

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ПАРАМЕТРІВ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
З ГЕОМЕТРИЧНИМИ МЕРЕЖАМИ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2014

УДК 004.9 +656+504.06

ББК 32.97 : 22.16+26.22

М74

Автори:

**В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак, Є. М. Крижановський, О. В. Гавенко,
В. Ю. Балачук**

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 4 від 29 листопада 2012 року).

Рецензенти:

Г. С. Прокудін, доктор технічних наук, професор

А. В. Усов, доктор технічних наук, професор

Інформаційні технології автоматизації обробки параметрів І-74 геоінформаційних систем з геометричними мережами : монографія / В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак, Є. М. Крижановський та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 194 с.

ISBN 978-966-641-578-6

У монографії розглянуто інформаційні технології підвищення швидкості та комплексності автоматизованої обробки параметрів шарів геоінформаційних систем з геометричними мережами, на які впливають інші елементи систем.

Робота розрахована на працівників екологічних організацій, студентів та аспірантів ВНЗ, котрі спеціалізуються в галузі інформаційних технологій, екології та транспорту.

УДК 004.9 +656+504.06

ББК 32.97 : 22.16+26.22

ISBN 978-966-641-578-6

© В. Мокін, В. Сторчак, Є. Крижановський, О. Гавенко, В. Балачук, 2014

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ, МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ГЕОМЕТРИЧНИМИ МЕРЕЖАМИ.....	11
1.1 Аналіз проблем оптимізації параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами	11
1.2 Застосування геоінформаційних технологій до роботи з геометричними мережами.....	17
1.3 Аналіз відомих математичних моделей опису параметрів транспортних мереж	31
1.4 Огляд проблем та стану автоматизації процесів оптимізації параметрів дорожнього руху транспорту у містах.....	33
1.5 Висновки та постановка задач дослідження	35
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ПРО ЕЛЕМЕНТИ ГЕОМЕТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	37
2.1 Класифікація основних елементів геометричної мережі.....	37
2.2 Класифікація основних елементів транспортної системи міста як геометричної мережі	37
2.3 Класифікація основних елементів річкової системи як геометричної мережі.....	43
2.4 Геоінформаційні моделі елементів геоінформаційних систем з геометричними мережами	55
2.4.1 Параметри типового шару елементів геоінформаційних систем з геометричними мережами	55
2.4.2 Вулиця.....	56
2.4.3 Перехрестя	57
2.4.4 Світлофори.....	61
2.4.5 Дорожня розмітка.....	62
2.4.6 Місце для паркування транспортних засобів.....	65
2.4.7 Дорожні знаки	68
2.5 Розробка типової інформаційної моделі місць тяжіння.....	69
2.6 Розробка моделі бази знань	80
2.6.1 Розробка структури бази знань підсистеми обробки даних інформаційних моделей	81

2.6.2 Автоматизація ідентифікації параметрів та структури математичних моделей процесів у геометричних мережах	85
2.6.3 Практичний приклад формування бази знань.....	86
2.7 Формалізація у базі знань нелінійних залежностей між параметрами.....	90
2.7.1 Розробка методу формалізації та ідентифікації нелінійних аналітичних та алгоритмічних залежностей між параметрами геометричних мереж	92
2.7.2 Розробка методу ідентифікації просторово-логічної моделі даних геометричних мереж	96
2.8 Приклад побудови інформаційної моделі транспортної мережі.....	97
2.9 Побудова інформаційних моделей елементів геоінформаційних систем з геометричними мережами	101
2.10 Висновки	103
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ	
ОБРОБКИ ПАРАМЕТРІВ ШАРІВ ГЕОМЕТРИЧНИХ МЕРЕЖ	
105	
3.1 Узагальнений алгоритм застосування технології.....	105
3.2 Алгоритм ідентифікації інформаційних моделей елементів транспортної системи з урахуванням ваги поставлених задач	107
3.3 Оптимізація параметрів елементів геоінформаційних систем з геометричною мережею	109
3.3.1 Формалізація параметрів інформаційної моделі шару «Міський громадський транспорт».....	109
3.3.2 Оптимізація кількості вагонів міського електротранспорту	113
3.4 Оцінювання тривалості процесу ідентифікації математичної моделі процесів за допомогою розробленої технології у порівнянні з традиційними	122
3.4.1 Оцінювання тривалості процесу ідентифікації параметрів математичної моделі процесів у транспортній системі міста	122
3.4.2 Оцінювання швидкості ідентифікації параметрів математичної моделі розбавлення стічних вод із річковими.....	130
3.5 Розв'язання оптимізаційних задач за допомогою інформаційних моделей геометричних мереж.....	134

3.6 Ідентифікація параметрів інформаційної моделі вулично-дорожньої мережі міста за допомогою ігрової веб-системи імітаційного моделювання	136
3.7 Висновки	138
РОЗДІЛ 4 ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ, ПРЕДСТАВЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЮ МОДЕЛЛЮ З ГЕОМЕТРИЧНОЮ МЕРЕЖЕЮ	
4.1 Поняття екологічних ризиків та відомі співвідношення для їх обчислення для водних екосистем	140
4.2 Формалізація кодування ділянок річок у розгалуженій річковій мережі.....	146
4.3 Виведення співвідношення для оцінювання очікуваного екологічного ризику для замикаючої ділянки річки	150
4.4 Приклад розрахунку очікуваного екологічного ризику.....	152
4.5 Висновки	154
РОЗДІЛ 5 АПРОБУВАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РЕАЛЬНИХ ПРИКЛАДАХ	
5.1 Побудова геоінформаційної системи вулично-дорожньої мережі міста Вінниці	155
5.2 Ідентифікація геоінформаційної системи-моделі для оптимізації громадського маршрутного транспорту міста Вінниці	158
5.3 Побудова аналітичної екологічної геоінформаційної системи м. Кривий Ріг та програмного забезпечення для ідентифікації стану та моделювання забруднення довкілля міста.....	163
5.4 Аналіз впливу якості поверхневих вод на ендокринологічні захворювання населення на прикладі Вінницької області	166
5.5 Висновки	170
ВИСНОВКИ.....	171
ЛІТЕРАТУРА	174
ДОДАТОК А МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ	183
ДОДАТОК Б МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У РОЗГАЛУЖЕНИХ РІЧКОВИХ МЕРЕЖАХ	188

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСК ДР	– автоматична система керування дорожнім рухом
БД	– банк даних
БЗ	– база знань
ВНТУ	– Вінницький національний технічний університет
ГДК	– гранично допустима концентрація
ГІС	– географічна інформаційна (геоінформаційна) система
ГІС-пакет	– пакет програм для роботи з геоінформаційними системами
ГМ	– геометрична мережа
ГПП	– геоінформаційний простір параметрів
ДР	– дорожній рух
ЕД	– елементарна ділянка
ЗР	– забруднювальна речовина
МГТ	– міський громадський транспорт
ПЯВ	– показник якості води
РС	– річкова система
ТС	– транспортна система

ВСТУП

В багатьох задачах з оптимізації параметрів просторово-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 [116, 121]. 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 геоінформаційних системах (ГІС): інженерні (вулично-дорожня, водопровідна, електрична тощо), природничі (річкова, екологічна тощо).

