

проектирование при минимальных экономических затратах.

### Выводы

Таким образом, при неравной значимости выбранных критериев структура подсистемы хранения с созданием БД и одновременным созданием архива г/м данных имеет явное преимущество над остальными структурами. Следовательно, для обеспечения качественного прогноза гидрометеорологических явлений необходимо спроектировать подсистему хранения согласно выбранной структуре.

### Литература

1. Денисов А.А. Теория больших систем управления: учебное пособие для вузов / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 288 с.

2. Николаев В.И. Системотехника: методы и приложения / В.И. Николаев, В.М. Брук. – Л.: Машиностроение, 1985. – 199 с.
3. Козак А.А. Анализ надежности информационно-измерительных систем на ранних этапах проектирования / А.А.Козак, П.О.Кузнецов, А.П.Ротштейн // Стандартизация и измерительная техника: сб. науч. тр. – Красноярск, 1976. – Вып. 2. – С.128 – 131.
4. Rotshtein A. Modification of Saaty Method for the Construction of Fuzzy Set Membership Functions / A.Rotshtein // Fuzzy Logic and Its Applications: International Conference FUZZY – 1997, Zichron, Israel. – Zichron, 1997. – P:125 – 130.
5. Окунев Ю.Б. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи / Ю.Б. Окунев, В.Г. Плотников. – М.: Связь, 1976. – 184 с.
6. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р.Беллман, Л.Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений: сб. переводов. – М.:Мир, 1976. – С. 172 – 215.

УДК 656.073, 656.788, 656.025.2

# МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

*Проаналізовано існуючі методи підвищення ефективності доставки вантажів у міжнародному сполученні. Запропоновано математичну модель транспортного процесу міжнародних вантажних перевезень на основі марківських ланцюгів*

**Н. В. Пономарьова**  
Кандидат технічних наук, доцент\*  
E-mail: nadin\_tt@ukr.net

**В. С. Наумов**  
Кандидат технічних наук, доцент\*  
E-mail: naumov-vs@mail.ru

**І. А. Бабич**  
Асистент\*

E-mail: inna\_babych@mail.ru

\*Кафедра транспортних технологій  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
вул. Петровського 25, м. Харків, Україна, 61200  
Контактний тел.: (057) 707-37-20

### 1. Вступ

Теоретичні розробки та їх практичне впровадження тісно пов'язані з інтеграційними процесами на автомобільному транспорті, зокрема, з інтеграцією

транспортного комплексу України до Європейської транспортної системи. Оскільки територією України проходять три транспортні коридори, що ввійшли до світової транспортної мережі, дуже важливим є формування умов та сприяння у виконанні національних

та міжнародних програм науково-технічного прогресу в галузі транспорту, створення та вдосконалення наукових технологій для висококомп'ютеризованих інтегрованих виробництв майбутнього, їх комплексної автоматизації, широкої інформатизації, охорони навколишнього середовища тощо [1].

Умови ринку вимагають використання нових підходів, принципів, методик в усіх галузях народного господарства.

Майже всі відомі моделі, що існували при плановій системі господарювання неможливо адаптувати до сучасних ринкових умов.

## 2. Аналіз публікацій

Проведений аналіз публікацій показав, що більшість розроблених методів та моделей раціоналізації схем доставки не враховують імовірнісні характеристики параметрів транспортного процесу, що зменшує ефективність прийняття управлінських та організаційних рішень.

В роботі [2] для підвищення ефективності автомобільних перевезень вантажів на основі використання маршрутних параметрів пропонується розглядати питому вартість транспортних операцій та приймати її постійною, що не відповідає умовам роботи сучасних підприємств. В роботі [3] при удосконаленні методу оперативного планування своєчасної доставки вантажів автотранспортом не враховується імовірнісний характер транспортного процесу. В роботі [4] при підвищенні ефективності автоперевезень вантажів в міжобласному та міжрегіональному сполученні на основі методу централізованого управління розглядається часний підхід до перевезень вантажів. Використовується метод централізованого управління, який не використовується в сучасних умовах. В роботі [5] при підвищенні ефективності автомобільних перевезень вантажів на основі використання маршрутних параметрів пропонується розглядати ефективність окремої ланки логістичного ланцюга. В роботі [6] при прогнозуванні вантажопотоків на наземних видах транспорту у міжнародному сполученні не враховується імовірнісний характер окремих показників роботи рухомого складу.

В роботі [7] авторами проведений аналіз існуючих методів раціоналізації процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні. Розглянуті методи містять ряд недоліків, через які їх використання в умовах роботи транспортних підприємств на сучасному ринку є неефективним.

