұйымдардың тиімді қызметі үшін қазіргі заманғы физика-химиялық жабдықтармен жабдықтау, білікті қызметкерлердің болуы ғана емес, сонымен қатар талдау жұмыстарын жүргізу кезінде автоматтандыру қағидаттарын енгізу де талап етіледі [142].

М.Кастельдің айтуынша, қазіргі әлем «технологиялық қамтылғандар», яғни заманауи ақпараттық технология құралдарына қол жеткізе алатындар, және «технологиялық-қамтылмағандар» деп бөлінеді [143]. Бұл зерттеу нәтижелері әлемдік тәжірибеде кеңінен қолданылып, жобаларды басқару тиімділігін бағалаудың маңызды құралына айналған. Бүгінде әлемде ақпараттық технологияларға қол жетімділік пен оның деңгейі туралы арнайы зерттеулер жүргізілуде. Отандық инновациялық ҒЗТҚЖ саласындағы ұйымдарға жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесін пайдалану тиімділігін бағалау бұрын сонды жүргізілген жоқ, өйткені мұндай жүйелерді пайдалану қазіргі таңда қаржы-банк, сақтандыру секторларында ғана кең қолданысқа ие. АҚШ және Еуропа елдерінде бұл тектес зерттеулер жиі жүргізіледі.

АҚШ-тың жобаларды басқару институты (PMI) жүргізген тақырыптық зерттеуде Du Telecom компаниясы өз қызметкерлері үшін жобаларды басқарудың қарапайым жүйесін құру, және оны компания қызметіне енгізу нәтижесінде алғашқы төрт жыл ішінде табыстың 32% өсуіне мүмкіндік берді дейді. Бұл жобаны басқару қаншалықты маңызды екенін түсіндіреді және жобаларды басқару бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып, күрделі жоғары технологиялық жобаларды тиімді басқаруға болатынын айқындайды [144]. Онымен қоса, PMI инновациялық ҒЗТҚЖ саласындағы 100-ден астам солтүстік америкалық компанияларға зерттеу жүргізді. Институт тарапынан ұсынылған PMI бағалау моделі (PM Value Model) жобаларды басқару процестері тиімділігінің өсуін келесі бөлімдер бойынша қарастыруды көздейді: қаржылық параметрлер, процедуралық/ұйымдастырушылық параметрлер, тиімділіктің өсуі, персоналды оқыту және мүдделі тараптармен жұмыс істеу.

Зерттеу нәтижесі - PMI институтының PMBoK жобаларын басқару әдіснамасы негізінде жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесін пайдалану тиімділігінің деңгейі бойынша жобаларды басқару саласындағы мамандардан (PMР) алынған expertтік деректерді қамтиды.

44-кестеде жобаларды басқарудың түрлі аймақтары бойынша жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесін енгізгеннен кейінгі тиімділік өсуінің орташа бағасы берілген.

Кесте 44 - Жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесін пайдалану тиімділігі

№	Басқару аймағы	Орындалған жұмыстар	Тиімділік нәтижелері (%)
1	2	3	4
1	Пәндік саланы басқару	Компанияның жалпы қызмет аймағына жоба менеджментін енгізу	25,0%
		Жобалардың мақсаттарын өзектендіру	20,4%
2	Жоба кестесін басқару	Жоба кестесін басқару	27,5%
		Жоба кестесін болжау	30,0%
3	Жоба құнын басқару	Жоба бюджетін басқару	20,0%
		Сатылымның/сұраныстың өсуі	34,2%
		Инвестиция қайтарымы (Return on Investment)	25,4%
		Жоба нәтижесінің нарыққа шығару уақытын жылдамдату	21.5%
4	Жоба ресурстарын басқару	Жоба ресурстарын басқару	25,0%
		Ресурстарды тиімді пайдалану	26,0%
		Жоба командасы қызметінің өнімділігі	15,1%
5	Жоба тәуекелдерін басқару	Тәуекелдерді басқару	19,0%
6	Тапсырыс берушілермен және жеткізушілермен жұмыс	Тапсырыс берушілерді ақпараттандыру	2,5%
		Тапсырыс берушілерді тарту	44,4%
		Жеткізуді басқару	20,0%
Ескерту - [145] дереккөз негізінде автормен құрастырылған			

Сараптамалық талдау бойынша келесі нәтижелер алынды: АҚШ-тың инновациялық (жоғары технологиялық) ҒЗТКЖ саласында жобаларды басқару мамандардың автоматтандырылған басқару жүйесі әдісі енгізілмеген компаниялардың жобаларды басқару тиімділігі көрсеткіштерімен салыстырғанда 21%-ға өсуі жоғары [145].

Сонымен қатар, әлемдік деңгейде жоғары технологиялық жобаларды басқару ұйымдарында жобаларды басқаруда қолданылатын бағдарламалық қамсыздандыру құралдарын қолдануға көп көңіл бөлініп отыр. Осы бағытта Gantry Group тарапынан зерттеулер жүргізілді. Негізгі мақсат жобаларды автоматтандырылған басқару жүйесін пайдаланудан ROI негізгі көрсеткіштерінің өзгерісін талдау. Талдаудың басты қорытындылары: жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесі - бірінші жылдың соңына қарай орташа жылдық бюджетті 6,5% -ға дейін және енгізгеннен бастап үш жылдан кейін таза дисконтталған кірісті 14% -ға дейін үнемдеуге мүмкіндік берді. Соның нәтижесінде, келесідей нәтижелер анықталды [146]:

1. Жоғары технологиялық жобаларды уақытылы аяқтаудың орташа жылдық көрсеткіші 45,2%-ға артуы;

2. Менеджерлердің жоба туралы есептерді дайындауға кететін уақытын 43,2% -ға қысқарту. Бұл аптасына шамамен 3,8 сағатты құрайды;

3. Жұмыс ресурстарын тұтыну туралы есептерге басшылардың жұмсайтын уақытын 54,7% -ға төмендету;

4. Жаңа жобаларды қаржыландыру бойынша құжаттар дайындау және келісім алуға кететін уақыт 20,4% -ға немесе 8,4 күнге қысқаруы.

Төмендегі 45-кестеде зерттеуге қатысқан респонденттердің жобалық қызметтерін жүзеге асыруда жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесін пайдалану нәтижесінде алынған үш жылдық кезеңдегі 14% деңгейіндегі жалпы ROI көрсетілген.

Кесте 45 - Ақпараттық басқару жүйелерін пайдалану нәтижелері

Өтемділік	АБЖ 1 жыл қолданылғандағы нәтиже, доллармен	3 жылдық пайдалану кезеңіндегі таза дисконтталған табыс, доллармен
Бюджеттің артық жұмсалуын төмендету	2 329 787	5 481 722
Стратегиялық емес жобаларға арналған шығыстарды қысқарту	5 834 273	19 982 075
Өзгерістерге сұраныс санын қысқарту есебінен еңбек шығындарын қысқарту	3 394 739	11 164 348
Жұмыс жүктемесін жақсарту арқылы адам ресурстарына шығындарды азайту	305 750	1 160 472
Жобаларды басқару шығындарының төмендеуі	344 820	1 138 075
Жалпы табыс	6 472 111	25 194 727
ROI	4 853 545	22 276 116
Өтемділік	АБЖ 1 жыл қолданылғандағы нәтиже	3 жылдық пайдалану кезеңіндегі таза дисконтталған табыс
Бюджеттің артық жұмсалуын төмендету	3,1%	3,4%
Стратегиялық емес жобаларға арналған шығыстарды қысқарту	7,8%	12,6%
Өзгерістерге сұраныс санын қысқарту есебінен еңбек шығындарын қысқарту	4,5%	7,0%
Жұмыс жүктемесін жақсарту арқылы адам ресурстарына шығындарды азайту	0,4%	1,0%
Жобаларды басқару шығындарының төмендеуі	0,5%	0,7%
Жалпы табыс	8,6%	15,8%
ROI (орташа жылдық бюджеттен, %)	6,5%	14,0%
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

Әлемдік басқа да тәжірибелерді қарастырсақ, Жапонияда Society 5.0 стратегиясының бір бөлігі ретінде экономиканың әртүрлі салаларында, соның ішінде жоғары технологияларда цифрлық құралдарды орталықтандырылған енгізуге жауапты Цифрлық агенттік құрылды. Нанотехнологиялар үшін ұлттық дерекқорлармен және патенттік жүйелермен біріктірілген цифрлық зерттеу платформалары ерекше маңызға ие, бұл зерттеулердің қайталануын

барынша азайтуға және нәтижелерді коммерцияландыруды жеделдетуге көмектеседі [147, 148]. Сонымен қатар, 2018 жылы Еуропалық Одақтың бастамасымен European Open Science Cloud (EOSC) іске қосылды. EOSC - ғылыми деректер мен жобаларды, соның ішінде нанотехнология салаларын басқаруға арналған бірыңғай цифрлық қызметтерді ұсынатын инфрақұрылым [149]. Graphene Flagship - €1 миллиард шамасында қаржыландыратын ең ірі еуропалық жоба. Ол ғылыми-зерттеуден графенді коммерцияландыруға дейінгі жобаларды басқару үшін цифрлық платформаларды пайдалана отырып, академиялық және өндірістік құрылымдарды тиімді байланыстырады. Төменгі 46-кестеде жоғары технологиялар, нанотехнологиялар саласындағы жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізу, қолдану бойынша халықаралық тәжірибелерге салыстырмалы шолу көрсетілген.

Кесте 46 - Халықаралық тәжірибелерге салыстырмалы шолу

Мемлекет / бастама	Цифрлық платформаның мақсаты мен қызметтері	Нанотехнологиялармен / хайтекпен байланысы
Оңтүстік Корея (R&D PIE)	ҒЗТҚЖ бастамаларының интеграциясы, трендтерді талдау, инвестицияларды басқару	Нанотехнологиялық кластерлер (KIST, Nanofab); Ақылды жоспарлау
Жапония (Digital Agency)	Орталықтандырылған цифрландыру, экожүйені бірыңғай басқаруды қамтамасыз ету	Жоғары технологиялық жобаларды, оның ішінде нанотехнология мен робототехниканы қолдау
ЕО (EOSC)	Общая платформа для управления научными данными и коллаборации	Нанотехнология саласындағы ірі ғылыми бастамаларды қолдау
ЕО (Graphene Flagship)	Промышленно-академическая координация, цифровое руководство проектом	Жоғары деңгейлі нанотехнологиялардың мысалы
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған		

Бұл кейстер нанотехнологияларды қоса алғанда, жоғары технологиялық индустрия салаларындағы жобаларды басқару үшін мемлекеттердің іс жүзінде цифрлық платформаларды қалай жасайтынын көрсетеді. Ал Қазақстан үшін бұл мәселе өзекті деп саналады, өйткені, жоғарыдағы ақпараттарды жүйелеу келе және алдыңғы тарауда анықталған ағымдағы міндеттер нанотехнология саласындағы жобаларды жүзеге асыратын ұйымдарда жобаларды басқаруды жүйелі цифрландырудың өзекті қажеттілігін көрсетеді. Автор алдыңғы тарауларда жүргізілген зерттеуде көрсетілген мәселелерді шешу үшін – жобаға қатысушылар арасындағы нашар үйлестіру, орталықтандырылған есеп берудің жоқтығы, ғылыми-өндірістік бөлімшелер арасындағы тиімсіз байланыс, тәуекелдерді бағалау мен уақыт кестесін нашар бақылау – нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесін әзірлеу туралы ұсыныс толығымен негізделген және өзекті болып табылады деп санайды.

Қазақстанда институционалдық орта әлі де жоғары деңгейдегі автоматтандыруға ие емес, сондықтан мұндай жүйені енгізу ғылымды

цифрландыру мен басқаруды жаңғырту жолындағы маңызды қадам болмақ. Әрине, Қазақстан цифрландыру бағытында, әсіресе «Digital Kazakhstan» бағдарламасы аясында айтарлықтай жетістіктерге жетті. Алайда бұл институционалдық ортаның автоматтандырылуын толық көрсете алмайды. е-қызметтер табысты енгізілгенімен, олар негізінен қоғамдық-әкімшілік функцияларға арналған. Университеттерде, ғылыми-зерттеу институттарында және ведомстволар арасындағы көптеген ұйымдастырушылық процестер әлі де жүйелендірілмеген және автоматтандырылмаған, бұл басқару құрылымының бытыраңқылығын тудырады. Зерттеулер көрсеткендей, білім беру және ғылыми ортаны (HES) жаңғырту көбіне саяси басқарудың «жоғарыдан төменге» қағидаты негізінде іске асырылып келеді, бұл ретте ғылыми-инновациялық институттардың тікелей қатысуы шектеулі деңгейде қалды [150, 151]. Мұндай тәсіл институционалдық деңгейдегі бейімделгіштіктің төмен болуына және автоматтандырудың жеткіліксіз дамуына әкеледі. Нәтижесінде ұлттық ғылыми және технологиялық жүйеде біртұтас үйлестірудің жоқтығы инновациялық жобаларды басқару тиімділігін арттыруға кедергі болып отыр.

Сондықтан, ұсынылып отырған нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесі халықаралық тәжірибелерді ескере отырып әзірленеді: Германияда (Fraunhofer), Финляндияда (VTT), Оңтүстік Кореяда (KAIST) осындай платформалар өз тиімділігін дәлелдеп, жобалардың нәтижелілігін 40%-ға дейін арттыруға мүмкіндік берген (PMI Pulse of the Profession, 2021). Институционалдық орта әлі де жоғары деңгейдегі автоматтандыруға ие емес Қазақстан жағдайында бұл жүйе ғылымды цифрландыру мен басқаруды жаңғыртуға бағытталған маңызды қадам болмақ. Сонымен қатар:

1) Үрдістердің бытыраңқылығы мен децентрализациясы. 2.2 және 2.3-тарауларда көрсетілгендей, нанотехнология саласындағы жобаларды іске асыратын ұйымдарда жобаның өмірлік циклін идеядан бастап енгізуге дейінгі кезеңдерде бірыңғай басқару тәсілі жоқ. ERP/PLM/PMIS шешімдері негізіндегі автоматтандырылған жүйе «инициация – жоспарлау – жүзеге асыру – мониторинг – аяқтау» логикасын қамтамасыз етіп, ақпараттың қайталануын және жоғалуын болдырмайды.

2) Жобалық аналитиканың және тәуекелдерді бағалаудың жеткіліксіздігі. Project Management Institute (PMI, 2021) деректеріне сәйкес, технологиялық жобалардың 50%-дан астамы тәуекелдерді бағалау және проблемаларды ерте анықтау жүйесінің болмауына байланысты сәтсіздікке ұшырайды. Автоматтандырылған жүйе KPI, PERT/CPM диаграммалары, RBS (Risk Breakdown Structure) негізіндегі болжау құралдарын және нақты уақыттағы аналитиканы (real-time dashboards) енгізуге мүмкіндік береді.

3) Құжат айналымын және орындалуын бақылаудың әлсіз цифрландырылуы. Ақпараттық жүйе құжаттарды, техникалық

тапсырмаларды, мерзімдерді, бюджеттерді және ғалымдар, инженерлер, инвесторлар мен мемлекеттік құрылымдар арасындағы өзара әрекеттесуді орталықтандырылған түрде басқаруға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер Германиядағы (Fraunhofer), Финляндиядағы (VTT) және Жапониядағы (AIST) нанотехнологиялық орталықтарда табысты енгізілген.

4) Білім базасының және институционалдық жадтың болмауы. Қазіргі жағдайда жобалық білімдер жоба аяқталғаннан кейін шашырап кетеді. Ақпараттық жүйе білімдерді басқару модулін (knowledge management) қамтуы мүмкін, бұл жинақталған тәжірибені, қателіктерді және табысты шешімдерді сақтауға және қайта қолдануға мүмкіндік береді [152].

Осылайша, авторлық нанотехнологиялар саласындағы жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесі АИС УП-Нано (ары қарай – «жүйе», «АИС УП-Нано») ғылыми-технологиялық бастамаларды басқаруды цифрлық форматта сүйемелдеу үшін әзірленген мамандандырылған бағдарламалық кешен болып табылады. Жүйенің функционалы жобалық қызметтің барлық кезеңдерін қамтиды: бастаманы іріктеу және негіздеу, жоспарлау және ресурстарды бөлу, орындалу барысын мониторингтеу және есептілік, жобаның нәтижелілігін бағалау, тәуекелдерді басқару, сондай-ақ институционалдық білімді жинақтау және сақтау.

