

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.

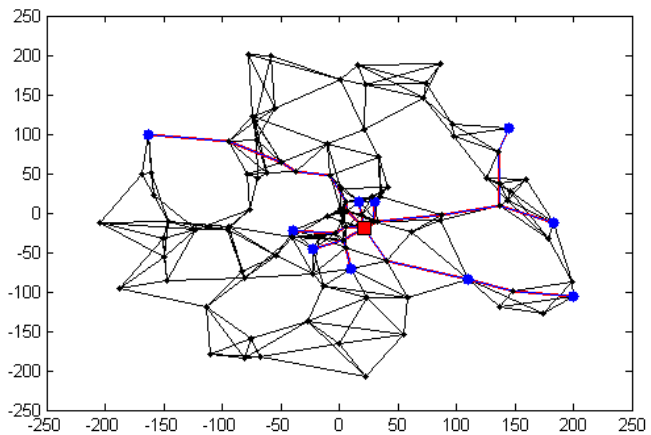


Рис. Граф залізничної мережі та раціональна топологія мережі швидкісних пасажирських поїздів

### 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

пересадок на залізничних вокзалах на основі методу рою часток, перевагою якого є швидкість знаходження рішення для транспортної мережі великої розмірності.

**Ключові слова:** пасажирські перевезення, моделювання пасажиропотоків, система рою часток, план формування пасажирських поїздів

В работе рассматриваются вопросы практического использования нового метода в разработке плана формирования поездов в дальнем и местном сообщениях с учетом пересадок на железнодорожных вокзалах на основе метода рою частиц, преимуществом которого является скорость нахождения решения для транспортной сети большой размерности.

**Ключевые слова:** пассажирские перевозки, моделирование пассажиропотоков, система рою частиц, план формирования поездов

This paper discusses the practical use of a new method to develop a plan of trains in the far field and in the light of transplants at the railway stations on the basis of a swarm of particles, the speed advantage is finding solutions to the transport network of high dimensionality.

**Key words:** passenger traffic, passenger traffic modeling, system swarm of particles, the plan of trains

## 1. Вступ і актуальність задачі

В умовах ринкової економіки посилюється конкуренція на ринку пасажирських перевезень [2] і за таких умов потребує вирішення задача щодо нових підходів в розробці плану формування пасажирських поїздів (ПФПП). Як показав аналіз в діючій технології розробки графіка руху пасажирських поїздів майже не враховуються варіанти проїзду пасажирів з пересадкою [3,4]. Ув'язка розкладів прибуття і відправлення поїздів для здійснення пересадки виконується тільки для незначної кількості поїздів. При запізненні пасажирського поїзда інформації у диспетчерського персоналу, що такий поїзд для пасажирів є погодженим, немає, а отже якщо пасажир не заявить про себе провіднику вагона (машиністу) і в свою чергу той поїзному диспетчеру ув'язки часу прибуття та затримки відправлення погодженого поїзда не відбудеться. За таких умов організації перевезень попит на подорож з пересадкою дуже низький і пасажирів надають перевагу проїзду у безпересадочному сполученні. Досвід європейських країн показує, що подорож з пересадкою є однією з найефективнішою і тому постає задача розрахунку ПФПП за допомогою математичних методів для всієї мережі з можливістю впровадження у виробництво, що дозволить раціонально формувати систему організації пасажирських перевезень.

## 2. Постановка задачі

Для вирішення питання, щодо визначення станцій пересадки пасажиропотоків та категорій пасажирських поїздів для яких слід передбачити в графіку руху ув'язку часу прибуття та відправлення запропоновано використати дослідження в області нових методів оптимізації. Проведеним аналізом було доведено, що попередні дослідження в напрямку вирішення поставленої задачі показали практичну складність рішення для полігону великої розмірності. Дана задача є задачею оптимізації розподілу потоків в багатопродуктових мережах, яка відноситься до NP-складних задач і носить комбінаторний характер.

