

УДК 656.61.052

DOI: 10.18372/0370-2197.3(100).17899

О. В. ШАРКО, А. В. БУКЕТОВ, К. М. КЛЕВЦОВ, О. О. САПРОНОВ, О. В. АКИМОВ

Херсонська державна морська академія, Херсон

**МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СХЕМ
ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ РИЗИКІВ**

Внаслідок існування великої кількості факторів, що визначають ефективність транспортних потоків, методи побудови математичних моделей, що ґрунтуються на розгляді загальних закономірностей, виявляються малоефективними. Тому перспективне залучення експериментальних методів ідентифікації, заснованих на формалізації результатів спостережень та аналізі надходжень нової інформації про зміни ситуації, що склалася з використанням нових цифрових технологій. У статті показано, що у найближчій перспективі автомобільне сполучення разом з водним транспортом матиме ключове значення і тому завдання математичного забезпечення управління збереження транспортних потоків за умов глобальних ризиків буде завжди актуальною. Метою роботи є моделювання збереження транспортних потоків за умов глобальних ризиків. Запропоновано рішення задачі про збереження динаміки транспортних потоків, викликаних пандемією, військовими діями та екстремальними ситуаціями. На основі теорії графів, алгоритмів Форда-Фалкерсона та Дініца розроблено модифікований алгоритм визначення структури транспортних перевезень. Особливістю алгоритму є синхронізація пропускної спроможності транспортних потоків з моментами зняття та запровадження обмежень на транспортні перевезення. Новизною запропонованого алгоритму є можливість коригування транспортних маршрутів. Також новизною використання запропонованого модифікованого алгоритму є синхронізація технологій використання методології визначення пропускних здібностей гілок реалізації транспортних потоків з моментами зняття та введення обмежень через непередбачувані ситуації й глобальні ризики. Модифікований алгоритм визначення транспортних потоків в умовах непередбачуваних ситуацій та глобальних ризиків на основі алгоритмів Форда-Фалкерсона та Дініца забезпечує мінімізацію збитків перевізників та максимальний транспортний потік. Впровадження алгоритму забезпечує максимальний транспортний потік в екстремальних умовах та глобальних ризиків.

Ключові слова: транспортні потоки, перевезення, моделювання, модифікація мережі, глобальні ризики.

Вступ. Європейська логістика ще не пододала наслідків пандемії, коли її вразила інша катастрофа, конфлікт в Україні. Війна та санкції проти Росії та Білорусі призвели до радикальних змін у ланцюжку поставок по всьому світу. Закриття державних кордонів, перервані канали поставок, відтік працівників транспортної галузі змусило переосмислити та впровадити нові форми діяльності транспортних та логістичних компаній.

Український бізнес евакуює виробничі майданчики до західних областей та налагоджує роботу в умовах воєнних дій. Вони рухаються незвіданими напрямками і відкривають собі нові шляхи. У пріоритеті – безпека. Логістичні маршрути стають довшими з використанням об'їздів та безпечних доріг. Набуває актуальності питання, як вижити на транспортному ринку в умовах нової реальності.

Під час війни структура перевезень помітно змінилася. Якщо раніше

більшість перевезень припадала на морський і залізничний транспорт, то тепер опорою економіки стали автомобільні перевезення. 2022 року майже 24 % або 1,5 млрд. дол. США від загальної вартості обсягу експорту склали товари, вивезені автомобільним транспортом. Загальна вартість товарів, завезених автотранспортом, становить 74 % всього імпорту. У найближчій перспективі автомобільне сполучення разом з водним транспортом матиме ключове значення і тому завдання математичного забезпечення управлінням збереження транспортних потоків за умов глобальних ризиків буде завжди актуальною.

Постановка проблеми та аналіз останніх публікацій. Внаслідок існування великої кількості факторів, що визначають ефективність транспортних потоків, методи побудови математичних моделей, що ґрунтуються на розгляді загальних закономірностей, виявляються малоефективними. Тому перспективне залучення експериментальних методів ідентифікації, заснованих на формалізації результатів спостережень та аналізі надходжень нової інформації про зміни ситуації, що склалася з використанням нових цифрових технологій [1, 2].

Ідентифікація ринку розроблених транспортних перевезень є сукупністю методів побудови математичних моделей за даними спостережень, адаптивність яких до змін довкілля забезпечується в умовах не стаціонарності процесів [3]. Вихідна інформація щодо виявлення проблем нестабільного розвитку транспортного ринку міститься у співвідношенні внутрішніх та зовнішніх дестабілізуючих факторів і є інструментом варіації парадигми керування транспортними потоками. Здійснення транспортних перевезень змушує людей обмежувати діяльність поза домом, внаслідок чого оборот транспортних потоків різко зменшується. Слід змінити спосіб мислення під час запровадження транспортних потоків з допомогою трансформацій технологій. Фактично, в умовах воєнних дій лише онлайн-бізнес може забезпечити розвиток транспортних перевезень.

