

## **КОНЦЕПЦІЯ БАГАТОМОДЕЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МІСТОБУДІВНИЦТВІ**

*Розглянуто підходи щодо створення системи підтримки прийняття рішень у містобудівництві з використанням сучасних інтелектуальних інформаційних технологій. Визначено напрям досліджень, проаналізовано переваги і недоліки інтелектуальних моделей, запропоновано концепцію гібридної інтелектуальної системи у містобудівництві.*

**Ключові слова:** містобудівництво, системи підтримки прийняття рішень, штучний інтелект, гібридні системи, нечіткі системи, нейронні мережі, генетичні алгоритми

### **Вступ**

Містобудівельна теорія формує найбільш загальні вимоги до проектної діяльності: правила, норми, стандарти, технічні умови до застосування конструкцій, архітектурних деталей, будівельних матеріалів, а також регламентує характер розміщення міських об'єктів. Вимоги мають різний характер: заборонний і обмежувальний, умовно-обмежувальний і безумовно - рекомендаційний. У типових правилах забудови відсутні розділи, де позначався би характер вимог, який визначається до різних зон міста у даній містобудівельній ситуації, її можливе використання з точки зору специфіки міста, обмежувально-допустимих умов. Головними законодавчими актами, які регулюють містобудівельну діяльність є закон України "Про основи містобудування", Цивільний Кодекс, Містобудівельний Кодекс, Житловий Кодекс та інші законодавчі і нормативні акти.

Зонінг визначає методи управління використання території і забудови її у межах населених пунктів України. Для кожної окремої зони, згідно з державними будівельними нормами, встановлюються єдині умови і обмеження забудови та іншого використання земельних ділянок:

- граничнодопустимі поверховість будинків і споруд та щільність забудови;
- мінімальні відступи будинків і споруд від червоних ліній, ліній регулювання забудови, меж сумісних ділянок;
- вимоги до забезпечення експлуатації інженерно-транспортної інфраструктури;
- вимоги до утримання будинків і споруд;
- перелік обмежень використання земельних ділянок та інші вимоги.

Для управління складними системами містобудівництва важливе теоретичне і практичне значення мають задачі вибору альтернатив і пошуку ефективних рішень в умовах ризику і невизначеності при взаємодії множини екзогенних і ендемогенних факторів. Особливе місце в прийнятті рішень займає інтегрований підхід, який дозволяє на базі моделей штучного інтелекту, експертного оцінювання, аналітичних і розрахункових моделей, методів моделювання і цілого ряду інших моделей і методів успішно застосовувати різні підходи до підтримки прийняття рішень, забезпечувати більш глибоке і всебічне врахування різних факторів, їх взаємозв'язок, діяти в умовах слабоструктурованої або неструктурованої інформації про об'єкт управління.

У зв'язку з цим актуальною є проблема створення інтегрованих інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, які ґрунтуються на теорії і принципах гібридних систем штучного інтелекту, методах математичного моделювання, системному аналізі, синтезі управляючих дій тощо.

Багато питань, які стосуються розвитку та експлуатації житлового фонду, максимально ефективного використання містобудівельних, земельних, майнових та інших резервів, продовжують залишатися маловивченими.

### **Проблеми рішення складних задач містобудівництва**

Місто належить до складних систем з множиною прямих і зворотних зв'язків, які мають нелінійний характер. Такого роду системи мають складну внутрішню структуру і включають в себе підсистеми, такі як житлове будівництво, екологія, виробництво, населення, фінанси, земельні ресурси тощо. До однієї з найважливіших належить сфера,

яка пов'язана з розвитком міських територій та житловим будівництвом. Процес комплексного розвитку житла включає такі блоки [1]:

- місторегулювання, яке включає процеси, що забезпечують комплекс заходів з містобудівельного планування робіт, які складають містобудівельний комплекс;
- інвестиційно-будівельна діяльність;
- експлуатація, до якої включаються процеси управління територією житлової забудови, процесами розвитку і експлуатації житлового фонду.

