

УДК 004.9+656

**ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА НА ОСНОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ***В.Б. Мокін, В.Г. Сторчак*

Анотація: Розглянута проблема управління транспортними потоками міста з використанням геоінформаційних технологій. Розроблено нову інформаційну технологію автоматизованої побудови геоінформаційної моделі транспортної мережі міста на основі бази знань моделей елементів цієї мережі з урахуванням їх вагомості для задачі заданого типу. Запропоновано ряд прийомів щодо застосування цієї технології на практиці. Проведено її практичну апробацію у м. Вінниця.

Аннотация: Рассмотрена проблема управления транспортными потоками города с использованием геоинформационных технологий. Разработана новая информационная технология автоматизированной построения геоинформационной модели транспортной сети города на основе базы знаний моделей элементов этой сети с учетом их значимости для задачи заданного типа. Предложен ряд приемов по применению этой технологии на практике. Проведено ее практическую апробацию в г. Винница.

Abstract: There had been considered the issue of controlling over the city transport flows using GIS technologies. There had been developed the new information technology for automated building the GIS model of city transport network on basic a knowledge database with models elements of the above network with the consideration of their relevancy for the task of the set type. There had been suggested a number of methods for practical approbation of this technology. Its practical approbation had been made in the city of Vinnytsya.

Ключові слова: геоінформаційні системи, інформаційна модель, управління транспортними потоками, транспортна мережа.

**Постановка задачі та вихідні передумови**

Проблема завантаженості доріг великою кількістю транспорту робить актуальним різні методи та технології оптимального управління транспортними потоками. Існує багато моделей, які описують динаміку транспортних потоків, які поділяють на детерміновані та стохастичні, наприклад: моделі Гріншилдса и Грінберга, Лайтхілла-Уїзема, моделі слідування за лідером, клітинні автомати, моделі стрибаючих частинок, та інші [1]. Всі вони тією чи іншою мірою відображають характер та закономірності зміни параметрів потоків у транспортній мережі (ТМ) міста. Але при моделюванні цих параметрів, як правило, або детально вивчаються та описуються усі процеси на основі теорії масового обслуговування, або обробляються дані натурних спостережень параметрів транспортних потоків, у т.ч. з камер відеоспостереження [1, 2]. Однак, ці підходи не дозволяють гнучко та швидко враховувати нові фактори та взаємовплив одних факторів на інші, наприклад, необхідність врахування нових об'єктів транспортної інфраструктури або погіршення умов пересування (стан доріг, «пробки» тощо) транспортних засобів вимагає значного часу на ідентифікацію та оптимізацію раніше побудованої моделі цієї мережі. Прискорити розв'язання цієї задачі можна, попередньо побудувавши інформаційні моделі елементів ТМ та процесів, які впливають на зміну параметрів транспортних потоків у місті. Ці моделі повинні враховувати як статичні та динамічні параметри елементів, так і співвідношення, що описують зміну цих параметрів під впливом інших елементів ТМ. Також, слід розробити алгоритми та засоби автоматизованої обробки даних про елементи ТМ з метою збільшення оперативності та комплексності щодо прийняття рішень з управління дорожнім рухом (ДР) міста. Світовий досвід довів, що оптимальним є розробка інформаційних моделей таких елементів у вигляді геоінформаційних моделей (ГІС-моделей) [3-5]. Отже, є актуальною задача створення інформаційної технології автоматизованої побудови геоінформаційної моделі транспортної мережі міста на основі геоінформаційних моделей її елементів. Технологія повинна містити моделі, методи, алгоритми, прийоми та програмне забезпечення для побудови та ідентифікації типових елементів ТМ за реальними даними.

**Методологія розв'язання задачі**

Кожна ГІС-модель містить інформаційну (числові, текстові та інші атрибути чи параметри) та просторову (координати, геометрія) складову. Для коректного відображення просторових даних сучасна ГІС-модель враховує поняття топології, тобто просторових відношень між координатами об'єктів [4-6]. Наприклад, координати дорожньої розмітки повинні збігатись з координатами доріг, координати табличок до дорожніх знаків повинні збігатись з координатами знаків, виїзди із зон паркування повинні мати спільні точки з вулицями та ін. Пропонуємо інформаційні моделі елементів транспортної мережі зберігати у спеціальній базі знань, яка містить параметри об'єктів та правила, операції і відношення між цими даними та об'єктами. Операції, як правило, виконуються над числовими параметрами об'єктів, а відношенням («перетинаються», «не перетинаються», «є підоб'єктом» та ін.) відповідають певні алгоритми виконання операцій над просторовими даними цих об'єктів. Також у базі знань пропонуємо зберігати інформацію про атрибутивні відношення, які відображають вплив параметрів одних елементів ГІС-моделей на параметри інших. Структура такої узагальненої ГІС-моделі наведена на рис. 1.

