

## **ВІДГУК**

на дисертаційну роботу Варчук Ілони Вячеславівни  
«Інформаційна технологія аналізу та оптимізації топологічної  
спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

### ***Актуальність теми дисертаційної роботи***

Велика кількість багатозв'язних геоінформаційних систем (БГС), таких як транспортні, річкові, енергетичні та інші обумовила необхідність розробки нової інформаційної технології для аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності цих систем.

Для надійного функціонування систем управління та контролю такими БГС, необхідний достатній обсяг достовірних даних про усі вхідні та вихідні змінні станів цих систем. Достатність наведених даних визначається можливістю побудови закону керування, що дозволив би перевести досліджувану систему у потрібний режим функціонування. Для розв'язання подібних задач для БГС використовують, окрім понять керованості та спостережуваності, ще й поняття топологічної спостережуваності, що розуміє під собою визначення рівня спостережуваності по графу системи, що розглядається. Важливим залишається також питання автоматизації процесу аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем не лише за їх математичними, а й за інформаційними моделями.

### ***Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами***

Дисертаційна робота виконана в рамках наукових досліджень Вінницького національного технічного університету, а саме:

– «Ідентифікація та оптимізація інформаційних моделей динамічних багатозв'язних просторово-розподілених систем для задач моніторингу, збереження даних та автоматизованого управління» (№ ДР 0113U003135), виконувалась на кафедрі системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки (САКМІГ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) у 2013-2014 рр.;

– «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 дослідження.*** Метою роботи автором визначено підвищення рівня топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем шляхом створення більш швидкої та ефективної інформаційної технології її аналізу та оптимізації.

### ***Оцінка структури та змісту дисертації***

Дисертація оформлена українською мовою і складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

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

У першому розділі дисертації проведений огляд технологій формалізації математичних моделей, а саме шляхом їх інтегрування з геоінформаційними системами (ГІС), та технології формалізації математичних моделей систем у геоінформаційному просторі параметрів (ГПП). Відзначено, що однією з найбільш ефективних технологій формалізації математичних моделей у ГІС, яка дозволяє зберігати ці моделі у форматі тієї ж ГІС, якої вона стосується, є технологія формалізації моделей у геоінформаційному просторі системи. Особливу увагу приділено поняттю топологічної спостережуваності БГС та розглянуто метод її визначення на основі спеціально побудованого за математичними моделями біхроматичного графу системи на основі пошуку максимальних паросполучень.

На основі проведеного аналізу перерахованих вище технологій сформульовано задачі дослідження.

Другий розділ присвячено розробці методу оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем. У ньому запропоновано вдосконалення системи понять топологічної спостережуваності БГС, шляхом введення рівнів і видів топологічної спостережуваності (повна і часткова). Запропоновано залежність для обчислення рівня топологічної спостережуваності, як відношення кількості вершин-змінних, яким відповідає вершина-залежність (тобто кожна така вершина-змінна входить хоча б в одне «сильне» ребро), до загальної кількості вершин-змінних у біхроматичному графі.

Розроблено алгоритм та систему трансформації ГПП у біхроматичний граф системи та зворотної трансформації, а саме біхроматичного графу у ГПП системи.

У третьому розділі описана запропонована інформаційна технологія аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем. Наведені складові розробленої інформаційної технології, описаний алгоритм роботи, а також її етапи.

Здійснено оцінювання швидкодії розробленої технології в порівнянні з існуючими.

У четвертому розділі наведено опис застосування запропонованої інформаційної технології аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем в наступних задачах: побудови водогосподарського балансу річки південний Буг, оптимізації розподіленої моделі гідрологічних процесів “ТОРКАРІ-IPMS”, автоматизованої системи керування дорожнім рухом міста.

У додатках наведено акти впровадження результатів досліджень та ін.

У загальних висновках констатується, що дисертація присвячена вирішенню важливої науково-прикладної задачі аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем. Сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

***Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:***

- вперше розроблено метод оптимізації топологічної спостережуваності багатозв’язної геоінформаційної системи, формалізованої в її ГПП, шляхом створення системи правил перетворення ГПП у класичний біхроматичний граф, проведення по цьому графу 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;
- 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;
- удосконалено метод формалізації аналітичних та алгоритмічних залежностей між параметрами БГС шляхом поєднання технології інтегрування математичних моделей процесів з ГІС та технології формалізації таких залежностей у ГПП цих систем, що дозволяє прискорити процес їх формалізації в єдиній геоінформаційній моделі.