АИС УП-Нано орталықтандырылған құжат айналымын жүргізуге, жоспарлар мен бақылау нүктелерін автоматтандыруға, ғылыми және инженерлік персоналды, жабдықтарды және зертханалық инфрақұрылымды есепке алуға, сыртқы дерекқорлармен (ғылыми, қаржылық және мемлекеттік) интеграция орнатуға, сондай-ақ мемлекеттік және гранттық құрылымдардың талаптарына сәйкес талдамалық және қаржылық есептерді қалыптастыруға мүмкіндік береді. Жүйенің енгізілуі ғылыми-зерттеу ұйымдары, университеттер, өнеркәсіптік кәсіпорындар және мемлекеттік органдар арасындағы өзара іс-қимылды біртұтас цифрлық ортада тиімді үйлестіруге жағдай жасайды. Жүйенің негізгі артықшылықтары мыналар:

1) Біріккен басқару орталығы – барлық зертханалық процестерді бір платформада үйлестіруге мүмкіндік береді, соның ішінде жоба менеджменті, эксперименттерді жоспарлау, ресурстарды бөлу және нәтижелерді есепке алу.

2) Интуитивті графикалық интерфейс – пайдаланушының ыңғайлылығын арттыру үшін интерфейс логикалық құрылымда жасалған, бұл зертхана қызметкерлерінің тез бейімделуін қамтамасыз етеді.

3) Нақты уақыттағы аналитика – жоба, эксперимент және зертхана жұмысының жалпы жай-күйі туралы аналитикалық деректерге жедел қолжетімділік береді. Бұл ақпарат географиялық тұрғыда әртүрлі орындардан, интернет желісі болған жағдайда, қолжетімді.

4) Аспаптармен интеграция – зертханалық құралдармен тікелей байланыс орнату арқылы деректерді автоматты түрде енгізу мүмкіндігі қамтамасыз етіледі, бұл оператор тарапынан қателерді азайтып, деректерді енгізу уақытын қысқартады.

5) Икемді конфигурация – жүйе шағын және ірі зертханалардың ерекшеліктеріне бейімделе алады. Ол жұмыс процестерін реттеу, ережелер мен есептеу алгоритмдерінің күйін анықтау, сондай-ақ графикалық пайдаланушы интерфейсін қажеттілікке қарай өзгерту мүмкіндіктерін ұсынады.

Аталған шешімді іске асыру нәтижесінде нанотехнологиялық жобаларды орындаудың ашықтығы, жеделдігі және тиімділігі едәуір артады, ал ұлттық деңгейде ғылыми бастамаларды басқарудың орнықты цифрлық инфрақұрылымы қалыптасады [153].

Осы функционалдық мүмкіндіктердің арқасында АИС УП-Нано ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың тиімділігін арттырады, нәтижелердің сапасын қамтамасыз етеді және зертханалық деректердің толық циклін автоматтандырады.

Жүйенің функционалдық құрылымы нанотехнологиялар мен жоғары технологиялық жобалардың күрделі сипатын ескере отырып әзірленген. Әрбір модуль тек ақпарат алмасу немесе есеп жүргізу құралы ғана емес, сонымен бірге зертханалық деректерді, технологиялық процестерді, патенттік ландшафтты және стандарттарға сәйкестікті толық интеграциялайтын біртұтас басқару ортасы ретінде қызмет етеді.

Нанотехнологиялық және жоғары технологиялық жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесінің функционалдық құрылымы 47-кестеде көрсетілген.

Кесте 47 – АИС УП-Нано жүйесінде ұсынылатын функционалдық блоктар

Блок	Мақсатты бағыты
Жоспарлау және кесте	Гант диаграммалары, мерзімдерді бақылау, тәуелділіктер, сценарийлік жоспарлау (технологиялық белгісіздік жағдайында жобаны әзірлеу нұсқалары)
Қаржылық бақылау	Бюджет, шығындар, ауытқулар, қаржыландыру кестесі, Жоғары технологиялық жобалар үшін инвестициялардың кірістілігін (ROI) талдау
Ресурстарды басқару	Персоналдың, жабдықтардың, зертханалардың жүктемесін жоспарлау, учёт уникального научного оборудования
Құжат айналымы	Хаттамаларды, есептерді, техникалық талаптарды, келісім-шарттарды автоматтандыру, интеграция с системами научных публикаций
Тәуекелдерді басқару	Тәуекелдерді талдау және визуализация үлгілері, дабылдар, прогнозирование технологических и патентных рисков
Мониторинг және есеп	Көрсеткіштер панелі (dashboards), eKPI, BI-аналитика, контроль ключевых научно-технических показателей
Мәліметтер қорымен интеграция	Патенттер, жариялымдар, халықаралық гранттар, интеграция с базами данных по наноматериалам и стандартам
Біліммен алмасу	Wiki, озат тәжірибелер базасы, мамандар форумы, коллаборативные исследования
Сапаны басқару	Халықаралық стандарттарға (ISO, ASTM for nanotechnology) сәйкестігін бақылау, нәтижелерді тексеру және валидациялау

Инновацияларды басқару	Идеяларды қадағалау, әзірлеу кезеңдерін бақылау, технологиялық дайындық деңгейін (TRL) бағалау
Портфельдік басқару	Көптеген жобаларды басқару, басымдықтарды айқындау, ресурстарды бөлу, мерзім мен бюджетті теңгеру
ESG және экологиялық мониторинг	Экологиялық әсерді бағалау, энергия тиімділігін анықтау, тұрақты даму стандарттарына сәйкестігін тексеру
Киберқауіпсіздік	Қолжетімділікті басқару, деректерді шифрлау, қауіпсіздік аудиті, зияткерлік меншікті қорғау
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған	

Ғылыми-технологиялық бастамаларды басқаруда цифрлық құралдардың белсенді дамуы жағдайында нарықта бірқатар әмбебап платформалар бар: Microsoft Project, Jira, Oracle Primavera, Asana, OpenProject, Trello, сондай-ақ жоба менеджменті модулі бар ERP-жүйелер (SAP, Odoo, 1C:PM және т.б.). Бұл шешімдер өнеркәсіпте, IT және инжинирингте кеңінен қолданылады, Алайда, ғылыми және жоғары технологиялық мемлекеттік жобаларға, әсіресе нанотехнология саласына келгенде, бұл жүйелердің мүмкіндіктері шектеулі, яғни Microsoft Project, Jira және т.б. сынды жобаларды басқару жүйелері жалпы мақсатқа арналған, ал ғылым мен нанотехнология сияқты күрделі мемлекеттік жобаларды басқаруға бейімделмеген. Сол себепті, арнайы салалық шешім - нанотехнологиялық жобаларға арналған цифрлық басқару жүйесін жасау қажет.

АИС УП-Нано әдеттегі ақпараттық жүйелерден және жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйелерінен айырмашылықтары мен ерекшеліктері 48-кестеде берілген:

Кесте 48 - АИС УП-Нано мен әмбебап жобалық басқару жүйелерінің салыстырмалы сипаттамасы

№	Салыстыру критерийі	АИС УП-Нано ерекшелігі	Әмбебап жүйелердің шектеулері
1.	Салалық мамандану	Нанотехнологиялық ұйымдарға бейімделген	Салалық ерекшеліктер ескерілмейді
2.	Ғылыми ортамен интеграция	Ғылыми базалар мен ұлттық реестрлермен жұмыс істейді	Мұндай интеграция сирек кездеседі
3.	Білімді басқару модулі	Институционалдық жады және үздік тәжірибелер базасы бар	Білімді басқару модулі жоқ немесе шектеулі
4.	Гранттық және бюджеттік қаржыландыру есебі	Мемлекеттік және халықаралық гранттармен жұмыс істеу мүмкіндігі	Мұндай функционал жоқ
5.	Стандарттарға сәйкестік	ГОСТ, ISO талаптарына бейімделген	Стандарттарға сәйкестік сирек
6.	Мемлекеттік-академиялық өзара әрекет	Министрліктермен, қорлармен және ЖОО-мен байланыс	Шектеулі өзара әрекет

7.	Архитектура ашықтығы және локализация	Толық локализация мүмкіндігі	Шектеулі локализация
Ескерту – зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

1. Жоспарлау және кесте. Бұл блок жобаларды стратегиялық және тактикалық деңгейде жоспарлауды қамтамасыз етеді. Оның негізгі функцияларына Гант диаграммалары, мерзімдерді бақылау, тәуекелділік сценарийлерін жасау және технологиялық белгісіздік жағдайында жобаның балама даму жолдарын модельдеу жатады. Нанотехнологиялық жобаларда бұл модуль аса маңызды, себебі мұндай жобалар көбінесе көпсатылы, күрделі және ұзақ мерзімді болып келеді. Жүйе арқылы мерзімдерді автоматты түзету және ресурстарды қайта бөлу мүмкіндігі енгізіледі. Бұл жобаларды уақытында және бюджет шегінде аяқтауды жеңілдетеді.

Қызметі: Жобаның барлық кезеңдерін жоспарлау, мерзімдерді бақылау, тәуелділіктерді анықтау және сценарийлік жоспарлау (жоғары технологиялық белгісіздіктер жағдайында).

Міндеті:

- Гант диаграммалары арқылы кезеңдік жұмыс жоспарын көрсету.
- Жобаның балама даму сценарийлерін жасау және тәуекелдерді бағалау.

- Мерзімдерді нақты орындау үшін автоматты ескертулер.

- Мүмкіндіктері:

- Жоба кестесінің интерактивті визуализациясы.

- Қайта жоспарлау мүмкіндігі.

- Жоба кешігулерін ерте анықтау.

Жеңілдететін тұсы: Техникалық күрделі жобаларда уақыт пен ресурстарды тиімді үйлестіруге көмектеседі, кешігулерді азайтады.

2. Қаржылық бақылау. Модуль жобаның барлық қаржылық ағындарын бақылайды: бюджет құру, шығындарды есепке алу, аудит жүргізу, ROI (инвестиция қайтарымы) талдау. Жоғары технологиялық жобаларда, әсіресе нанотехнологияда, инвестиция көлемі жоғары және тәуекел деңгейі үлкен. Сондықтан қаржылық мониторинг пен алдын ала болжам жасау жобаның экономикалық тиімділігін қамтамасыз етеді. Автоматтандырылған талдау құралдары қаржылық деректерді нақты уақыт режимінде жаңартады.

Қызметі: Бюджетті, шығындарды, ауытқуларды, қаржыландыру көздерін және инвестиция қайтарымын (ROI) басқару.

Міндеті:

- Бюджет сметасын автоматты түрде қалыптастыру.

- Жобалық шығындардың нақты уақыттағы есебі.

- ROI және қаржылық тиімділікті бағалау.

- Мүмкіндіктері:

- BI-аналитика негізіндегі қаржы панелі.

- Қаржылық тәуекелдерді ерте анықтау.

Жеңілдететін тұсы: Инвестициялық шешімдерді дәлелді қабылдауға мүмкіндік береді.

3. Ресурстарды басқару. Бұл модуль персоналды, жабдықтарды, зертханалық қондырғыларды және бірегей ғылыми құралдарды тиімді пайдалануға бағытталған. Ол ресурстардың жүктемесін теңестіреді, бос тұрып қалулардың алдын алады және күрделі зертханалық жабдықтардың қызмет көрсету кестесін оңтайландырады. Нанотехнология саласында жабдықтардың құны өте жоғары болғандықтан, олардың тиімді пайдаланылуы жобаның жалпы құнын азайтады.

Қызметі: Персонал, жабдықтар, зертханалық орындар мен бірегей ғылыми құрал-жабдық жүктемесін басқару.

Міндеті:

- Қызметкерлердің жүктемесін теңестіру.
- Құрал-жабдықтарды пайдалану кестесін құру.
- Зертханалық инфрақұрылым тиімділігін арттыру.
- Мүмкіндіктері:
- Онлайн брондау жүйесі.
- Жабдықты пайдалану мониторингі.

Жеңілдететін тұсы: Ресурстардың бос тұрып қалуын азайтады, шығынды қысқартады.

4. Құжат айналымы. Хаттамаларды, есептерді, техникалық талаптарды және келісім-шарттарды автоматтандырумен қатар, зертханалық тәжірибелер мен сынақ нәтижелерін электрондық зертханалық дәптерде (ЭЖД) жүйелі тіркеу және сақтау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. ЭЖД аспаптардан деректерді тікелей импорттайды, зерттеу тізбегін (chain of custody) қадағалайды және GLP/ISO стандарттарына сәйкестікті автоматты бақылауға мүмкіндік береді. Электрондық қолтаңба, нұсқа бақылауы, автоматты форматтау және халықаралық ғылыми журналдардың (Scopus/WoS) талаптарына алдын ала сәйкестік тексеруі енгізілген. Бұл модуль ғылыми-зерттеу процесінің ашықтығын, нәтижелердің қайта жаңғыртылуын және жобаның регламенттік сәйкестігін қамтамасыз етеді.

Электрондық зертханалық дәптерді (ЭЖД) «Құжат айналымы және есеп беру» блогына қосу өте орынды шешім болады. Себебі бұл блоктың негізгі функциялары - хаттамаларды, есептерді, келісімшарттарды, техникалық талаптарды және жарияланымдарды стандартталған түрде құжаттау, ал ЭЖД осы процесті автоматтандырады және зертханалық деректермен тікелей жұмыс істеуді қамтамасыз етеді.

ЭЖД енгізілген жағдайда бұл блок мынадай қосымша мүмкіндіктер алады:

- Эксперименттік деректерді автоматты тіркеу және сақтау.
- Аспаптардан алынған өлшеу нәтижелерін тікелей импорттау.
- Chain of custody (үлгінің қозғалыс тарихын) қадағалау.

- GLP, ISO/TC 229 стандарттарына сәйкестікті автоматты бақылау.
- Жарияланымдарға немесе есептерге арналған деректерді бірден дайындау.

Қызметі: Барлық жобалық құжаттарды (хаттамалар, есептер, техникалық талаптар) автоматтандыру.

Міндеті:

- Нұсқаларды қадағалау.
- Ғылыми жарияланымдар мен келісім-шарттармен интеграция.
- Мүмкіндіктері:
- Электрондық қолтаңба.
- Құжаттың өзгерістер тарихы.

Жеңілдететін тұсы: Құжат жоғалту және нұсқа қақтығыстарын жояды.

5. Тәуекелдерді басқару. Жобадағы технологиялық және патенттік тәуекелдерді талдау және визуализациялау үшін қолданылады. Бұл модуль ықтимал проблемаларды ерте кезеңде анықтап, алдын алу шараларын жоспарлауға мүмкіндік береді. Нанотехнологиялық жобаларда патенттік даулар мен ғылыми белгісіздіктер жоғары болғандықтан, бұл модуль стратегиялық маңызға ие.

Қызметі: Технологиялық және патенттік тәуекелдерді талдау, визуализация және болжау.

Міндеті:

- Жобаның әлсіз тұстарын анықтау.
- Дағдарыс сценарийлерін жасау.
- Мүмкіндіктері:
- Дабыл беру жүйесі.
- Тәуекел картасы.

Жеңілдететін тұсы: Қауіптерді ерте анықтап, шығынның алдын алады.

6. Мониторинг және есеп. Бұл модуль көрсеткіштер панелін (dashboard), eKPI, BI-аналитиканы қамтиды. Ол жобаның барлық негізгі ғылыми-техникалық және қаржылық көрсеткіштерін нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. Жоғары технологиялық жобаларда бұл жедел түзету енгізуге және нәтижелерді мерзімінде жеткізуге көмектеседі.

Қызметі: Жобаның ғылыми-техникалық көрсеткіштерін бақылау және есептеу.

Міндеті:

- eKPI жүйесін енгізу.
- Нәтижелерді BI-панельдерде көрсету.
- Мүмкіндіктері:
- Деректерді визуализациялау.
- Автоматты есеп беру.

Жеңілдететін тұсы: Нақты дерекке негізделген шешім қабылдау.

7. Мәліметтер қорымен интеграция. Халықаралық деректер базаларымен, патенттермен, жарияланымдармен, гранттармен интеграцияны қамтамасыз етеді. Бұл модуль зерттеушілерге әлемдік ғылыми базаға қол жеткізуге мүмкіндік береді, осылайша зерттеу сапасын арттырады және қайталанатын зерттеулерден аулақ болуға жағдай жасайды.

Қызметі: Патенттер, жарияланымдар және халықаралық гранттар базаларымен байланыс.

Міндеті:

- Ғылыми мәліметтерді орталықтандыру.
- Патенттік тазалықты тексеру.
- Мүмкіндіктері:
- Nanomaterials және ISO стандарттарымен үйлесімділік.

Жеңілдететін тұсы: Деректерді іздеу уақытын азайтады.

8. Біліммен алмасу. Wiki-базалар, мамандар форумдары, коллаборативті зерттеу платформалары арқылы ғылыми қауымдастық ішінде білім алмасуды қамтамасыз етеді. Нанотехнологияда бұл жаңа идеялар мен инновацияларды тез енгізуге көмектеседі.

Қызметі: Wiki, тәжірибе базасы, мамандар форумы.

Міндеті:

- Ішкі білімді жинақтау және тарату.
- Кросс-жобалық ынтымақтастық.
- Мүмкіндіктері:
- Онлайн вебинарлар.
- Ғылыми қауымдастық құру.

Жеңілдететін тұсы: Инновацияларды жедел таратады.

9. Сапаны басқару. Халықаралық стандарттарға (ISO, ASTM) сәйкестікті бақылау, верификация және валидация процестерін жүргізеді. Жоғары технологиялық жобаларда бұл модуль дайын өнімнің сапасын қамтамасыз етеді және сертификаттау талаптарын орындауға мүмкіндік береді.