Метод оптимізації на основі рою часток [6] довів, що даний метод на відмінність від симплекс методу та генетичного алгоритму досягає кращих результатів при рішенні задач великої розмірності за рахунок кращої швидкості

збіжності, якості рішення і стабільності процедури пошуку. При реалізації даного методу використовується парадигма агентно-орієнтованого програмування, що сприяє підвищенню продуктивності обчислень та спрощується програмна реалізація.

### 3. Вирішення задачі

Для рішення задачі розробки ПФПП для мережі великої розмірності в роботі запропоновано використати розроблену математичну модель [1]. Цільова функція даної моделі, що відбиває загальну вартість перевезень пасажирів з пересадками має вид

$$F_1 = \sum_r \left[ \sum_k c_k^{(t_{int}=1)} x_k^r + \sum_j b_j^E x_k^r \right] \rightarrow \min, \quad (1)$$

та обмеженнями

$$\sum_i x_{i,j}^r - \sum_k x_{j,k}^r = \begin{cases} -f_{st}, & \text{якщо } j = s, \\ 0, & \text{якщо } j \neq s, t, \\ f_{st}, & \text{якщо } j = t, \end{cases} \quad (2)$$

$$f_r = \sum_{l=1}^L f_k^{r,l}, \quad (3)$$

$$\sum_r |f_{r,k}| \leq y_k, \quad (4)$$

$$\sum_r x_{rj} \leq P_j, \quad (5)$$

де  $c_k$  – вартість перевезення одиниці потоку на  $k$ -му призначенні пасажирських поїздів, що курсують на момент розрахунку,  $t$  – інтервал стаціонарності в межах планового періоду  $T$ ;  $x_k^r$  – число пасажирів  $r$ -того потоку, що подорожують в поїзді  $k$ -ого призначення;  $b_j^E$  – вартість пересадки одиниці пасажиропотоку через пересадочний комплекс  $E_j$ ;  $f_{st}$  – величина інтенсивності пасажиропотоку із джерела  $E_s$  ( $s = \overline{1, q}$ ) у стік  $E_t$  ( $t = \overline{1, q'}$ ), що відповідає занумерованому  $r$ -тому потоку;  $f_k^{r,l}$  – доля потоку  $r$ , що прямує по дузі  $k$  (призначенні) за  $l$ -м маршрутом;  $y_k$  – число місць в поїздах  $k$ -того призначення;  $\sum_r x_{rj}$  – величина потоку, що проходить через  $j$ -й пересадочний комплекс,  $\sum_r x_{rj} = x_j$ , пас., за добу;  $P_j$  – максимальна пропускна здатність  $j$ -го пересадочного комплексу, пас., за добу.

Задано залізничну мережу у вигляді орієнтованого графу  $G'$ . Граф складається з 14 вершин та 29 ребер. Всі вершини графу знаходяться на умовному полігоні. Даний фізичний та логічний граф мережі показаний на рис. 1,2, а його вектор позиції частки буде мати вигляд

$$X_t^i = \underbrace{(x_1^{i1}, x_2^{i2}, x_3^{i3}, x_4^{i4}, x_5^{i5}, x_6^{i6}, x_7^{i7}, x_8^{i8}, x_9^{i9}, x_{10}^{i10}, x_{11}^{i11}, x_{12}^{i12}, x_{13}^{i13}, x_{14}^{i14}, x_{15}^{i15}, x_{16}^{i16}, x_{17}^{i17}, x_{18}^{i18}, x_{19}^{i19}, x_{20}^{i20}, x_{21}^{i21}, x_{22}^{i22}, x_{23}^{i23}, x_{24}^{i24}, x_{25}^{i25}, x_{26}^{i26}, x_{27}^{i27}, x_{28}^{i28})}_{1} \quad (6)$$