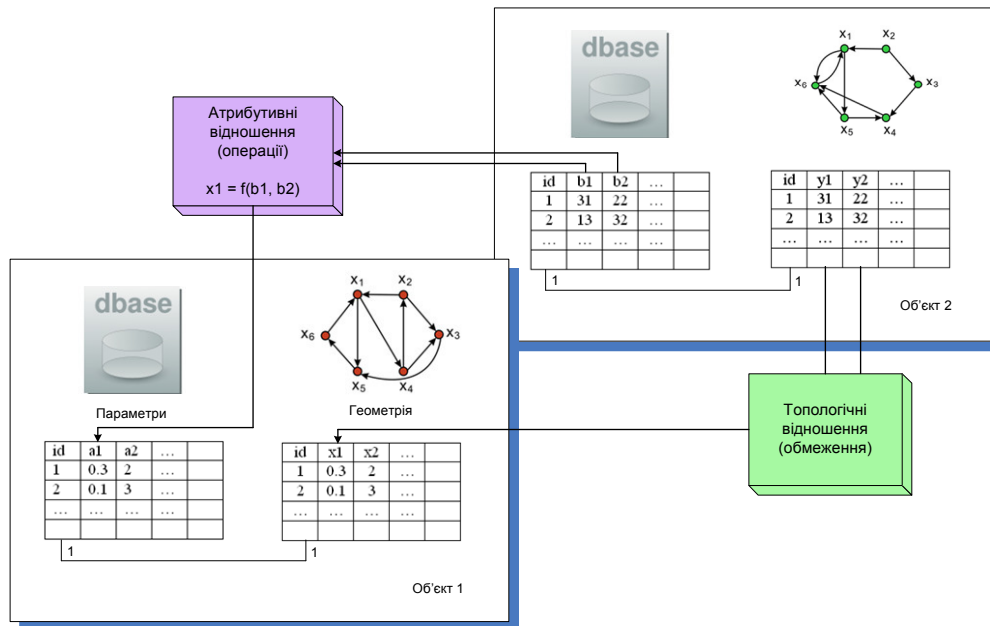


Рисунок 1 – Структура узагальненої геоінформаційної моделі елемента транспортної мережі

Наприклад, для ділянки вулиці з середньою швидкістю  $v$  установлення знаку «Обмеження швидкості» з параметром  $k = 40$ , який забороняє рух зі швидкістю вище 40 км/год, означає, що нове значення середньої швидкості  $v_2$  для цієї ділянки вулиці визначається за співвідношенням:

$$v_2 = \begin{cases} k, & v > k, \\ v, & v \leq k. \end{cases}$$

Більш складні співвідношення характеризують зміну пропускнув здатності вулиці внаслідок дії засобів регулювання руху (світлофори з багатьма фазами переключення, нерегульовані перехрестя та ін.), появи ділянок дороги з підвищеною «ямковістю», виїздів та заїздів транспорту на зони паркування тощо.

Розроблена інформаційна технологія для реальної ТМ реалізується у такі етапи:

Етап 1. Ідентифікація ГІС-моделей основних елементів ТМ.

1. Визначення усіх факторів та основних елементів ТМ, які суттєво впливають на динаміку транспортних потоків міста і можуть бути важливими під час оптимізації ДР міста (пропускнув здатності, організації «зелених хвиль», підвищення зручності проїзду маршрутного транспорту, паркування тощо).

2. Ідентифікація просторових моделей основних елементів ТМ: векторизація (нанесення на карту) усіх основних елементів ТМ як окремих шарів ГІС та редагування і збереження їх топологічних відношень, формування геометричних мереж тощо.

3. Формалізація та ідентифікація інформаційних моделей основних елементів ТМ: для кожного елемента здійснюється ідентифікація закономірностей щодо значень та динаміки зміни його параметрів шляхом виконання натурних спостережень, обробки даних відеоспостереження, опитування учасників ДР, вивчення технічної документації на засоби регулювання ДР тощо.

