

УДК 656.615:510.589
JEL Classification: C44, C61, C73, C90, R41
DOI 10.31375/2226-1915-2022-1-29-41

ПРО ДЕЯКІ ПІДХОДИ
ДО МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ
МОРСЬКИХ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПОРТІВ

О.Б. Гіріна
к.е.н., доцент кафедри
«Управління логістичними системами
та проектами»

Одеський національний морський університет,
Одеса, Україна

Анотація. В статті розглядаються існуючі підходи до моделювання пропускної спроможності морських торговельних портів. Виконаний огляд досліджень моделей розвитку морських портів з метою узагальнення досвіду моделювання складних процесів. Розглядаються приклади досліджень стохастичного моделювання, моделей масового обслуговування, сценарного підходу з поєднанням імітаційного моделювання, використання апарату марківських процесів зі знесенням, динамічної оптимізаційної моделі, статистичного моделювання через систему бізнес-процесів.

Пропонується дворівнева багатofакторна динамічна модель лінійного програмування транспортної системи доставки вантажів різної номенклатури через порти для визначення пропускної спроможності портів та їх спеціалізації за видами вантажів. Розкривається багатofакторність моделювання шляхом запропонованої моделі та можливість її використання як для цілей аналізу лімітуючих потужностей портів, так і для обґрунтування варіантів їх розвитку за критерієм максимум приведенного чистого доходу з умовою повернення кредитів рівними сумами та додатковими обмеженнями на обсяги інвестицій, кредитів по роках та умовою невід'ємності чистої наведеної вартості окремих інвестиційних проектів у портах. Виконується багатокритеріальна оптимізація. Розглядається порівняння аналітичного, імітаційного та ситуаційного моделювання морських торговельних портів.

Ключові слова: аналітичні, економічні моделі, імітаційне моделювання, ситуаційне моделювання, морські торговельні порти.

УДК 656.615:510.589
JEL Classification: C44, C61, C73, C90, R41
DOI 10.31375/2226-1915-2022-1-29-41

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ
К МОДЕЛИРОВАНИЮ
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
МОРСКИХ ТОРГОВЫХ ПОРТОВ

О.Б. Гирина
к.э.н., доцент кафедры
«Управление логистическими системами
и проектами»

Одесский национальный морской университет,
Одесса, Украина

Аннотация. В статье рассматриваются существующие подходы к моделированию пропускной способности морских торговых портов. Проведен обзор исследований моделей развития морских портов с целью обобщения опыта моделирования сложных процессов. Рассматриваются примеры исследований стохастического моделирования, моделей массового обслуживания, сценарного подхода с сочетанием имитационного моделирования, использования аппарата марковских процессов со сносом, динамической оптимизационной модели, статистического моделирования через систему бизнес-процессов.

Предлагается двухуровневая динамическая модель линейного программирования транспортной системы доставки грузов разной номенклатуры через порты для определения пропускной способности портов и их специализации по видам грузов. Раскрывается многофакторность моделирования путем предложенной модели и возможность ее использования как для целей анализа лимитирующих мощностей портов, так и для обоснования вариантов их развития по критерию максимум приведенного чистого дохода с условием возврата кредитов равными суммами и дополнительными ограничениями на объемы инвестиций, кредитов по годам и условиям неотрицательности чистой приведенной стоимости отдельных инвестиционных проектов в портах. Выполняется многокритериальная оптимизация. Рассматривается сравнение аналитического, имитационного и ситуационного моделирования морских торговых портов.

Ключевые слова: аналитические, экономические модели, имитационное моделирование, ситуационное моделирование, морские торговые порты.

