

УДК 338.49:[338.47: 629.33/36]: 332.144

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІБРИДНИХ МОДЕЛЕЙ

Мікловда В.П.  
Ходикіна І.Ю.  
Шевчук Я.В.

*У статті розглянуто суть гібридних інтелектуальних систем. Проаналізовано застосування гібридних моделей при дослідженні функціонування та прогнозування розвитку автотранспортної інфраструктури. Акцентується увага на ефективності використання гібридних моделей для дослідження функціонування та прогнозування розвитку автотранспортної інфраструктури.*

**Ключові слова:** автотранспортна інфраструктура, автомобільний транспорт, гібридні інтелектуальні системи, автотранспортні потоки, транспортні вузли, штучний інтелект.

### ВСТУП

Під гібридними моделями розуміють такі моделі, при побудові яких використовуються різні методи. Термін «гібрид» розуміється як система, що складається з двох або більш інтегрованих підсистем, кожна з яких може мати різні мови представлення і методи виводу. Підсистеми об'єднуються разом семантично і по дії кожна з кожною. В наш час розроблені також гібридні інтелектуальні системи, які є інструментом синергетичного штучного інтелекту, призначеного для моделювання ефектів взаємодії, самоорганізації, адаптації, котрі спостерігаються в системах, де тісно переплітаються природа, людина і техніка. Можливо, моделі і методи гібридних інтелектуальних систем стануть релевантними складності задач, які вирішуються в системах підтримки прийняття рішень [2].

Гібридну інтелектуальну систему тлумачать як систему, в котрій для вирішення завдання використовують більше, ніж один метод імітації інтелектуальної діяльності людини. Таким чином гібридна інтелектуальна система – це сукупність: аналітичних моделей, експертних систем, штучних нейронних мереж, нечітких систем, генетичних алгоритмів, імітаційних статистичних моделей.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Гібридну інтегровану систему визначають також як систему, яка використовує більше, ніж одну комп'ютерну технологію [4].

Незважаючи на те, що термін «гібридні інтелектуальні системи» виник зовсім недавно (в 1992 р.), в наш час вже, практично, сформувався міждисциплінарний напрям «гібридні інтелектуальні системи». Засновниками гібридного напрямку були А. Пнуелі і Д. Харел. Вони ввели новий клас гібридних реактивних систем, які входять в склад складних систем. Розробка гібридних моделей і систем здійснюється за допомогою інструментальної системи NuTech.

Напрямок «гібридні інтелектуальні системи» об'єднує вчених і фахівців, що досліджують застосування не одного, а кількох методів, як правило, з різних класів, для вирішення завдань управління і проектування [2].

Зазначимо, що фахівці з University of Sanderland (Англія) визначають «гібридні інформаційні системи» як великі, складні системи, які цілісно інтегрують знання і традиційну обробку інформації. Вони можуть надавати можливість зберігати, шукати і маніпулювати даними, знаннями і традиційними технологіями [2].

Окремі дослідники акцентують увагу на тому, що головною задачею при розробці гібридних систем є якнайкраще поєднання різних методів та відповідне оброблення знань у процесі прийняття рішень [1]. При цьому, наводяться приклади поєднання інтелектуальних технологій при створенні гібридних систем :

- нейронні мережі + нечіткі системи – нейронні мережі створюють функції належності і

---

**Мікловда Василь Петрович**, доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

**Ходикіна Інна Юрійвна**, к.е.н., доцент, доцент кафедри фінансів Сімферопольського філіалу Харківського Європейського національного університету.

**Шевчук Ярослав Васильович**, к.е.н., доцент, старший науковий співробітник Інституту регіональних досліджень НАН України, тел. 0632700407, e-mail: yaroslsh@ua.fm

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 [1].

Часто гібридні інтелектуальні системи поділяють умовно на три класи:

1. Гібридні системи з функціональним заміщенням, в яких використовується одна модель. В цій моделі один з елементів 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).

