

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ МАҚСАТЫНДАҒЫ ЖЕРЛЕРДІ КАДАСТРЛЫҚ БАҒАЛАУДЫ МОДЕЛЬДЕУ: АҚПАРАТТАНДЫРУҒА ҚОЙЫЛАТЫН ЗАМАНАУИ ТАЛАПТАР

MODELING THE CADASTRAL VALUATION OF AGRICULTURAL LAND: MODERN REQUIREMENTS FOR INFORMATIZATION

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Г.К. КУРМАНОВА*

э.ғ.д.

М.С. ЖУМАТАЕВА

Ph.D докторанты

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана, Қазақстан*

**автордың электрондық поштасы: kurmanova_gul@mail.ru*

G. KURMANOVA*

Dr.E.Sc.

M. ZHUMATAYEVA

Ph.D student

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, Kazakhstan

**corresponding author e-mail: kurmanova_gul@mail.ru*

Г.К. КУРМАНОВА*

д.э.н.

М.С. ЖУМАТАЕВА

Ph.D докторант

*Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
Астана, Казахстан*

**электронная почта автора: kurmanova_gul@mail.ru*

Аңдатпа. Цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы жер кадастры саласында жаңа мүмкіндіктер ашты, атап айтқанда, геоақпараттық жүйелер (ГАЗ), спутниктік мониторинг және қашықтықтан зондау әдістері жер ресурстары туралы ақпаратты тез және дәл алуға ықпал етеді. *Мақсаты* - дәстүрлі қолмен есептеу әдістерінен көп өлшемді талдау негізінде кеңістікке бағытталған модельдеуге көшуді қамтамасыз ететін жер учаскелерін кадастрлық бағалаудың автоматтандырылған геоақпараттық құрылымын әзірлеу. *Әдістері* – өлшенген қабаттасуға негізделген геоақпараттық механизмдер, көп өлшемді зерттеу, кадастрлық деректерді жинау, матрицалық салыстыру және интеграциялық тәсілдер. Ұсынылған әдістеме статикалық кадастрлық есепті ландшафт пен инфрақұрылымның өзгеруіне сезімтал динамикалық кеңістіктік схемаға айналдыруға мүмкіндік береді. Цифрлық жер бедері моделін (ЦЖМ) есептеулердің белсенді қатысушысы ретінде пайдалану халықаралық қауымдастық үшін зерттеудің жоғары ғылыми құндылығын қамтамасыз етеді. Жалпы тұжырымдама шешім қабылдаудың математикалық құралы арқылы анықталған баламалар мен салмақ коэффициенттерін таңдау, салыстыру арқылы ГАЗ-ның біртұтас аналитикалық ортасына гетерогенді аумақтық мәліметтерді біріктіруге негізделген. *Нәтижелер* – ауыл шаруашылығы жерлерінің жер алаңдарының құнын белгілеу рәсімдері ГАЗ арқылы табиғи, инфрақұрылымдық және экономикалық өлшемдерді біріктіреді. Бұл тәсіл аймақтың геометриялық ерекшеліктерін ескереді, экономикалық тиімділікті негіздеуге және ғылыми дәлелді ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді. *Қорытындылар* – кадастрлық сипаттамаға негізделген табиғи, инфрақұрылымдық және экономикалық факторларды біріктіру топырақтың сапасын, климаттық жағдайларды, конфигурациясын, мөлшері мен формасын, жер учаскелерінің экологиялық сипаттамалары мен баға эквивалентін ескеруге, салықтар мен жалдау төлемдерін дұрыс есептеуге, жер қорын басқару мәселелерін, әлеуметтік-экономикалық аспектілерді шешуге мүмкіндік береді. Жер учаскелерінің кадастрлық құны жергілікті бюджеттердің кіріс бөлігінде ерекше орын алады.

Abstract. The rapid development of digital technologies has created new opportunities in the field of land cadastre. In particular, geographic information systems (GIS), satellite monitoring, and remote sensing methods facilitate the rapid and accurate acquisition of information on land resources. *The objective* – is to develop an automated geoinformation framework for the cadastral valuation of land plots that enables the transition from traditional manual calculation methods to spatially oriented modeling based on multi-criteria analysis. *Methods* – geoinformation techniques based on weighted overlay analysis, multi-criteria assessment, cadastral data collection, matrix comparison, and integration approaches were employed. The proposed methodology makes it possible to transform static cadastral records into a dynamic spatial framework that is responsive to changes in landscape and infrastructure. The use of a Digital Elevation Model (DEM) as an active component of the calculation process provides the study with significant scientific value for the international research community. The overall concept is based on integrating heterogeneous spatial data into a unified GIS analytical environment through the application of alternative selection, comparative evaluation, and weighting coefficients determined using a mathematical decision-making tool. *Results* – the procedures for determining the value of agricultural land integrate natural, infrastructural, and economic criteria through GIS technologies. This approach takes into account the geometric characteristics of the region, provides a basis for evaluating economic efficiency, and enables the development of scientifically substantiated recommendations. *Conclusions* – the integration of natural, infrastructural, and economic factors based on cadastral characteristics makes it possible to consider soil quality, climatic conditions, land configuration, size and shape, environmental characteristics, and the monetary value of land resources, thereby ensuring the accurate calculation of taxes and lease payments, supporting land fund management, and addressing socio-economic issues. The cadastral value of land holdings occupies a significant place in the revenue structure of local budgets.