Особливістю транспортних перевезень в умовах воєнних дій є обмеження на можливість через ризики та їх вимоги до якості запропонованих транспортних послуг. Аналогом аналітичного розгляду подібної ситуації невизначеності та непередбачуваності може бути теорія графів [4], з транспортним завданням про максимальний потік по ребрах при обмеженнях на пропускну спроможність, яка вирішується з використанням алгоритмів Форда Л.Р. Фалкерсон Д.Р. та Дініца Є.А. [5].

Останнім часом цей напрямок досліджень набуває найбільшої популярності. Так у [6] представлений аналіз вузьких місць дорожнього руху швидкісної магістралі Пекін-Гонконг-Макао з аналізом точок перевантаженості мережі та розподілу графіка. У [7] представлено алгоритм оптимізації розподілу енергії електричних інфраструктур центрів обробки даних, спрямований на зниження фінансових та екологічних витрат. У [8] представлена оптимізація маршрутів поїздів на основі нейроно-нечіткого моделювання та генетичних алгоритмів для управління пропускнуною спроможністю залізничної мережі в умовах масових перевезень пасажирів та вантажів. У [9] представлена реалізація алгоритму Форда-Фалкерсона для знаходження максимального потоку при найменшій кількості ітерацій методом пошуку в ширину. У [10] досліджено продуктивність максимального потоку Форда-Фалкерсона на сіткових та випадкових геометричних графіках. У [11] маркування Форда-Фалкерсона представлена мереж обробки інформації в Японії, граничні ємності яких обмежені. У [12] цим

самим методом досліджено комбінаторні структури для зважених графіків з низьким обсягом поля. У [13] представлено створення методик обчислення відстаней у конструкціях з оптимальним розтягуванням простору.

Як показує аналіз останніх досягнень та публікацій використання алгоритмів Форда-Фалкерсона та Дініца для максимізації формування транспортних потоків має своє експериментальне підтвердження. Виходячи з цього пропозицію про використання даного математичного апарату як основу методологічного забезпечення збереження та максимізації транспортних потоків в умовах воєнних дій та ризиків можна вважати обґрунтованою.

Метою роботи є моделювання збереження транспортних потоків за умов глобальних ризиків.

Викладення основного матеріалу та обговорення результатів дослідження. Згідно з алгоритмом Форда-Фалкерсона мережа розглядається як пов'язаний оргграф без петель, орієнтований в одному напрямку.

Стосовно завдання збереження та максимізації транспортних потоків в умовах обмежень, викликаних військовими діями як матеріал досліджень можуть виступати обсяги транспортних перевезень, в загальному обсязі пропонувані транспортних послуг, як використовувані методи теорія графів з використанням алгоритмів Форда-Фалкерсона і Дініца та їх модифікацій стосовно до специфічних умов транспортних перевезень за умов воєнних дій.

Формальний опис алгоритму Форда-Фалкерсона має такий вигляд: Дан граф $G(V, E)$ з пропускною здатністю $c(u, v)$ та транспортним потоком $f(u, v) = 0$ для ребер у вигляді доріг з u в v . Необхідно знайти максимальний транспортний потік із джерела, яким є пункт відправлення вантажів s у стік t , яким є пункт прийому вантажів. На кожному кроці алгоритму для всіх транспортних потоків діють ідентичні умови:

- $f(u, v) \leq c(u, v)$, тобто потік з u в v не перевищує пропускну здатність дороги $f(u, v) = f(v, u)$.
- $\sum f(u, v) = 0 \leftarrow \rightarrow f_{in}(u) = f_{out}(u)$ всі транспортні вузли u , крім s і t . Тобто, транспортний потік не змінюється під час проходження через вузол.
- транспортний потік у мережі дорівнює сумі транспортних потоків всіх дуг, інцидентних стоку графа.

Для знаходження ланцюга, вздовж якого можна надіслати транспортний потік, що поступово збільшується, використовується розстановка міток. Кожній дузі приписується вага, що записується через дріб на ребрі вихідної мережі (рис. 1).

Візуалізація алгоритму Форда-Фалкерсона під час вирішення завдання збереження транспортних потоків за умов глобальних ризиків представлено у вигляді мережі, де алгоритм починає роботу з нульового потоку. Потім величина транспортного потоку ітеративно збільшується шляхом пошуку шляху, вздовж якого можна послати більший транспортний потік. Для кожного ребра на знайденому транспортному шляху збільшуємо транспортний потік, а протилежному йому зменшуємо. Модифікуємо залишкову мережу, вважаючи, що залишкова мережа $G_f(V, E_f)$ – це мережа з пропускною спроможністю $c_f(u, v) = c(u, v) - f(u, v)$. Для всіх ребер обчислюємо нову пропускну спроможність транспорту, додаючи ребро залишкової мережі.

