

КАТЕГОРНА МОДЕЛЬ ЦЕНТРУ ОБРОБКИ КАДАСТРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

CATEGORICAL MODEL OF THE CADASTRAL INFORMATION PROCESSING CENTER



*Маслій Любов Олексіївна, аспірант кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна,
e-mail: gnomimir@gmail.com,*

<https://orcid.org/0000-0003-3844-462X>



*Метешкін Костянтин Олександрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна,
e-mail: meteshkin@gmail.com*

<https://orcid.org/0000-0002-1170-2062>



*Кухар Максим Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна,
e-mail: ppoosshhtaa@ukr.net*

<https://orcid.org/0000-0001-8305-6269>

Анотація: Сучасна кадастрова система України має різні шляхи розвитку, один з яких вдосконалення механізмів адміністрування земельними ресурсами за рахунок зменшення впливу людини. Для цього запропоновано створення додаткового елемента системи, який буде відповідати за взаємодію між усіма базами даних кадастрів та структурами землеустрою.

У статті пропонуються концептуальні положення створення Центру обробки кадастрової інформації (ЦОКІ), як розумної платформи для автоматизації функціонування всіх складових системи кадастру, яка включає ряд нових елементів і ряд відомих та функціонуючих на даний час елементів: кадастр інтелектуальних ресурсів; база даних кадастрів (земельний, лісовий, будівельний тощо); база

знань; база типових моделей для вирішення задач, яка включає джерела інформації про суб'єкт та об'єкт земельного адміністрування; нормативно-правова база; інтелектуальний інтерфейс; замовник; вирішувачі. Запропонована платформа сприятиме зберігання, обробці та передачі даних для цілей адміністрування земельними ресурсами, вона дозволить вирішувати вже існуючі задачі кадастру та землеустрою у напівавтоматичному або автоматичному режимах, в залежності від складності поставленої задачі.

Центр обробки кадастрової інформації – інтелектуальна система формування знань та даних про землю для реалізації функцій земельного адміністрування.

У представленій роботі акцент робиться на застосуванні сучасних математичних методів, зокрема, інструментів теорії категорій, які забезпечують структурований підхід до моделювання та аналізу кадастрових даних у центрі обробки кадастрової інформації. Цей метод дозволяє відображати елементи системи як елементи категорій, де кожен об'єкт належить до загальної структури, яка керується певними правилами взаємодії – морфізмами. Зокрема, представлені моделі, які характеризують взаємозв'язок усіх елементів, які становлять цілісну систему вирішення завдань землеустрою. Математичне моделювання взаємодій дозволяє упорядковувати дані, налагоджувати структурований обмін інформацією та виконувати необхідні операції в ЦОКІ.

Поєднання інтелектуальних і математичних методів, дає можливість підвищити ефективність кадастрової системи в Україні, шляхом зменшення навантаження на адміністративні органи за рахунок автоматизації процесів під час прийняття рішень.

Ключові слова: кадастр, землеустрій, категорна модель, моделювання, теорія категорій, морфізм, земельне адміністрування, система, діаграма.

Вступ. Кадастрова система є невід'ємною частиною сталого розвитку будь-якої країни де Україна не є виключенням. Процес вдосконалення кадастрової системи України триває з часів формування незалежності нашої держави та є унікальним з точки зору особливостей територій країни і менталітету українців. Тому для вдосконалення цих процесів необхідно приймати нестандартні рішення, зокрема, створення центру обробки кадастрової інформації, що може допомогти реформувати систему адміністрування земельними ресурсами.

У роботі розроблено модель функціонування нового структурного елемента кадастрової системи України – центру обробки кадастрової інформації, з точки зору такого математичного апарату як теорія категорій, що дозволило структурувати та пов'язати складні взаємозв'язки елементів даної платформи.

Матеріали та методи. Методологічною основою виступає науковий підхід до аналізу питань дослідження шляхом використання наукових методів моделювання, аналізу, синтезу, логічного узагальнення та емпіричних методів. Джерелом дослідження є кадастрова система України.

Метою роботи є створення моделі функціонування нового структурного елемента кадастрової системи – центру обробки кадастрової інформації на базі теорії категорій. Модель передбачає створення централізованої бази даних, що містить кадастровий облік земельних ресурсів, лісів, будівель та інших об'єктів, а також базу знань і стандартні моделі для вирішення задач. У разі відсутності стандартних моделей, передбачається залучення спеціалістів різних галузей для формування рішень поставлених задач на основі інтегрованого інтелекту і створення типових моделей з використанням математичних законів теорії категорій.

