

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

**завідувача кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», доктора технічних наук, професора Корсуня Валерія Івановича на дисертаційну роботу Паніка Леоніда Олександровича «Спеціалізовані багатокритеріальні моделі аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах», яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи**

Дисертаційна робота, відгук на яку пропонується, має загальний обсяг 210 сторінок. З них: 160 сторінок основного тексту, 26 рисунків, 14 таблиць та 5 додатків на 37 сторінках. Список використаних джерел складається із 100 найменувань, розташованих на 13 сторінках.

### **1. Актуальність теми дисертації**

Проблеми забезпечення функціонування сучасних транспортних комплексів вимагають створення або інтеграції глобальних технологій. Так, зараз на гальні завдання з логістичного управління неоднорідними потоками вирішуються шляхом формування інтелектуальних транспортних систем (ІТС), засобами телематики. За їх допомогою вирішується комплекс завдань із моделювання, моніторингу, прогнозування, планування і управління глобальними транспортними потоками різних категорій.

Функціонування сучасних транспортних комплексів відбувається за умов великої кількості учасників перевезень, неоднорідності потоків (НП) та багатокритеріальністі завдань планування, а також неповноти і невизначеності даних ін. Відзначимо, що переважна кількість класичних моделей і методів планування транспортних потоків не в повній мірі відповідає зазначеним вище вимогам. Це потребує їх розвитку і удосконалення. Також суттєво, що завдання планування неоднорідних транспортних потоків певною мірою подібні до завдань управління іншими типами потоків - інформаційно-комунікаційних, фінансових ін. При цьому використовуються математичні моделі і методи аналізу, які орієнтовані на окремі типи потоків і властивості вихідних даних (одно- і багато продуктові, динамічні ін.). Натепер розвиток і удосконалення уніфікованих багатокритеріальних моделей і алгоритмів планування неоднорідних транспортних потоків є *актуальним науково-прикладним завданням* щодо підвищення ефективності сучасних транспортних процесів.

Тому тему дисертаційного дослідження Паніка Л.О., присвяченого спеціалізованим багатокритеріальним моделям аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах, слід вважати *актуальною*.

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

Виконані в дисертації дослідження проводились на кафедрі комп'ютерних інформаційних технологій Дніпровського національного універ-

ситету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна у рамках науково-дослідницьких робіт:

- ◆ «Розробка методів аналізу і оптимального планування потоків у транспортних мережах з урахуванням індивідуальних властивостей засобів перевезень, статистичних і нечітких вихідних даних» (2007 – 2008 рр., № держреєстрації 0107U005242).
- ◆ «Розробка адаптивних методів, інформаційних технологій та уніфікованих інформаційних процедур багатокритеріального ієрархічного і нечіткого управління в умовах невизначеності» (2009 – 2010 рр., № держреєстрації 0109U002989).
- ◆ «Удосконалення інформаційних технологій на залізничному транспорті» (2011 – 2012 рр., № держреєстрації 0111U007619).
- ◆ «Інформаційно-аналітичні технології управління в інтелектуальних транспортних системах багатокритеріальними і багатопродуктовими потоками в умовах неоднорідної невизначеності параметрів процесів» (2013 – 2014 рр., № держреєстрації 0113U000695).
- ◆ «Підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту на основі уніфікованих інтелектуальних технологій процесів перевезень та експлуатації парків технічних систем» (2017 – 2018 рр., № держреєстрації 0117U004392).

### **3. Наукова новизна дисертаційної роботи**

В дисертаційній роботі Паніка Л.О. отримано низку достатньо вагомих теоретичних результатів щодо створення методів та засобів із моделювання процесів, які представлені неоднорідними потоками в транспортних мережах.

Серед них відзначимо наступні результати.

#### ***Вперше***

- ◆ запропоновано класифікацію задач і математичних моделей аналізу та планування неоднорідних потоків, які враховують спеціалізовані вимоги до транспортних мереж і взаємодію окремих складових досліджуваних процесів;
- ◆ розроблено уніфікований паралельний синхронний алгоритм аналізу і планування неоднорідних стаціонарних і динамічних потоків в транспортних мережах.

