

## ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ

Розроблено автоматизовану систему пошуку оптимальних рішень, яка дозволяє розв'язувати широкий спектр оптимізаційних задач, вхідні дані яких можна подати у вигляді графа. Автоматизована система дозволяє здійснювати пошук оптимальних шляхів у графі з врахуванням як статичних так і динамічних параметрів.

The automated system search for optimal solutions, which allows to solve a wide range of optimization problems whose input data can be represented as a graph. The automated system allows you to search for optimal paths in the graph, taking into account both static and dynamic parameters.

Ключові слова: автоматизована система, граф, оптимальний шлях, оптимальне рішення.

### Вступ

Задачі пошуку оптимальних рішень поширені у різних галузях діяльності людини. Часто вони потребують розв'язку в режимі реального часу [1]. Оптимізаційний пошук ускладнюється динамічними умовами формування власних базових параметрів [1]. Тому оперативність виконання пошукових процесів передбачає використання сучасних засобів автоматизації та ефективну реалізацію обраного математичного апарату в системах пошуку оптимальних рішень.

Розв'язок широкого кола оптимізаційних задач можна формалізувати до опису математичної моделі критеріїв оптимальності засобами теорії графів та математичної статистики. Такий підхід дозволяє розглядати питання оптимізації як пошук найкоротших шляхів між вершинами графа з урахуванням фізичного значення його вершин та дуг [2-5].

Сучасні вимоги до якісних характеристик пошукових процесів та часових затрат на їх реалізацію обумовлюють актуальність розробки і впровадження ефективних засобів автоматизованого пошуку оптимальних рішень.

Метою роботи є автоматизація пошукових процесів визначення оптимального шляху з використанням засобів теорії графів.

Об'єктом дослідження постають процеси пошуку оптимальних рішень. Під предметом дослідження розуміємо методи та засоби пошуку найкоротших шляхів між заданими вершинами графа.

Головним завданням вбачаємо розробку та дослідження автоматизованої системи пошуку оптимальних рішень з використанням засобів теорії графів.

### Розробка автоматизованої системи пошуку оптимальних рішень

Автоматизована система пошуку оптимальних рішень (АСПОР) базується на використанні засобів теорії графів. У процесі пошуку найкоротшого шляху умови задачі формалізуємо до опису засобами теорії графів і будемо математичну модель розв'язку у вигляді дерева графа.

АСПОР дозволяє розв'язувати такі оптимізаційні задачі [3]:

- моделювання параметрів транспортної мережі;
- пошук найкоротшого шляху між двома вершинами графа;
- пошук найкоротших шляхів між усіма вершинами графа;

- пошук оптимального шляху комівояжера.

Пошук найкоротшого шляху між двома вершинами графа у середовищі АСПОР здійснюється за допомогою:

- реалізації класичних пошукових алгоритмів теорії графів (алгоритму Дейкстри; Флойда,...)[1,4];
- пошуку найкоротшого гамільтонового шляху в графі за допомогою розроблених пошукових методів розв'язку задачі комівояжера, що базується на використанні методів штучного інтелекту [2];
- пошуку найкоротшого шляху між двома вершинами графа за умови динамічної зміни параметрів вершин та дуг графа [2].

АСПОР має зручний інтерфейс і дозволяє користувачеві створювати, редагувати, зберігати вхідні дані оптимізаційної задачі у вигляді структури графа та його параметрів.

Дослідження режимів роботи АСПОР проведемо у процесі розв'язання оптимізаційних транспортних задач, коли до пошуку найкоротшого шляху між заданими вершинами графа можна звести задачу знаходження найкоротшого шляху руху транспортного засобу з місця А в місце В. Критерієм оптимальності в такому випадку може слугувати найкоротший маршрут між заданими вершинами графа. Так, наприклад, у випадку подання моделі транспортної мережі у вигляді графа за умови, що дуги графа презентують довжини автошляхів, а вершини графа - перехрестя, найкоротший шлях від перехрестя №13 до перехрестя №5 (довжиною 15 км) зображено на рисунку 1.

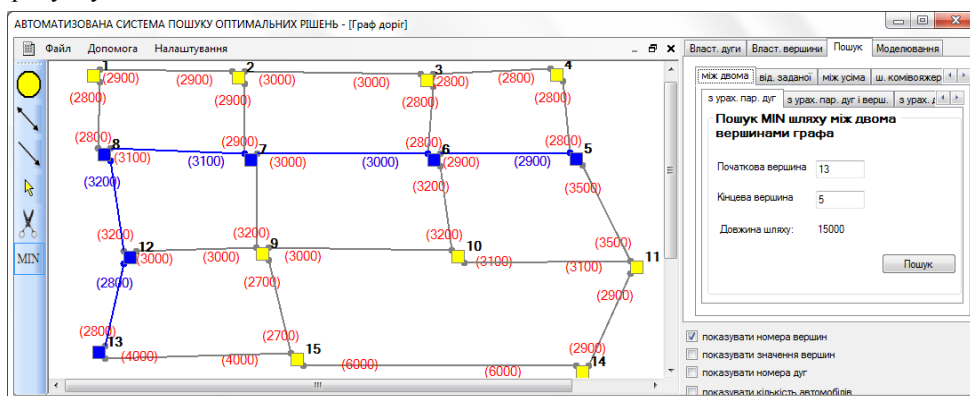


Рис. 1. Результат роботи АСПОР при розв'язанні транспортної задачі пошуку найкоротшого шляху від перехрестя №13 до перехрестя №5

