МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

V-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ТРАНСПОРТ: НАУКА ТА ПРАКТИКА»

21-22 травня 2026 р.



Україна, Київ – Одеса

Список використаних джерел

1. Кічкіна О.І., Кічкін О.В. Цифрова трансформація інформаційного забезпечення перевізників малого та середнього бізнесу США та України з використанням технологій штучного інтелекту. Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки. Дніпро: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2026. Вип.53, том 2. С. 233-243 DOI: https://doi.org/10.31498/2225-6733.53.2.2026

ki4kinaoi@ukr.net

kichkin@ukr.net

УДК 656.615:519.8

Прохоров В.М., к.т.н., доц.

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

СИНХРОНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ МОРСЬКОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКАХ ПОРТОВИХ ВУЗЛІВ НА ОСНОВІ VCG-ГРАФІВ

Анотація. *У роботі представлено метод оптимізації роботи мультимодального вузла шляхом побудови цифрового двійника, що базується на поєднанні генетичних алгоритмів та топологічного аналізу конфліктів. Використання графів вразливості-конфлікту (VCG) дозволяє моделювати динамічне «розтікання» суден вздовж причального фронту з урахуванням обмежень залізничної інфраструктури. Запропонований підхід мінімізує часові розриви в ланцюзі «судно-вагон».*

Проблематика. В умовах глобалізації логістичних процесів ефективність морського порту визначається не лише його технічним оснащенням, а й здатністю до швидкої адаптації технологічних процесів. Ключовим вузьким місцем залишається координація підходу великотоннажних суден із графіками роботи залізничних операторів. Традиційні лінійні моделі планування не

враховують стохастичну природу транспортних потоків та складні топологічні залежності між ресурсами. Створення цифрових двійників на базі інтелектуальних алгоритмів є необхідним кроком для вирішення задачі синхронізації море-залізниця в режимі реального часу.

Основні матеріали дослідження. Основою запропонованого цифрового двійника є концепція деформівного графічного представлення суден. Кожне судно в системі координат «дискретна ділянка причалу – час» розглядається як об'єкт із фіксованою площею (заданим обсягом робіт у крано-годинах) та варіативною геометрією. Принцип «розтікання» судна вздовж причального фронту дозволяє інтенсифікувати обробку шляхом залучення додаткових кранових ресурсів, що автоматично зменшує часову висоту об'єкта на графіку.

Для формалізації просторово-часових обмежень у моделі використано апарат графів вразливості-конфлікту (англ. Vulnerability-Conflict-Graph, VCG). У даному графі вершини V відповідають окремим суднам, а ребра E відображають потенційні конфлікти за ресурси (причальну довжину або залізничну пропускну спроможність). VCG-структура дозволяє виявити критичні точки в плані-графіку, де «розтікання» одного судна може призвести до блокування обслуговування інших об'єктів або до перевантаження залізничної станції.

Математичне ядро моделі розраховує час перебування судна в порту $T_{end,i}$ як динамічну величину, що залежить від поточної топології VCG-графа:

$$T_{end,i} = ETA_i + \Delta t_{wait} + \frac{Q_i}{w_i \cdot P_k}, \quad (1)$$

де w_i – ширина судна (кількість 25-метрових модулів причалу), Q_i – обсяг перевалки, P_k – продуктивність технологічної лінії, ETA_i – орієнтовний час прибуття і-го судна (англ. Estimated Time of Arrival) це нижня межа по осі часу, нижче якої «кубик» судна впасти не може.

Взаємодія з залізничним сегментом описується через обмеження сумарного вихідного потоку. Цифровий двійник залізничної станції генерує умови, за яких темп вивантаження суден повинен корелювати з наявністю порожнього рухомого складу та вільних ниток графіка руху поїздів. Стан системи описується нерівністю:

$$\sum_{i=1}^{n} \delta_i(t) \cdot \frac{Q_i \cdot k_{direct}}{T_{work,i}} \le \Phi_{rail}(t), \tag{2}$$

де $\delta(t)=1$, якщо судно і обробляється в момент t, та $\Phi_{rail}(t)$ — миттєва переробна спроможність залізничного вузла.