Стратегія і тактика управління житловим фондом має бути спрямована на вирішення таких задач:

- будівництво нових житлових будівель та інженерної інфраструктури;
- реконструкція аварійного і ветхого житла;
- оновлення житлового фонду;
- реставрація житлових будівель та інші.

Житловий фонд займає важливе місце у таких комплексах, як житлово-комунальне господарство, житлове будівництво, містобудівництво.

З позицій системного аналізу житловий фонд можна визначити як складну, ієрархічну, велику, територіально розподілену, відкриту, динамічну систему, яка входить до складу загальноміської системи більш високого рівня і взаємодіє з іншими підсистемами міста.

Модель розвитку житлового фонду повинна враховувати темпи вводу житла в експлуатацію і темпи виводу його з експлуатації. У свою чергу введення житла в експлуатацію включає введення в експлуатацію нового житла і капітально відремонтованого житла.

На рис. 1 показана схема життєвого циклу об'єктів, які відносяться до житлового фонду.

Управління житловим фондом включає в себе управління експлуатацією об'єктів житлової нерухомості, розвиток житлового фонду, який включає складні соціальні, економічні, політичні, інформаційні процеси. Розвиток житлового фонду включає в себе кількісний та якісний розвиток.

Для задач містобудівництва характерні низька структурованість, високий ступінь невизначеності

наслідків, неможливість у багатьох випадках прямого застосування традиційних аналітичних та розрахункових методів для розв'язання задач, що потребує розробки методології, яка враховувала б як відомі технології, так і нові інтелектуальні інформаційні технології. Процес створення системи підтримки прийняття рішень (СППР) у містобудівництві має включати визначення функцій і методів, які застосовуються для реалізації поставлених цілей, а також аналіз і синтез систем управління окремими підсистемами.

На формування проектних пропозицій щодо планувальної організації території міста впливає такий комплекс факторів:

- основні положення концепції розвитку міста;
- прогноз об'ємів і структури житлового будівництва;
- стан житлового будівництва;
- наявні територіальні резерви;
- висновки комплексної містобудівельної оцінки території;
- інженерно-будівельні і ландшафтні особливості території;
- екологічна ситуація;
- прогноз динаміки чисельності населення міста;
- необхідність вирішення транспортних проблем;
- необхідність модернізації і розвитку інженерних систем;
- потреби населення в об'єктах соціальної сфери;
- структура землекористування;
- історичні особливості формування містобудівельного середовища і планувальної структури міста.

Житлові райони міста являють собою головні планувальні елементи міської селищної зони. Незважаючи на те, що переважно вони склалися, необхідно виконувати комплекс дій з оптимізації містобудівельного середовища і умов проживання. Ці дії мають включати варіантний розгляд об'ємів житлового будівництва, формування моделі динаміки міської забудови, вдосконалення питання землекористування тощо.

Процес управління житловою забудовою складається з менших процесів – бізнес-процесів.

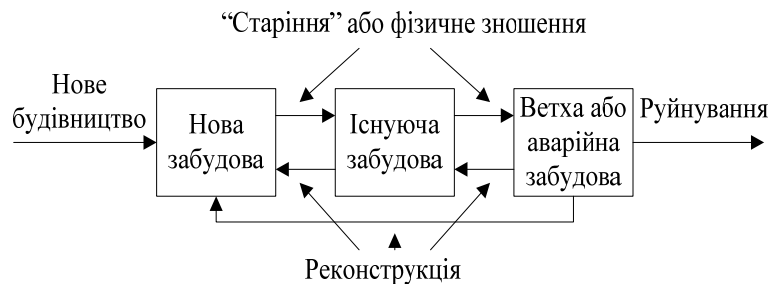


Рис.1. Життєвий цикл об'єктів житлового фонду

Бізнес-процес являє собою систему послідовних, цілеспрямованих і регламентованих видів діяльності, в якій за допомогою управляючої дії та ресурсів входи процесу перетворюються у виходи - результати процесу, які є цінними для споживачів. Управління включає в себе процедури синтезу бізнес-процесів (рис. 2).

Для реалізації окремих бізнес-процесів необхідно застосовувати інформаційні технології, які базуються на різних моделях і які враховують специфіку бізнес-процесу і задачі, що розв'язуються.