Важливим завданням, пов'язаним із 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. 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 пакети програм для роботи з ГІС дозволяють врахувати деякі топологічні відношення між об'єктами: можливість перетинання, наявність 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 урахувати, модель необхідно ідентифікувати заново та заново розв'язувати поставлену задачу.

Розв'язанням 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) тощо. В Україні – Національний транспортний університет, Харківський державний автомобільно-дорожній технічний університет, Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління, Харківська національна академія міського господарства, Одеський національний політехнічний університет, Національний авіаційний університет, 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.

Отже, розробка нової інформаційної технології, яка обробляла б 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.

У книзі розглянуто проблему підвищення 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 розв'язуються 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.

Практична цінність одержаних результатів полягає в тому, що:

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 Він-

ниці, 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. Південного Бугу, що дозволяє проводити більш комплексний аналіз впливу водокористування на якість поверхневих вод. Результати впроваджено у Басейновому управлінні водними ресурсами річки Південний Буг у 2010 р.

Книга містить чотири розділи.

У першому розділі проведено огляд методів та технологій обробки параметрів геометричних мереж.

У другому розділі описано розробку інформаційних моделей та методів формалізації даних про елементи геометричних мереж у ГІС.

Третій розділ відображає розробку геоінформаційної технології обробки параметрів шарів геометричних мереж у ГІС.

У четвертому розділі наведено практичне апробування запропонованої технології.

Текст книги написаний, переважно, В. Г. Сторчаком за матеріалами його кандидатської дисертації (розділи 1–3 та підрозділи 5.1 і 5.2, Додаток А). Також робота доповнена результатами досліджень інших вчених кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки ВНТУ: у галузі геоінформаційних технологій (у розділах 1 і 5) – канд. техн. наук Є. М. Крижановського, у сфері побудови аналітичних геоінформаційних систем з геометричними мережами (розділ 1 та підрозділи 2.7, 2.8, 3.5, 3.6, 5.1 та 5.3) – асп. О. В. Гавенка та в галузі оцінювання екологічних ризиків для басейнів річкових систем (розділ 4, Додаток Б) та аналізу впливу змін у річкових системах та захворюваність населення (підрозділ 5.4) – асп. В. Ю. Балачук. Постановка задач, наукове керівництво усіма дослідженнями та реда-

гування матеріалів в усіх розділах, а також вступі, висновках до розділів та загальних висновках здійснювалось д-ром техн. наук, проф. В. Б. Мокіним.

Відзиви, зауваження і побажання просимо надсилати за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, кафедра комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки (КЕЕМІГ) Вінницького національного технічного університету.

Автори висловлюють подяку:

– академіку Національної академії педагогічних наук України, д-ру техн. наук, проф. Б. І. Мокіну, який протягом 2000–2009 рр. був науковим керівником науково-дослідної лабораторії екологічних досліджень та екологічного моніторингу ВНТУ, де виконано усі дослідження, та задавав напрямок досліджень цієї роботи;

– завідувачу лабораторіями кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки ВНТУ Н. М. Гончар за цінні коментарі та пропозиції у предметній галузі;

– інженеру науково-дослідної лабораторії екологічних досліджень та екологічного моніторингу кафедри КЕЕМІГ О. В. Розводюк за допомогу у верстці й оформленні книги;

– колективу кафедри КЕЕМІГ за допомогу у створенні, наповненні та тестуванні інформаційних систем та в оформленні книги.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ, МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ГЕОМЕТРИЧНИМИ МЕРЕЖАМИ

1.1 Аналіз проблем оптимізації параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами

У багатьох задачах оптимізації параметрів розподілених систем використовуються геометричні мережі.

Геометрична мережа (ГМ) – це визначений набір класів векторних об'єктів, які утворюють частину нерозривної мережі, що складається із граничних елементів, переходів і поворотів [116, 121]. Для створення геометричної мережі повинен бути визначений набір класів векторних об'єктів (елементів), які включаються у геометричну мережу, роль кожного класу векторних об'єктів (наприклад, граничних елементів або переходів) і організація цих класів векторних об'єктів у набір векторних об'єктів [110, 116, 121].

Прикладами геометричних мереж є такі:

- вулично-дорожня (рис. 1.1);
- річкова (рис. 1.2) [39, 116];
- екологічна (рис. 1.3) [24];
- водопровідна [43, 56];
- електрична тощо.

Геометрична мережа являє собою систему взаємопов'язаних елементів, таких як лінії, що з'єднують точки. Мережеві елементи, такі як ребра (лінії) і вузли (точки), повинні бути топологічно з'єднані між собою, щоб забезпечувати навігацію по мережі. Крім того, ці елементи мають параметри, які управляють навігацією в мережі.

ArcGIS автоматично підтримує явні топологічні відносини між мережевими функціями в геометричній мережі. Геометричні мережі можуть бути реалізовані тільки у вигляді персональної бази геоданих (БДГ) або як частина бази геоданих ArcSDE. Геометричній мережі відповідає логічна мережа. Геометрична мережа – це, фактично, набір класів, які складають мережу. У логічній мережі є фізичне уявлення підключення до мережі. Кожен елемент у логічній мережі пов'язаний з елементом геометричної мережі [2, 91].



