



KAPITEL 13 / CHAPTER 13.

DETERMINATION OF ROUTES IN THE COMPUTER NETWORK OF
RAILWAY TRANSPORT BASED ON ANT ALGORITHM

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРШРУТОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА
ВИЗНАЧЕННЯ МАРШРУТІВ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-039

Вступ.

Постановка проблеми. Сьогодні на залізничному транспорті України впроваджена інформаційно-телекомунікаційна система (ІТС), основу якої складають комп'ютерні мережі. Основним питанням при функціонуванні яких залишається організація маршрутизації, що досягається використанням протоколу OSPF, але реалізація якого в реальному часі викликає певні труднощі. Вирішення цього питання можливо при організації маршрутизації в комп'ютерних мережах ІТС залізничного транспорту на основі методів штучного інтелекту [10], що потребує проведення відповідних досліджень.

Аналіз наукових досліджень. У загальні пошуком оптимального маршруту в комп'ютерній мережі з використанням нейромережної технології займалися наступні вчені: Bastos-Filho C. J. A., Hopfield J. J., Oliveira A. L. I., Schuler W. H., Коваленко Т. А., Колесніков К. В., Павленко М. А., Штовба С. Д. та ін. Першу таку спробу здійснив Hopfield J. J. для розв'язання задачі комівояжера [15], пізніше для визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі використовувалась не тільки мережа Хопфілда [7, 12, 20], а також інші нейронні мережі [1-4, 16-19]. Павленко М. А. виконав аналіз можливостей нейронних мереж: мережі Хопфілда, багат шарового персептрону, мережі RBF в комп'ютерній мережі із п'яти маршрутизаторів [6]. Визначено, що найбільш перспективним є мережа Хопфілда, але необхідні дослідження передавальних функцій нейронів і функції енергії нейронної мережі [7]. У свою чергу, нечіткі нейронні мережі покликані поєднати в собі переваги нейронних мереж і систем нечіткого висновку, зокрема Коваленко Т. А. в роботі [2] здійснила визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі на основі нейронечіткої мережі, у якості результуючої характеристики взятий час проходження пакета маршрутом. Стосовно комп'ютерних мереж ІТС залізничного транспорту для організації маршрутизації авторами раніше проведені дослідження на основі багат шарового персептрону [17-18] та нейронечіткої мережі [19], але до



штучного інтелекту відносяться також мультиагентні методи інтелектуальної оптимізації. У роботах [4, 9, 11] пропонується рішення задачі маршрутизації в комп'ютерній мережі з використанням генетичного алгоритму, але вже відомо, що його використання потребує значного часу виконання [9].

Метою роботи є розробка методики визначення маршрутів у мережі ІТС залізничного транспорту на основі використання мурашиного алгоритму.

13.1. Постановка задачі

Розглянемо фрагмент комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту, що представлений на рис. 1.