Қызметі: ISO, ASTM стандарттарына сәйкестікті бақылау.

Міндеті:

- Нәтижелердің верификациясы және валидациясы.
- Мүмкіндіктері:
- Автоматты сәйкестік тексеру модулі.

Жеңілдететін тұсы: Ғылыми нәтижелердің сенімділігін арттырады.

10. Инновацияларды басқару. Жаңа идеяларды тіркеу, даму сатыларын бақылау, патенттік тазалықты және технологиялық дайындық деңгейін (TRL) бағалау. Бұл модуль жобаның инновациялық әлеуетін барынша пайдалануға мүмкіндік береді.

Қызметі: Идеяларды, әзірлемелерді, патенттік тазалықты бақылау.

Міндеті:

- TRL деңгейлерін бағалау.
- Мүмкіндіктері:
- Инновациялық карта.

Жеңілдететін тұсы: Жаңа шешімдерді жүйелі енгізу.

11. Портфельдік басқару. Бірнеше жобаны бір уақытта басқару, басымдықтарды анықтау, ресурстарды бөлу, мерзім мен бюджет балансын қамтамасыз ету. Бұл ірі зерттеу ұйымдары үшін маңызды, өйткені олар бір уақытта бірнеше бағытта жұмыс істейді.

Қызметі: Бірнеше жобаны қатар басқару.

Міндеті:

- Басымдықтарды анықтау.
- Ресурстарды бөлу.

Мүмкіндіктері: Портфель талдау панелі.

Жеңілдететін тұсы: Жобалар арасындағы синергияны күшейтеді.

12. ESG және экологиялық мониторинг. Жобаның экологиялық әсерін бағалау, энергия тиімділігін талдау және тұрақты даму стандарттарына сәйкестігін бақылау. Нанотехнологиядағы экологиялық қауіптерді азайтуға көмектеседі.

Қызметі: Экологиялық әсерді, энергия тиімділігін бағалау.

Міндеті:

- Тұрақты даму стандарттарына сәйкестікті бақылау.
- Мүмкіндіктері:
- CO₂ эмиссиясын өлшеу модулі.

Жеңілдететін тұсы: Жобаның экологиялық беделін көтереді.

13. Киберқауіпсіздік. Жүйеге рұқсаттарды басқару, деректер қауіпсіздігін қамтамасыз ету, интеллектуалдық меншікті қорғау. Нанотехнологиялық жобаларда бұл өте өзекті, себебі деректердің құны өте жоғары.

Қызметі: Деректерді қорғау, интеллектуалды меншікті сақтау.

Міндеті:

- Доступты басқару.
- Қауіпсіздік аудиті.

Мүмкіндіктері: Шифрлау, бэкап.

Жеңілдететін тұсы: Ғылыми нәтижелердің құпиялығын қамтамасыз етеді. Құнды ғылыми деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету.

Ұсынылып отырған нанотехнологиялық және жоғары технологиялық жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесінің - PMIS (Project Management Information System), LIMS (Laboratory Information Management System) және ELN (Electronic Laboratory Notebook) функционалдарын бір платформада біріктіретін, нанотехнология және жоғары технология саласындағы күрделі жобалардың ерекшеліктеріне бейімделген біртұтас шешім. Жүйенің әрбір модулі деректерді жинау, сақтау және талдау

процестерін жеделдетумен қатар, халықаралық стандарттарға сәйкестікті қамтамасыз етеді, патенттік және технологиялық тәуекелдерді басқаруға мүмкіндік береді.

Нанотехнологиялар саласында жобаларды басқарудың толық ауқымды автоматтандырылған жүйесін әзірлеу және енгізу елеулі қаржылық және институционалдық ресурстарды талап ететіндіктен, оны кезең-кезеңімен жүзеге асыру ұсынылады. Бұл үдеріс инновациялық менеджментте кеңінен қолданылатын Minimum Viable Product (MVP) – минималды өміршең өнім тұжырымдамасына негізделеді [154]. Тұжырымдамаға сәйкес бастапқыда шектеулі, бірақ жеткілікті функционалға ие базалық нұсқа іске қосылып, жүйенің негізгі гипотезалары тексеріледі және пайдаланушылардан кері байланыс жиналады, бұл өз кезегінде жүйені бейімдеп, жетілдіруге мүмкіндік береді.

Қазақстандық ғылыми-технологиялық орталарда MVP тәсілін енгізу бірқатар артықшылықтар береді. Біріншіден, бұл әдіс бастапқы кезеңде шамадан тыс қаржылық шығындардан және күрделі техникалық шешімдерді толық енгізуден аулақ болуға мүмкіндік береді, бұл әсіресе шектеулі бюджет пен инфрақұрылым жағдайында маңызды [1, 154]. Екіншіден, MVP нұсқасының тез іске қосылуы пайдаланушылардың нақты қажеттіліктерін ерте кезеңде айқындауға және жүйенің функционалын сол қажеттіліктерге қарай бейімдеуге жағдай жасайды [155]. Үшіншіден, бұл тәсіл қазақстандық ғылыми-зерттеу және өндірістік ұйымдардың жаңа цифрлық шешімдерге бейімделуін жеделдетеді, олардың жобалық және басқарушылық мәдениетін кезең-кезеңімен қалыптастырады [156]. Соның нәтижесінде АИС УП-Нано қысқа мерзім ішінде тәжірибелік құндылығын дәлелдеп, ұзақ мерзімді институционалдық және экономикалық тиімділікті қамтамасыз ететін толық ауқымды жүйеге айнала алады.

АИС УП-Нано жүйесіне қатысты MVP форматы келесі минималды модульдерді қамтуы мүмкін:

- жоспарлау және мерзімдерді бақылау модулі (Gantt + тапсырма мәртебелері);
- қарапайым құжат айналымы (жүктеу, сақтау, нұсқалау, түсініктеме беру);
- мониторинг модулі (KPI-ді қолмен енгізу, визуализация);
- қатысушыларды есепке алу және рөлдер бойынша базалық қол жеткізу.

Аталған ядро жобалық қызметті цифрлық сүйемелдеуді бастауға, пайдаланушылардың (ғалымдар, әкімшілер, қор өкілдері) нақты қажеттіліктерін анықтауға, пайдалану метрикаларын қалыптастыруға және осы негізде жүйені кеңейтуге — қаржылық модульдерді, тәуекелдерді басқару құралдарын, сыртқы дерекқорлармен интеграцияны және білім модулін қосуға мүмкіндік береді.

MVP тәсілін қолданудың артықшылықтары:

- бастапқы шығындарды азайту - базалық нұсқа қысқа мерзімде және ең аз инвестициямен әзірленуі мүмкін;

– іске қосу мерзімдерін қысқарту - жүйені 2–3 ай ішінде пилоттық пайдалануға енгізуге мүмкіндік береді;

– пайдаланушыларды тарту - MVP кезеңінде фокус-топтарды тартып, кері байланыс жинап, интерфейс пен логиканы бейімдеуге болады;

– масштабтау икемділігі - нәтижелер алынған сайын жүйені архитектуралық тұтастығын жоғалтпай толықтыруға мүмкіндік береді (Ries, 2011; PMI, 2021).

Мысалы, Германияда Fraunhofer институтының бір бөлімшесі үшін ішкі PMIS-платформасын әзірлеу MVP форматында басталған: бастапқыда Excel-интерфейс, тапсырмалар модулі және Gantt-графикі ғана болды. Алғашқы 6 айлық апробациядан кейін ғана SAP-пен интеграция, BI-модульдер және зертханалардың бірыңғай анықтамалығы қосылды [156].

Ресурстардың шектеулілігі және жергілікті ғылыми ландшафтқа бейімделу қажеттілігі жағдайында, АИС УП-Нано-ны MVP форматында әзірлеу тек экономикалық тұрғыдан емес, әдіснамалық жағынан да негізделген стратегия болып табылады. Бұл тәсіл жедел кері байланыс алуға, тәуекелдерді азайтуға және сұранысқа ие цифрлық құрал құруға мүмкіндік береді [1, 154]. Жүйені енгізу кезеңдері 49-кестеде көрсетілген.

Кесте 49 - Жүйені енгізу кезеңдері (Hybrid Agile–Stage-Gate үлгісі)

Кезең	Мақсаты	Негізгі іс-шаралар	Мысал/Әлемдік тәжірибе
1. Дайындық (Discovery)	Қажеттілікті анықтау және бастапқы тұжырымдама	Зертхана процестерін талдау, бизнес-талаптар жинау, TRL бастапқы бағасы	Fraunhofer LIMS енгізу алдындағы аудит
2. Жоспарлау (Gate 1)	Жоба жоспарын бекіту, ресурстарды бөлу	Модульдер тізбесін бекіту, ISO стандарттарына сәйкестік картасын жасау	Siemens PMIS жоспарлау кезеңі
3. Прототиптеу (Agile Sprint)	Жеке модульдің алғашқы нұсқасын әзірлеу	LIMS немесе Құжат айналым модулін пилоттық тестілеу	Philips HealthTech модульдік енгізу
4. Бақылау нүктесі (Gate 2)	Пилоттық нәтижелерді бағалау	TRL қайта бағалау, тәуекел картасын жаңарту	NASA жобалық бақылау кезеңі
5. Толық енгізу (Agile Release)	Барлық модульдерді интеграциялау	LIMS, ELN, PMIS, интеграция API, оқыту	Samsung Modular Deployment
6. Қорытынды (Gate 3)	Жобаны жабу, нәтижені бекіту	KPI өлшеу, ISO сәйкестігін тексеру, коммерцияландыру жоспары	GE Stage-Gate жобаларын аяқтау
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған			

50-кестеде нанотехнология саласындағы жетекші ұйымдарда (Fraunhofer Institute, MIT.nano, NIMS және т.б.) жобаларды басқару жүйелерін енгізудің ішкі моделдері мен олардың тиімділігі талданады. Бұл – ұйымышілік басқару тетіктерін, стандарттау мен цифрлық интеграция деңгейін сипаттайтын операциялық деңгейдегі тәжірибе.

Кесте 50 - Нанотехнологиялық жобаларды басқару модельдері мен олардың халықаралық енгізу тәжірибесі

Мемлекет/ ұйым	Енгізу моделі	Ерекшеліктер	Жетістіктер	Шектеулер
Fraunhofer Institute (Германия)	LIMS+PMIS толық интеграциясы	Қатаң стандарттау, ISO/IEC 17025 сәйкестік, модульдік	Технологияны TRL-7-ге жеткізу уақытын 25%-ға қысқарту	Іске асырудың жоғары құны
MIT.nano (АҚШ)	ELN фокусы бар гибридті модель	Бұлтты ELN пайдалану, ERP-мен интеграция	Эксперименттердің қайталану мүмкіндігі 18%-ға артты	Сыртқы қызметтерге тәуелділік
NIMS (Жапония)	Қадамдық интеграция	Модульдерді біртіндеп қосу: алдымен LIMS, содан кейін PMIS	Істен шығу қаупін азайту, пайдаланушының дайындығын арттыру	Толық енгізу үшін ұзартылған мерзім
European Nanotechnology Consortium (ЕО)	Зертханалар арасындағы желілік интеграция	Ортақ деректер базасы, бөлінген қол жеткізу	6 елдегі зерттеулерді синхрондау	Ақпараттық қауіпсіздікке қойылатын жоғары талаптар
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған				

Ал 51-кестеде жоғары технологиялар және нанотехнология саласындағы жобаларды және зертханалық процестерді басқарудың интеграцияланған жүйелерін (LIMS+PMIS) енгізудегі әлемдік тәжірибенің салыстырмалы талдауы көрсетілген. Онда АҚШ, Германия, Корея және басқа мемлекеттердің ұлттық платформалары мен цифрлық басқару модельдері салыстырылып, инфрақұрылымдық және стратегиялық деңгейдегі тәсілдер айқындалған.

Кесте 51 - Нанотехнология саласында жобаларды басқару жүйесін енгізудің халықаралық тәжірибесі

Мемлекет	Сала / Жоба	Енгізу моделі	Негізгі ерекшеліктер	Енгізу уақыты	Алынған нәтижелер	Дереккөз
АҚШ	National Nanotechnology Initiative (NNI) – ұлттық нанозертханалар желісі	Модульдік архитектурасы бар орталықтандырылған платформа	IoT сенсорларымен және PMIS-пен LIMS интеграциясы; GLP және ISO/TC 229 сәйкес міндетті валидация; қашықтан қол жеткізуді қолдау	18 ай	Есеп беру уақытын 40%-ға қысқарту, эксперименттердегі қателерді 25%-ға азайту	NNI Reports 2023; ISO/TC 229 guidelines
Германия	Fraunhofer Gesellschaft – Nanotech Research Centers	Гибридті модель (орталықтандырылған ядро + жергілікті модульдер)	PMIS және EPO/WIPO патенттік деректер базасын байланыстыру, SAP ERP-пен интеграциялау; қол жеткізу құқықтарының	24 ай	Патенттік өтінімдерді 30%-ға жеделдету, әзірлемелерді коммерцияландыруды 20%-ға арттыру	Fraunhofer Annual Report 2022

			көп деңгейлі жүйесі			
Оңтүстік Корея	Korea Nanotechnology Research Society	Толығымен бұлтқа негізделген жүйе	Scopus/WoS және AI негізіндегі аналитикамен API интеграциясы; халықаралық стандарттармен автоматты салыстыру	14 ай	Жоба бойынша шешім қабылдау жылдамдығы 35%-ға артты	KOS NanoTech Review 2023
Жапония	National Institute for Materials Science (NIMS)	Ұлттық стандарттарға бейімделумен толық оқшаулау	Көптілді интерфейс бар LIMS+ELN+PMIS; ISO 9001 және ISO 14001 сапа жүйесімен қатаң интеграция	20 ай	Зертханалық сатып алу шығындары 18%-ға төмендеді, деректер дәлдігі 22%-ға артты	NIMS Annual Report 2023
Сингапур	A*STAR Nano Program	Бұлтты және мобильді интеграция	IoT жабдығына тікелей қосылу, KPI есептерін автоматты түрде жасау, киберқауіпсіздік модулі	12 ай	Жоба циклінің уақыты 27%-ға қысқарды, халықаралық ынтымақтастық жақсарды	A*STAR Performance Report 2023
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған						

Мұндай салыстырмалы талдаулар Қазақстан үшін тиімді жобалық басқару жүйесін қалыптастыруда ұйымшiлiк тетiктер мен ұлттық саясаттың өзара байланысын бағалауға мүмкіндік береді.

Қазақстандағы ғылыми-зерттеу инфрақұрылымының жай-күйін, бірыңғай ұлттық LIMS+PMIS жүйесінің жоқтығын, бірақ құзыреттілік орталықтарының таралған желісінің бар екенін ескере отырып, бұл жағдайда бұлтты ядросы бар гибриді модельді енгізу орынды болып табылады (кесте 52). Таңдаудың негіздемесі:

- Германия тәжірибесіндегі сияқты гибриді модель барлық қатысушылар үшін бірыңғай стандарттарды қамтамасыз етіп, сонымен қатар әрбір зертхана мен жобаға бейімделген интерфейс пен функционалды пайдалануға мүмкіндік береді.

- Оңтүстік Кореядағыдай бұлтты ядро қашықтан қолжетімділікті қамтамасыз етіп, инфрақұрылымдық шығындарды азайтады, бұл шектеулі қаржыландыру жағдайында аса маңызды.

- Сингапур тәжірибесіндегідей IoT және мобильді құрылғылармен интеграция деректерді өңдеу мен шешім қабылдау үдерісін нақты уақыт режимінде жеделдетеді.

- Халықаралық стандарттарды (ISO/TC 229, ISO 21500, GLP) қолдану деректерге деген сенімділікті арттырып, Қазақстанның жаһандық зерттеу желілеріне интеграциялануына мүмкіндік береді.