Рисунок 1.1 – Приклад транспортної мережі

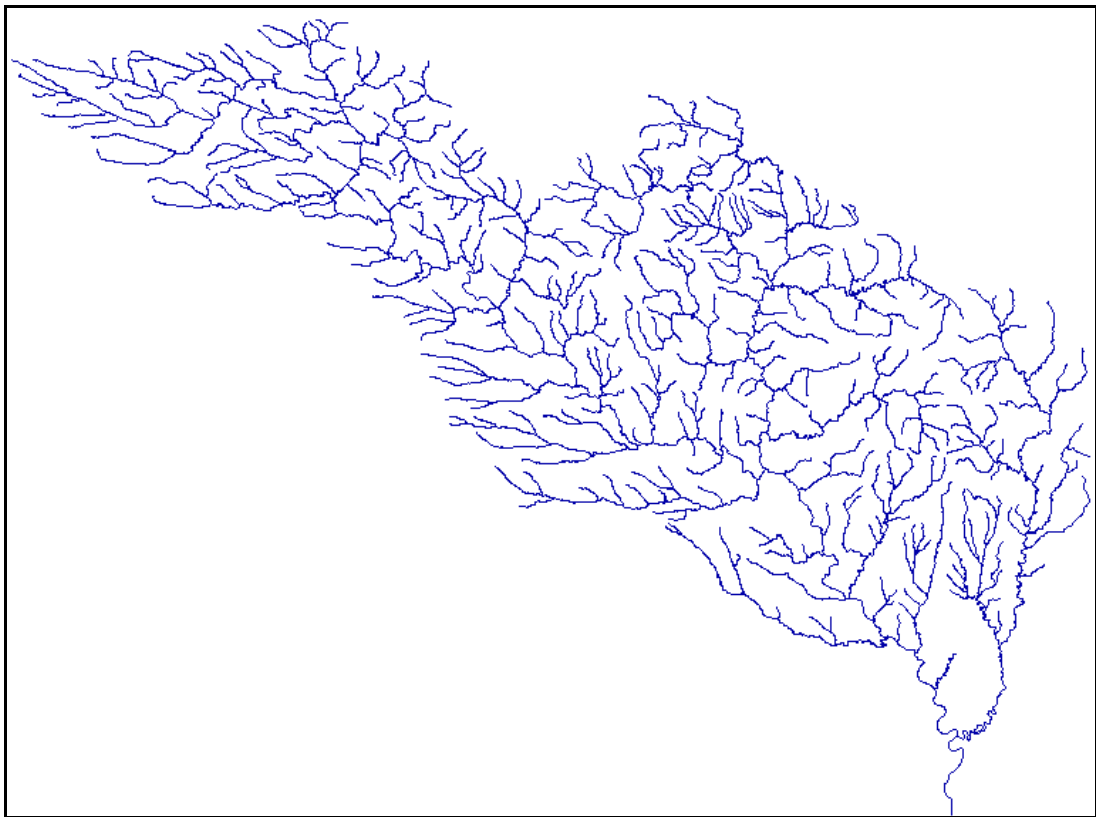


Рисунок 1.2 – Приклад річкової мережі – басейн р. Південний Буг

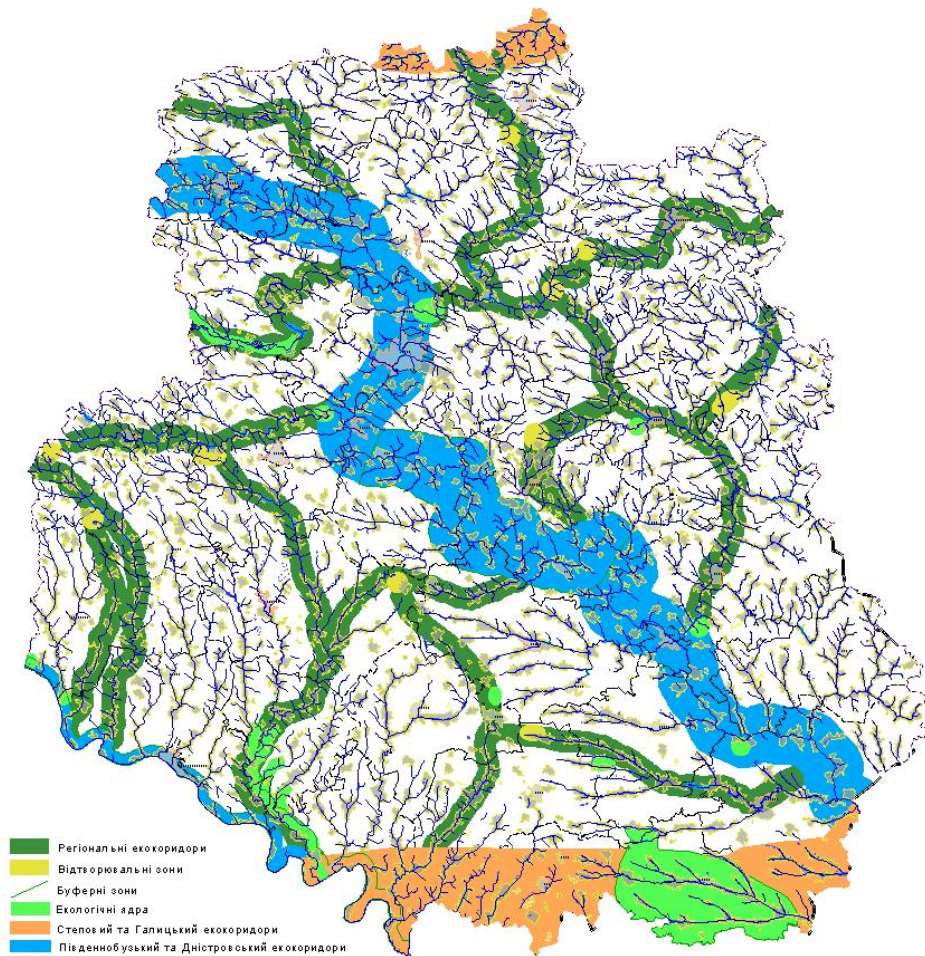


Рисунок 1.3 – Проект узагальноної схеми екологічної мережі
Вінницької області

Геометричними мережами можна керувати, наприклад, за допомогою ArcCatalog. На відміну від більшості елементів, що відображаються в ArcCatalog, геометричні мережі не являють собою єдине ціле, такі як таблиці, шейп-файли, або класи просторових об'єктів. Управління геометричною мережею відрізняється від інших елементів управління в ArcCatalog. Існує два методи для створення мережі: створення нової, порожньої геометричної мережі або створення геометричної мережі з існуючих даних. Процес побудови геометричної мережі з існуючих даних може бути зведений до таких етапів, що виконуються в ArcCatalog [2, 91]:

- імпорт даних в нові або існуючі класи просторових об'єктів;
- побудова геометричної мережі з основного класу;
- додавання класів у геометричну мережу;
- встановлення правил підключення для геометричної мережі.

У ГІС «Панорама» для створення геометричних мереж та роботи з ними використовують підпанель «Мережа» (рис. 1.4) панелі «Розрахунки на карті».



Рисунок 1.4 – Підпанель «Мережа» ГІС «Панорама»

Така підпанель дозволяє будувати геометричні мережі за виділеними на карті об'єктами, використовуючи інструмент «Побудова мережі» (рис. 1.5).

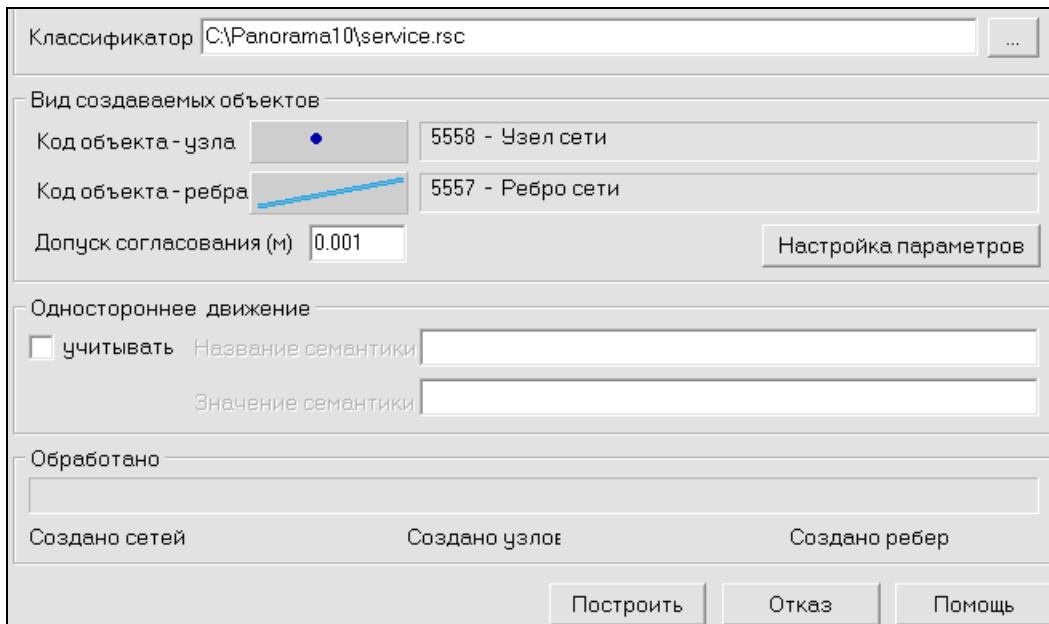


Рисунок 1.5 – Інструмент «Побудова мережі» ГІС «Панорама»

Для побудови річкової мережі можна використовувати інструментарій для формування наборів даних, які дозволяють сформувати набори річок за ознакою їх впадання, з урахуванням ієрархії.