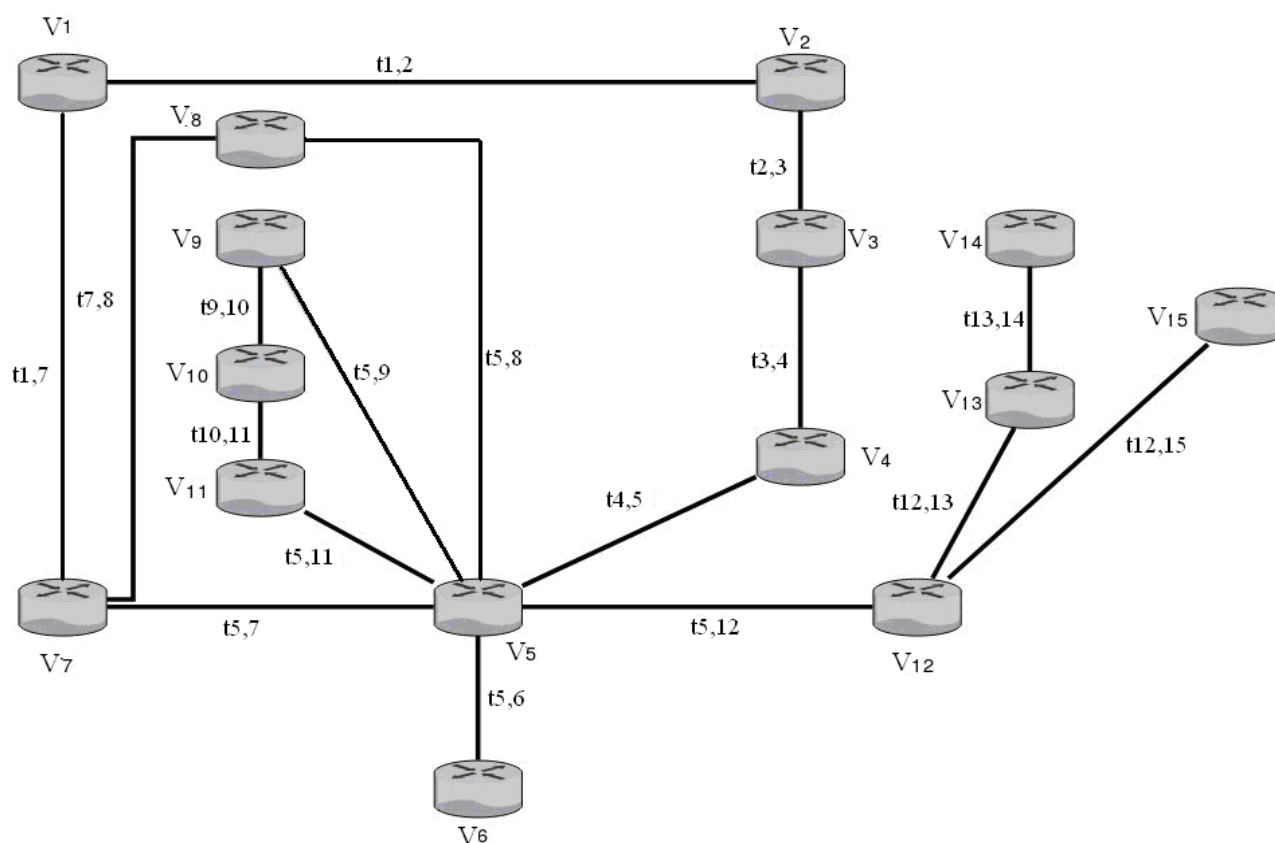


Рис. 1. Граф з'єднань маршрутизаторів комп'ютерної мережі ІТС

Авторська розробка

Мережу ІТС залізничного транспорту можна представити як зважений граф $G(V, W)$, де V – множина вершин графа, кількість яких дорівнює B ($B=15$), причому кожна вершина моделює собою вузол (маршрутизатор) мережі; W – множина ребер графа, кожне ребро моделює зв'язок між вузлами, кількість



ребер графа дорівнює M ($M=17$). Кожному ребру графа присвоєна певна вага t_{ij} . Оскільки час передачі по каналу мережі значно менший, то як вагу доцільно використати час затримки на маршрутизаторі під час передачі даних від i -го до j -го маршрутизатора комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту, мкс.

Необхідно визначити кістякове дерево комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту, тобто знайти такий граф $G'(V', W')$, де $V' \in V$ і $W' \in W$, крім того

$$\sum_{(i,j) \in W'} t_{i,j} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Побудова такого дерева корисна під час розповсюдження повідомлень, що адресовані всім вузлам мережі ІТС залізничного транспорту, наприклад, керівних повідомлень від основного вузла, тоді вага всього кістякового дерева – це вартість передачі повідомлення всім його вузлам.