Аннотация. Стремительное развитие цифровых технологий открыло новые возможности в сфере земельного кадастра, в частности, геоинформационные системы (ГИС), спутниковый мониторинг и методы дистанционного зондирования способствуют быстрому и точному получению информации о земельных ресурсах. *Цель* - разработка автоматизированной геоинформационной структуры кадастровой оценки земельных участков, обеспечивающей переход от традиционных ручных методов расчёта к пространственно ориентированному моделированию на основе многокритериального анализа. *Методы* – геоинформационные механизмы, основанные на взвешенном наложении слоёв, многокритериальное обследование, сбор кадастровых данных, матричное сравнение и интеграционные подходы. Представленная методология позволяет трансформировать статический кадастровый учет в динамическую пространственную схему, чувствительную к изменениям ландшафта и инфраструктуры. Использование цифровой модели рельефа (ЦМР) как активного участника расчетов обеспечивает высокую научную ценность исследования для международного сообщества. Общая концепция базируется на интеграции разнородных территориальных сведений в единую аналитическую среду ГИС с применением выбора, сравнения альтернатив и весовых коэффициентов, определяемых с помощью математического инструмента для принятия решений. *Результаты* – процедуры установления стоимости земельных площадей сельскохозяйственных земель объединяет природные, инфраструктурные и экономические критерии посредством ГИС. Данный подход учитывает геометрические особенности региона, позволяет обосновать экономическую эффективность и разработать научно аргументированные рекомендации. *Выводы* – объединение природных, инфраструктурных и экономических факторов на основе кадастровой характеристики позволяет учитывать качество почвы, климатические условия, конфигурацию, размер и форму, экологические характеристики и ценовой эквивалент земельных угодий, корректно рассчитывать налоги и арендные платежи, решать вопросы управления земельным фондом, социально-экономические аспекты. Кадастровая стоимость земельных наделов занимает особую нишу в доходной части местных бюджетов.

Түйінді сөздер: ауылдық жерлер, геоақпараттық жүйелер, жердің кадастрлық құны, жерсеріктік деректер, иерархияны талдау әдісі, ылғалдылық индексі, қашықтықтан зондтау.

Keywords: rural areas, geographic information systems, cadastral land value, satellite data, Analytic Hierarchy Process, moisture index, remote sensing.

Ключевые слова: сельская местность, геоинформационные системы, кадастровая стоимость земель, спутниковые данные, метод анализа иерархий, индекс влажности, дистанционное зондирование.

Кіріспе

Цифрландыру жағдайында ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлерді кадастрлық бағалау – бұл жер телімдерінің сандық, сапалық және экономикалық сипаттамаларын ескеріп, бағалау үшін цифрлық әмбебап құралдарды пайдалану (ГАЗ, спутниктік деректерді пайдалану, өңдеу, біріктіру, алгоритімдік талдау, қашықтықтан зондау, Big Data). Жер қатынастарындағы жерді бағалау тек әлеуметтік-экономикалық мәселе ғана емес құқықтық және саяси мәнге де ие. Егер біз ауыл шаруашылық мақсатындағы жер телімдерін кадастрлық бағалауда цифрландырудың моделін әзірлелейтін болсақ, дәстүрлі әдістерден заманауи, дәл және тиімді жүйеге көшіп, бағалау дәлдігінің артуы, деректердің өзектілігі (деректердің жаңартылуы), ашықтықты қамтамасыз етуді, жер ресурстарын басқаруды жаңа деңгейге көтеруге қол жеткіземіз.

Қазіргі заманғы жер алқаптарын талдау әдістері цифрлық және геоақпараттық технологияларға негізделген, бұл мониторингтің жоғары дәлдігі мен жеделдігін қамтамасыз етеді. Ең алдымен, қашықтан зондау (ҚЗ) әдістері қолданылады, оған спутниктік суреттерді (Landsat, Sentinel-2, MODIS) талдау және ұшқышсыз ұшу аппараттарының деректері кіреді. Төменде жерді зерттеуде қолданылатын ең өзекті заманауи әдістер келтірілген: комбинацияланған жіктеу әдістері. Landsat деректерін пиксельдік және объектіге бағытталған алгоритмдермен бірге ГАЗ талдауында қолдану жоғары дәлдіктегі жер пайдалану карталарын алуға мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл жер жамылғысы мен жер пайдалануды үйлестіруге ықпал етіп, уақыт пен ресурстарды үнемдейді (Bui D.H., Mucsi L.) [1].

Қашықтан зондау және ГАЗ. Бұл технологиялар жер пайдалану мен жер жамылғысындағы өзгерістерді анықтауда, әсіресе су жинау алаптарын және табиғи ресурстарды жоспарлау мен басқаруда маңызды рөл атқарады. Спутниктік деректер негізінде жасалған карталардың жоғары дәлдігі Google Earth материалдарымен салыстыру арқылы расталады (Pande C.B., Moharir K.N., Khadri S.F.R.) [2].

Терең оқыту және көпқабатты деректер. Терең нейрондық желілер мен кешенді геодеректерге негізделген әдістер жер жамылғысы мен жер пайдалану түрлері арасындағы күрделі өзара байланыстарды ескеруге мүмкіндік береді, бұл әсіресе

қалалық аумақтарды карталауда маңызды (Zhu Q., Lei Y., Sun X.) [3].

Жергілікті қауымдастықтардың қатысуы және цифрландыру. SmartLandMaps сияқты тәсілдер жоғары ажыратымдылықтағы спутниктік суреттерді жергілікті тұрғындарды жер құқықтары туралы деректерді цифрландыруға тартумен үйлестіреді, бұл ақпарат жинау процесін жылдам әрі үнемді етеді (Lindner C., Degbello A., Vassányi G.) [4].