#### ***Удосконалено***

- ◆ багатокритеріальні моделі планування транспортних потоків при обліку умов інтервальної невизначеності;
- ◆ спеціалізовані моделі аналізу і планування стаціонарних неоднорідних транспортних потоків, які враховують взаємодію транспортних потоків, варіативність вимог пасажирів, застосування змінних тарифів в умовах конкуренції;
- ◆ уніфікована процедура планування нечітких багатопродуктових, динамічних і конкурентних потоків в транспортних мережах і мережах інформаційних систем, що використовує паралельні синхронні алгоритми розра-

хунків максимальних потоків, яка дозволяє обчислити локальні екстремуми моделей оптимального розподілу потоків.

#### ***Отримали подальший розвиток***

- ◆ модель економічної рівноваги Вардропа для задач планування неоднорідних транспортних потоків;
- ◆ багатокритеріальні математичні моделі аналізу і планування при взаємодії неоднорідних стаціонарних, нечітких і динамічних потоків в мережах, які враховують умови конкуренції і спеціалізовані вимоги до компонентів транспортних процесів.

#### **4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій**

Дисертаційна робота містить цілком достатнє обґрунтування основних наукових положень, що виносяться на захист. При цьому коректно доведено отримані теоретичні твердження. Спроможність наукових результатів підтверджено чисельними експериментальними дослідженнями із залученням апарату методів обчислювальної математики та комп'ютерного моделювання.

#### **5. Практичні результати роботи та їх впровадження**

Практичне значення одержаних в роботі результатів полягає у підвищенні якості планування неоднорідних потоків в транспортних мережах в умовах застосування засобів інтелектуальних транспортних систем.

Практичне значення результатів підтверджується наступним:

- ◆ актом впровадження результатів роботи в ТОВ «СМАРТСТАРТ» при виконанні проекту «Адаптована система керування світлофорними об'єктами»;
- ◆ використанням результатів роботи в навчальних курсах підготовки бакалаврів («Інформаційні технології та системи транспорту») і магістрів («Інфраструктура, телематика і інтелектуальні інформаційні технології») спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»;
- ◆ авторським свідоцтвом на твір № 85769 «Паралельні уніфіковані алгоритми оптимального планування неоднорідних динамічних, нечітких і конкурентних процесів у транспортних мережах».

#### **6. Загальна характеристика роботи**

Дисертаційна робота структурно цілком відповідає поставленій меті досліджень і складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** подано загальну характеристику і обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження; викладено його мету та задачі; вказано зв'язок теми дисертаційної роботи з планами наукових досліджень організації, де виконано роботу; визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів; наведено відомості щодо апробації результатів дисертаційного до-

слідження; вказано особистий внесок здобувача у роботах, опублікованих у співавторстві з іншими авторами.

У **першому розділі** «Розвиток моделей і методів аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах» виконано аналіз наукових досліджень щодо сучасних досягнень та наявних проблем сфері планування неоднорідних потоків у транспортних, інформаційних та інших мережах. У розділі запропоновано певні типи додаткових вимог до класів одиниць потоків, як транспортних засобів. Вони визначені як «індивідуальні властивості», а також представлена математична модель потоків з неоднорідними властивостями. Виконаний у розділі аналіз показав особливості функціонування транспортних комплексів та ІТС, які відбуваються за умов великої кількості учасників перевезень і багатокритеріальності завдань планування, неоднорідності потоків, неповноти і невизначеності даних. З наведеного аналізу витікає актуальність науково-прикладного завдання щодо розвитку і удосконалення спеціалізованих уніфікованих багатокритеріальних моделей і алгоритмів планування неоднорідних транспортних потоків, які спрямовані на забезпечення підвищення ефективності транспортних процесів.

В **другому** розділі «Розвиток спеціалізованих багатокритеріальних моделей аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах» визначені та досліджені властивості транспортних потоків, які впливають на обчислювальні процедури аналізу багатопродуктових мереж. Встановлено їх зв'язки із типами математичних моделей потокових завдань. На підставі цього запропоновані класифікації моделей взаємодії транспортних потоків та класифікації математичних моделей неоднорідних потокових завдань у мережах. Такі класифікації моделей становлять наукову новизну дисертації.