UDC 656.615:510.589

JEL Classification: C44, C61, C73, C90, R41

DOI 10.31375/2226-1915-2022-1-29-41

ON SOME APPROACHES TO MODELING OF THE SEA TRADING PORTS THROUGHPUTS

Olga B. Girina

PhD, associate Professor of Department of «Management of Logistics Systems and Projects»

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5917-6551>

Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

Abstract. *The article considers the existing approaches to modeling the capacity of commercial seaports. A review of research on seaport development models in order to summarize the experience of modeling complex processes and improve their use for forecasting and analysis. Economic and mathematical modeling of ports is directly related to one or another of their conceptual models*

Examples of stochastic modeling studies, queuing models, scenario approach with combination of simulation modeling, use of Markov apparatus with demolition, dynamic optimization model based on methods of inventory management theory, namely the generalized Wagner-Whitein dynamic model are considered. Simulation modeling of sea trade ports in four main directions was considered: modeling of dynamic systems, discrete – event modeling, system dynamics, agent modeling.

The aim of the study is to compare approaches to modeling the capacity of commercial seaports in the current state.

A two-level multifactor dynamic model of linear programming is proposed to determine the capacity of ports and their specialization by type of cargo in a broad sense. The multifactorial modeling by the proposed model and the possibility of its use for the purposes of analysis limiting the capacity of ports, and to justify options for their development. The method of organizing the delivery of goods through transshipment ports by different modes of transport is implemented in the process of optimal distribution of cargo between ports and modes of transport, which determines the specialization of ports by type of cargo in a broad sense. It was solving the problem determines the reserves of port capacity and limiting the resources of ports in which to invest for the development of growing cargo flows. The possibility of choosing options for the development of commercial seaports was realized in the model on the basis of maximum net income with the condition of repayment of loans in equal amounts and additional restrictions on investment, loans by year and the condition of inseparable net present value of individual investment projects in ports.

Multicriteria optimization was considered in order to choose a solution that meets the interests of all participants in the transport process.

Comparison of analytical, simulation and situational modeling of sea trade ports is performed.

Keywords: *analytical, econometric models, simulation modeling, situational modeling, sea trade ports.*

Постановка проблеми. В умовах високого ступеня невизначеності зовнішнього та внутрішнього середовища управління підприємством являє собою адаптаційний багатокроковий процес поступового формування та осмислення перспективних та поточних цілей та можливості їх досягнення. Сьогодні моделювання стає єдиним практичним ефективним засобом знаходження шляхів оптимального (чи прийняттого) вирішення проблем у складних системах, засобом підтримки прийняття відповідальних рішень. При виборі альтернатив доводиться враховувати велику кількість суперечливих вимог і, отже, оцінювати варіанти рішень за багатьма критеріями.

Морські торговельні порти можна зарахувати до складних систем, їх роль у суспільстві постійно змінюється, що ускладнює їх виробничі функції, задачі розвитку та структуру. Моделювання цих економічних об'єктів теж висвітлює зміни, що потребує різних методів та підходів.

У роботі Бересфорда (А.К.С. Beresford, 2006) [1] розглядаються існуючі концептуальні моделі розвитку портів та терміналів, рушійні сили та обмеження, що визначають процес змін. У роботі Кузнецова А.Л., Галіна А.В. [2] представлено п'ять основних моделей портового розвитку та їх модифікацій та варіантів, що розвивають базові у тому чи іншому аспекті. Авторами доводиться, що створити єдину концептуальну модель розвитку порту не вдається, що гносеологічні причини цього лежать не в слабкості теоретич-

них побудов, але в самій природі явища, що вивчається.

Морські порти відіграють критично важливу роль як посередники в економічному обміні та логістичних процесах і, таким чином, становляться ключовими вузлами в глобалізованих виробничих мережах та системах мобільності. Вузькі місця, що виникають, відображають дефіцит взаємодії між економічними системами і факторами, що визначають розвиток порту (наприклад, транспортний попит, структура торгівлі, транс-портні послуги, інституційні можливості) (Monios, J., Wilmsmeier, G., 2016) [3]. Економікоматематичне моделювання портів пов'язане безпосередньо з тими чи іншими їх концептуальними моделями.

Огляд останніх досліджень та публікацій. Виробнича діяльність морських торговельних портів залежить від нерівномірної роботи видів транспорту, що може характеризуватися випадковими величинами і процесами. Як аналітичні, так і імітаційні моделі використовують для вирішення завдань, які включають випадкові події. У тому випадку, коли аналітичні моделі не можна застосовувати, застосовують імітаційні моделі.