Әдебиетке шолу

Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерге сұраныс пен ұсыныстың жалпы арақатынасы көптеген факторларға байланысты. Олар: экономикалық факторлар, әлеуметтік, құқықтық әкімшілік және саяси факторлар. Барлық факторларды ГАЗ-де талдай отырып, кадастрлық бағалау жүргізе аламыз (Zhichkin K.A., Vorob'eva D.A., Zhichkina L.N. et al.) [5]

Географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ) адамның табиғат әлемін зерттеуінде маңызды құрал ретінде қызмет етеді. ГАЗ технологиясын қолдану шегін төмендету үшін жасанды интеллект (AI) мен ГАЗ интеграциясы ГАЗ-ға қатысты міндеттерді тиімді шешу үшін, қажетті кәсіби ГАЗ білімі жоқ адамдар үшін өте маңызды (Feng J., Chen X., Zhao X.) [6].

Жер алқаптарын карталау – бұл бастапқыда қағаз форматында орындалған, далалық деректер негізінде жер пайдаланудың карталарын жасау процесі. Мұндай жұмыстар жер ресурстарын басқару және жоспарлау үшін маңызды, өйткені олар жер жамылғысының әртүрлі түрлерінің кеңістіктік таралуын және олардың өзгерістерін тіркеуге мүмкіндік береді (Malinowski R., Lewinski S., Rybicki M.) [7].

ГАЗ және машиналық оқыту әдістері қазіргі уақытта жер учаскелерінің физикалық атрибуттарын пайдалана отырып, жаппай бағалауда кеңінен қолданылады. Жерді бағалау үшін ГАЗ және машиналық оқытуды біріктіру арқылы гибридті тәсіл әзірлеу қажет (Mete M.O., Yomralioglu T.) [8].

Уақыт өте келе ГАЗ Big Data технологияларымен үйлесе отырып, жер алқаптары мен су нысандарының цифрлық карталарын жасауға, климаттық және топырақтық деректерге көпқабатты талдау жүргізуге, сондай-ақ жердің деградациясы мен шөлейттену процестерін болжауға мүмкіндік береді (Usman R., Hashem I., Pillai T.) [9].

Технологиялар кешенін заттар интернеті (IoT) толықтырады, оған ылғалдылық, pH, температура және қоректік заттар

құрамын өлшейтін датчиктер, сондай-ақ бұлттық сервистерге қосылған автоматтандырылған метеостанциялар кіреді. Бұл жүйелер болжамдық талдауды қолдайды және жер жағдайындағы өзгерістерге жедел әрекет етуге мүмкіндік береді (Yu J., Zeng P., Yu Y.) [10]. Топырақты Сандық Картаға түсіру (DSM) – бұл ақпарат алу, тарту және әлемдегі топырақ ресурстарын талдау мен картаға түсіру үшін қолдану процесі. DSM топырақ атрибуттары мен түрлерінің сандық карталарын жасауға болатын технологияларды сипаттайды (Bhabani M.P., Rabi S.N., Das B.) [11].

Жер бедерінің сандық моделі (ЖБСМ) айнымалылары SOC болжамына қатты әсер етеді, ал жер бедерінің атрибуттарын қолданатын модельдер ең жоғары дәлдікке қол жеткізеді (Yaqub M.T., Sadiq F.K.) [12].

Әлемдік ғылыми әдебиеттерді талдау көрсеткендей, ГАЖ, көпкритерийлі талдау әдістерін қолдану кадастрлық бағалауды дамытудағы перспективалы бағыт болып табылады.

Материалдары мен әдістері

Зерттеудің мақсатына сәйкес дәстүрлі қолмен есептеу әдістерінен көпкритерийлі талдауға негізделген кеңістіктік-бағдарланған модельдеуге көшуді қамтамасыз ететін жер учаскелерін кадастрлық бағалаудың автоматтандырылған геоақпараттық моделін әзірлеу болып табылады.

Ұсынылған әдістеме статикалық кадастрлық есепті ландшафт пен инфрақұрылымдағы өзгерістерге сезімтал динамикалық кеңістіктік модельге түрлендіруге мүмкіндік береді. Жер бедерінің сандық модельдің есептеулердің белсенді қатысушысы ретінде қолданылып (жай ғана фон емес), зерттеудің халықаралық ғылыми қауымдастық үшін маңызын арттырады.

Зерттеудің жалпы тұжырымдамасы әртүрлі кеңістіктік деректерді бірыңғай ГАЖ аналитикалық ортасына біріктіруге негізделген. Бұл жерде көпкритерийлі талдау және иерархиялық талдау әдісі (ағылшын тілінен аударғанда Analytic Hierarchy Process) (АНР) арқылы анықталған салмақ коэффициенттері қолданылады. Жер учаскелерін бағалауға көпкритерийлі талдау көрсеткіштеріне – кадастрлық нөмірі, учаске ауданы, жер санаты, мақсатты пайдалану, бұрылыс нүктелерінің географиялық координаттары, инфрақұрылым туралы деректер, жер бедері, топырақ, су ресурстары, құқықтық мәртебе санаттарын талдауда қолданамыз.

Кешенді геоақпараттық модельде экономикалық көрсеткіштер салмақ коэффициенттері немесе атрибутивтік өрістер ре-

тінде қолданылады. Олар кеңістіктің физикалық қасиеттерін құндық (экономикалық) көрсеткіштерге айналдырады.