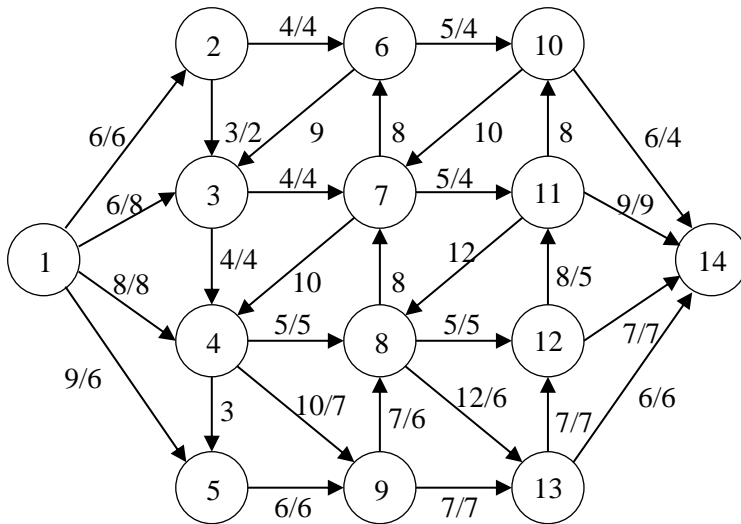


Рис. 1. Візуалізація алгоритму Форда-Фалкерсона під час вирішення завдання збереження транспортних потоків за умов глобальних ризиків

Аналітично це виглядає так:

$f(u,v) := 0$ для всіх ребер (u,v) .

Так p із s у t в G_f , $c_f(u,v) > 0$ для усіх ребер $(u < v) \in p$:
 $c_f(p) = \min\{c_f(u,v) \mid (u,v) \in p\}$. Для кожного ребра $(u,v) \in p$, $f(u,v) := f(u,v) + c_f(p)$, $f(v,u) := f(v,u) - c_f(p)$.

Шлях може бути знайдений, пошуком як у ширину, так і в глибину транспортних можливостей $G_f(V, E_f)$.

Можна збільшити транспортний потік по всіх ребрах шляхом мінімізації залишкових пропускних здібностей колії. Відповідно до алгоритму Дініца Є.А. на кожній ітерації оцінки ситуації, що склалася, використовують пошук в ширину і визначають відстань від джерела до вершини в залишковій мережі транспортних можливостей перевезень (рис. 2).

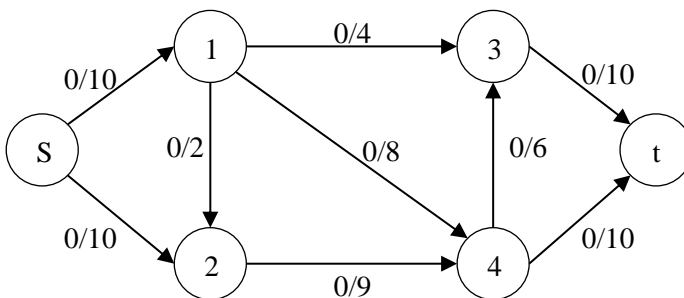


Рис. 2. Візуалізація алгоритму Дініца для розширення транспортних можливостей

Формальний опис алгоритму Дініца О.О. для розширення транспортних можливостей виглядає в такий спосіб.

- Для кожного ребра (u,v) транспортної мережі G задаємо $f(u,v) = 0$.
- Будуємо допоміжну транспортну мережу G_L з транспортної мережі, що доповнює G_f графа G .

- Шукаємо блокуючий транспортний потік f' в G_L .
- Замінюємо транспортний потік f транспортним потоком f' .

Щодо збереження транспортних можливостей в умовах воєнних дій та глобальних ризиків призначення алгоритму Форда-Фалкерсона полягає у пошуку такої транспортної мережі, яка б дозволяла забезпечити максимальне збереження вкладених коштів при вимушеній заміні транспортних послуг. Кожній дузі приписується максимальний транспортний потік з пункту формування вантажів s пункт прийому вантажів t , який записується через дріб з вагою дуги. При цьому потік не може перевищити вагу дуги, але може дорівнювати йому. Перебираються усі можливі варіанти. Ці ітерації проводяться доти, доки неможливо буде потрапити з пункту формування вантажів до пункту прийому вантажів. Якщо потік стає рівним за вагою дуги, то дуга вважається насиченою, і через неї вже не можна пройти. Потік у мережі дорівнюватиме сумі потоків всіх дуг, інцидентних стоку графа.