$$\underbrace{(x_{18}^{i29}, x_{19}^{i27}, x_{20}^{i25}, x_{21}^{i24}, x_{22}^{i22}, x_{23}^{i18}, x_{24}^{i16}, x_{25}^{i12}, x_{26}^{i11}, x_{27}^{i7}, x_{28}^{i8}, x_{18}^{i29}, x_{19}^{i27}, x_{20}^{i25}, x_{21}^{i24}, x_{22}^{i22}, x_{23}^{i18}, x_{24}^{i16}, x_{25}^{i12}, x_{26}^{i11}, x_{27}^{i7}, x_{28}^{i8})}_{2} \quad \underbrace{\phantom{(x_{18}^{i29}, x_{19}^{i27}, x_{20}^{i25}, x_{21}^{i24}, x_{22}^{i22}, x_{23}^{i18}, x_{24}^{i16}, x_{25}^{i12}, x_{26}^{i11}, x_{27}^{i7}, x_{28}^{i8})}}_{3}$$

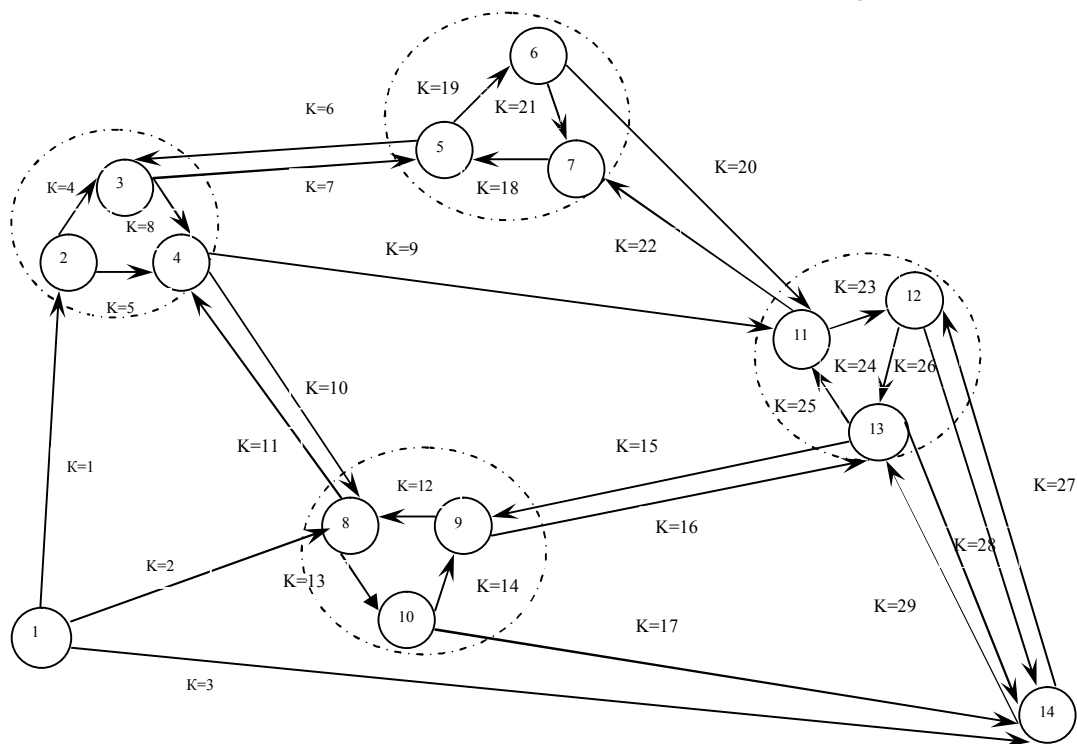
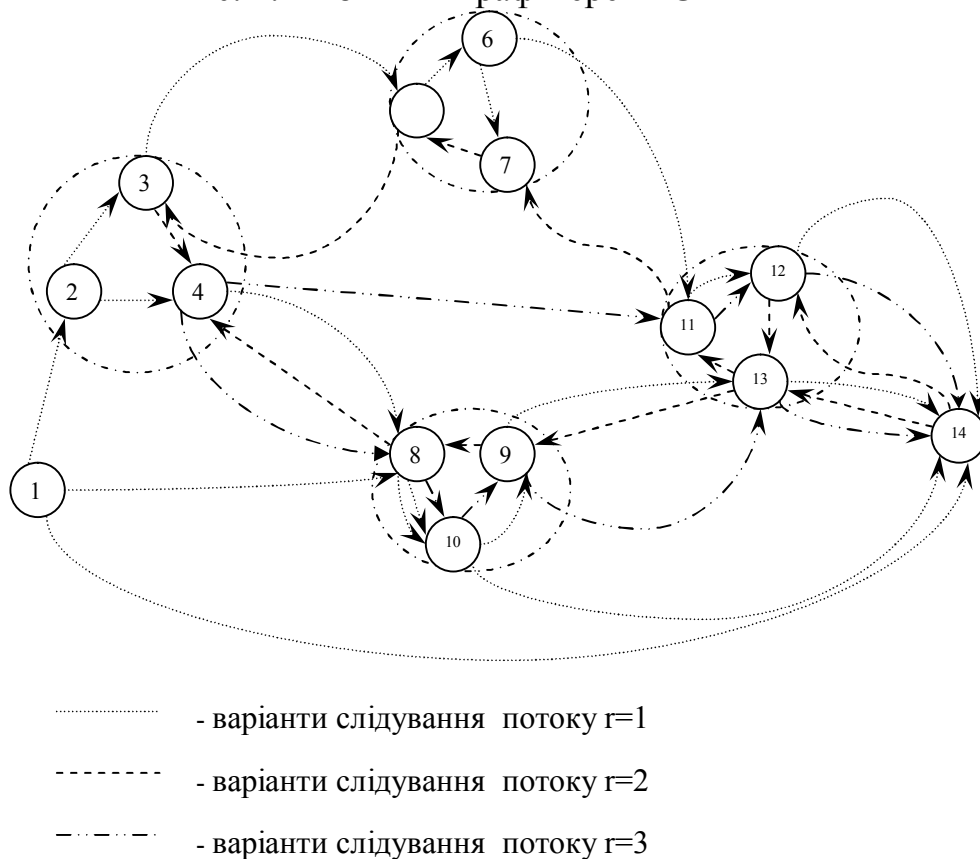


