

УДК 656.027

*Т.В. БУТЬКО*, докт. техн. наук, проф., зав.каф., УкрДАЗТ, Харків  
*А.В. ПРОХОРЧЕНКО*, канд.техн.наук, ст. викл., УкрДАЗТ, Харків  
*Л.О. ПАРХОМЕНКО*, інж., УкрДАЗТ, Харків  
*І.В.КОПАНИЦЯ*, маг., УкрДАЗТ, Харків

## ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СИСТЕМИ ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ САМООРГАНІЗАЦІЇ

В роботі запропоновано теоретично обґрунтувати підходи щодо формування раціональної топології мережі швидкісних залізничних перевезень, які забезпечать підвищення економічної ефективності перевезення пасажирів швидкісними поїздами. Для рішення поставленої задачі розроблено математичну модель еволюційного розвитку транспортної системи на основі поєднання фізичної гравітаційної моделі для визначення кореспонденцій потоків пасажирів та методу системи мурашиних колоній для пошуку ефективного варіанту розвитку топології мережі.

**Ключові слова:** швидкісні залізничні перевезення, система мурашиних колоній, гравітаційна модель, топологія мережі

В работе предложено теоретически обосновать подходы к формированию рациональной топологии сети скоростных железнодорожных перевозок, которые обеспечат повышение эффективности перевозки пассажиров скоростными поездами. Для решения поставленной задачи разработана математическая модель эволюционного развития транспортной системы на основе сочетания физической гравитационной модели для определения корреспонденций потоков пассажиров и метода системы муравьиных колоний для поиска эффективного варианта развития топологии сети.

**Ключевые слова:** скоростные железнодорожные перевозки, система муравьиных колоний, гравитационная модель, топология сети

In this paper we propose a theoretical basis for rational approaches to the formation of the network topology of high-speed rail, which will provide improved high-speed passenger trains. To solve this problem a mathematical model of the evolutionary development of the transport system based on a combination of physical gravity model to determine the correspondence flow of passengers and the method of ant colonies to find effective ways of developing the network topology.

**Key words:** high-speed rail transport system, method ant colonies, the gravity model, network topology

### Вступ і актуальність задачі

Сучасне суспільство характеризується інтенсивними комунікаційними процесами. Забезпечення росту мобільності населення є одним із вирішальних факторів стратегії розвитку економіки країни. На даний час у сфері транспортного обслуговування підвищення швидкості руху на залізничному транспорті є одним із найбільш ефективних напрямків реалізації перевезень з мінімальними витратами, впливом на навколишнє середовище, необхідними комфортом, надійністю та безпекою.

В умовах діючих в Україні проектів впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів потребують теоретичного обґрунтування підходи щодо формування раціональної топології мережі швидкісних залізничних перевезень, які забезпечать підвищення економічної ефективності перевезення пасажирів швидкісними поїздами.

### **Аналіз останніх наукових і практичних досліджень**

Світовий досвід впровадження швидкісного та високошвидкісного руху пасажирських поїздів базується на двох напрямках розвитку, так званих, японському та французькому [1]. В першому варіанті розвиток топології мережі орієнтовано на високий попит, при якому реалізуються перевезення біля 100 000 пасажирів на день завдяки високій щільності населення та концентрації економічної діяльності уздовж залізничних ліній (Японія, Китай, Південна Корея, Тайвань). Другий варіант розвитку ґрунтується на мінімізації вартості, тобто орієнтований на більш низькі капітальні та експлуатаційні витрати (Франція, Німеччина). Останнім часом експерти підтверджують ефективність розвитку залізничних систем швидкісних перевезень в умовах високої щільності населення при забезпеченні мінімальних витрат на реалізацію та експлуатацію.

Теоретичні дослідження задачі моделювання розвитку залізничних систем найчастіше засновані на побудові оптимального плану перевезень при цьому передбачається, що мережа є керованою із центра. Однак дослідження [2] підтверджують, що розвиток транспортної мережі не є процесом централізованого рішення задачі оптимізації перевезень, а є результатом самоорганізації на основі попиту в перевезенні і розвитку вузлів мережі.

