

І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк

**Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ МЕТРОПОЛІТЕНОМ
М. ХАРКОВА**

Розглянуто питання прогнозування обсягів перевезень пасажирів метрополітеном м. Харкова з урахуванням впливу середовища. Визначено вплив зовнішнього середовища на стан ергономічної системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище», в якості якого прийнято виробництво валового внутрішнього продукту.

Ключові слова: прогнозування, еволюція, обсяги перевезень, середовище, валовий внутрішній продукт.

Рис 2. Табл 2. Форм 6. Літ 12

И.Э.Линник, А.В.Завальный, А.И.Буряк

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ МЕТРОПОЛИТЕНОМ
Г. ХАРЬКОВА**

Рассмотрен вопрос прогнозирования объемов перевозок пассажиров метрополитеном г. Харькова с учетом влияния среды. Определено влияние внешней среды на состояние эргономической системы «водитель – транспортное средство – транспортная сеть – среда», в качестве которой принято производство валового внутреннего продукта.

Ключевые слова: прогнозирование, эволюция, объемы перевозок, среда, валовой внутренний продукт.

I.Lynnyk, A.Zavalny, A.Buryak

FORECASTING TRAFFIC VOLUMES OF PASSENGERS UNDERGROUND CITY KHARKOV

The problem of forecasting traffic volumes of passengers underground city Kharkov with the influence of environment. For long-term prediction of the evolution of ergonomic systems taking into account the influence of the environment it is advisable to use the method of probabilistic modeling evolutionary Gavrillov. The influence of the environment on the state of ergonomic system "driver - vehicle - transportation network - environment", which is accepted as the gross domestic product. Our results demonstrated that the volume of the underground in the first cycle of evolution increases, but unstable, due to the influence of the environment. The second cycle has seen a rapid decline in traffic. The trend for this decline has been observed in the first cycle of evolution. By the end of the XXI century underground, as a form of transport, may end its existence. The above prediction of the evolution of the "driver - vehicle - transportation network - environment" in the open and closed states, taking into account the influence of the medium allows to establish the possibility of using the proposed scientific approach to solving problems of forecasting the evolution of complex systems ergonomic. One of the ways to develop the proposed research direction may be to foresee the evolution of ergonomic systems under the influence of not one, but several environmental factors with determining the effect of each factor on each other and all other components of ergonomic systems. While forecasting the evolution of the medium itself seems a separate area for further research.

Keywords: forecasting, evolution, volume of traffic, the environment, the gross domestic product.

1. Вступ

Дослідження, що освітлюються у цій статті, стосуються складання довгострокових прогнозів ергономічних систем. Зокрема потребують додаткових досліджень закономірності еволюції ергономічних систем з урахуванням впливу середовища, що в сучасних умовах є актуальним.

2. Аналіз літературних джерел і постановка проблеми

Багатьма вченими проводились дослідження ергономічних систем різного ґатунку: «людина – машина», «людина – техніка – середовище», «людина – автомобіль – дорога», «водій – автомобіль – дорога», «водій – автомобіль – дорога – середовище» тощо, які для прогнозування еволюції систем застосовували різноманітні методи еволюційного моделювання [1, 6 – 11]. Для прогнозування обсягів перевезень використовують наступні методи: екстраполяції, аналізу транспортних зв'язків, експертних оцінок, багатофакторного аналізу [4, 5]. Існуючі методи доволі успішно застосовуються з метою створення систем визначених властивостей: організованої структури і адаптивності. Але моделювання мислення людини не є найкращим підходом до прийняття обґрунтованих рішень у задачах прогнозування, класифікації, розпізнавання образів, автоматичного управління тощо. Також ці методи не використовують усіх можливостей ідей

©І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк

еволюційного моделювання. Крім цього, майже всі вони дають достатню точність прогнозування на незначний період часу (короткостроковий і середньостроковий прогноз); деякі моделі прогнозування мають жорстко фіксовану структуру; не достатньою мірою враховуються тенденції розвитку факторів; неможливість оцінити випадкові та ймовірнісні компоненти досліджуваних процесів.

