

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Сторчак Володимир Григорович

УДК 004.9+656+504.06

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ПАРАМЕТРІВ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
З ГЕОМЕТРИЧНИМИ МЕРЕЖАМИ**

Спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Вінниця - 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Мокін Віталій Борисович,

Вінницький національний технічний університет,

завідувач кафедри моделювання та моніторингу складних систем

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Прокудін Георгій Семенович,

Національний транспортний університет, м. Київ,

професор кафедри інформаційних систем і технологій

доктор технічних наук, професор

Усов Анатолій Васильович,

Одеський національний політехнічний університет,

завідувач кафедри вищої математики і моделювання систем

Захист відбудеться "16" квітня 2011 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.01 Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНК, ауд. 210.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий "13" березня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С. М. Захарченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У багатьох задачах з оптимізації параметрів розподілених систем використовуються геометричні мережі.

Геометрична мережа – це визначений набір класів векторних об'єктів, які утворюють частину нерозривної мережі, що складається із граничних елементів, переходів і поворотів. Для створення геометричної мережі повинен бути визначений набір класів векторних об'єктів (елементів), які включаються в цю мережу, роль кожного класу векторних об'єктів (наприклад, граничних елементів або переходів) і організація цих класів векторних об'єктів у набір векторних об'єктів. Приклади геометричних мереж (ГМ) у ГІС: інженерні (вулично-дорожня, водопровідна, електрична тощо), природничі (річкова, екологічна тощо).

Важливим завданням, пов'язаним з розв'язанням численних оптимізаційних задач, є вибір структури та ідентифікація інформаційних моделей геометричних мереж.

Світовий досвід довів, що оптимальним для зберігання параметрів та обробки даних про геометричні мережі є геоінформаційні технології. Вирішенням задач, пов'язаних із застосуванням ГІС-технологій для моделювання параметрів та оптимізації інженерних і природничих мереж, займаються багато зарубіжних установ та підприємств таких як – Компанія „Environment Systems Research Institute” (ESRI, США), Компанія „Intergraph Corporation” (США), Компанія „Pitney Bowes” (США), Компанія „Mappl” (РФ), АО КБ «Панорама» (РФ), Московський автодорожній інститут (РФ) та інші. В Україні – Національний транспортний університет, Харківський державний автомобільно-дорожній технічний університет, Харківська національна академія міського господарства, Одеський національний політехнічний університет, Національний авіаційний університет, Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, Вінницький національний технічний університет, Національний гірничий університет, Компанія „ЕСОММ Со” (Київ) та ін.

Традиційний підхід до обробки даних про ГМ полягає в ідентифікації та збереженні у базі даних їх атрибутивних параметрів, якими фіксується лише наявність та характер зв'язків (відношень) між елементами. Визначені просторові елементи ГМ відображаються на карті ГІС у вигляді відповідних геометричних об'єктів, які топологічно пов'язуються в єдиний мережевий об'єкт. Сучасні ГІС-пакети дозволяють врахувати деякі топологічні відношення між об'єктами: можливість перетинання, наявності спільних точок тощо. У той же час, складні системи, наприклад транспортні, екологічні, енергетичні, містять багато інших об'єктів, які впливають на параметри мереж. У разі необхідності зміни складу або параметрів факторів, які слід враховувати, модель необхідно ідентифікувати заново та заново розв'язувати поставлену задачу.

Отже, розробка нової інформаційної технології, яка обробляла би дані на основі бази знань з урахуванням не тільки інформаційних моделей параметрів шарів ГІС, а і математичних співвідношень між ними з можливістю швидкої автоматизованої адаптації для різної множини шарів, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Вибраний напрямок досліджень співпадає з напрямком досліджень за такими науково-дослідними роботами (НДР) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ), де здобувач брав участь як виконавець:

- «Оптимізація транспортної мережі міста Вінниці» (№ ДР 0107U012444), яка була виконана на замовлення Вінницької міської ради у 2007 р.;

- «Синтез способів та систем для діагностування транспортних засобів» (№ ДР 0104U000743), яка була виконана на замовлення Міністерства освіти і науки України (МОН України) у 2004-2006 рр.;

- «Розробка моделей та методів оптимізації режимів руху транспортних засобів по магістралях зі складним рельєфом» (№ ДР 0107U002096), яка була виконана на замовлення МОН України у 2007-2009 рр.;

- «Розробка методів інтеграції математичних моделей природних процесів з геоінформаційними системами природних екосистем» (№ ДР 0108U000654), яка була виконана на замовлення МОН України у 2008-2010 рр.;

- «Ідентифікація якості та стану поверхневих вод за даними системи регулярного державного моніторингу довкілля» (№ ДР 0105U002428), яка була виконана на замовлення МОН України у 2005-2007 рр.;

- «Розробка та впровадження єдиної автоматизованої системи Державної екологічної інспекції та підрозділів аналітичного контролю територіальних органів Мінприроди України із отриманням результатів вимірювань стану забруднення довкілля, викидів, скидів і відходів, їх накопичення, оброблення та аналізування» (№ ДР 0105U008854), яка була виконана на замовлення Державної екологічної інспекції України у 2005-2006 рр.;

- «Створення Інтернет-порталу для ГІС-систем моніторингу Вінницької області» (№ ДР 0107U012437), яка була виконана на замовлення Держуправління охорони навколишнього природного середовища у Вінницькій області у 2007 р.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягає у підвищенні швидкості та комплексності автоматизованої обробки параметрів шарів геоінформаційних систем з геометричними мережами, на які впливають інші елементи систем.

У результаті проведеного аналізу для досягнення поставленої мети сформульовано задачі дослідження:

- здійснити аналіз проблем та підходів до автоматизації обробки параметрів шарів геоінформаційних систем;

- розробити структуру інформаційних моделей елементів ГІС та запропонувати методи та алгоритми їх ідентифікації;

- розробити інформаційну технологію автоматизації обробки параметрів шарів ГІС з геометричними мережами, основу на базі знань про елементи та взаємовплив параметрів цих ГІС;

- створити програмні засоби для реалізації розробленої інформаційної технології та апробувати їх на практичних прикладах і впровадити у відповідні організації та установи.