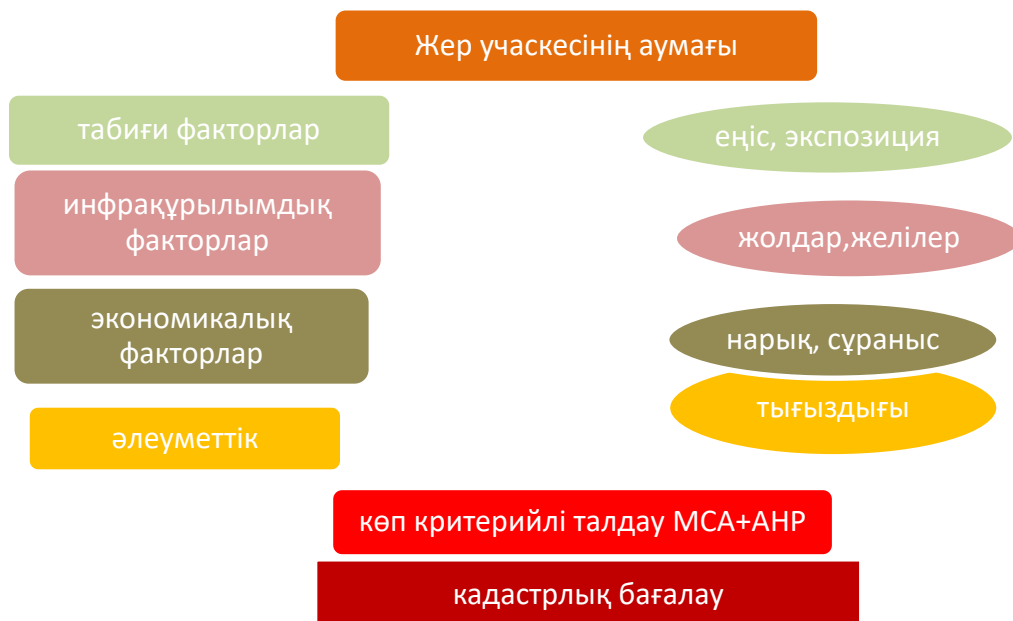
Нәтижелер

Зерттеудің нысаны – табиғи, экономикалық, инфрақұрылымдық жағдайлардың айтарлықтай кеңістіктік әркелкілігімен сипатталатын Ерейментау ауданы. Аумақ негізінен жазық, дала және орманды-дала аймақтарынан тұрады және климаты қоңыржай континенттік. Жер қоры қара, қоңыр топырақтармен, сондай-ақ ауыл шаруашылығының өнімділігінің жоғарылығымен сипатталады. Өңірде ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп, инфрақұрылым қатар дамыған, бірақ кеңістік теңсіздік бар.

Ерейментау ауданының ерекшеліктері кадастрлық бағалау моделінде қолданылатын факторларды анықтайды. Аймақтың кеңістіктік әркелкілігі табиғи, инфрақұрылымдық және әлеуметтік-экономикалық параметрлерді кешенді түрде ескеруді талап етеді. Жер бедерінің ерекшеліктері жер бедерінің сандық моделі арқылы талданып, еңіс, экспозиция және су жинау сияқты көрсеткіштер есептеледі.

Инфрақұрылымдық факторлар (жолдарға, инженерлік желілерге, өндіріс орындарына жақындық) учаскенің игерілуі мен құнына тікелей әсер етеді. Экономикалық факторлар нарықтық белсенділік пен инвестициялық тартымдылыққа байланысты өзгереді. Барлық факторлар ГАЖ-да салмақталған қабаттастыру арқылы біріктіріліп, олардың маңыздылығы АНР әдісімен анықталады. Зерттеліп отырған жұмыста модель факторларын таңдау Ерейментау ауданының табиғи-экономикалық ерекшеліктерімен тікелей байланысты, ал олардың ГАЖ ортасына интеграциялануы кеңістіктік дифференциацияны ескеруге және бағалау дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жер учаскелерін көпкритерийлі талдау жүргізу шеңберінде бастапқы деректердің дұрыс әрі толық базасын қалыптастыру ерекше маңызға ие. Зерттеу деректері жердің құны мен функционалдық пайдаланылуына әсер ететін табиғи, инфрақұрылымдық және экономикалық факторларды бағалау үшін қолданылатын кеңістіктік және атрибутивтік ақпарат жиынтығын құрайды. Кешенді геоақпараттық модельді әзірлеу барысында жер учаскелерін талдау және бағалау процесін құрылымдау қажет. Ол үшін әдістемені деректерді өңдеу кезеңдерінің реттілігін, көпкритерийлі талдауды қолдануды және соңғы кадастрлық бағалауды генерациялауды көрсететін құрылым түрінде көрсетілген (1 сурет).



Ескерту: авторлармен құрастырылған

Сурет 1 – Кадастрлық құн түзуші модельдің көпкритерийлі талдау

Мұндай визуалды түрге көшіру бастапқы ақпаратты жинау, кеңістіктік деректерді өңдеу, интегралды құн көрсеткішін есептеу және кадастрлық бағалаудың қорытынды картасын қалыптастыру арасындағы өзара байланысты айқын көрсетеді. Талдау процесін визуалды түрге көшіргеннен кейін келесі кезең – кейінгі кадастрлық бағалау үшін егжей-тегжейлі деректер базасын қалыптастыру. Бұл кезеңде әртүрлі ақпарат көздері, соның ішінде кеңістіктік және атрибутивтік деректер интеграцияланады, бұл жер учаскелерінің құны мен функционалдық мақсатына әсер ететін барлық факторларды кешенді түрде ескеруге мүмкіндік береді.

Ең алдымен кадастрлық деректер (кеңістіктік есепке алу негізі) – бұл модельдің «қаңқасы», бағалау объектілерінің шекарасын анықтайды. Олар жер учаскелері қабаты: бірегей кадастрлық нөмірлері бар векторлық полигондар. Нысаналы мақсаты, құқықтық мәртебе, ауданы, конфигурациясы (ықшамдылығы) және периметрі.