Важливим завданням, пов'язаним із розв'язанням численних оптимізаційних задач, є вибір структури та ідентифікація інформаційних моделей геометричних мереж [13, 64, 90, 104].

Наприклад, як відомо, сучасне суспільство має потребу в постійному збільшенні об'єму транспортного сполучення, підвищенні його надійності, безпеки і якості. Це вимагає збільшення витрат на удосконалення інфраструктури транспортної мережі, перетворення її в гнучку, логічну систему, якою можна керувати. При цьому ризик інвестицій значно зростає, якщо не враховувати закономірності розвитку транспортної системи, розподіл завантаження її ділянок. Ігнорування цих закономірностей призводить до частого утворення транспортних «пробок», перевантаження/недовантаження окремих ліній і вузлів мережі, підвищення рівня аварійності, до екологічних проблем тощо.

Для пошуку ефективних стратегій керування транспортними потоками в мегаполісі, оптимальних рішень з проектування вулично-дорожньої мережі й організації дорожнього руху необхідно враховувати багато характеристик та параметрів транспортного потоку, закономірності впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на динамічні характеристики змішаного транспортного потоку та інше [30, 65].

Першочерговою задачею розвитку моделювання транспортних потоків стала задача аналізу пропускної здатності магістралей і перехресть. Під пропускною здатністю розуміють максимальну кількість транспортних засобів, що може пройти через переріз дороги за одиницю часу. У спеціальній літературі зустрічаються такі модифікації поняття пропускної здатності, як теоретична, номінальна, ефективна, власна, практична, фактична та інші [49]. У наш час пропускна здатність є найважливішим критерієм оцінювання якості функціонування шляхів сполучення.

Якщо розглядати рух міського громадського транспорту, то у випадку пересування по відокремлених ділянках (як, наприклад, вагон метро чи трамвай) на цих ділянках не потрібно враховувати їх пропускну здатність, а лише максимально можливу та реальну швидкість руху (з урахуванням всіх можливих затримок – перехрестя, зупинки та ін.).

Міські транспортні потоки мають такі особливості [18, 65]:

1. Стохастичність транспортних потоків: їхні характеристики допускають прогноз тільки з певною ймовірністю. Транспортний потік рухається по транспортній мережі, що, також має певні характеристики, які допускають більш-менш чіткий опис, і які є нестационарними.

2. Нестационарність транспортних потоків, причому коливання їхніх характеристик відбуваються, як мінімум, у трьох циклах: добовому, тижневому й сезонному.

3. Неповна керованість. Навіть за наявності повної інформації про потоки й можливості інформування водіїв про необхідні дії, будь-які вимоги носять тільки рекомендаційний характер. Отже, досягнення глобального екстремуму будь-якого критерію керування стає досить проблематичним.

4. Множинність критеріїв якості. Таких як: затримка в шляху, середня швидкість руху, прогнозована кількість ДТП, обсяг шкідливих викидів в атмосферу тощо. Більшість характеристик є взаємозалежними.

5. П'ятою особливістю дорожнього руху як об'єкта керування є складність вимірювань основних характеристик, що визначають якість керування. Так, оцінювання величини інтенсивності руху вимагає або наявності датчиків транспортних потоків на всіх напрямках їхнього руху, або використання даних аерофотознімання, або проведення трудомісткого ручного обстеження [2, 12, 18, 48, 83, 117]. У випадку керування міським громадським транспортом ця особливість може бути врахована, але параметри будуть визначені з дуже великою похибкою.

Нарешті, необхідно відзначити принципову неможливість проведення масштабних натурних експериментів у сфері дорожнього руху. Ця неможливість визначена, по-перше, необхідністю забезпечення безпеки руху, по-друге, матеріальними й трудовими витратами на проведення експерименту (зміна розмітки й дислокації дорожніх знаків) і, по-третє, тим, що серйозні зміни в комплексній схемі організації руху зачіпають інтереси великої кількості людей – учасників руху [2, 18].

Задачі, які допомагає розв'язати моделювання транспортних потоків у масштабі міста [65]:

1. Як зміниться робота транспортної системи при введенні нових елементів: ліній метро, нових маршрутів міського громадського транспорту, радіальних або кільцевих автомагістралей?

2. Яких змін у транспортній системі міста може потребувати будівництво нового житлового району або перенесення місця тяжіння відвідувачів?

3. Якого перерозподілу потоків транспорту й пасажирів варто очікувати чи як його слід організувати у випадку тимчасового закриття або ліквідації будь-якого елемента транспортної системи?

4. Як може вплинути на роботу транспортної системи введення економічних обмежень (оплата за проїзд по магістралі, за в'їзд у зону центра, введення зонного тарифу в метро тощо)?

5. Який ефект може дати впровадження автоматизованих систем керування дорожнім рухом окремими ділянками вулиці чи усією системою в цілому?

Мають місце задачі локального порядку: який ефект буде від перепланування перехрестя (або групи перехресть), розширення проїжджої частини вулиці, зміни в організації руху на перетинах, оптимізації світлофорного регулювання, зміни умов пересадки пасажирів тощо [2, 12, 18, 57, 83, 117].

Існує також задача аналізу роботи вулично-дорожньої мережі, пасажирського (вуличного й позавуличного) і вантажного транспорту.

Також актуальною є задача створення програмного засобу для автоматичного аналізу та оптимізації руху міського транспорту на основі моделі графа вулично-дорожньої мережі та моделей транспортних потоків [3, 18, 37, 57, 65, 68, 80, 83].

В наш час у зв'язку зі швидким розвитком комп'ютерних технологій з'явилося багато можливостей для побудови ефективної моделі руху транспорту автоматизованим шляхом за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення [9, 48, 88, 99].

Аналогічні проблеми мають місце і для інших видів геометричних мереж. Наприклад, для річкової мережі аналогом вулиць є річки, перехресть – місця впадіння приток, місць в'їзду/з'їзду (на майданчики для паркування, у двори тощо) – скиди стічних вод та водозабори, відповідно.

1.2 Застосування геоінформаційних технологій до роботи з геометричними мережами

Просторова розподіленість геометричних мереж обумовлює ефективність застосування для них геоінформаційних технологій. Світовий досвід довів, що геоінформаційні системи (ГІС) є оптимальною плат-

формою для вироблення комплексних рішень для оптимізації параметрів геометричних мереж [13, 64].

