

УДК 656.073

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.163.2016.79557>

**УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ В
ІНТЕРМОДАЛЬНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕРТ-МЕРЕЖ**

Канд. техн. наук В. В. Петрушов, М. В. Осипов

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОПОТОКАМИ В
ИНТЕРМОДАЛЬНОМ СОПРЯЖЕНИИ С ПОМОЩЬЮ ГЕРТ-СЕТЕЙ**

Канд. техн. наук В. В. Петрушов, М. В. Осипов

**IMPROVE THE MANAGEMENT OF CARGO FLOWS IN OF INTERMODAL TRAFFIC
WITH THE HELP OF GERT-NETWORKS**

Cand. of techn. Sciences V.V. Petrushov, M.V. Osipov

У статті розглядаються варіанти управління вантажопотоками на основі індивідуальних характеристик кожного вагона, а також людський фактор при прийнятті управлінських рішень. Виявлено основні моменти, які дозволяють оптимізувати процес управління потоками на транспорті. Одним з методів вирішення поставлених завдань є математичний метод ГЕРТ-мереж. Він дозволяє більш адекватно ставити складні

процеси в тих випадках, коли важко або неможливо визначити, які саме роботи і в якій послідовності повинні бути виконані. Розглядається можливість створення системи підтримки прийняття рішень для оператора, керуючого вантажопотоками (чергового по станції, поїзного диспетчера).

Ключові слова: вантажопотоки, ГЕРТ-мережі, системи, аналіз, продуктивність, схеми.

В статье рассматриваются варианты управления вагонопотоками на основе индивидуальных характеристик каждого вагона, а также человеческого фактора при принятии управленческих решений. Выявлены основные моменты, которые позволяют оптимизировать процесс управления потоками на транспорте. Одним из методов решения поставленных задач является математический метод ГЕРТ-сетей. Он позволяет более адекватно ставить сложные процессы в тех случаях, когда трудно или невозможно определить, какие именно работы и в какой последовательности должны быть выполнены. Рассматривается возможность создания системы поддержки принятия решений для оператора, управляющего вагонопотоками (дежурного по станции, поездного диспетчера).

Ключевые слова: грузопотоки, ГЕРТ-сети, системы, анализ, производительность, схемы.

In this article discusses options for managing traffic volumes based on the individual characteristics of each carriage, and also a human factor in management decisions. The basic points which allow to optimize process of management of flows on transport are revealed. One of methods of the solution of objectives is the mathematical method of GERT-networks. It allows to put more adequately difficult processes when difficult or it is impossible to define what works and in what sequence have to be executed. The possibility of creation of system of support of decision-making for the operator managing traffic volumes is considered (assistant station, train dispatcher).

Keywords: cargo flows, GERT-network, systems, analysis, productivity, schemes.

Вступ. Управління вантажопотоками стосується узгодженого підведення вантажів до великих споживачів (йдеться не тільки про рівномірну доставку окремих вантажів, а й про ефективне транспортне обслуговування в цілому), портів (важливість цього завдання залежить від того, що виникають величезні витрати через накопичення в припортових складах вантажів, що очікують на підхід судна і навантаження) і прикордонних переходів. Сюди ж належить управління потоками порожняка, які в нових умовах стали багатоструменевими, причому керувати доводиться вагонами, які належать як Україні, так і країнам СНД.

Для правильної постановки завдань необхідно розібратися з тим, як відбуваються управлінські процеси та які

показники необхідно контролювати. Основними показниками при управлінні потоками є простой та обороти вагонів. При розгляді перерахованих завдань у динаміці виникають тисячі варіантів вирішення. Технічно жоден диспетчер не в змозі вибрати кращий варіант у короткі терміни. Тому на сьогодні все гостріше постають питання забезпечення відмовостійкості систем обробки інформації. Цьому є кілька причин. По-перше, системи з кожним роком ускладнюються, включають у себе все більшу кількість компонентів, а отже, імовірність того, що в одному з компонентів системи відбудеться збій, збільшується. Це може призвести до відмови всієї системи, якщо вона не спроектована з урахуванням такої можливості. Для великого класу завдань не

