

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

На правах рукопису

ВАРЧУК ІЛОНА ВЯЧЕСЛАВІВНА

УДК 004.94

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
ТОПОЛОГІЧНОЇ СПОСТЕРЕЖУВАНOSTІ БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
Мокін Віталій Борисович
доктор технічних наук, професор

Вінниця – 2016

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ **Error! Bookmark not defined.**

ВСТУП..... 4

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ОПТИМІЗАЦІЇ СПОСТЕРЕЖУВАНOSTI
БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ СИСТЕМ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.1 Методи визначення топологічної спостережуваності багатозв'язних систем..... **Error! Bookmark not defined.**

1.2 Аналіз підходів до формалізації моделей багатозв'язних геоінформаційних систем **Error! Bookmark not defined.**

1.2.1 Технології інтегрування математичних моделей з ГІС **Error! Bookmark not defined.**

1.2.2 Технологія формалізації математичних моделей систем з геометричними мережами у геоінформаційному просторі параметрів цих систем..... **Error! Bookmark not defined.**

1.3 Висновки до розділу 1 та постановка задач **Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ ТОПОЛОГІЧНОЇ
СПОСТЕРЕЖУВАНOSTI БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ
СИСТЕМ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1 Удосконалення поняття топологічної спостережуваності інформаційних моделей БГС **Error! Bookmark not defined.**

2.2 Розроблення методу аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності моделей БГС **Error! Bookmark not defined.**

2.2.1 Вибір критерію оптимальності методу **Error! Bookmark not defined.**

2.2.2 Розроблення методу **Error! Bookmark not defined.**

2.2.3 Оптимізація топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Приклад застосування методу аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності моделей БГС **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Висновки до розділу 2 **Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ТОПОЛОГІЧНОЇ СПОСТЕРЕЖУВАНOSTІ БГС **Error! Bookmark not defined.**

- 3.1 Створення архітектури інформаційної технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС **Error! Bookmark not defined.**
- 3.2 Створення концептуальної інформаційної технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3 Удосконалення технології побудови БГС за математичними моделями процесів у ній **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4 Методика реалізації інформаційної технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС **Error! Bookmark not defined.**
- 3.5 Порівняння з традиційними підходами запропонованої технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності моделей БГС **Error! Book**
- 3.6 Висновки до розділу 3 **Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНА АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ТОПОЛОГІЧНОЇ СПОСТЕРЕЖУВАНOSTІ БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ **Error! Bookmark not defined.**

- 4.1 Аналіз та оптимізація топологічної спостережуваності річкової системи в задачі побудови водогосподарського балансу **Error! Bookmark not de**
- 4.2 Формалізація розподіленої моделі гідрологічних процесів «ТОРКАРІ-ІРМMS» («опади-стік») для оптимізації топологічної спостережуваності відповідної БГС **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3 Аналіз та оптимізація топологічної спостережуваності автоматизованої системи керування дорожнім рухом міста **Error! Bookmark not**
- 4.4 Висновки до розділу 4 **Error! Bookmark not defined.**

ВИСНОВКИ **Error! Bookmark not defined.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 11

ДОДАТКИ **Error! Bookmark not defined.**

ДОДАТОК А Розрахунок водогосподарського балансу р. Південний Буг **Error! B**

ДОДАТОК Б Акти впровадження результатів дисертації **Error! Bookmark not de**

ВСТУП

Актуальність теми

Останнім часом велике поширення отримав такий клас багатозв'язних складних систем як багатозв'язні геоінформаційні системи. До них відносять усі інженерні мережі (транспортні мережі, електричні та електроенергетичні мережі, різні трубопроводи, шахти та інші підземні комунікації тощо), природні мережі (річкові системи, екомережі та ін.) та інші просторово-розподілені об'єкти, в яких параметри та стан одних ділянок та елементів впливає на параметри та стан інших ділянок та елементів. Їх поєднує те, що для надійного функціонування систем контролю та управління такими БГС необхідний достатній обсяг достовірних даних як про всі їх входи, так і про змінні стану. Достатність цих змінних визначається, в першу чергу, можливістю розробити для такої системи закон керування, який дозволив би перевести систему у потрібний стан. Для розв'язання таких задач існують поняття спостережуваності та керованості, а для багатозв'язних систем та інформаційних систем – ще й поняття топологічної спостережуваності, тобто визначення спостережуваності за моделлю системи у вигляді графу.

Проблематиці спостережуваності БГС присвячено багато робіт учених, але значно менше робіт присвячено дослідженню топологічної спостережуваності за графовими моделями системи або спостережуваності інформаційних систем, зокрема це досліджувалось у роботах таких вчених, як К. А. Клементс, А. З. Гамм, І. І. Голуб, В. А. Богданов, А. М. Конторович, Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, Вільям С. Левін, Е. Евангелісті, Дж. Фрагнелі, В. Мігнай, Алі Абур, А. Г. Експосіто, М. Дж. Корлесс, А. Фразко та ін. Однак у цих роботах майже не приділялась увага питанням автоматизації процесів аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності складних систем за їх не тільки математичними, а й інформаційними моделями.

Отже, необхідним є створення інформаційної технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних просторово-

розподілених систем за їх математичними моделями та інформаційними складовими за рахунок більш ефективної формалізації й обробки вхідних даних і моделей та автоматизації їх оброблення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Вибраний напрямок досліджень збігається з напрямком досліджень за такими НДР ВНТУ, де здобувач є виконавцем і які виконувались на замовлення Міністерства освіти і науки України:

1) «Ідентифікація та оптимізація інформаційних моделей динамічних багатозв'язних просторово-розподілених систем для задач моніторингу, збереження даних та автоматизованого управління» (№ ДР 0113U003135), виконувалась на кафедрі САКМІГ ВНТУ у 2013-2014 рр.;

2) «Інформаційна технологія обробки параметрів просторово-часових моделей даних динамічних багатозв'язних просторово-розподілених систем» (№ ДР 0115U001122), виконувалась на кафедрі САКМІГ ВНТУ у 2015-2016 рр.

