

... , q_m).

Для розв'язування цієї задачі доцільніше здійснювати перехід від максимінної до мінімаксної задачі, це дає можливість додатково ввести співвідношення, які відбиватимуть певні прогностичні тенденції у динаміці ринкових цін на ресурси, тарифів на транспортні послуги та інших показників [2-8] відповідно до державних і регіональних програм соціального розвитку, пільг на проїзд, бюджетів усіх рівнів, планів розвитку міського електротранспорту і т.п.

Таким чином, використавши розглянуті методи і моделі, можна оптимізувати виробничі програми підприємств міського електротранспорту в проектах ресурсозбереження та обґрунтувати прийняття управлінських рішень з раціонального використання ресурсів.

1.Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М.П.Ковалко, С.П.Денисюк; Відпов. ред. А.К.Шидловський. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.

2.Кігель В.Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці. – К.: ЦУЛ, 2003. – 202 с.

3.Економіка міського господарства / За ред. Т.П.Юр'євої. – Харків: ХДАМГ, 2002. – 672 с.

4.Планування діяльності підприємства / За гол. ред. В.Є.Маслюка. – К.: КНХ, 2002. – 252 с.

5.Сивый В.Б., Скоков Б.Г. Математические методы и модели в планировании и управлении жилищно-коммунальным хозяйством. – Харьков: Основа, 1991. – 208 с.

6.Коссой Ю.М. Экономика и управление на городском электрическом транспорте. – М.: Мастерство, 2002. – 352 с.

7.Кобелев Н.Б. Методы оптимального управления отраслью обслуживания населения. – М.: Легк. и пищ. пром-ти, 1981. – 283 с.

8.Левковець П.Р., Гедз Ю.М., Канарчук О.В., Кришан Г.Л., Сендак М.Д. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / За ред. П.Р.Левковця. – К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.

Отримано 22.10.2007

УДК 656.073.5 : 629.058

В.К.ДОЛЯ, д-р техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

М.С.ОЛІСКЕВИЧ, канд. техн. наук

Національний університет «Львівська політехніка»

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ПРИ ВИБОРІ РЕЖИМІВ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ВАНТАЖНИХ МАГІСТРАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Розглядаються параметри інформаційних потоків, які надходять телеметричним способом до екіпажу вантажного автомобіля про власні координати і швидкість, дорожні і транспортні умови, організацію розвантаження. Сформульовано задачу доставки вантажу "не пізніше встановленого терміну" з дотриманням оптимальної програми руху. Змодельована взаємодія інформаційних потоків, а також вплив способу їх подачі на

граничний термін прийняття рішення і відхилення від оптимальної програми руху.

Під час магістральних вантажних перевезень екіпажі сучасних автотранспортних засобів (АТЗ) мають змогу отримувати первинні сигнали в повідомленнях з різних джерел про координати та швидкість власні та інших учасників дорожнього руху. Вони обробляються, в результаті чого стає доступною інформація про транспортні і дорожні умови, яка характеризується показниками глибини, повноти та вірогідності. У зв'язку з бурхливим розвитком засобів телеметрії та інших інформаційно-аналітичних комплексів тепер ведуться дослідження і впроваджуються розробки щодо підвищення рівня цих показників. Проте, на практиці рідко зважають на те, чи ефективно використана уся доступна інформація під час вироблення рішень. У даній роботі ставилась мета оцінити об'єктивну потребу і співвідношення розмірів повідомлень, на підставі яких можна вибрати і дотримуватись оптимального, або близького до оптимального режиму руху АТЗ. Розглядались лише ті повідомлення, які екіпаж АТЗ отримує телеметрично.

Сучасні вітчизняні та закордонні дослідження мають мету удосконалити засоби телематики для позиціонування транспортних засобів у великих містах. Їх недоліками вважають недостатню "видимість", необхідність коректування повідомлень у зв'язку з виникненням додаткових завад [1]. Нажаль, інших задач, крім позиціонування, на навігаційні системи досі не покладають. Звідси випливає, що, всупереч своїм можливостям, AVL (automatic vehicle location) системи не запобігають затримкам у дорозі, відхиленням від оптимальних програм руху.