13.2. Математичний апарат

У якості основного методу розв'язання задачі взято мурашиний алгоритм, автором якого є Марк Доріго [14]. Ймовірність переходу k -ї мурахи від i -го маршрутизатору до j -го маршрутизатору мережі ІТС залізничного транспорту на t -й ітерації розраховується за наступним правилом [13]:

$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha \times [\eta_{il}]^\beta}, & \text{якщо } j \in J_i^k \\ 0, & \text{якщо } j \notin J_i^k \end{cases}, \quad (2)$$

де $\tau_{ij}(t)$ – кількість феромону між маршрутизаторами комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту залишеного за час t ; $\eta_{ij}(t)$ – видимість, причому $\eta_{ij} = 1/D_{ij}$, де D_{ij} – відстань між маршрутизаторами i та j ; α і β – регульовані параметри, які є вагами інтенсивності сліду феромону та видимості.

Після завершення маршруту кожна мураха k відкладає на ребро (i, j) таку кількість феромону [13]:



$$\Delta \tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L^k(t)}, & \text{якщо } (i, j) \in T^k(t) \\ 0, & \text{якщо } (i, j) \notin T^k(t) \end{cases} \quad (3)$$

де $T^k(t)$ – маршрут, зроблений мурахою k на ітерації t ; $L^k(t)$ – його довжина.

Крім того, потрібно забезпечити випаровування феромону – це зменшення кількості відкладеного на попередніх ітераціях феромону. Інтенсивність випаровування феромону задається за допомогою коефіцієнта випаровування $\rho \in [0,1]$. Кінцеве правило оновлення феромону, яке стосується всіх ребер, приймає вигляд [13]:

$$\tau_{ij}(t+1) \leftarrow (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t), \quad (4)$$

де $\Delta\tau_{ij}(t) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t)$; m – кількість мурах в колонії.

У [5] проведені дослідження модифікацій (елітної стратегії та стратегії із ранжуванням) з класичним мурашиним алгоритмом, а також запропоновано стратегію королеви, до переваг якої відносяться: менша довжина шляху та кількості ітерацій; можливість визначення перенасичення графа агентами.

13.3. Загальна характеристика програмної моделі ACS_Queen

Програмна модель ACS (Ant Colony System), що написана на MatLAB для визначення в залізничній мережі маршрутів потягів [8], модифікована щодо визначення маршрутів повідомлень в комп'ютерній мережі ІТС з використанням стратегії королеви [5]. Загальна структура відповідної програмної моделі ACS_Queen представлена на рис. 2.

Початкові дані програмної моделі: кількість маршрутизаторів комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту – 15; затримки на маршрутизаторах; кількість мурах у колонії – 100; параметри мурашиного алгоритму ($\alpha=1$; $\beta=1$; $\rho=0.5$). У якості результату: побудова кістякового дерева мережі ІТС та його загальна вага (сумарна затримка на маршрутизаторах).

Апробація програмної моделі. Результат роботи програмної моделі ACS_Queen (рис. 3) співпадає з кістяковим деревом комп'ютерної мережі ІТС



залізничного транспорту, який побудований за алгоритмом Крускала при вказаних затримках на маршрутизаторах, та представлений на рис. 4 (вартість 15949 мкс), що доказує вірність роботи створеної програмної моделі.