Об'єктом дослідження є процес автоматизації обробки параметрів шарів геоінформаційних систем з геометричними мережами, на які впливають інші елементи систем.

Предметом дослідження є методи, засоби та алгоритми автоматизації обробки параметрів шарів геоінформаційних систем з геометричними мережами, на які впливають інші елементи систем природних та технічних об'єктів.

Методи дослідження. У дослідженнях використовувались такі методи: під час формалізації та створення бази знань – методи теорії реляційних баз даних; для ідентифікації параметрів баз знань – методи математичного моделювання; для автоматизації обробки параметрів – метод формалізації даних; під час розробки програмного коду інформаційних систем – методи об'єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Запропоновано нову структуру моделі бази знань про шари геоінформаційної системи з геометричною мережею, яка відрізняється від існуючих урахуванням мультиплікативних та адитивних складових математичного опису взаємовпливу між параметрами різних елементів ГІС, що дозволяє більш точно врахувати взаємовплив параметрів інформаційних моделей різних елементів ГІС.

2. Вперше розроблено інформаційну технологію автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами, основу на декомпозиції елементів

шарів ГІС за критерієм впливу на інтегральні показники мережі та формалізації у базі знань можливих взаємовпливів між параметрами цих елементів поліномом першого порядку, яка дозволяє більш швидко визначати інтегральні показники геометричної мережі у разі зміни параметрів елементів шарів ГІС.

3. Дістав подальший розвиток підхід щодо автоматизованої ідентифікації параметрів та структури математичних моделей процесів у геометричних мережах з урахуванням багатьох факторів, за рахунок налагодження відповідності між структурою інформаційних моделей ГІС та структурою математичних моделей, що дозволить більш комплексно та швидко оптимізувати інтегральні параметри геометричної мережі для різного набору шарів ГІС.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена інформаційна технологія може широко застосовуватися до обробки даних та оптимізації систем з геометричними мережами. Широкий спектр задач, які вирішуються за її допомогою, дозволяє використовувати її для підприємств та установ, що займаються управлінням та оптимізацією параметрів об'єктів, які у ГІС формалізуються як геометричні мережі.

Найбільшу практичну цінність мають такі одержані результати:

1. Розроблена технологія дозволить підвищити швидкість та комплексність автоматизованої обробки параметрів шарів ГІС з ГМ, на які впливають інші елементи систем, та підвищити наочність візуалізації результатів моделювання на картах ГІС.

2. Розроблено структуру та частково наповнено у 2010 р. базу знань ГІС транспортної системи мікрорайону Вишенька міста Вінниці, впроваджену у комунальному підприємстві «Вінницька спеціалізована монтажньо-експлуатаційна дільниця з організації дорожнього руху», що дозволяє оптимізувати параметри технічних засобів регулювання дорожнього руху та збільшити пропускну здатність дорожньої мережі міста.

3. Розроблено ГІС громадського маршрутного транспорту міста Вінниці, впроваджену в Управлінні комп'ютеризації та телекомунікацій Вінницької міської ради, що дозволило іншим фахівцям виконати його оптимізацію та візуалізувати її результати на цій же ГІС. Результатом стала Концепція розвитку пасажирського автомобільного транспорту у місті Вінниці з метою оптимізації маршрутної мережі, затверджена Вінницькою міською радою у 2007 році.

4. Удосконалено ГІС басейну р. Південний Буг, що дозволяє проводити більш комплексний аналіз впливу водокористування на якість поверхневих вод. Результати впроваджені у Басейновому управлінні водними ресурсами річки Південний Буг у 2010 р.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри "Моделювання та моніторингу складних систем" під час викладання дисциплін „Геоінформаційні системи”, „Моніторинг довкілля” і „Бази даних”, а також написання бакалаврських і дипломних робіт для студентів ВНТУ спеціальностей:

- 080404 (050101) - "Інтелектуальні системи прийняття рішень" (спеціалізація "Інтелектуальні інформаційні технології обробки даних в системах моніторингу та контролю");

- 070801 (040106) - "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" (спеціалізація "Комп'ютеризовані системи екологічного моніторингу").

Впровадження систем підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать такі результати: [1] – охарактеризовано типові закономірності у розподілі завантаженості вулично-дорожньої мережі та удосконалено концептуальні теоретичні основи створення ГІС підтримки прийняття рішень для управління транспортною мережею міста; [2] – розроблено та охарактеризовано інформаційну технологію побудови геоінформаційної моделі

параметрів транспортної мережі; [3] – розроблено структуру моделі бази знань про шари ГІС з ГМ та інформаційну технологію автоматизованої побудови ГІС з ГМ на основі такої бази знань; [4] – запропоновано принцип побудови розкладу руху електротранспорту та розроблено узагальнену модель функціонування електротранспорту; [5] – запропоновано метод розстановки розривних випусків на маршруті; [6] – створено модель визначення оптимальної кількості машин на маршруті, розроблено алгоритм розв'язання задачі щодо вирівнювання інтервалів руху при вибраній кількості машин; [7] – розроблено та охарактеризовано програмний комплекс для автоматизованого створення розкладів руху електротранспорту міста. [8] – розроблено програмне забезпечення.

Апробація результатів дисертації. Результати, одержані в дисертаційній роботі, пройшли апробацію на 10-ти наукових конференціях: 8-а та 9-а Міжнародні науково-технічні конференції "Контроль і управління в складних системах" (КУСС) (м. Вінниця, 2005 р., 2007 р.); Міжнародна наукова конференція «Проблеми автоматизованого електроприводу» (м. Дніпродзержинськ, 2007 р.); I Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія" (м. Вінниця, 2010 р.); Науково-технічні конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ за участю інженерно-технічних працівників підприємств міста Вінниці і області (м. Вінниця, 2005 р., 2006 р., 2007 р., 2008 р., 2009 р., 2010 р.).