Мета і задачі дослідження. *Мета роботи* – підвищення рівня топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем шляхом створення більш швидкої та ефективної інформаційної технології її аналізу та оптимізації.

Задачами досліджень є такі:

– проаналізувати відомі методи та інформаційні технології формалізації БГС та аналізу й оптимізації їх топологічної спостережуваності;

– удосконалити метод формалізації аналітичних та алгоритмічних залежностей між параметрами багатозв'язних геоінформаційних систем для прискорення процесу їх формалізації в єдиній геоінформаційній моделі;

– розробити новий метод оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем;

– розробити нову інформаційну технологію аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язної геоінформаційної системи,

яка більш швидко та ефективно забезпечить її повну топологічну спостережуваність;

– розробити алгоритмічне і типове програмне забезпечення та провести практичну апробацію і впровадження розробленого методу та інформаційної технології аналізу й оптимізації топологічної спостережуваності БГС.

Об’єкт дослідження – контроль стану багатозв’язних геоінформаційних систем.

Предмет дослідження – методи та інформаційна технологія аналізу й оптимізації топологічної спостережуваності багатозв’язних геоінформаційних систем за їх математичними моделями та інформаційними складовими для задач моделювання та керування процесами у цих системах.

Методи дослідження. У дослідженнях використовувались такі методи: для формалізації залежностей між параметрами БГС – методи математичного моделювання; у процесі формалізації просторових даних – методи ГІС-технологій; для оцінювання топологічної спостережуваності системи – пошук максимального паросполучення на біхроматичному графові; для оптимізації топологічної структури графів – методи теорії графів.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше розроблено метод оптимізації топологічної спостережуваності багатозв’язної геоінформаційної системи, формалізованої в її геоінформаційному просторі параметрів (ГПП), шляхом створення системи правил перетворення ГПП у класичний біхроматичний граф (БГ), проведення за цим графом аналізу та оптимізації рівня топологічної спостережуваності та його зворотної трансформації в математичну модель БГС, що дозволяє більш швидко вибрати оптимальну математичну модель та інформаційні складові БГС, які забезпечать її задану, у т. ч. повну, топологічну спостережуваність.

2. Вперше розроблена інформаційна технологія аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв’язної геоінформаційної системи,

яка дозволяє визначити та підвищити рівень топологічної спостережуваності цієї системи і дозволяє більш швидко та ефективно вибрати математичну модель та інформаційні складові БГС, які забезпечать цей рівень її топологічної спостережуваності.

3. Удосконалено метод формалізації аналітичних та алгоритмічних залежностей між параметрами багатозв'язної геоінформаційної системи шляхом поєднання технології інтегрування математичних моделей процесів з геоінформаційними системами та технології формалізації таких залежностей у геоінформаційному просторі параметрів цих систем, що дозволяє прискорити процес їх формалізації в єдиній геоінформаційній моделі.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає у нижчевикладеному:

- розвинено поняття топологічної спостережуваності математичних моделей процесів у БГС з урахуванням специфіки їх інформаційних моделей, що дозволяє врахувати особливості спостережуваності їх параметрів у просторі та в часі і визначити які саме ділянки БГС та в які періоди часу потребують оптимізації їх топологічної спостережуваності;

- запропоновано ряд методик, які дозволяють підвищити рівень спостережуваності БГС згідно з запропонованою термінологією та продемонстровано приклад їх застосування для підвищення спостережуваності системи управління водними ресурсами басейну р. Південний Буг, які пройшли затвердження на Науково-технічній раді Держводагентства України та вже використані у басейні річки Дністер (на території Польщі, Молдови та України) та в українській частині басейнів Прип'яті та Сіверського Дінця;

- розроблено алгоритм аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язної геоінформаційної системи;

- в пакеті для роботи з ГІС «ArcGIS» (США) створено типовий програмний інструментарій для ефективною формалізації математичних

моделей процесів у БГС у форматі геоінформаційного простору параметрів системи з подальшим його перетворенням у біхроматичний граф та оптимізацією топологічної спостережуваності цієї системи; на це програмне забезпечення отримано свідоцтво про реєстрацію авторських прав на комп'ютерну програму;

– для задач керування дорожнім рухом міста та оптимізації параметрів транспортної мережі здійснено аналіз та оптимізацію відомих моделей процесів у цих мережах, у т. ч. поширення забруднень в атмосферному повітрі від викидів автотранспорту, обґрунтовано ряд пропозицій щодо підвищення спостережуваності параметрів у таких задачах з використанням геоінформаційних технологій.

Результати роботи, які мають цінність для оптимізації системи управління водними ресурсами у Вінницькій області, впроваджені у Вінницькому регіональному управлінні водних ресурсів, що підтверджується актом впровадження. Результати роботи, які є цінними для оптимізації БГС, передусім моделей інфраструктури населених пунктів, впроваджені у ТОВ «Аналітика», що підтверджується актом впровадження.

Результати роботи використовуються у навчальному процесі кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки зі спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» (спеціалізація «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг») у дисциплінах: «Інформаційні технології моніторингу та аналізу стану складних систем», «Моделювання еколого-економічних систем» та «ГІС в задачах комп'ютерного моніторингу», що підтверджується актом впровадження від Вінницького національного технічного університету.