Рис. 1. Фізичний граф мережі  $G'$



- ..... - варіанти слідування потоку  $g=1$
- - варіанти слідування потоку  $g=2$
- ..... - варіанти слідування потоку  $g=3$

Рис. 2. Логічний граф мережі  $G'$



$$AX_t^i \leq y \text{ або } AX_t^i - y \leq 0,$$

де  $g(x) = AX_t^i - y$ . Тоді згідно (8) можна записати

$$h_1(x) = AX_t^i - y + |AX_t^i - y| = 0.$$

Обмеження рівності задачі в роботі запропоновано представити у вигляді

$$g(x) = 0 \Leftrightarrow |g(x)| = 0,$$

$$h_e(x) = |g(x)|. \quad (9)$$

Введемо до розгляду матрицю інцидентності орграфа  $A_{eq}$  розмірністю  $n \times K$  (вершини – дуги) кожний елемент якої  $a_{ik} = 1$ , якщо із вузла  $E_i$  виходить дуга  $k$ ;  $a_{ik} = -1$ , якщо у вузол  $E_i$  входить дуга  $k$ ;  $a_{ik} = 0$  у всіх інших випадках.

Позначимо через  $A_{eq}^{(st)}$  матрицю зі строками  $s$  та  $t$  матриці  $A_{eq}$ , а через  $A_{eq}^{(-st)}$  матриця з видаленими строками з номерами  $s$  і  $t$ . Для простоти сприйняття представимо вектор позиції частки у вигляді елементів, що відповідають  $r$ -тому потоку пасажирів в кожній дузі  $k$  мережі  $G'$

Тоді умову на збереження потоку у вузлах мережі можна записати як

$$g_2(x) = A_{eq}^{(-st)} X_r^i = 0,$$

$$h_2 = |g(x)| = |A_{eq}^{(-st)} X_r^i|.$$

Обмеження рівності на задані величини  $r$ -того потоку мають вид

$$g_3(x) = A_{eq}^{(s)} X_r^i = u_r \Leftrightarrow g_3(x) = A_{eq}^{(s)} X_r^i - u_r = 0,$$

тоді згідно (9) можна записати штрафну функцію у вигляді

$$h_3 = |g_3(x)| = |A_{eq}^{(s)} X_r^i - u_r|,$$

Інтереси групи та окремо кожної частки описуються цільовою функцією, що визначає стратегію розподілення пасажиропотоку по призначенням пасажирських поїздів. Для врахування вище наведених обмежень задачі (1-5) варіант розподілу пасажиропотоку по поїздам при рішенні основної задачі може бути оцінений на основі цільової функції безумовної мінімізації

$$f(X_t^i) = \text{sum} \left( AX_t^i \cdot C' \right) + \lambda H \rightarrow \min, \quad (10)$$

де  $(\cdot *)$  - оператор по елементного множення векторів стовбців;

$C$  – вектор, що описує вартість проходження потоку пасажирів через кожну дугу мережі, розмірність  $(1 \times K)$ . По суті відповідно до дуги кожний компонент вектора описує вартість проїзду одиниці пасажиропотоку або вартість пересадки через пересадочний комплекс, грн.;

$C = [10 \ 11 \ 40 \ 3 \ 3 \ 15 \ 15 \ 3 \ 25 \ 15 \ 15 \ 3 \ 3 \ 3 \ 20 \ 20 \ 35 \ 3 \ 3 \ 16 \ 3 \ 16 \ 3 \ 3 \ 3 \ 16 \ 16 \ 16 \ 16]$  розмірність  $(1 \times 29)$ ;

$C'$  – транспонована матриця із вектора строки у вектор стовбець;

$\lambda$  – параметр штрафної функції,  $\lambda > 0$ ;

$H$  – штрафна функція виду  $H = \text{sum}(h_1) + \text{sum}(h_2) + \text{sum}(h_3)$ ,

де  $\text{sum}(\ )$  – оператор поелементної суми кожного з векторів (дозволяє привести до одного значення величину штрафу для векторів різної розмірності)

$$h_1 = AX_t^i - y + |AX_t^i - y|,$$

$$h_2 = |Aeq^{(-st)} X_r^i|,$$

$$h_3 = |Aeq^{(st)} X_r^i - u_r|.$$

Результат рішення оптимізаційної задачі розподілу пасажиропотоку по поїздах з урахуванням пересадок для довільного фізичного графу мережі (рис. 1) та логічного графу (рис. 2) наведено на рисунку 3, а вектор позиції частки, що описує оптимальний варіант розподілу буде мати вигляд:

$$X_t^i = [0,53,37,0,0,0,0,53,22,22,31,0,0,0,0,0,22,17,3,3,13,13,13,7,7,7,13,13,17,8,8,8,8,17,17,8,],$$