Для розв'язання задачі використано генетичний алгоритм (ГА), який оперує хромосомами змішаного типу. Через механізм ранжування пріоритетів формується оптимальна черга падіння об'єктів у «гравітаційну модель». ГА оцінює кожну ітерацію плану через VCG-граф на предмет стійкості до затримок. Кожна перестановка в черзі суден призводить до перебудови топології графа конфліктів, що дозволяє алгоритму знаходити глобальний мінімум цільової функції:

$$Z = \alpha \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(t_{start,i} - ETA_i \right) + \beta \cdot \max\left(t_{end,i} \right), \tag{3}$$

де α, β — вагові коефіцієнти значущості простою суден та загального часу завершення робіт у вузлі.

Застосування цифрового двійника дозволяє реалізувати стратегію «активного розтікання». Якщо VCG-граф показує відсутність конфліктів на певному часовому інтервалі, система автоматично збільшує значення wi, прискорюючи обробку судна та вивільнення рухомого складу. Це забезпечує максимальну щільність пакування суден у просторово-часовій області причального фронту.

Висновки. Інтеграція VCG-графів у структуру цифрових двійників портових вузлів створює математичне підґрунтя для глибокої синхронізації суміжних видів транспорту. Моделювання в середовищі MATLAB підтвердило, що врахування топологічних конфліктів дозволяє підвищити пропускну спроможність стику море-залізниця на 18-22%. Запропонована модель є універсальною та може бути адаптована для будь-яких мультимодальних комплексів з обмеженими фронтами обробки.

vicmmx@gmail.com

УДК 656.61:004:658.7

Шкурко Є. Л., ст. викладач

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

РОЗВИТОК ЦИФРОВИХ ЕКОСИСТЕМ У СФЕРІ МОРСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ УКРАЇНИ

Анотація. *У роботі досліджено особливості розвитку цифрових екосистем у сфері морської логістики України в умовах цифрової трансформації транспортної галузі. Визначено роль цифрових платформ, інформаційних технологій та інтегрованих логістичних рішень у підвищенні ефективності морських перевезень і функціонування транспортно-логістичних систем. Проаналізовано сучасні тенденції впровадження Smart Logistics, автоматизації логістичних процесів та цифрової взаємодії учасників морського логістичного ланцюга. Обґрунтовано необхідність розвитку цифрових екосистем як чинника підвищення конкурентоспроможності морської логістики України, оптимізації вантажопотоків і забезпечення стійкості транспортної інфраструктури в сучасних умовах.*

Проблематика дослідження. У сучасних умовах цифрової трансформації та розвитку глобальних транспортно-логістичних мереж особливої актуальності набуває формування цифрових екосистем у сфері морської логістики. Зростання вимог до ефективності перевезень, прозорості логістичних процесів і швидкості

Ловська А.О. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОПОДІБНИХ ЛИСТІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБШИВКИ СТІН НАПІВВАГОНІВ 348

Плекан У.М. РОЛЬ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 352

Сакно О.П., Клещевников Д.В., Переверзєв Є.М., Медведєв Є.П. ДОСВІД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ 355

Семененко Ю.О., Середа О.Г., Семененко О.Д. ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ 359

Скуріхін Д.І., Ловська А.О., Равлюк В.Г., Рибін А.В., Бондаренко В.В. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АНАЛІЗУ СПЕКТРОГРАМ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА І РЕЙКИ 363

Фомін О.В., Прокопенко П.М. ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕД ДОПУСКОМ ЇХ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ 368

Фомін О.В., Козинка О.С., Безлуцький В.О. ВПЛИВ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКАРБОНАТУ НА ПАРАМЕТРИ ДЕМПФУВАННЯ ТА ЖОРСТКОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ 373

Фомін О.В., Терещук М.П. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ РАМИ ДРЕЗИНИ ВАНТАЖНОЇ КРАНОВОЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕНЬ 377

Хара М.В., Макогон І.О., Коваленко М.С. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА 380

Чуйко С.П. АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У ВОЄННИЙ СТАН 382