### Багатомодельні інформаційні системи та їх застосування у містобудівництві

Технологія побудови сучасних АСУ передбачає обробку комплексу взаємопов'язаних задач і потоків інформації, що обробляються. Це потребує більш глибокого опрацювання методологічних питань створення і застосування СППР. Однією з головних особливостей сучасних АСУ є інтегрованість. На базі об'єднання інтелектуальних технологій з традиційними інформаційними технологіями вони стають гібридними системами, які включають поряд з інтелектуальними комплексами моделювання, розрахункові моделі, статистичний аналіз, імітаційні моделі тощо. Це дає змогу значно розширити можливості звичайних СППР, забезпечити їх синергетичний характер, підвищити якість і універсальність систем. Напрямок багатомодельних систем передбачає об'єднання процедурних методів моделювання з недетермінованими методами

виводу, що використовуються в технології експертних систем.

Гібридна інтегрована система [2-4] визначається як система, яка використовує більш ніж одну комп'ютерну технологію. Гібридні інформаційні системи – це великі складні системи, які цільно інтегрують знання і традиційну обробку. Гібридна інформаційна система включає:

- аналітичні моделі;
  - експертні системи;
  - штучні нейронні мережі;
  - нечіткі системи;
  - генетичні алгоритми;
  - імітаційні статистичні моделі, а також деякі інші інформаційні технології.
- Об'єднання методологій теорії нечітких множин, нейронних мереж, генетичних алгоритмів та інших методів моделювання і обробки невизначеностей привели до створення наукового напрямку, відомого під назвою *м'які обчислення*. Для м'яких обчислень характерна терпимість до неточності, невизначеності і часткової істинності, яка дає змогу досягти низької вартості рішення, легкості обробки, кращої узгодженості з реальністю. Не існує універсальних моделей для вирішення складних багатфункціональних задач. Комбінація методів м'яких обчислень, аналітичних моделей, методів моделювання призначена для їх взаємного доповнення при вирішенні складних, слабоструктурованих або неструктурованих задач, для розв'язання проблем, які важко формалізувати, або взагалі неможливо формалізувати.