Публікації. Всього за тематикою дослідження опубліковано 8 наукових праць, в тому числі 7 статей у наукових фахових журналах, що входять до переліку ВАК України, отримано свідоцтво про реєстрацію авторських прав на комп'ютерну програму.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (119 найменувань) та трьох додатків. Основний зміст викладено на 110 сторінках друкованого тексту, містить 40 рисунків, 22 таблиці. Загальний обсяг дисертації 155 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкрито сутність і стан досліджень науково-прикладної задачі, підстави і вихідні дані для проведення дослідження. Також викладено: актуальність теми дисертації, мету, задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача та апробацію результатів дисертації і публікації здобувача.

Перший розділ. У даному розділі проведено огляд методів та технологій обробки параметрів геометричних мереж.

Проаналізовано проблеми моделювання та обробки параметрів геометричних мереж на прикладі транспортної мережі, які пов'язані з урахуванням різних факторів та взаємовпливу одних факторів на інші, що ускладнює обробку даних. 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.

Таким чином, аналіз показав, що є чимало методів, моделей та підходів математичного моделювання параметрів геометричних мереж на прикладі транспортної мережі за різних умов та з урахуванням різних факторів. Усі ці методи в комплексі можна використати для синтезу оптимальних законів управління транспортом у місті. Однак, під час застосування даних методів на практиці основною проблемою є адаптація моделей до конкретної вулично-дорожньої мережі, ідентифікація параметрів моделей на практиці, врахування особливостей та обмежень, знаків та інших факторів, які вже є у місті. Зменшити

час на таку адаптацію, охопити розрахунками сотні доріг та перехресть, тисячі комбінацій маршрутів можна тільки з використанням сучасних геоінформаційних технологій, зокрема за допомогою геоінформаційної системи вулично-дорожньої мережі заданого міста. Аналогічні задачі є актуальними і під час моделювання процесів у розгалужених річкових та інших мережах.

Питаннями визначення та обробки параметрів геометричних мереж різного характеру, зокрема транспортних та річкових, присвячено роботи таких зарубіжних вчених, як: Гаврилов А. А. (РФ), Корсей С. Г. (РФ), Д. Уїзем (США), Буренскене М. Ч. (РФ), Сильянов В. В. (РФ), Greenshields В. D. (США), Greenberg Н. (США), Mitchell А. (США), Payne Н. J. (США), Bekey G. A. (США), Yang Н. (США), Бертольд І. (РФ), Семенов В. В. (РФ) та інші. В Україні дослідження по даній тематиці проводили – Поліщук В. П., Доля В. К., Рябенський В. М., Ходаков В. Є., Петров Е. Г., Нефьодов М. А., Прокудин Г. С., Усов А. В., Єресов В. І., Левковець П. Р., Доля В. К., Давідіч Ю. О. та інші.

Для розв'язання задач оптимізації параметрів ГІС з ГМ потрібно створити уніфіковану структуру, яка буде враховувати розбиття елементів системи на типові шари, класифікацію та містити опис параметрів окремих елементів, а також інформаційні, топологічні та математичні зв'язки між елементами різних шарів.

Отже, є актуальною задача створення інформаційної технології автоматизованої обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами (ГІС з ГМ). Технологія повинна містити моделі, методи, алгоритми, прийоми та програмне забезпечення для побудови та ідентифікації типових елементів ГІС з ГМ за реальними даними.

Викладене визначило зміст наукових досліджень, вказаний в задачах досліджень.

Другий розділ присвячено розробці інформаційних моделей та методів формалізації даних про елементи геометричних мереж у ГІС.

Запропонована класифікація та кодування основних елементів ГІС на прикладі транспортної системи міста.

При формуванні єдиної системи класифікації та позначень елементів ГІС з ГМ та їх параметрів запропоновано взяти за основу, по-перше, підходи до класифікації та системи позначень, що використовуються у класифікаторах ГІС. Пропонується використовувати таке кодування:

$$C = 1 \ x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8, \quad (1)$$

тобто одиниця та 8 розрядів, позначених цифрами від 0 до 9, утворюють ієрархічну структуру об'єктів, подібну до структури об'єктів у класифікаторі ГІС. Перша цифра «1» потрібна для того, щоб відрізнити код від типового кодування об'єктів, яке є загальноприйнятим у держстандартах України.

Розроблено та описано інформаційні моделі елементів ГІС з ГМ. Подано їх приклади для транспортних систем міст.

Охарактеризовано параметри типового шару елементів ГІС з ГМ. Запропоновано формалізований опис параметрів кожного шару ГІС з ГМ (інформаційну модель) за такою структурою:

1. Тип.
2. Параметри та характеристики елемента ГІС з ГМ.
3. Варіанти ускладнень.
4. Напрямки зміни характеристик.
5. Фактори, які слід враховувати.
6. Методики ідентифікації параметрів моделей.
7. Умови узгодження топології з іншими.
8. Умови узгодження впливу об'єкту на інші.

У табл. 1 наведено складові інформаційної моделі на прикладі елемента ТС «Вулиця».

Охарактеризовано важливий елемент природних та технічних мереж – місця тяжіння, врахування впливів яких дозволить більш оптимально розподіляти потоки в мережах. Місцем тяжіння назвемо об'єкт або територію, до якої у певні моменти часу спрямовані порівняно великі потоки. Особливість цих точок (об'єктів) полягає в тому, що, в залежності від часових параметрів доби, сезону року, вони змінюють свою значущість або взагалі втрачають.

Для транспортних мереж це можуть бути навчальні заклади, супермаркети, території масового відпочинку, великі громадські установи тощо. Для річок – водозабори. Для електричних мереж – великі споживачі (заводи, фабрики тощо).