Окремо слід зупинитись на трансформації пропонуваніх транспортних послуг. Якщо до настання військових дій вони формувалися з урахуванням інтересів замовників, нині ситуація докорінно змінилася.

Для цілеспрямованого керування транспортними потоками в умовах воєнних дій та ризику необхідно знати характеристики, складу, умови реалізації та необхідні інструменти керування ними.

Транспортні перевезення вантажів можна розділити за видами вантажів, що перевозяться на:

- промислові;
- будівельні;
- сільськогосподарські;
- сезонні;
- споживчі.

За територіальною ознакою:

- технологічні, усередині підприємств;
- міські, на території міст;
- міжміські, що здійснюються на відстанях понад 50 км від кордонів міста;
- міжнародні, що здійснюються між державами.

За способом виконання транспортного сполучення:

- прямого повідомлення;
- термінального, через систему автостанції, терміналів, складів;
- комбіновані, без перевантажень.

У структуру транспортного процесу входять: вибір необхідної кількості рухомого складу, нормування швидкостей, координація роботи автотранспорту коїться з іншими видами транспорту, аналіз дорожніх умов, розробка маршрутів, маркетинг вантажопотоків.

Для оцінки послідовної роботи алгоритмів Форда-Фалкерсона та Дініца як компоненти видів транспортних перевезень обрані: v_1 – промислові перевезення, v_2 – будівельні перевезення, v_3 – сільськогосподарські сезонні перевезення, v_4 – споживчі перевезення, v_5 – технологічні перевезення, v_6 – міські перевезення, v_7 – міжміські перевезення, v_8 – перевезення прямого сполучення, v_9 – термінальні перевезення, v_{10} – комбіновані перевезення, v_{11} – розробка маршрутів, v_{12} – маркетинг вантажопотоків.

Ці компоненти є дугами відповідного орграфа. Аналіз статистичної звітності до настання пандемії та військових дій в Україні дозволив шляхом експериментального оцінювання визначити ваги дуг орграфа туристичної мережі, які наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Ваги дуг орграфа туристичної мережі

№п/п	Вид туризму	Вага дуг, %	Вершина графа
1	Промислові перевезення	27	v_1
2	Будівельні перевезення	14	v_2
3	Сільськогосподарські сезонні перевезення	11	v_3
4	Споживчі перевезення	8	v_4
5	Технологічні перевезення	4	v_5
6	Міські перевезення	7	v_6
7	Міжміські перевезення	3	v_7
8	Перевезення прямого сполучення	5	v_8
9	Термінальні перевезення	9	v_9
10	Комбіновані перевезення	4	v_{10}
11	Розробка маршрутів	2	v_{11}
12	Маркетинг вантажопотоків	6	v_{12}

Як вузли мережі вибрано тривалість перевезень по днях. Найчастіше вона становить тиждень. Тобто, кількість вузлів мережі вибрано рівним семи.

Насичення мережі відбувається за напрямками дуг. Ініціалізація дуг представлена цифрами експертних оцінок. Наповнюваність днів перебування з можливістю участі в послугах представлена вертикальними стовпцями 1-4, 5-8, 9-12 і т.д. Фрагмент мережі наведено на рис. 3.

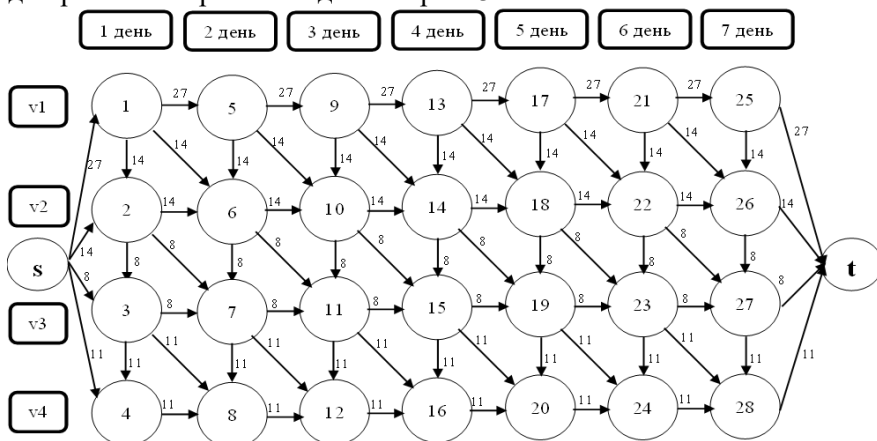


Рис. 3. Ініціалізація дуг у мережі орграфа збереження транспортних потоків за умов глобальних ризиків

На початковому етапі всі потоки по кожній із дуг нульові. Насичення мережі відбувається за напрямками дуг.