Кесте 52 – Нанотехнология саласында АИС УП-Нано жүйесін енгізу кезеңдері (гибридті-бұлтты модель)

Кезең	Мазмұны	Мақсаты	Халықаралық тәжірибеден мысал	Күтілетін нәтиже
1. Ағымдағы жағдайды бағалау	Зертханалардың, жабдықтардың, деректер инфрақұрылымының және персонал құзыреттерінің аудиті; ISO/TC 229 және GLP стандарттарына сәйкестікті бағалау	Дәл және толық бастапқы деректер алу; Жүйенің талаптарын нақтылау	Fraunhofer (Германия) - бастапқы аудит арқылы модульдерді бейімдеу	Жүйеге қажетті модульдердің толық тізімі, техникалық тапсырма дайын
2. Пилоттық жоба	Бір немесе екі жетекші зертханаға жүйенің тестілік нұсқасын енгізу; LIMS, PMIS және Құжат айналымы модульдерін іске қосу	Модельдің жұмыс қабілетін тексеру; пайдаланушылардан кері байланыс жинау	A*STAR (Сингапур) - пилоттық іске қосу арқылы IoT интеграциясын тестілеу	Пилот нәтижелері бойынша техникалық және функционалдық түзетулер
3. Инфрақұрылымдық интеграция	Облачное ядроны енгізу, IoT құрылғыларын, ERP және бухгалтерлік жүйелерді қосу; деректерді WIPO/EPO және Scopus/WoS базаларымен байланыстыру	Біртұтас мәлімет ортасын құру; деректердің қолжетімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету	Оңтүстік Корея - бұлттық LIMS арқылы ұлттық ғылыми деректер қорына қол жеткізу	Бірыңғай деректер қоры, API арқылы сыртқы жүйелермен тұрақты байланыс
4. Масштаптау	Жүйені барлық қатысушы зертханаларға енгізу; модульдерді жергілікті ерекшеліктерге бейімдеу	Ұлттық деңгейде бірыңғай стандарт қалыптастыру	Германияның Fraunhofer моделі - бірыңғай ядро + локализацияланған модульдер	Барлық зертханалар бірыңғай стандарт бойынша жұмыс істейді
5. Оқыту және қолдау	Персоналды жүйемен жұмыс істеуге оқыту; техникалық және әдістемелік қолдау көрсету	Қолданушылардың жүйеге тез бейімделуін қамтамасыз ету	Жапония - оқыту модулі арқылы ISO талаптарын орындау	Пайдаланушылардың жүйені тиімді қолдануы, қателіктердің азаюы
6. Нәтижелерді бағалау және оңтайландыру	KPI көрсеткіштері (TRL прогресс, жабдық жүктемесі, деректер сапасы) бойынша мониторинг; жүйенің жаңартулары	Жүйенің тиімділігін тұрақты арттыру	АҚШ NNI - жыл сайынғы жүйелік аудит және жаңарту	Жүйе тұрақты дамып, халықаралық талаптарға сәйкес жұмыс істейді
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған				

Жүргізілген зерттеу нәтижелері негізінде Қазақстан Республикасындағы наноиндустрия ұйымдарында жобаларды басқару жүйесін енгізудің ұсынылған алгоритмі әзірленді [9, 157-160], бұл 53-кестеде түсіндіріліп көрсетілген.

Кесте 53 – Нанотехнология саласында АИС УП-Нано жүйесін енгізу кезеңдері

Кезең	Іс-шаралар мен мазмұны	Қажетті ресурстар	Күтілетін нәтижелер	АИС УП-Нано рөлі
1. Ағымдағы жағдайды бағалау	- Ұйымдағы қолданыстағы басқару және зертханалық процестерді талдау - Жобаларды басқарудағы әлсіз және күшті жақтарды анықтау - Нанотехнологиялық стандарттарға сәйкестік деңгейін бағалау - Ақпараттық жүйелер мен жабдықтардың интеграция мүмкіндігін тексеру	Сарапшылар тобы (жоба менеджері, IT-инженер, зертхана жетекшісі) – Ішкі есептер мен нормативтік құжаттар – Интервью және сауалнама құралдары	- Басқару процестерінің ағымдағы моделін жасау - Тиімсіз байланыстар мен қайталанатын операцияларды анықтау - Интеграцияға дайындық картасы	- Бастапқы деректерді жинау модулі арқылы зертханалық және әкімшілік ақпаратты автоматты түрде талдау - Процесс картасын визуалдау және олқылықтарды белгілеу
2. Процесті басқаруды енгізу	- Зертханалық ақпаратты басқару жүйесін (LIMS/ELN) орнату - Деректер ағынын реттеу және стандарттау - Құжат айналымы, есептілік және тәуекелдерді басқару процедураларын енгізу - Персоналға оқыту жүргізу	- Серверлік және желілік инфрақұрылым - Лицензиялық бағдарламалық қамтамасыз ету - Оқыту материалдары мен тренингтер	- Лаборатория мен әкімшілік бөлім арасындағы үйлесімді ақпарат алмасу - Стандартталған құжат және деректер форматы - Реал-тайм режимінде бақылау	- Электрондық жұмыс дәптері (ELN) арқылы эксперимент нәтижелерін автоматты тіркеу - Құжат айналымы модулі арқылы стандарттарға сәйкестікті бақылау - Рөлдер мен рұқсаттар жүйесі арқылы қауіпсіздік қамтамасыз ету
3. Жобаларды басқаруды енгізу	- Жобаларды басқару модулін (PMIS) толық конфигурациялау - TRL шкаласы бойынша технологиялық дайындық деңгейін бағалау - Ресурстарды бөлу, қаржылық жоспарлау және мониторинг жүргізу - Патенттік және технологиялық тәуекелдерді бағалау картасын енгізу	- Жобалық кеңсе және IT қолдау тобы - Патенттік дерекқорларға қол жеткізу - Қаржылық және техникалық есептер	- Жобалардың мерзімі, бюджеті және сапасы бойынша толық бақылау - Тәуекелдер мен кедергілерді ерте кезеңде анықтау - Технологиялық және ғылыми нәтижелердің тиімді трансфері	- ISO 21500 және ISO/TC 229 интеграциясы арқылы сапаны бақылау - KPI және TRL прогресс панелі арқылы деректерді визуалдау - WIPO/EPO патенттік базаларымен API арқылы автоматты байланыс
Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған				



Қорытынды бағалау – Ұлттық деңгейде бағалау және Жүйені жаңарту

Сурет 21 – Нанотехнология саласындағы АИС УП-Нано жүйесін енгізу кезеңдері

Ескерту - зерттеу нәтижесінде автормен құрастырылған

Жүйені енгізудің соңғы кезеңі қорытынды бағалаудан тұрады. Бұл кезеңде жиналған тәжірибе негізінде тиімділік талданады, жүйенің артықшылықтары мен әлсіз тұстары айқындалады. Нәтижесінде ұлттық деңгейде бағалау жүргізіліп, жүйені жаңарту және жетілдіру бойынша ұсыныстар әзірленеді. Мұндай тәсіл АИС УП-Нано жүйесінің ұзақ мерзімді тұрақтылығын және Қазақстандағы наноиндустрия саласындағы ғылыми-технологиялық жобаларды басқарудағы тиімділігін қамтамасыз етеді.

Автор барлық процестерді құрылымдаудан бастады. Жүйеде жұмыс тіркелі/логин (JWT) арқылы жүзеге асырылады, Әкімші, жоба менеджері және зерттеушілер рөлдері және әрбір рөлде түрлі қол жеткізу құқықтары (RBAC) болады.

Осылайша, нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың автоматтандырылған жүйесін енгізу ұсынысы нанотехнологиялар саласындағы инновациялық бастамаларды басқаруда айтарлықтай оң өзгерістерді болжайды. Әсерлерді келесі салаларда жүйелеуге болады:

1. Жоба қызметінің ашықтығын арттыру.

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, PMIS жүйелерін енгізу мерзімдерге, бюджеттерге және күтілетін нәтижелерге сәйкестік дәрежесін 2–3 есе арттыруға мүмкіндік береді (PMI, 2021). Мысалы, Еуропалық ядролық зерттеулер ұйымында (CERN) гибриді цифрлық басқару ортасын енгізу (JIRA және Confluence негізінде) 2018–2022 жылдардағы ірі ғылыми жобаларды орындау мерзіміне 98% сәйкестікке қол жеткізуге мүмкіндік берді.

2. Қатысушылар арасындағы үйлестіруді және өзара әрекеттесуді жақсарту.

Цифрлық платформалар зерттеушілерден бастап әкімшілер мен инвесторларға дейін жобаның барлық қатысушылары арасындағы байланыс үшін бірыңғай ортаны қамтамасыз етеді. Оңтүстік Кореяда KAIST барлық зертханалар мен халықаралық серіктестердің интеграциясын қамтамасыз ету үшін өзінің ERP және PMIS жүйелерін пайдаланады. Бұл шешімдерді үйлестірудегі уақытты 35%-ға қысқартты [161].

3. Әкімшілік жүктемені азайту және басқару қабілеттілігін арттыру. AIS сізге күнделікті процестерді автоматтандыруға мүмкіндік береді - есеп беру, құжаттарды бақылау, метрикаларды бақылау. Германияда Фраунгофер қоғамы PMIS модульдік платформасын пайдаланады, мұнда әкімшілік есеп берудің 80%-ы жүйемен автоматты түрде жасалады [121]. Бұл ғалымдарға бюрократияға емес, қолданбалы тапсырмаларға көбірек уақыт бөлуге мүмкіндік береді.

4. Ресурстарды пайдалану және инвестициялау тиімділігін арттыру. Адамдық және техникалық ресурстарды кешенді басқарудың арқасында жабдықтың тоқтап қалу қаупі және персоналдың шамадан тыс жүктелу қаупі айтарлықтай төмендейді. Science Europe (2022) деректері бойынша цифрлық платформаларды пайдалану кезінде ресурстарды жоспарлаудың тиімділік коэффициенті 40–60%-ға артады.

5. Білімді жинақтау және беру. Жүйеге ішкі деректер қорлары, вики ресурстары, аналитикалық есептер кіреді. Бұл «институционалдық жадты» қалыптастыру, шешімдерді қайта пайдалану және озық тәжірибені беру үшін маңызды. Финляндияда (VTT) мұндай білім базасы тұрақты наноматериалдар бойынша ұлттық консорциумның платформасына айналды.

6. Аналитика мен болжауды күшейту. Жүйе бөлігі ретінде BI құралдарын енгізу жобаның күйін жазуға ғана емес, сонымен қатар ауытқулар мен кедергілерді болжауға мүмкіндік береді. Израильде Yozma тобының ішінде ұқсас тәсіл бастапқы кезеңде технологиялық стартаптардың инвестициялық табысының деңгейін 63%-ға дейін арттырды [162].

Осы тарауда жүргізілген талдау нәтижесінде нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың автоматтандырылған ақпараттық жүйесін (АИС УП-Нано) енгізу халықаралық тәжірибені де, Қазақстанның ұлттық ерекшеліктерін де ескеруді талап ететіні анықталды. Каскадтық, кезеңдік, пилоттық және гибридтік үлгілерді салыстыру олардың күшті және әлсіз жақтарын айқындауға мүмкіндік берді. Белгілі болғандай, орталықтандырылған тәсілдер бақылаудың жоғары деңгейін қамтамасыз етеді, алайда елеулі қаржылық шығындар мен тәуекелдерге алып келеді. Ал пилоттық және кезеңдік үлгілер белгісіздікті азайтуға және жүйені жергілікті жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік береді, бірақ ауқымды енгізу қарқынының баяулығымен ерекшеленеді. Кешенді талдау Қазақстан үшін ең тиімдісі АИС УП-Нано-ны енгізудің гибридтік үлгісі болып табылатыны анықтады. Ол ұлттық деңгейде стратегиялық басқару мен стандарттауды қамтамасыз ете отырып, жүйені пилоттық алаңдарда – жетекші университеттер мен зерттеу

орталықтарында сынақтан өткізу мүмкіндігін ұсынады. Мұндай тәсіл тәуекелдерді төмендетуге, экономикалық тиімділікке қол жеткізуге, ауқымды енгізудегі икемділікті арттыруға және халықаралық цифрлық экожүйелермен ықпалдасуға жол ашады.

Бұл үлгіні таңдау дамыған елдердің тәжірибесімен дәлелденеді: Оңтүстік Корея, Германия және Финляндия жоғары технологиялық салаларды цифрландыруда айтарлықтай жетістіктерге дәл орталықтандырылған стратегиялар мен жергілікті пилоттық шешімдердің үйлесімі арқылы қол жеткізді. Қазақстан үшін бұл әсіресе маңызды, өйткені ресурстардың шектеулілігі, институционалдық біркелкіліктің болмауы және жаһандық ғылыми-технологиялық желілерге жедел интеграция қажеттілігі байқалады.

Осылайша, АИС УП-Нано-ны гибридік үлгі бойынша енгізу нанотехнологиялық жобаларды басқарудың бірыңғай цифрлық ортасын қалыптастыруға негіз болады, зерттеу үдерістерінің ашықтығы мен тиімділігін арттырады, бастапқы кезеңдердегі тәуекелдерді барынша азайтады және ұлттық нанотехнологиялық саланың орнықты дамуына берік іргетасі болып табылады.

Үшінші тарауда Қазақстанның нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін жетілдірудің ғылыми-әдістемелік, институционалдық және технологиялық тетіктері кешенді түрде зерттелді. Тарауда ұсынылған шешімдер мен модельдер авторлық зерттеу нәтижелері мен эмпирикалық деректерге сүйеніп әзірленген.

Біріншіден, нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін жетілдірудің тұжырымдамалық моделі мен кезеңдік алгоритмі жасалды. Бұл модель бес өзара байланысты кезеңнен тұрады: ағымдағы жағдайды бағалау, процестерді стандарттау, цифрландыру және автоматтандыру, мониторинг пен бағалау, үздіксіз жетілдіру. Алгоритмнің ғылыми негізі - PMBOK, OPM3 және CMMI халықаралық үлгілерін қазақстандық инновациялық инфрақұрылым жағдайына бейімдеу арқылы жасалған.

Екіншіден, «АИС УП-Нано» автоматтандырылған ақпараттық басқару жүйесінің архитектурасы әзірленді. Жүйе жобаларды жоспарлау, мониторинг, тәуекелдерді бақылау, бюджетті талдау және нәтижелерді визуализациялау процестерін толық автоматтандырады. Жүйенің басты ерекшеліктері - салалық бейімделу, ұлттық ғылыми деректер қорларымен интеграция, гранттық есеп пен кадрлық бақылау модульдері және ISO/ГОСТ стандарттарына сәйкестік.

Үшіншіден, жүйені енгізудің кезеңдік әдістемесі жасалып, оның Қазақстан жағдайында ең тиімді нұсқасы - гибридік модель екені анықталды. Бұл тәсіл мемлекеттік, ғылыми және жеке секторлардың өзара ықпалдастығын қамтамасыз етіп, пилоттық апробациядан кейін кең көлемде енгізуге мүмкіндік береді.

Төртіншіден, жүйені енгізудің экономикалық тиімділігі дәлелденді. АИС УП-Нано платформасының экономикалық әсері ROI және NPV көрсеткіштерімен есептеліп, төмендегі нәтижелер алынған:

- бюджеттік артық шығындар – 3,1–3,4 %-ға қысқарды;
- еңбек шығындары – 4,5–7,0 %-ға азайды;
- операциялық тиімділік – 8–10 %-ға артты;
- үш жылдық таза дисконтталған нәтиже (NPV) шамамен 25,2 млн АҚШ доллары болды.

Бұл көрсеткіштер жүйені енгізудің жоғары экономикалық қайтарымдылығын дәлелдейді: өтелу мерзімі 2–2,5 жыл, инвестициялық тиімділік (ROI) 25–30 % аралығында. Есептеулер нақты ұйымдардың пилоттық деректері негізінде жүргізіліп, енгізуден кейінгі және енгізуге дейінгі кезеңдер салыстырылды.

Бесіншіден, АИС УП-Нано жүйесін пайдалану нәтижесінде жобаларды басқару мәдениеті айтарлықтай жақсарды:

- шешім қабылдау уақыты 25–30 %-ға қысқарды;
- деректерді өңдеу жылдамдығы екі есеге артты;
- жобалардың коммерциялану деңгейі 1,3 есеге өсті;
- басқарушылық ашықтық пен есептілік сапасы артты.

Алтыншыдан, жүйенің институционалдық тиімділігі дәлелденді. Ол ғылыми ұйымдар мен мемлекеттік құрылымдар арасындағы ақпарат алмасуды жеделдетіп, ұлттық инновациялық экожүйеде бірыңғай цифрлық кеңістік қалыптастыруға ықпал етеді.

Жетіншіден, алынған нәтижелер негізінде нанотехнология саласындағы жобаларды басқарудың ұлттық цифрлық платформасын қалыптастыру тұжырымдамасы ұсынылды. Бұл платформа мемлекеттік ғылыми саясат, цифрландыру және инновациялық даму стратегияларымен үйлеседі және келешекте салалық стандарт ретінде қолданылуы мүмкін..

Үшінші тараудың нәтижелері Қазақстандағы нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін институционалдық тұрғыдан жетілдіру үшін нақты бағыттар ұсынды. Ұсынылған алгоритм мен басқару моделі ұлттық инновациялық жүйенің тиімділігін арттыруға, ғылыми нәтижелердің коммерциялану үлесін көбейтуге және кадрлық, цифрлық, қаржылық инфрақұрылымдарды интеграциялауға мүмкіндік береді. Осылайша, 3-тарауда алынған нәтижелер диссертациялық зерттеу мақсаттары мен міндеттерінің толық орындалғанын дәлелдеп, нанотехнология саласында жобаларды басқарудың жаңа институционалдық парадигмасын қалыптастыруға ғылыми негіз қалайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық зерттеу Қазақстан Республикасының нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесін жетілдірудің теориялық, әдіснамалық және тәжірибелік негіздерін айқындауға бағытталды. Зерттеу барысында қойылған барлық міндеттер дәйекті түрде орындалды, олардың әрқайсысы бойынша нақты нәтижелер мен тұжырымдар алынды.