Розроблено та охарактеризовано нову структуру бази знань про елементи ГІС з ГМ (рис. 1), запропоновано алгоритми її ідентифікації на практиці.

Таблиця 1

Структура типової інформаційної моделі елемента ТС «Вулиця»

№	Параметр моделі	Значення
1.	Тип	Основний.
2.	Параметри та характеристики елемента транспортної системи	1. Геометричні параметри всіх елементів міських вулиць та доріг, їх інженерного обладнання і штучних споруд вулично-дорожньої мережі. 2. Міцність дорожнього покриття. 3. Рівність, шорсткість, ковзкість дорожнього покриття. 4. Кількість, повнота та вид технічних засобів регулювання дорожнього руху. 5. Інтенсивність та склад дорожнього руху. 6. Наявність місць концентрації дорожньо-транспортних пригод (ДТП), кількість ДТП. 7. Показник слизькості дорожнього покриття протягом періодів з несприятливими погодними умовами. 8. Стан і працездатність зливостоків та інших водовідвідних споруд. 9. Стан елементів інженерного обладнання міських вулиць та доріг. 10. Стан технічних засобів регулювання дорожнього руху та ін.
3.	Варіанти ускладнень	У даній класифікації не розрізняється.
4.	Напрямки руху	У даній класифікації не розрізняється.
5.	Методики ідентифікації параметрів моделей	Ідентифікація параметрів моделей: шляхом геодезичних натурних вимірювань (може застосовуватись, також, обробка даних дистанційного зондування Землі та ГІС-технології) або за даними проектів на будівництво чи реконструкцію елементів вулиць.
6.	Умови узгодження топології з іншими моделями	Усі елементи ТС повинні узгоджуватись з вуличною мережею, тобто вони повинні мати підоб'єкти, координати яких повинні збігатись хоча б з однією точкою хоча б одного об'єкта «Вулиця».
7.	Умови узгодження впливу об'єкту на інші	У даній класифікації не розрізняється.

Розроблено структуру бази знань підсистеми обробки даних інформаційних моделей та охарактеризовано її зв'язок з параметрами математичних моделей процесів у ГІС. Для цього, для кожного шару створюється типова інформаційна модель у базі знань. База знань містить в собі типовий набір параметрів об'єктів мережі в загальному вигляді, а також набір правил, по яким взаємодіють об'єкти бази знань між собою.

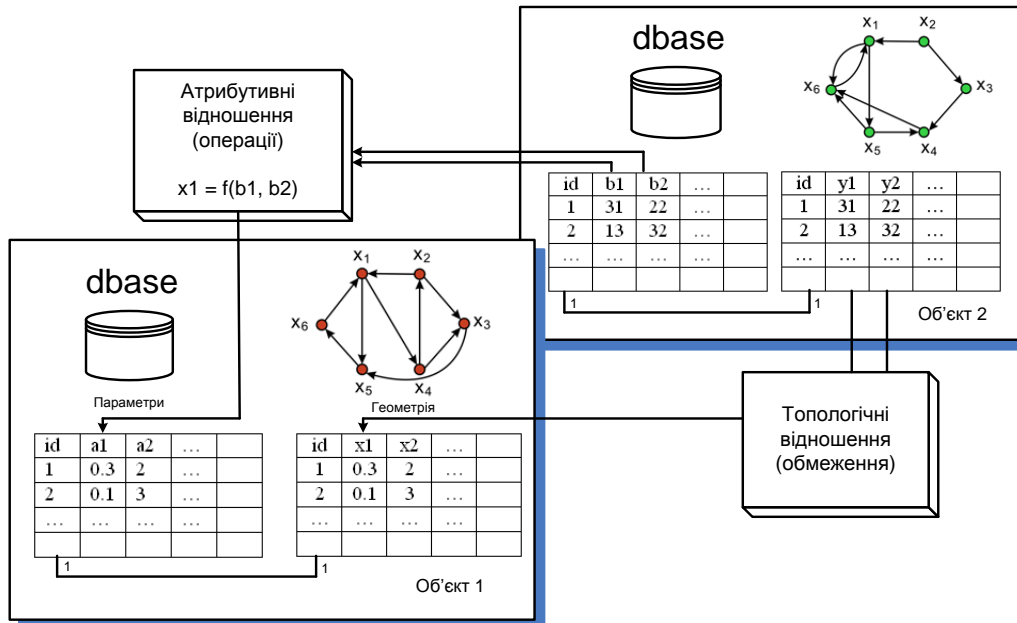


Рис. 1. Структура узагальненої геоінформаційної моделі елемента транспортної системи

Для бази знань обов'язково вводиться обмеження – вплив параметрів багатьох шарів на заданий параметр може бути формалізований як сума окремих впливів кожного з цих параметрів на заданий. А цей вплив параметру одного шару p_1 на параметр іншого p_2 можна формалізувати у вигляді поліному першого порядку з адитивною $\Delta(t)$ і мультиплікативною $k(t)$ складовою:

$$p_2 = k(t) \cdot p_1 + \Delta(t). \quad (2)$$

За допомогою цих складових можна врахувати вплив елементів будь-якого шару на інший. Модель для кожного параметру може містити як обидві складові, так і лише одну з них, вони можуть залежати від часу t , а можуть бути і сталими. У таблиці 2 наведено приклад такої формалізації.