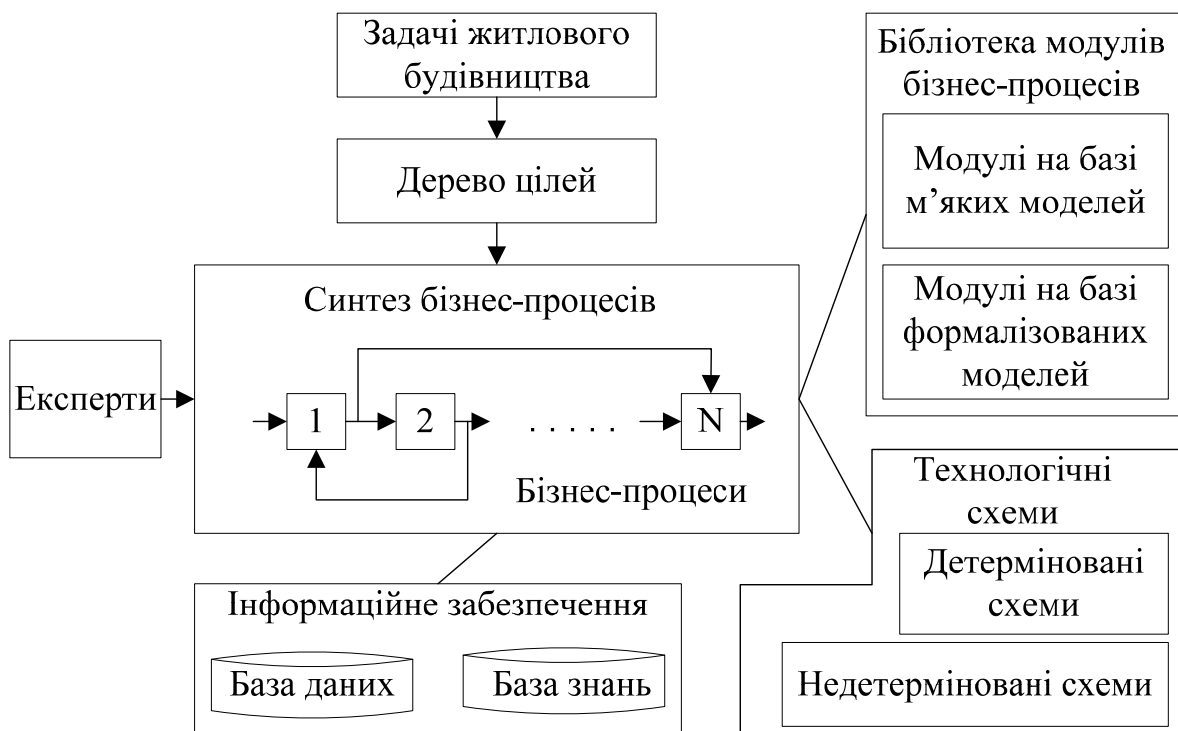


Рис. 2. Формування схеми управління об'єктами містобудівництва

Нечіткі системи дозволяють працювати з неточністю, наближеними розмірковуваннями, виконувати обчислення з вербальними описами. Нейронні мережі можуть навчатися і адаптуватися до змін, виконувати операції класифікації, кластеризації, розпізнавання образів. Генетичні алгоритми дають змогу знаходити оптимальні значення параметрів.

Схема інтеграції має вирішувати такі задачі системи:

- надавати нейронним мережам здатність пояснювати отримані результати;
- враховувати нечіткість, неточність, неповноту представлення знань і немонотонний характер виводу;
- знижувати суб'єктивність представлення знань (функцій належності і нечітких правил) за допомогою налаштування на об'єктивні дані;
- оптимізувати базу знань за рахунок еволюційного моделювання тощо.

Головна задача при розробці гібридних систем полягає в тому, щоб якнайкращим чином поєднувати різні форми представлення і методи оброблення знань у процесі прийняття рішень.

Приклади поєднання інтелектуальних технологій при створенні гібридних систем :

- *нейронні мережі + нечіткі системи* – нейронні мережі створюють функції належності і правила для нечітких систем; нечіткі системи розширюють можливості нейронних мереж, роблячи можливим розуміння висновків зроблених нейронними мережами;

- *нечіткі системи + генетичні алгоритми* – генетичні алгоритми оптимізують нечіткі правила нечітких систем і шукають функції належності;

- *нейронні мережі + генетичні алгоритми* – генетичні алгоритми оптимізують нейронні мережі; нейронні мережі вибирають релевантні входи для генетичних алгоритмів;

- *експертні системи + генетичні алгоритми* – генетичні алгоритми використовують правила, вироблені експертною системою, як основу для пошуку оптимальних рішень тощо.

Гібриді інтелектуальні системи умовно можна поділити на такі класи:

- *Гібридні системи з функціональним заміщенням*. В них використовується одна модель, один з елементів якої заміщується іншою моделлю (наприклад, перерахунок вагових коефіцієнтів в нейронній мережі за допомогою генетичного алгоритму або підбір функцій належності для нечітких систем за допомогою генетичного алгоритму).

- *Гібридні системи із взаємодією*. В них використовуються незалежні модулі, які

обмінюються інформацією і виконують різні функції з метою отримання спільного рішення.

- *Поліморфні гібридні системи*. В них одна модель використовується для імітації функціонування інших моделей (наприклад, розмірковування за допомогою ланцюга правил можна моделювати за допомогою нейронної мережі).

До найбільш поширених інтелектуальних багатомодельних систем, які можуть бути застосовані при моделюванні процесів у містобудівництві належать такі:

1. *Гібридна експертна система*, яка поєднує в собі чисельне і лінгвістичне представлення знань. В системі використовується ієрархічна інтеграція самоорганізуючої нечіткої мережі і нечіткої експертної системи, оптимізованої за допомогою генетичного алгоритму. Нейронна мережа сприяє швидкому навчанню, а експертна система дозволяє виконувати інтерпретацію нечітких даних і пояснювати отримане рішення.