Існує клас оптимізаційних задач, які зводяться до пошуку оптимальних шляхів від обраної вершини до всіх інших вершин графа. Ілюстративним прикладом таких задач постає транспортна задача, коли мережа міських доріг подана у вигляді графа, є перелік місць розташування патрулів з їх координатами у вершинах графа та задається координата виникнення інциденту. Тоді визначення патруля, котрий може прибути до місця інциденту найшвидше, зводиться до пошуку оптимальних шляхів від заданої вершини до всіх інших вершин графа. Так наприклад, у випадку коли близько від перехрестя №6 стався інцидент, а патрулі знаходяться на перехрестях 1 та 12 (рис. 1), то за отриманими результатами роботи АСПОР у процесі пошуку найкоротших шляхів від перехрестя №6 до всіх інших перехресть (рис. 2) рекомендовано на інцидент виїжджати патрулю, що знаходиться на перехресті №1.

Результати пошуку MIN шляху від заданої вершини графу															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	8700	5800	2800	5600	2900	0	3000	6100	6200	3200	6300	9200	12000	9200	8900

Рис. 2. Результат пошуку оптимальних шляхів від заданої до інших вершин графа

Для розв'язання оптимізаційних задач, що потребують пошуку найкоротших шляхів між усіма вершинами графа за умови врахування лише параметрів дуг, які вважаються сталими, в автоматизованій системі реалізовано метод пошуку оптимального шляху між усіма вершинами графа. Так, наприклад, маючи вхідні дані про мережу автосполучень країни, можна знайти найкоротші шляхи між усіма районними центрами. Системою проводяться базові розрахунки та залишається можливість редагування структури автодорожньої мережі у середовищі АСПОР у випадку модифікації вхідних даних.

Існує клас оптимізаційних задач, розв'язання яких можна звести до пошуку найкоротшого шляху між двома вершинами графа з урахуванням параметрів вершин та дуг графа. Ілюстративним прикладом розв'язання такого типу задач є пошук оптимального маршруту руху автотранспорту з точки А в точку В, де критерієм оптимальності постає найменший час подолання обраного шляху. Параметри дуг презентують час, необхідний транспортному засобу для проїзду шляхом між вершинами, інцидентними обраним дугам. А параметри вершин подають затримку транспорту на перехресті внаслідок пробок та світлофорного регулювання. Приклад пошуку оптимального шляху між перехрестями № 13 та №5 для транспортної мережі (рис. 1) показано на рисунку 3.

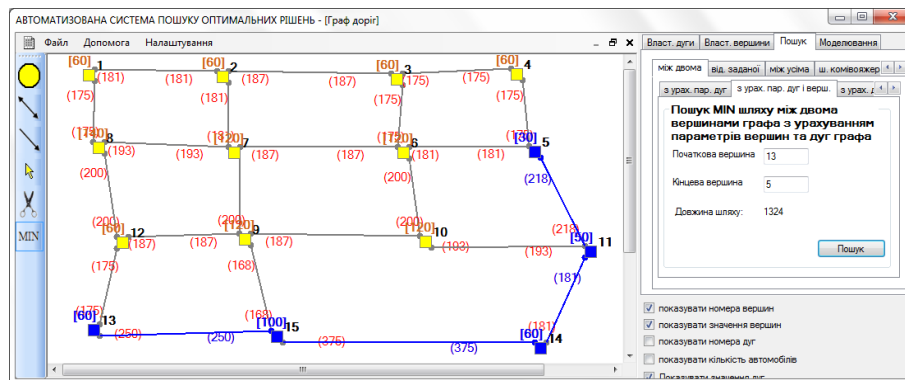


Рис. 3. Результат пошуку оптимального шляху між перехрестями №13 та №5

Існує клас оптимізаційних задач, для яких можна встановити допустимі інтервали зміни їх параметрів. Використання додаткової інформації дозволяє суттєво збільшити швидкість пошуку оптимального шляху. В автоматизованій системі реалізовано метод, який дозволяє здійснювати пошук найкоротшого шляху між вершинами графа з урахуванням динамічної зміни його параметрів.