потрібна висока продуктивність обробки одного набору даних. Набагато важливішою є можливість використання надійної системи обробки інформації з прийнятною продуктивністю і можливістю одночасної обробки декількох наборів даних. На сьогодні системи обробки інформації все частіше використовуються для вирішення управлінських, дослідницьких і виробничих завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті [1] розглядається використання методів удосконалення вантажопотоків за допомогою адаптивної системи управління роботою вузла. У статті [2] запропоновано модель нечіткого потокового графа для прогнозування параметрів залізничних перевезень і застосування для виконання цих завдань апарата ГЕРТ-мереж. У статті [3] зазначено, що транспортний вузол являє собою складний комплекс технічно і технологічно пов'язаних між собою елементів. Всі ці елементи характеризуються власними вантажопотоками. Пропонуються методи удосконалення управління цими потоками за допомогою апарата нечітких нейронних мереж. У роботах [4, 6, 7, 8] було розглянуто концепції побудови ГЕРТ-мереж, принципи їх побудови та можливості використання для управління вантажопотоками на залізниці. У статті [5] було розглянуто дії персоналу залізниці при управлінні перевізним процесом під час прийняття рішень у нестандартних ситуаціях і запропоновано модель, яка дозволяє сформулювати систему підтримки прийняття рішень для оперативних працівників.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою дослідження є створення системи управління вантажопотоками, яка може враховувати фактори невизначеності, що виникають у процесі перевезення та дозволить оператору приймати рішення в різних умовах.

Основна частина дослідження.

Ситуація, у якій зараз доводиться працювати працівникам залізниці, досить складна: підвищення швидкості залізничних поїздів ускладнює виробничі ситуації через суттєве зростання інтенсивності руху, а тому значна частина напрацювання рішення перекладається на автоматизовані (комп'ютерні) системи управління, які не «приймають рішення», а «обчислюють» його, моделюють ситуацію і миттєво здійснюють «вибір» найкращої (оптимальної) альтернативи. У цьому випадку ОПР сприймає комп'ютерний варіант рішення відразу на двох рівнях:

1) дійсний рівень (у реальному масштабі часу);

2) віртуальний рівень (у вигляді імітованих фрагментів дійсності, які утворюють так звану віртуальну реальність).

Виникають досить складні відношення між «дійсністю» і «можливістю», що обумовлює принципово новий концептуальний напрямок ПОР, який досліджується в межах теорії «гібридного інтелекту». У термінах сучасних інформаційних технологій «сутнісна платформа» таких рішень має назву компаунда. І все це потребує актуальних філософських розвідок стосовно існуючих і нових концепцій ПОР, щоб своєчасно зорієнтувати освітню систему, фахівців у змінах, які відбуваються у сфері підготовки та прийняття рішень.

Можливі дві ситуації:

1. Задача оптимізації. Нехай $g: X \rightarrow V$ – деяка функція, що відображає довільну множину X у множину V , яка припускається лінійною або частково упорядкованою відношенням $\leq$. Загальна проблема оптимізації полягає в знаходженні такого $\hat{x} \in X^m$ (де X^m – задана підмножина X), що для всіх $x \in X^m$ має виконуватися умова $g(\hat{x}) \geq g(x)$. При цьому X – «множина

рішень», X^m – «множина припустимих рішень», V – «множина оцінок», g – цільова функція.

2. Задача задоволення. X, Ω – довільні множини, g – функція з $X \cdot \Omega$ у множину V , що лінійно упорядковане відношенням $\leq$, τ – деяка функція з Ω у V . Задача задоволення полягає в знаходженні такого $x \in X^m$ (при заданій $X^m \subseteq X$), що для всіх $\omega \in \Omega$ має виконуватись умова $g(x, \omega) \geq \tau(\omega)$. При цьому Ω називається множиною невизначеності (перешкод, впливів), τ – рівнем задовільнення, а умова $g(x, \omega) \geq \tau(\omega)$ – критерієм задоволення.

Будемо розрізняти такі варіанти концепцій ПОР, використовуючи символіку Месаровича – Такахарі:

1. Вибір (оптимізація) рішення. Підмножина $X^m \subseteq X$ є заданою, V – лінійно-упорядкована множина, $g(x)$ – функція, яка є заданою (або ж алгоритм її знаходження). Потрібно знайти таке $x \in X^m$, що $g(x) \geq g(x)$.

2. Обчислення рішення. Виконуються умови Месаровича – Такахарі для задачі задовільнення. Існує (або може бути знайдений) алгоритм визначення x (не обов'язково рекурсивний).

Прийняття рішення. Множина V в умовах Месаровича – Такахарі неупорядкована, але є заданий спосіб упорядкування, що залежить від x . Це означає: задана множина $H = \{h_i\}$ така, що декартовий добуток $E = T \cdot V \cdot Y \cdot H, V = \{v_i\}$ виявляється упорядкованим, так що, якщо $E(v_i, y(x_j, H)) \geq E(v_k, y(x_l, H)), v_i \geq v_k$. H – множина, яка задана як «множина упорядковуваних критеріїв», що залежить від ситуації (середовища), $>$ – знак упорядкування (не обов'язково в кількісному відношенні, на відміну від попередніх випадків, де $>$ означає більше).