### **Постановка задачі дослідження**

Враховуючи вище зазначене в роботі для рішення задачі формалізації процесу розвитку залізничної системи швидкісних залізничних перевезень запропоновано розробити динамічну модель еволюційного розвитку транспортної системи на основі формування фізичної гравітаційної моделі розподілу потоків пасажирів між основними центрами їх зародження-погашення (ареолами мешкання населення).

### **Вирішення задачі**

Розробка моделі передбачає складання топологічної схеми, на якій залізнична мережа представляється у вигляді вузлів – залізничних станцій та дуг – залізничних ліній. Для опису дуг мережі представляється достатнім визначення наступних параметрів: кількість колій, режим функціонування (змішаний рух, переважно пасажирський, відокремлений швидкісний), розміри руху, тип графіку руху поїздів, тип системи інтервального регулювання рухом поїздів. Для характеристики вузлів залізничної мережі необхідно визначити обсяги утворення та поглинання потоків пасажирів у кожному вузлі; для кожного вузла (станції) мережі необхідно встановити існуючу результативну пропускну спроможність залізничного вокзалу.

Пропонований підхід до визначення кореспонденцій між усіма парами вузлів швидкісної залізничної мережі на кожному із етапів її розвитку заснований на гравітаційній моделі [3]. Згідно гравітаційної моделі кореспонденція з вузла  $i$  у вузол  $j$  залізничної мережі прогноуються за залежністю

$$H_{ij} = HO_i \frac{HP_j \cdot D_{ij} \cdot K_j}{\sum_{t=1}^n \sum_{t=1}^n HP_t \cdot D_{it} \cdot K_t}, \quad (1)$$

де  $H_{ij}$  – кореспонденція пасажирів з вузла  $i$  у вузол  $j$  мережі, пасажирів на добу;

$HO_i$  – кількість пасажирів відправлення у вузлі  $i$ , пасажирів на добу;

$HP_j$  – кількість пасажирів, що прибувають до вузла  $j$ , пасажирів на добу;

$D_{ij}$  – функція потенційної доступності районів тяжіння вузла  $i$  до вузла  $j$  залізничної мережі. Параметрами гравітаційного поля є тривалість подорожі, обсяги кореспонденцій, інтегровані витрати (капіталовкладення, експлуатаційні витрати та вартість пасажиро-години), вартість впливу на екологію зовнішнього середовища, рівень безпеки.

$K_i, K_j$  – балансувальні коефіцієнти;

Для пошуку раціональної топології мережі швидкісних залізничних перевезень в роботі запропоновано застосувати один із інтелектуальних мультиагентних методів оптимізації на основі системи мурашиних колоній (англ.: Ant Colony System, ACS) [4], які базуються на моделюванні поведінки колонії мурах.

Поставлена задача наглядно інтерпретується в термінах поведінки мурах при функціонуванні системи мурашиних колоній (ACS). Процедура ACS використовує колонію віртуальних мурах, що ведуть себе як кооперативні агенти в математичному просторі, у якому вони можуть шукати та підтверджувати знайдені шляхи (рішення) з метою пошуку єдиної мережі раціональних швидкісних сполучень пасажирських поїздів з визначенням технічних параметрів інфраструктури залізничних ліній та їх відповідність екологічним стандартам Європейського союзу. В основі системи мурашиних колоній лежить принцип функціонування мультиагентної системи, в якій може проявлятися самоорганізаційна та складна поведінка в умовах, коли стратегія поведінки кожного агента досить проста.