Найбільш достовірні результати дає метод еволюційно-ймовірнісного прогнозування, запропонований Е. В. Гавриловим [5]. Згідно з цим методом будується ймовірнісна модель еволюції системи «людина – техніка – середовище», на основі якої оцінюються ймовірності переходу компонентів системи з фактичного у заданий стан. Але така модель потребує великої кількості спостережень, крім того, відсутній поділ технічних засобів окремо на транспортний засіб і транспортну мережу. Довгостроковий прогноз не дає достовірних результатів через неврахування в моделі змін, які відбуваються у конструкціях автомобілів, технічних характеристиках доріг, психофізіологічних характеристиках водія. Тобто не враховуються еволюційні процеси, що призводить до значних похибок у прогнозуванні. Але, незважаючи на недоліки, метод еволюційно-ймовірнісного прогнозування Гаврилова можливо застосовувати для довгострокового прогнозування системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» (ВТМС) з урахуванням впливу середовища на стан системи.

3. Прогнозування обсягів перевезень метрополітеном м. Харкова з урахуванням впливу зовнішнього середовища

3.1. Обсяги перевезень пасажирів метрополітеном з 1975 по 2013 рр.

При розбитті на лаги станів використано метод історичного аналізу розвитку метрополітену у м. Харкові. Динаміка загальних обсягів перевезень пасажирів метрополітеном [12] представлена на рис. 1.

Аналіз представленої динаміки показує, що зміни обсягів перевезень пасажирів носять хвилюподібний характер. Періоди зростання чи падіння обсягів перевезень чергуються з періодами їхньої стабілізації. У періоди стабілізації спостерігається зростання обсягів перевезень, закупівля нових локомотивів тощо. У періоди зростання реалізуються можливості цих змін. Тобто історичний розвиток включає етапи розвитку і етапи функціонування системи. Під функціонуванням розуміють процеси, що відбуваються у системі та навколишньому середовищі, й стабільно реалізують фіксовану мету. Система функціонує в закритому (замкнутому) стані, цілі її існування не змінюються. Розвитком називають те, що відбувається із системою при зміні її цілей. Розвиток відбувається в періоди відкритого (розімкнутого) стану системи і супроводжується її структурною та функціональною перебудовою. У процесі розвитку змінюються цілі існування системи.