Виклад основного матеріалу. Для формування базового розуміння сучасного стану кадастру та землеустрою України були проаналізовані роботи зазначеної тематики. У роботі [1] автор акцентує

увагу на важливості інформаційних технологій для сталого розвитку в управлінні регіональними ресурсами та визначає проблеми кадастрових систем і звертає увагу на необхідність розробки нових підходів щодо створення просторово-розподілених систем. У статті [2] авторами сформульовано проблему створення інформаційно керуючої системи на основі методів геоматики, а також методів та уявлень вчення В. І. Вернадського. Перспективи розвитку земельно-кадастрових систем у сучасних умовах висвітлені у роботі [3].

Особливості землеустрою розвинутих країн світу проаналізовані у роботах вітчизняних та закордонних авторів. У роботі [4] наведено порівняльний аналіз розвинутих і надійних Європейських кадастрових систем. Проблему кадастрової реєстрації багаторівневої нерухомості та шляхи її вирішення представлено у статті [5]. Впровадження тривимірних (3D) геоінформаційних технологій та концептуальна модель єдиної реєстрації повних природних ресурсів на основі LADM висвітлені у роботах [6-8].

Для формування пропозицій стосовно застосування математичного подання теорії категорій, проведено аналіз робіт [9-10], в яких вирішено актуальну науково-практичну задачу, що полягає в представленні суперечливих і, в значній мірі, суб'єктивних знань багаторівневих систем адміністрування слабоструктурованих предметних галузей, в тому числі земельних відносин.

Для формування пропозицій стосовно розвитку кадастрової системи України були проаналізовані роботи [9, 11-13], в яких розглядаються питання системи підтримки прийняття рішень в багаторівневих системах адміністрування на прикладі державної структури влади.

Структура центру обробки кадастрової інформації згідно рисунку 1 складається з внутрішньої (*ЦОКІ_1*) та зовнішньої (*ЦОКІ_2*) структур [14]. У свою чергу *ЦОКІ_1* включає: *БД КІР*, *БЗ*, *БД КАД* і *БТМ*, а до *ЦОКІ_2* входять: *ДІ*, *НП*, *П*, *З* та *В*. Представлена модель *ЦОКІ* дасть можливість перейти землеустрою України на новий рівень. На концептуальній моделі й комутативних діаграмах наведено наступні скорочення:

ЦОКІ – центр обробки кадастрової інформації;

ЦОКІ_1 – внутрішня структура центру обробки кадастрової інформації;

ЦОКІ_2 – зовнішня структура центру обробки кадастрової інформації;

БД КІР – кадастр інтелектуальних ресурсів (заклади вищої освіти та інші організації, які займаються науковою діяльністю та роботою з інформацією);

БД КАД – база даних кадастрів (земельний, містобудівний, лісовий, водний тощо, які структурують та зберігають дані про суб'єкт та об'єкт земельного адміністрування);

БТМ – база типових моделей для вирішення задач;

БЗ – база знань;

ДІ – джерела інформації суб'єкт та об'єкт земельного адміністрування (плани топографічних знімків, аерофотозйомки, супутникової зйомки земельної ділянки, кадастрові номери земельних ділянок, бонітування грантів на земельних ділянках, дані про власників, користувачів, розпорядників земельними ділянками тощо);

НП – нормативно правова база (конституція, закони, постанови тощо, які регулюють діяльність у галузі землеустрою);

П – інтелектуальний інтерфейс (програмно-графічний комплекс для взаємодії з *ЦОКІ*);

З – замовники (суб'єкт земельного адміністрування, які надають запит до *ЦОКІ*);

В – вирішувачі (фізичні та юридичні особи, які наповнюють *КІР*).