Сутність рішення поставленої задачі заснований на комбінаторному переборі варіантів з'єднання вершин мережі дугами з різними параметрами та обліком потенційного зростання потужності кореспонденцій пасажирів між вершинами за умови розвитку мережі в часі. Для виявлення системного ефекту пропонується критерій економічної оцінки розвитку залізничної мережі, який в неявному вигляді можна записати

$$F = \int_0^{t_{жк}} F(S(t), U(t)) dt \Rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $F$  – критерій якості функціонування системи, грн;

$t_{жк}$  – життєвий цикл системи залізничних швидкісних сполучень, роки;

$S(t)$  – стан системи, грн;

$U(t)$  – вектор управління процесом розвитку залізничної мережі.

В загальному вигляді запропонована процедура моделювання колективного інтелекту на основі системи мурашиних колоній дозволяє з позиції нових можливостей підійти до комплексного вирішення задач розвитку залізничної системи швидкісних перевезень на основі принципів самоорганізації.

Приклад роботи розробленої моделі ACS реалізований в середовищі Scilab [5]. Запропонована процедура системи мурашиних колоній з використанням гравітаційної моделі, дозволила знайти раціональну топологію мережі швидкісних пасажирських поїздів, що наведена рис.

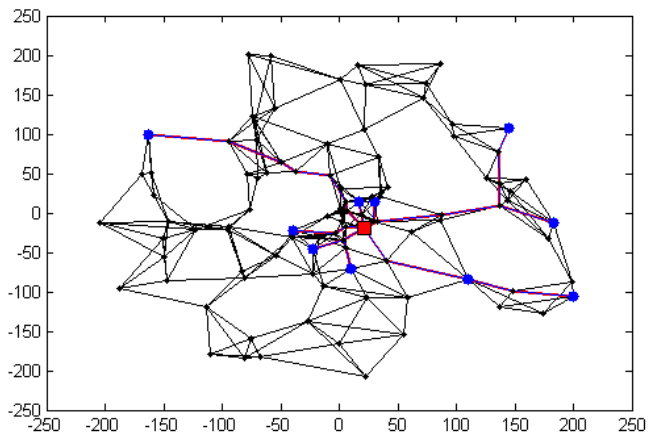


Рис. Граф залізничної мережі та раціональна топологія мережі швидкісних пасажирських поїздів

### Висновки

Аналіз результатів моделювання розвитку залізничної системи швидкісних перевезень дозволить дослідити ефективність впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України та визначити режими функціонування залізничних сполучень, розміри руху на кожному із етапів розвитку, тип графіку руху поїздів, технічні параметри інфраструктури та відповідність екологічним стандартам Європейського союзу. Це надасть можливість упорядкувати рішення експлуатаційних задач в межах стратегічного розвитку залізничної мережі, що дозволить підвищити точність та ефективність їх реалізації при здійсненні залізничних пасажирських перевезень.

**Список літератури:** 1.A Study of the development and issues concerning High Speed Rail (HSR) / Yong Sang LEE // Transport Studies Unit Oxford University Centre for the Environment January, - 2007.- №1020.- 19 p. 2.Taaffe, E.J. Geography of transportation/ Edward J. Taaffe // Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1973, - 226 p.3.Anderson, J.E. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation/ J.E. Anderson // AER, 1979. - 69(1). – P. 106-116 4.Dorigo, M. Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem / M. Dorigo, L.M. Gambardella// IEEE Trans. Evol. Comp, 1997. - № 1. – P. 53-66. 5.Campbell, S. Modeling and Simulation in Scilab/ S. Campbell // Scicos - New York: Springer, 2006.- 313 p.

*Поступила в редколлегию 06.11.2011*

**УДК 656.222.3**

**Т.В. БУТЬКО**, докт. техн. наук, проф., зав.каф. УкрДАЗ, Харків  
**А.В. ПРОХОРЧЕНКО**, канд.техн.наук, ст. викл.,УкрДАЗ, Харків  
**О.Е. ШАНДЕР**, маг, УкрДАЗ, Харків

### РОЗРОБКА ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ РОЯ ЧАСТОК

В роботі розглядаються питання щодо практичного використання нового методу в розробці плану формування пасажирських поїздів в дальньому та місцевому сполученнях з урахуванням