2. Гібридні системи із взаємодією, в яких використовуються незалежні модулі, котрі

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

3. Поліморфні гібридні системи, в яких одна модель використовується для імітації функціонування інших моделей (наприклад, розмірковування за допомогою ланцюга правил можна моделювати за допомогою нейронної мережі) [1]. Одним з прикладів таких моделей є ті, які побудовані на базі методу клітинних автоматів і агентних моделей. Ряд вчених вважають, що їх можна використовувати для регіональних досліджень, у тому числі для вивчення регіональних систем автотранспортної інфраструктури [7, 8].

Крім NetLogo і туCity Model, сьогодні розроблено досконаліші гібридні моделі для використання з системою ГІС, зокрема з інструментом Repast, який вважається більш легким у застосуванні [9], з використання даних ГІС з бібліотеки Java Topology Suite. Модель працює у різних географічних масштабах (наприклад, у адміністративних районах міста) без потреби в реконфігурації. Характерною рисою моделі є читання будь-якого векторного шейпфайла [10]. Просторово шейпфайли описуються точками, ламаними лініями, багатокутниками. На рис. 1. представлена дослідницька схема гібридного комплексу.

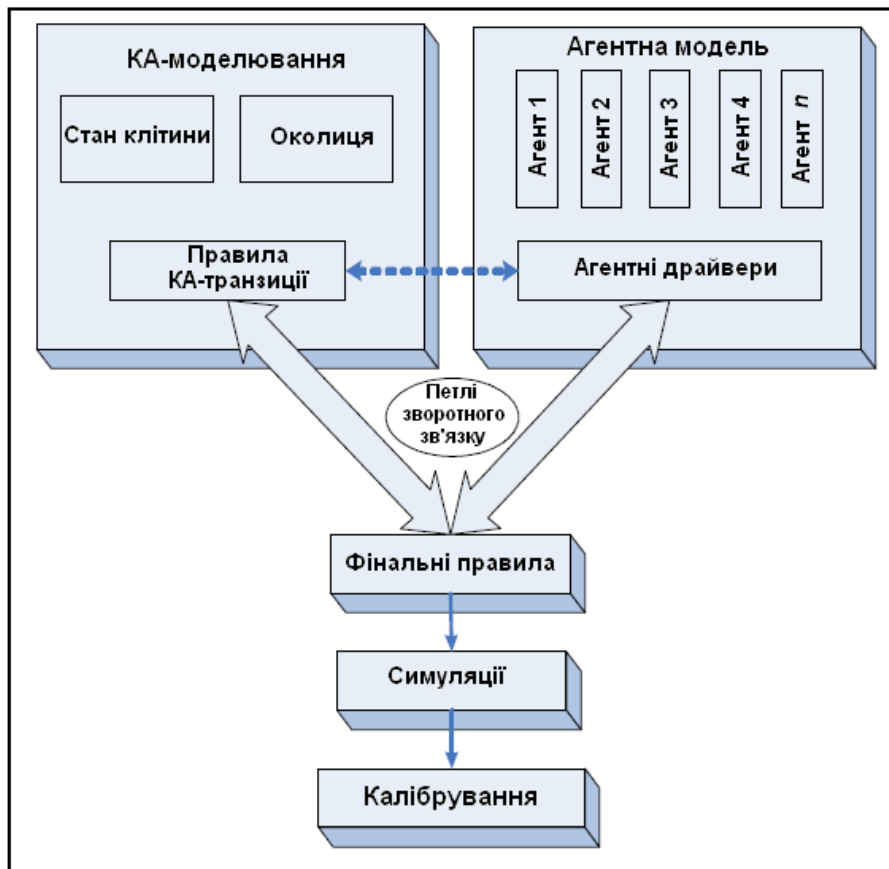


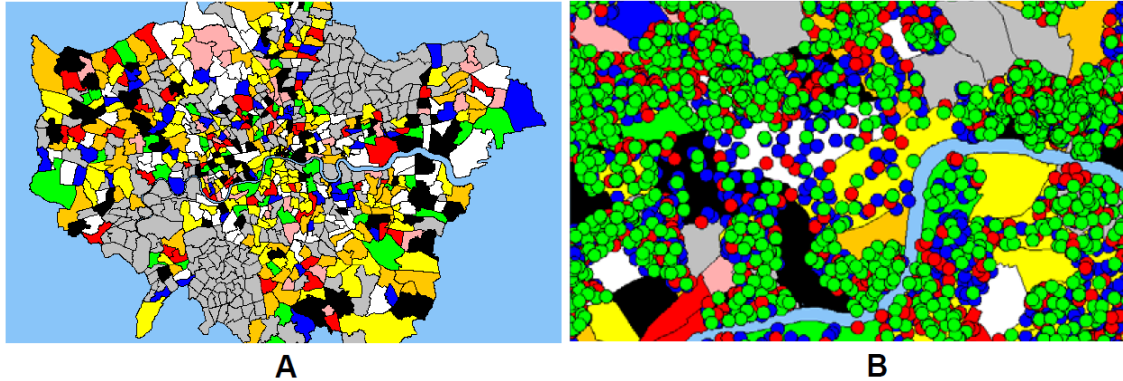
Рис. 1 Дослідницька схема гібридного комплексу\*

\* Shapefile (ESRI Shapefile) – розповсюджена в GIS геопросторова комп'ютерна програма. Просторово шейпфайли описуються точками, ламаними лініями, багатокутниками.

Використання багатокутників має переваги: вони дають змогу схематично представляти простір у максимальному наближенні до реальності. Шейпфайли виступають як землекористувачі чи розміщені на землі об'єкти (дороги, мости та інші об'єкти автотранспортної інфраструктури) або, наприклад, як мешканці чи представники певного

соціального класу. Індивідуальні агенти можуть рухатись навкруги в певній області або переступати її границі. Агенти можуть взаємодіяти один з одним або з довкіллям.

На рис. 2 представлено основу моделі для подальшого введення даних.