2. *Нечітка експертна система*, яка передбачає, що експертна система будується на основі знань, які впроваджені у нейронну систему, що пройшла процес навчання. Вхідні дані надходять, як через експертну систему так і через нейронну мережу, вихідні дані отримують через блоки пояснення.

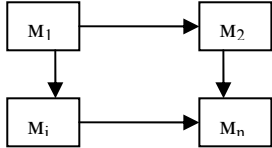
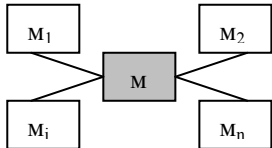
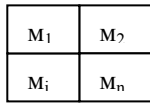
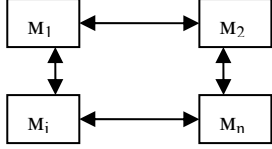

Будь-яка нечітка нейронна мережа працює як система нечіткого виводу, але будується не за допомогою інженерії знань, а за допомогою навчання за зразками. Ці системи дають змогу моделювати логічні та аналогові процеси при рішенні інтелектуальних задач.

За іншою класифікацією за типами архітектури багатомодельні системи поділяються на наступні засоби формування багатомодельної архітектури (табл. 1). Процес створення багатомодельних систем передбачає два основних підходи.

*Перший підхід* передбачає, що одна і та ж задача може бути розв'язана декількома відомими методами, і обчислення, починаючи з деякого кроку алгоритму, можуть бути продовжені тим або іншим способом. При такому підході інформаційна технологія розв'язання задачі передбачає формування алгоритму в процесі рішення.

*Другий підхід* передбачає, що метод розв'язання задачі невідомий, однак задача була розбита на декілька підзадач, для кожної з яких відома множина методів рішення. Управляюча програма, використовуючи декомпозицію задачі і множину моделей і методів, буде комбіновану модель розв'язання задачі.

## Засоби формування багатомодельної архітектури

Архітектура багатомодельної системи	Визначення моделі
	<p><i>Комбінована модель</i> – модель, яка передбачає інтеграцію різних систем, які представляють як формалізовані, так і неформалізовані знання. Процес формування моделі є ієрархічним.</p>
	<p><i>Інтегрована модель</i> – модель, яка передбачає, що один з модулів є домінуючим, і залежно від поточних умов він обирає для функціонування ті або інші модулі.</p>
	<p><i>Об'єднана модель</i> – модель, яка передбачає, що вихідні моделі втрачають свою автономність і з них формується нова система зі спільним виходом.</p>
	<p><i>Асоціативна модель</i> – модель, яка передбачає, що модулі, які входять в склад такої системи, можуть працювати як автономно, так і в інтеграції з іншими модулями.</p>
	<p><i>Дошка оголошень</i> – модель, яка передбачає, що рішення формується в деякій глобально доступній структурі; знання про предметну область розділені між незалежними джерелами знань, які працюють під управлінням планувальника.</p>

База правил систем нечіткого виводу призначена для формального представлення емпіричних знань або знань експертів у проблемній сфері. В системах нечіткого виводу використовуються правила нечітких продукцій, в яких умови і заключення сформульовані в термінах нечітких лінгвістичних висловлювань. База правил нечітких продукцій являє собою кінцеву множину правил нечітких продукцій, яка подана у такому вигляді:

Правило\_1: Якщо “Умова\_1” То “Заключення\_1” (F1)

Правило\_2: Якщо “Умова\_2” То “Заключення\_2” (F2)

Правило\_N: Якщо “Умова\_N” То “Заключення\_N” (FN)

де  $F_i$  – ваговий коефіцієнт відповідного правила. Містобудівельний розвиток міста включає в себе розв’язання задач організаційного управління, архітектурно-просторових, інфраструктурних, структурно-функціональних, еколого-рекреаційних, технічних, міської нерухомості та деяких інших. Специфіка містобудівельних задач обмежує застосування суто математичних підходів, особливо на етапах планування. Якість моделювання підвищується з покращенням інформаційного забезпечення процесів містобудівництва при застосуванні інформаційних систем

Розв’язанню окремих задач відповідають певні інформаційні технології [5]. У табл. 2 представлені варіанти застосування інформаційних технологій для вирішення задач управління містобудівництвом.