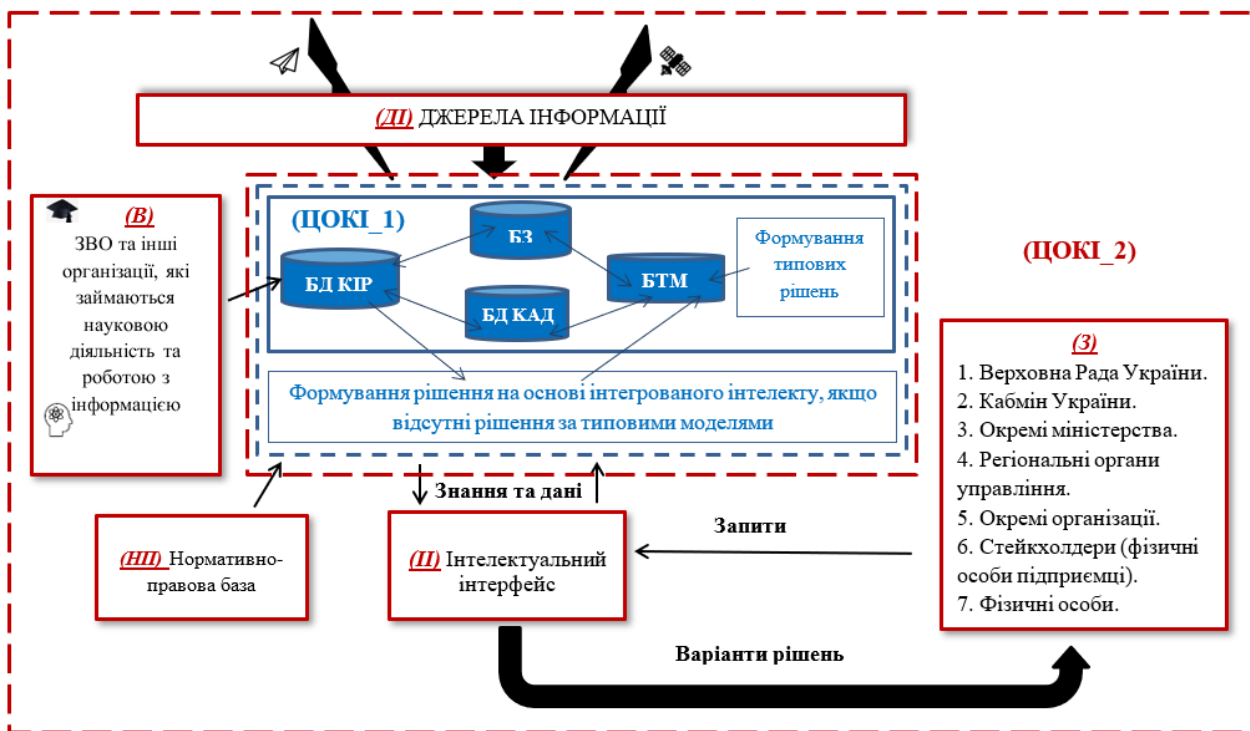


Рисунок 1 – Концептуальна модель центру обробки кадастрової інформації
 Figure 1 – Conceptual Model of the Cadastral Information Processing Center

Розгляд та представлення повністю функціонуючої системи кадастрових інтелектуальних даних виходить за межі статті або, навіть, великих наукових праць і разом з цим потребує значного фінансового та людського ресурс. Але певним чином елементи цієї складної системи та їх взаємодію можливо представити у вигляді математичних моделей за допомогою інструментів теорії категорій.

З огляду на складність цієї системи навіть у поданій теорії категорій – подальше представлення її елементів буде йти послідовно із збільшенням деталізації кожного елемента підсистеми.

Поступово досліджуємо всі елементи системи у вигляді категорій:

CIPC – категорія центр обробки кадастрової інформації;

CIPC₁ – категорія внутрішньої структури центру обробки кадастрової інформації;

CIPC₂ – категорія зовнішньої структури центру обробки кадастрової інформації;

CIPC – це категорія, яка містить всі елементи системи і розділена на дві частини: внутрішню **CIPC₁** та зовнішню **CIPC₂**. Для розуміння особливостей та законів теорії категорій далі представлено пояснення на прикладі елементів ЦОКІ.

Категорія **CIPC₁** складається з класу Ob_{CIPC_1} , елементи якого називаються об'єктами категорії та класу Mor_{CIPC_1} , елементи якого називаються морфізмами категорії. Ці класи задовольняють наступним умовам:

- кожній впорядкованій парі об'єктів категорії, наприклад, *БЗ* та *БД КІР* (представлено, як приклад бо їх набагато більше) зіставлено клас $Hom_{CIPC_1}(БЗ, БД КІР)$; якщо морфізм β_1 належить класу $Hom_{CIPC_1}(БЗ, БД КІР)$, то *БЗ* називається початком, або областю визначення морфізму β_1 , а *БД КІР* – кінець, або область значень β_1 ;
- кожен морфізм категорії належить одному і лише одному класу;