З точки зору призначення «*географічна інформаційна система*» («ГІС») або «*геоінформаційна система*» – це інформаційна система, яка забезпечує збирання, збереження, обробку, доступ, відображення та поширення просторово-орієнтованих даних (просторових даних) [11, 47, 58, 92, 93, 96, 99]. З точки зору програмно-інформаційної реалізації ГІС – це сукупність електронних карт з умовними позначеннями об'єктів на них, баз даних з інформацією про ці об'єкти та програмного забезпечення для зручної роботи з картами і базами як з єдиним цілим [41].

Бази даних можуть бути як внутрішніми (інтегрованими у спеціалізовані геоінформаційні програмні пакети (назвемо їх *ГІС-пакети*), які працюють з електронними картами), так і зовнішніми (в інших програмних пакетах та форматах) [7, 10, 15, 16, 27, 31, 38, 54, 55, 78, 84]. Геоінформаційна система, як правило, містить внутрішню базу даних (БД) та забезпечує інтеграцію із зовнішніми БД. У разі, якщо ГІС реалізується у ГІС-пакеті ArcGIS компанії «ESRI» (США), вона, як правило, називається *база геоданих* [92].

ГІС-технологія – технологічна основа створення геоінформаційних систем, яка дозволяє реалізувати функціональні можливості ГІС [11, 47, 58, 92, 93, 96, 99].

Щодо транспортних систем (як і для інших видів ГІС з ГМ) під час ідентифікації та використання ГІС зосереджуються або на побудові та оптимізації моделі лише вулично-дорожньої мережі, або лише на моделюванні транспортних потоків на перехрестях, або на дослідженні тільки пасажиропотоку тощо. У той же час актуальним є створення та застосування ГІС автоматизованої обробки параметрів шарів для комплексного управління транспортними потоками та мережами у містах [2, 12, 18].

Розглянемо та проаналізуємо декілька відомих потужних геоінформаційних систем та ГІС-середовищ: PTV Vision, TransNet, ArcGIS, ГІС «Панорама», Mapinfo Professional, AutoCAD Map 3D [21, 94, 95, 106, 118].

1. PTV Vision (США) – це пакет прикладних програм для планування, аналізу та організації транспортного руху. Пакет програм PTV Vision® застосовують на різних етапах – від підготовки проектів ор-

ганізації та аналізу схем руху на перехрестях до досліджень комплексних транспортних систем міст і регіонів, у т. ч. створення перспективних інтегрованих транспортних концепцій для індивідуального й громадського транспорту. PTV Vision® дозволяє розв'язувати задачі оперативного і стратегічного транспортного планування [118].

Завдяки різноманіттю функцій та модулів PTV Vision® коло його користувачів дуже широке і різноманітне. До нього відносяться проєктувальники, чиновники транспортних міністерств і відомств, інженерні компанії, транспортні керування, керування залізниць і багато інших.

Редактор PTV Vision® VISUM наведено на рис. 1.6.

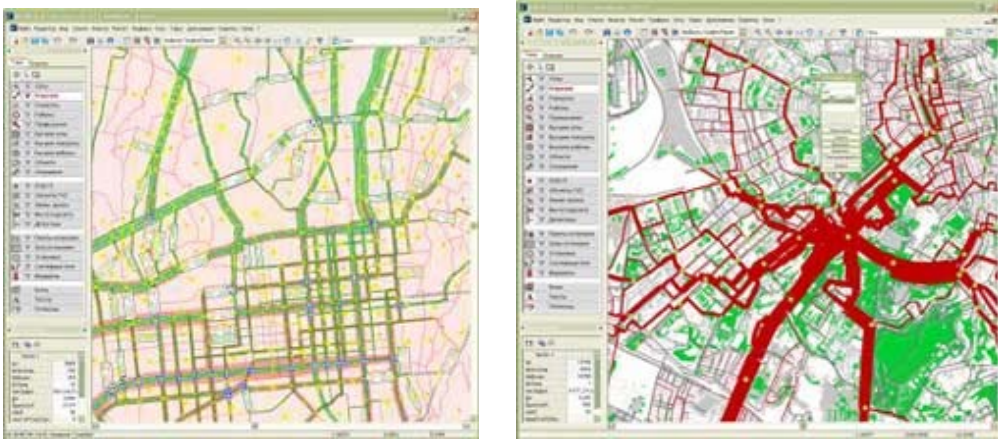


Рисунок 1.6 – Редактор PTV Vision® VISUM

PTV simulation – мікроскопічне й мезоскопічне моделювання транспортних потоків для індивідуального й громадського транспорту; налагоджування роботи світлофорів, залежно від параметрів дорожнього руху, аналіз заторів, створення реалістичних динамічних моделей перехресть і розв'язання у тривимірному режимі.

PTV transportation – система для планування й аналізу мереж індивідуального і громадського транспорту, графічна обробка й оцінювання транспортної мережі, розподіл потоків, а також прогноз і вплив запланованих заходів тощо [118].

PTV demand – визначення попиту на обслуговування всіма видами транспорту, яке базується на ланцюжках активності. Основні функції:

обробка матриць, моделювання руху, поділ і розподіл транспортних потоків.

PTV traffic control – проектування роботи світлофорів, оптимізація й координація світлофорних циклів.

2. TransNet (США) [119] – це програма, призначена для моделювання транспортних потоків у мережі великого міста або міської агломерації (рис. 1.7). Зручний інтерфейс користувача при роботі з картою (масштабування й навігація, підказки, що спливають, алфавітний пошук об'єктів, велика кількість функцій перегляду) робить цей пакет досить зручним у використанні. Для розрахунку завантаження транспортної системи реалізований алгоритм пошуку рівноважного розподілу потоків з декількома класами користувачів.

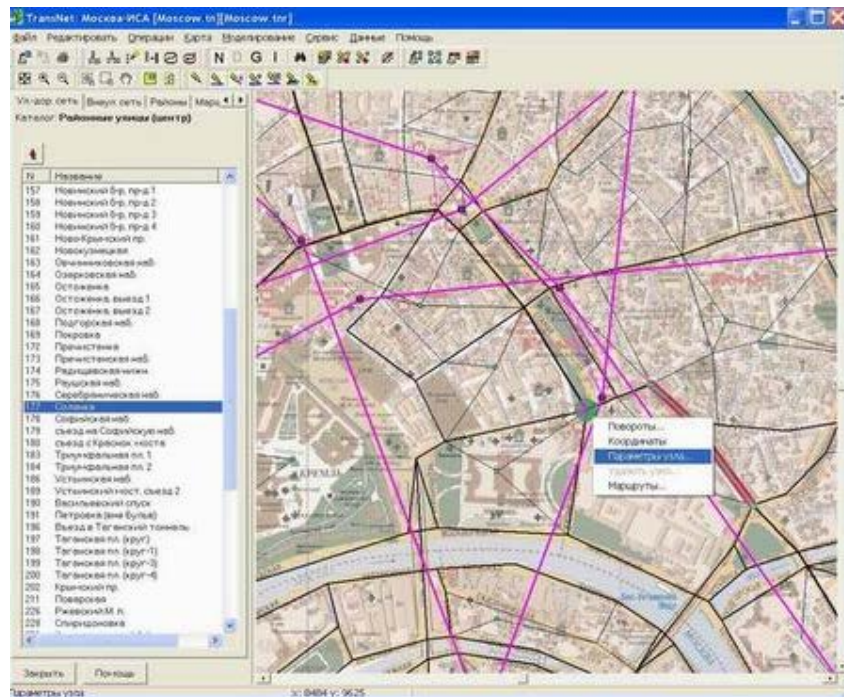


Рисунок 1.7 – Редактор TransNet

Основні функції TransNet:

- засоби моделювання;
- вбудований синтаксичний аналізатор виразів дозволяє в символічному виді задавати формули для розрахунків;
- універсальний блок матричних обчислень містить алгоритми розрахунку матриць міжрайонного часу і відстаней, алгоритм балансування матриць і можливість заелементного обчислення матриць за довільними, зазначеними користувачем, формулами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алымов В. Т. Техногенный риск: Анализ и оценка / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасов. – М. : ИКЦ Академкнига, 2005. – 118 с.
2. Андрианов В. ГИС и транспорт / В. Андрианов // ARCVIEW. Современные геоинформационные технологии. – 2007. – № 3. – С. 15–18.
3. Ашарина И. В. Основы программирования на языках С и С++: учебный курс / И. В. Ашарина. – М. : Горячая линия – Телеком. 2002. – 287 с.
4. Баженова И. Ю. Delphi 6: Самоучитель программиста / И. Ю. Баженова. – М. : КУДИЦ-ОБРАЗ, 2002. – 432 с.
5. Балачук В. Ю. Новий підхід до оцінювання екологічних ризиків на основі автоматизованої обробки параметрів шарів ГІС екосистем річкових мереж / Балачук, В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак // X Міжнародна науково-практична конференція : Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях : 5–9 вересня 2011 р. – Київ – Харків – АР Крим. – С. 269–278.
6. Баранов Г. Л. Структурное моделирование сложных динамических систем / Г. Л. Баранов, А. В. Макаров. – К. : Наукова думка, 1986. – 272 с.
7. Белоусов К. Закрома информации / К. Белоусов, О. Пилипенко: СНІР. – 2003. – № 2. – С. 58–69.
8. Биллинг В. А. VBA в Office 2000. Офисное программирование / В. А. Биллинг. – М. : Русская Редакция, 1999. – 480 с.
9. Болдин В. А. Современные глобальные радионавигационные системы зарубежных стран / В. А. Болдин. – М. : ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1985. – 232 с.
10. Боуман Д. Практическое руководство по SQL, 3-е издание: уч. пос. / Д. Боуман, С. Емерсон, М. Дарновски. – М. : Вильямс, 2001. – 336 с.
11. Бугаевский Л. М. Терминологическая основа и вопросы обучения ГИС / Л. М. Бугаевский, В. Я. Цветков, М. З. Флейс // Информационные технологии. – 2000. – № 11. – С. 11–16.
12. Буренскене М. Ч. Моделирование транспортной инфраструктуры с использованием информационных систем / М. Ч. Буренскене, Р. Р. Ушпалите. – Екатеринбург : Комвакс АМБ, 2003. – С. 120 – 124.

(Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : Мат-лы и тез. докл. IX междунар. науч.-практ. конф.)

13. Бусыгин Б. С. Инструментарий геоинформационных систем: справочное пособие / Б. С. Бусыгин, И. Н. Гаркуша. – К. : «ИРГ ВБ». – 2000. – 172 с.

14. Вентцель Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М. : Советское радио, 1972. – 552 с.

15. Вольман Н. С. Программирование в Access 2002. Учебный курс / Н. С. Вольман, И. А. Харитоновна. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 480 с.

16. Востриков С. Мир InterBase. Архитектура, администрирование и разработка приложений баз данных в InterBase/Firebird/Yaffil. / Сергей Востриков, Алексей Ковязин / М. : Кудиц-образ, 2003. – 496 с.

17. Гавенко О. В. Комп'ютерна програма для вирішення оптимізаційних задач / О. В. Гавенко, В. В. Войтко // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 30044. – К. : Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 27.08.2009.

18. Гаврилов А. А. Моделирование дорожного движения / А. А. Гаврилов. – М. : Транспорт, 1980. – 189 с.

19. Гандэрлой М. ADO и ADO.NET. Полное руководство / М. Гандэрлой. – М. : 2003. – 906 с.

20. Гандэрлой М. ADO и Visual Basic: Руководство разработчика / М. Гандэрлой. – К. : 2001. – 332 с.

21. Геоинформационная система «КАРТА 2000» («Панорама 7.x» 1991–2004). Руководство пользователя («Mapguide») / Под ред. О. В. Беленкова. – РФ, Ногинск : КБ Панорама, 2004. – 112 с.

22. Гилберт С. Самоучитель Visual C++ в примерах; учебник / С. Гилберт, Б. Маккарти. – К. : ДиаСофт, 2000. – 496 с.

23. Головін В. В. Інформаційно-логічна структура регіональної системи моніторингу довкілля / В. В. Головін // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 5. – С. 73–79.

24. Горев Л. М. Естественно-экономические основы оптимизации экосред / Л. М. Горев, С. И. Дорогунцов, М. А. Хвесик. – К. : Либідь, 1994. – 240 с.

25. Гриб Й. В. О периодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод / Й. В. Гриб // Гидробиологический журн. – 1993. – № 3. – С. 38–43.

26. Дезірон О. Геоінформаційна система басейну річки Південний Буг та її роль у прийнятті управлінських рішень / О. Дезірон, В. Мокін, Є. Крижановський // Водне господарство України. – 2006. – № 4. – С. 10–15.
27. Дейт К. Введение системы баз данных, 6-е издание / К. Дейт. – СПб. : Вильямс, 2000. – 848 с.
28. Джексон П. Введение в экспертные системы. уч. пос. / П. Джексон. – М. : Вильямс, 2001. – 624 с.
29. Дженнингс Р. Использование Microsoft Office Access 2003 / Р. Дженнингс. – СПб. : Вильямс, 2004. – 1312 с.
30. Дикий С. О. Методи оцінки впливу факторів моделі багатоаспектного АТП / С. О. Дикий // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів : зб. наук. пр. – К. : УТУ, ТАУ. – 2000. – Вип. 10. – С. 138–141.
31. Дюбуа П. MySQL. 2-е изд / П. Дюбуа. – М. : Вильямс, 2004. – 1056 с.
32. Житков В. Г. Комплексная интерпретация данных дистанционного зондирования на территорию Томской области / В. Г. Житков // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2002. – № 4(23). – С. 4.
33. Жукинский В. Н. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка / В. Н. Жукинский // Вод. ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 2. – С. 213–321.
34. Иванов В. Microsoft Office System 2003. Русская версия : учебный курс / В. Иванов. – М. : ВХВ, 2004. – 636 с.
35. Ищук А. А. Прогнозно-моделирующие комплексы для Правительственной информационно-аналитической системы по чрезвычайным ситуациям / А. А. Ищук, В. Е. Козлитин, В. Г. Швайко // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2002. – № 2(21). – С. 14–15.
36. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Харьков : УкрНЦОВ, 1994. – 80 с.
37. Информатика. Комп'ютерна техніка. Комп'ютерні технології. : підруч. / [В. А. Баженов, П. П. Лізунов, А. С. Резников та ін.]. – 2-ге вид. – К. : Каравела, 2007. – 640 с.