Таблиця 2

Приклад опису взаємовпливу шарів ГІС у базі знань

Параметри шару 1 \ Параметри шару 2	f_1	z_1	v_1	v_2	...	τ
a_1	$\times k_1(t) \pm \Delta_1(t)$...	
a_2		$\times k_2(t) \pm \Delta_2(t)$...	
b_1				$\times k_4(t) \pm \Delta_4(t)$...	
b_2	$\times k_6(t) \pm \Delta_6(t)$		$\times k_3(t) \pm \Delta_3(t)$...	
...					...	
τ		$\times k_5(t) \pm \Delta_5(t)$...	$\times k_n(t) \pm \Delta_n(t)$

Охарактеризовано, яким чином може здійснюватись автоматизована ідентифікація параметрів та структури математичних моделей процесів в геометричних мережах з урахуванням багатьох факторів, за рахунок налагодження відповідності між структурою інформаційних моделей ГІС та структурою математичних моделей, що дозволить більш комплексно та швидко визначати та оптимізувати інтегральні параметри геометричної мережі для різного набору шарів ГІС. Різна структура інформаційних моделей ГІС, у т.ч. різний набір шарів ГІС, несуть різну інформацію та враховують і формалізують різну кількість факторів, що впливають на задані показники системи (пропускна здатність вулиць, якість води у річці тощо).

Наприклад, нехай характеристика (пропускна здатність, якість води річки тощо) у пов'язана з вектором вхідних параметрів x деякого шару L_j певною функціональною залежністю F :

$$y(x) = F(x, K_i, \Delta_i, L_j), \quad (3)$$

де K_i, Δ_i ($i = \overline{1, S_j}$) – i -ті мультиплікативний та адитивний коефіцієнти шару L_j , відповідно; S_j – кількість коефіцієнтів j -ого шару; L_j ($j = \overline{1, m}$) – активний шар ГІС, тобто такий, вплив якого враховує модель (3).

Налагодивши чітку відповідність між інформаційними моделями ГІС (3) та структурою математичних моделей, які описують зміну таких показників під дією різних факторів, можна у разі вибору та ідентифікації тієї чи іншої структури інформаційних моделей ГІС автоматизовано (а то і автоматично) ідентифікувати структуру та параметри відповідної математичної моделі. А це, у свою чергу, дозволить швидше моделювати різні сценарії пошуку оптимальних рішень зі зміни параметрів геометричної мережі у ГІС для покращення її основних характеристик.

Наведено приклади формування бази знань про шари ГІС з ГМ.

Третій розділ присвячено розробці геоінформаційної технології обробки параметрів шарів геометричних мереж у ГІС.

Запропоновано узагальнений алгоритм застосування технології на прикладі транспортної системи (ТС). На основі проведеного аналізу наявних математичних можливостей у розв'язанні задач з управління транспортними потоками у місті, можливостей геоінформаційних технологій (ГІС-технологій) та специфіки задачі в цілому, запропоновано концепцію створення геоінформаційної системи обробки параметрів ГІС для управління транспортною системою міста, яку пропонується запроваджувати поетапно.

Етап 1. Збирання вхідних даних, вибір основних елементів ТС та варіантів структури інформаційних моделей їх елементів.

Етап 2. Ідентифікація інформаційних моделей елементів ТС міста.

Етап 3. Оптимізація параметрів ТС міста.

Дістала подальший розвиток формалізація геоінформаційних моделей на прикладі елементів транспортної мережі шляхом урахування, поряд із просторовими відношеннями, атрибутивних відношень параметрів різних об'єктів ГІС. Запропоновано метод ідентифікації геоінформаційної моделі транспортної системи (ТС) з відбором елементів мережі за ступенем впливу на параметри та топологію ГІС-моделі мережі шляхом порівняння значень ваги цих елементів із певним граничним значенням.

Розроблено програмний комплекс із застосуванням запропонованої технології для розв'язання задачі оптимізації параметрів руху міського громадського транспорту.

Формалізовано інформаційну модель шару ГІС „Міський громадський транспорт”. Визначено вплив параметрів між собою.

Розроблено алгоритм ідентифікації параметрів руху для окремого маршруту міського громадського транспорту. Для цього формалізовано співвідношення між різними параметрами руху електротранспорту (рис. 2) відображає процес ідентифікації параметрів маршруту. Описано методи визначення необхідної кількості розривних випусків, які потрібно буде випустити на маршрут для покращення його якісних характеристик, та метод розстановки їх на маршруті. Наведено алгоритм реалізації методу розстановки.

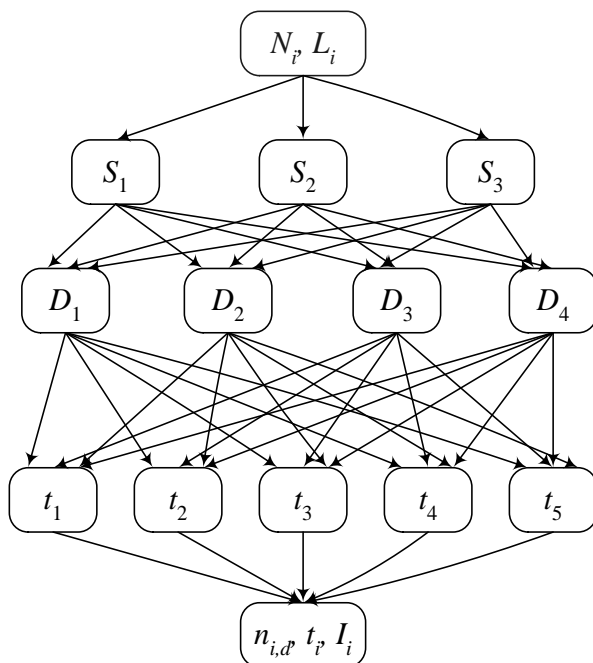


Рис. 2. Граф співвідношень параметрів руху електротранспорту

Розроблено типовий програмний інструментарій для реалізації запропонованої інформаційної технології на прикладі транспортної системи (ТС), в якому враховані такі особливості ТС та прийоми роботи з ГІС:

1. Під час побудови ГІС-моделей елементів ТС та формалізації у базі знань використовуються уніфіковані умовні позначення та назви параметрів (атрибутів), щоб легше було потім їх обробляти.

2. У базі знань закладено множину типових ГІС-моделей, які адаптуються під конкретні елементи ТС, наприклад: «Вулиця із двобічним рухом», «Т-подібне перехрестя», «Забороняючий знак», «Трикольоровий світлофор», «Розмітка – суцільна лінія», «Місце тяжіння – Школа», «Ямковість дороги» тощо.