- клас Mor_{CIPC_1} заданий частковий закон композиції морфізмів: добуток морфізмів, наприклад, $\beta_1 \in Hom(BЗ, A)$ та $\beta_2 \in Hom(B, БД КАД)$ визначено тоді і тільки тоді, коли $A = B = БД КІР$ є початком одного і кінцем іншого морфізмів, він позначається $\beta_2 \circ \beta_1$ і належить класу $Hom(BЗ, БД КАД)$;
 - справедливий закон асоціативності (якщо $\beta_2 \circ \beta_1$ представити як морфізм λ): $\beta_2 \circ (\beta_1 \circ \lambda) = (\beta_2 \circ \beta_1) \circ \lambda$ для будь-яких морфізмів, для яких дані добутки визначені;
 - у кожному класі $Hom(BЗ, БЗ)$ визначений такий морфізм $id_{БЗ}$, що $\beta_1 \circ id_{БЗ} = id_{БД КІР} \circ \beta_1 = \beta_1$ для $\beta_1 \in Hom(BЗ, БД КІР)$; $id_{БЗ}$ морфізми називаються одиничними, тотожними, або одиницями;
 - клас об'єктів звичайно не є множиною в сенсі аксіоматичної теорії множин. Категорія, в якій об'єкти складають множину, називається малою. Крім того, у принципі можливо (з невеликим виправленням визначення) розглядати категорії, в яких морфізми між будь-якими двома об'єктами також утворюють клас, або навіть велику структуру;
 - кожному категорію можна представити у вигляді комутативної діаграми.
- Базуючись на основних елементах ЦОКІ комутативна діаграма категорії $CIPC_1$ матиме наступний вигляд (рис 2).

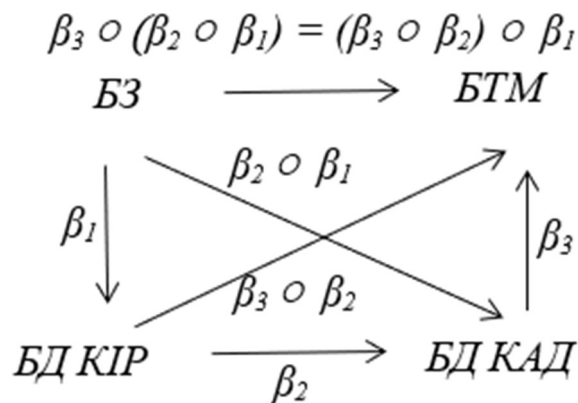


Рисунок 2 – Комутативна діаграма внутрішньої структури категорії $CIPC_1$
Figure 2 – Commutative diagram of the internal structure of a category $CIPC_1$

Елементи з комутативної діаграми категорії $CIPC_1$:

- β_1 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії $БЗ$ та $БД КІР$;
- β_2 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії $БЗ$ та $БД КАД$;
- β_3 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії $БД КАД$ та $БТМ$;
- $\beta_2 \circ \beta_1$ – добуток морфізмів, який характеризує взаємозв'язок між об'єктами категорії $БЗ$ та $БД КАД$ через спільний об'єкт $БД КІР$ для кожного з морфізмів β_2 та β_1 ;
- $\beta_3 \circ \beta_2$ – добуток морфізмів, який характеризує взаємозв'язок між об'єктами категорії $БД КІР$ та $БТМ$ через спільний об'єкт $БД КАД$ для кожного з морфізмів β_3 та β_2 ;
- $\beta_3 \circ (\beta_2 \circ \beta_1) = (\beta_3 \circ \beta_2) \circ \beta_1$ – справедливий закон асоціативності для всіх морфізмів категорії, який характеризує взаємозв'язок $БЗ$ та $БТМ$;
- $БД КІР$ – об'єкт категорії кадастр інтелектуальних ресурсів;
- $БД КАД$ – об'єкт категорії кадастрі (земельний, лісовий, будівельний тощо);

БТМ – об’єкт категорії база типових моделей відповідно;

БЗ – об’єкт категорії бази знань;

ЦОКІ_1 представляє собою внутрішню структуру функціонування центру прийняття рішень в кадастровій системі, яка об’єднує дані про земельні ділянки, нормативно-правове регулювання прав на земельні ділянку та особливості здійснення цих прав за певних умов.

Морфізм β_1 відображає процес взаємодії даних між базою даних кадастру інтелектуальних ресурсів *БД КІР* та базою знань *БЗ*, що характеризуються звернення *ЦОКІ* до *ВОЗ* та іншими організаціями, які займаються науковою діяльністю та роботою з інформацією для наповнення *БЗ* алгоритмами вирішення задач в землеустрої.

Морфізм β_2 відображає процес взаємодії бази даних кадастру інтелектуальних ресурсів *БД КІР* та бази даних кадастрів *БД КАД*, що характеризується взаємодією, наповненням та взяттям даних закладами вищої освіти та іншими організаціями, які займаються науковою діяльністю та роботою з інформацією.