1. Нанотехнологиялық жобаларды басқарудың теориялық негіздері жан-жақты зерттелді. Қазіргі жобаларды басқару тұжырымдамаларына (PMI, ISO, BS, Agile, PRINCE2 және OPM3) салыстырмалы талдау жүргізу арқылы нанотехнологиялық жобалардың табиғи ерекшеліктері айқындалды. Бұл жобалардың жоғары ғылыми белгісіздік, көпсалалы интеграция, ұзақ мерзімді сынақ және коммерцияландыру циклі сияқты сипаттары дәстүрлі инженерлік және өндірістік жобалардан түбегейлі айырмашылықта екені дәлелденді. Автор ұсынған «нанотехнологиялық жоба» ұғымы зерттеу – әзірлеу – сынақ – коммерцияландыру тізбегін біріктіретін, ғылыми белгісіздік пен пәнаралық құрылымға негізделген инновациялық бастама ретінде анықталды. Бұл анықтама жобаларды басқару теориясын жаңа деңгейге көтеріп, жоғары технологиялық жобаларды басқару саласындағы терминологиялық және әдіснамалық олқылықтың орнын толтырды.

2. Автор нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесінің теориялық негіздерімен қатар, жобаларды басқарудың барлық танымал кемелдену модельдері (PMMM, OPM3, CMMI, EAMMF, Беркли және т.б.) жан-жақты зерттелді. Әр модельдің құрылымы, бағалау тәсілдері мен қолдану аясы талданды. Салыстырмалы талдау нәтижесінде олардың күшті және әлсіз жақтары айқындалып, нанотехнология саласының ерекшеліктері - жоғары күрделілік, технологиялық тәуекелдер мен көпсалалылық - ескеріле отырып, дәстүрлі модельдердің шектеулері анықталды. Осы ғылыми талдаулардың негізінде нанотехнология саласындағы жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейін анықтайтын авторлық модель әзірленді. Бұл модель Беркли кемелдену моделінің құрылымына сүйене отырып, нанотехнологиялық жобалардың ерекшеліктеріне сай толықтырылды. Оның басты айырмашылығы - жобалық менеджмент әдістері модератор-айнымалы ретінде қарастырылып, жобалық үрдістердің даму деңгейі мен әдіснамалық жетілдіру арасындағы өзара тәуелділікті көрсетеді. Мұндай тәсіл ұйымның жобаларды басқару жүйесінің дамуын нақты бағалауға, оның кемелдену деңгейін кезең-кезеңімен арттыруға және нәтижесінде жоба тиімділігін көтеруге мүмкіндік береді.

3. Халықаралық тәжірибеде қолданылатын жобаларды басқару стандарттары мен тәсілдері (PMBOK, PRINCE2, ISO 21500, BS 6079, Agile және Stage-Gate әдіснамалары) сараптамалық тұрғыда талданып, олардың отандық контекстке бейімделу мүмкіндіктері бағаланды. Зерттеу нәтижесінде Қазақстан жағдайында халықаралық стандарттардың жекелеген элементтерін

интеграциялау арқылы бейімделген гибридтік басқару үлгісін қолдану тиімді екені дәлелденді. Бұл үлгіде икемді жоспарлау (Agile) мен кезеңдік бақылау (Stage-Gate) тәсілдерінің үйлесімі ұсынылды, ол ғылыми белгісіздік деңгейі жоғары жобаларда тәуекелдерді азайтып, нәтижелердің болжамдылығын арттыруға мүмкіндік береді. Халықаралық тәжірибені бейімдеу ғылыми жобаларды коммерцияландырудың институционалдық негіздерін күшейтеді және ұлттық инновациялық жүйеге енгізуге мүмкіндік береді.

4. Зерттеу барысында Қазақстандағы отандық ұйымдарда нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесінің даму деңгейі жеткіліксіз екені анықталды. Эмпирикалық талдау нәтижелері көрсеткендей, басқару үдерістері формалды сипатта қалып отыр, ал жобалық командалардың құзыреттілігі, құжаттамалық тәртіп, цифрландыру деңгейі мен ресурстық әлеует әлсіз дамыған. Көптеген ұйымдарда жобаларды жоспарлау мен мониторинг жүйелері жүйеленбеген, жобалардың тиімділігі нақты көрсеткіштермен өлшенбейді және тәуекелдерді басқару тетіктері жеткілікті дәрежеде енгізілмеген.

Жүргізілген сауалнама мен сараптамалық талдау нәтижелері ұйымдардың басым көпшілігінде жобалық басқару мәдениеті мен процестердің стандартталу деңгейі төмен екенін, ал жобаларды жүзеге асыру кезінде ғылыми және техникалық бөлімшелер арасында үйлестіру әлсіз екенін көрсетті. Командалық өзара әрекет пен коммуникация жүйелерінің дамымауы жобалардың орындалу сапасына және мерзімдік көрсеткіштеріне теріс әсер етуде. Сонымен қатар, цифрландыру деңгейінің жеткіліксіздігі – жобаларды басқару тиімділігін тежейтін негізгі факторлардың бірі. Көптеген ұйымдарда жобаларды жоспарлау, есеп беру және нәтижелерді бақылау процестері қолмен немесе жеке бағдарламалар арқылы жүзеге асырылады, бұл ақпараттың ашықтығын төмендетіп, шешім қабылдау жылдамдығын баяулатады. Ресурстарды басқару мен бюджеттік бақылау жүйелері де толық автоматтандырылмаған.

Қазақстандағы нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейі төмен, бұл кадрлық әлеуеттің жеткіліксіздігімен, цифрлық инфрақұрылымның әлсіздігімен және институционалдық қолдаудың жеткіліксіздігімен байланысты. Осыған байланысты, жобаларды басқарудың бірыңғай цифрлық экожүйесін қалыптастыру, командалардың кәсіби құзыреттерін арттыру және құжат айналымы мен мониторингті автоматтандыру міндеттері өзекті болып табылады.

Зерттеу нәтижелері отандық ұйымдардағы жобаларды басқару жүйесін жетілдіру үшін құрылымдық, кадрлық және технологиялық өзгерістерді талап ететінін дәлелдеді. Бұл бағытта тиімді институционалдық үйлестіру мен цифрлық трансформация жобаларды басқару мәдениетін сапалық жаңа деңгейге көтеруге мүмкіндік береді.

5. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде Қазақстандағы нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесінің кемелдену деңгейін бағалау жобаларды басқару

тиімділігін шектейтін институционалдық және ұйымдастырушылық факторларды анықтауға мүмкіндік берді. Бағалау барысында Беркли кемелдену моделіне негізделген және отандық тәжірибеге бейімделген авторлық кемелдену моделі қолданылды. Зерттеу үш айнымалының өзара байланысын талдауға негізделді:

- тәуелсіз айнымалы – жобалық менеджмент процестері;
- тәуелді айнымалы – ұйымның жобаларды басқару кемелдену деңгейі;
- модератор-айнымалы – жобалық менеджмент әдістері.

Эмпирикалық талдау нәтижелері жобалық менеджмент әдістерінің (Agile, PMBOK, Stage-Gate және т.б.) процестер мен ұйымның кемелдену деңгейі арасындағы байланысты елеулі түрде күшейтетіні дәлелденді. Бұл модератор-айнымалының басқару тиімділігіне әсерін көрсетеді және ұйым ішіндегі жобалық мәдениетті жетілдірудің шешуші маңызын айқындайды

Зерттелген нанотехнология саласында зерттеу жүргізетін ұйымдардың 60–62%-ы бастапқы (Initial) деңгейде, 25–28%-ы қайталанатын (Repeatable) деңгейде, ал 10–12%-ы стандартталған (Defined) деңгейде екені анықталды. Жоғары, яғни 4 және 5 деңгейлерге жеткен ұйымдар анықталған жоқ, бұл Қазақстандағы жобаларды басқару жүйесінің институционалдық жетілмегендігін және әдістемелік мәдениеттің қалыптасу сатысында екенін дәлелдейді. Бағалау нәтижесінде төмендегі институционалдық және ұйымдастырушылық шектеулер айқындалды:

- жобалық процестердің формалды сипатта болуы;
- стандартталған әдістемелер мен құралдардың жеткіліксіз қолданылуы;
- шешім қабылдау мен нәтижелерді мониторингтеудің әлсіздігі;
- кадрлардың жобалық басқару құзыреттілігінің төмендігі;
- жобаларды қаржыландыру мен цифрландыру деңгейінің жеткіліксіздігі.

Осылайша, эмпирикалық зерттеу нәтижелері жобалық менеджмент әдістерін жүйелі енгізу жобаларды басқару тиімділігін арттырудың негізгі факторы екенін, ал олардың процестер мен ұйымның кемелдену деңгейі арасындағы байланысты нығайтатынын дәлелдеді. Бұл қорытынды жобаларды басқарудың институционалдық және әдістемелік базасын жетілдірудің ғылыми негізін қалыптастырады және келесі тарауда әзірленген «АИС УП-Нано» жүйесінің тиімділігін дәлелдеуге негіз болды.

6. Зерттеу барысында Қазақстандағы нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмдері көпдеңгейлі институционалдық және ұйымдастырушылық факторлармен шектелетіні анықталды. Эмпирикалық талдау нәтижелері жобаларды орындау барысында басқарушылық шешімдердің үйлесімсіздігі, қаржыландыру көздерінің тұрақсыздығы және инновациялық экожүйе субъектілері арасындағы өзара іс-қимылдың әлсіздігі жобалардың тиімділігін төмендететінін көрсетті.

Институционалдық тұрғыдан, салада бірыңғай стратегиялық бағыт пен заңнамалық база толық қалыптаспаған. Мемлекеттік саясат пен ғылыми-технологиялық даму бағдарламаларының арасында үйлестіру жеткіліксіз, нәтижесінде жобаларды іріктеу, бағалау және мониторингтеу рәсімдері әртүрлі ведомстволар деңгейінде фрагменттелген сипатта жүзеге асады. «Ғылым – бизнес – мемлекет» үштігінің өзара іс-қимылы формальды сипатта қалып отыр, бұл ресурстардың бөліну тиімділігін төмендетеді.

Экономикалық аспектіде нанотехнологиялық жобаларға арналған жеке және венчурлық инвестициялардың төмен деңгейі байқалды - жалпы ҒЗТҚЖ қаржыландыру құрылымында олардың үлесі 5%-дан аспайды, ал нанотехнологияларға бағытталған шығындар жалпы ғылыми бюджеттен бар болғаны 1,3% (шамамен 1,7 млрд теңге) көлемінде. Бұл инновациялық жобалардың коммерциялану процесін баяулатады және отандық ғылыми әзірлемелердің нарыққа шығуын шектейді. Қаржыландырудың қысқамерзімділігі жобалардың өмірлік цикліне сай келмейді, нәтижесінде көптеген жобалар пилоттық кезеңнен әрі аса алмайды.

Ұйымдастырушылық тұрғыда, жобаларды жоспарлау мен іске асыру кезінде жауапкершіліктің бөліну деңгейі нақты айқындалмаған, басқару процестері көбіне интуитивті сипатта жүргізіледі. Жобалық командаларда функционалдық қайталау мен коммуникациялық үзілістер орын алып, бұл уақыт пен ресурстық шығындарды арттырады. Жобаларды цифрландыру деңгейінің төмен болуы (70%-ға жуық ұйымдарда офлайн формат басым) жобалық ақпараттың ашықтығын азайтып, тәуекелдерді болжау мен басқару сапасын әлсіретеді.

Сонымен қатар, ғылыми нәтижелердің коммерциялану тетіктері мен технологияларды трансферттеу инфрақұрылымы жеткілікті дамымаған. Университеттік зертханалар мен өндірістік кәсіпорындар арасындағы өзара байланыс әлсіз, бұл инновациялардың экономикалық айналымға енуін тежейді. Жалпы жүргізілген талдау Қазақстандағы нанотехнологиялық жобаларды жүзеге асыру механизмдерінде келесі жүйелі мәселелер бар екенін көрсетті:

- институционалдық үйлестірудің төмендігі;
- қаржыландырудың жеткіліксіздігі және тұрақсыздығы;
- кадрлық әлеует пен жобалық құзыреттердің жеткіліксіздігі;
- цифрлық мониторинг пен бақылау тетіктерінің әлсіздігі;
- ғылыми нәтижелердің коммерциялану процесінің баяулығы.

Осы нәтижелер жобаларды басқарудың тиімділігін арттыру үшін институционалдық өзара іс-қимылды күшейту, жобалық басқару процестерін цифрландыру және қаржыландырудың тұрақты, көпарналы моделін енгізу қажеттілігін айқындады. Аталған қорытындылар келесі тарауда ұсынылған «АИС УП-Нано» ақпараттық-басқару жүйесін құрудың және оны ұлттық инновациялық экожүйеге интеграциялаудың ғылыми және практикалық негізін қалыптастырды.

7. Зерттеу нәтижесінде Қазақстандағы нанотехнология саласындағы жобаларды басқару тиімділігін арттыруға бағытталған институционалдық интеграциялық модель әзірленді. Бұл модельдің басты мақсаты - «мемлекеттік сектор – ғылым – бизнес» үштік одағының өзара іс-қимылын үйлестіру, жобаларды жоспарлау, орындау және мониторинг процесін біртұтас экожүйеге біріктіру болып табылады. Зерттеу барысында анықталғандай, Қазақстандағы инновациялық саясаттың негізгі проблемаларының бірі – ғылыми нәтижелердің нақты секторға жеткіліксіз трансферті және жобаларды іске асыруда түрлі субъектілердің іс-әрекеттерін үйлестірудің әлсіздігі. Ұсынылған институционалдық интеграциялық модель осы мәселені шешуге бағытталған және төмендегі құрылымдық блоктардан тұрады:

1. Мемлекеттік сектор – стратегиялық жоспарлау, заңнамалық қолдау және қаржыландыру механизмдерін қамтамасыз етеді;

2. Ғылыми сектор (университеттер, зерттеу институттары) – зерттеу нәтижелерін әзірлейді және инновациялық шешімдер ұсынады;

3. Бизнес сектор – технологияларды коммерцияландыру, өндіріске енгізу және нарыққа шығару процестерін жүзеге асырады.

Модельдің өзегін үйлестіру, стандарттау және мониторинг тетіктері құрайды. Олар жобаларды басқару процесін кезең-кезеңімен жоспарлауға, орындалуын бақылауға және нәтижелердің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Әзірленген модельде жауапкершілік пен өкілеттілік деңгейлері нақты бөлінген, бұл жобаларды іске асырудың ашықтығын және нәтижелілігін арттырады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бұл интеграциялық тәсіл нанотехнологиялық жобалардың өмірлік циклінің барлық кезеңдерінде - идеяны іріктеуден бастап коммерцияландыруға дейін - жүйелі басқаруды қамтамасыз етеді. Модель шеңберінде ақпараттық өзара іс-қимыл арнасы қалыптасады, ол ғылыми ұйымдар мен бизнес құрылымдары арасында нақты уақыт режимінде деректер алмасуға мүмкіндік береді.

Институционалдық интеграциялық модельдің енгізілуі келесі нәтижелерге қол жеткізуді қамтамасыз етеді:

- ғылыми әзірлемелердің коммерциялану деңгейін арттыру;
- мемлекеттік ресурстарды тиімді бөлу және қайталанатын функцияларды қысқарту;
- жобаларды басқарудың бірыңғай стандарттарын қалыптастыру;
- мониторинг және есептілік жүйелерінің цифрлық негізде жұмыс істеуін қамтамасыз ету.

Аталған модельдің тиімділігі тәжірибелік тұрғыда «АИС УП-Нано» ақпараттық жүйесімен өзара байланыста сыналды. Нәтижесінде жобаларды басқарудың институционалдық үйлестіру сапасы артты, ал шешім қабылдау уақыты 25–30 %-ға қысқарды. Бұл өз кезегінде «мемлекет – ғылым – бизнес» арасындағы өзара іс-қимылдың нақты институционалдық форматқа ие болғанын көрсетті. Ұсынылған институционалдық интеграциялық модель Қазақстандағы нанотехнологиялық жобаларды басқару жүйесін жаңа сапалық

деңгейге көтеруге бағытталған, ол ұлттық инновациялық жүйенің тиімділігін арттыруға және технологиялық егемендікке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

8. Зерттеу нәтижесінде нанотехнология саласындағы жобаларды басқару үдерісін цифрландыру мақсатында «АИС УП-Нано» атты автоматтандырылған ақпараттық жүйенің тұжырымдамасы әзірленді. Бұл жүйе жобаларды жоспарлау, мониторинг, тәуекелдерді басқару, бюджеттік бақылау және нәтижелерді талдау процестерін бірыңғай цифрлық платформаға біріктіруге бағытталған. АИС УП-Нано тұжырымдамасы отандық ұйымдарда анықталған негізгі шектеулерді - яғни цифрландыру деңгейінің төмендігі, жобалық ақпараттың жабықтығы, шешім қабылдаудың баяулығы мен ресурстарды пайдаланудың тиімсіздігін - жоюға арналған практикалық құрал болып табылады. Жүйенің құрылымы бес негізгі функционалдық модульден тұрады:

1. Жоспарлау модулі – жобаның мақсаттарын, міндеттерін, мерзімін, орындаушылар мен ресурстарды жоспарлауға мүмкіндік береді;

2. Мониторинг және бақылау модулі – жобаның орындалу барысын нақты уақыт режимінде бақылап, көрсеткіштердің ауытқуын автоматты түрде тіркейді;

3. Бюджеттік бақылау модулі – шығындар мен қаржыландыру көздерін нақты есепке алып, бюджеттік артық немесе жеткіліксіз қаржыландыруды автоматты түрде анықтайды;

4. Тәуекелдерді басқару модулі – ықтимал тәуекелдерді бағалап, оларды азайту бойынша нұсқаларды автоматты түрде ұсынады;

5. Нәтижелерді талдау және есептілік модулі – жоба аяқталғаннан кейінгі тиімділікті, өнімділік пен экономикалық әсерді есептеп шығарады.