**Рис. 2. Використання багатокутників**

А: основний багатокутниковий шар використовується для підготовки моделі; В: збільшений масштаб однієї ділянки в А, в якій було створено агентів з атрибутивних багатокутників

Використовуючи модель, можна досліджувати міські проблеми, зокрема проблеми розвитку автотранспортної інфраструктури у містах. Ця модель має різні типи, які використовуються залежно від виконання конкретних замовлень.

Досить цікаву концептуальну ринкову агентну КА-модель ALMA (Agent-based Land Market), яка еволюціонує в моноцентричному міському просторі, описано в роботі [11]. В дослідженнях було використано програмний продукт, який було розроблено на основі моноцентричної моделі міста Алонсо [6], з гомогенними агентами.

На думку Гайни Г.А., до найбільш поширених багатомодельних систем, які можуть бути застосовані при моделюванні процесів у містах 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 системі дозволяє швидкому навчанню, а експертна 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 [1].

Не можна не погодитись з Гайною Г.А. в тому плані, що використання багатомодельних систем є важливим і ефективним інструментом при вирішенні проблем розвитку міст, зокрема дозволить

підвищити рівень прийняття управлінських рішень, краще виконувати оцінювання якості економічної політики. Вважаємо, що багатомодельні системи можна застосувати і при обґрунтуванні розвитку автотранспортної інфраструктури як в містах, так і в регіонах.

В гібридних інтелектуальних системах часто використовуються агентні моделі, які суттєво відрізняються від моделей системної динаміки. Якщо в моделях системної динаміки в центрі уваги є процеси, то в агентних моделях - об'єкти, яких може бути дуже багато і кожен з яких характеризується конкретною поведінкою. Тобто, як зазначає Ю.С.Тобілевич, основою агентного моделювання є концепція відмови від традиційного моделювання поведінки окремого об'єкта в умовах максимізації його функції корисності задля нестандартного моделювання обмеженої раціональності шляхом застосування технологій штучного інтелекту [5].