4. Визначення та збереження у базі знань атрибутивних відношень між параметрами інформаційних моделей основних елементів ТМ: на основі аналізу Правил дорожнього руху, експлуатаційно-будівельних норм об'єктів дорожньої мережі, закономірностей, геометричних параметрів та обмежень, які має вулична мережа міста, технічної документації на засоби регулювання ДР та інші елементи ТМ тощо визначаються співвідношення та алгоритми зміни параметрів одних елементів ТМ через параметри інших та обмеження параметрів одних елементів ТМ параметрами інших, які мають місце. Для реальних елементів, параметри яких не встановлюються нормативно-технічними документами та стандартами (перешкоди на дорогах («ямковість», ожеледиця та ін.), інтенсивність транспортного потоку на вулицях міста у різний час тощо відношення ідентифікуються шляхом виконання натурних спостережень, обробки даних відеоспостереження, опитування учасників ДР, аналізу протоколів ДТП тощо.

Етап 2. Ідентифікація ГІС-моделі ТМ та розв'язання прикладних задач, пов'язаних з оптимізацією ДР.

1. Визначення основних елементів, які впливають на ті чи інші параметри ТМ та які мають високу вагу під час розв'язання різних прикладних задач, пов'язаних з оптимізацією ДР. Наприклад, різні елементи слід враховувати під час розрахунку «зеленої хвилі» по різних, у т.ч. паралельних,

вулицях міста. А це може бути важливим під час ремонту вулиць чи різноманітних аварійних ситуацій. Складання довідника можливих прикладних задач та присвоєння значень ваги елементам ТМ, які відображають значущість впливу їх параметрів на успішний розв'язок цих задач. Відповідно, найменшу вагу матимуть ті елементи, параметри яких можна не враховувати під час розв'язання відповідної задачі.

2. Визначення прикладної задачі, яку слід розв'язувати в першу чергу, та встановлення її номеру  $P$  у довіднику можливих прикладних задач.

3. Визначення граничного значення ваги  $W$ , за якою відбирати найбільш впливові елементи ТМ (фактори).

4. Ідентифікація ГІС-моделі ТМ: підключення шарів ГІС з елементами, які мають вагу для задачі  $P$  вище заданого граничного значення  $W$ , та відключення інших шарів ГІС. Перевірка у базі знань виконання атрибутивних та просторових відношень та обмежень (операцій з параметрами та топологією) між підключеними шарами ГІС та відповідний перерахунок значень параметрів, за необхідності.

5. Розв'язання поставленої прикладної задачі, пов'язаної з оптимізацією ДР. Візуалізація результатів розрахунку.

6. Якщо результат розрахунку збігається з експериментальними даними, тоді перейти до п. 7, інакше – враховувати більше факторів (елементів ТМ) шляхом зміни (збільшення або зниження) граничного значення ваги  $W$  з переходом до п. 4.

7. Якщо необхідно розв'язати нову задачу, тоді знайти її номер  $P$  у довіднику можливих прикладних задач та перейти на п. 3, інакше – на наступний пункт.

8. Завершити роботу.

### Практична реалізація технології

Під час практичної реалізації запропонованої інформаційної технології пропонується враховувати такі особливості ТМ та прийоми роботи з ГІС:

1. Відомо, що типовими елементами ТМ та об'єктами транспортної інфраструктури міста, з точки зору регулювання дорожнього руху, є такі [1, 2]: вулиці, перехрестя, дорожні знаки, світлофори, дорожня розмітка, зони паркування, точки тяжіння (об'єкт або територія масового збирання людей: навчальні заклади, магазини, території масового відпочинку, великі громадські установи тощо), тимчасові об'єкти транспортної мережі (ділянки дороги, що ремонтуються, об'їзди тощо). Необхідно під час побудови їх ГІС-моделей та формалізації у базі знань використовувати уніфіковані умовні позначення та назви параметрів (атрибутів), щоб легше було потім їх обробляти.