Перспективними напрямками досліджень є удосконалення моделей, що розглядають транспортний процес як процес з кінцевим числом стану вантажу та рухомого складу (моделі марківських процесів), та їх адаптація до умов роботи підприємств на сучасному ринку транспортних послуг з урахуванням базисних умов поставки вантажів в міжнародному сполученні.

## 3. Постановка задачі

Об'єктом дослідження є процес міжнародних автомобільних перевезень вантажів, а предметом – ефек-

тивність процесу доставки вантажів. Метою дослідження є підвищення ефективності доставки вантажів у міжнародному сполученні за рахунок раціоналізації існуючих методів планування та організації транспортного процесу. Для досягнення мети дослідження необхідно розробити математичну модель транспортного процесу.

Для визначення раціональної схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні пропонується використовувати цільову функцію, що враховує питому вартість транспортних операцій

$$Z_{(зар)} = t_{дост} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $t_{дост}$  – час доставки вантажу, год.;  $n$  – кількість елементарних операцій;  $C_i$  – вартість  $i$ -ої операції, грн/год.;  $P_i$  – ймовірність виконання  $i$ -ої операції.

## 4. Рішення задачі

Питома вартість операцій визначається на основі постійних та змінних складових собівартості. В подальших дослідженнях можлива зміна параметрів.

Модельовання транспортного процесу проведемо з використанням методології марківських ланцюгів (опис реального процесу за допомогою марківських ланцюгів дозволяє визначити імовірність всіх можливих станів).

Марківським випадковим процесом є процес, при якому закон розподілу його для будь-якого моменту часу  $\tau$  цілком визначений та не залежить від того, які значення приймав до моменту  $\tau$ .

В фіксовані моменти часу  $t_1, t_2, \dots, t_n$  автомобіль під впливом випадкових факторів змінює свій стан, при чому імовірність опинитись в будь-якому стані цілком визначена тим, в якому стані знаходиться автомобіль в момент, що передує переходу. В цьому випадку марківський процес називається ланцюгом Маркова.

Були виділені послідовні операції, які характеризуються часовими показниками. Стани системи при цьому наступні:

- простій транспортного засобу, який зв'язаний з оформленням документів;
- простій транспортного засобу під навантаженням;
- простій транспортного засобу під розвантаженням;
- рух транспортного засобу із вантажем;
- рух транспортного засобу без вантажу.

Імовірності, з якими система може перейти в одне з можливих станів, називаються перехідними ймовірностями ланцюгів Маркова. Перехідні ймовірності були визначені як відношення протяжності  $i$ -ї операції к загальному  $t_{дост}$  вантажу. Процес доставки вантажів в міжнародному сполученні можна представити як послідовність окремих операцій, при чому перехід із  $i$ -ого стану до  $j$ -ого характеризується щільністю ймовірності  $\lambda_{ij}$ .

На рис.1 наведений розмічений граф можливих станів.

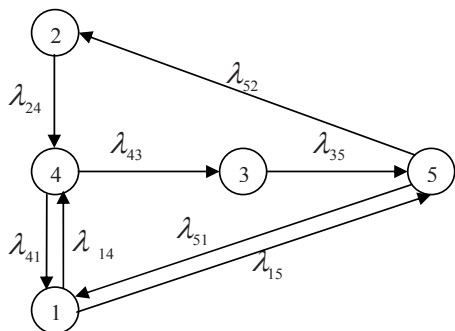


Рисунок 1. Граф станів досліджуваної системи

У відповідності з графом станів, виділені 8 наступних показників:  $\lambda_{52}$  – щільність того, що автомобіль прибув під навантаження порожнім;  $\lambda_{24}$  – щільність того, що після завантаження, автомобіль рухається з вантажем;  $\lambda_{41}$  – щільність того, що під час руху із вантажем, автомобіль простояє в очікуванні оформлення документів;  $\lambda_{14}$  – щільність того, що після оформлення документів, автомобіль здійснить рух із вантажем;  $\lambda_{43}$  – щільність того, що після руху із вантажем, автомобіль прибув під розвантаження;  $\lambda_{35}$  – щільність того, що після розвантаження, автомобіль буде рухатись порожнім;  $\lambda_{51}$  – щільність того, що під час руху без вантажу, автомобіль простояє в очікуванні оформлення документів;  $\lambda_{15}$  – щільність того, що після простою по причині оформлення документів, автомобіль буде рухатись порожнім.