Для здійснення пошукових процесів у цьому випадку кожний параметр оптимізаційної задачі описуємо двома значеннями, а саме мінімальним значенням самого параметру, та максимальним відхиленням. У візуальному середовищі системи у квадратних дужках вказуються параметри вершин, а в круглих – параметри дуг, де перше число в дужках характеризує мінімальне значення параметру, а друге його максимальне відхилення (рис. 4).

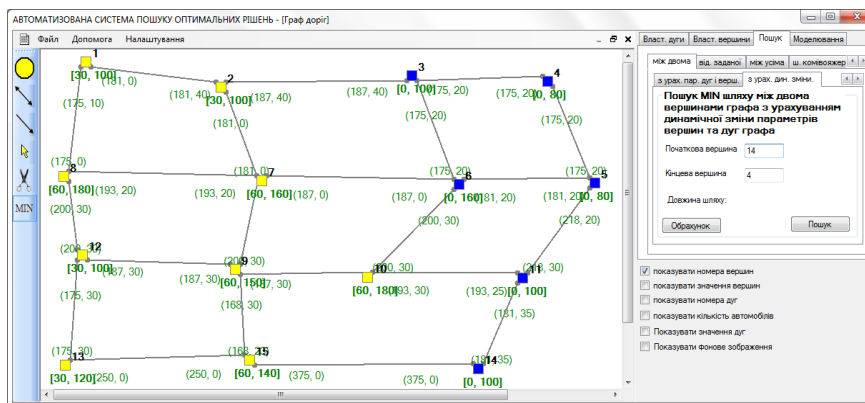


Рис. 4. Приклад відображення змінних параметрів шляху між вершинами 14 і 4

Пошук відбувається в два етапи. На першому етапі формується список вершин через, які теоретично може проходити оптимальний шлях. Так на рис. 4 виділяються вершини (3, 4, 5, 6, 11, 14), через які може проходити оптимальний шлях між вершинами 14 і 4.

На другому етапі за розробленим методом пошуку оптимального шляху між двома вершинами графа з урахуванням параметрів вершин та дуг графа відбувається пошуковий процес (рис. 5) на основі підграфа, що складається з вершин (3, 4, 5, 6, 11, 14).

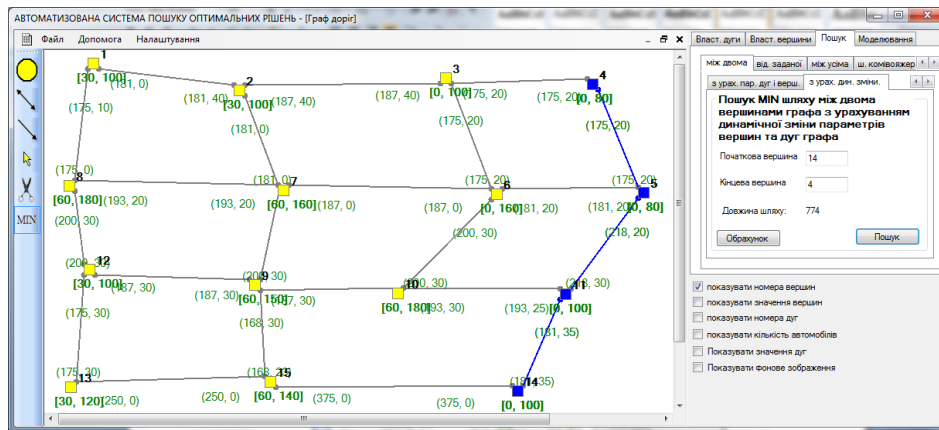


Рис. 5. Результат пошуку найкоротшого шляху між вершинами 14 і 4 з урахуванням динамічної зміни параметрів вершин та дуг графа

Крім того, в середовищі АСПОР реалізовано засоби моделювання ключових параметрів транспортної мережі, яку презентує дерево графа. Визначається розподіл автомобілів на кожному перехресті, з ідентифікацією кількості машин, які в'їжджають та виїжджають із зони перехрестя. Моделювання руху автотранспорту відбувається покроково. Вважається, що за один крок роботи алгоритму усі автомобілі встигають проїхати одне перехрестя.

Для прикладу розглянемо моделювання фрагменту транспортної мережі для всіх вхідних дуг графа: 7, 62, 63, 49, 27, коли кількість автомобілів, які в'їжджають у зону перехрестя, є рівною 100, 80, 70, 120, 56. Кількість автомобілів, які виїжджають, для всіх вихідних дуг є рівною 300 (рис. 6).