38. Кайт Т. Oracle для профессионалов. Расширение возможностей и защита / Т. Кайт. – К. : ДиаСофт, 2004. – 848 с.
39. Караушев А. В. Речная гидравлика. Курс общей и специальной гидравлики для гидрологов / А. В. Караушев. – Л. : Гидрометеоздат, 1969. – 416 с.
40. Качинський А. Сучасні проблеми екологічної безпеки України / А. Качинський. – К. : 1994. – 48 с. (Препринт / Національний інститут стратегічних досліджень. – № 33).
41. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми : монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 315 с.
42. Комплекс задач «Составление маршрутных расписаний движения». Описание постановки и алгоритма решения комплекса задач. – Минск : Научно-производительное объединение «Жилкомунтехника», 1991. – 91 с.
43. Корсей С. Г. ГИС-технологии в трубопроводном транспорте / С. Г. Корсей, Н. Б. Дьякова // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2002. – № 2(21). – С. 17–18.
44. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия: методика Министерства природных ресурсов РФ. – 1992. – 129 с.
45. Кузьменко В. Г. Программирование на VBA 2002 / В. Г. Кузьменко. – М. : Бином-Пресс, 2003. – 880 с.
46. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедрус. – К. : Вища школа, 1986. – 283 с.
47. Лялько В. І. Інтеграція геоінформаційних, космічних та Інтернет-технологій – основа об'єктивної, оперативної та вірогідної інформації про землю / В. І. Лялько, М. О. Попов // Геоінформатика. – 2004. – № 4. – С. 63–69.
48. Манович В. Н. Применение навигационных приемников GPS для построения цифровых карт и планов лесных ресурсов / В. Н. Манович, В. В. Максимук // Геопрофи. – № 5. – 2003. – С. 7–8.
49. Маршалл В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М. : Мир, 1989. – 672 с.
50. Методические рекомендации по составлению расписания движения и работы поездных бригад. – К. : Министерство жилищно-коммунального хозяйства УССР, 1980. – 68 с.

51. Мокін В. Б. Математичні моделі для контролю та управління якістю річкових вод: Монографія / В. Б. Мокін. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 172 с.
52. Мокін В. Б. Математичні моделі та програми для оцінювання якості річкових вод : монографія / В. Б. Мокін, Б. І. Мокін. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. – 152 с.
53. Оптимізація транспортної мережі міста Вінниці. Звіт з НДР / Ю. А. Буренніков, В. В. Біліченко, В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак та ін. / Вінниц. нац. техн. ун-т. – 1802 (№ ДР 0107U012444). – Інв. № 02084006119. – К., 2007. – 543 с.
54. Пирогов В. С. MS SQL Server 2000: управление и программирование / В. С. Пирогов. – СПб. : ВНУ-Петербург, 2005. – 608 с.
55. Праг К. Н. Access 2002. Библия пользователя / К. Н. Праг, М. Р. Ирвин. – СПб. : Диалектика, 2002. – 1216 с.
56. Прозоров И. В. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учеб. пособие для строит. вузов / И. В. Прозоров, Г. И. Николадзе, А. В. Минаев. – М. : Высшая школа, 1990. – 448 с.
57. Прокудін Г. С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах : монографія / Г. С. Прокудін. – К. : НТУ, 2006. – 224 с.
58. Разработка Интернет-ГИС для организации доступа к хранилищу данных мониторинга социально-экономической среды регионов / [Б. Л. Агранович, В. П. Ананьина, Д. В. Бокатый и др.]. – К. : Информационные технологии. – 2000. – № 11. – С. 16–21.
59. Разработка приложений на Microsoft Visual C++ 6.0 : учебный курс. – 2-е изд. – М. : Русская Редакция, 2001. – 704 с.
60. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк. – Вінниця. : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 179 с.
61. Родзиллер И. Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод / И. Д. Родзиллер. – М. : Стройиздат, 1984. – 263 с.
62. Романюк О. Н. Організація баз даних і знань : навч. посібник / О. Н. Романюк, Т. О. Савчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 217 с.
63. Ротштейн О. П. Моделювання та оптимізація надійності багатомірних алгоритмічних процесів : монографія / О. П. Ротштейн, С. Д. Штовба, О. М. Козачко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 211 с.

64. Светличный А. А. Географические информационные системы: технология и приложения / А. А. Светличный, В. Н. Андерсон, С. В. Плотницкий. – Одесса : Астропринт, 1997. – 196 с.

65. Семенов В. В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса [Электронный ресурс] / В. В. Семенов – Режим доступа : <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2005/kita/shapovalova/library/semenov.pdf>

66. Семеренко В. П. Програмування мовами С та С++ в середовищі Windows : навчальний посібник / В. П. Семеренко. – Вінниця : ВНТУ, 2002. – 128 с.

67. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. – М. : Академия, 2008. – 349 с.

68. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.

69. Справочник по гидрохимии / [под ред. А. М. Никанорова]. – Л. : Гидрометеиздат. 1989. – 392 с.

70. Сторчак В. Г. Комп'ютерна програма для автоматизації процесу складання розкладів руху міського електротранспорту («Rasprash») / В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін, М. П. Розводюк // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 21865. – К. : Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 30.08.2007.

71. Сторчак В. Г. До питання визначення необхідної кількості вагонів міського електротранспорту на маршруті / В. Г. Сторчак, Б. І. Мокін, М. П. Розводюк // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету – Наукові праці КДПУ. – Кременчук : КДПУ, 2006. – Вип. 3/2006 (38). – Ч. 2. – С. 34–36.

72. Сторчак В. Г. Технологія побудови інформаційної моделі транспортної мережі міста на основі геоінформаційних моделей її елементів / В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – № 2. – С. 64–67.

73. Сторчак В. Г. До питання оптимізації руху міського електротранспорту / В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін, М. П. Розводюк // Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. Сб. наукових трудов Днепродзержинського державного технічного університету. – 2007. – С. 143–147.

74. Сторчак В. Г. Інформаційна технологія автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами /

В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 5. – С. 79–83.

75. Сторчак В. Г. Концепція створення геоінформаційної системи підтримки прийняття рішень для управління транспортною мережею міста / В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 2. – С. 78–83.

76. Сторчак В. Г. Програма «Розрахунок розкладу руху електротранспорту» / В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін, М. П. Розводюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 6. – С. 30–34.

77. Сторчак В. Г. Розробка розкладу руху електротранспорту / В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін, М. П. Розводюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 3. – С. 35–38.

78. Томсон Л. MySQL. Учебное пособие. / Л. Томсон, Л. Веллинг. – М. : Вильямс, 2005. – 304 с.