Телеметричні засоби наділяють також функціями локального позиціонування. Так, Європейська Комісія своїм законом дозволила оснащувати автомобілі портативними радарми ближньої дії – Automotive Short Range Radar (SRR). Раніше передбачалося, що масове використання радіочастотного електронного устаткування ускладнить ефір і без цього забитий мобільним, супутниковим зв'язком. Дослідження підтвердили, що небезпеки не існує і навпаки нововведення здатне у багато разів скоротити кількість зіткнень на дорогах. SRR – автомобільні радары здатні фіксувати виникаючу перешкоду на відстані від 0,4 до 30 м при швидкості автомобіля до 120 км/год і попереджати про них водія. Подібна система безпеки може бути наділена функціями самостійної дії на гальма або кермове керування при необхідності. Крім того, до додаткових переваг SRR можна віднести допомогу водієві при паркуванні або автоматичне регулювання швидкості при русі. Для автомобільних радарів законом встановлена радіочастота 24 GHz. Після 2013 р., коли кількість оснащених радарми машин на дорогах зросте до критичного для інших електронних систем рівня,

колишня частота буде замінена на 79 GHz. При цьому "видимість" досягне не менше, ніж 150 м [2].

Телекомунікаційні сигнали можна передавати не лише від супутників. Відомі проекти, коли при створенні мережі диспетчерських центрів сигнали про параметри транспортного потоку (ТП) передають системи стільникового зв'язку. За допомогою програмного забезпечення, що працює з мережами GSM (Global System for Mobile Communications), відбувається присвоєння телефону, що входить до певної зони, деякого ідентифікаційного номеру і обчислюється час, необхідний для проходу між контрольними точками, наприклад базовими станціями, розташованими через кожні кілька кілометрів уздовж автотраси. Якщо виявляється, що сигнали проходять між якимись двома точками значно довше, то стає зрозумілим, що там має місце затримка руху і можна обчислити її параметри. Отриману інформацію повідомляють учасникам руху. Унікальним для цієї системи є те, що зберігається анонімність власників телефонів. Система діє в деяких країнах Європи й Америки ще з 2003 р. [3].

Відомі дослідження, які спрямовані на розвиток інформаційних технологій моніторингу автомобільних доріг. В основі цих технологій – бортові інформаційно-аналітичні комплекси, які отримують, обробляють і порівнюють інформацію у повідомленнях від різних джерел (у тому числі – від GPS) [4]. З такими розробками вдосконалюється процес дослідження стану транспортних комунікацій, що полегшує задачі маршрутизації. Проте, аналіз транспортних умов за допомогою таких комплексів не проводиться. В період зростання завантаженості автомобільних комунікацій без такого аналізу задача вибору маршруту переростає в тривіальну.

Дослідження і моделювання ТП проводиться вже понад сто років. Створено чимало макро- і мікромоделей, які до недавнього ще задовольняли розв'язання задач організації дорожнього руху. Але тепер стверджують, що якісно змінився підхід до їх формулювання і розв'язання. Ставиться під сумнів адекватність моделей ТП, особливо тих, які побудовані за аналогією з іншими потоками (гідравлічними, газів тощо) [5]. Деяку інформативність ще мають моделі та відповідні методи дослідження, що базуються на макромоделях, виведених з мікромоделей, або на імітаційному моделюванні ТП [6]. Проте, жодну з них не можна використати в повній мірі для того, щоб запобігти затримкам збільшенню тривалості доставки вантажів, з одного боку, і відхиленням від оптимальних режимів руху – з іншого. Таку можливість мають методи оперативного керування АТЗ на основі моделювання в режимі реального часу.