3. Перед застосуванням програмного забезпечення максимально наповнити бази атрибутивних даних та шари ГІС актуальною інформацією, яка може бути в подальшому використана у математичних моделях процесів на окремих ділянках чи об'єктах, що утворюють геометричну мережу.

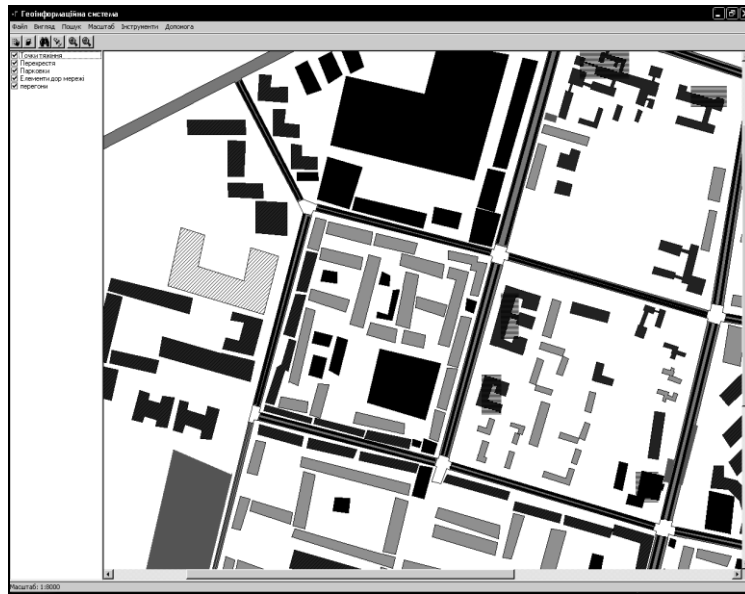


Рис. 3. Типове авторське програмне забезпечення на GISToolKit Free ГІС «Панорама» для зручної роботи з шарами ГІС ТС та обробки їх даних і розв’язання прикладних задач

Проведено порівняльний аналіз тривалості розв’язання задачі ідентифікації параметрів математичних моделей з використанням запропонованої технології та за традиційними підходами на прикладі дорожнього руху у місті та річкової системи.

Для транспортної мережі одним з основних параметрів математичних моделей є середня швидкість руху транспортних засобів по перегонах вулиць між світлофорами. Саме цей параметр дозволяє коректно проводити синхронізацію фаз світлофорів для забезпечення так званої «зеленої хвилі» для транспортних засобів, оцінювати максимальну пропускну здатність вулично-дорожньої мережі тощо. Як відомо, на цей параметр впливає багато факторів. Чим більш точно вони описані та враховані, тим точнішими будуть і моделі, які його використовують. Була оцінена тривалість визначення таких факторів та характеру їх впливу: засоби регулювання руху транспортних засобів (дорожні знаки, дорожня розмітка), вплив метеорологічних показників (слизькість, видимість) та якісний склад транспортних потоків.

Для моделювання якості води у розгалужених річкових водах аналізувались фактори та характер їх впливу на якість вод у річках: скиди стічних чи зворотних вод та місця їх випуску у річки (біля берега чи у стрижень); гідравлічні та гідрологічні параметри річок (звивистість річок, усереднений коефіцієнт турбулентної дифузії річок, коефіцієнт шорсткості дна русла); коефіцієнт самоочищення річок під дією інших, окрім розбавлення і перемішування, процесів; якість води у річках вище і нижче скидів (за даними державного моніторингу довкілля).

Проведений аналіз показав, що при застосуванні запропонованої інформаційної технології для транспортної мережі у порівнянні з традиційними технологіями та підходами тривалість зменшилась у майже 10 разів, а для річкової мережі – у майже 18 разів. У разі збільшення параметрів, які враховуються, та кількості елементів геометричної мережі, тривалість розрахунку буде зменшуватись.

У **четвертому розділі** наведено практичне апробування запропонованої технології. Розроблено структуру та частково наповнено базу знань ГІС транспортної системи мікрорайону Вишенька міста Вінниці, впроваджену у комунальному підприємстві «Вінницька спеціалізована монтажньо-експлуатаційна дільниця з організації дорожнього руху».

Розроблено ГІС громадського маршрутного транспорту міста Вінниці, що дозволило іншим фахівцям виконати їх оптимізацію та візуалізувати її результати на цій же ГІС (рис. 4). Результатом стала Концепція розвитку пасажирського автомобільного транспорту у місті Вінниці з метою оптимізації маршрутної мережі, затверджена Вінницькою міськрадою у 2007 році.



Рис. 4. ГІС міста з шаром зупинок маршрутних таксі

Удосконалено ГІС басейну р. Південний Буг, що дозволяє проводити більш комплексний аналіз впливу водокористування на якість природних поверхневих вод. Результати впроваджено у Басейновому управлінні водними ресурсами річки Південний Буг. Моделювання різних ситуацій за допомогою цієї програми дозволяє більш чітко та набагато швидше виявити проблемні місця, які потребують розташування додаткових постів моніторингу якості та кількості поверхневих вод та вжиття певних управлінських заходів на зниження антропогенного впливу. Вчасне усунення в майбутньому цих проблемних місць, наприклад, шляхом урахування відповідних рекомендацій під час розробки нових нормативів на гранично допустимі скиди підприємств, дасть значний соціально-екологічний та економічний (для водокористувачів) ефект.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри "Моделювання та моніторингу складних систем" під час викладання дисциплін „Геоінформаційні системи”, „Моніторинг довкілля” і „Бази даних”, а також написання бакалаврських і дипломних робіт для студентів ВНТУ спеціальностей:

- 080404 (050101) - "Інтелектуальні системи прийняття рішень" (спеціалізація "Інтелектуальні інформаційні технології обробки даних в системах моніторингу та контролю");

- 070801 (040106) - "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" (спеціалізація "Комп'ютеризовані системи екологічного моніторингу").