Особистий внесок здобувача

Усі результати роботи отримані самостійно. Частина цих результатів опублікована у роботах [2, 9] без співавторів; у роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать такі результати:

[1] – розроблено алгоритм реалізації побудови топологічно спостережуваної БГС за інформаційною технологією аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності; [3] – розроблено метод оптимізації топологічної спостережуваності БГС, формалізованих в їх ГПП, і реалізовано приклад аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС на прикладі нормалізації мікроклімату у шахті; [4] – здійснено вибір оптимальної математичної моделі для моделювання перенесення забруднення автомобільного транспорту з використанням геоінформаційних технологій; [5] – запропоновано підхід до підвищення спостережуваності параметрів транспортної мережі шляхом їх визначення з використанням геоінформаційних технологій; [6] – охарактеризовано стан та перспективи впровадження результатів дисертації у сфері управління станом річкових систем та водного господарства в Україні; [7] – запропоновано інформаційну модель інформаційної технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС; [8] – запропоновано інформаційну технологію аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС з різними математичними моделями процесів у ній; [10] – здійснено формалізацію розподіленої моделі гідрологічних процесів у БГС типу «опади-стік» на заданому водозборі «ТОРКАРІ-ІРММС» для аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності; [11, 12] – запропоновано систему правил перетворення ГПП у БГ для методу аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС; [13] – запропоновано деякі удосконалення комп'ютеризованої підсистеми оцінювання викидів автомобільного транспорту, який рухається транспортною мережею; [14] – розроблено методику побудови та алгоритм функціонування програмного забезпечення для реалізації інформаційної технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності БГС.

Апробація результатів дисертації

Результати, одержані в дисертаційній роботі, пройшли апробацію на таких 10-ти наукових конференціях: 10-й Міжнародній науково-практичній

конференції «Інтернет-Освіта-Наука» («ІОН-2014»), (м. Вінниця, 2014 р.); 13-й Міжнародній науково-технічній конференції «Контроль і управління в складних системах» («КУСС-2014») (м. Вінниця, 2014 р.); XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» (м. Київ, 2015 р.); 2-й Міжнародній науково-практичній конференції «Summer InfoCom 2016» (м. Київ, 2016 р.); IV, V Всеукраїнських з'їздах екологів з міжнародною участю (м. Вінниця, 2013 р., 2015 р.); науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств міста Вінниці та області (м. Вінниця, 2013 р., 2014 р., 2015 р., 2016 р.).

Публікації. Всього за тематикою дослідження опубліковано 14 наукових праць, в тому числі: 5 статей у наукових фахових виданнях, з яких одна стаття – у виданні, яке входить ще й у міжнародну наукометричну базу даних Scopus; 1 стаття у виданні, що не входить до наукових фахових видань; 7 тез та матеріалів доповідей на наукових конференціях; свідоцтво про реєстрацію авторських прав на комп'ютерну програму.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (143 найменування) та додатків. Основний зміст викладено на 120 сторінках друкованого тексту, містить 40 рисунків, 9 таблиць. Загальний обсяг дисертації 149 сторінок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мокін В. Б. Інформаційна технологія побудови топологічно спостережуваної багатозв'язної аналітичної геоінформаційної системи зі змінною структурою / І. В. Варчук, Є. М. Крижановський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 5. – С. 24–31.

2. Варчук І. В. Технологія синтезу геоінформаційної моделі розподіленої системи за математичними моделями процесів у ній / Ілона Вячеславівна Варчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 2. – С. 20–25.

3. Mokin V. B. Method For Determining And Optimization Of Observability Of Multivariable Spatially Distributed Systems Using Geoinformation Parameter Space / V. B. Mokin, I. V. Varchuk // Scientific Bulletin of National Mining University. – 2015. – Issue 5. – Pages 105–111.

4. Біліченко В. В. Вибір оптимальної математичної моделі для моделювання перенесення забруднення автомобільного транспорту в атмосфері / В. В. Біліченко, В. В. Варчук, І. В. Варчук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2013. – № 12 (194). – Ч.2 – С. 48–52.

5. Мокін В. Б. Моделювання поширення забруднювальних речовин у повітрі міста з використанням геоінформаційних технологій / В. Б. Мокін, І. В. Варчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 5. – С. 13–18.

6. Мокін В. Б. Створення та впровадження обласних геоінформаційних систем для моніторингу стану та управління водними ресурсами з використанням басейнового принципу / В. Б. Мокін, Є. М. Крижановський, Л. М. Скорина, І. В. Варчук // Водне господарство України. – 2015. – № 3 (117). – С. 39–44.

7. Геоінформаційна технологія оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних просторово-розподілених систем / В. Мокін, І. Варчук // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Summer InfoCom Advanced Solutions 2016», 1–3 червня 2016 року, м. Київ. – С. 37–39.

8. Варчук І. В. Технологія ідентифікації та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних просторово-розподілених систем за їх математичними та геоінформаційними моделями [Електронний ресурс] / І. В. Варчук, В. Б. Мокін // XLV Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 23–24 березня 2016. – Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/10598/858.pdf>

9. Варчук І. В. Метод визначення топологічної спостережуваності моделей екологічних систем з використанням геоінформаційного простору параметрів / І. В. Варчук // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. – Вінниця, 2015. – С. 91.

10. Мокін В. Б. Формалізація розподіленої моделі гідрологічних процесів «ТОРКАРІ-ІРММС» («опади-стік») у геоінформаційному просторі її параметрів / В. Б. Мокін, І. В. Варчук // XIV Міжнародна науково-практична конференція: «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях»: 5–9 жовтня 2015 р. – К., 2015. – С. 116–120.