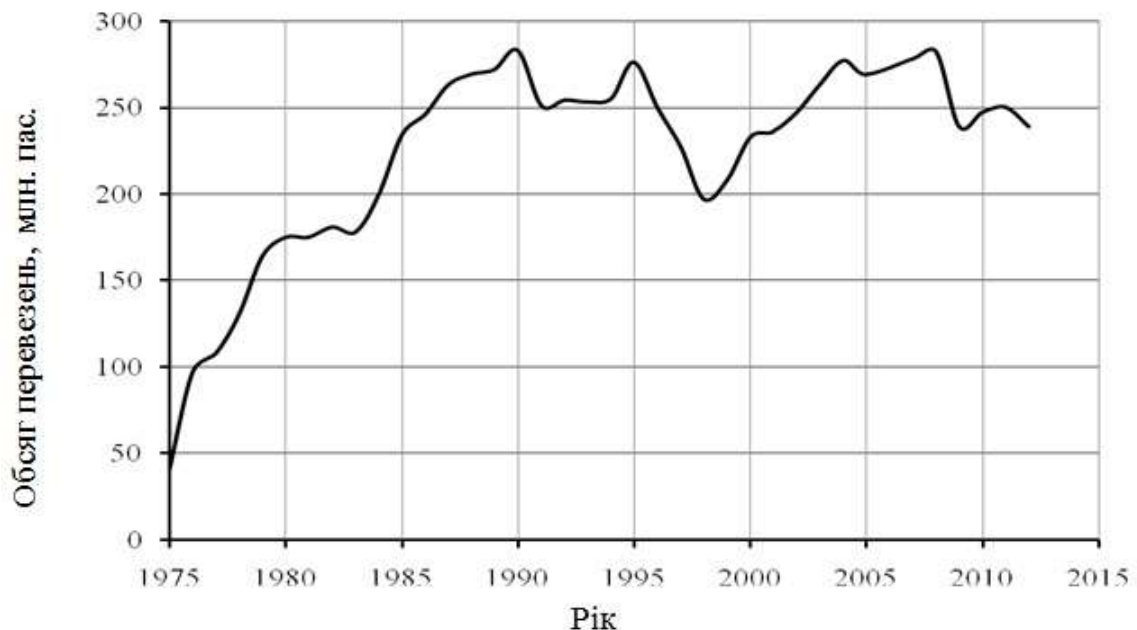


рис. 1. динаміка обсягів перевезень пасажирів метрополітеном м. харкова

Дослідивши історичні дані, можна виділити межі етапів еволюції обсягів перевезень пасажирів метрополітеном, як складової частини усього міського пасажирського транспорту м. Харкова. При розбитті на лаги станів необхідно враховувати загальносвітові та державні катаклізми, наслідком яких є збої ритму розвитку систем. До таких збоїв можна віднести:

- 1914–1917 роки – Перша світова війна;
- 1917– 1919 роки – революція і громадянська війна;
- 1925–1927 роки – депресія в економіці;
- 1941–1945 роки – Друга світова війна.

З урахуванням збоїв ритму чергування періодів замкнутого й розімкнутого станів у еволюції обсягів перевезень метрополітеном, як складової частини усього міського пасажирського транспорту м. Харкова представлені в табл. 1. Тривалість кожного з періодів показано в табл. 2.

Таблиця 1

Послідовність періодів замкнутого і розімкнутого станів у еволюції обсягів перевезень міським пасажирським транспортом у місті Харкові

| Етап еволюції | Стан системи | |
|---------------|--------------|-------------|
| | замкнутий | розімкнутий |
| I | 1890–1917 | 1917–1927 |
| | 1927–1939 | 1939–1955 |
| | 1955–1961 | 1961–1985 |
| II | 1985–1997 | 1997–2000 |
| | 2000–2006 | 2006–2012 |

Таблиця 2

Тривалість періодів замкнутого і розімкнутого станів у еволюції обсягів перевезень міським пасажирським транспортом у місті Харкові

| Етап еволюції | Стан системи | |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| | замкнутий | розімкнутий |
| I | 24 (3 роки – збій ритму) | 6 (4 роки – збій ритму) |
| | 12 | 12 (4 роки – збій ритму) |
| | 6 | 24 |
| II | 12 | 3 |
| | 6 | 6 |

3.2. Моделювання прогнозу обсягів перевезень

Рівняння динамічної рівноваги компонентів системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» в замкнутому стані можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned}
 \frac{d^2 V_B}{dt^2} + \left[\frac{\Phi_B}{C_B} + \frac{\Phi_C}{C_C} \right] \frac{dV_B}{dt} + \left[\frac{1}{C_B C_C} \cdot \frac{\partial Q_{BH}}{\partial P_C} \cdot \frac{\partial Q_{CH}}{\partial P_B} + \frac{\Phi_B \Phi_C}{C_B C_C} \right] V_B &= 0, \\
 \frac{d^2 V_T}{dt^2} + \left[\frac{\Phi_T}{C_T} + \frac{\Phi_M}{C_M} \right] \frac{dV_T}{dt} + \left[\frac{1}{C_T C_M} \cdot \frac{\partial Q_{TH}}{\partial P_M} \cdot \frac{\partial Q_{MH}}{\partial P_T} + \frac{\Phi_T \Phi_M}{C_T C_M} \right] V_T &= 0, \\
 \frac{d^2 V_M}{dt^2} + \left[\frac{\Phi_M}{C_M} + \frac{\Phi_T}{C_T} \right] \frac{dV_M}{dt} + \left[\frac{1}{C_M C_T} \cdot \frac{\partial Q_{MH}}{\partial P_T} \cdot \frac{\partial Q_{TH}}{\partial P_M} + \frac{\Phi_M \Phi_T}{C_M C_T} \right] V_M &= 0, \\
 \frac{d^2 V_C}{dt^2} + \left[\frac{\Phi_C}{C_C} + \frac{\Phi_B}{C_B} \right] \frac{dV_C}{dt} + \left[\frac{1}{C_C C_B} \cdot \frac{\partial Q_{CH}}{\partial P_B} \cdot \frac{\partial Q_{BH}}{\partial P_C} + \frac{\Phi_C \Phi_B}{C_C C_B} \right] V_C &= 0,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де V_B, V_T, V_M, V_C – швидкості зміни стану відповідно водія, транспортного засобу, транспортної мережі, середовища; $Q_{BH}, Q_{TH}, Q_{MH}, Q_{CH}$ – норми абсолютних організацій водія, транспортного засобу, транспортної мережі та середовища відповідно; C_B, C_T, C_M, C_C – організаційна ємність водія, транспортного засобу, транспортної мережі та середовища відповідно;