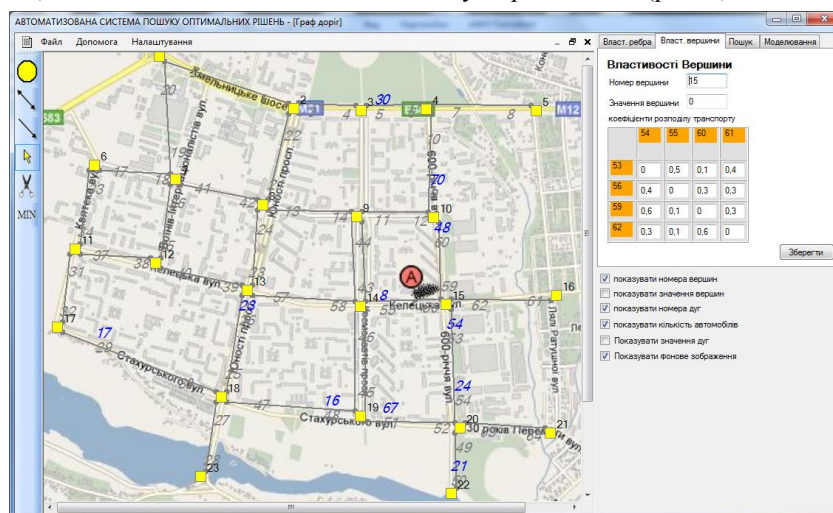


Рис. 6. Результат першого кроку роботи алгоритму моделювання фрагменту транспортної мережі

Ітераційний процес моделювання забезпечує усталення розподілу автомобілів у транспортній мережі (рис. 7). Показники ймовірнісного відхилення розподілу транспортних потоків на перехресті забезпечують

параметри встановленої зони нечутливості, що дозволяє стабілізацію мережевого розподілу транспортних потоків.

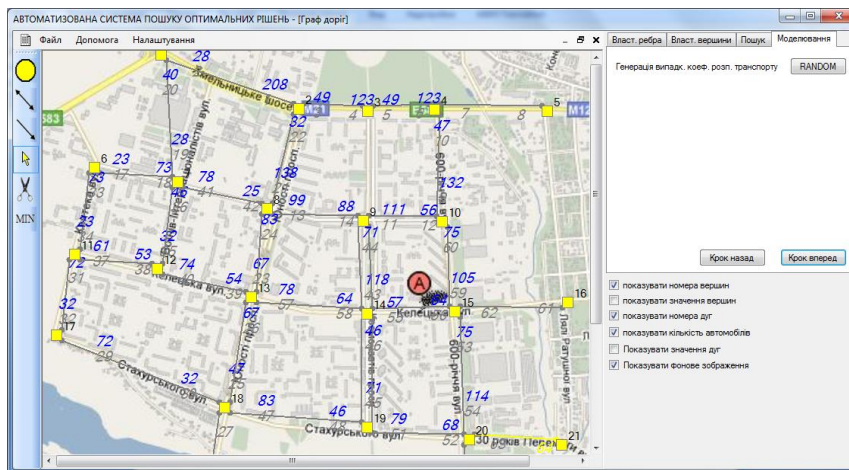


Рис. 7. Стабілізація розподілу автотранспортних потоків

Описані результати розглядаємо як вхідні дані задачі оптимізації транспортної мережі. Побудований граф презентує завантаженість кожної ділянки мережі у дискретні відліки часу. АСПОР здійснює аналіз параметрів графа, встановлює найзавантаженіші шляхи та оптимізує рух транспортних засобів на обраних маршрутах.

Результати моделювання дозволяють прогнозування завантаженості кожної ділянки транспортної мережі з урахуванням добової та річної зміни інтенсивності руху транспорту.

### Висновки

Розроблена автоматизована система пошуку оптимальних рішень призначена для вирішення широкого кола оптимізаційних задач, які можна звести до базових задач теорії графі. Автоматизована система дозволяє здійснювати пошук найкоротшого шляху між заданими вершинами графа з урахуванням його статичних та динамічних параметрів. Практичне значення запропонованої системи полягає в моделюванні та оптимізації транспортних потоків у мережі.

### Література

1. Воцинин А.П. Оптимизация в условиях неопределенности. / А.П. Воцинин, Г.Р. Сотиров. – М. : МСІ, 1999. – 224с.
2. Емеличев В.А. Многогранники, графы, оптимизация. / В.А. Емеличев, М.М. Ковалев. – М. : Наука, 1991. – 342с. – ISBN 5-900916-48-0.
3. Войтко В.В. Комбінований метод пошуку оптимальних рішень з використанням засобів теорії графів / В.В. Войтко, С.В. Бевз, С.М. Бурбело, О.В. Гавенко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – №2 (16). – 2008. – С. 67-70. – ISSN 1681-7893.
4. Оре О. Графы и их применение. / О. Оре. – М. : ЛКИ, 2001. – 350с. – ISBN 5-466-00113-9.
5. Харари Ф.О. Теория графов. / Ф.О. Харари. – Москва: Едиториал, 2006. – 300с. – ISBN 5-354-00301-6.