Увесь обсяг телеметричних сигналів, який надходить до екіпажу АТЗ у вигляді дискретних повідомлень, можна умовно поділити на чотири категорії: I_1 – про власні поточні координати, швидкість, отримані від AVL; I_2 – про транспортні умови (параметри – фазова густина ТП, інтенсивність та ін.), отримані, наприклад, від SRR, або від диспетчерських центрів стільникового зв'язку; I_3 – про вірогідні затримки в пункті призначення; I_4 – про дорожні умови (коефіцієнт зчеплення, мікро- і макронерівності тощо), отримані, наприклад шляхом порівняння повідомлень типу I_1 з GPS та з бортових вимірювальних систем. Повідомлення I_1 - I_4 можуть надходити в дискретно-квантованому вигляді незалежними потоками. Але впливати на прийняття рішень вони можуть по-різному. В цій статті розв'язувались такі задачі:

- дослідити вплив параметрів потоків повідомлень I_1, I_2, I_3 на вірогідність прийняття оптимальних рішень;
- встановити граничні моменти надходження повідомлень з врахуванням вірогідності прийняття за ними оптимальних рішень стосовно виконання маршрутних завдань.

При розв'язанні цих задач прийнято такі допущення. По-перше, кількість інформації, що міститься в повідомленнях, обчислювалась за виразом [7]

$$I = 0,5 \log_2 \left(1 + \frac{\sigma_\lambda^2}{\sigma_\epsilon^2} \right), \quad (1)$$

де σ_λ – дисперсія телеметрично виміряного параметра; σ_ϵ – дисперсія похибки його вимірювання. Цей вираз стосується повідомлень усіх чотирьох категорій, оскільки усі вони побудовані на неперервних сигналах. Формула (1) застосована з гіпотезою, що апіорний і апостеріорний розподіл сигналу, що передається підпорядковується одному і тому ж закону (ентропійний коефіцієнт – сталий). За формулою (1) виходить, що повної відсутності інформації про телеметричний параметр бути не може, оскільки максимальне значення σ_ϵ – скінченне. Отже, якщо $\sigma_\epsilon \cong \sigma_{\epsilon \max}$, то вживатимемо термін *мінімальна доступна інформація*. Подібно до того, повної наявної інформації також не існує, оскільки $\sigma_\epsilon > 0$. Тому вживатимемо термін *максимальна доступна інформація* в заданих умовах її отримання.

По-друге, вважалося, що повідомлення I_4 в повному обсязі надійшли ще до початку руху АТЗ, таким чином ідеал програми руху для умов вільного транспортного потоку є сформований апіорі.

По-третє, приймалося, що брак максимальної інформації, яка міс-

тяться в отриманих повідомленнях I_2, I_3 при виборі режимів руху можна компенсувати прямо пропорційним запасом часу.

Четверте допущення полягало в тому, що будь-яке за обсягом і категорією повідомлення I_2 та I_3 можна отримати в будь-який момент виконання маршрутного завдання.

Взаємодію потоків інформації показано на прикладі типового елементарного транспортного завдання. Нехай вантажному АТЗ потрібно, завантажившись у пункті А транспортної мережі в момент часу t_0 , доставити вантаж у пункт Б і розвантажитись не пізніше моменту t_{11} (рис.1). Дорожні умови на маршруті АБ – відомі. Знаючи їх, АТЗ може виконати маршрутне завдання з оптимальною (наприклад, за витратами палива) програмою руху, що включає вибір середньої швидкості руху – V_{omn} . У кінцевому пункті Б для розвантаження перебувають інші АТЗ. Оскільки моменти їх прибуття і тривалість обслуговування – випадкові величини, то до розвантаження може утворюватись черга. Користуючись виконаними раніше дослідженнями, без суттєвих обмежень можна прийняти, що процес розвантаження в пункті Б являє собою систему масового обслуговування типу $M/G/m$, де M – вхідний потік, що підпорядковується показниковому закону, G – процес обслуговування з розподілом тривалості загального виду, m – кількість розвантажувальних пристроїв (фронт розвантаження) [8]. Якщо відомі інтенсивність прибуття АТЗ в пункт Б та інтенсивність їх обслуговування, то можна обчислити середню сподівану тривалість простоювання АТЗ у черзі t_q [8]. Враховуючи це, програму руху скоректовано так, що момент прибуття t_{10} враховує середній гарантований час затримки в доставці вантажу t_{11} . Таким чином сформульовано ідеальний образ виконання маршрутного завдання за умови максимальної доступної інформації I_2 та I_3 (штрих-пунктирна лінія).