У висновках сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Робота присвячена підвищенню швидкості та комплексності автоматизованої обробки параметрів шарів геоінформаційних систем з геометричними мережами, на які впливають інші елементи систем.

У результаті проведеного дослідження отримано такі нові наукові та практичні результати:

1. Запропоновано нову структуру моделі бази знань про шари геоінформаційної системи з геометричною мережею, яка відрізняється від існуючих урахуванням мультиплікативних та адитивних складових математичного опису взаємовпливу між параметрами різних елементів ГІС, що дозволяє більш точно врахувати взаємовплив параметрів інформаційних моделей різних елементів ГІС.

2. Дістав подальший розвиток підхід щодо автоматизованої ідентифікації параметрів та структури математичних моделей процесів в геометричних мережах з урахуванням багатьох факторів, за рахунок налагодження відповідності між структурою інформаційних моделей ГІС та структурою математичних моделей, що дозволить більш комплексно та швидко оптимізувати інтегральні параметри геометричної мережі для різного набору шарів ГІС.

3. Вперше розроблено інформаційну технологію автоматизованої побудови ГІС з геометричною мережею, основу на декомпозиції елементів шарів ГІС за критерієм впливу на інтегральні показники мережі та формалізації у базі знань можливих взаємовпливів між параметрами цих елементів поліномом першого порядку, яка дозволяє більш швидко визначати інтегральні показники геометричної мережі у разі зміни параметрів елементів шарів ГІС. Проведено оцінювання швидкості ідентифікації математичної моделі процесів за допомогою запропонованої технології у порівнянні з традиційними підходами на прикладах для транспортної системи міста та процесів розбавлення стічних вод із річковими. Для розглянутих прикладів досягнуто прискорення ідентифікації майже у 10 та 18 разів, відповідно. У разі збільшення кількості елементів мережі та факторів, які враховуються, ця різниця буде збільшуватись.

Розроблена інформаційна технологія може широко застосовуватися до обробки даних та оптимізації систем з геометричними мережами. Широкий спектр задач, які вирішуються за її допомогою, дозволяє використовувати її для підприємств та установ, що займаються управлінням та оптимізацією параметрів об'єктів, які у ГІС формалізуються як геометричні мережі. Зокрема, було розроблено ГІС громадського маршрутного транспорту міста Вінниці, яка є впровадженою в Управлінні комп'ютеризації та телекомунікацій Вінницької міської ради, що дозволило іншим фахівцям виконати його оптимізацію та візуалізувати її результати на цій же ГІС. Результатом стала Концепція розвитку пасажирського автомобільного транспорту у місті Вінниці з метою оптимізації маршрутної мережі, затверджена Вінницькою міською радою у 2007 році. Розроблено структуру та частково наповнено у 2010 р. базу знань ГІС транспортної системи мікрорайону Вишенька міста Вінниці, впроваджену у комунальному підприємстві «Вінницька спеціалізована монтажньо-експлуатаційна дільниця з організації дорожнього руху», що дозволяє оптимізувати параметри технічних засобів регулювання дорожнього руху та збільшити пропускну здатність дорожньої мережі міста. Удосконалено ГІС басейну р. Південний Буг, що дозволяє проводити більш комплексний аналіз впливу водокористування на якість поверхневих вод. Результати впроваджені у Басейновому управлінні водними ресурсами річки Південний Буг у 2010 р.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри "Моделювання та моніторингу складних систем" під час викладання дисциплін „Геоінформаційні системи”, „Моніторинг довкілля” і „Бази даних”, а також написання

бакалаврських і дипломних робіт для студентів ВНТУ спеціальностей:

- 080404 (050101) - "Інтелектуальні системи прийняття рішень" (спеціалізація "Інтелектуальні інформаційні технології обробки даних в системах моніторингу та контролю");

- 070801 (040106) - "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" (спеціалізація "Комп'ютеризовані системи екологічного моніторингу").

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сторчак В. Г. Концепція створення геоінформаційної системи підтримки прийняття рішень для управління транспортною мережею міста / Сторчак В. Г., Мокін В. Б. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2009. — № 2. — С. 78–83.
2. Сторчак В. Г. Технологія побудови інформаційної моделі транспортної мережі міста на основі геоінформаційних моделей її елементів / Сторчак В. Г., Мокін В. Б. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2010. — № 2. — С. 64–67.
3. Сторчак В. Г. Інформаційна технологія автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами / Сторчак В. Г., Мокін В. Б. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2010. — № 5. — С. 79–83.
4. Сторчак В. Г. Розробка розкладу руху електротранспорту / Сторчак В. Г., Мокін В. Б., Розводюк М. П. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 3. — С. 35–38.
5. Сторчак В. Г. До питання оптимізації руху міського електротранспорту / Сторчак В. Г., Мокін В. Б., Розводюк М. П. // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Сб. научных трудов Днепропетровского государственного технического университета. — 2007. — С. 143–147.
6. Сторчак В. Г. До питання визначення необхідної кількості вагонів міського електротранспорту на маршруті / Сторчак В. Г., Мокін В. Б., Розводюк М. П. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. — Кременчук: КДПУ, 2006. — Вип. 3/2006 (38). — Ч. 2. — С. 34–36.
7. Сторчак В. Г. Програма „Розрахунок розкладу руху електротранспорту” / Сторчак В. Г., Мокін В. Б., Розводюк М. П. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2005. — № 6. — С. 30–34.
8. Сторчак В. Г. Комп'ютерна програма для автоматизації процесу складання розкладів руху міського електротранспорту (“Rasprash”) / Сторчак В. Г., Мокін В. Б., Розводюк М. П. // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 21865. — К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. — Дата реєстрації: 30.08.2007.

АНОТАЦІЯ

Сторчак В. Г. Інформаційна технологія автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами. — Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 — Інформаційні технології. — Вінницький національний технічний університет, Вінниця — 2011.