Морфізм β_3 процес взаємодії бази даних кадастрів *БД КАД* та база типових моделей, що характеризується вирішенням задач у землеустрої із застосуванням типових моделей та даних про земельні ділянки.

Добуток морфізмів $\beta_2 \circ \beta_1$ характеризує взаємозв’язок між алгоритмами вирішення задач *БЗ* та даними про земельну ділянку *БД КАД* через особливі умови вирішення задач в землеустрої *БД КІР* за допомогою закладів вищої освіти та інших організацій, які займаються науковою діяльністю та роботою з інформацією, для пошук нових рішень задач землеустрою.

Добуток морфізмів $\beta_3 \circ \beta_2$ характеризує формування за допомогою закладів вищої освіти та інших організацій, які займаються науковою діяльністю та роботою з інформацією *БД КІР* типових рішень задач в землеустрої *БТМ*, базуючись на існуючих кадастрових даних.

Справедливий закон асоціативності $\beta_3 \circ (\beta_2 \circ \beta_1) = (\beta_3 \circ \beta_2) \circ \beta_1$ характеризує пошук вирішення задач у землеустрої за відповідності всім існуючим вимогам та даним.

Базуючись на основних елементах з рисунку 2 комутативна діаграма категорії *СІРС_2* матиме наступний вигляд (рис 3).

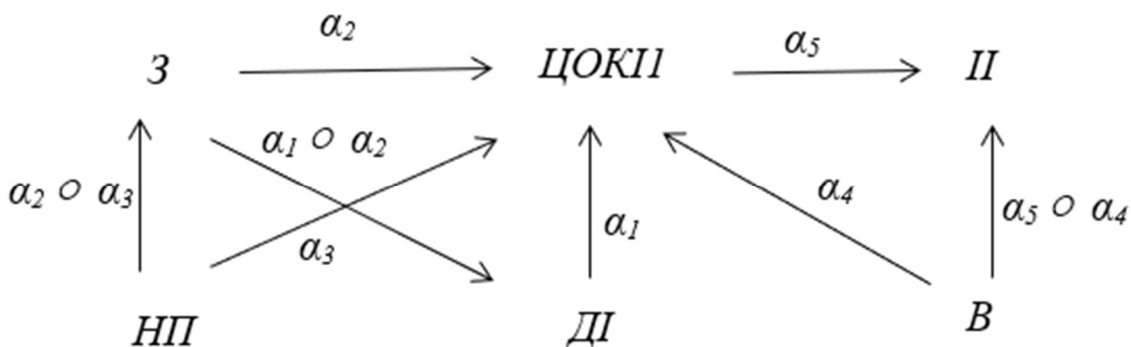


Рисунок 3 – Комутативна діаграма зовнішньої структури *СІРС_2*

Figure 3 – Commutative diagram of the external structure *CIPC_2*

Елементи з комутативної діаграми категорії *CIPC_2*:

α_1 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії *ДІ* та *ЦОКІ_1*;

α_2 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії *З* та *ЦОКІ_1*;

α_3 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії *НП* та *ЦОКІ_1*;

α_4 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії *В* та *ЦОКІ_1*;

α_5 – морфізм, який характеризує відношення між об'єктами категорії *П* та *ЦОКІ_1*;

$\alpha_1 \circ \alpha_2$ – добуток морфізмів, який характеризує взаємозв'язок між об'єктами категорії *З* та *ДІ* через спільний об'єкт *ЦОКІ_1* для кожного з морфізмів α_1 та α_2 ;

$\alpha_2 \circ \alpha_3$ – добуток морфізмів, який характеризує взаємозв'язок між об'єктами категорії *НП* та *З* через спільний об'єкт *ЦОКІ_1* для кожного з морфізмів α_2 та α_3 ;

$\alpha_5 \circ \alpha_4$ – добуток морфізмів, який характеризує взаємозв'язок між об'єктами категорії *В* та *П* через спільний об'єкт *ЦОКІ_1* для кожного з морфізмів α_5 та α_4 ;

ДІ – об'єкт категорії джерела інформації;

ЦОКІ_1 – об'єкт категорії внутрішньої структури центру обробки кадастрової інформації;

НП – об'єкт категорії нормативно-правової база;

П – об'єкт категорії інтелектуальний інтерфейс;

З – об'єкт категорії замовник;

В – об'єкт категорії вирішувачі.