Застосування підходу з використанням інтелектуальних інформаційних систем підтримки прийняття рішень використовується при розробці системи, яка призначена для розв’язання таких задач:

- зберігання, обробка і аналіз результатів обслідування технічного стану будівель;
- визначення фізичного та морального зношення будівельних об’єктів;
- проведення технічної експертизи об’єктів нерухомості;
- виконання моделювання зміни технічного стану будівель;
- визначення остаточного терміну надійності експлуатації будівель;
- виконання планування управлінням технічним станом житлового фонду; визначення містобудівельної вартості територій;
- виконання оптимізації моделей управління залежно від заданих параметрів і цілей;
- виконання дослідження містобудівельних ситуацій;
- аналізування і оцінювання забудови району реконструкції;
- виконання оцінювання об’єктів нерухомості;
- проведення функціонального аналізу території району, що реконструюється і розв’язання деяких інших задач містобудівництва.

Таблиця 2

Місце інформаційних технологій СППР у складі АСУ містобудівництва в процесі розв’язання управлінських задач

Функціональна підсистема	Задачі управління	Інформаційна технологія
Управління містобудівництвом		
Нормативне управління	Розвиток і експлуатація житлового фонду міста в цілому (термін управління – від 25 років)	Методи імітаційного моделювання, методи експертних оцінок, організаційно-технічні і організаційно-економічні моделі
Стратегічне управління	Розвиток комплексів об’єктів, територій, комунікаційних підсистем (термін управління – 5-10 років)	Методи імітаційного моделювання, методи експертних оцінок, методи дослідження операцій, нейронні мережі
Тактичне управління	Реконструкція і розвиток окремих об’єктів (термін управління – 1-3 роки)	М’які моделі, дослідження операцій

Оперативне управління	Експлуатація окремих підсистем об'єкта (термін управління – менше року)	Нейронні мережі, нечіткі системи, генетичні алгоритми
Приклади окремих задач містобудівництва		
	Оцінка містобудівельної вартості територій	Аналітичні моделі, нечіткі множини
	Діагностика технічного стану будівель і споруд	Нейронні мережі, нечіткі системи, генетичні алгоритми
	Дослідження містобудівельних ситуацій	СППР, імітаційні моделі, нечіткі системи, факторні моделі
	Оцінювання об'єктів нерухомості	Статистичні моделі, нейронні мережі

Стаття надійшла до редколегії: 11.02.2010

### Висновки

Розглянуто підходи до створення інтелектуальних інформаційних систем підтримки прийняття рішень у містобудівництві, що базуються на поєднанні аналітичних методів і моделей, таких як імітаційне моделювання, розрахункові обчислення, оптимізаційні розрахунки з моделями м'яких обчислень, такими як нечіткі системи, нейронні мережі, генетичні алгоритми для рішення складних слабоструктурованих або неструктурованих задач.

Створення таких систем дозволить підвищити рівень прийняття управлінських рішень в містобудівництві, краще виконувати оцінювання якості житлової політики, що проводиться.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В.Цюцюра, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

### Список літератури

1. Бачурина С.С. Мегapolis: методы и модели управления процессами комплексной реконструкции сложившейся застройки. / С. С. Бачурина –М.: СИНТЕГ, 2004. – 224 с.
2. Сетлак Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. / Г. Сетлак.–К.: Логос, 2004. – 251 с.
3. Ротштейн О.П., Діагностика на базі нечітких відношень в умовах невизначеності. / О.П. Ротштейн, Г.Б. Ракітянська.–Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 275 с.
4. Колесников А.В. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. / А.В. Колесников, И.А. Кириков.–М.: ИППИ РАН, 2007. – 387 с.
5. Батюк А.Є. Інформаційні системи в менеджменті. / А.Є. Батюк, З.П. Двуріт, К.М. Обельовська. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, “Інтелект-Захід”, 2004. – 520 с.