

АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ОСВОЄННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МАРШРУТАХ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ МІСТ

Левтеров А. І., проф. каф. інформатики та прикладної математики ХНАДУ,
Козачок Л. М., ст.. викладач каф. Інформатики та прикладної математики
ХНАДУ.

Анотація: проведено огляд відомих методів та принципів застосування певних груп методів для вирішення задачі організації роботи на маршруті громадського міського транспорту, а саме для розподілу змін роботи транспортних засобів по перевезенню пасажирів, застосовано ці методи для обстеження пасажиропотоків, що стало вхідними даними для моделювання та прогнозування об'ємів перевезень на маршрутах.

Ключові слова: транспортні системи міст, часові ряди, математичне моделювання, технологічні процеси, інформаційні технології, комп'ютерні системи.

Введення.

У ході розгляду різноманітних підходів до поліпшення роботи пасажирського транспорту у містах та методів, спрямованих на це, звернемо увагу на відповідні варіанти удосконалення управління перевезеннями пасажирів на маршрутах. У якості таких регуляторів можуть бути використані наступні показники: зменшення інтервалів між виходами на маршрут для виконання перевезень конкретними транспортними засобами, розробка розкладів, які враховують удосконалення якості роботи на маршруті, залучення інших видів транспортних засобів з певною пасажиромісткістю. Коректування та створення нових графіків роботи маршруту, нових розкладів обслуговування пасажирів транспортними засобами рухомого складу також мають спиратися на змінення інтервалів руху на маршруті, на змінення часу початку та закінчення роботи по перевезенню пасажирів [2]. Велике значення у цих розробках набуває урахування змін пасажиропотоку на маршруті та дослідження побудованої за необхідними об'ємами перевезень епюри інтенсивності пасажиропотоку та кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті [4].

Таким чином, побудова розкладів, що спираються на змінення часу роботи транспортних засобів на маршруті в залежності від кількості пасажирів, які використовують автобусний пасажирський транспорт в певні періоди часу та на певних ділянках є перспективним напрямком розвитку методів управління та врегулювання роботи маршрутів транспортних систем міст.

В багатьох наукових роботах також останнього часу надані розробки нових ефективних методів та інструментів управління пасажирськими перевезеннями, які спрямовані на мінімізацію часу обслуговування, досягнення максимального показника задоволення потреб пасажирів у транспорті на необхідних, економічно активних ділянках транспортної мережі міста та на мінімізацію затрат при використанні транспортних засобів на маршруті, тобто і на енергозбереження ресурсів економіки міст [1].

Провівши огляд відомих методів та принципів застосування певних груп методів для вирішення різних видів задач, для вирішення задачі організації роботи на маршруті, а саме для розподілу змін роботи транспортних засобів по перевезенню пасажирів я зупинила свій вибір на рахувально-табличному методі обстеження пасажиропотоків.

Розклад роботи автобусів на маршруті по обслуговуванню пасажирів.

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_N\}$ – розклад, який являє собою та надає проміжки часу обслуговування. Мається на увазі обслуговування пасажирів на маршруті певним автобусом при чому z_N є моментом часу відправлення на маршрут N -го автобусу, який відраховується від моменту часу виходу першого автобусу на маршрут. Також час початку та закінчення обслуговування пасажирів на маршруті z_1 та z_N задані спочатку, де N – кількість автобусів, працюючих на маршруті.

Знаходження значень змінних, які будуть рішенням задачі.

$t \in T$ є значеннями, що належать скінченій множині усіх значень інтервалів часу та являють собою проміжки часу, що проходять між двома послідовними зупинками автобусу:

$$t_1 < t_2 < \dots < t_M, |T| = M, t_{i+1} - t_i = 1, \forall i = \overline{1, M-1}.$$

Множина зупинок на маршруті.

Припустимо, що кількість пасажирів, які обслуговуються за інтервали часу $t_i, i = \overline{1, M}$, розподілена рівномірно. Множину зупинок позначимо $b_j \in \{b_1, b_2, \dots, b_J\}, j = \overline{1, J}$.

Максимальна пасажиромісткість являє собою максимальну кількість пасажирів, яка перевозиться одним автобусом, та позначається $p_i, i = \overline{1, N}$. Також для розгляду завдань можна використовувати поняття бажаної пасажиромісткості, яке було введено Ceder A. [2].

Тобто для вивчення роботи по обслуговуванню на маршруті системи міського пасажирського транспорту та постановці задачі оптимізації вводяться умови з системи обмежень у певному часовому стані $\omega \in \Omega$ на певному часовому етапі $q \in Q$ та у певному проміжку часу $t \in T$.

Основною задачею згладжування часового ряду є отримання ряду з найменшим випадковим розкиданням рівнів, що дозволяє на основі візуального аналізу зробити висновок щодо наявності тренду та його характерним особливостям. Суть згладжування полягає у заміні фактичних рівнів часового ряду розрахунковими рівнями, які представляють собою середні значення, та схильні до коливань. Це сприяє найбільш чіткому проявленню розвитку тренду.