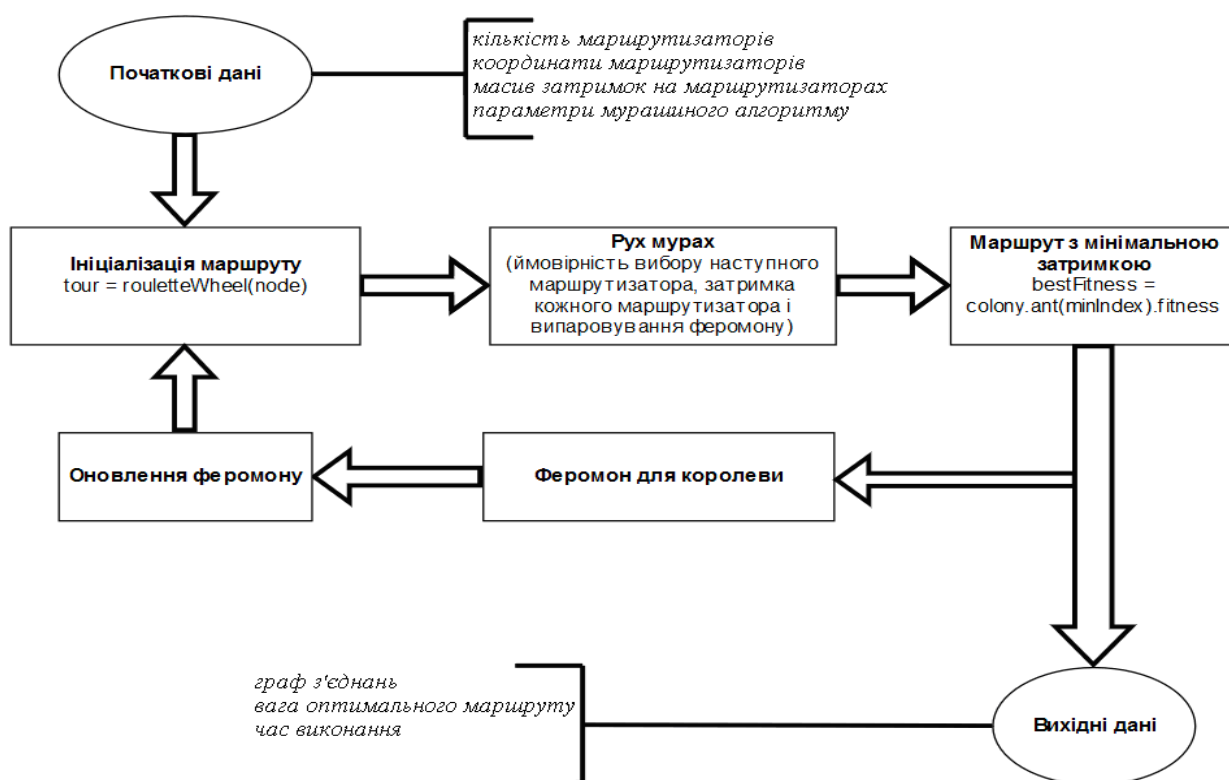


Рис. 2. Загальна структура програмної моделі ACS_Queen

Джерело [8] та його модифікація на основі використання [5]

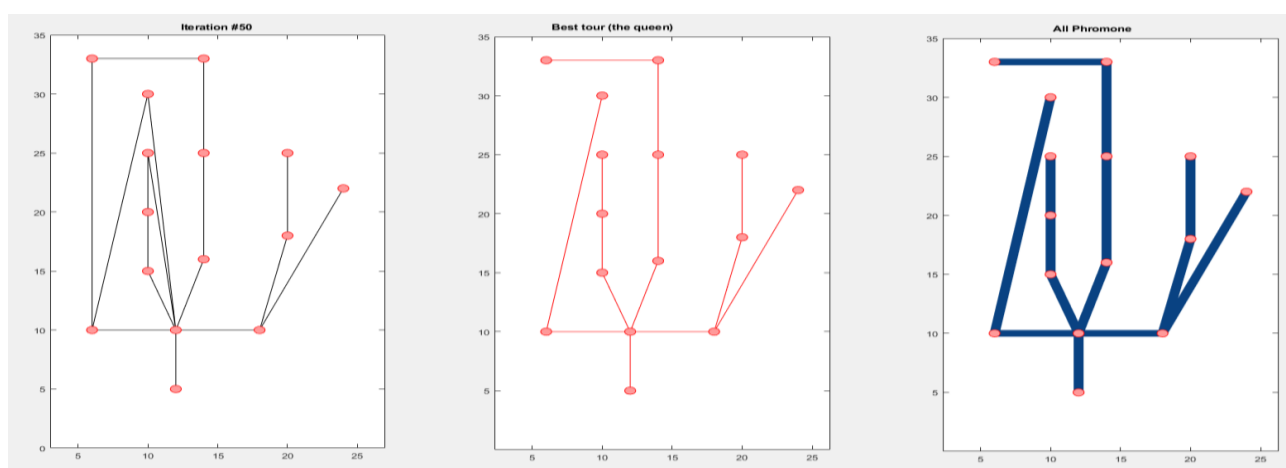


Рис. 3. Побудова кістякового дерева комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту на програмній моделі ACS_Queen