Передбачалося, що повідомлення I_1, I_2, I_3 періодично надходять до екіпажу АТЗ і цю періодичність, а також обсяг повідомлень можна моделювати. Якщо в i -й момент часу, $t_o < t_i < t_{11}$, згідно з черговим повідомленням типу I_1 , АТЗ має координату x_i , то, залежно від кількості інформації в отриманих повідомленнях I_1 та I_3 , він має рухатись з середньою за часом швидкістю $V_e \geq V_{omn}$, яка визначається:

$$V_e = (x_{11} - x_i) / (T_{omn} + \Delta t_i), \text{ м/с}; \quad (2)$$

$$\Delta t_i = \Delta t_{i1} + \Delta t_{i2} \geq T_3, \text{ с}, \quad (3)$$

де T_{onn} – тривалість процесу доставки при швидкості V_{onn} (за відсутності перешкод з боку транспортного потоку і черг до розвантаження), Δt_{i1} , Δt_{i2} – запас часу на, відповідно, затримки в русі і в черзі в кінцевому пункті Б; T_3 – загальні ймовірні затримки у доставці вантажу, визначені за наявною інформацією. Зменшувати швидкість нижче V_{onn} є, згідно з умовами, недоцільно.

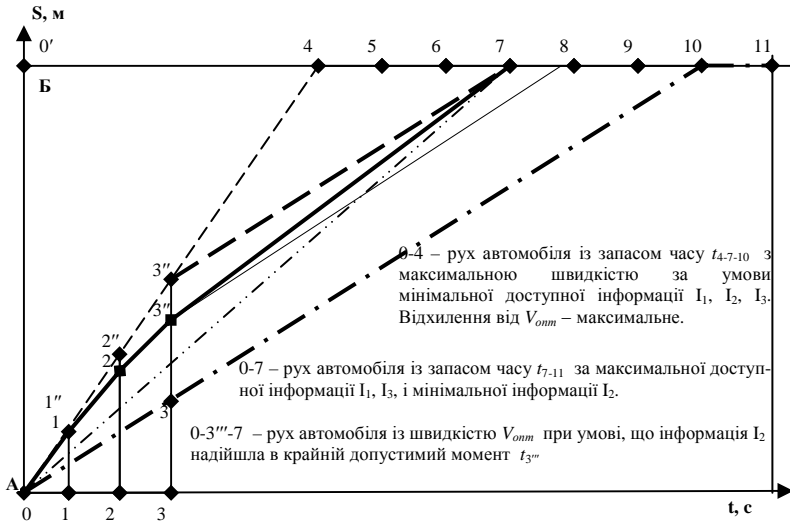


Рис.1 – Графіки руху АТЗ за наявності максимальної доступної інформації I_3 і різних способах отримання інформації I_2

Для розрахунку дійсної середньої швидкості АТЗ використано макроскопічну модель ТП Пригожина, що виведена з мікроскопічної з врахуванням поправок Павері-Фонтана [5]:

$$V_e = V_{\bar{v}} - V_{вим} = V_{\bar{v}} - (1 - p)\tau\rho\Theta, \text{ м/с}, \quad (4)$$