У результаті дослідження, яке розглянуто в роботі Купцова Н.В. [4], створено та апробовано стохастичну модель для ймовірнісної оцінки пропускної спроможності морського вантажного фронту (МВФ) вугільних експортних терміналів. Застосування стохастичного моделювання дозволяє збільшити точність, а також відповідність пропускної спроможності МВФ реальному вантажообігу вугільних

терміналів, що підтверджують обчислювальні експерименти.

Питанню визначення пропускної спроможності морського терміналу присвячено дослідження Лапкіної І.А, Малаксіано Н.А. [5], в якому використовується імітаційна модель для оцінки пропускної спроможності морського терміналу, що знаходиться у гирлі річки. Результати моделювання дозволили авторам з високою точністю прогнозувати показники ефективності функціонування терміналу щодо різних варіантів його стратегічного розвитку.

Метою статті Малаксіано О.А. [6] є дослідження співвідношення між показниками обробки суден і рівня завантаження терміналу за допомогою відповідної математичної моделі, заснованої на застосуванні теорії масового обслуговування. Отримані відносини між показниками обробки суден і рівнем завантаження терміналу можуть бути використаними для дослідження оптимального рівня завантаження, що приносить максимальний прибуток для системи порт-оператор-клієнт. Цей метод також може бути використаний для визначення характеристик терміналу, щоб відповідати заданому рівню завантаження.

Дослідження Васіна А.В. [7] показало, що за допомогою моделі системи масового обслуговування (СМО) з чергою можна спроектувати необхідну конфігурацію порту на основі статистичної інформації про кількість суден, що приходять в одиницю часу, тривалості та вартості обслуговування судна. Критерієм якості вантажно-розвантажувальних робіт, що проводяться на суднах, є

математичне очікування кількості суден, що простоюють.

У роботі Рахмангулова А.Н., Мурав'їова Д.С. [8] для визначення оптимального поєднання параметрів у процесі стратегічного планування розвитку портової інфраструктури запропоновано застосовувати сценарний підхід у поєднанні з методом імітаційного моделювання. З використанням розробленої імітаційної моделі системи «морський порт»-«сухий порт», створеної в програмному середовищі Any Logic, проведено експерименти з модельними даними.

У роботі Постан М.Я., Кушнір Л.В. [9] розроблено ймовірнісну модель роботи портового терміналу, яка враховує нерівномірність завантаження наземним транспортом вантажу та вивезення його суднами. За допомогою апарату марківських процесів зі знесенням в [9] розраховані показники пропускної спроможності терміналу. На основі отриманого рішення виведено формули для розрахунку основних показників ефективності роботи терміналу, розроблено метод розрахунку потрібної місткості складу та отримана формула для розрахунку економічно доцільного терміну окупності проекту створення терміналу.

У статті Крука Ю.Ю., Постан М.Я. [10] запропоновано підхід до побудови динамічної оптимізаційної моделі для оперативного регулювання прибуття на портовий термінал наземного виду транспорту, а також процесу навантаження вантажу при заданому графіку прибуття на термінал суден. Підхід заснований на методах теорії управління запасами, а саме на узагальненій динамічній мо-

делі Вагнера-Уайтіна. Розглянуто різні критерії оптимальності. Оптимізаційне завдання звелось до задачі лінійного програмування.

У статті Salem M. AL-YA-KOUB, Hanif D. SHERAL [11] представлено підхід математичного моделювання на основі оптимізації для задачі перевантаження нафтового об'єкта з одного джерела. Використовується змішана цілочисельна модель нелінійного програмування та гібридний двоступеневий алгоритм, який поєднує розумні розташування об'єктів, отримані в результаті запропонованої моделі, та раніше розроблений підхід генерування колонок. Результати показують, що покращення загальних операційних витрат можна досягти шляхом стратегічного визначення економічно ефективних місць перевантажувального об'єкта.