11. Варчук І. В. Новий підхід до визначення топологічної спостережуваності багатозв'язних просторово-розподілених систем на основі їх моделей у геоінформаційному просторі параметрів / І. В. Варчук, В. Б. Мокін // Збірник праць XII Міжнародної конференції «Контроль і

управління в складних системах (КУСС-2014)», Вінниця, 14-16 жовтня 2014 р. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 16.

12. Варчук І. В. Визначення топологічної спостережуваності транспортної мережі міста на основі її моделі у геоінформаційному просторі параметрів / І. В. Варчук, В. Б. Мокін // Збірник праць ІХ Міжнародної конференції «Інтернет-Освіта-Наука-2014 (ІОН-2014)», Вінниця, 14-16 жовтня 2014 р. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 278–279.

13. Мокін В. Б. Розробка підсистеми комп'ютеризованої системи екологічного моніторингу викидів автомобільного транспорту міста / В. Б. Мокін, І. В. Варчук // IV-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. – Вінниця, 2013. – С. 228–230.

14. Мокін В. Б. Комп'ютерна програма «Моделювання та оптимізація параметрів багатозв'язної просторово-розподіленої системи на основі її геоінформаційної системи» / В. Б. Мокін, Є. М. Крижановський, І. В. Варчук // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 68451. – К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 18.07.2016 р.

15. Варчук В. В. Оцінка викидів забруднюючих речовин автотранспортом на прикладі ТОВ «Поділля-Трансбудсервіс» / В. В. Варчук, І. В. Варчук // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету. – 2012. – № 37. – С. 54–57.

16. Варчук В. В. Екологічний вплив транспорту на навколишнє природне середовище Вінницького регіону / В. В. Варчук, І. В. Варчук, М. О. Бишко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2012. – № 9 (180). – Ч. 1 – С. 107–113.

17. Варчук В. В. Вплив маси автомобіля на показники токсичності відпрацьованих газів / В. В. Варчук, І. В. Варчук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2013. – № 5 (194). – Ч. 2. – С. 53–56.

18. Ідентифікація та оптимізація інформаційних моделей динамічних багатозв'язних просторово-розподілених систем для задач моніторингу, збереження даних та автоматизованого управління: звіт про НДР: № 28-Д-350 / Вінницький національний технічний університет; кер. В. Б. Мокін; виконав.: Є. М. Крижановський [та ін.]. – Київ, 2015. – 273 с. – № ДР 0113U003135. – Інв. № 0215U006147.

19. William S. Levine. Control System Fundamentals / S. Levine. William – CRC Press, 1999. – 480 p.

20. Mutambara A. Design and Analysis of Control Systems / Arthur G.O Mutambara. – CRC Press, 1999. – 832 p.

21. Karny M. Dealing with Complexity: A Neural Networks Approach / M. Karny, K. Warwick, V. Kurkova. – Springer Science & Business Media, 2012. – 308 p.

22. Cameron I. Process Modelling and Model Analysis / I. Cameron, K. Hangos. – Academic Press, 2001. – 543 p.

23. Evangelisti E. Controllability and Observability: Lectures given at a Summer School of the Centro Internazionale Matematico Estivo (C.I.M.E.) held in Pontecchio (Bologna), Italy, July 1-9, 1968 / E. Evangelisti.– Springer Science & Business Media, 2011. – 289 p.

24. Fragnelli G. Carleman. Estimates, Observability Inequalities and Null Controllability for Interior Degenerate Nonsmooth Parabolic Equations / G. C. Fragnelli, D. Mugnai. – American Mathematical Soc, 2016. – 83 p.

25. Abur A. Power System State Estimation: Theory and Implementation / A. Abur, A. Expósito. – CRC Press, 2004. – 327 p.

26. Corless M. Linear Systems and Control: An Operator Perspective / M. Corless, A. Frazho. – CRC Press, 2003. – 368 p.

27. Budajova K. M. 2-edge coloring and maximum matching of graphs / K. Budajova, J. Czap. // International journal of pure and applied mathematics. – 2013. – № 2. – P. 161–167.

28. Czap J. M. i-edge colorings of graphs / Julius Czap // *Appl. Math. Sci., Ruse.* – 2011. – № 5. – P. 2437–2442.
29. Shahraeini M. A survey on topological observability of power systems / M. Shahraeini, M. Javidi // *Power Engineering and Automation Conference (PEAM), 2011 IEEE.* – 2011. – P. 373–376.
30. Duan R. Linear-time approximation for maximum weight matching / R. Duan, S. Oettie // *Journal of the ACM.* – 2014. – Vol 61. – No 1. – 23 p.
31. Drake D. A Linear Time Approximation Algorithm for Weighted Matchings in Graphs / D. Drake, S. Hougardy. // *ACM Transactions on Algorithms.* – 2005. – №1. – P. 107–122.
32. Erdos P. Counting bichromatic evolutionary trees / P. Erdos, L. Szekely. // *Discrete Applied Mathematics.* – 1993. – № 47. – P. 1–8.
33. Michael J. Dinneen. A computational attack on graffiti's matching and chromatic number conjectures / Michael J. Dinneen, 1993. – 17 p. – (*Discrete Applied Mathematics*).
34. John E Lenz. Extremal graph theory: ramsey-turan numbers, chromatic thresholds and minors / John E Lenz. – Urbana, Illinois, 2011. – 83 p.
35. Евстигнеев В. А. Словарь по графам в информатике / В. А. Евстигнеев, В. Н. Касьянов. – Новосибирск, 2009. – 300 с. – ISBN 978-591124-036-3
36. Manu B. Acyclic edge coloring of graphs : PhD : Bangalore - 560 / Manu Basavaraju – Department of computer science and automation Indian, 2010. – 112 p.
37. Hiroyuki Mori. A fast method for topological observability analysis using minimum spanning tree technique / Hiroyuki Mori. // *IEEE Transactions on Power Systems.* – 1991. – № 6. – P. 491–500.
38. Costa A. S. Power System Topological Observability Analysis including Switching Branches / A. S. Costa, K. A. Clements, Elizete Lourenço // *IEEE Power Engineering Review.* – 2002. – № 22. – P. 58–59.