при  $f(X_t^i) = 6484y.o.$

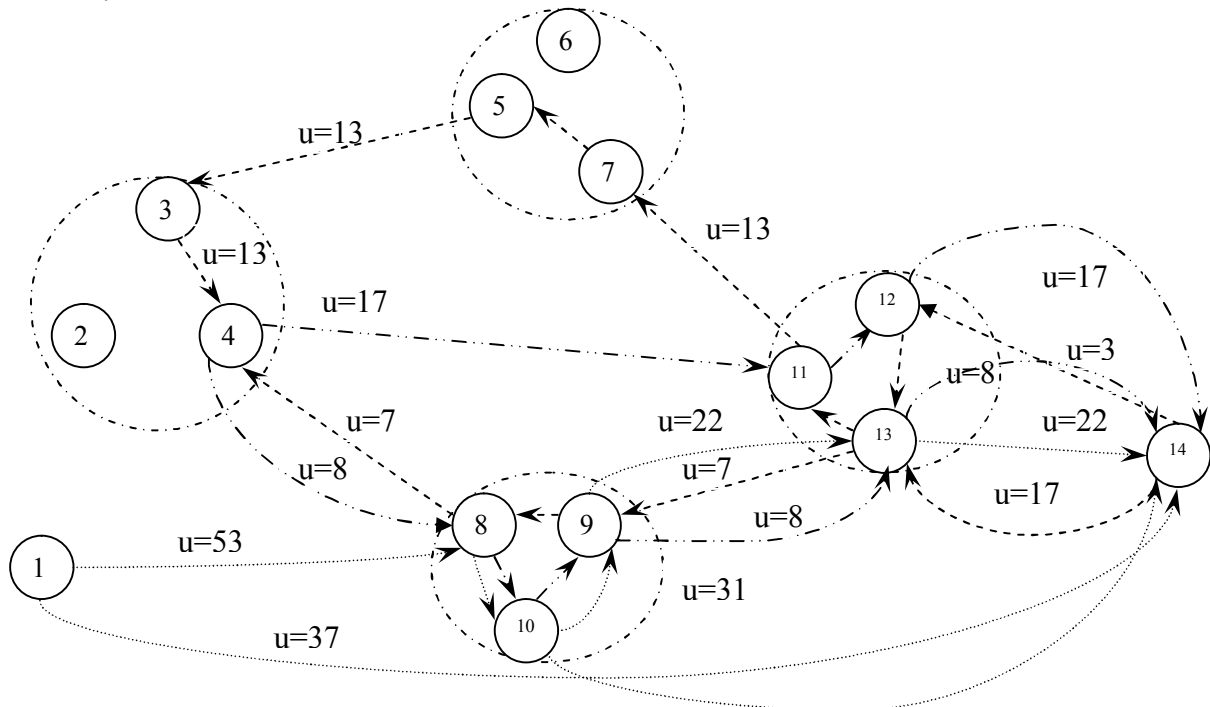


Рис. 3. Логічний граф мережі, що описує оптимальний варіант розподілу пасажиропотоків по поїздах

В межах практичної реалізації в середовищі Matlab було проведено розрахунки щодо моделювання розподілу пасажиропотоків по поїздах. Графік зміни цільової функції при знаходженні рішення задачі зображено на рис. 4. Ілюстрація процесу зміни позицій часток наведена на рис. 5.