У розділі виконано розвиток багатокритеріальних спеціалізованих моделей аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах. При цьому були досліджені й удосконалені моделі економічної рівноваги, які узагальнюють моделі транспортної рівноваги що формуються на основі поведінкових принципів конкурентної і системної рівноваги Вардропа. В результаті запропоновані моделі можуть застосовуватися для опису неоднорідних автотранспортних потоків.

Також у розділі досліджене завдання оптимального планування конкурентних транспортних потоків за умов інтервалної невизначеності експлуатаційних параметрів. Вирішується задача вибору компромісних варіантів на множині траєкторій носіїв потоку. Розроблено метод двохкритеріального порівняння інтервалів з урахуванням вірогідності домінування одного інтервалу над іншим і розмірів інтервалів, який ураховує коефіцієнти відносної важливості часткових критеріїв.

У **третьому** розділі «Паралельні синхронні алгоритми аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах» досліджено питання розвитку алгоритмів аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах. Запропоновано новий паралельний синхронізований алгоритм для розрахунку максимальних однопродуктових потоків (БПСА). На відміну від відо-

міх цей алгоритм дозволяє за одну ітерацію знаходити відразу декілька збільшуючих потік шляхів, що представлено для деяких мереж.

Вперше розроблений у розділі паралельний синхронний алгоритм був використаний для реалізації нечітких моделей планування багатопродуктових потоків в транспортних мережах. Також на основі БПСА були реалізовані нечіткі моделі планування багатопродуктових потоків.

У розділі розроблена нова процедура планування конкурентних потоків в мережах інформаційних систем, що використовує паралельні синхронні алгоритми розрахунків максимальних потоків. Застосування процедури планування дозволяє обчислити локальні екстремуми моделі розподілу потоків.

Практична цінність отриманих у розділі результатів визначається досить універсальними можливостями БПСА, його придатністю для ефективної реалізації завдань аналізу і оптимального планування багатопродуктових потоків в мережах на основі нечітких і конкурентних моделей розподілу транспортних та інформаційних потоків, що було встановлено в даному розділі.

Алгоритми підтвердженні отриманим авторським свідоцтвом.

У четвертому розділі «Спеціалізовані моделі аналізу та планування неоднорідних пасажиропотоків» запропонована удосконалена модель оптимального планування поїздок з пересадками з урахуванням неоднорідності вимог пасажирів до якості послуг транспортної системи. Показано, що використання процедури редукції дозволяє застосовувати методи лінійного програмування для ефективної чисельної реалізації завдань планування поїздок з пересадками.

Аналіз моделей планування пасажиропотоків з пересадками дозволив встановити, що введення у моделі для кожної дуги графу окремих обмежень на пропускну здатність по різних типах вагонів, призводить до розділення потоку за категоріями пасажирів, і за допомогою цього можливо мати різні маршрути пересування одиниць потоку, в залежності від категорії, тобто вимог до перевезень.

Також у розділі проведено новий аналіз динамічних потоків, коли одиниці потоку мають відмінні індивідуальні властивості. Показано, що проблема оптимізації динамічних неоднорідних потоків узагальнює відомі підходи планування. Запропоновано удосконалену модель динамічного оптимального планування поїздок з пересадками з одного виду транспорту (залізничного) на інший вид транспорту (автобуси) та ін.

У розділі розроблені або вдосконалені актуальні для умов ринку транспортних послуг моделі аналізу і планування багатопродуктових потоків в транспортних мережах в умовах конкуренції перевізників на основі застосування змінних тарифів. Також сформовані математичні моделі планування перевезень при обліку додаткових вимог, пов'язаних із заданими наборами індивідуальних властивостей носіїв потоків або ж «продуктів». Встановлено, що використання області ефективних компромісів забезпечує можливість узгодження очікуваних рівнів доходів перевізників, що робить плани перевезень більш стабільним при реалізації.

У висновках по роботі перелічені основні наукові та практичні результати виконаних досліджень.

**У додатках** наведено програмні коди на мові MatLab функцій для оптимального розподілу носіїв за траєкторіями та програмний код функцій для інтервального оптимального розподілу носіїв за траєкторіями, а також представлено акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

## **7. Повнота викладення наукових положень, сформульованих у дисертації в опублікованих працях**

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи повністю висвітлено у виданнях, що входять до переліку фахових видань, та достатньо апробовано на національних і міжнародних конференціях і семінарах. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 10 статей, 21 тезу у матеріалах всеукраїнських та міжнародних наукових конференцій і 1 авторське свідоцтво на твір.