АИС УП-Нано жүйесінің тұжырымдамалық моделі жобаларды басқарудың толық өмірлік цикліне негізделген және халықаралық стандарттарға (PMBOK, ISO 21500, Agile) бейімделген. Бұл жүйе Қазақстанның ғылыми және өндірістік ұйымдарындағы жобаларды басқару процестерін цифрлық форматқа көшірудің кешенді шешімі ретінде ұсынылды. АИС УП-Нано жүйесі Қазақстанның нанотехнология саласында жобаларды басқарудың инновациялық инфрақұрылымын қалыптастырады және ұлттық инновациялық жүйенің тиімділігін арттырудың басты құралдарының бірі болып табылады.

Диссертациялық зерттеу нәтижелері Қазақстанда нанотехнологиялық жобаларды басқарудың тиімді жүйесін қалыптастыруға, инновациялық инфрақұрылымды цифрландыруға және ұлттық ғылыми әлеуетті арттыруға нақты үлес қосты.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
2. Cleland, D.I., & King, W.R. (1983). Systems analysis and project management. DOI:10.2307/2391604. Corpus ID: 167423357
3. Кравченко, Т. В. Особенности управления проектами на разных стадиях его жизненного цикла / Т. В. Кравченко. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2019. - № 2 (240). - С. 230-233. - URL: <https://moluch.ru/archive/240/55587>.
4. Meredith JR and Mantel SJ (2011). Project management: A managerial approach. John Wiley and Sons, NJ, USA
5. Turner, J.R. and Müller, R. (2003) On the Nature of the Project as a Temporary Organization. International Journal of Project Management, 21, 1-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00020-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00020-0)
6. R. Mülle K. and Jugdev "A Retrospective Look at Our Evolving Understanding of Project Success," Project Management Journal, Vol. 36, No. 4, 2005, pp. 19-31.
7. Artto, K. A., & Kähkönen, K. (2013). Managing risks in projects. Routledge. - 388 с. - ISBN 978-1-135-27420-7.
8. Халықаралық стандарттау ұйымы. (2018). ISO 31000:2018 Тәуекелдерді басқару - Нұсқаулықтар. Женева, Швейцария: ISO.
9. Халықаралық стандарттау ұйымы. (2021). ISO 21500:2021 Жобаларды, бағдарламаларды және портфельдерді басқару — Негізгі қағидаттар мен ұғымдар. Женева, Швейцария: ISO.
10. Британдық стандарттар институты. (2019). BS 6079:2019 Жобаларды басқару — Жобаларды басқару қағидаттары мен нұсқаулығы. Лондон, Ұлыбритания: BSI.
11. R. Müller, J. Geraldi and J. R. Turner, "Relationships Between Leadership and Success in Different Types of Project Complexities," in IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 59, no. 1, pp. 77-90, Feb. 2012, doi: 10.1109/TEM.2011.2114350.
12. Kerzner, H. (2009) Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 10th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
13. Г.Б.Нурсейтова, А.Б.Есмурзаева. Компания тәуекелді басқару жүйесін дамыту. ҚазҰУ Жаршысы. Экономика сериясы. -№5 (117) – Алматы: Қазақ университеті, 2016 – с.193-196
14. Mansurov, Z. (2012). The development of nanotechnology in Kazakhstan. Chemical Bulletin of Kazakh National University, 65(1), 456–457. https://doi.org/10.15328/chemb_2012_1456-457
15. Nauryzbayeva, A., Rakhmatulina, A., Uderbayeva, A., Zhunusova, A., & Ozgur, K. (2022). Research on development of nanotechnology in the Republic of Kazakhstan. Complex Use of Mineral Resources, 320(1), 60–66. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.07>
16. Mansurov, Z. (2020). Recent achievements and future challenges in nanoscience and nanotechnology. Eurasian Chemico-Technological Journal, 22(4), 241–253. <https://doi.org/10.18321/ectj994>

17. Nurmakanov, Y., Kalimuldina, G., Nauryzbayev, G., Adair, D., & Bakenov, Z. (2021). Structural and chemical modifications towards high-performance of triboelectric nanogenerators. *Nanoscale Research Letters*, 16(1), 122. <https://doi.org/10.1186/s11671-021-03578-z>
18. Smanovich, M., & Zhakypbekkyzy, Y. (2025). Implementation of nanotechnology in enhanced oil recovery processes. *Bulletin of West Kazakhstan Innovative and Technological University*. <https://doi.org/10.62724/202540605>
19. Basma Elzein. Nano Revolution: "Tiny tech, big impact: How nanotechnology is driving SDGs progress". *Heliyon*, Volume 10, Issue 10, 2024, e31393, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31393>.
20. Cupoli, Edward. (2019, July 15). The Relationship Between Nanotechnology and Economics. *AZoNano*. Retrieved on July 14, 2025 from <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2545>
21. Dhillon, H., Qazi, S., & Anwar, S. (2008). *Mitigation of barriers to commercialization of nanotechnology: An overview of two successful university-based initiatives*. American Society for Engineering Education (ASEE) Conference Proceedings. <https://peer.asee.org/mitigation-of-barriers-to-commercialization-of-nanotechnology-an-overview-of-two-successful-university-based-initiatives.pdf>
22. Taniguchi, N. (1974) On the Basic Concept of Nanotechnology. Proceedings of the International Conference on Production Engineering, Tokyo, 18-23.
23. Drexler, K. E. (1986). *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*. Anchor Books / Doubleday.
24. European Parliament, Panel for the Future of Science and Technology (STOA). (2021). Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
25. Bhushan, B. (2017) *Springer Handbook of Nanotechnology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54357-3>
26. Roco. In: Goddard WA, Brenner DW, Lyshevski SE, Lafrate GJ(eds) *Handbook of nanoscience, engineering, and technology*, 2nd edn, pp 16-26. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton FL
27. Feynman, R. P. (1959, December 29). There's plenty of room at the bottom: An invitation to enter a new field of physics. Talk at the Annual Meeting of the American Physical Society, California Institute of Technology. URL: <https://calteches.library.caltech.edu/47/2/1960Bottom.pdf>
28. Кравченко К.А., Мешалкин В.П. Организационное проектирование и регулирование развития крупных компаний: Методология и методы прогнозирования систем управления (Организация проектирования и управления развитием крупных компаний: методология и опыт проектирования систем управления), Москва: Академический проект, 2006.
29. Pillai, R.G., Bezbaruah, A.N. (2017), "Perceptions and attitude effects on nanotechnology acceptance: an exploratory framework", *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 19, No. 2, pp. 1- 14. DOI: 10.1007/s11051-016-3733-2.
30. Porter, A.L., Youtie, J. How interdisciplinary is nanotechnology?. *J Nanopart Res* 11, 1023–1041 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11051-009-9607-0>

31. Fiedler, J., et al. (2020). *Spectroscopy of nanoparticles without light*. *Physical Review Applied*, 13(1), 014025. <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.13.014025>
32. Milojević, S. (2012). Multidisciplinary cognitive content of nanoscience and nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 14(5), 1-17.
33. Meshalkin, V.P., Stoyanova, O.V., Dli, M.I. (2012), "Project Management in the Nanotechnology Industry: Specifics and Possibilities of Taking Them into Account", *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, Vol. 46, No. 1, pp. 50–54. DOI: 10.1134/S0040579512010101.
34. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами. / Пер. с англ. Мамонтова Е.В.; Под ред. Баженова А.Д., Арефьева А.О. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2010. – 464 с
35. Мазур, И.И. Шапиро, В.Д. и др. «Управление проектами: справочное пособие», Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ред., Москва: Высшая школа, 2001.
36. Fadel, T.R., Steevens, J.A., Thomas, T.A., Linkov, I. (2015), "The challenges of nanotechnology risk management", *Nanotoday*, Vol. 10, pp. 6-10
37. Mech, A., Gottardo, S., Amenta, V., & Rauscher, H. (2022). Safe- and sustainable-by-design: The case of Smart Nanomaterials. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 128, 105093. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.105093>
38. Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Wiley. ISBN: 978-1-119-16536-1. p.848
39. Backlund F., Choronner D., Sundqvist E. Project Management Maturity Models – A Critical Review. A case study within Swedish engineering and construction organizations // 27th IPMA World Congress. 2014. No. 119. P. 837–846
40. Serrador, P., & Pinto, J. K. (2015). Does Agile work? — A quantitative analysis of Agile project success. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1040–1051. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.006>
41. Фузджи, Д., Купешова, С., & Есмурзаева А. (2018). PRINCIPLES AND RISKS OF PROJECT MANAGEMENT IN THE FIELD OF NANOTECHNOLOGY. *Journal of Economic Research & Business Administration*, 125(3), 27–34. Retrieved from <https://be.kaznu.kz/index.php/math/article/view/1995>
42. Yang RX, McCandler CA, Andriuc O, Siron M, Woods-Robinson R, Horton MK, Persson KA. Big Data in a Nano World: A Review on Computational, Data-Driven Design of Nanomaterials Structures, Properties, and Synthesis. *ACS Nano*. 2022 Dec 27;16(12):19873-19891. doi: 10.1021/acsnano.2c08411. Epub 2022 Nov 15. PMID: 36378904; PMCID: PMC9798871
43. Yao, Kan, Unni, Rohit and Zheng, Yuebing. "Intelligent nanophotonics: merging photonics and artificial intelligence at the nanoscale" *Nanophotonics*, vol. 8, no. 3, 2019, pp. 339-366. <https://doi.org/10.1515/nanoph-2018-0183>
44. Crawford K.J. Project Management Maturity Model. New York: Auerbach Publications, 2007. 4 A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Guide 6th edition (PMBOK-6), 2017. Newtown Square: Project Management Institute, 2017.
45. Brocke, J., Lippe, S. (2015), "Managing collaborative research projects: A synthesis of project management literature and directives for future research", *International Journal of Project Management*, Vol. 2, pp.1022-1039. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.02.001.
46. Turner, J. R. (2008). *Handbook of project-based management: Leading strategic change in organizations* (3rd ed.). McGraw-Hill Professional. ISBN 978-0-07-154974-5

47. Svejvig, P., & Andersen, P. (2015). *Rethinking project management: A structured literature review with a critical look at the brave new world*. *International Journal of Project Management*, 33(2), 278-290. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.06.004>
48. The CHAOS Manifesto: Value versus Success & the Orthogonals. Standish Group International, 2014. URL: https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2014.pdf
49. AXELOS. (2017). *Managing Successful Projects with PRINCE2* (6-е издание). Лондон: The Stationery Office (TSO).
50. Capability Maturity Model Integration, Version 1.1. – Carnegie Mellon University, 2002
51. OPM3 Organizational Project Management Maturity Model. - Newton Square, Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2003
52. Грей К.Ф., Ларсон Э.У. Управление проектами: учебник. – М.: Дело и Сервис, 2007.
53. Tsehovoi A.F., Algiev S.K. Evaluation of maturity of project management in organizations of Kazakhstan: a review and development of the maturity assessment model, <http://nbilib.library.kz/elib/library.kz/journal/Sexovoi%20Algiev0513.pdf>
54. Шапиро В.Д. и др. Управление проектами. – СПб.: ДваТрИ, 1996
55. Grand View Research. (2024). *Nanotechnology Market (2023-2030) Size, Share & Trends Analysis Report by Type, by Application, by Region and Segment Forecasts*. San Francisco, CA: Grand View Research. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/nanotechnology-market-report>
56. World Nano Foundation. (2023, November 27). *A comprehensive overview in nanotechnology's global growth*. Retrieved 2025, November 26, from <https://www.worldnanofoundation.com/new-blog/2023/11/27/a-comprehensive-overview-in-nanotechnologys-global-growth>
57. Zhidebekkyzy, Aknur. (2019). Project Management in Nanotechnology: A Systematic Literature Review. *Montenegrin Journal of Economics*. 15. 227-244. 10.14254/1800-5845/2019.15-3.17.
58. StatNano. (2024, March 28). *Top 10 countries in nanotechnology patent applications in 2023*. Retrieved November 26, 2025, from <https://www.statnano.com/news/73599/Top-10-Countries-in-Nanotechnology-Patent-Applications-in-2023>
59. Халықаралық стандарттау ұйымы (ISO). (2024). *ISO/TC 229 – Нанотехнологиялар: стандарттау жөніндегі техникалық комитет*. Женева: ISO.
60. The National Nanotechnology Initiative Supplement to the President's 2020 Budget, Август 2019 (2001-2018 - фактические данные, 2019 – оценочные)
61. Farjadian F. et al, Nanopharmaceuticals and nanomedicines currently on the market: challenges and opportunities, *Nanomedicine (Lond.)*, Future Science group, Nov 2018
62. OG Analysis «Global Nanotechnology Market to 2025», 2018
63. «The nanotechnology and nanomaterials global opportunity report», Future Markets, октябрь 2016
64. Парманова О.А. ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА КАЗАХСТАНА // Инновации в науке: сб. ст. по матер. LVII междунар. науч.-практ. конф. № 5(54). Часть II. – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 168-178
65. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. Основные показатели научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в Республике Казахстан (2024 год). [Электронный ресурс].

– Режим доступа: https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics/stat-edu-science-inno/?utm_source

66. Orazalin NS, Alzyod MH, Aouadi A, Narbaev T. Green technology innovation and waste management: On the role of national governance. J Environ Manage. 2025 Apr;380:124958. doi: 10.1016/j.jenvman.2025.124958. Epub 2025 Mar 12. PMID: 40081040.

67. А.А. Орлова. СУЩНОСТЬ И СОСТАВЛЯЮЩИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАНОИНДУСТРИИ. Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3, Экон. Экол. 2011. № 2 (19)

68. «Нанотехнологии в фармакологии», 26 сентября 2006 года. Сайт Межгосударственной комиссии по стандартизации, регистрации и контролю качества лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники государств - участников Содружества Независимых Государств. /URL: <http://www.pharmacis.com/?id=2584>

69. Ученый из Усть-Каменогорска создал растительный нанопорошок, способствующий самооздоровлению человека, 29 августа 2017 г. AltayNews. /URL: <https://altaynews.kz/archives/47211>.

70. Китайгородцева Т. Наноматериалы и нанотехнологии в Казахстане, 17 января 2013 г. G-Global, Международная виртуальная площадка при Астанинском экономическом форуме. /URL: <https://groupglobal.org/ru/node/3186>

71. Аманжол И. Нанотехнология в Казахстане: PR - акция или спасательный круг для экономики? // Деловая неделя, 13 ноября 2009 г. /URL: <https://goo.gl/8i7bp7>

72. Физика-химиялық зерттеу және талдау әдістері орталығы (ФХЗТА орталығы). (2024). Ресми веб-сайт URL: <https://www.cfhma.kz/>

73. Ұлттық ашық типтегі нанотехнологиялық зертхана (ННЛОТ). (2024). Ресми веб-сайт. URL: <https://nnlot.kz/>

74. Satpayeva, Zaira. (2017). State and prospects of development of Kazakhstan innovative infrastructure. European Research Studies Journal. 20. 123-148.

75. Figovsky, Oleg & Smagulov, Bolat & Aydarova, Saule & Shamelkhanova, Nelya & Blank, Nelly. (2013). Kazakh National Nanotechnological Initiative - Key Instrument of Technological Modernization for Kazakhstan. International Letters of Social and Humanistic Sciences. 6. 13-23. 10.18052/www.scipress.com/ILSHS.6.13.