Екінші – жер бедерінің сандық моделін құрастыру. Бұл көрсеткіштерге ауыл шаруашылық әлеуеті мен инженерлік жарамдылықтың негізгі факторы:

1. Морфометриялық көрсеткіштер:

- еңіс (Slope): құрылыс күрделілігі мен эрозия процестеріне әсер етеді;
- экспозиция (Aspect): ауыл шаруашылығы үшін күн сәулесін қабылдау.

2. Гидрологиялық индекстер:

* ылғалдылық индексі (TWI): шамадан тыс ылғалдану немесе құрғақшылық аймақтарын анықтайды;

* биіктік айырмалары: кәріз, ливневка сияқты өздігінен ағатын инженерлік желілердің құнына әсер етеді.

3. Инфрақұрылымдық деректер (векторлық желілер) қолданамыз. Бұл блок қолжетімділік құнын кеңістіктік талдау арқылы қалыптастырады. Негізгі дерек көзіне көлік желісі, инженерлік желілер, әлеуметтік объектілер, логистикалық тораптар.

4. Көрсеткіш – экономикалық деректер. Алынған деректер кеңістіктік параметрлерді ақшалай мәнге айналдырады. Экономикалық деректер қорына нарық конъюнктурасы, топырақ құнарлылық көрсеткіші, инвестициялық тартымдылық, игеру шығындары жатады.

Ерейментау ауданы жағдайында (ауыл шаруашылығы жерлері мен индустриялық орталықтардың үйлесуі) экономикалық көрсеткіштерді үш негізгі топты көрсетуімізге болады. Олар табыс көрсеткіштері, шығын көрсеткіштері, инвестициялық және нарықтық факторлар. Жоғарыда айтылған экономикалық көрсеткіштерді, ықпалдастыру (интеграция) әдісі арқылы талдауды 1 кестеден көруімізге болады.

Зерттеу барысында келесі кезеңдер бірізді түрде орындалды.

Кесте 1 – Ықпалдастыру әдісі байынша экономикалық көрсеткіштерді ГАЗ жүйесінде талдау

Экономикалық көрсеткіштер	Ықпалдастыру (интеграция) әдісі ГАЗ жүйесінде	Ғылыми негіздемесі
Нарықтық индекс құны	Интерполяция (Kriging)-аралық мәндерді есептеу	Кадастрды калибрлеу үшін нарықтық бағалардың үздіксіз өрісін құру.
Транспорттық шығын	Cost Distance / Network Analysis	«Қашықтық» құнды төмендететін факторлар ретінде ескеру
Ескерту: авторлармен құрастырылған		

Бірінші сатыда деректерді жинау және алдын ала өңдеу, көпқабатты геодеректер базасы (Geodatabase) құрастырылды:

- кадастрлық деректерді векторлау: жер учаскелерінің шекараларын енгізу, атрибуттарды (мақсаты, бонитеті) байланыстыру;

- жер бедерінің сандық моделін өңдеу: SRTM немесе ALOS (30м ажыратымдылық) деректерін қолдану. Шу әсерін жою және бос ұяшықтарды толтыру әдісі;

- инфрақұрылым қабаттарын құру: жол желісі мен инженерлік коммуникацияларды заманауи топографиялық жоспарлар негізінде цифрлау.

Екінші саты – туынды факторларды қалыптастыру (кеңістіктік талдау), бастапқы деректер аналитикалық индикаторларға түрлендіріледі.

1. Морфометриялық талдау: жер бедерінің сандық моделінің негізінде еңіс, экспозиция және топографиялық ылғалдылық индексі (TWI) есептеледі.

2. Жақындық талдауы: инфрақұрылым объектілерінің (жолдар, элеваторлар, электр желілері) айналасында қашықтық карталары немесе буферлік аймақтар құру.

3. Желілік талдау: жол графын және жылдамдық шектеулерін ескере отырып, көлік қолжетімділігін анықтау.

Үшінші саты – факторларды қалыпқа түсіруші және стандарттау, әртүрлі өлшем бірліктері (метр, градус, балл) біртұтас [0;1] немесе [1;10] шкаласына келтіріледі.

Бұл әдістің мәні факторларды жұптап салыстыруға негізделген. Яғни «инфрақұрылым рельефтен маңызды» деп қана айтылмайды, оның қаншалықты маңызды екені 1-9 шкаласы бойынша анықталады. Шектеуші факторлар үшін (мысалы, тік еңістер) кері шкала қолданылады, яғни қолайсыз жағдайлар төмен балл алады.

Төртінші саты – фактор салмақтарын анықтау (Саати АНР әдісі), сараптамалық

бағалау негізінде жұптық салыстыру матрицасы құрылады.

1. Меншікті векторды есептеу: әр қабаттың басымдылығын анықтау (инфрақұрылым, рельеф, экономика).

2. Сәйкестік тексеруі: сәйкестік индексі (CI) және сәйкестік қатынасы (CR) есептеледі. Шарт: $CR < 0.1$ болса, сараптамалық бағалаулар математикалық тұрғыдан дұрыс деп есептеледі.

Бесінші саты – геоақпараттық синтез (салмақталған қабаттастыру). Кадастрлық құн нормаланған растрлық қабаттарды олардың салмақ коэффициенттеріне көбейту арқылы есептейміз.

Алтыншы саты – модельді валидациялау және тексеру. Модель нәтижелері келесі деректермен салыстырылады:

- өңірдегі тарихи нарықтық мәмілелер деректері;

- дәстүрлі кадастрлық бағалау нәтижелері;

- статистикалық талдау – орташа квадраттық қателік есептеу (RMSE). Модельдің дәлдігін растау үшін алынған нәтижелер нарықтық мәмілелер, дәстүрлі кадастрлық бағалау және статистикалық әдістермен салыстырылады. RMSE көрсеткіші модель қателігін бағалауға мүмкіндік береді. Осы нәтижелер көпкритерийлі модельді әрі қарай қалыпқа түсіру кезеңінің негізін құрайды.