Збільшення виробничих потужностей портів розглядається як одна з найважливіших цілей розвитку інфраструктури морського транспорту, що потребує використання адекватних методів прогнозування.

Статистичне моделювання морських торговельних портів представлено, наприклад, в роботі Багірова Е. із співавторами [12]. В цій роботі використана концепція модульності в управлінні розвитком морського порту через систему бізнес-процесів, в якій описуються прогнозні моделі вантажопотоків на прикладі використання морського порту Баку.

У роботі Прохоренкова А.М. [13] розглянуто методи створення систем для реалізації інтелектуального управління перевантажувальними процесами у морському порту. Рух вантажопотоків потребує постій-

ного вирішення поодиноких ситуаційних транспортних завдань оперативного планування та управління. Результати досліджень [13] дозволяють успішно вирішувати задачу ситуаційного моделювання процесів перевантаження вантажів, а також оцінювати витрати у цих процесах. Програми, розроблені в системі MATLAB з використанням пакету Simulink, дозволяють формувати завдання на виконання вантажних робіт з урахуванням узгоджених спільних дій як обслуговуючого персоналу вантажного терміналу, так і вахтового судноводія вантажного судна.

Таким чином, прогнозування та аналіз розвитку портів виконується засобами різних методів моделювання – аналітичного, стохастичного, статистичного, імітаційного, ситуаційного, що має тенденцію розвитку та ускладнення алгоритмів. Використання тих чи інших підходів пов'язано з наявністю вихідних даних та необхідною точністю розрахунків.

Завдання дослідження полягає в порівнянні підходів до моделювання пропускної спроможності морських торговельних портів у сучасному стані.

Основний матеріал дослідження. Для визначення та аналізу пропускної спроможності морських торговельних портів запропоновано дворівневу динамічну оптимізаційну модель транспортної системи доставки вантажів різної номенклатури через порти, в якій на верхньому рівні розподіляються вантажопотоки між портами та видами транспорту, а на другому рівні розглядаються моделі визначення внутрішньопортової спе-

ціалізації або розвитку окремих портів [14].

Визначення пропускної спроможності портів базується у цій моделі [14] на ринковому співвідношенні між попитом на послуги портів, що вимірюється обсягом вантажопотоків в системі транспортних підприємств, та пропозицією цих послуг, що вимірюється бюджетом часу ресурсів портів. В системі лінійних обмежень на обсяги вантажопотоків різної номенклатури та критерію на мінімум витрат видів транспорту та портів відображені фактори зовнішнього середовища в системі транспортних підприємств та вантажовласників.

В обмеженнях на бюджет часу ресурсів портів та на пропускну здатність видів транспорту на окремих напрямках описуються фактори техніко-експлуатаційних характеристик видів транспорту та портів.

Нормативи використання ресурсів та видів транспорту формують окрему групу факторів, які відображають напруженість планових завдань, що також впливає на пропускну спроможність портів.

Спосіб організації доставки вантажів через порти перевалки різними видами транспорту реалізується в процесі оптимального розподілення вантажів між портами та видами транспорту, що визначає спеціалізацію портів за видами вантажів у широкому сенсі. Рішення задачі за критерієм максимум обсягів перевезень та перевантаження через порти дає інформацію про максимальні резерви пропускної спроможності портів та вказує лімітуючі ресурси портів, в які

треба вкладати інвестиції для освоєння зростаючих вантажопотоків.

Можливість вибору варіантів розвитку морських торговельних портів реалізується також в моделі [14] за критерієм максимум приведенного чистого доходу з умовою повернення кредитів рівними сумами та додатковими обмеженнями на обсяги інвестицій, кредитів по роках та умовою невід'ємності чистої наведеної вартості окремих інвестиційних проєктів у портах.

Даний підхід дозволяє врахувати велику кількість як зовнішніх, так і внутрішніх факторів, що впливають на роботу портів та видів транспорту.