***Достовірність отриманих результатів, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій***

Вірогідність і обґрунтованість результатів проведених наукових досліджень забезпечується коректною постановкою задачі, використанням для її рішення методів геоінформаційних технологій, математичного моделювання, теорії графів, баз даних, що успішно апробовані на реальних прикладах під час впровадження результатів на практиці.

Послідовність викладеного матеріалу в дисертаційній роботі відповідає вимогам ВАК України. Матеріали дисертації доповідались і обговорювались на науково-технічних конференціях, за результатами роботи отримано свідоцтво про реєстрацію авторських прав на комп’ютерну програму.

***Практична цінність дисертаційної роботи***

Найбільшу практичну цінність мають такі одержані у дисертації результати:

- 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 запропонованої термінології 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 БГС;

- в пакеті для роботи з ГІС «ArcGIS» (США) створено типовий програмний інструментарій для ефективною формалізації математичних моделей процесів у БГС у форматі ГПП 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.

### ***Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях***

Основні положення дисертаційного дослідження опубліковані дисертантом у 14 наукових працях, у тому числі у 5 наукових виданнях з переліку фахових видань МОН України і одному виданні яке входить до науково-метричних баз даних Scopus. Отримано свідоцтво про реєстрацію авторських прав на комп'ютерну програму. Результати роботи здобувача пройшли апробацію на значному числі семінарів та конференцій, в тому числі міжнародних. Опубліковані роботи дають повністю розкривають зміст і суть проведених досліджень, їх наукову новизну та практичну цінність.

### ***Ідентичність змісту автореферату і основних положень дисертації***

Основні положення автореферату, зокрема, мета, наукова новизна, практична цінність, зміст розділів, висновки, список опублікованих за темою дисертації робіт, характеристика особистого внеску здобувача, повністю відповідають аналогічним складовим дисертаційної роботи. Автореферат достатньо повно розкриває зміст дисертації, адекватно висвітлює зміст дисертаційної роботи.

### ***Відповідність дисертації встановленим вимогам***

Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ30008-95, а також вимогам, які пред'являються до дисертаційних робіт ВАК України. Зміст дисертації відповідає меті, матеріали викладено в логічній послідовності, українською науково-технічною мовою. Стиль викладання матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечують легкість та доступність її сприйняття. Виклад ведеться аргументовано, коректно та конкретно.



### **Зауваження**

За змістом і оформленню представленої роботи слід зазначити такі зауваження:

1. Не приділено увагу імовірнісним моделям опису процесів у БГС.
2. Не зрозуміло яка цінність нової введеної термінології щодо поняття топологічної спостережуваності математичних моделей процесів у БГС з урахуванням специфіки їх інформаційних моделей.
3. На жаль, у матеріалах дисертаційної роботи не наведені тексти або фрагменти текстів розробленої програми для пакету програм ArcGIS для реалізації запропонованої інформаційної технології.
4. Невдале позначення множини не впливових параметрів  $P_{NV}$  (стор. 29 дисертації) враховуючи, що  $N$  і  $V$  – змінні, які часто зустрічаються у роботі.
5. На рис. 4.2, на якому наведено приклад прогнозування, обраний вид апроксимуючої функції має дуже низьке значення достовірності апроксимації, а саме  $R^2 = 0,1411$ , що в свою чергу впливає на достовірність результату прогнозу.

Незважаючи на перераховані зауваження, дисертаційна робота на достатньо високому науковому рівні вирішує нову задачу в класі новітніх інформаційних технологій, тому зазначені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

### **Загальні висновки до дисертаційної роботи**

1. Дисертаційна робота Варчук І.В. на тему «Інформаційна технологія аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем» є завершеною науково-дослідною працею, в якій обґрунтована та розв'язана науково-прикладна задача розробки та впровадження нової інформаційної технології для побудови аналітичних геоінформаційних систем багатозв'язних просторово-розподілених об'єктів.

2. Тематика дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – «Інформаційні технології», а саме наступному напрямку досліджень: «Розроблення *інформаційних технологій* для побудови та впровадження: автоматизованих систем технічного діагностування, *геоінформаційних систем різного призначення* та комп'ютерних систем електронного бізнесу».

3. Матеріали дисертації достатньо апробовані, доповідались на Всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях.

Враховуючи, що дисертаційна робота за актуальністю, науковим рівнем, важливістю одержаних наукових результатів та за практичною цінністю відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 постанови Кабінету Міністрів України «Порядку присудження наукових ступенів» та паспорту спеціальності вважаю, що її автор Варчук І.В. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри міжнародних  
перевезень та митного контролю  
Національного транспортного університету  
доктор технічних наук, професор

Вчений секретар  
Транспортного університету  
проф. Мельниченко О.І.



Г.С. Прокудін