де $V_{\bar{v}}$ – середня бажана швидкість; $V_{вим}$ – вимушена під впливом ТП зміна бажаної швидкості; p – ймовірність обгону; τ – тривалість релаксації ТП у результаті випадкових збурень; Θ – варіація швидкостей. Значення p і τ не залежать від індивідуальних швидкостей автомобілів у маневрі, а від густини ρ і середньої швидкості v у місці обгону, тобто $p = F_1(v, \rho)$, $\tau = F_2(v, \rho)$. З кожним повідомленням типу I_2

нагромаджується інформація про зміни у фазовій густині транспортного потоку, тобто про область значень функції $f(x, v, t)$. При цьому розширюється область визначення по x і t . Максимально доступною є інформація по області $x \in (x_A, x_B)$, де x_A, x_B – координати початкового і кінцевого пунктів маршруту. Згідно з даними про апостеріорну фазову густину, яку можна було б визначити в момент часу t_i , обчислювались числові значення апіорних величин для заданої координати x у момент часу $t_j > t_i$:

- густини ТП $\rho(x, t) = \int_0^{\infty} f(x, v, t) dv$, (5)

- середньої швидкості АТЗ у ТП $V(x, t) = \frac{1}{\rho(x, t)} \int_0^{\infty} vf(x, v, t) dv$, (6)

- варіації швидкостей транспортних засобів

$$\Theta(x, t) = \frac{1}{\rho(x, t)} \int_0^{\infty} (v - V)^2 f(x, v, t) dv. \quad (7)$$

Дослідження виконували у два етапи. На першому приймали, що екіпаж АТЗ має мінімальний доступний обсяг інформації за повідомленнями типу I_3 (рис.1). Інформація I_1 та I_2 подавалась трьома різними способами:

- на початку руху, одноразово, в повному доступному обсязі;
- під час руху, у крайній щодо ефективності прийнятого рішення момент, у повному обсязі;
- під час руху, багатократно, рівними обсягами через однакові інтервали часу.

На другому етапі вважали, що інформація I_1 - I_3 надходить до екіпажу АТЗ синхронно з однаковим обсягом за однакові інтервали часу (рис.2).

При фактичній наявності лише одного інформаційного потоку I_2 (рис.1) запас часу Δt_{i_2} – максимальний і тому екіпаж АТЗ зорієнтований на момент прибуття в пункт Б – t_7 . Максимальне сумарне відхилення від оптимальної програми руху буде тоді, коли максимальна доступна інформація I_2 буде подана на початку руху t_0 . Це пов'язано з тим, що ТП навіть в першому наближенні не можна назвати стаціонарним. Отже, значення функції $f(v, x, t)$ не можна екстраполювати більше, ніж на $t > t_0 + \tau$, де τ – період дискретизації повідомлень I_2 .

Відповідно, рішення про вибір V_0 не будуть адекватними.

З'ясовано, що існує момент часу після якого, АТЗ, рухаючись до того з мінімальним рівнем інформації I_2 , отримавши її, не може ефективно використати (точка 3'''). Цей момент названо *граничним щодо прийняття рішення*. Пізніше від граничного моменту недоцільно також отримувати інформацію I_2 квантами, хоча цей спосіб отримання приносить в сумі найменші відхилення від V_{opt} .