Аналіз та оптимізація використання пропускної спроможності порту в процесі його розвитку виконується за допомогою моделі [15], в якій виробничі та фінансові фактори описуються на основі виробничих функцій та кореляційних рівнянь на прикладі порту Чорноморськ. Перевагою моделей [14; 15] є використання багатокритеріальної оптимізації з метою вибору такого рішення, що задовольняє інтереси всіх учасників транспортного процесу та обґрунтовує варіант сталого розвитку портів.

Сполучення методів економетрики, системної динаміки, основних видів імітаційного моделювання та вбудованих у них елементів математичного апарату розглядається як один із пріоритетів досліджень у галузі комплексів прийняття рішень та моделювання господарських систем.

Порівняння цих підходів наведено в таблиці.

Таблиця

Порівняння підходів до моделювання морських торговельних портів

Моделльні підходи	Переваги	Недоліки
Аналітичні, економетричні моделі	<ul style="list-style-type: none"> - Можна отримати оптимальне рішення. - Багатофакторні задачі. - Багатономенклатурна задача перевезення і перевантаження через порти. 	<ul style="list-style-type: none"> - Велика розмірність моделей. - Деяке спрощення якісних характеристик.
Імітаційні моделі	<ul style="list-style-type: none"> - Можливість багаторазового вимірювання параметрів моделі, що цікавлять нас. - Дослідження складних сценаріїв поведінки системи. 	<ul style="list-style-type: none"> - Імітаційне моделювання вимагає оцінювати велику кількість можливих альтернативних рішень. - Моделювання однорідних вантажопотоків та спеціалізованих потужностей портів.
Ситуаційні моделі	<ul style="list-style-type: none"> - Скорочення часу розрахунків. - Підвищення якості прийняття рішень. - Раціональне використання ресурсів. - Інтелектуальне управління, врахування людського фактору у процесі вибору рішень. 	<ul style="list-style-type: none"> - Велика частка програмування в (80 %) у загальних працезатратах на розробку моделі. - Трудомісткість переходу від моделі предметної області до її технічної реалізації. - У системах з великою розмірністю кількість ситуацій та мікроситуацій може бути великою.

Джерело: власна розробка

У процесі моделювання складних систем імітаційні моделі вважаються одним із найпопулярніших та найкорисніших методів кількісного аналізу. При цьому часто аналітичні моделі вважаються кращими ніж імітаційні з наступних причин:

1. Імітаційне моделювання вимагає проведення великої кількості випробувань, щоб отримати хорошу

оцінку значення цільової функції кожного окремого рішення.

2. За допомогою аналітичної моделі можна отримати оптимальне рішення.

3. Розв'язання задачі за допомогою імітаційного моделювання вимагає оцінити велику кількість можливих альтернативних рішень.

До переваг імітаційного моделювання в порівнянні з аналітичними моделями можна віднести:

1. Можливість багаторазового вимірювання параметрів моделі, що цікавлять нас.

2. Можливість дослідження складних сценаріїв поведінки системи.

Імітаційне моделювання можна розглядати як один із способів моделювання, який передбачає подальше дослідження.

Імітаційне моделювання налічує нині чотири основних напрями:

1) моделювання динамічних систем [4];

2) дискретно-подійне моделювання [5-9];

3) системна динаміка;

4) агентне моделювання.

В даний час у багатьох випадках імітаційні моделі будуються не замість аналітичних, а паралельно з ними, оскільки вони відносно прості для створення та дозволяють досліджувати такі параметри реальних систем, які неможливо відобразити в аналітичних моделях. Комбіноване використання аналітичних та імітаційних методів дозволяє поєднувати переваги обох підходів.

Відзначається також важлива інтегруюча, системоутворююча роль методів та технологій динамічного моделювання у процедурах та системах підтримки прийняття рішень. Можливість цих методів істотно може бути розширена за рахунок активного застосування багатofункціональних аналітичних систем як на етапі створення імітаційної моделі, так і при вбудовуванні в людиномашинні процедури прийняття рі-

шень, які орієнтовані на проведення сценарного дослідження на основі динамічної моделі підприємства. Ситуаційний підхід у прийнятті рішень для транспортно-логістичної системи передбачає не лише оцінити ситуацію, що виникла на маршруті, а й визначити керуючі рішення. Розробка моделей доставки вантажів полягає в поданні ситуаційної моделі як вузлів графа, переходи якого відповідають управлінським рішенням (Фараонов А.В. [16]).