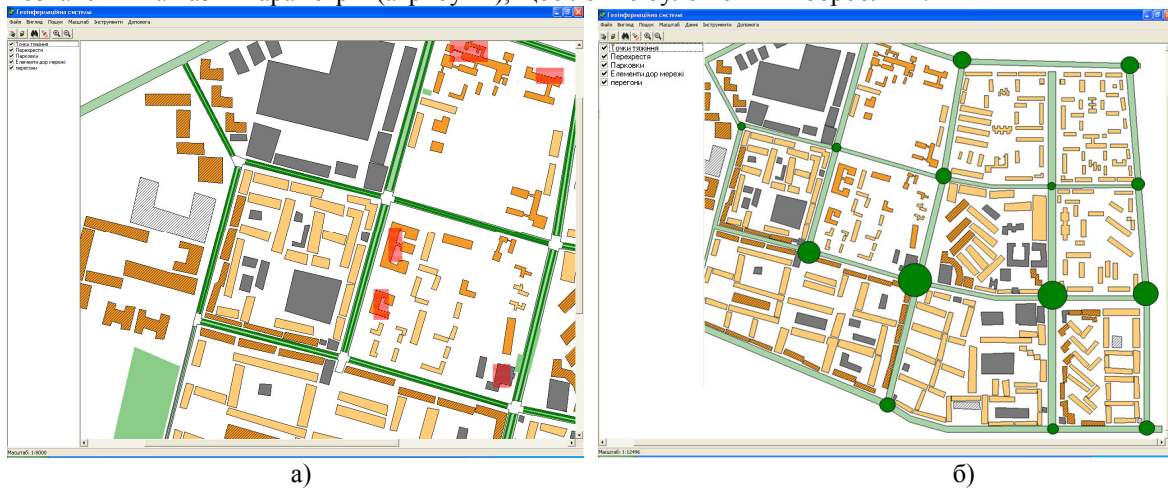


Рисунок 2 – Типове авторське програмне забезпечення на GISToolKit Free ГІС «Панорама» для зручної роботи з шарами ГІС ТМ та обробки їх даних і розв'язання прикладних задач: а) управління шарами ГІС;

б) аналіз даних в ГІС та побудова тематичних карт

2. Варто побудувати та зберігати у базі знань множину типових ГІС-моделей, які адаптуються під конкретні елементи ТМ, наприклад: «Вулиця із двобічним рухом», «Т-подібне перехрестя», «Забороняючий знак», «Трифазний світлофор», «Розмітка – суцільна лінія», «Точка тяжіння - Школа», «Ямковість дороги» тощо.

3. Варто розробити типове програмне забезпечення для зручної роботи з шарами ГІС ТМ та обробки їх даних і розв'язання прикладних задач, наприклад з використанням інструментарію GISToolKit Free ГІС «Панорама» [7] (рис. 2).

Дана технологія була успішно випробувана на вулицях міста Вінниці в рамках виконання робіт щодо створення пілотної версії Автоматизованої системи керування дорожнім рухом у межах Договору про науково-технічне співробітництво між Вінницькою міськрадою та Вінницьким національним технічним університетом № 28/2 від 1 березня 2010 року. Роботи виконувались на замовлення та за участі Державного підприємства «Спеціалізована монтажно-експлуатаційна дільниця ВДАІ УМВС України у Вінницькій області».

#### Висновки

Таким чином, розроблено нову інформаційну технологію побудови геоінформаційної моделі параметрів транспортної мережі, яка дозволяє більш гнучко та швидко враховувати моделі різних елементів мережі та взаємовплив параметрів і топології одних елементів на інші шляхом автоматизованої обробки моделей просторової та атрибутивної інформації геоінформаційних моделей елементів мережі з різних шарів ГІС, формалізованих та збережених у вигляді бази знань. Дістала подальший розвиток формалізація геоінформаційних моделей на прикладі елементів транспортної мережі шляхом врахування, поряд із просторовими відношеннями (топологією), атрибутивних відношень (операцій) над параметрами різних об'єктів ГІС. Запропоновано новий метод ідентифікації геоінформаційної моделі транспортної мережі (ТМ), який відрізняється від існуючих підходом щодо відбору елементів мережі, котрі найбільше впливають на параметри та топологію ГІС-моделі мережі, шляхом порівняння значень ваги цих елементів із певним граничним значенням. Успішна апробація розробленої інформаційної технології на вулицях міста Вінниці підтвердила доцільність її застосування.

#### Список літератури

1. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса – [Електронний ресурс] / Семенов В.В. — Режим доступу :
2. <http://www.urban.donetsk.ua/~masters/2005/kita/shapovalova/library/semenov.pdf>
3. Гаврилов А.А. Моделирование дорожного движения. / Гаврилов А.А. – Москва : Транспорт, 1980. – 189 с.
4. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. Монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. — Вінниця: Вид-во ВНТУ "УНІВЕРСУМ-Вінниця", 2005. — 315 с.
5. Mitchell A. – Environmental Systems Research Institute, Inc. The ESRI Guide to GIS Analysis. V.1: Geographic Patterns and Relationships: Redlands, USA, 1999. – 186 p.
6. Zeiler M. Modeling our World. – ESRI: Redlands, USA, 1999. – 202 p.
7. ArcGIS 9. Geodatabase Workbook. – ESRI: Redlands, USA, 2004.– 258 p.
8. Продукты КБ Панорама (РФ). Дорожное хозяйство. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://gisinfo.ru/projects/projects.htm#roads>

#### Відомості про авторів

Мокін Віталій Борисович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри моделювання та моніторингу складних систем Вінницького національного технічного університету.

Сторчак Володимир Григорович – аспірант кафедри моделювання та моніторингу складних систем Вінницького національного технічного університету, магістр електромеханіки.