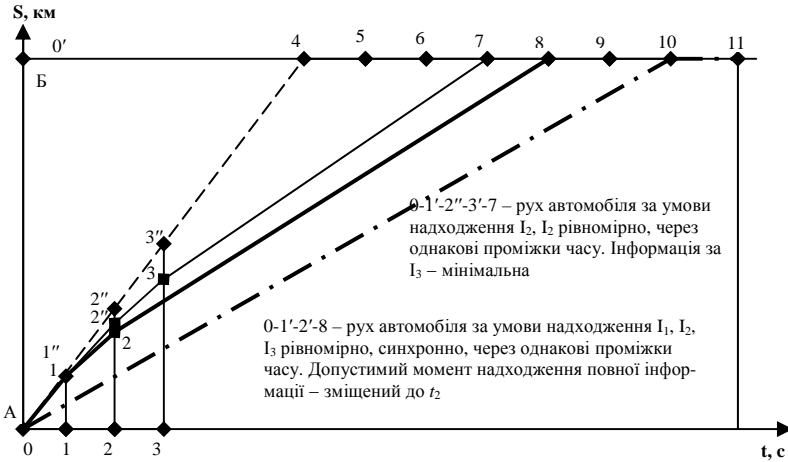


Рис.2 – Графік руху АТЗ, коли інформація I_1, I_2, I_3 надходить синхронно

Якщо синхронно подаються повідомлення I_2 та I_3 , то це впливає не тільки на відхилення від оптимального режиму і момент прибуття до кінцевого пункту, а й зсуває граничний момент прийняття рішення у більш ранішні терміни (рис.2).

Таким чином, при виконанні вантажних перевезень за принципом "не пізніше визначеного терміну" з дотриманням оптимальних режимів руху необхідно обґрунтовано вибирати спосіб, кількість джерел та моменти отримання повідомлень про дорожні транспортні умови руху та організаційні умови приймання і розвантаження АТЗ. З одного боку, використання декількох незалежних інформаційних потоків зменшує відхилення від оптимальної програми руху, з іншого – скорочує час на прийняття ефективних рішень.

1.Левковець П.Р., Беляєвський Л.С., Топольськов С.О., Сердюк А.А. Застосування методів просторово-часової обробки інформації в диспетчерських центрах при вирішенні задач управління міським пасажирським автотранспортом // Вісник НТУ. – 2006. –

№13. Ч.2. – С.44-50.

2.SRR радар на каждый автомобиль //

<http://autoline.com.ua/news.php?code=1106812330>.

3.Finns test cell phone system to monitor traffic John Blau (IDG News Service) // <http://www.inauka.ru/experiment/article64406.html> .

4.Алексеев В.О., Костюченко С.М. Оценка состояния транспортных систем в задачах управления движением // Автомобильный транспорт. – 2002. – №9. – С.115-117.

5.Григоров М.А., Дашенко А.Ф., Усов А.В. Проблемы моделирования и управления движением транспортных потоков в крупных городах. – Одесса: Астропринт, 2004. – 266 с.

6.Семенов В.В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса. – Препринт №34 Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, 2004.

7.Белицкий В.И., Зверев В.И., Морозов В.М. и др. Телеметрия. – Л.: МО СССР, 1984. – 465 с.

8.Погрузочно-разгрузочные машины: Справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 448 с.

9.Финаев В.И., Бутенков Д.С. Разработка интеллектуальных систем обгона и моделирование транспортных потоков // Сб. трудов Научной сессии МИФИ. – М., 2003. – С.164-165.

Отримано 15.10.2007

УДК 656.13 : 658

А.Н.ГОРЯИНОВ, канд. техн. наук, А.С.ГАЛКИН

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛОПОТОКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТАРИФА

Рассматриваются вопросы влияния материалопотока и сопутствующих ему потоков на изменение и формирование тарифа. Предложен ряд показателей, описывающих данное влияние.

Затраты на транспортировку в логистической цепочке составляют от 20-40% [1, с.68]. Таким образом, при эффективном изменении затрат на перевозку можно добиться дополнительной выгоды и преимущества перед конкурентами. Для этого необходимо более глубокое изучение факторов, влияющих и формирующих тариф.

Анализ литературы свидетельствует, что тариф зависит от многих факторов [2-4]. Согласно [2], факторы, которые воздействуют на тариф: качество дорог, себестоимость, рельеф местности, расстояние перевозки. Неизученным является влияние материалопотока и сопутствующих ему грузопотоков и транспортных потоков на тариф перевозки.

В данной работе исследуется влияние материалопотока и сопутствующих ему потоков на формирование тарифа.

Согласно [5], материальному потоку всегда сопутствуют, а так же порождают его, грузовой и транспортный потоки. Транспортный поток