ЦОКІ_1 представляє собою внутрішню структуру функціонування центру прийняття рішень в кадастровій системі, яка об'єднує дані про земельні ділянки, нормативно-правове регулювання прав на земельні ділянку та особливості здійснення цих прав за певних умов.

Морфізм α_1 відображає процес та умови наповнення *ЦОКІ_1* вихідними даними з наявних джерел інформації *ДІ*, які відповідають вимогам *ЦОКІ_1*. *ЦОКІ_1* у свою чергу фільтрує отримані дані та повертає звіт про відповідність/невідповідність цих даних.

Морфізм α_2 відображає процес надання інформації про запит замовника *З* та його умови до *ЦОКІ_1*, а *ЦОКІ_1* аналізує отриманий запит та надає характеристику про запит: запит відповідає вимогам і може бути виконаний/запит не відповідає вимогам законодавства/запит не може бути виконаний через недостачу даних запит не може бути виконаний.

Морфізм α_3 відображає постійний контроль виконання законодавчих норм (*НП*) у процесі функціонування кадастрової інформації, а *ЦОКІ_1* регулярно надає запити на оновлення інформації про *НП*, для внесення змін в процес функціонування *ЦОКІ_1*, якщо були внесені зміни до *НП*.

Морфізм α_4 відображає запит до вирішувачів (*В*), якщо не існує типових рішень задачі в базі знань *ЦОКІ_1*, а вирішувачі вирішують поставлену задачу та надають алгоритм дій, який формується як елемент база знань *ЦОКІ_1*.

Морфізм α_5 характеризує дані, які передаються з *ЦОКІ_1* на інтелектуальний інтерфейс (*П*), а з *П* надається запит від замовника до *ЦОКІ_1*.

Добуток морфізмів $\alpha_1 \circ \alpha_2$ характеризує взаємозв'язок між запитом (*З*), які дають інформації та іншими джерелами інформації (*ДІ*), які комбіновано взаємодіють в *ЦОКІ_1*, наприклад, використовуються лише дані з *ДІ*, які відповідають умовам *З*.

Добуток морфізмів $\alpha_2 \circ \alpha_3$ характеризує взаємозв'язок між нормативно-правовою базою (*НП*) та запитом замовників (*З*), які комбіновано взаємодіють в *ЦОКІ_1*, наприклад, *З* повинен відповідати вимогам *НП*.

Добуток морфізмів $\alpha_5 \circ \alpha_4$ характеризує взаємозв'язок між вирішувачами та інтелектуальним інтерфейсом, які комбіновано взаємодіють в *ЦОКІ_1*, наприклад, **B** можуть отримати дані для вирішення нетипової задачі за допомогою **II**.

Як можна побачити з викладеного вище, загальна структура *ЦОКІ*, яка представлена у вигляді категорій та комутативних діаграм дозволяє структурно відобразити процеси та взаємозв'язки цієї системи, що в подальшому дозволить розглянути їх в алгоритмізованому вигляді застосовуючи блок схеми, нерйоні мережі, програмний код тощо.

Висновки. Сучасні тенденції розвитку суспільства характеризується підвищенням рівня технологічності. Тому в даній роботі представлена модель сучасної інтелектуальної системи «Центр обробки кадастрової інформації», яка призначена для автоматизації операцій в землеустрої та кадастрі.

В роботі представлена категорна модель функціонування ЦОКІ з використанням методів теорії категорій, які математично пояснюють взаємозв'язки між різними елементами платформи для вирішення різноманітних задач кадастру та землеустрою.

З огляду на структурованість та логічність представлених моделей і комутативних діаграм, можна зробити висновок про те що їх можливо розвивати та вдосконалювати як в рамках теорії категорій так і при реалізації конкретних технічних проєктів для досягнення практичного результату.

Перелік посилань

1. Зарицький А. В. Технологія побудови моніторингу регіональних ресурсів на основі ранжування інформаційних систем управління територіями : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 – інформаційні технології. Харків, 2018.

URL: https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/ZarytskyiOV_Aref.pdf. (дата звернення: 30.10.2024).

2. Метешкін К. О., Пілічева М. О., Маслій Л. О. Державний земельний кадастр у ноосферній концепції В. І. Вернадського. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2022. № 173. С. 86–90.

URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6044/5961>. (дата звернення: 30.10.2024).

3. Губар Ю., Хавар Ю., Ваш Я. Шляхи розвитку національних кадастрових систем. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2021. № 41. С. 151–163.

URL : <http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2021/05/20.pdf> (дата звернення: 30.10.2024).