Одним з видів таких систем є гетерогенні обчислювальні системи високої надійності для високопродуктивних обчислень (системи обробки з високою пропускну здатністю). Найбільш відомі технології - Legion, Condor, Apples PST, Netsolve, Punch, XTRemweb і т.д. - використовують прості схеми розподілу, коли центральний комп'ютер, відповідальний за розподіл, вирішує, які завдання повинні бути виконані на якому ресурсі, використовуючи функції вартості, що задаються системними параметрами. Вони не розглядають ціну використання кожного ресурсу, а це означає, що значущість виконання всіх завдань у будь-який час однакова, що в реальності далеко не так. Значущість повинна зростати з наближенням терміну виконання прикладної задачі. Гетерогенність складу обчислювальних вузлів і непередбачувані зміни обчислювального середовища під час вирішення завдання призводять до проблеми раціонального використання обчислювальної потужності, зосередженої в мережі. Аналіз існуючих на сьогоднішній день технологій і програмних засобів обробки інформації показує, що процес розроблення додатків з використанням мережі в якості обчислювального ресурсу є складним, тому що містить безліч етапів, починаючи від розроблення паралельного алгоритму і закінчуючи моніторингом ресурсів і розподілу навантаження.

Проблема розподілу навантаження в паралельних обчисленнях є однією з найважливіших. І саме від вирішення цієї проблеми в основному залежить ефективність паралельного розв'язання задачі, тобто той виграш у часі, який можна отримати порівняно з послідовним рішенням. При аналізі ефективності роботи, продуктивності і керованості системи обробки інформації виникає задача оцінки тимчасових характеристик роботи системи або її вузлів, а також оцінки часу виконання завдання в різних режимах запуску при різних умовах.

Для оптимізації завантаження (складання розкладу) системи обробки інформації, як правило, використовуються методи теорії оптимізації. Для моделювання поведінки системи і оцінки тимчасових характеристик системи застосовуються мережі ПЕТРІ і їх модифікації. При дослідженні системи з урахуванням можливої ненадійності елементів, як правило, застосовуються стохастичні мережі. При аналізі тимчасових характеристик роботи елементів розподіленої гетерогенної системи обробки дані методи стають непридатні. Такі системи нестатичні в часі. Для їх вузлів важливими характеристиками є «доступність» і «відмовостійкість». Тому для вирішення поставленого завдання використовуються модифіковані ГЕРТ-мережі, що дозволяють використовувати всі шість типів вузлів; проводити оцінку тимчасових характеристик стохастичної ГЕРТ-мережі з використанням довільного числа додаткових матеріальних і стохастичних параметрів вузла стохастичної ГЕРТ-мережі; використовувати в якості умовних імовірностей виконання вихідної дуги вузла довільні функції, що обчислені в момент активації вузла. Кожен вузол мережі має вхідну і вихідну функції активації, які впливають на параметри вузла, що активується.

Види вхідних функцій:

- AND-функція – вузол активується, якщо виконані всі дуги, що входять до нього;

- IOR-функція – вузол активується, якщо виконана будь-яка дуга, що входить у нього;

- EOR-функція – вузол активується, якщо виконана будь-яка дуга, що входить у нього, за умови, що в даний момент часу може виконуватися тільки одна дуга, що входить у відповідний вузол.

Види вихідних функцій:

- детермінована функція – все дуги, що виходять з вузла, виконуються, якщо вузол активований;

- стохастична функція – рівно одна дуга, що виходить з вузла, виконується з заданою вірогідністю, якщо вузол активований.

Комбінуючи всі вхідні і вихідні функції, отримуємо шість різних типів вузлів. Активация вузла означає, що система перейшла в якийсь стан і визначає безліч можливих подальших дій. Одна або декілька дій починають своє виконання відразу після активації вузла, що є їх початком. Активация вузла відбувається, якщо його вхідна функція виконана. ГЕРТ-моделі можуть представляти послідовно-паралельні структури графів, у той час коли в транспортних системах можливі структури типу «місткових» схем (рис. 1). Таким чином, для побудови ГЕРТ-еквівалентів транспортних потоків необхідно виконати їх перетворення в послідовно-паралельну форму, або ж в ORAND подання (рис. 2).