1 қадам – жұптық салыстыру матрицасын құру болып табылады. Факторлардың маңыздылығын анықтау үшін жұптық салыстыру әдісі қолданылады, соның негізінде 2 кестеде көрсетілген салыстыру матрицасы құрылады. Бұл матрица кадастрлық деректер, жер бедерінің сандық моделі, инфрақұрылым және экономикалық көрсеткіштер сияқты критерийлердің басымдылығын сандық түрде бағалауға мүмкіндік береді және салмақ коэффициенттерін есептеуде қолданылады.

Кесте 2 – Матрицалық салыстыру

Факторлар	Инфрақұрылым	Жер бедері	Экономика
Инфрақұрылым	1	3	$\frac{1}{2}$
Жер бедері (ЖБСМ)	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{5}$
Экономика	2	5	1
Ескерту: авторлармен құрастырылған			

2-қадам. Меншікті векторларды есептеу (фактор салмақтары). Матрицаны қалыптандырылғаннан кейін салмақтардың (w_i) қорытынды мәндері алынады, олардың қосындысы 1,0-ге (100%) тең болады:

- экономикалық көрсеткіштер: 0,55 (55%);
- инфрақұрылым: 0,28 (28%);

- жер бедері: 0,17 (17%).

3-қадам. Сәйкестілікті тексеру (CR). Сәйкестілік индексі (CI) және сәйкестілік қатынасы (CR) есептеледі. Ереже: егер $CR < 0.10$ (10%) болса, онда матрица сәйкестендірілген деп есептеледі, ал салмақтар сенімді болып саналады (3 кесте).

Кесте 3 – Кадастрлық құнның факторларын жұптық салыстыру матрицасы

Критерий	Экономика (C1)	Инфрақұрылым (C2)	Жер бедері/ жер бедерінің сандық моделі (C3)	Кадастр (C4)	Салмақ (w_i)
Экономика (C 1)	1	2	4	3	0,46
Инфрақұрылым (C 2)	$\frac{1}{2}$	1	3	2	0,26
Жер бедері (C 3)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{2}$	0,10
Кадастр (C 4)	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	2	1	0,18

Ескерту: авторлармен құрастырылған

3 кестеде көрсетілгендей матрицадағы мәндер Саати шкаласына негізделген: 1 – тең маңыздылық, 2-3 – орташа, 4-5 – жоғары басымдылық, ал кері мәндер – маңыздылығы төмен екенін көрсетеді. Есептеу нәтижесінде салмақтық коэффициенттер анықталды: экономика – 0,46, инфрақұрылым – 0,26, кадастр – 0,18, рельеф – 0,10. Бұл экономика ең маңызды, ал рельеф ең төмен фактор екенін көрсетеді. Жұптық салыстыру матрицасы факторлардың үлесін объективті бағалап, сапалық мәліметтерді сандық көрсеткіштерге айналдыруға мүмкіндік береді. Ал ГАЖ-дағы Weighted Overlay әдісі барлық көрсеткіштерді біріктіру үшін оларды 1-10 балдық жүйеге келтіруді талап етеді.

Ерейментау ауданында су режимін ескеру маңызды, сондықтан зерттеуде TWI

қолданылады. Ол рельеф негізінде ылғалдың жиналуын бағалап, аумақтарды келесі топтарға бөледі:

- жоғары мәндер – ылғалды аймақтар;
- орташа - ауыл шаруашылығына қолайлы;
- төмен – құрғақ немесе биік жерлер.

TWI қолдану бағалаудың дәлдігін арттырып, табиғи факторлардың дұрыс есепке алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар инфрақұрылымдық деректер де ескеріледі. ГАЖ-да буферлік аймақтар, қабаттастыру және желілік талдау әдістері арқылы жердің қолжетімділігі мен экономикалық құны анықталады. Модельді тексеру үшін 10 жер учаскесі таңдалып, олардың негізгі көрсеткіштері бойынша көпкритерийлі бағалау жүргізілді. Нәтижесінде әр учаске үшін интегралды (4 кесте).

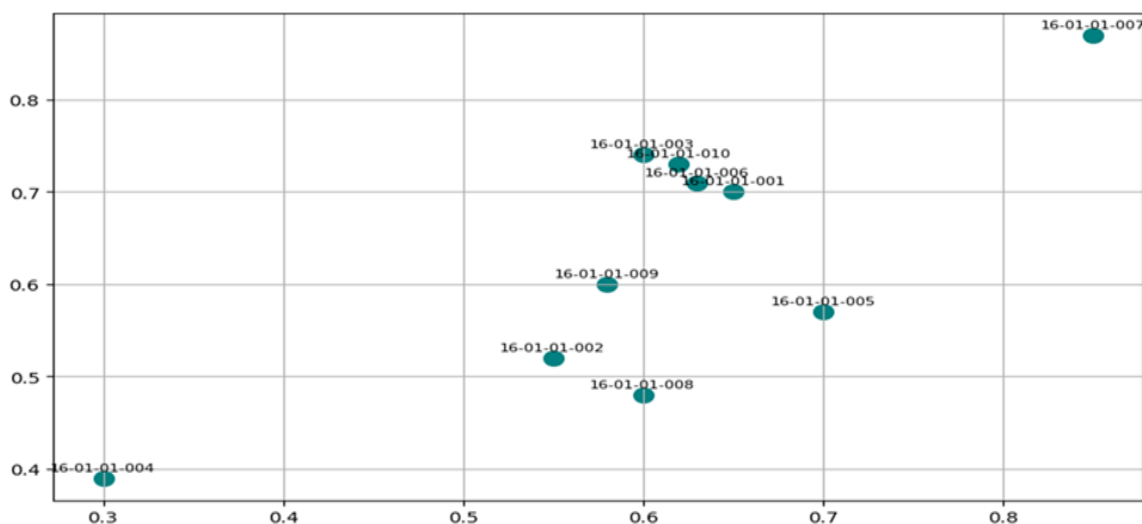
Кесте 4 – Таңдалынып алынған жер учаскелерінің көпкритерийлі кадастрық құнға негізгі көрсеткіштері