При побудові однопараметричної моделі, яка є лінійною та використовує експоненціальне згладжування коефіцієнтів, оцінки коефіцієнтів знаходяться за наступними формулами:

$$a_0(t) = a_0(t-1) + a_1(t-1) + (1-\beta)^2 e(t)$$

$$a_1(t) = a_1(t-1) + (1-\beta)^2 e(t),$$

це однопараметрична модель з параметром β .

При побудові двопараметричної моделі оцінки коефіцієнтів знаходяться за наступними формулами:

$$a_0(t) = \alpha_1 y(t) + (1-\alpha_1)(a_0(t-1) + a_1(t-1))$$

$$a_1(t) = \alpha_2 (a_0(t) - a_0(t-1)) + (1-\alpha_2) a_1(t-1)$$

це двопараметрична модель з параметрами α_1 та α_2 .

Моделювання об'єму перевезень на маршруті громадського пасажирського транспорту.

Проведемо моделювання часового ряду значень пасажиропотоку за двопараметричною моделлю. Ми отримаємо згладжуваний ряд за процедурою експоненціального згладжування, значення якого будуть наближені до даного ряду

значень пасажиропотоку, отриманого при обстеженні маршруту, при цьому згладжувальний ряд буде мати тенденцію (тренд) – основну складову, таку ж, як у вхідного ряду.

Далі записана функція від чотирьох параметрів ($m=4$), сума квадратів відхилень значень ряду за моделлю та вхідних значень ряду початкової вибірки, отриманої методами обстеження пасажиропотоку.

Мінімізуючи цю функцію отримаємо початкові значення параметрів моделі:

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ Y \\ T \end{pmatrix} := \text{Minimize}(R, \alpha, \beta, Y, T) \quad \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ Y \\ T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.427 \\ 4.3 \times 10^3 \\ 10.083 \end{pmatrix}$$

$$R(\alpha, \beta, Y, T) = 2.669 \times 10^3$$

Згладжування значень ряду для знаходження основної тенденції (тренду) за допомогою адаптивного алгоритмічного моделювання з двома параметрами, початкові значення яких ми знайшли вище, виходячи з того, щоб сума квадратів відхилень була найменшою, буде виконуватись наступним чином.

Початкові значення моделі згладжування:

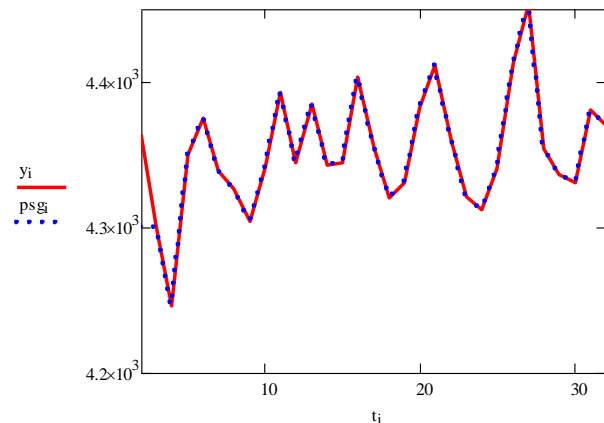
$$T := 10.083 \quad Y := 4300$$

Початкові значення параметрів моделі:

$$\alpha := 0 \quad \beta := 0.427$$

За допомогою системи комп'ютерної математики Mathcad ми запрограмували обчислення згладжених значень часового ряду та побудували графік спостережувальних y_i та згладжених psg_i рівнів ряду залежно від часу.

$$psg_i := \begin{cases} psg_1 \leftarrow Y \\ \text{for } i \in 1..isg-1 \\ \quad \begin{cases} psg_{i+1} \leftarrow \alpha \cdot (psg_i + T_i) + (1 - \alpha) \cdot y_{i+1} \\ T_{i+1} \leftarrow (1 - \beta) \cdot (psg_{i+1} - psg_i) + \beta \cdot T_i \end{cases} \\ psg_i \end{cases}$$