У процесі роботи алгоритму з кожним кроком збільшується на одиницю доти, доки не буде знайдено максимально можливий потік у мережі. У кожному ланцюгу мережі визначається найменше значення всіх ребер, характеризує

мінімальну пропускну здатність цієї ланки мережі, після чого всі ініціалізації дуг діляться на це число для ідентифікації відповідних міток мережі. Для кожного ребра на вибраному шляху збільшується потік на C_{\min} , а в протилежному зменшується на цю величину. Модифікуємо залишкову мережу з урахуванням нової пропускну спроможності ребер (рис. 4).

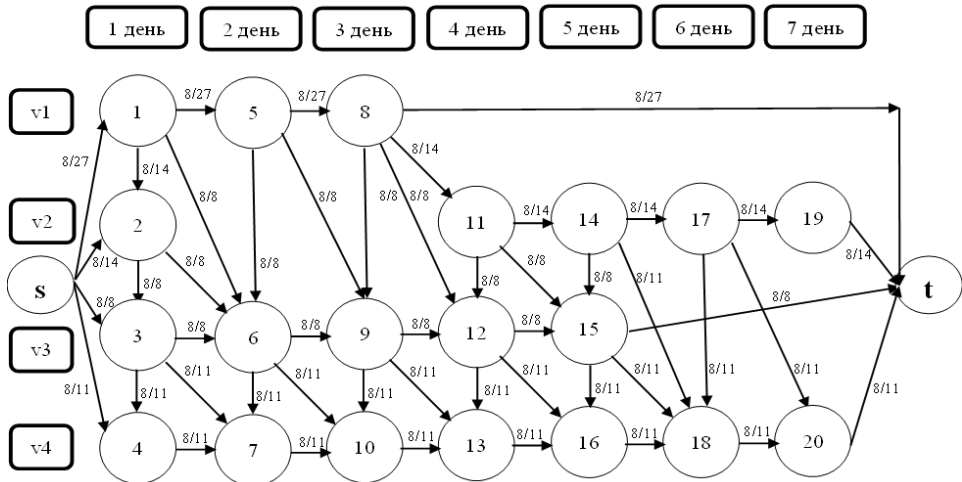


Рис. 4. Алгоритм Дініца для знаходження максимального туристичного потоку в модифікованій мережі

У наведеному вище прикладі у зв'язку з раптовими непередбачуваними змінами організатору транспортних перевезень довелося екстрено змінити напрямки транспортних потоків після 3 дня у зв'язку зі скороченням сезонних сільськогосподарських перевезень і після 5 дня скорочення технологічних процесів сировинних поставок. Будівельні перевезення можна тимчасово відкласти і скоротити агропромислові роботи на 2-3-й день.

Розробникам транспортних маршрутів доводиться пристосовуватися до забезпечення реалізації в умовах зовнішнього оточення. Так оголошення надзвичайного стану, пов'язане з активізацією військових дій скорочує сільськогосподарські та будівельні перевезення. Зате цей час набувають великої значущості міжнародних перевезень і особливо прямого сполучення. Запланована послідовність орграфу транспортних перевезень порушується і в цій часовій ітерації доцільним є перехід з використанням алгоритму Дініца. Потім залежно від розвитку ситуації, з метою збереження транспортних потоків, можливий або розвиток транспортних сполучень по цій галузі мережі, з поверненням на початкову гілку, або пошук нового шляху.

Модифікований алгоритм управління транспортними потоками в умовах непередбачених ситуацій та глобальних ризиків наведено на рис. 5.

Організатори транспортних перевезень зазнають великих втрат, пов'язаних із припиненням реалізації транспортних маршрутів на будь-якій ітерації впровадження. Ці втрати організаторів перевезень непоправні. Єдиним можливим способом продовження процесу реалізації плану транспортних перевезень є перехід в іншу галузь залишкової мережі (рис. 3). Мета реалізації транспортних перевезень непередбачених ситуацій і глобальних ризиків у плані транспортних перевезень полягає в максимальному збереженні транспортних потоків.