Дисертаційну роботу присвячено підвищенню швидкості та комплексності автоматизованої обробки параметрів шарів геоінформаційних систем з геометричними мережами (ГІС з ГМ), на які впливають інші елементи систем. Для цього розроблено інформаційну технологію, у тому числі, новий комплекс методів, прийомів, алгоритмів та програмного забезпечення, який був апробований та впроваджений на практиці для

розв'язання важливих прикладних задач у галузі автоматизованої обробки параметрів ГІС з ГМ.

Розроблена інформаційна технологія може широко застосовуватися до обробки даних та оптимізації систем з геометричними мережами. Широкий спектр задач, які вирішуються за її допомогою, дозволяє використовувати її для підприємств та установ, що займаються управлінням та оптимізацією параметрів об'єктів, які у ГІС формалізуються як геометричні мережі.

Ключові слова: геоінформаційна система, геометричні мережі, база знань, інформаційна модель, інформаційні технології автоматизованої обробки даних.

АННОТАЦІЯ

Сторчак В. Г. Информационная технология автоматизации обработки параметров геоинформационных систем с геометрическими сетями. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - Информационные технологии. - Винницкий национальный технический университет, Винница - 2011.

Диссертация посвящена повышению скорости и комплексности автоматизированной обработки параметров слоев геоинформационных систем с геометрическими сетями, на которые влияют другие элементы систем.

В работе проведен анализ проблем моделирования и обработки параметров геометрических сетей на примере транспортной сети, которые связаны с учетом различных факторов и взаимовлияния одних факторов на другие, что значительно усложняет обработку данных. Анализ самых распространенных ГИС-пакетов для моделирования параметров геометрических сетей показал ограниченность инструментария этих пакетов.

Предложена новая структура модели базы знаний о слоях геоинформационной системы с геометрической сетью, которая отличается от существующих учетом мультипликативных и аддитивных составляющих математического описания взаимовлияния между параметрами разных элементов ГИС, что позволяет более точно учесть взаимовлияние параметров информационных моделей разных элементов ГИС.

Получил дальнейшее развитие подход к автоматизированной идентификации параметров и структуры математических моделей процессов в геометрических сетях с учетом многих факторов, за счет установки соответствий между структурой информационных моделей ГИС и структурой математических моделей, что позволит более комплексно и быстро оптимизировать интегральные параметры геометрической сети для разного набора слоев ГИС.

Впервые разработана информационная технология автоматизированной обработки параметров ГИС с геометрическими сетями, основанная на декомпозиции элементов слоев ГИС в соответствии с критерием влияния на интегральные показатели сети и формализации в базе знаний возможных взаимовлияний между параметрами этих элементов полиномом первого порядка, позволяющая более быстро определять интегральные показатели геометрической сети при изменении параметров элементов слоев ГИС. Проведена оценка скорости идентификации математической модели процессов с помощью предлагаемой технологии по сравнению с традиционными подходами для транспортной системы города и процессов разбавления сточных вод с речными. Для рассмотренных примеров достигнуто ускорение идентификации почти в 10 и 18 раз, соответственно. При увеличении количества элементов сети и учитываемых факторов эта разница будет увеличиваться.

Разработанная информационная технология может широко применяться к обработке данных и оптимизации систем с геометрическими сетями природного и технического характера. Широкий спектр задач, решаемых с ее помощью, позволяет использовать ее для

предприятий и учреждений, отвечающих за управление и оптимизацию параметров сетевых объектов, которые в ГИС формализуются как геометрические сети.

В частности, была разработана ГИС общественного маршрутного транспорта г. Винницы, внедренная в Управлении компьютеризации и телекоммуникаций Винницкого горсовета, что позволило другим специалистам выполнить его оптимизацию и визуализировать ее результаты на этой же ГИС. Результатом стала Концепция развития пассажирского автомобильного транспорта в г. Виннице с целью оптимизации маршрутной сети, утвержденная Винницким горсоветом в 2007 году. Разработана структура и частично наполнена в 2010 г. база знаний ГИС транспортной системы микрорайона Вишенка г. Винницы, внедренная в коммунальном предприятии «Винницкий специализированный монтажно-эксплуатационный участок по организации дорожного движения», что позволяет оптимизировать параметры технических средств регулирования дорожного движения и увеличить пропускную способность дорожной сети города. Усовершенствована ГИС бассейна р. Южный Буг, что позволяет проводить более комплексный анализ влияния водопользования на качество поверхностных вод. Результаты внедрены в Бассейновом управлении водными ресурсами реки Южный Буг в 2010 г. Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе Винницкого национального технического университета для студентов специальностей "Интеллектуальные системы принятия решений" и "Экология, охрана окружающей среды и сбалансированное природопользование".

Ключевые слова: геоинформационная система, база знаний, информационная модель, информационные технологии автоматизированной обработки данных.

ANNOTATION

Storchak V. G. Information Technology of Automation of Processing Parameters of Geoinformation Systems with Geometric Networks. – Manuscript.

Thesis for obtaining PhD scientific degree on the speciality 05.13.06 – Information technologies — Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia – 2011.

The dissertation is devoted to improving the speed and complexity of automated processing parameters of the layers of geographic information systems with geometric networks (GIS with the GN), which are influenced by other elements of the systems. It's developed an information technology as a new set of methods, techniques, algorithms and software. It has been tested and implemented in practice for dealing with important applications in the field of automated processing parameters of GIS with the GN.

The developed information technology can be widely applied to data processing and optimization of systems with geometric networks. A wide range of problems to be solved with its help, can use it to enterprises and institutions responsible for managing and optimizing the parameters of objects which are formalized in GIS as geometric networks.

Keywords: geographic information system, knowledge base, information model, information technologies for the automated data processing.

Підписано до друку 10.03.2011 р. Формат 29,7×42 ¼
Наклад 100 прим. Зам. № 2011-072
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59