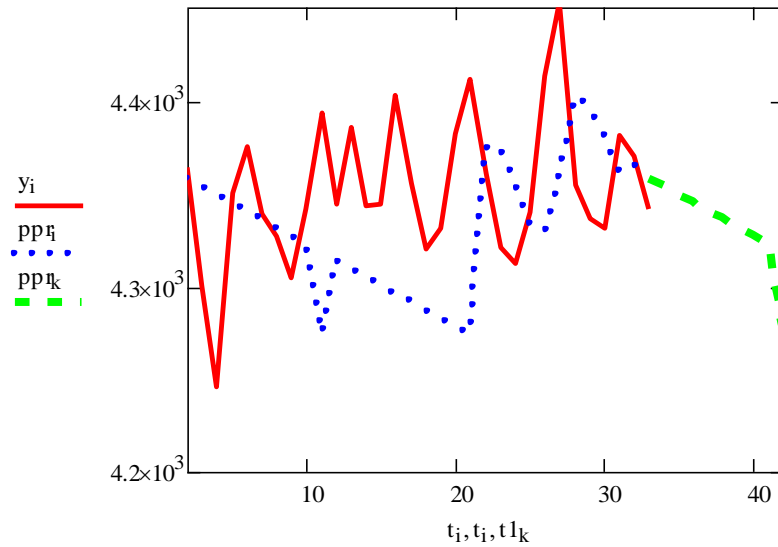


Ми провели навчання моделі, що створюється, з її пристосуванням до досліджуваних значень за методом двопараметричного адаптивного алгоритмічного моделювання для знаходження коефіцієнтів моделі a_0 та a_1 та подальшого прогнозування значень досліджуваної величини. По першим п'яти точкам залежності спостережувальних значень від часу, використовуючи метод найменших квадратів знаходимо початкові значення коефіцієнтів, як коефіцієнтів рівняння апроксимуючої прямої як рівняння лінії регресії залежності значень об'єму пасажиропотоку від часу.

По отриманим значенням коефіцієнтів моделювання на останньому кроці навчання моделі, що відповідає часу останнього спостережуваного значення, можна спрогнозувати пасажиропотік на декілька кроків за часом вперед.

pprk =

$4.358 \cdot 10^3$
$4.354 \cdot 10^3$
$4.349 \cdot 10^3$
$4.345 \cdot 10^3$
$4.34 \cdot 10^3$
$4.336 \cdot 10^3$
$4.331 \cdot 10^3$
$4.327 \cdot 10^3$
$4.323 \cdot 10^3$
$4.274 \cdot 10^3$

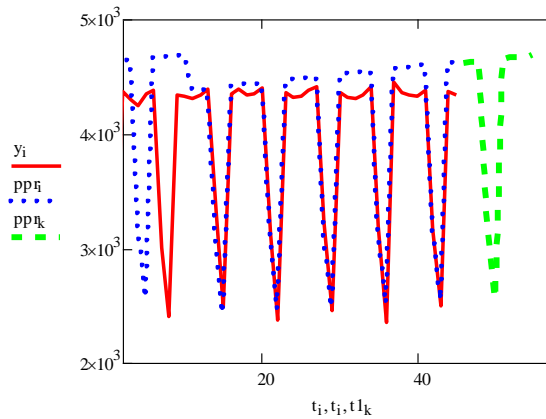


Далі при моделюванні об'ємів перевезень потрібно урахувати періодичну компоненту часового ряду. Для цього візьмемо мультиплікативну періодичну модель часового ряду та застосуємо для моделювання та прогнозування двопараметричне адаптивне алгоритмічне програмування.

```

f_i :=
| f_1 ← 0.55
| for i ∈ 2.. n
|   | f_i ← 0.69 if  $\frac{i}{7} - \text{floor}\left(\frac{i}{7}\right) = 0$ 
|   | f_i ← 1 otherwise
| for i ∈ 2.. n
|   f_i ← 0.55 if  $\frac{i-1}{7} + \left(-\text{floor}\left(\frac{i-1}{7}\right)\right) = 0$ 
| f_i
pprk :=
| τ ← 0
| ppr0 ← y45
| for k ∈ 1.. 10
|   | pprk ← (model0 + modell · τ) · f(t1k)
|   | τ ← τ + 1
| pprk

```



Висновки.

Побудова розкладів організації роботи транспортних засобів на громадських пасажирських маршрутах, що полягає у визначенні змін роботи автобусів, спирається на визначенні часу роботи в залежності від кількості пасажирів, які використовують автобусний транспорт в певні періоди часу та на певних ділянках, що є перспективним напрямком розвитку методів управління та врегулювання роботи маршрутів транспортних систем міст. У ході виконання наведених вище алгоритмів ми отримаємо адаптивні моделі дослідження та прогнозування пасажиропотоку, що використовуються при плануванні роботи громадського міського транспорту.

Література.

1. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилецький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів. *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*. 2007. Вип. 6 (47). С. 113-115.
2. Ceder A. Planning and Evaluation of Passenger Ferry Service in Hong Kong. *Transportation*. 2006. Vol. 33. P. 133–152.
3. Ceder A., Voß S., Daduna J. Efficient Timetabling and Vehicle Scheduling for Public Transport. Computer-Aided Scheduling of Public Transport. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. 2001. Vol. 505. P. 37-52.
4. Горбачов П.Ф., Любий Є.В. Моделювання попиту на перевезення населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом: монографія. Харків: ХНАДУ, 2014. 257 с.
5. Alvarez A., Casado S., Gonzalez Velarde J., Pacheco J. A computational tool for optimizing the urban public transport. *Journal of Computer System Sciences International*. 2010. Vol. 49(2). P. 244-252.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965. Vol. 8(3). P. 338-353.