©І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Буряк

P_B, P_T, P_M, P_C – імовірності прийняття заданих станів відповідно водієм, транспортним засобом, транспортною мережею, середовищем; $\Phi_B, \Phi_T, \Phi_M, \Phi_C$ – чинники стабільності,

$$\Phi_i = \left(\frac{\partial Q_i}{\partial P_i} - \frac{\partial Q_{iH}}{\partial P_i} \right).$$

Рівняння динамічної рівноваги системи ВТМС у цілому:

$$\frac{dV_S}{dt} + V_S = \frac{1}{C_S} \left[\frac{\partial Q_{BH}}{\partial P_B} V_B + \frac{\partial Q_{BH}}{\partial P_C} V_C + \frac{\partial Q_{TH}}{\partial P_T} V_T + \frac{\partial Q_{TH}}{\partial P_M} V_M - \right. \\ \left. - \frac{\partial Q_{MH}}{\partial P_M} V_M - \frac{\partial Q_{MH}}{\partial P_T} V_T - \frac{\partial Q_{CH}}{\partial P_C} V_C - \frac{\partial Q_{CH}}{\partial P_B} V_B \right], \quad (2)$$

де V_S – швидкість зміни стану системи ВТМС; C_S – організаційна ємність системи ВТМС.

Розмикання системи ВТМС розширює її елементний склад за рахунок підключення до неї нової частини середовища, призначеної для асиміляції. У розімкненому стані рівняння динамічної рівноваги оцінюється за формулою:

$$V_B + V_C + V_S = V_{HC} - V_C. \quad (3)$$

де V_{HC} – швидкість зміни стану нової частини середовища.

3.3. Визначення впливу зовнішнього середовища

На кількість, напрями, дальність поїздок впливають доходи населення, які знаходяться в залежності від виробництва валового внутрішнього продукту (ВВП), тому в якості зовнішнього фактора (середовища) можна прийняти виробництво ВВП, що відображає ефективність функціонування економіки [3]. Тому далі необхідно визначити вплив зовнішнього середовища на прогнозування обсягів перевезень пасажирів метрополітеном. Для цього визначаємо ймовірності прийняття заданого стану середовищем у різні періоди існування системи ВТМС.

У період з 1985 по 1997 рр. система знаходиться у замкнутому стані. Ймовірність прийняття середовищем заданого стану оцінюється за формулою

$$P_C^{BVP} = 0,0397(0,5t_3)^2 - 0,04405t_3 + 0,04863, \quad (4)$$

де t_3 – заданий час.

З 1997 по 2000 і з 2006 по 2012 роки система ВТМС знаходиться у розімкненому стані і ймовірність прийняття заданого стану середовищем визначається так:

$$P_C^{BVP} = 1 - e^{-1,565t_3}. \quad (5)$$

З 2000 по 2006 роки система знаходиться у замкнутому стані, ймовірність прийняття середовищем заданого стану матиме вигляд

$$P_C^{BVP} = 0,1052(0,5t_3)^2 - 0,0048t_3 + 0,0006. \quad (6)$$

4. Результати досліджень

Прогноз обсягів перевезень пасажирів метрополітеном м. Харкова у різні періоди існування системи ВТМС представлено на рис. 2.