76. Қазақстан Ұлттық ғылым академиясы. (2023). Қазақстан ғылымын қаржыландыру [Интернет-парақша]. URL: <https://ru.qazscience.gov.kz/financing-of-kazakh-science/>

77. Inform.kz. (2022, 2 желтоқсан). Қазақстандағы ғылымды қаржыландыру көлемі 70%-ға өсті. URL: https://www.inform.kz/ru/ob-em-finansirovaniya-nauki-v-kazahstane-vyros-na-70_a3996508

78. Ғылым қоры (2025). Халықаралық ынтымақтастық / International Cooperation. URL: <https://science-fund.kz/en/international-cooperation/>

79. KT.kz. (2025). Қазақстан и Китай создадут Международную лабораторию ИИ и устойчивого развития. URL: https://www.kt.kz/rus/science/kazakhstan_i_kitay_sozdadut_mezhdunarodnuyu_laboratoriyu_1377974087.html

80. Открытия в области нанотехнологий в Казахстане. Vuzlit.com. URL: https://vuzlit.com/1863733/otkrytiya_oblasti_nanotehnologiy_kazahstane

81. NATO SPS Programme: Kazakhstan collaborations. NATO Science for Peace and Security. URL: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_85373.htm

82. ЮНЕСКО (UNESCO Institute for Statistics). (2023). Gross domestic expenditure on R&D (GERD) as a percentage of GDP, by country (2023). Париж: ЮНЕСКО. URL: <https://uis.unesco.org/en/topic/research-and-development>
83. spubl.kz. *Қазақстанда ғылым: даму мәселелері мен перспективалары*. URL: https://spubl.kz/en/blog/nauka-v-kazakhstane-problemy-i-perspektivy-razvitiya?utm_source
84. Қазақстан Республикасының Ұлттық статистика бюросы (ҚР ҰСБ). (2024). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://stat.gov.kz/>
85. Есмұрзаева, А., Кожамбетова, А., & Анархан, А. (2025). ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В РК: АНАЛИЗ КЕЙСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ. *Scientific Journal of Pedagogy and Economics*, 415(3), 453–471. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1467.975>
86. Yesmurzayeva, A., Kozhakhmetova, A., & R.Zh. Mrzabayeva. (2023). THE TRANSITION TO GREEN ENERGY: A COMPREHENSIVE MARKET REVIEW OF FINANCING, INVESTMENT, AND POLICY FOR A SUSTAINABLE FUTURE. *Scientific Journal of Pedagogy and Economics*, 404(4), 481–496. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1467.564>
87. Prime-Minister.kz. (2023, 28 қыркүйек). *2024–2026 жылдарға арналған ғылымды дамыту басым бағыттары Қазақстанда бекітілді*. URL: <https://www.primeminister.kz/en/news/priority-directions-of-science-development-for-2024-2026-approved-in-kazakhstan-25716>
88. Ұлттық ғылыми кеңес (ҰҒК). (2024). *Ұлттық ғылыми кеңес хаттамаларынан алынған деректер*. URL: <https://ncste.kz/>
89. Qazpatent. (2025). *Qazpatent — Ресми веб-сайт*. URL: <https://qazpatent.kz/ru/>
90. QS Top Universities. (2023). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://www.topuniversities.com>
91. *Kazakhstan R&D Expenditure (% of GDP) - World Bank Data*: <https://data.worldbank.org>
92. Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі (ҚР ҒЖБМ). (2023). *Ұлттық баяндама 2023: Жоғары білім және ғылым саласы*. Астана: ҚР ҒЖБМ.
93. Г.Б.Нурсейтова, А.Б.Есмұрзаева. Жобалық менеджмент бәсекеге қабілеттілікті дамытудың заманауи инструменті ретінде. *ҚазҰУ Жаршысы. Экономика сериясы. -№2 – Алматы: Қазақ университеті, 2017*
94. Полтерович В. Трансплантация экономических институтов // *Экономическая наука современной России. – 1998. -№2. – с.112-122*
95. Назарбаев Университеті (NU), Жетілдірілген технологиялар және наноматериалдар орталығы (Center for Energy & Advanced Materials). (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://nu.edu.kz/>
96. Физико-техникалық институт (ФТИ). (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://sci.kz/>
97. Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің «Жану проблемалары институты». (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://icp.kz/>
98. А.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты. (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://www.ihn.kz/>
99. М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, NANOFAB ғылыми-техникалық орталығы. (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://auezov.edu.kz/>
100. 90Физико-технический институт им. Сәтпаева (жанында ҚазҰУ)

101. Д.В. Сокольский атындағы Органикалық катализ және электрохимия институты. (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://www.ifce.kz/>
102. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (ҚазҰТУ), Инженерлік бейіндегі зертхана. (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://official.satbayev.university/kk/researchers/laboratoriya-inzhenernogo-profilya>
103. Ұжымдық қолданыстағы ұлттық ғылыми зертхана (ҰҚҰҒЗ) (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://vku.edu.kz/>
104. «А.С.Ахметов атындағы наноинженерлік зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі ғылыми-зерттеу зертханасы (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://nanolab.dulaty.kz/>
105. Қазақстан-Жапон инновациялық орталығы (КЯИЦ). (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://kaznaru.edu.kz/ru/sciences/agrotechnical-hubs/1>
106. AXELOS. (2015). *Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model (P3M3)®. Version 3.0*. London, UK: AXELOS. Retrieved from <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/p3m3>;
107. CMMI Institute. (2018). *CMMI for Development, Version 2.0: Improving Processes for Developing Better Products and Services*. Pittsburgh, PA: CMMI Institute. Retrieved from <https://cmmiinstitute.com/cmmi/dev>;
108. International Project Management Association (IPMA). (2016). *IPMA Delta® – Organizational Competence Baseline for Organizational Competence in Project, Programme and Portfolio Management*. Zürich, Switzerland: IPMA. Retrieved from <https://www.ipma.world/ipma-delta/>
109. Startbase (2025). *Ресми веб-сайт*. URL: <https://www.startbase.com/>
110. Верификация и валидация моделей для инженерных расчётов. (2016, 19 ноября). *Multiphysics.ru*. URL: <https://multiphysics.ru/stati/blog/verifikatsiia-i-validatsiia-modelei-dlia-inzhenernykh-raschetov.htm>
111. «Жобаларды басқару: жоба талдауы мен бағалауы, мақсаттар, мәселелер» (2025). *ADVANTA*. URL: <https://www.advanta-group.ru/blog/analiz-i-ocenka-proekta/>
112. Республикалық «ҚазСтандарт» институты (ҚазСтандарт). (2025). *COOMET — Халықаралық метрология ұйымдарының Еуразия серіктестігі бойынша Қазақстан мүшелігі туралы ақпарат*. URL: <https://www.coomet.net/members/kazakhstan/kazstandard>
113. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2021 жылғы 30 желтоқсандағы № 965 "Қазақстан Республикасын индустриялық-инновациялық дамытудың 2020 – 2025 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы" Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2018 жылғы 20 желтоқсандағы № 846 қаулысына өзгерістер мен толықтыру енгізу туралы қаулысы. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2100000965>
114. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023 жылғы 28 наурыздағы № 269 «2023 - 2029 жылдарға арналған цифрлық трансформация, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар саласын және киберқауіпсіздікті дамыту тұжырымдамасын бекіту туралы» қаулысы. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000269>
115. Yensebayev, R. (2018, 27 февраля). *Digital Kazakhstan: transforming through modern technology*. The Astana Times. URL: <https://astanatimes.com/2018/02/digital-kazakhstan-transforming-through-modern-technology/>
116. TimesCA. (2025, 1 января). *Digital Kazakhstan: Pioneering e-Government and AI innovation amid new challenges*. TimesCA. URL: <https://timesca.com/digital-kazakhstan-pioneering-e-government-innovation-amid-new-challenges/>

117. Жуматаева А.Г., Мукашев Е.Б. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ: ОБЗОР И ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСПЕХА. *Вестник Казахстанско-Британского технического университета*. 2025;22(3):381-389. <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2025-22-3-381-389>
118. Akorda.kz (2025). Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың “Қазақстан халқына Жолдауы: Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан - өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу”. URL: <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevty-n-kazakstan-halkyna-zholdauy-zhasandy-intellekt-daurindegi-kazakstan-ozekti-maseleler-zhane-ony-tubegeyli-cifrlыk-ozgerister-arkyly-sheshu-881957>
119. Yesmurzayeva, A., Kozhakhmetova, A., & R.Zh. Mrzabayeva. (2023). THE TRANSITION TO GREEN ENERGY: A COMPREHENSIVE MARKET REVIEW OF FINANCING, INVESTMENT, AND POLICY FOR A SUSTAINABLE FUTURE. *Scientific Journal of Pedagogy and Economics*, 404(4), 481–496. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1467.564>
120. Kalidullin B., Samoilov A., De Marco A. AI APPLICATIONS IN PROJECT MANAGEMENT: TRENDS, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES. *Herald of the Kazakh-British Technical University*. 2025;22(3):390-403. <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2025-22-3-390-403>
121. Fraunhofer-Gesellschaft. (2022). *Fraunhofer Annual Report 2022*. URL: <https://www.fraunhofer.de/en/media-center/publications/fraunhofer-annual-report/Annual-Report-2022.html>
122. KISTEP, 2021 (Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning (KISTEP)). (2021). South Korea Nanotechnology Development Plan. Retrieved from: <https://www.kistep.re.kr>
123. Wolff, Carsten & Omar, Azimbek & Shildibekov, Yerlan. (2019). How will we Build Competences for Managing the Digital Transformation?. 1122-1129. 10.1109/IDAACS.2019.8924432.
124. European Commission. (2023). *The EU in 2023 - General Report on the Activities of the European Union*. Brussels: European Commission.
125. Knowledge Transfer Network (KTN-UK). <https://ktn-uk.org>
126. Innovate UK. (2022). *Annual Report and Accounts 2022*. URL: <https://www.ukri.org/about-us/innovate-uk>
127. European Innovation Council (EIC), 2023. EIC Marketplace. https://eic.ec.europa.eu/eic-marketplace_en
128. CORDIS – Community Research and Development Information Service. Retrieved from: <https://cordis.europa.eu>
129. European Commission. (2021). Horizon Europe – the Framework Programme for Research and Innovation (2021–2027). Retrieved from: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/horizon-europe>
130. Chinese Academy of Sciences. (2022). Nano Database CN. Retrieved from: <http://english.cas.cn>
131. Technion, 2022 (Technion – Israel Institute of Technology. (2022). Technology Transfer & Commercialization through Yeda. Retrieved from: <https://yedatechnologies.com>
132. A*STAR, 2022 (Agency for Science, Technology and Research (A*STAR Singapore). (2022). Nano Singapore Initiative. Retrieved from: <https://www.a-star.edu.sg>

133. National Nanotechnology Initiative. (2022). Supplement to the President's 2023 Budget. Retrieved from: <https://www.nano.gov/2023BudgetSupplement>
134. European Commission. (2024). *Horizon Europe 2024 Work Programme: European Innovation Council (EIC)*. URL: https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2024/wp_horizon-eic-2024_en.pdf
135. Technion-Israel Institute of Technology. (2022). Commercialization and Industry Engagement Report
136. M. Meeteren et al., 2022 (Michiel van Meeteren, Francisco Trincado-Munoz, Tzameret H. Rubin, Tim Vorley (2022). Rethinking the digital transformation in knowledge-intensive services: A technology space analysis Technological Forecasting and Social Change. Volume 179, 121631, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121631>.
137. Jeroen P.J. de Jong et al., 2021 (Jeroen P.J. de Jong, Shiko M. Ben-Menahem, Nikolaus Franke, Johann Füller, Georg von Krogh (2021). Treading new ground in household sector innovation research: Scope, emergence, business implications, and diffusion. Research Policy. Volume 50, Issue 8, 104270, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104270>.
138. Uzakova, Shynar & Beimenbetov, Serik & Shildibekov, Yerlan. (2021). Value-oriented approach in Kazakhstani regional development projects. Problems and Perspectives in Management. 19. 352-361. 10.21511/ppm.19(4).2021.28.
139. Coccia, M., Finardi, U. & Margon, D. Current trends in nanotechnology research across worldwide geo-economic players. J Technol Transf 37, 777–787 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10961-011-9219-6>
140. Shapira, P., Youtie, J. & Porter, A.L. The emergence of social science research on nanotechnology. *Scientometrics* 85, 595–611 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0204-x>
141. González, A., Shacham-Diamand, Y., & Shefi, O. (2020). *The Israeli National Nanotechnology Initiative (INNI): From academia to industry integration*. *Nanotechnology Reviews*, 9(1), 105–120. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2020-0008>
142. BMC Medical Informatics and Decision Making (2025). *Implementation of a Laboratory Information Management System in a national microbiology laboratory*. BioMed Central. <https://bmcmmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-024-02831-6>
143. Костельс М. Информационная эпоха: экономика, общества и культура / пер. с англ. под науч. ред. О.И.Шкаратана. – М.: ГУВШЭ, 2000. – 608 с.
144. ProofHub. (2024, August 2). *What is a Project Management System?* Retrieved 2025, November 29, from <https://www.proofhub.com/articles/project-management-system>
145. Казанбаева Жанар Сапарғалиевна. Критерии оценки эффективности управления проектами. *Rusnauka.com*. URL: http://www.rusnauka.com/36_PVMN_2012/Economics/10_122773.doc.htm
146. Gantry Group (2025). *официальный веб-сайт*. URL: <https://www.gantrygroup.org>
147. EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. (2022). *Digital transformation in Japan: Assessing opportunities for EU SMEs*. URL: <https://www.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/Digital-Transformation-Japan-Assessing-opportunities-forEU-SMEs.pdf>
148. Thorniley, T. (2025, November 28). *Collaboration not disruption is key to start-up success in Asia, say academics*. *Financial Times*. URL: <https://www.ft.com/content/32b74614-fcdd-44f7-a686-51be7638a1e1>
149. European Commission. (2025). *International cooperation with Korea – Association to Horizon Europe*. Retrieved 2025, November [күн], from <https://research-and->

innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/europe-world/international-cooperation/association-horizon-europe/korea_en

150. Narbaev, T., Amirbekova, D., & Bakdaulet, A. (2025). A Decade of Transformation in Higher Education and Science in Kazakhstan: A Literature and Scientometric Review of National Projects and Research Trends. *Publications*, 13(3), 35. <https://doi.org/10.3390/publications13030035>

151. Narbaev, T., Amirbekova, D., & Bakdaulet, A. (2025). A Decade of Transformation in Higher Education and Science in Kazakhstan: A Literature and Scientometric Review of National Projects and Research Trends. *Publications*, 13(3), 35. <https://doi.org/10.3390/publications13030035>

152. Kozhakhmetova, Assel & Mamyrbayev, Almas & Zhidebekkyzy, Aknur & Bilan, Svitlana. (2024). Assessing the impact of artificial intelligence on project efficiency enhancement. *Knowledge and Performance Management*. 8. 109-126. 10.21511/kpm.08(2).2024.09.

153. Capterra. (2017, May 11). *What Is a Laboratory Information Management System?* Retrieved [дата обращения], from <https://www.capterra.com/resources/what-is-a-laboratory-information-management-system/>

154. Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. New York: Crown Business

155. Blank, S., & Dorf, B. (2020). *The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company*. Pescadero, CA: K&S Ranch Press., 2020; European Commission, 2022

156. Fraunhofer Society. (2021). *Annual Report 2020/2021*. Berlin: Fraunhofer.; VTT Technical Research Centre of Finland. (2021). *Impact and Innovation Report*. Helsinki: VTT.; KAIST. (2021). *Annual Research & Development Report*. Daejeon: KAIST Press

157. Ойнаров А.Р. Методологические основы проектного менеджмента: монография / А.Р. Ойнаров. — Астана: Казахстанский центр государственно-частного партнерства, 2015. — 236 с.

158. Крель М. Система управления проектами / М.Крель. — М.: Advanta,

159. Тишина В.Н. Стратегический менеджмент: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / В.Н. Тишина, А.А. Алабугин. — М., 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://chelmi.pro/metod/men/strateg.pdf>.

160. Алибекова К.Ж. Актуальные проблемы современного менеджмента в Казахстане / К.Ж.Алибекова. — Астана, 2013. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.rusnauka.com/16_NPRT_2012/Economics/1_111536.doc.htm.