Одним із перспективних напрямів створення моделей прийняття рішень, що дозволяють використовувати змістовні відомості про конкретні ситуації та відображати реальну динаміку процесів, а також враховувати людський фактор у процесі вибору рішень є метод ситуаційного управління.

Для опису ситуацій використовуються семіотичні (ситуаційні) мови та моделі, серед яких можна виділити такі основні підходи (Аксенов К.А.) [17]:

- дискретні ситуаційні мережі (ДСС);

- RX-коди;

- Логіка предикатів;

- Універсальний семантичний код.

Застосування ситуаційних моделей в управлінні сприяє підвищенню ефективності прийнятих рішень, скороченню часу та підвищенню якості прийняття рішень, більш раціональному використанню наявних ресурсів. Розробка систем ситуаційного моделювання – один із перспективних напрямів розвитку систем підтримки прийняття рішень.

Висновки. Розглянуті підходи до задачі визначення пропускної спроможності морських торговельних портів свідчать про розвиток методів моделювання у цьому напрямку та дозволяють вирішити її відповідно до змін ролі портів у системі транспортних підприємств як з урахуванням різної номенклатури вантажів, що перевантажуються, так і різних параметрів транспортних засобів і технологій перевалки та перевезення вантажів.

Запропонована дворівнева оптимізаційна модель для визначення пропускної спроможності портів у системі доставки вантажів дозволяє

вирішити поставлену задачу в інтересах усіх учасників – видів транспорту, портів, вантажовласників. Цей підхід більше спрямований на вирішення проблеми у перспективному та поточному плануванні. Різноманітність аналізованих факторів в аналітичних та економетричних моделях збільшує розмірність поставлених задач. Результати оптимізації можуть давати первісну оптимістичну оцінку тим чи іншим параметрам портів, тоді як імітаційне та ситуаційне моделювання дозволяє корегувати ці результати, підвищити точність та якість обчислень, зближуючи їх з практичною реалізацією розрахунків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. A. K. C. Beresford, Aristotelis Naniopoulos, Chris Wooldridge. *The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution? Maritime Policy & Management* 31(2):93-107. DOI: 10.1080/0308883042000205061. Published online: 08 Aug 2006. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0308883042000205061>
2. Кузнецов А.Л., Галин А.В. Генезис моделей развития портов в современной транспортной науке // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2015. № 2(30). С. 141-153. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-2-141-153
3. Monios, J., Wilmsmeier, G. *Between path dependency and contingency: new challenges for the geography of port system evolution. Journal of Transport Geography*. 51:247-251. Doi:10.1016/j.jtrangeo.2016.01.008/. URL: <https://www.napier.ac.uk/~media/worktribe/output-169078/between-path-dependency-and-contingency-new-challenges-for-the-geography-of-port-system.pdf>
4. Купцов Н.В., Кузнецов А.Л., Шатилин А.В. Разработка модели вероятностной оценки пропускной способности морского грузового фронта экспортного угольного терминала // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2020. Т. 12. № 1. С. 17-34. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-17-34.