Джерело [8] та його модифікація на основі використання [5]

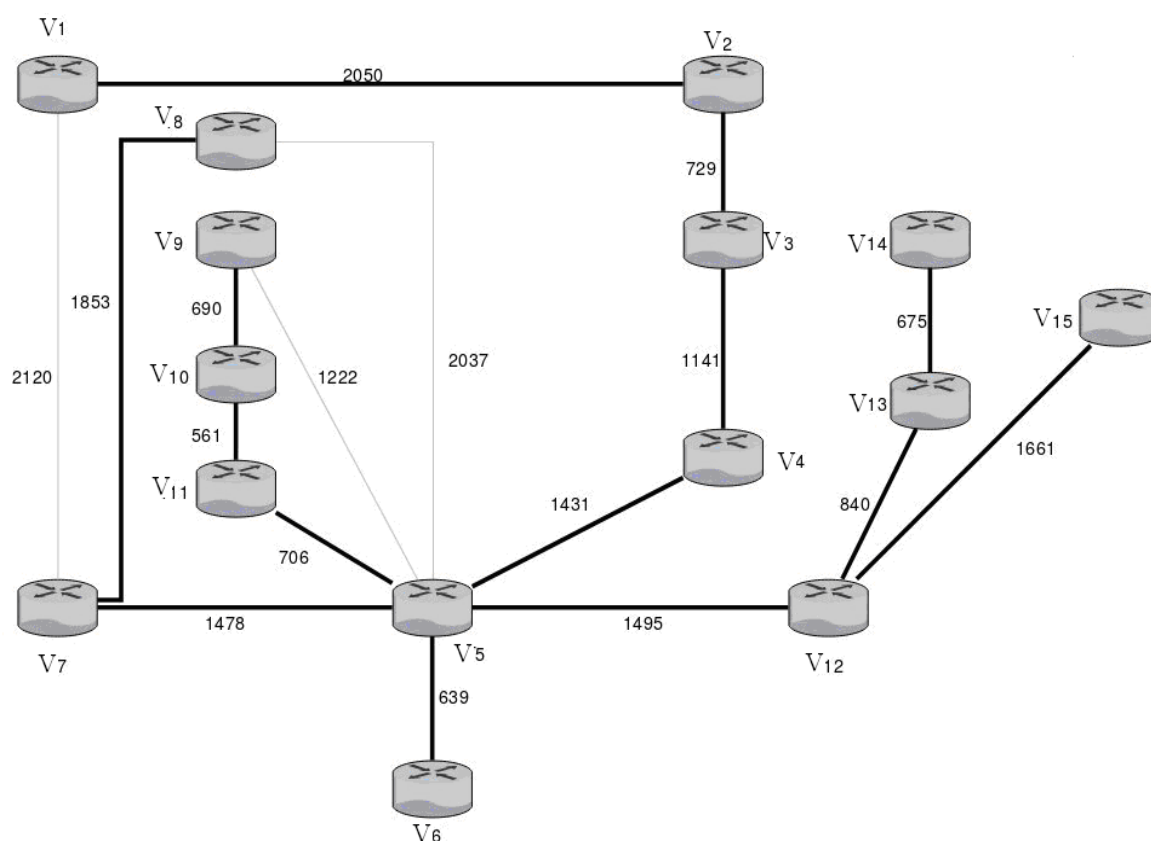


Рис. 4. Побудова кістякового дерева комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту за алгоритмом Крускала

Умовні позначення: відображення кістякового дерева напівжирною лінією; числові значення затримок в мкс