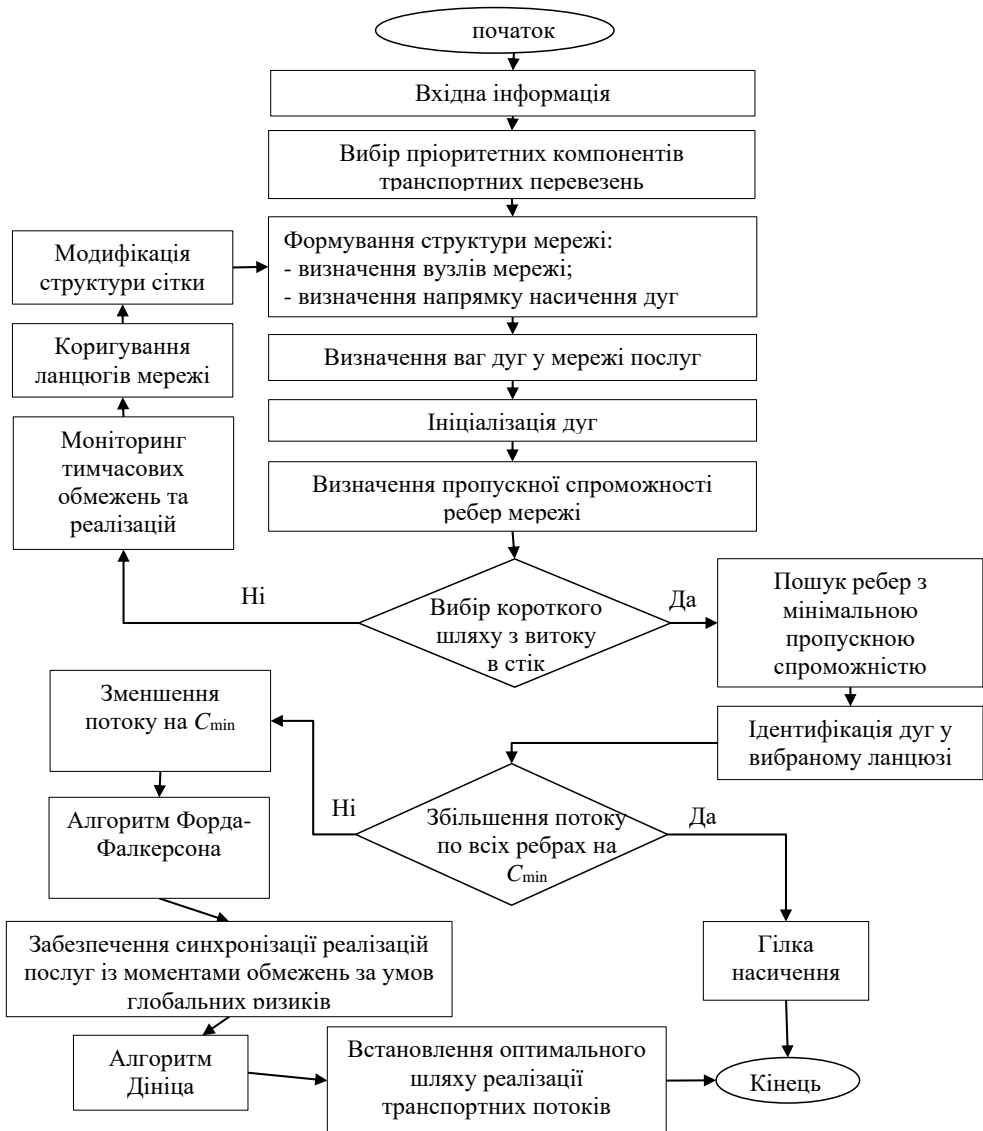


Рис. 5. Модифікований алгоритм максимізації транспортних потоків в умовах непередбачених ситуацій та глобальних ризиків

Послідовне використання алгоритмів Форда-Фалкерсона і Дініца щодо оцінки транспортних перевезень проводиться з урахуванням можливих коригувань та методик оцінки транспортних перевезень у непередбачуваних ситуаціях глобальних ризиків, а також в умовах зовнішніх впливів, що змінюються, і забезпечує динаміку реагування на зовнішню ситуацію.

Висновки. Модифікований алгоритм визначення транспортних потоків в умовах непередбачуваних ситуацій та глобальних ризиків на основі алгоритмів Форда-Фалкерсона та Дініца забезпечує мінімізацію збитків перевізників та максимальний транспортний потік.

Новизною використання запропонованого модифікованого алгоритму є синхронізація технологій використання методології визначення пропускних

здібностей гілок реалізації транспортних потоків з моментами зняття та введення обмежень через непередбачувані ситуації й глобальні ризики.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямку. У майбутньому заплановано використати запропонований алгоритм для розрахунку ймовірнісних оцінок ризиків у перевезеннях безпосередньо суднами морського та річкового транспорту.

Список літератури

1. Wichmann J., Wibotzki M., Sandkuhl K. Toward a smart town: Digital innovation and transformation process in a public sector environment (2021) *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 189, pp. 89-99. DOI: 10.1007/978-981-15-5784-2_8.

2. Zang B., Pu Y., Wang Y., Li J. Forecasting hotel accommodation demand based on LSTM model incorporating internet search index (2019) *Sustainability (Switzerland)*, 11 (17), art. No.4708. DOI:10.1108/JPMD-09-2-17-0094.

3. Бартиш М.Я., Дудзяний І.М. Дослідження операцій. Частина 2. Алгоритми оптимізації на графах: Підручник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 120 с.