79. Томсон Л. Разработка Web-приложений на PHP и MySQL: руководство разработчика Web-сайтов. / Л. Томсон, Л. Веллинг. – 2-е изд., испр. – М. : ДиаСофтЮП, 2003. – 655 с.

80. Усов А. В. Проблемы моделирования и управления движением транспортных потоков в крупных городах: монография / А. В. Усов, М. А. Григоров, А. Ф. Дащенко. — Одесса : Астропринт, 2004. – 272 с.

81. Фролов В. А. Определение степени смешения сточных вод с водой водотока / В. А. Фролов // Производственные сточные воды. – Вып. 2. – М. : Медгиз, 1950. – С. 134–141.

82. Харитонов И. Программирование в Access 2002. Разработка современных приложений для бизнеса / И. Харитонов, Н. Вольман. – СПб. : Питер, 2002. – 476 с.

83. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт. – М. : Транспорт, 1966. – 286 с.

84. Хичкок Б. Sybase. Настольная книга администратора / Б. Хичкок. – М. : Лори, 2000. – 448 с.

85. Холзнер С. Visual C++ 6: учебный курс / С. Холзнер. – СПб. : Питер, 2001. – 576 с.

86. Чепел Дэвид. Технологии ActiveX и OLE / Дэвид Чепел. – М. : Русская редакция, 1997. – 301 с.

87. Черкинский С. Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы / С. Н. Черкинский. – М. : Изд-во Мин-ва коммун. хоз-ва РСФСР, 1962. – 238 с.

88. Шайтура С. В. Геоинформационные системы и методы их создания / С. В. Шайтура. – М. : Наука, 1998. – 252 с.

89. Эйткен П. Разработка приложений на VBA в среде Office XP / П. Эйткен. – М. : Вильямс, 2003. – 496 с.
90. Энди Митчел. Руководство по ГИС-анализу. Пространственные модели и взаимосвязи / Энди Митчел. – К .: ECOMM, 2000. – 180 с.
91. Aleta Vienneau. Using ArcCatalog / Aleta Vienneau. – ESRI : Redlands, USA, 2001. – 286 p.
92. ArcGIS 9. Geodatabase Workbook. – ESRI : Redlands, USA, 2004. – 258 p.
93. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS. – ESRI : Redlands, USA, 2004. – 265 p.
94. ArcGIS 9. Managing ArcSDE Applucation Serves. – ESRI : Redlands, USA, 2004. – 147 p.
95. ArcGIS 9. What is ArcGIS. – ESRI : Redlands, USA, 2004. – 119 p.
96. Baldwin B. U.S. Departmvent of Agriculture Prodaction Objective and Accurate Global Assessments With GIS / B. Baldwin // ArcNews – 2003/2004. – № 4. – P. 28.
97. Bratt S. Using ArcGIS 3D Analyst / S. Bratt, B. Booth. – ESRI : Redlands, USA, 2002. – 261 p.
98. Building a Gedatabase. – ESRI : Redlands, USA, 2003. – 460 p.
99. Building a Geodatabase / [B. Booth, S. Crosier, J. Clark, A. MacDonald] – ESRI : Redlands, USA, 2002. – 426 p.
100. Editting in ArcMap. – ESRI : Redlands, USA, 2003. – 462 p.
101. ESRI Map Book V. 15. – ESRI : Redlands, USA, 2000. – 120 p.
102. ESRI Map Book V. 19. – ESRI : Redlands, USA, 2004. – 120 p.
103. ESRI Map Book. Geography and GIS – Sustaining Our World. V.17. – USA : ESRI, 2002. – 120 p.
104. Eykhoff P. System Identification / P. Eykhoff. – New York : Wiley, 1976. – 607 p.
105. Geodatabase Workbook / [B. Booth, J. Shaner, A. MacDonald, P. Sanchez] – ESRI : Redlands, USA, 2002. – 208 p.
106. Getting Started with ArcGIS. – ESRI : Redlands, USA, 2002. – 253 p.
107. Greenberg H. An analysis of traffic flow / H. Greenberg // Operations Research. – 1959. – Vol. 7. – P. 79–85.
108. Greenshields B. D. A study of traffic capacity. Proc. (US) highway research. board / B. D. Greenshields. – 1934. – Vol. 14. – P. 448–494.

109. Hearn D. Computer Graphics with OpenGL. – 3rd Edition. / D. Hearn, M. B. Pauline. – USA : Prentice Hall, 2003. – 880 p.
110. Kevin M. Curtin Network Analysis in Geographic Information Science: Review, Assessment, and Projections. / Kevin M. Curtin // Cartography and Geographic Information Science, Vol. 34. – № 2. – 2007. – P. 103–111.
111. Leopard W. Helping Facilitate Survey Findings. Florida Keys Canal Project Tackles Water Quality Degradation With GIS / W. Leopard, K. Zahalka // ArcNews – 2003/2004. – № 4. – P. 42.
112. Manahan S. E. Environmental Chemistry / S. E. Manahan. – NY : Lewis Publishers, 1994. – 789 p.
113. Minami Michael. Using ArcMap / Minami Michael. – ESRI : Redlands, USA, 2000. – 528 p.
114. Minami Michael. Using ArcMap : ArcGis edition / Minami Michael. – ESRI : Redlands, USA, 2001. – 544 p.
115. Mitchell A. Environmental Systems Research Institute, Inc. The ESRI Guide to GIS Analysis. V.1: Geographic Patterns and Relationships : Redlands / A. Mitchell– USA, 1999. – 186 p.
116. National Hydro Network. User Guide Series. Creating a Geometric Network in ArcGIS using NHN Data. – Edition 1.0.
117. Payne H. J. Models of freeway traffic and control Mathematical models of Public Systems / H. J. Payne, Ed. Bekey G. A. V. La Jolla. – CA : Simulation Council, 1971. – P. 51– 61.
118. PTV Vision – пакет программного обеспечения по планированию и организации дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ptvvision.ru/xslt.php?xml=modules&language=ru>
119. TransNet – среда разработчика в области моделирования транспортных потоков и прогноза загрузки транспортной сети крупного города или городской агломерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.isa.ru/transnet/index.htm>
120. Yang H. The Equilibrium-Based Origin – Destination Matrix Estimation Problem / H. Yang, Y. Iida, T. Sasaki. – Transportation Research, 1994. – Vol. 28(B). – P. 23–33.
121. Zeiler Michael. Modeling our World / Zeiler Michael. – ESRI : Redlands, USA, 1999. – 202 p.

Наукове видання

**Мокін Віталій Борисович,
Сторчак Володимир Григорович,
Крижановський Євген Миколайович,
Гавенко Олег Віталійович,
Балачук Вікторія Юріївна**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ОБРОБКИ ПАРАМЕТРІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ
СИСТЕМ З ГЕОМЕТРИЧНИМИ МЕРЕЖАМИ**

Монографія

Редактор Н. Мазур

Оригінал-макет підготовлено В. Сторчаком

Підписано до друку 01.08.2014 р.
Формат 29,7×42 1/4. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 11,2.
Наклад 300 (1-й запуск 1–75) прим. Зам № В2014-36.

Вінницький національний технічний університет,
КІВЦ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.
21021, м. Вінниця, вул. Порики, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.