Жер учаскелерінің нөмірі	Жер учаскесінің ауданы, га	Кадастрлық құны, млн тг	Жолдан қашықтығы	Елді мекенге дейінгі қашықтық	Инфрақұрылымдық индексі	Қорытынды бал
06-01-01-001	12,5	8,5	120	4 500	0,65	0,70
06-01-01-002	8,7	6,2	300	3 200	0,55	0,52
06-01-01-003	15,2	9,4	200	5 000	0,60	0,74
06-01-01-004	10,0	4,0	500	6 000	0,30	0,39
06-01-01-005	7,5	5,5	100	2 500	0,70	0,57
06-01-01-006	13,4	8,8	250	4 200	0,63	0,71
06-01-01-007	9,8	12,0	50	3 000	0,85	0,87
06-01-01-008	6,3	4,8	180	3 500	0,60	0,48
06-01-01-009	11,0	7,2	220	4 800	0,58	0,60
06-01-01-010	14,1	9,6	150	4 000	0,62	0,73

Ескерту: авторлармен құрастырылған

Берілген 4 кестеде 10 пилоттық жер учаскесінің негізгі параметрлерін көрсетеді, ал қорытынды балл көпкритерийлі талдау негізінде есептелген. Олар: учаске ауданы 6,3-15,2 га аралығында, бірақ кадастрлық құн тек ауданға ғана емес, инфрақұрылымға да тәуелді. Инфрақұрылымға жақын учаскелер (жолдар, елді мекендер) жоғары құн

мен жоғары балға ие. Инфрақұрылым индексі (0,30-0,85) жоғары болған сайын, қорытынды балл да артады. Ең жоғары балл инфрақұрылымға жақын және параметрлері оңтайлы учаскелерде, ал ең төмені қашық орналасқан учаскелерде байқалады. Көпкритерийлі талдау жердің құндылығын дәлірек бағалауға мүмкіндік береді (2 сурет).



Ескерту: ГАЗ бағдарламасында авторлар ұрастырған
 Сурет 2 – Инфрақұрылым индексі (infra_index) мен қорытынды балл арасындағы тәуелділік

Ұсынылған графикті талдай отырып, айқын оң корреляция байқалады: инфрақұрылым индексі жоғары учаскелер жоғары қорытынды балл алады. Негізгі инфрақұрылымнан алыс орналасқан учаскелер (infra_index төмен болған жағдайда) учаскенің ауданы орташа немесе үлкен болса да, төмен балл көрсетеді. График инфрақұрылым деректерін интеграциялау жер учаскелерін көпкритерийлі бағалауда дәлдікті арттыру үшін аса маңызды екенін растайды.

Талқылау

Әлемдік тәжірибеде кадастрлық бағалау мен жылжымайтын мүлікті жаппай бағалау міндеттерінде ГАЗ қолданудың тұрақты өсуі байқалады. Заманауи зерттеулер кеңістіктік талдауды экономикалық модельдермен біріктіру жер ресурстарын бағалаудың дәлдігі мен объективтілігін едәуір арттыратынын көрсетеді. Жерлердің кадастрлық бағалау саласында да бұл әдістер кеңінен қолданылып жатыр. Бір қатар зерттеулерде АНР әдісін ГАЗ-пен бірге қолдану дәстүрлі регрессиялық модельдермен салыстырғанда жер учаскелерінің құнын неғұрлым дәл карталауға мүмкіндік беретіні көрсетілген (Droj G., Kwartnik-Pruc A., Droj L.) [13].

Негізгі бағыттардың бірі – көпкритерийлі талдауды қолдану болып табылады. Бұл әдіс табиғи, инфрақұрылымдық және әлеуметтік-экономикалық сияқты әртүрлі факторларды біртұтас модель аясында кешенді түрде ескеруге мүмкіндік береді. ГАЗ-пен үйлесімде мұндай тәсілдер әртүрлі деректер қабаттарын біріктіруге негізделген кеңістіктік-бағдарланған бағалауды қамтамасыз етеді (Duong H., Nong T.T., Nguyen X.T.) [14].

Сонымен қатар, заманауи тәсілдер автоматтандырылған бағалау модельдерін (AVM), интерполяция әдістерін, сондай-ақ

экологиялық және инфрақұрылымдық факторларды интеграциялауды қамтиды. Алайда, осы бағыттың қарқынды дамуына қарамастан, көптеген қолданыстағы модельдер аумақтың кеңістіктік әртектілігін және жер бедерінің морфометриялық сипаттамаларын толық ескеруде әлі де шектеулі болып отыр (Jannet C.B., Bencure C., Tripathi N.K.) [15]

Қорытынды

1. Ерейментау ауданы табиғи экономикалық және инфрақұрылымдық факторлардың айқын кеңістіктік әркелкілігімен сипатталатын күрделі аграрлық-индустриялық өңір болап табылады. Сонымен қатар, өңірде өнеркісіп пен инфрақұрылымның дамуы аумақтық экономикалық белсенділіктің әркелкілігін қалыптастырады. Осындай ерекшеліктер жер пайдаланудың күрделілігін арттырып, кадастрлық бағалаудың дәлдігін қамтамасыз ету үшін заманауи ГАЗ, көпкритерийлі талдау әдістерін қолдануды талап етеді.