## **8. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона по-дається до захисту**

Тема та зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – «математичне моделювання та обчислювальні методи» за таким напрямком досліджень: «Розроблення або розвиток теорії математичного моделювання реальних явищ, об'єктів, систем чи процесів як сукупності формалізованих дій (операцій) для складання ефективних математичних описів досліджуваних об'єктів. Зокрема: отримання принципово нових (нетрадиційних) видів математичних моделей, еквівалентні та апроксимаційні методи перетворення і модифікації (лінеаризація, дискретизація тощо), оцінки, ідентифікація та оптимізація математичних моделей, методи теорії подібності й аналізу розмірностей».

## **9. Зауваження щодо змісту й оформлення дисертаційної роботи**

До дисертаційної роботи та автореферату є наступні зауваження:

- ◆ В першому розділі, на нашу думку, з непотрібними деталями приведено огляд математичних моделей планування неоднорідних вагонопотоків. Разом з цим, питання щодо удосконалення таких моделей, стор. 39 та 42, з урахуванням неоднорідності інфраструктури подано стисло. Також бажано було б навести нові формальні описи зазначених моделей.
- ◆ В тексті дисертації слід відзначити наявність невдалого графічного представлення структур мереж та потоків. Зокрема, на рис. 2.1, 2.2 (стор.69) та на рис. 2.8 (стор.94) представлена одна і та сама структура мережі, але у різних умовах, з неоднаковими параметрами. Ці рисунки необхідно було узагальнити. Невдалим також є подання потоків на рис. 4.1(стор.129) та 4.2 (стор. 133), які відрізняються величинами параметрів для різних постановок завдань аналізу.
- ◆ На рис. 4.5, рис. 4.6 (стор. 155) відсутні пояснення.
- ◆ При дослідженні динамічної моделі транспортної задачі (стор. 156) не вказано переваги запропонованого паралельного алгоритму, не наведено ознак його результативності та ефективності.

- ◆ В дисертації та в авторефераті, нажаль, є певні редакційні помилки, наприклад: на стор. 64 дисертації (табл. 2.2) та стор. 7 (табл. 2) автореферату в рядку К4 замість назви математичної моделі записано: «Структурні вимоги до потоків продуктів» тощо.

## **10. Загальний висновок по дисертаційній роботі**

Незважаючи на зазначені недоліки, дисертаційна робота Паніка Леоніда Олександровича заслуговує на позитивну оцінку. Вона є завершеною науково-дослідною роботою, яку виконано на високому теоретичному і практичному рівні. Дисертація має внутрішню єдність, написана технічно грамотно. Оформлення дисертації здійснено автором на сучасному рівні і відповідає діючим в Україні стандартам і вимогам. Наукові положення і практичні рекомендації обґрунтовані, основні результати досліджень, що представлені в публікаціях, повністю відображають суть роботи і пройшли необхідну апробацію.

Корисність і широке використання результатів дисертаційної роботи в майбутньому не викликає сумнівів.

Автореферат дисертаційної роботи оформлено згідно діючих вимог. Його зміст цілком відповідає змісту та основним положенням дисертаційної роботи.

*Вважаю, що дисертаційна робота Паніка Леоніда Олександровича «Спеціалізовані багатокритеріальні моделі аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах» є завершеним науковим дослідженням. Одержані результати мають наукову новизну і практичне значення.*

*Дисертаційна робота відповідає п.п. 9, 11 та 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. та чинним вимогам Міністерства освіти і науки України. Автор довів свою спроможність ставити та розв'язувати важливі науково-практичні задачі і заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - «математичне моделювання та обчислювальні методи».*

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри метрології  
та інформаційно-вимірювальних  
технологій Національного технічного  
університету «Дніпровська політехніка»,  
доктор технічних наук, професор

V. I. Корсун

*Підпис професора Корсuna V. I. за свідочно*



Вчений секретар Вченої ради  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка»

O.A. Данилова

12 червня 2019 року