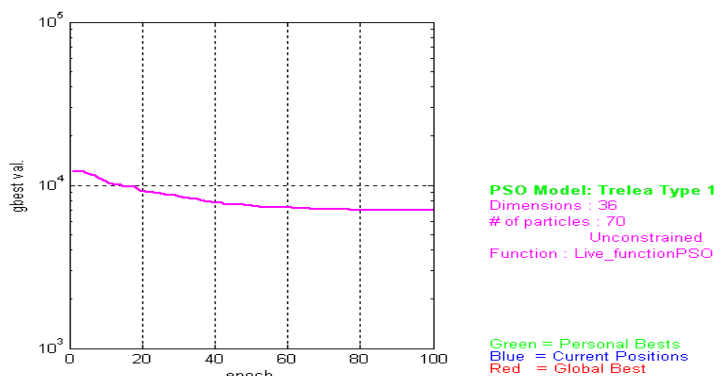


Рис. 4. Графік зміни цільової функції при знаходженні рішення задачі

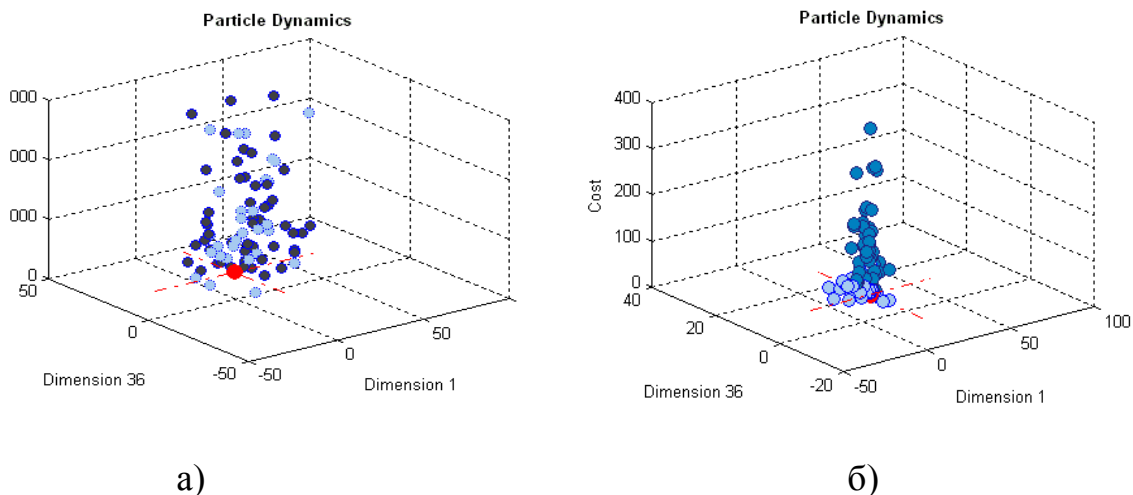


Рис. 5. Позиції часток рою в тривимірному просторі рішень на початку знаходження варіанту розподілу пасажиропотоків після 100 ітерацій роботи PSO системи (а) та на момент знайденого оптимального рішення після 700 ітерацій (б)

#### 4. Висновки

Проведений розрахунковий експеримент на мережі з 14 вершин при рішенні ПФПП з пересадками показав високу швидкість збіжності алгоритму PSO, що підтверджує перспективність та ефективність застосування даного методу у виробництві. За таких умов запропонований підхід щодо здійснення планування перевезень з урахуванням типових варіантів пересадки пасажиропотоків з використанням розрахункової моделі розподілу пасажиропотоків по поїздах на основі системи рою часток дасть змогу гнучко реагувати на умови коливання ринкового середовища і пріоритети споживачів, які постійно змінюються.

**Список літератури:** 1. *Бутько Т.В.* Моделювання розподілу пасажиропотоків по поїздах на основі колективного інтелекту / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, О.О. Журба // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2010. – N 2/4(44). – С. 44-47. 2. *Чернецкая Н.Б.* Перспективы развития железных дорог Украины при подготовке к Евро – 2012 / Н.Б. Чернецкая, Е.А. Горевая // Вагонный парк. – 2010. – №1 – С. 32–40. 3. *Кочнев Ф.П.* Пассажи́рские перевозки на железнодорожном транспорте : Учебник для вузрв ж.-д. транспорта / Ф.П. Кочнев – 6-е изд., перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1980. – 496 с. 4. *Пазойский Ю.О.* Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте / Ю.О. Пазойский, Ю. Рябуха, В.Г. Шубко. – М.: Транспорт, 1991. – 240 с. 5. *Ху Т.* - Целочисленное программирование и потоки в сетях /пер. с англ. М. Мир 1974г. 519 с. 6. *T.Krink, J.Vesterstrøm, and J.Riget,* Particle Swarm Optimization with Spatial Particle Extension, To appear in: Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, 2002 (CEC 2002).

*Поступила в редколлегию 06.11.2011*

**УДК 004.65(075.8)**

**Е.Е. ПОМОРЦЕВА**, канд. техн. наук, доцент, ХГЭУ, Харьков

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КУРСОВ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ЗНАНИЙ АБИТУРИЕНТОВ**

Розглянуті питання, що пов'язані з низьким рівнем знань з інформаційних технологій у студентів першого курсу. Використання для цих цілей курсів «Університетська освіта» та