4. Sharko M., Lopushynskyi I., Petrushenko N., Zaitseva O., Kliutsevskiy V., Yarchenko Y. (2020) Management of tourists' enterprises adaptation strategies for identifying and predicting multidimensional non-stationary data flows in the face of uncertainties. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 135-151. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3>

5. Zwick, Uri. The smallest networks on which the Ford-Fulkerson maximum flow procedure may fail to terminate // *Theoretical Computer Science : journal*. 1995. 21 August (vol. 148, no. 1). P. 165-170. doi:10.1016/0304-3975(95)00022-O.

6. Qu, Q.-K., Chen, F.-J., Zhou, X.-J. Road traffic bottleneck analysis for expressway for safety under disaster events using blockchain machine learning (2019) *Safety Science*, 118, pp. 925-932. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.06.030

7. Ferreira, J., Callou, G., MacIel, P., Tutsch, D. An algorithm to optimise the energy distribution of data centre electrical infrastructures (2020) *International Journal of Grid and Utility Computing*, 11 (3), pp. 419-433. DOI: 10.1504/IJGUC.2020.107625.

8. Dolgoplov, P., Konstantinov, D., Rybalchenko, L., Muhitovs, R. Optimization of train routes based on neuro-fuzzy modeling and genetic algorithms (2019) *Procedia Computer Science*, 149, pp. 11-18.

9. Dash, P., Rahman, M.M., Zohora, F.T. An alternate simple approach to obtain the maximum flow in a network flow problem (2018) *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (Specialissue10), pp. 8270-8276. DOI: 10.3923/jeasci.2018.8270.8276.

10. Laube, U., Nebel, M.E. Maximum Likelihood Analysis of the Ford-Fulkerson Method on Special Graphs (2016) *Algorithmica*, 74 (4), pp. 1224-1266. DOI: 10.1007/s00453-015-9998-5

11. Takahashi, T. The simplest and smallest network on which the ford-fulkerson maximum flow procedure may fail to terminate (2016) *Journal of Information Processing*, 24 (2), pp. 390-394. DOI: 10.2197/ipsjip.24.390.

12. Dinitz, M., Nazari, Y. Massively parallel approximate distance sketches (2020) *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 153, art. no. 35. DOI: 10.4230/LIPIcs.OPODIS.2019.35.

13. Dinitz, M., Nazari, Y. Brief announcement: Massively parallel approximate distance sketches (2019) *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 146, art. no. 42. Cited 1 time. DOI: 10.4230/LIPIcs.DISC.2019.42.

Стаття надійшла до редакції 08.08.2023.

Шарко Олександр Володимирович – д.т.н., професор, професор кафедри транспортних технологій та механічної інженерії Херсонської державної морської академії, проспект Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000, E-mail: mvsharko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6400-8528>.

Букетов Андрій Вікторович – д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій та механічної інженерії Херсонської державної морської академії, проспект Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000, E-mail: buketov@tntu.edu.ua, <http://orcid.org/0000-0001-9836-3296>.

Клевцов Костянтин Миколайович – д.т.н., професор, професор кафедри транспортних технологій та механічної інженерії Херсонської державної морської академії, проспект Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000, E-mail: klevtsov@i.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8486-1104>.

Сапронов Олександр Олександрович – д.т.н., доцент, професор кафедри транспортних технологій та механічної інженерії Херсонської державної морської академії, проспект Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000, E-mail: oo.sapronov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1115-6556>.

Акімов Олександр Вікторович – к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій та механічної інженерії Херсонської державної морської академії, проспект Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000, E-mail: akimoffsasha@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8613-2837>.

O. V. SHARKO, A. V. BUKETOV, K. M. KLEVTSOV, O. O. SAPRONOV, O. V. AKIMOV

SIMULATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS SCHEMES OF TRUCK TRANSPORTATION UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL RISKS

As a result of the increase in the number of factors that ensure the efficiency of transport flows, the methods of building mathematical models, which are based on the consideration of general laws, turned out to be ineffective. Therefore, it is promising to involve experimental methods of identification based on the formalization of the results of observations and analysis of the arrival of new information about changes in the situation that has developed with the use of new digital technologies.

The article shows that in the near future, road connections together with water transport will be of key importance, and therefore the task of mathematically ensuring the management of the preservation of traffic flows under the conditions of global risks will always be relevant. The method of work is the modeling of traffic flows under conditions of preservation of global risks.

A solution to the problem of maintaining the dynamics of traffic flows caused by the pandemic, military actions and extreme situations is proposed. Based on graph theory, Ford-Falkerson and Dinitz algorithms, a modified algorithm for determining the structure of transportation was developed. A feature of the algorithm is the synchronization of the capacity of transport flows with the moments of lifting and introducing restrictions on transport. The novel proposed algorithm is the possibility of adjusting transport routes. Also, a new use of the proposed modified algorithm is the synchronization of technologies using the methodology of determining the throughput capacity of the branches of the implementation of transport flows with moments of the concept and introduction of restrictions due to unforeseen situations and global risks. The modified algorithm for determining traffic flows in the conditions of unforeseen situations and global risks based on the maximum algorithms of Ford-Falkerson and Dinitz ensures the minimization of losses of carriers and traffic flow. Implementation of the algorithm ensures maximum traffic flow in extreme conditions and global risks.