39. Optimal PMU placement method for complete topological observability of power system under various contingencies / E. Abiri, F. Rashidi, T. Niknam, M. Reza Salehi // IEEE Transactions on Power Systems. – 2014. – P. 585–593.

40. Forgy C. Rete: A fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem / Charles L. Forgy // Artificial Intelligence. – 1982. – № 19. – P. 17–37.

41. Haraguchi K. A maximum matching based heuristic algorithm for partial latin square extension problem / K. Haraguchi, M. Ishigaki, A. Maruoka // Proceedings of the 2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems. – 2013. – P. 347–354.

42. Сучасні тенденції застосування мов програмування у геоінформаційних системах / Б. С. Бусигін, Г. М. Коротенко, Л. М. Коротенко // Геоінформатика. – 2003. – № 3. – С. 24–29.

43. Прикладна інформатика. Підручник / Б.С. Бусигін, Г.М. Коротенко, Л.М. Коротенко. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2004 – 565 с.

44. Моделювання геотехнічних систем : Монографія / [Г.Г. Півняк та ін.]; За заг. ред. Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2009. – 252 с.

45. Pivnyak G. Geographic information technology monitoring and mapping of coal fires in Ukraine, according to the space survey / G. Pivnyak, B. Busygin, I. Garkusha // 12th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production SWEMP 2010. – Prague. – P. 416–422.

46. Богданов В. А. Метод расчётных траекторий для определения качества измерений и точности оценок установившегося режима электрической системы / В. А. Богданов // Статическая обработка

оперативной информации в электроэнергетических системах. – Иркутск : СЭИ СО АН СССР, 1979. – С. 26–40.

47. Баранов Г. Л. Структурное моделирование сложных динамических систем / Г. Л. Баранов, А. В. Макаров. – К. : Наукова думка, 1986. – 272 с.

48. Дубовой В. М. Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами : монографія / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк. – Вінниця : Вид-во ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2008. – 185 с. – ISBN 978-966-641-251-8.

49. Мокін Б. І. Комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж. Монографія / Б. І. Мокін, А. В. Камінський. – Вінниця : Вид-во ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2005. – 122 с.

50. Гамм А. З. Методологические вопросы оценивания состояния и идентификации в энергетических системах / А. З. Гамм // Вопросы оценивания и идентификации в энергетических системах. – Иркутск : СЭИ СО АН СССР, 1974. – С. 29–51.

51. Гамм А. З. Нелинейная наблюдаемость электроэнергетических систем / А. З. Гамм // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1980. – № 2. – С. 3–14.

52. Гамм А. З. О синтезе систем сбора данных для оценивания электроэнергетических систем / А. З. Гамм // Электронное моделирование. – 1981. – № 2. – С. 65–70.

53. Гамм А. З. Об эквивалентировании моделей установившегося режима электроэнергетических систем по критериям наблюдаемости / А. З. Гамм // Численные методы анализа и их приложение. – Иркутск : СЭИ СО АН СССР, 1983. – С. 165–171.

54. Гамм А. З. Статистические методы оценивания состояния электроэнергетических систем / А. З. Гамм – М. : Наука, 1976. – 220 с.

55. Гамм А. З. Учет нелинейных свойств ЭЭС при анализе наблюдаемости / А. З. Гамм // Статистическая обработка оперативной информации в электроэнергетических системах. – Иркутск : СЭИ СО АН СССР, 1979. – С. 39–48.

56. Оценивание состояния в электроэнергетике / [Гамм А. З. и др.]. – М. : Наука, 1983. – 320 с.

57. Гамм А. З. Наблюдаемость электроэнергетических систем / А. З. Гамм, И. И. Голуб, Д. Я. Кесельман // Электричество. – 1975. – № 9. – С. 1–7.

58. Гамм А. З. Некоторые задачи анализа режима электроэнергетических систем по данным измерений / А. З. Гамм, И. И. Голуб, Г. Н. Ополева // Электричество. – 1984. – № 6. – С. 1–6.

59. Теоретические основы системных исследований в энергетике / [А. З. Гамм и др.]. – Новосибирск : Наука, 1971. – 334 с.

60. Гамм А. З. Нелинейная наблюдаемость электроэнергетических систем / А. З. Гамм // Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт. – 1980. – № 2. – С. 3–14.

61. Гамм А. З. Сенсоры и слабые места в электроэнергетических системах / А. З. Гамм, И. И. Голуб. – Иркутск : СЭИ СО РАН, 1996. – 99 с.

62. Лисеев М. С. Автоматическое формирование математических моделей электроэнергетических систем по данным телеметрии / М. С. Лисеев, С. В. Почечуев / Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт. – 1983. – № 6. – С. 27–33.

63. Мокин Б. И. Методические указания по изучению курса «Специальные вопросы энергосистем». Для студентов специальности 0302 всех форм обучения / Б. И. Мокин – Винница : ВПИ, 1982. – 60 с.

64. Гамм А. З. Наблюдаемость электроэнергетических систем / А. З. Гамм, И. И. Голуб. – М. : Наука, 1990. – 200 с. – ISBN 5-02-006643-5.

65. Аоки М. Оптимизация стохастических систем / М. Аоки – М. : Наука, 1971. – 424 с.

66. Лисеев М. С. Автоматическое формирование математических моделей электроэнергетических систем по данным телеметрии / М. С. Лисеев, С. В. Почечуев // Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт. – 1983. – № 6. – С. 27–33.