4. Метешкін К. О., Пілічева М. О., Маслій Л. О. Порівняльний аналіз характеристик кадастрових систем країн Європейського Союзу. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2023. № 177. С. 85–91.

URL : <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6128>. (дата звернення: 30.10.2024).

5. Stoter J., Ploeger H., van Oosterom P. 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2013. Vol. 40. P. 56–67.

URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971512000841?via%3Dihub>. (дата звернення: 30.10.2024).

6. Döner F., Sirin S. 3D Digital Representation of Cadastral Data in Turkey – Apartments Case. *Land*. 2020. Vol. 9, No. 6. P. 1–17.

URL : <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/6/179> (дата звернення: 30.10.2024).

7. Ying S., Li C., Chen N., Jia Y., Guo R., Li L. Object Analysis and 3D Spatial Modelling for Uniform Natural Resources in China. *Land*. 2021. Vol. 10, No. 11. P. 1–22.
URL : <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/11/1154> (дата звернення: 30.10.2024).
8. Bydłosz J., Bieda A. Developing a UML Model for the 3D Cadastre in Poland. *Land*. 2020. Vol. 9, No. 11. P. 1–16.
URL : <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/11/466> (дата звернення: 30.10.2024).
9. Кухар М. А. Дисертація Моделі комп'ютерної підтримки прийняття рішень системи земельних відносин в Україні 05.13.06 – інформаційні технології технічні науки. Харків, 2018. 155 с.
URL : https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/Kuchar_dis.pdf (дата звернення: 30.10.2024).
10. Adamek J., Herrlich H., Strecker G. E. Abstract and concrete categories the joy of cats. Reprints in Theory and Applications of Categories, 2006. 509 p.
URL : <http://www.tac.mta.ca/tac/reprints/articles/17/tr17.pdf> (дата звернення: 30.10.2024).
11. Mamonov K., Kukhar M., Shterndok E. and Kamchatna S. Standardization of geodetic data for determination of boundaries of natural reserve areas. *E3S Web of Conferences*, 2023, №030. P. 1-13.
URL:
https://www.researchgate.net/publication/376080871_Standardization_of_geodetic_data_for_determination_of_boundaries_of_natural_reserve_areas (дата звернення: 30.10.2024).
12. Кухар М.А. Концептуальні моделі підтримки прийняття рішень в багаторівневих системах адміністрування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2020, № 3, С.51-56.
URL : <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2500/2388> (дата звернення: 30.10.2024).
13. Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., Rajabifard A. *Land Administration for Sustainable Development*. California: Esri Press, 2009. 487 p.
URL : <https://cepa.rmportal.net/Library/natural-resources/Land%20Administration%20for%20Sustainable%20Development.pdf> (дата звернення: 30.10.2024).
14. Маслій Л. О. (2024). Концепція моделі центру обробки кадастрової інформації в Україні: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Геопросторове забезпечення містобудування та територіального планування» (с. 25–27). Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. URL : https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2024/Tezy_2024/Zbirnik%20tez%2017%20zovtna%202024_compressed.pdf

CATEGORICAL MODEL OF THE CADASTRAL INFORMATION PROCESSING CENTER

Masliy Liubov O., PhD Student in the Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: gnomomir@gmail.com, tel.+380991784880, <https://orcid.org/0000-0003-3844-462X>

Meteshkin Kostiantyn O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: meteshkin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1170-2062>

Kukhar Maksym A., PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor of Land Administration and Geoinformation Systems, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: pooosshhtaa@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-8305-6269>

Summary. The modern cadastral and land management systems of Ukraine have different development paths, one of which is the improvement of mechanisms for administering land resources by reducing human influence. To this end, it is proposed to create an additional element of the system that will be responsible for the interaction between all databases and land management structures.

This article proposes the idea of a Cadastral Information Processing Center (CIPC) as an intelligent platform for automating the functioning of all components of land management and cadastral systems. It includes a number of new elements as well as several known and currently functioning elements: a cadastral register of intellectual resources, a database of cadastres (land, forestry, construction, etc.), knowledge bases, a repository of typical problem-solving models, and sources of information about the subject and object of land administration, regulatory and legal frameworks, intelligent interfaces, customers, and problem solvers. This platform will facilitate the storage, processing, and transmission of data for the purposes of administering land resources, allowing for the resolution of existing cadastral and land management tasks in semi-automatic and automatic modes, depending on the complexity of the assigned task.