13.4. Результати дослідження

На програмній моделі ACS_Queen проведено дослідження побудови кістякового дерева комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту за ітераціями при різній кількості мурах (15, 50, 100, 150, 200) та різного значення коефіцієнту випаровування, у якості прикладів наведені рис. 5–6. Із рис. 5 видно, що час визначення кістякового дерева мережі ІТС (кількість ітерацій) залежить від кількості мурах у колонії: близькі результати отримані з використанням колоній із 100, 150 та 200 мурах на п'ятій ітерації при $\rho=0.5$, тобто достатньо мати колонію із 100 мурах. Із рис. 6 видно, що у даному випадку також достатньо мати колонію із 100 мурах, але оптимальне рішення досягнуто вже на четвертій ітерації при $\rho=0.2$, тобто зменшення значення коефіцієнту випаровування феромону призведе до меншої кількості ітерацій.

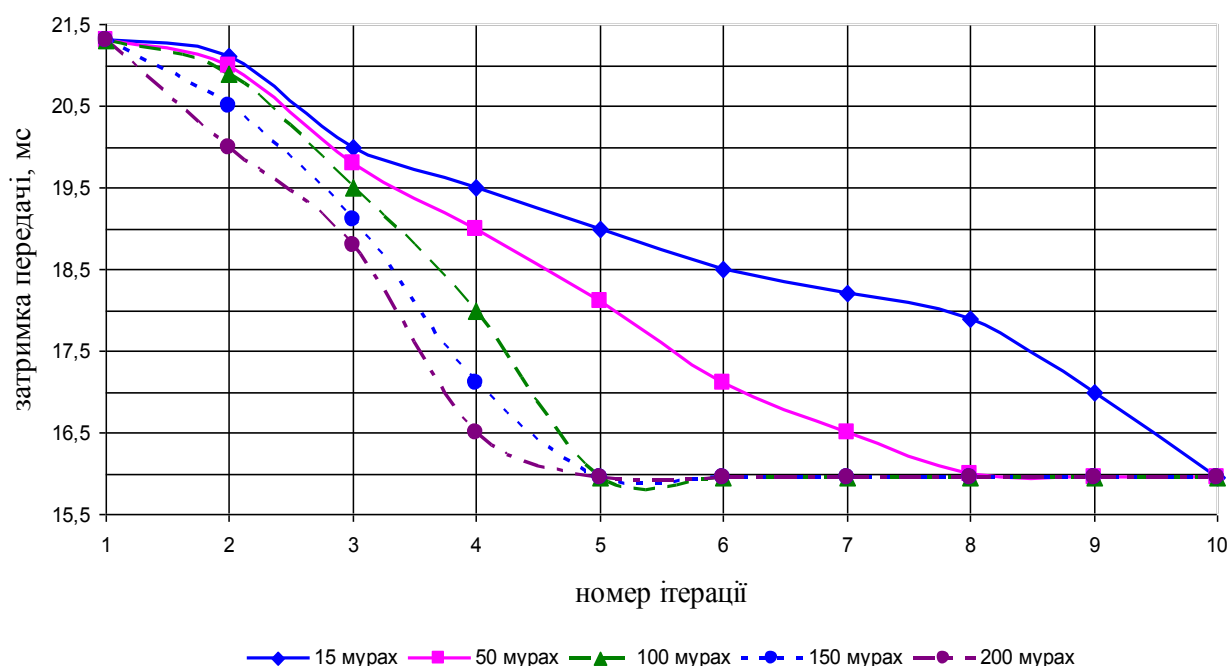


Рис. 5. Дослідження затримки передачі за ітераціями при $\rho=0.5$

Авторська розробка

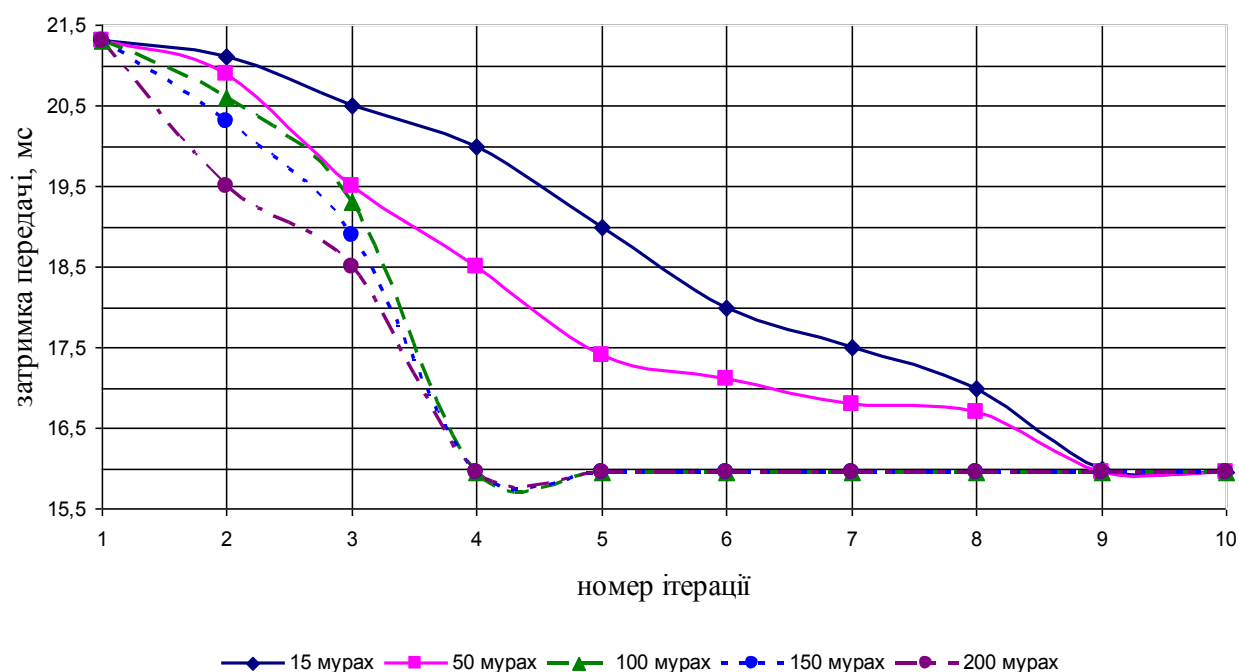


Рис. 6. Дослідження затримки передачі за ітераціями при $\rho=0.2$

Авторська розробка

Висновки

1. У [5] представлені результати дослідження класичного мурашиного алгоритму та його модифікацій: елітної стратегії; стратегії із ранжуванням; стратегії королеви, до переваг останньої відносяться: менша довжина шляху та кількості ітерацій, а також визначення перенасичення графа агентами.