Keywords: traffic flows, transportation, modeling, network modification, global risks.

References

1. Wichmann J., Wibotzki M., Sandkuhl K. Toward a smart town: Digital innovation and transformation process in a public sector environment (2021) Smart Innovation, Systems and Technologies, 189, pp. 89-99. DOI: 10.1007/978-981-15-5784-2_8.
2. Zang B., Pu Y., Wang Y., Li J. Forecasting hotel accommodation demand based on LSTM model incorporating internet search index (2019) Sustainability (Switzerland), 11 (17), art. No.4708. DOI:10.1108/JPMD-09-2-17-0094.
3. Bartysh M.Ya., Dudzyanyy I.M. Doslidzhennya operatsiy. Chastyna 2. Alhorytmy optymizatsiyi na hrafakh: Pidruchnyk. – L'viv: Vydavnychyy tsentr LNU imeni Ivana Franka, 2007. – 120 s.
4. Sharko M., Lopushynskiy I., Petrushenko N., Zaitseva O., Kliutsevskiy V., Yarchenko Y. (2020) Management of tourists" enterprises adaptation strategies for identifying and predicting multidimensional non-stationary data flows in the face of uncertainties. Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 135-151. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3>.
5. Zwick, Uri. The smallest networks on which the Ford-Fulkerson maximum flow procedure may fail to terminate // Theoretical Computer Science : journal. 1995. 21 August (vol. 148, no. 1). P. 165-170. doi:10.1016/0304-3975(95)00022-O.
6. Qu, Q.-K., Chen, F.-J., Zhou, X.-J. Road traffic bottleneck analysis for expressway for safety under disaster events using blockchain machine learning (2019) Safety Science, 118, pp. 925-932. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.06.030.
7. Ferreira, J., Callou, G., MacIel, P., Tutsch, D. An algorithm to optimise the energy distribution of data centre electrical infrastructures (2020) International Journal of Grid and Utility Computing, 11 (3), pp. 419-433. DOI: 10.1504/IJGUC.2020.107625.

8. Dolgoplov, P., Konstantinov, D., Rybalchenko, L., Muhitovs, R. Optimization of train routes based on neuro-fuzzy modeling and genetic algorithms (2019) *Procedia Computer Science*, 149, pp. 11-18.
9. Dash, P., Rahman, M.M., Zohora, F.T. An alternate simple approach to obtain the maximum flow in a network flow problem (2018) *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (Specialissue10), pp. 8270-8276. DOI: 10.3923/jeasci.2018.8270.8276.
10. Laube, U., Nebel, M.E. Maximum Likelihood Analysis of the Ford–Fulkerson Method on Special Graphs (2016) *Algorithmica*, 74 (4), pp. 1224-1266. DOI: 10.1007/s00453-015-9998-5.
11. Takahashi, T. The simplest and smallest network on which the ford-fulkerson maximum flow procedure may fail to terminate (2016) *Journal of Information Processing*, 24 (2), pp. 390-394. DOI: 10.2197/ipsjjip.24.390.
12. Dinitz, M., Nazari, Y. Massively parallel approximate distance sketches (2020) *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 153, art. no. 35. DOI: 10.4230/LIPIcs.OPODIS.2019.35.
13. Dinitz, M., Nazari, Y. Brief announcement: Massively parallel approximate distance sketches (2019) *Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs*, 146, art. no. 42. Cited 1 time. DOI: 10.4230/LIPIcs.DISC.2019.42.

Sharko Oleksandr Volodymyrovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering, Kherson State Maritime Academy, Ushakova Avenue, 20, Kherson, Ukraine, 73000, E-mail: mvsharko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6400-8528>.

Buketov Andrii Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering, Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova Avenue, Kherson, Ukraine, 73000, E-mail: buketov@tntu.edu.ua, <http://orcid.org/0000-0001-9836-3296>.

Klevtsov Kostyantyn Mykolayovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering, Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova Avenue, Kherson, Ukraine, 73000, E-mail: klevtsov@i.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8486-1104>.

Sapronov Oleksandr Oleksandrovych – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering, Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova Avenue, Kherson, Ukraine, 73000, E-mail: oo.sapronov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1115-6556>.

Akimov Oleksandr Viktorovich – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering, Kherson State Maritime Academy, Ushakova Avenue, 20, Kherson, Ukraine, 73000, E-mail: akimoffsasha@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8613-2837>.