Використовуючи методологічний апарат марківських процесів для запропонованого графа були розроблені диференціальні рівняння Колмогорова (які представляють собою визначення похідних P по кожному із станів).

$$\sum P_i = 1$$

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = P_1 \cdot (\lambda_{14} + \lambda_{15}) - P_4 \cdot \lambda_{41} - P_5 \cdot \lambda_{51} \\ \frac{dP_2}{dt} = P_2 \cdot \lambda_{24} - P_5 \cdot \lambda_{52} \\ \frac{dP_3}{dt} = P_3 \cdot \lambda_{35} - P_4 \cdot \lambda_{43} \\ \frac{dP_4}{dt} = P_4 \cdot (\lambda_{41} + \lambda_{43}) - P_1 \cdot \lambda_{14} - P_2 \cdot \lambda_{24} \\ \frac{dP_5}{dt} = P_5 \cdot (\lambda_{51} + \lambda_{52}) - P_1 \cdot \lambda_{15} - P_3 \cdot \lambda_{35} \end{cases} \quad (2)$$

Для розв'язання системи рівнянь (2) визначимо  $I_{ij} = \int \lambda_{ij} dt$ . Якщо щільність імовірності переходу є відношення тривалості відповідної операції  $t_i$  до загального часу доставки, то

$$\lambda_{ij} = \frac{t_i}{t_{дост}} = 1 - \frac{t_{дост} - t_i}{t_{дост}}, \quad (3)$$

Інтегруючи (3) відносно  $t_i$ , отримаємо

$$I_{ij} = t_i - (t_{дост} - t_i) \cdot \ln t_{дост}, \quad (4)$$

Таким чином,  $I_{ij}$  для відповідних щільностей імовірності графу на рис.1 із урахуванням (4) можна визначити так:

$$\begin{cases} P_1 \cdot (I_{14} + I_{15} - 1) + P_4 \cdot (-I_{41}) + P_5 \cdot (-I_{51}) = 0 \\ P_2 \cdot (I_{24} - 1) + P_5 \cdot (-I_{52}) = 0 \\ P_3 \cdot (I_{35} - 1) + P_4 \cdot (-I_{43}) = 0 \\ P_1 \cdot (-I_{14}) + P_2 \cdot (-I_{24}) + P_4 \cdot (I_{41} + I_{43} - 1) = 0 \\ 1 \cdot P_1 + 1 \cdot P_2 + 1 \cdot P_3 + 1 \cdot P_4 + 1 \cdot P_5 = 1 \end{cases} \quad (5)$$

Запропоновані моделі при певних умовах є ефективним інструментом для дослідження транспортно-го процесу. При наявності відповідних статистичних даних по годинним показникам  $t_i$  та швидкості руху автомобіля розроблені математичні моделі дозволяють врахувати випадковий характер процесу доставки вантажів в міжнародному сполученні.

### 5. Висновки

Сучасні методи оцінки ефективності доставки вантажів містять ряд недоліків, через які їх використання в умовах роботи транспортних підприємств на сучасному ринку є неефективним. Більшість існуючих підходів доставки не враховують імовірнісні характеристики параметрів транспортного процесу, що зменшує ефективність прийняття управлінських та організаційних рішень. Крім того, більшість існуючих моделей не є універсальними і можуть бути застосовані для окремих випадків.

Розроблена модель доставки вантажів у міжнародному сполученні може бути використана для дослідження транспортного процесу та оптимізації його параметрів.

Перспективним напрямком подальших досліджень є деталізація представленої моделі та цільової функції для підвищення адекватності результатів моделювання.

### Література

1. Редзюк А.М., Сахно В.П. Науково-виробнича діяльність Транспортної Академії України // Вісник. Збірник наукових праць Транспортної Академії України та Українського транспортного університету. – К.: РВВ УТУ. – 1998. - №2. – С.16-22.
2. Левін В.Ф. Повышение эффективности автомобильных междугородних перевозок грузов на основе использования маршрутных параметров. – МАДИ. – 1987. – 17 с.
3. Максимова Н.І. Совершенствование метода оперативного планирования своевременной доставки груза автотранспортом. – НИИАТ. – 1989. – 19 с.
4. Константинов В.В. Повышение эффективности автомобильных перевозок грузов в межобластном сообщении на основе метода централизованного оперативного управления. – НИИАТ. – 1992. – 19 с.
5. Куницька О.М. Підвищення ефективності роботи митного терміналу при виконанні міжнародних вантажних автомобільних перевезень. – НТУ. – 2006. – 19 с.
6. Пономарьова Н.В. Прогнозування вантажопотоків на наземних видах транспорту у міжнародному сполученні. – ХНАДУ. – 2007. – 20 с.
7. Наумов В.С., Бабич І.А., Кокора В.С. Аналіз існуючих методів раціоналізації процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні і основні напрямки їх удосконалення // Автомоб. тр-т: Сб. науч. тр. – Х., 2007. – Вып. 21. – С. 57 – 60.