2. Для визначення маршрутів передачі керівних повідомлень від основного вузла в комп'ютерній мережі ІТС залізничного транспорту модифікована (на основі використання стратегії королеви) програмна модель ACS для визначення в залізничній мережі маршрутів вантажних потягів, на вхід якої подаються: кількість маршрутизаторів комп'ютерної мережі; масив затримок на маршрутизаторах; параметри мурашиного алгоритму. Результат роботи відповідної програмної моделі ACS_Queen співпадає з кістяковим деревом мережі ІТС, який побудований за алгоритмом Крускала.

3. На програмній моделі ACS_Queen проведено дослідження затримки передачі за ітераціями при різній кількості мурах та різного значення коефіцієнту випаровування. Визначено, що для розглядаємого фрагменту ІТС залізничного транспорту достатньо мати колонію із 100 мурах та отримати кістякове дерево комп'ютерної мережі ІТС на п'ятій ітерації, але зменшення значення коефіцієнту випаровування призведе до меншої кількості ітерацій.

4. У [18] знайдені маршрути передачі керівних повідомлень в комп'ютерній мережі ІТС залізничного транспорту з використанням багаточарового персептрону, що потребує значного часу для його навчання, в зрівнянні з мурашиним алгоритмом. У подальшому доречно провести дослідження інших мультиагентних методів інтелектуальної оптимізації для визначення маршрутів у комп'ютерній мережі ІТС залізничного транспорту.