67. Мокін В. Б. Інформаційна технологія автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами / В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 5. – С. 79–83.

68. Мокін В. Б. Новий підхід до формалізації та автоматизації обробки схем відбору проб води у підсистемі «Вода та скиди» АСУ «ЕкоІнспектор» Держекоінспекції Мінприроди України / В. Б. Мокін, М. П. Боцула, А. Р. Яцолт // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Електронне видання. – 2008. – №2. – Режим доступу до журналу : <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-2/2008-2.htm>

69. Мокін В. Б. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми : Монографія / [В. Б. Мокін та ін.]/ Під ред. В. Б. Мокіна. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 315 с.

70. Мокін В. Б. Інформаційна технологія інтегрування математичних моделей у геоінформаційні системи моніторингу поверхневих вод: монографія / Мокін В. Б., Крижановський Є. М., Боцула М. П. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 152 с.

71. Van Cutsem Th. A simple algorithm for power system observability analysis and related functions / Th. Van Cutsem, P. J.Gailly // IFAC Symp. 39-83. Florence, 1983. – P. 101–105.

72. Кігель А. Г. Особливості застосування інформаційних технологій в електричних мережах / Кігель А. Г. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2011. – № 6. – С. 121–126.

73. Голуб И. И. Комплекс «Расстановка ТМ» для выбора состава измерений в ЭЭС / И. И. Голуб // Статическая обработка оперативной

информации в электроэнергетических системах. – Иркутск : СЭИ СО АН СССР, 1979. – С. 244–253.

74. Голуб И. И. Методика выбора избыточного состава измерений / И. И. Голуб // Алгоритмы обработки данных в электроэнергетике. – Иркутск : СЭИ СО АН СССР, 1982. – С. 38–47.

75. Учет надежности при синтезе систем сбора данных в ЭЭС / И. И. Голуб // Информационное обеспечение диспетчерского управления в электроэнергетике. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 169–175.

76. Савина Н.В. Системный анализ потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях в условиях неопределенности: дис. доктора техн. наук: 05.14.02 / Савина Наталья Викторовна. – Благовещенск, 2010. – 564 с.

77. Bongers C. Observability for real-time state estimations / C. Bongers, E. Rieke, E. Handehin // Study Committee XXXII Meet., Dortmund. Rio de Janeiro, 1981. – P. 81.

78. Borkowska B. The state estimation of not fully observable power system / B. Borkowska, A. Klos // Study Committee XXXII Meet., Dortmund. – Rio de Janeiro, 1977. – P. 32–77.

79. Clements K. A Observability in power system state estimation / K.A. Clements, B. F. Wollenberg // IEEE, PES Summer Meet. San Francisco (Cal.), 1975. – P. A 75447-3.

80. Clements K. A., Krumpholtz G. R., Davis P. W. Power system state estimation residual analysis: an algorithm using network topology / K.A. Clements, G. R. Krumpholtz, P. W. Davis // Ibid. – 1984. – №.4. – P. 1779–1787.

81. Clements K. A., Krumpholtz G. R., Davis P. W. State estimation measurement system reliability evaluation. An efficient algorithm based on topological observability theory / K.A. Clements, G. R. Krumpholtz, P. W. Davis // IEEE Trans. PAS. – 1982. – № 4. – P. 997–1003.

82. Clements K.A. State estimation with measurement deficiency: an algorithm that determines the maximal observable subnetwork / K.A. Clements, G. R. Krumpholtz, P. W. Davis // *Ibid.* – № 9. – P. 3044–3052.

83. Cutsem Th. Von. Power system observability and related functions: deviation of appropriate strategies and algorithms // *Intern. J. Elec.: Power Energy Syst.* – 1985. – № 3. – P. 175–187.

84. Zeiler Michael. Modeling our World. / Michael Zeiler. – ESRI: Redlands, USA, 1999. – 202 p.

85. Гавенко О. В. Інформаційна технологія для побудови аналітичних геоінформаційних систем багатозв'язних просторово-розподілених об'єктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.06 "Інформаційні технології" / Гавенко Олег Віталійович; ВНТУ. – Вінниця, 2013. – 23 с.

86. Гавенко О. В. Технологія автоматизованої побудови інформаційної моделі для моделювання процесів у багатозв'язних просторово-розподілених системах / О. В. Гавенко, В. Б. Мокін // *Вісник Вінницького політехнічного інституту.* – Вінниця. – 2013. – № 2. – С. 73–80 – ISSN 1997-9266

87. Мокін В. Б. Інформаційні технології автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами : монографія / [Мокін В. Б. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 196 с.

88. Буренскене М. Ч. Моделирование транспортной инфраструктуры с использованием информационных систем / М. Ч. Буренскене, Р. Р. Ушпалите. – Екатеринбург : Комвакс АМБ, 2003. – С. 120–124.

89. Введение в математическое моделирование транспортных потоков : учеб. пособие [Гасников А. В. и др.]. – МФТИ, 2010. – 362 с. – ISBN 978-5-7417-0334-2.

90. Cutsem Th. Von. Power system observability and related functions: deviation of appropriate strategies and algorithms // *Intern. J. Elec. : Power Energy Syst.* – 1985. – № 3. – P. 175–187.

91. Marchal F. Modeling location choice of secondary activities with a social network of cooperative agents / F. Marchal, K. Nagel // *Transportation Research Record*. – 2005. – № 1935. – P. 141–146.

92. Raney B. An agent-based microsimulation model of Swiss travel / B. Raney, N. Çetin, A. Völlmy, M. Vrtic, K.W. Axhausen, K. Nagel // *First results Networks and Spatial Economics*. – 2003. – № 3. – P. 23–42.