Як видно з рис. 2, обсяги перевезень метрополітеном на першому циклі еволюції зростають, але нестабільно, що пов'язано з впливом середовища. На другому циклі спостерігається стрімкий спад обсягів перевезень. Тенденція такого спаду спостерігається вже наприкінці першого циклу еволюції. До кінця XXI століття метрополітен, як вид міського транспорту, може закінчити своє існування.

Пояснити такий процес можна, по-перше, поступовим зростанням рівня автомобілізації. Як показано у попередніх дослідженнях [2], у світі співвідношення кількості поїздок на особистому транспорті до кількості поїздок на міському масовому пасажирському транспорті складає 4:1 (5:1). В Україні, навпаки, 1:4 (1:5), тобто в Україні спостерігається тенденція використання переважно міського пасажирського транспорту в найкрупніших містах. На сьогодні рівень автомобілізації в м. Харкові у порівнянні з 1991 р. зріс у 2,1 рази та становить близько 145 авт./1000 мешк. До 2070 р. передбачається його зростання до 500 авт./1000 мешк. По-друге, на зміну старим видам міського пасажирського транспорту приходять нові, з новими видами двигуна, з використанням інших видів палива тощо.



Рис. 2. Прогноз обсягів перевезень пасажирів метрополітеном у м. Харкові

5. Висновки

Наведене прогнозування еволюції системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» у замкнутому й розімкнутому станах з урахуванням впливу середовища дозволяє констатувати можливість використання запропонованого наукового підходу до вирішення проблем прогнозування еволюції складних ергономічних систем. Одним із шляхів розвитку запропонованого напрямку дослідження може бути прогнозування еволюції ергономічних систем при впливі не одного, а декількох факторів середовища шляхом визначення впливу кожного з факторів на другий і на всі інші компоненти ергономічних систем. При цьому прогнозування еволюції власне середовища представляється окремим напрямком подальших досліджень.

1. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : справочник / [В. У. Рэнкин, П. К. Клафи, С. Халберт и др.]; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
2. Бурко Д. Л. Порівняльний аналіз рівня автомобілізації в Україні та країнах Євросоюзу // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Транспортні проблеми найбільших міст». – Х., 2012. – С. 60–61.
3. Гольц Г. А. Магистральные грузовые перевозки и валовый внутренний продукт: историометрическое исследование для прогнозных целей / Гольц Г. А. // Проблемы прогнозирования. – 2009. – № 2. – С. 151 – 157.
4. Доля В. К. Організація пасажирських перевезень у містах / В. К. Доля – Х. : Нове слово, 2002. – 140 с.
5. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог / [Григорьев М. А., Гаврилов Э. В., Григорова Т. М., Доля В. К.]. – Херсон : Надднепряночка, 2006. – 192 с.
6. Пуарье Д. Эконометрия структурных изменений / Д. Пуарье. – М. : Финансы и статистика, 1981. – 183 с.
7. Рабочая книга по прогнозированию / [Араб-Оглы Э. А., Бестужев-Лада И. В., Гаврилов Н. Ф. и др.]. – М. : Мысль, 1982. – 430 с.
8. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч; [пер. с англ.]. – М. : Прогресс, 1970. – 568 с.
9. Barrel Y. The rate of technical progress the "Indianapolis 500" / Y. Barrel // Journal of Economic Theory. – 1972. – 4. – P. 72–81.
10. Croney D. O. The design and performance of road pavements / D. O. Croney. – London: Her Majestys station nery of-fice, 1977. – 673 p.
11. Felner W. Specific interpretation of learning by doing / W. Felner // Journal of Economic Theory. – 1969. – 1.– P. 119–140.
12. Харьков транспортный. Метро. Статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gortransport.kharkov.ua/subway/statistics/>.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014.

©І.Е.Линник, О.В.Завальний, А.І.Бурак