2. Кадастрлық бағалау моделінде табиғи, инфрақұрылымдық және экономикалық факторларды ГАЗ негізінде көпкритерийлі талдау (АНР және салмақталған қабаттастыру) арқылы біріктіру аймақтың кеңістік ерекшеліктерін ескеріп жер учаскелерінің құнын дәл және негізделген түрде бағалауға мүмкіндік береді.

3. Осы зерттеу нәтижелері көпқабатты ГАЗ-тәсілінің кадастрлық бағалауда тиімді екенін көрсетті: әртүрлі кеңістіктік экономикалық факторларды біріктіру жер құнының аумақтық өзгерісін нақтырақ сипаттауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Саати әдісі арқылы салмақтарды анықтау модельдің субъективтілігін азайтып, нәтижелердің негізділігін арттырады.

4. Берілген зерттеу жер учаскелерін бағалауда TWI индексі мен инфрақұрылым-

272, 112916. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112916> [in English].

[4] Lindner, C., Degbelo, A. & Vassányi, G. (2023). The Smart and Maps Approach for Participatory Land Rights Mapping. *Land*, 12(11), Article 2043. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12112043> [in English].

[5] Zhichkin, A.K., Vorob'eva, D.A., Zhichkina, L.N., Nayanov, A.V. & Kuraev, A.N. (2021). Cadastral Valuation of Agricultural Land: Regional Practice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 723, 032095. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/3/032095> [in English].

[6] Feng, J., Chen, X. & Zhao, X. (2026). Integrating AI with GIS: A Novel System for Efficient Task Execution. *Big Data and Earth System Science*, 2(1), 100053. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bdes.2026.100053> [in English].

[7] Malinowski, R., Lewinski, S. & Rybicki, M. (2020). Automated Production of a Land Cover/Use Map of Europe Based on Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 12(21), Article 3523. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12213523> [in English].

[8] Mete, O.M. & Yomralioglu, T. (2023). A Hybrid Approach for Mass Valuation of Residential Properties Through GIS and Machine Learning Integration. *Geographical Analysis*, 55(4), 535–559. DOI: <https://doi.org/10.1111/gean.12350> [in English].

[9] Usman, R., Hashem, I. & Pillai, T. (2020). Geographic Information System and Big Spatial Data: A Review and Challenges. *International Journal of Enterprise Information Systems*, 16(4), 101–145 [in English].

[10] Yu, J., Zeng, P. & Yu, Y. (2022). A Combined Convolutional Neural Network for Urban

Land-Use Classification with GIS Data. *Remote Sensing*, 14(5), Article 1128. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14051128> [in English].

[11] Bhabani, M.P., Rabi, S.N. & Das, B. (2024). Digital Soil Mapping: Concepts, Methods, and Applications – Remote Sensing and GIS Perspectives. In: *Remote Sensing of Soils: Mapping, Monitoring, and Measurement*, 195–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18773-5.00018-1> [in English].

[12] Yaqub, M.T. & Sadiq, F.K. (2026). Spatial Mapping and Modelling of Soil Organic Carbon Using Random Forest and Remote Sensing Variables in Part of Kaduna, Northern Nigeria. *Artificial Intelligence in Geosciences*, 7(1), 100198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aiig.2026.100198> [in English].

[13] Droj, G., Kwartnik-Pruc, A. & Droj, L. (2024). Comprehensive Overview Regarding the Impact of GIS on Property Valuation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(6), 175. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi13060175> [in English].

[14] Duong, H., Nong, T.T. & Nguyen, X.T. (2024). A Systematic Review of GIS-Based and AHP Approaches for Identifying Suitable Locations for Livestock Farms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1345, 012003. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1345/1/012003> [in English].

[15] Jannet, C.B., Bencure, C. & Tripathi, N.K. (2022). Factors Affecting Decision-Making in Land Valuation Process Using AHP: A Case in the Philippines. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 15(1), 188–202. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJHMA-11-2020-0136> [in English].

Авторлар туралы ақпарат:

Курманова Гульнара Кеңесовна – негізгі автор; Экономика ғылымдарының докторы; "Кадастр" кафедрасының қауымдастырылған профессоры; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; 010011 Жеңіс даңғ., 62, Астана қ., Қазақстан; e-mail: kurmanova_gul@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0510-4629>

Жуматаева Мадина Сейдиллаевна; Ph.D докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; 010011 Жеңіс даңғ., 62, Астана қ., Қазақстан; e-mail: madinka_19_91@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5104-2417>

Information about the authors:

Kurmanova Gulnara – The main author; Doctor of Economic Sciences; Associate Professor of the Department of Cadastre; S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University; 010011 Zhenis Ave., 62, Astana, Kazakhstan; e-mail: kurmanova_gul@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0510-4629>

Zhumatayeva Madina; Ph.D student; S. Seifullin AgroTechnical Research University; 010011 Zhenis Ave, 62, Astana, Kazakhstan; e-mail: madinka_19_91@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5104-2417>

Сведения об авторах:

Курманова Гульнара Кеңесовна – основной автор; доктор экономических наук; ассоциированный профессор кафедры «Кадастр»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; 010011 пр. Женис, 62, г.Астана, Казахстан; e-mail: kurmanova_gul@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0510-4629>

Жуматаева Мадина Сейдиллаевна; Ph.D докторант; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; 010011 пр. Женис, 62, г.Астана, Казахстан; e-mail: madinka_19_91@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5104-2417>