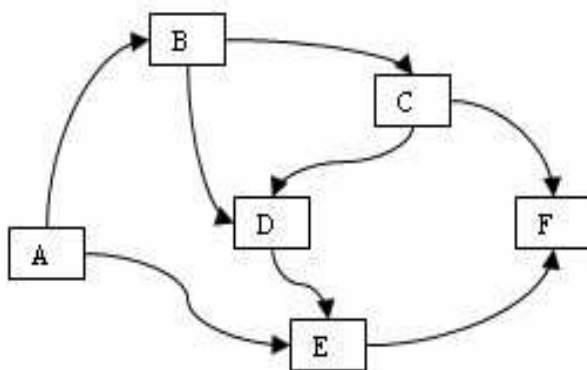


Рис. 1. Поточковий граф до перетворення

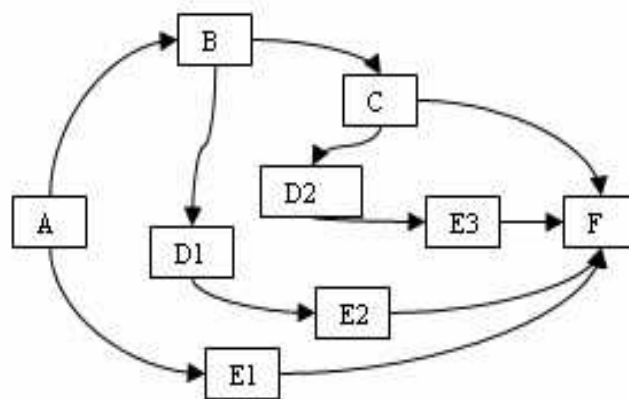


Рис. 2. Аналог потокового графа після перетворення до послідовно-паралельного вигляду

У ГЕРТ-системах використовуються імовірнісні описи процесів у системі. Для випадку оцінки характеристик вантажопотоків такий опис може відповідати нормативному випадку. При обліку реальної неоднорідності характеристик вантажопотоків, пов'язаних з поїздоутворенням на станціях, статистичний підхід стає недостатньо адекватним процесам вантажних перевезень. У цьому випадку можуть бути ефективно застосовані нечіткі модифікації ГЕРТ-систем. Для розрахунків параметрів нечітких моделей руху вантажопотоків використовуються дані автоматизованих систем залізниць України.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному

напрямку. Основою механізму виведення експертної системи є перетворення підграфів і розрахунок нечіткої інтегральної характеристики дуги, яка є еквівалентною заміною нечіткого потокового підграфа. Правила виведення відображають залежності між параметрами різних фрагментів мережі. Умовою застосування правила виведення є виконання попередньої дуги – відповідність фактичних характеристик вагонопотоків дуги значенням моделі. Посилкою правила є характеристика цієї дуги, а висновком правила – характеристика подальшої дуги. У більш загальному випадку вантажопотік розглядається розподілом по мережі. При цьому посилка правила бази знань являє собою виконання не дуги, а нечіткого потокового графа.

Список використаних джерел

1. Данько, М. І. До питання про створення адаптивної системи управління роботою вузла [Текст] / М.І. Данько, В.В. Петрушов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 62. – С. 136-143.
2. Андрущенко, В. А. Автоматизоване управління експлуатацією вагонів власників країн СНД і Балтії на полігоні дороги [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2558/1/3.pdf>.
3. Долгополов, П. В. Удосконалення управління потоками у транспортному вузлі за допомогою апарату нечітких нейронних мереж [Електронний ресурс] / П.В. Долгополов, В.В. Петрушов. — Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/udoshkonallennya-upravlinnya-potokami-u-transportnomu-vuzli-za-dopomogoyu-aparatu-nechitkih-neyronnih-merezh>.
4. Цепкова, М. И. Анализ работы узлов распределенных систем обработки информации с использованием GERT-сетей [Электронный ресурс] / М.И. Цепкова, А.А. Ступина,

Л.Н. Корпачева [и др.]. — Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21953>.

5. Петрушов, В. В. Аналіз існуючих концепцій прийняття оптимальних рішень персоналом структур та підрозділів залізниць [Електронний ресурс] / В.В. Петрушов. — Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/natural/znpdizt/2012_31/index.htm.

6. Applying fuzzy GERT with approximate fuzzy arithmetic based on the weakest t-norm operations to evaluate repairable reliability / Kuo-Ping Lin, Wu Wen, Chang-Chien Chou, Chih-Hung Jen, Kuo-Chen Hung // *Applied Mathematical Modelling*. — 2011. — Vol. 35. Is. 11. — P. 5314-5325.

7. Forecasting return of used products for remanufacturing using Graphical Evaluation and Review Technique (GERT) / Li Zhou, Jiaping Xie, Xiaoyu Gu, Yong Lin, Petros Ieromonachou, Xiaole Zhang // *International Journal of Production Economics*. — 2016. — April 21. — In Press, Corrected Proof.

8. The use of a GERT based method to models concurrent product development processes / Richard Graham Nelson, Amir Azaron, Samin Aref // *European Journal of Operational Research*. — 2016 — Vol. 250. Is. 2. — P. 566-578

Рецензент д-р техн. наук, професор О. В. Лаврухін

Петрушов Василь Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-88.

Осипов Михайло Вікторович, студент гр. 18-V-УППм, факультет управління процесами перевезень, кафедра управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту.

Petrushov Vasily Vladimirovich, Ph.D., Associate Professor. Tel. : +38 (057) 730-10-88.

Osipov Mikhail Viktorovich, 18 group-V-UPPm, department of transportation management processes, Department of Management of exploitation work.

Стаття прийнята 25.08.2016 р.