5. Лапкіна І.О., Малаксіано М.О. Использование методов имитационного моделирования для оценки пропускной способности морского терминала // Зб. наук. праць УІІ-ї міжнародної науково-практичної конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення». До 100-річчя Національної академії наук України. 23-25 травня 2018 р. Одеса: Куприєнко С.В. С.34-35 URL:https://snu.edu.ua/wpcontent/uploads/2018/05/k_05_18.pdf
6. Malaksiano O.A., Malaksiano M.O. The relationship between the loading level and capacity of the sea port terminal // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. 2014. № 2(12). С. 21-27. URL: <http://economics.opu.ua/files/archive/2014/n2.html>
7. Васин А.В., Захаров Д.С., Анненко Л.В. Моделирование оптимальной конфигурации морского порта // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2019. Т. 11. № 4. С. 662-669. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-662-669.
8. Рахмангулов А.Н., Муравьев Д.С. Развитие морской портовой инфраструктуры региона на основе «сухих портов». Экономика региона. 2016. Т. 12. Вып. 3. С. 924-936. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2016-rahmangulov-muraviev.pdf>
9. Постан М.Я., Кушнир Л.В. Метод определения пропускной способности портового терминала при неравномерном завозе и вывозе грузов. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. ISSN 1729-3774 4/3(72). 2016. URL: <https://media.neliti.com/media/publications/306813-a-method-of-determination-of-port-termin-1846124c.pdf>
10. Крук Ю.Ю., Постан М.Я. Разработка и анализ динамической модели оптимизации взаимодействия транспортных потоков на портовом терминале. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. Т. 1, № 3 (79). С. 19–23. doi: 10.15587/1729-4061.2016.61154.
11. Salem M. AL-YAKOOB, Hanif D. SHERALI. A Mathematical Modelling and Optimization Approach for a Maritime Facility Location Transshipment Problem. INFORMATICA, 2018, Vol. 29, No. 4, 609–632 609 2018 Vilnius University DOI: <http://dx.doi.org/10.15388/Informatica.2018.184>
12. Bagirov Etibar, Pantina Tatiana, Borodulina Svetlana. Seaport development management based on business process modeling.E3S Web of Conferences 258, 02002 (2021) UESF-2021. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125802002>
13. Прохоренков А.М. Оптимизация режимов работы грузовых терминалов морских портов (на примере Мурманского транспортного узла). Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. Порты, портовое хозяйство и транспортная логистика. № 1. 2016. С.103-113.
14. Гіріна О.Б. Динамічна модель економічного потенціалу системи портів. Збірник наукових праць. SWorld. Вип. № 5. Т. 2. 2017. С.72-79.

15. Гіріна О.Б., Комарова Ю.В. Моделирование стратегического потенциала развития морского торговельного порту «Черноморськ» // Развитие методов управления та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. Вип. 3(68). Одеса: ОНМУ, 2019 №3. С.30-43. DOI 10.31375/2226-1915-2019-3-30-43. URL: <http://www.daemmt.odessa.ua/index.php/daemmt/index>
16. Фараонов А.В. Ситуационное моделирование как метод подготовки специалистов транспортной логистики. Информационные и математические технологии в науке и управлении. (Санкт-Петербург). URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-2019-182-186.pdf-2019-C/182-186>
17. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах: Учебн. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 104 с.

REFERENCES

1. Kuznetsov, A.L. & Galin, A.V. (2015). Genesis modeley razvitiya portov v sovremennoy transportnoy nauke [Genesis of port development models in modern transport science]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova – Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov.* № 2(30). P. 141-153 [in Russian]
2. A. K. C. Beresford, Aristotelis Naniopoulos & Chris Wooldridge (2006). *The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution? Maritime Policy & Management* 31(2):93-107. DOI:10.1080/0308883042000205061. Published online: 08 Aug 2006. Retrieved from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0308883042000205061>
3. Monios, J. & Wilmsmeier, G. (2016). Between path dependency and contingency: new challenges for the geography of port system evolution. *Journal of Transport Geography.* 51:247-251. Doi:10.1016/j.jtrangeo.2016.01.008/ Retrieved from: <https://www.napier.ac.uk/~media/worktribe/output-169078/between-path-dependency-and-contingency-new-challenges-for-the-geography-of-port-system.pdf>
4. Kuptsov, N.V., Kuznetsov, A.L., Shatilin, A.V. (2020). *Razrabotka modeli veroyatnostnoy otsenki propusknoy sposobnosti morskogo gruzovogo fronta eksportnogo ugol'nogo terminal [Development of a model for probabilistic assessment of the throughput of the sea cargo front of an export coal terminal]. Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova – Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov.* T. 12. № 1. P. 17-34. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-17-34 URL: <https://www.researchgate.net/publication/340686899>