Патракеєв І.М., Толстохатко В.В, Жуков В.С. в монографії «Моделювання динамічних об'єктів транспортної системи міста методами штучного інтелекту» проаналізували транспортні проблеми великих міст, у тому числі й міста Харкова. Для вирішення згаданих проблем ці вчені використали моделювання динамічних об'єктів транспортної системи міст методами штучного інтелекту. Патракеєв І.М., Толстохатко В.В, Жуков В.С. розглянули різні можливості використання агентного (багатоагентного) моделювання ("agent-based modeling") для прогнозування автотранспортних потоків у міському середовищі. При цьому, вони навели класифікація існуючих математичних моделей автотранспортних потоків і вказали основні напрями подальшого дослідження динамічних об'єктів транспортної системи [3].

Патракеєв І.М. та Жуков В.Є. застосували гібридне моделювання для дослідження поведінки пішоходів. Вони запропонували структурну блок-діаграму даних і процесів для моделювання руху пішоходів в міських умовах. При цьому, зазначені вчені розглянули можливість застосування розробленої моделі руху пішоходів для прогнозування поведінки пішоходів на масових заходах і в транспортних вузлах [3].

## ВИСНОВКИ

Таким чином, очевидною є важливість використання гібридних моделей для дослідження функціонування та прогнозування розвитку автотранспортної інфраструктури. Їх застосування буде більш ефективним при поєднанні з іншими традиційними методами при вивченні автотранспортної інфраструктури.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гайна Г.А. Концепція багатомодельного підходу до розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у містобудівництві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.nbu.gov.ua/portal/natural/urss/2010\\_1/32-34Gaina.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/urss/2010_1/32-34Gaina.pdf)
2. Гібридна інтелектуальна система [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.uk.wikipedia.org/wiki/](http://www.uk.wikipedia.org/wiki/).
3. Патракеєв І. М. Моделювання динамічних об'єктів транспортної системи міста методами штучного інтелекту / І.М.Патракеєв, В.В.Толстохатко, В.Є. Жуков. – Харків, ХНАМГ, 2010. – 150 с.
4. Сетлак Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений / Г. Сетлак. – К.: Логос, 2004. – 251 с.
5. Тобілевич Ю. Є. Агентно-орієнтоване моделювання / Ю.Є. Тобілевич[Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.nbu.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/Vchu/N173/N173p079-089.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Vchu/N173/N173p079-089.pdf)
6. Alonso W. Location and Land Use. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964.
7. Brown D. G., Riolo R., Robinson D.T., North M., Rand W. 2005, Spatial Process and Data Models: Toward Integration of Agent-Based Models and GIS // Journal of Geographical Systems, Special Issue on Space-Time Information Systems. – 2005. – V. 7, No 1. – P. 25-47.
8. Najlis R., North M. J. Repast for GIS // Proceedings of Agent 2004: Social Dynamics: Interaction, Reflexivity and Emergence, University of Chicago and Argonne National Laboratory, IL, USA, 2004.
9. Crooks A.T. Exploring cities using agent-based models and GIS // UCL (University College London) Centre for Advanced Spatial Analysis. Working papers series. Paper 109 – Sep 06. – [http://www.casa.ucl.ac.uk/working\\_papers/paper109.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper109.pdf)
10. Shapefile (ESRI Shapefile) – розповсюджена в GIS геопросторова комп'ютерна програма. Просторово шейпфайли описуються точками, ламаними лініями, багатокутниками.
11. Filatova T., Parker D.C, van der Veen A. Introducing Preference Heterogeneity into a Monocentric Urban Model: an Agent-Based Land Market Model. – [mason.gmu.edu/~dparker3/papers/WCSS\\_30\\_05.pdf](http://mason.gmu.edu/~dparker3/papers/WCSS_30_05.pdf)