The presented work emphasizes the application of modern mathematical methods, in particular, tools of category theory, which provide a structured approach to modeling and analyzing cadastral data in the CIPC. This method allows for the representation of system elements as elements of categories, where each object belongs to a general structure governed by certain rules of interaction—morphisms. Specifically, models are presented that characterize the interconnection of all elements that constitute a holistic system for solving land management tasks. Mathematical modeling of interactions allows for the organization of data, establishing a structured exchange of information, and performing necessary operations within the CIPC.

By combining intelligent and mathematical methods, it becomes possible to enhance the effectiveness of the cadastral system in Ukraine, reducing the burden on administrative bodies and promoting the automation of decision-making processes.

Keywords: cadastre, Land management, categorical model, modeling, category theory, morphism, Land administration, system, diagram.

References

1. Zarytskyi, A. V. (2018). Tekhnolohiia pobudovy monitorynhu rehionalnykh resursiv na osnovi ranzhuvannia informatsiinykh system upravlinnia terytoriiamy (PhD thesis). Kharkiv. URL: https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/ZarytskyiOV_Aref.pdf [in Ukrainian].
2. Meteshkin, K. O., Pilicheva, M. O., & Masliy, L. O. (2022). Derzhavnyi zemelnyi kadastr u noosfernii kontseptsii V. I. Vernadskoho. *Komunalne hospodarstvo mist. Serii: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, (173), 86–90. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6044/5961> [in Ukrainian].
3. Gubar, Y., Khavar, Y., & Vash, Y. (2021). Shliakhy rozvytku natsionalnykh kadastryvykh system. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*, (41), 151–163. URL: <http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2021/05/20.pdf> [in Ukrainian].
4. Meteshkin, K. O., Pilicheva, M. O., & Masliy, L. O. (2023). Porivnialnyi analiz kharakterystyk kadastryvykh system krain Yevropeiskoho Soiuzu. *Komunalne hospodarstvo mist. Serii: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, (177), 85–91. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6128> [in Ukrainian].
5. Stoter, J., Ploeger, H., & van Oosterom, P. (2013). 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 56–67. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971512000841?via%3Dihub>. [in English].

6. Döner, F., & Sirin, S. (2020). 3D digital representation of cadastral data in Turkey – Apartments case. *Land*, 9(6), 1–17. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/6/179>. [in English].
7. Ying, S., Li, C., Chen, N., Jia, Y., Guo, R., & Li, L. (2021). Object analysis and 3D spatial modelling for uniform natural resources in China. *Land*, 10(11), 1–22. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/11/1154>. [in English].
8. Bydłoz, J., & Bieda, A. (2020). Developing a UML model for the 3D cadastre in Poland. *Land*, 9(11), 1–16. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/11/466>. [in English].
9. Kukhar, M. A. (2018). Modeli kompiuternoї pidtrymky pryiniattia rishen systemy zemelnykh vidnosyn v Ukraini (PhD thesis). Kharkiv, Ukraine. URL: https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/Kuchar_dis.pdf [in Ukrainian].
10. Adamek J., Herrlich H., Strecker G. E. Abstract and concrete categories the joy of cats. Reprints in *Theory and Applications of Categories*, 2006. 509 p. URL: <http://www.tac.mta.ca/tac/reprints/articles/17/tr17.pdf> [in English].
11. Mamonov K., Kukhar M., Shterdok E. and Kamchatna S. Standardization of geodetic data for determination of boundaries of natural reserve areas. *E3S Web of Conferences*, 2023, №030. P. 1-13. URL: https://www.researchgate.net/publication/376080871_Standardization_of_geodetic_data_for_determination_of_boundaries_of_natural_reserve_areas (дата звернення: 30.10.2024).
12. Kukhar, M. A. (2020). Kontseptualni modeli pidtrymky pryiniattia rishen v bahatorivnevykh systemakh administruvannia. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, (3), 51–56. URL: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2500/2388> [in Ukrainian].
13. Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2009). *Land administration for sustainable development*. California: Esri Press. URL: <https://cepa.rmportal.net/Library/natural-resources/Land%20Administration%20for%20Sustainable%20Development.pdf>.
14. Maslii L. O. (2024). Kontsepsiia modeli tsentru obrobky kadaastrovoi informatsii v Ukraini: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Heoprostorove zabezpechennia mistobuduvannia ta terytorialnoho planuvannia» (s. 25–27). Kharkivskiy natsionalnyi universytet miskoho hospodarstva imeni O. M. Beketova. URL : https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2024/Tezy_2024/Zbirnik%20tez%2017%20zovtna%202024_compressed.pdf [in Ukrainian].