161. OECD. (2025). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025*. OECD Publishing. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2025_5fe57b90-en.html

162. Israel Innovation Authority. (2024). *Yozma 2.0 Fund – program description*. URL: <https://www.ivc-online.com/Google-Card?ID=135f976b-2cec-ee11-b813-00505695cd29&type=1>

Ұсынылған кемелдену моделіндегі жобалау менеджментінің үрдістері

- 1-деңгей – жекелеген әрекеттер, бастамашылық, жүйесіздік
 2-деңгей – тұрақты қолдану, бірақ әлсіз формализация
 3-деңгей – корпоративтік стандарттар, интеграция
 4-деңгей – ұйымдық стратегиямен байланыс
 5-деңгей – үздіксіз жетілдіру, бенчмаркинг, стратегиялық басқару

Үрдіс	1- деңгей	2- деңгей	3- деңгей	4- деңгей	5- деңгей
Жүйелілік					
Жоба нәтижелерін тіркеу жүзеге асырылады	+	+	+	+	+
Жобаларды басқарудың жекелеген процестері құжатталады		+	+	+	+
Ұйым жобалардың барлық жиынтығын тиімді жоспарлай және басқара алады			+	+	+
Зертхананың жобаларының портфелін басқару жүзеге асырылуда				+	+
Жобаларды басқарудың ақпараттық жүйесін әкімшілендіру жүзеге асырылады				+	+
Бағдарламалық					
Жобаларды басқару бойынша терминдер глоссарийі бар		+	+	+	+
Отандық және әлемдік тәжірибе зерттеледі		+	+	+	+
Жобаларды басқару командасының болуы			+	+	+
Негізгі кіші жүйелер бойынша жобаны талдау			+	+	+
Әдістемелік					
Жобаларды басқару әдістемесі қолданыла бастайды	+	+	+	+	+
Алдыңғы жобалардың тәжірибесі пайдаланылады		+	+	+	+
Ақпараттық бағдарламалар қолданылады			+	+	+
Икемді, шоғырланған құрылым қалыптасқан				+	+
Ұйымдастыру-басқару					
Жобалардың ағымдағы жай-күйіне шолу жасалады	+	+	+	+	+
Қызметкерлерді оқыту жүргізіледі		+	+	+	+

Жобаларды маңыздылығы бойынша бағалау			+	+	+
Жобалардың құнын бағалау			+	+	+
Қаржылық					
Қаржылық тәуекелдерді бағалау		+	+	+	+
Бюджетті құруға жоба командасы қатысады			+	+	+
Бюджетті оңтайландыру жүргізіледі				+	+
Стратегиялық					
Жобаларды басқару бастамашылары кеңес береді	+	+	+	+	+
Жоба нәтижелері болжанады		+	+	+	+
Жобаларды басқару ұйымның жоспарлауымен интеграцияланады			+	+	+
Ұйымның стратегиялық дамуы жоба ретінде қарастырылады				+	+

**Жобаларды басқару жүйесін жетілу 5 деңгейлі моделімен
жобаларды басқару жүйесінің сипаттамаларының арақатынасы**

Ұйым жобаларын басқару жүйесінің сипаттамасы	Кемелдену деңгейлері				
	1	2	3	4	5
Жобаларды басқару командасының болуы;	h	+	+	+	+
Жоба нәтижелерін тіркеу жүзеге асырылады;	h	+	+	+	+
Жобаларды басқару негізгі кіші жүйелері бойынша жобаны талдау жүзеге асырылады;	h	+	+	+	+
Жобаларды басқару бастамашылары компания қызметкерлеріне жобаларды басқарудың теориялық және практикалық мәселелері бойынша кеңес береді;	h	+	+	+	+
Жобаларды басқару әдістемесі Жобаларды басқару жүйесін әзірлеу бойынша іс-қимылдар негізіне алынады;	h	+	+	+	+
Жобаларды басқару жүйесін әзірлеу жобасына жоғары басшылықтың назары;		h	+	+	+
Жобаның нәтижелерінің болжануы;		h	+	+	+
Жобаларды басқару бойынша терминдер глоссарийі бар;		h	+	+	+
Жобаларды басқарудың жекелеген процестері құжатталады;		h	+	+	+
Зертхана қызметкерлерін жобаларды басқару әдістері мен құралдарына оқыту жүзеге асырылуда;		h	+	+	+
Жоғары басшылық тарапынан әзірленген Жобаларды басқару жүйесін қолдаудың жоғары деңгейі байқалады;			h	+	+
Іске асырылып жатқан жобалардың ағымдағы жай-күйіне тұрақты кеңестер мен шолулар өткізіледі;			h	+	+
Ұйым типтік жобаларды тиімді жоспарлай алады, басқара алады және біріктіре алады;			h	+	+
Жобаларды басқарудың ақпараттық жүйесін әкімшілендіру жүзеге асырылады;			h	+	+
Алдыңғы жобаларды басқару тәжірибесі талданады және пайдаланылады;			h	+	+
Жобаларды басқаруды жоспарлау үдерістерімен зертхананың ағымдағы қызметін жоспарлау мен басқарудың интеграциясы іске асырылуда;				h	+

Ұйым жобалардың барлық жиынтығын тиімді жоспарлай және басқара алады;				h	+
Зертхана жобаларын басқару бойынша корпоративтік стандарт қалыптастырылады;				h	+
Зертхананың жобаларының портфелін басқару жүзеге асырылуда;				h	+
Зертхананың ағымдағы қызметі үшін олардың маңыздылығы тұрғысынан іске асырылатын жобаларды бағалау жүргізіледі;				h	+
Зертхананың стратегиялық дамуы жоба ретінде қарастырылады; оған жобаларды басқарудың тиісті әдістері мен құралдары қолданылады;					h
Зертхананың стратегиялық дамуы үшін олардың маңыздылығы тұрғысынан іске асырылатын жобаларды бағалау жүргізілуде;					h
Жобаларды басқару жүйелерін әзірлеу саласындағы отандық және әлемдік тәжірибе оқытылады және жеке элементтер осы ұйымның ЖБЖ талданады;					h
Жобаларды басқару принциптері ұйымның ағымдағы өндірістік қызметіне де қолданылады;					h
Жобаларда ұйымның икемді, шоғырланған құрылымы қалыптасты.					h

НАНОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ ҮШІН САУАЛНАМА

Анкета для оценки уровня зрелости системы управления проектами в сфере нанотехнологий

Уважаемый респондент, данное анкетирование проводится с целью оценки текущего состояния системы управления проектами в сфере нанотехнологий, а также определения уровня ее эффективности и зрелости. Полученные результаты позволят разработать научно обоснованные рекомендации, направленные на совершенствование процессов управления проектами и повышение их результативности.

***Обязательный вопрос:**

ЛИЧНЫЕ ДАННЫЕ РЕСПОНДЕНТА

Уважаемый респондент, анкетирование проводится анонимно, а собранные данные будут использоваться исключительно в исследовательских целях.

Ваш пол: *

☐ Мужчѐна

☐ Женщѐна

Ваш возраст: *

☐ 20-30

☐ 31-40

☐ Ученый:

☐ Инновационный менеджмент

☐ Технопарк

☐ Нано-исследовательский производственный

☐ Нано-исследовательский институт

☐ Университет

Учѐсто в проекте

☐ Основатель 10-15 лет

☐ 2-10 лет

☐ 1-2 лет

☐ До 1 года

Опыт работы в научных нано-технологических областях *

☐ себя/компанѐи БУ

☐ Москва (РАН), кандидат наук / Москва наук

☐ Ижевск

☐ Екатеринбург

Доволен образованнѐм *

☆☆☆☆☆

1 3 3 4 2

Оцените уровень зрелости системы управления проектами *

☆☆☆☆☆

1 3 3 4 2

Оцените уровень зрелости системы управления проектами (включая оценку в области) *

☆☆☆☆☆

1 3 3 4 2

Оцените уровень зрелости системы управления проектами (включая оценку в области) *

☆☆☆☆☆

1 3 3 4 2

Оцените уровень зрелости системы управления проектами (включая оценку в области) *

Применяется структурная декомпозиция работ (WBS) *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Изменения в проекте контролируются регулярно *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Имеется календарный план проекта *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Контролируются отклонения от сроков

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Используются инструменты планирования *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Бюджет проекта утвержден *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Контролируются расходы по проекту *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Отклонения от утвержденного бюджета анализируются *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Определены критерии качества *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Ведется оценка качества *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Используются процедуры верификации и валидации *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Определены роли и обязанности участников *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Проектная группа обладает необходимой квалификацией *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Ресурсы проекта распределяются эффективно *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

В проекте имеется коммуникационный план между подразделениями *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Обмен информацией между подразделениями организован эффективно *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Взаимодействие с заинтересованными сторонами налажено *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

В ходе реализации проекта выявляются риски *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Ведется реестр рисков *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Разрабатываются меры по управлению рисками *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

Процессы управления постоянно совершенствуются *

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

4-ГЛАВА. УСПЕХ ПРОЕКТА (У)

Инструкция: Оцените каждый процесс по шкале от 1 до 5 (1 – низкий, 5 – высокий).

Проект был завершен в срок **(Time) ***

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

В ходе реализации проекта возможны отклонения от запланированного бюджетного плана **(Cost)**

☆☆☆☆☆

1 2 3 4 5

В Диссертационный совет по группе специальностей
«6D050600 - Экономика», «6D051300 - Мировая экономика», «6D051700 -
Инновационный менеджмент», «6D090900 - Логистика», «6D051800 -
Управление проектами» и «6D051000 - Государственное и местное
управление»

АКТ
о внедрении результатов диссертационного исследования

Настоящим подтверждаем, что результаты диссертационного исследования **Есмурзаевой Акнур Баглановны** на тему **«Қазақстан Республикасындағы нанотехнология саласында жобаларды басқару жүйесін құру және дамыту»** обладают актуальностью, представляют практический интерес и были использованы в деятельности **Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа (ННЛОТ) при НАО «Қазақстан ұлттық университеті атындағы аль-Фараби»**.

ННЛОТ осуществляет деятельность по созданию научно-технологической и образовательной инфраструктуры с международным участием, направленной на развитие нанонауки, нанотехнологий и наноинженерии в Республике Казахстан до мирового уровня, а также на максимальное сближение прикладной нанонауки с производством и бизнесом.

Выводы и результаты, полученные в рамках диссертационного исследования, были использованы при совершенствовании процессов управления проектной деятельностью, в том числе при оценке уровня зрелости системы управления проектами, разработке рекомендаций по ее поэтапному развитию, а также при внедрении и корректировке внутренних регламентов и проектной документации.

Практическая значимость диссертации определяется тем, что предложенные в работе подходы и методические рекомендации позволяют повысить эффективность управления проектами, улучшить качество планирования, контроля и координации проектной деятельности, а также повысить обоснованность управленческих решений.

Результаты диссертационного исследования имеют практическую значимость и применяются в текущей деятельности ННЛОТ, а также используются при реализации проектов, направленных на развитие и совершенствование системы управления.

PhD, ассоц. проф.,
Директор,
Национальная нанотехнологическая
лаборатория открытого типа (ННЛОТ),
НАО «ҚазНУ имени аль-Фараби»



Муратов М.М.

Жауапкершілігі шектеулі
серіктестік

КОЛДАНБАЛЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ
АҚПАРАТТЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНСТИТУТЫ

Алматы қаласы



Товарищество с
ограниченной
ответственностью
ИНСТИТУТ
ПРИКЛАДНЫХ НАУК И
ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

город Алматы

В Диссертационный совет по группе специальностей
«6D050600 - Экономика», «6D051300 - Мировая экономика», «6D051700 -
Инновационный менеджмент», «6D090900 - Логистика», «6D051800 -
Управление проектами» и «6D051000 - Государственное и местное
управление»

050040, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

Акт

**о внедрении результатов диссертационного исследования
Есмурзаевой А.Б. на тему « Қазақстан Республикасындағы
нанотехнология саласында жобаларды басқару жүйесін құру және
дамыту»**

Настоящим подтверждаю, что результаты диссертационного исследования Есмурзаевой Акнур Баглановны были использованы в ходе реализации проекта, финансируемого КН МНВО РК ИРН АР19680313 «Оценка внедрения и влияния искусственного интеллекта на управление проектами: текущее состояние, возможности и проблемы», а именно:

- Методологический подход автора к оценке зрелости систем проектного управления был применён при разработке аналитического блока проекта, направленного на оценку цифровой трансформации и внедрения ИИ в управление проектами.

- Использованы результаты сравнительного анализа международных стандартов управления проектами (ISO 21500, OPM3, PMMM), адаптированные к исследованию проектных процессов в высокотехнологичных и научных организациях Казахстана.

- Применена авторская модель оценки уровня зрелости проектного управления, разработанная на основе анализа нанотехнологических проектов, для оценки уровня готовности организаций к использованию ИИ-инструментов в управлении проектами.

– Учены рекомендации по совершенствованию управления проектами в сфере науки и инноваций, изложенные в третьей главе диссертации, включая принципы интеграции «ғылым – бизнес – мемлекет».

– Концепция автоматизированной системы управления проектами АИС УП-Нано использована при разработке архитектуры цифровой платформы мониторинга эффективности исследовательских проектов с элементами искусственного интеллекта.

Результаты диссертационного исследования способствовали обоснованию направлений цифровизации проектного управления, определению ключевых показателей зрелости и разработке инструментов аналитической поддержки принятия решений в исследовательских организациях Казахстана.

Директор ТОО "ИПНИИТ"



Дайнеко Е. А.

Исх. 03-09/17 от 23.01.2026 г.

В Диссертационный совет по группе специальностей
«6D050600 - Экономика», «6D051300 - Мировая экономика», «6D051700 -
Инновационный менеджмент», «6D090900 - Логистика», «6D051800 - Управление
проектами» и «6D051000 - Государственное и местное управление»

050040, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

АКТ

внедрения в учебный процесс результатов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы **Есмурзаевой Акнур Баглановны** на тему
«Разработка и развитие системы управления проектами в сфере нанотехнологии
Республики Казахстан» имеют теоретическое и практическое значение для учебного
процесса и были использованы (а также внедрены) в образовательную деятельность.

Настоящим актом подтверждается, что основные положения, выводы и научно-
методические результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс и
используются при проведении лекционных и практических занятий по дисциплинам,
связанным с управлением проектами и инновационным менеджментом.

Внедрение результатов диссертационной работы в учебный процесс способствует
формированию у обучающихся системного понимания проектного управления в
высокотехнологичных отраслях, развитию аналитических и практических навыков, а также
повышению качества подготовки специалистов в области управления проектами и
инновациями.

Настоящий акт подтверждает, что результаты диссертационной работы Есмурзаевой
Акнур Баглановны используются в учебном процессе и рекомендованы к дальнейшему
применению при подготовке обучающихся по образовательным программам
экономического и управленческого профиля.

Директор Института
управления проектами



Амралинова Б.Б.

ЖШС «КАЗЭКОАНАЛИЗ»



ТОО «КАЗЭКОАНАЛИЗ»

050057 Алматы қ. Гагарин пр. 148 ұй.110 п.
Тел.: 8 (727)3765306, факс: 8 (727)3765306
эл/пошта gaziz7@bk.ru
БИН 010840001048
Банк АО «Народный Банк Казахстана»
БИК HSBKZKZKX
ИИК KZ586017131000004469 KZT

050057 г. Алматы, пр.Гагарина 148-110
Тел.: 8 (727) 3765306, факс: 8 (727) 3765306
эл/почта gaziz7@bk.ru
БИН 010840001048
Банк АО «Народный Банк Казахстана»
БИК HSBKZKZKX
ИИК KZ586017131000004469 KZT

№ 11 от 22.01.2026 г.

В Диссертационный совет по группе специальностей
«6D050600 - Экономика», «6D051300 - Мировая экономика», «6D051700 - Инновационный менеджмент», «6D090900 - Логистика», «6D051800 - Управление проектами» и «6D051000 - Государственное и местное управление»

050040, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

Акт о внедрении результатов диссертационного исследования

Настоящим подтверждаем, что результаты диссертационного исследования Есмурзаевой Акнур Баглановны, посвященного формированию и развитию системы управления проектами в нанотехнологической сфере Республики Казахстан, были использованы и принимаются к дальнейшему внедрению в деятельности организации.

В ходе сотрудничества с автором диссертации в организации были применены следующие результаты исследования:

- авторская модель оценки уровня зрелости системы управления проектами, адаптированная к условиям научно-технологических и инновационных организаций;
- методика экспертной оценки проектных процессов по предметным группам и процессным группам (интеграция, заинтересованные стороны, содержание, ресурсы, сроки, стоимость, риски, качество, закупки, коммуникации);
- результаты анализа связи между уровнем зрелости проектного управления и успешностью проектов (отклонения по срокам и стоимости), полученные на основе корреляционного и регрессионного анализа;
- рекомендации по поэтапному развитию системы управления проектами в зависимости от уровня её зрелости;
- предложения по использованию цифровых инструментов для поддержки проектной деятельности.

На основе материалов диссертации в организации:

- проведена диагностика текущего уровня зрелости системы управления проектами;
- выполнена оценка сильных и слабых сторон проектных процессов;
- подготовлены предложения по совершенствованию планирования, контроля и управления рисками в проектах;
- учтены рекомендации при разработке и корректировке внутренних регламентов проектной деятельности;
- использованы выводы исследования при подготовке аналитических и управленческих материалов.

Результаты корреляционного и регрессионного анализа, выполненные автором, подтвердили, что повышение уровня зрелости системы управления проектами приводит к снижению отклонений по срокам и стоимости проектов. Эти выводы были использованы

при обосновании управленческих решений и выборе приоритетных направлений развития проектного управления в организации.

В дальнейшем организация планирует поэтапное внедрение авторской модели зрелости системы управления проектами в практику управления научно-технологическими и инновационными проектами, а также использование предложенных в диссертации подходов при цифровизации проектной деятельности.

Настоящий акт подтверждает, что результаты диссертационного исследования Есмурзаевой Акнур Баглановны имеют практическую значимость, используются в деятельности организации и рекомендованы к дальнейшему внедрению.

Директор
ТОО "КАЗЭКОАНАЛИЗ"



Мекенбаев Г.М.