93. Мокін В. Б. Новий метод синтезу геоінформаційних моделей природних систем за математичними моделями процесів у них / В. Б. Мокін, Є. М. Крижановський // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – Вінниця, 2007. – № 4. – С. 40–47.

94. Кацев С. Ш. Математичні моделі детермінізації процесів в системах електропостачання : монографія / С. Ш. Кацев, Б. І. Мокін. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 114 с. – ISBN 966-641-150-4.

95. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1: навчальний посібник / [Р. Н. Кветний, І. В. Богач, О. Р. Бойко та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 191 с. – ISBN 978-966-641-520-5.

96. Метод ідентифікації параметрів моделі інтенсивності руху автомобілів біля супермаркета як центра тяжіння автотранспорту міста / О. В. Гавенко, В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак, І. О. Медведєв // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2011. – № 1. – С. 124–128. – ISSN 1997-9266.

97. Steven L. Jones. Traffic simulation software comparison study / Steven L. Jones, Andrew J. Sullivan, P. E. Naveen Cheekoti // *University Transportation Center for Alabama Report 02217*. – 2004. – P. 1–58.

98. Гофман Д. С. Інструментальні програмні засоби інтеграції математичних моделей у системи підтримки прийняття рішень з екологічної безпеки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 01.05.03 / Гофман Д. С. – Київ, 1999. – 17 с.

99. Порєв Г. Перспективи розвитку архітектури комп'ютерних мереж екологічного моніторингу / Г. Порєв, В. Порєв // Екологія підприємства. – Харків: ООО «Медиа-Про», 2015. – №2. – С.36–43.

100. . Мокін В. Б. Аналіз впливу капітального ремонту доріг на стан атмосферного повітря з використанням геоінформаційних технологій на прикладі м. Вінниці / В. Б. Мокін, Ю. С. Семчук, О. П. Сорочан, О. В. Риженко // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць. – К., 2011. – Вип. 7. – С. 5–15.

101. Общесоюзный нормативный документ Госкомгидромета СССР (ОНД-86). Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

102. Методи, моделі та інформаційні технології оцінювання станів складних об'єктів: моногр. / [Є. І. Кучеренко та ін.]. – Х. : ХНАМГ, ХНУРЕ, 2012. – 276 с.

103. Основи математичного моделювання в екології : навч. посіб. з грифом МОН України / [А. В. Гладкий та ін.]. – К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка». – 2009. – 240 с.

104. Луканин В. Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда : Учеб. пособие для вузов / Луканин В. Н., Буслаев А. П., Трофименко Ю. В., Яшина М. В. – М.: ИНФРА – М, 1998. – 408 с.

105. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посібник. / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун, А. О. Корпач, Л. П. Мержиєвська. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.

106. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт : навчальний посібник / Гутаревич Ю. Ф. [2-ге вид., перероблене та доповнене]. – К.: Арістей, 2008. – 296 с.

107. Зотов Л. Л. Экологическая безопасность производства и автомобильного транспорта : учеб. пособие. / Зотов Л. Л. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 90 с.

108. Павлова Е. И. Экология транспорта : Учебник для вузов / Павлова Е. И. – М. : Транспорт, 2000. – 248 с.

109. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин у повітря автотранспортом, який використовується суб'єктами господарської діяльності та іншими юридичними особами всіх форм власності. Затверджено наказом Держкомстату України від 6 вересня 2000 р. № 293 із змінами і доповненнями, внесеними наказом Державного комітету статистики України від 13 січня 2004 р. – № 15.

110. Транспорт Вінницької області за 2010 рік: Стат. збірник / Державний комітет статистики України. Головне управління статистики у Вінницькій області; за ред. Рибалко С.В., відп. за випуск Лесік А.І. – Вінниця. : Головне управління статистики у Вінницькій області, 2011. – 85 с.

111. Мокін Б. І. Ідентифікація закономірностей нечіткими базами знань: монографія. / Б. І. Мокін, Ю. І. Мітюшкін, О. П. Ротштейн. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 145 с.

112. Берк К. Анализ данных с помощью Microsoft Excel. / К. Берк, П. Кэйри [пер. с англ.]. – М.: Вильямс, 2005. – 560 с. – ISBN 5-8459-0712-8.

113. Джон Уокенбах. Формулы в Microsoft Excel 2010. – Пер. с англ. / Джон Уокенбах, А. Сысолюк. – М. : Издательство: Диалектика, 2011. – 704 с. – ISBN 978-5-8459-1704-1.

114. Каганов В. И. Компьютерные вычисления в средах Excel и Mathcad / В. И. Каганов. – М. : Горячая Линия – Телеком, 2011. – 328 с. – ISBN 978-5-9912-0216-9.

115. Мокін В. Б. Автоматизація обробки екологічних даних з ГІС з використанням ППП Mathcad / В. Б. Мокін, Є. М. Крижановський, А. В. Камінський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця. – 2011. – № 2. – С. 42–45.

116. Черняк А. А. Высшая математика на базе Mathcad. Общий курс : учеб. пособие / А. А. Черняк, Ж. А. Черняк, Ю. А. Доманова. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 608 с. – ISBN 5-94157-470-3.

117. Смоленцев Н. К. MATLAB. Программирование на Visual C#, Borland JBuilder, VBA / Н. К. Смоленцев. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 456 с. – ISBN 978-5-94074-729-1.

118. Алексеев Е. Р. MATLAB 7 / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. – М. : ИТ Пресс, 2006. – 464 с. – ISBN 5-477-00283-2.

119. Верлань А. Ф. Пакет прикладных программ для решения интегральных уравнений в среде MATLAB / А. Ф. Верлань, И. О. Горошко, Д. Э. Контрерас // Сб. тезисов докладов Всероссийской научной конференции «Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB». – М. : ИПУ РАН, 2002. – 207 с.

120. Швачич Г. Г. Лінійна алгебра в розрахунках середовища Mathcad : підручник для студ. екон. спец. / Г. Г. Швачич. – Дніпропетровськ : Національна металургійна академія України; Дніпропетровська академія управління, бізнесу та права. Кафедра інформатики та математичних методів в економіці, 2000. – 236 с.

121. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом : монографія / [Сташук В. А. та ін.]; [за редакцією В. А. Сташука] – Херсон : Грінь Д. С., 2014. – 320 с.

122. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу / [Гребінь В. В., Мокін В. Б., Сташук В. А. та ін.]. – К. : Інтерпрес ЛТД, 2013. – 55 с. – ISBN 978-966-501-094-4.

123. Крижановський Є. М. Метод розрахунку водогосподарського балансу для ділянок басейну з урахуванням детальних даних спецводокористування / Є. М. Крижановський, Т. В. Полудненко. – IV Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013), 25-27 вересня, 2013. – Вінниця : Видавництво-друкарня «ДІЛО», 2013. – С. 239–241.

124. Мокін В. Б. Методологія розрахунку водогосподарського балансу річки Південний Буг / В. Б. Мокін, Т. В. Полудненко // XLII Регіональна

науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. – Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2013. – Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2013/ineek/txt/poludnenko.pdf>

125. Мокін В. Б., Крижановський Є. М., Гавенко О. В. Комп'ютерна програма «Автоматизована система розрахунку водогосподарського балансу району річкового басейну Південного Бугу» // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 56206. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації : 27.08.2014.

126. Мокін В. Б. Розробка моделі водогосподарського балансу району річкового басейну Сіверського Дінця / В. Б. Мокін, О. В. Чунар'юв, В. В. Гребін'юв, Н. О. Білоцерківська, Є. М. Крижановський, Л. М. Скорина // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи розвитку водогосподарської галузі: до 100-річчя від дня народження М. А. Гаркуші – першого міністра меліорації і водного господарства України». – 11-12 вересня 2014 року.

127. Розробка моделі водогосподарського балансу району річкового басейну Південного Бугу: Звіт про НДР / [Мокін В. Б. та ін.] / Вінниц. нац. техн. ун-т. – 2845 (№ ДР 0113U005101) 2013 р. – 88 с.

128. Чунар'юв О. В. Автоматизована система розрахунку та прогнозування водогосподарського балансу річкових басейнів України / О. В. Чунар'юв, В. Б. Мокін, Є. М. Крижановський, В. В. Гребін'юв // Тези доповідей науково-технічної конференції «Вода та довкілля» XI Міжнародного водного форуму «AQUA UKRAINE-2013», Київ, 5–8 листопада 2013 р. – [Електронний ресурс на DVD].

129. Мокін В. Б. Новий метод оптимізації програм моніторингу управлінь водних ресурсів України з урахуванням вимог моніторингу стану

вод та водокористування / В. Б. Мокін, Є. М. Крижановський, А. Р. Яшолт // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2013. – № 1. – С. 3–8.

130. Лапшин А. А. Математическое моделирование процессов нормализации микроклимата в глубоких рудных шахтах / А.А. Лапшин // Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск, 2014. – № 3. – С. 137–144.

131. Автоматизація ідентифікації та оптимізації характеристик просторово-розподілених систем за інформаційними моделями їх елементів: Звіт про НДР / [Мокін В. Б., Боцула М. П., Гавенко О. В. та ін.] / Вінниц. нац. техн. ун-т. – 28-Д-338 (№ ДР 0111U001116). – Інв. № 0213U002284.– К., 2013.– 219 с.

132. Родзиллер И. Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод / И. Д. Родзиллер – М. : Стройиздат, 1984. – 263 с.

133. 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.

134. Світличний О. О. Основи геоінформатики : навч. посіб. / О. О. Світличний, С. В. Плотницький; за заг. ред. О. О. Світличного. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

135. ArcGIS 9. Geodatabase Workbook. – ESRI: Redlands, USA, 2004. – 258 p.

136. ArcGIS 9. Managing ArcSDE Application Serves. – ESRI: Redlands, USA, 2004. – 147 p.

137. Vienneau A. Using ArcCatalog. – Redlands, USA: ESRI, 2001. – 286 p.

138. Бойко О. В. Оцінка ефективності протипаводкових заходів на малих річкових водозборах Закарпаття на основі розрахунків розподіленої моделі «опади-стік» / О. В. Бойко, М. Й. Железняк // Математичні машини і системи. – 2011. – С. 149–160.

139. Кюнж Ж. А. Численные методы в задачах речной гидравлики / Кюнж Ж. А., Холли Ф. М., Вервей А. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 252 с.

140. Інформаційні технології автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами : монографія / [Мокін В. Б. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 196 с.

141. Прокудін Г. С. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв'язанні багатоетапних транспортних задач / Г. С. Прокудін, А. М. Дмитриченко, Н. М. Цимбал, О. С. Дудник, Д. А. Омаров // Вісник НТУ.– К. : НТУ, 2015. – № 31.– С. 450–462.

142. Prokudin G. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks / G. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, D. Omarov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 84, Issue 6/3. – P. 54–61. – Print-ISSN 17293774. – E-ISSN 17294061.

143. Прокудін Г. С. Проектування мобільного додатку для контролю і управління вантажними перевезеннями / Г. С. Прокудін, А. О. Пашко, Н. М. Полева // Вісник НТУ. – К. : НТУ, 2014. – № 29. – С. 343–350.