5. Lapkina, I.O. & Malaksiano, M.O. (2018). *Yspol'zovanye metodov ymytatsyionoho modelyrovanyya dlya otsenky propusknoy sposobnosti morskoho terminala [The use of simulation methods to assess the throughput of a marine terminal]. Zbirnyk naukovykh prats' UIII-yi mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Transport i lohistyka: problemy ta rishennya». – Transport and logistics: problems and solutions. Do 100-richchya Natsional'noyi akademiyyi nauk Ukrainy. 23-25 travnya r. Odesa: Kupryyenko S.V. P.34-35.*
6. Malaksiano, O.A. & Malaksiano, M.O. (2014). *The relationship between the loading level and capacity of the sea port terminal [Elektronnyy resurs]. Ekonomika: realiyi chasu. Naukovyy zhurnal. – Economy: real time. Science journal. № 2 (12). pp. 21-27. Retrieved from: <http://economics.opu.ua/files/archive/2014/n2.html>*
7. Vasin, A.V., Zakharov, D.S. & Annenkov, L.V. (2019). *Modelirovaniye optimal'noy konfiguratsii morskogo porta [The use of simulation methods to assess the throughput of a marine terminal]. Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova – Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov. V. 11. № 4. P. 662-669. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-662-669.*
8. Rakhmangulov, A.N. & Murav'yev, D.S. (2016). *Razvitiye morskoy portovoy infrastruktury regiona na osnove «sukhikh portov» [Development of the region's sea port infrastructure based on «dry ports»]. Ekonomika regiona – Economy of the region. V.12. Vyp. 3. P. 924-936.*
9. Postan, M.Ya. & Kushnir, L.V. (2016). *Metod opredeleniya propusknoy sposobnosti portovogo terminala pri neravnomernom zavoze i vyvoze gruzov [Method for determining the throughput of a port terminal in case of uneven delivery and removal of goods]. Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy – Eastern European Journal of Advanced Technologies. ISSN 1729-3774 4/3(72)20169*
10. Kruk, Yu.Yu. & Postan, M.Y. (2016). *Razrabotka i analiz dinamicheskoy modeli optimizatsii vzaimodeystviya transportnykh potokov na portovom terminale [Development and analysis of a dynamic model for optimizing the interaction of traffic flows at the port terminal]. Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. – Eastern European Journal of Advanced Technologies. V. 1. № 3 (79). P. 19-23.*
11. Salem M. AL-YAKOOB & Hanif D. SHERALI (2018). *A Mathematical Modeling and Optimization Approach for a Maritime Facility Location Transshipment Problem. INFORMATICA. Vol. 29. № 4. 609-632. 2018 Vilnius University. DOI: <http://dx.doi.org/10.15388/Informatica.2018.184>*
12. Bagirov Etibar, Pantina Tatiana & Borodulina Svetlana (2021). *Seaport development management based on business process modeling. E3S Web of Conferences 258, 02002 UESF-2021 Retrieved from: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125802002>*

13. Prokhorenkov, A.M. (2016). *Optimizatsiya rezhimov raboty gruzovykh terminalov morskikh portov (na primere Murmanskogo transportnogo uzla). [Optimization of operating modes of cargo terminals of seaports (on the example of the Murmansk transport hub)]. Vestnik AGTU. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. Porty, portovoye khozyaytvo i transportnaya logistika. – Bulletin of ASTU. Ser.: Marine engineering and technology. Ports, port facilities and transport logistics. № 1. P.103-113.*
14. Hirina, O.B. (2017). *Dynamichna model' ekonomichnoho potentsialu systemy portiv. [Dynamical model of economic potential of port systems]. Zbirnik naukovykh prats'. SWorld, Vyp. № 5. V. 2. P.72-79.*
15. Hirina, O.B. & Komarova, Yu.V. (2019) *Modelyuvannya stratehichnoho potentsialu rozvytku mors'koho torhovel'noho portu «Chornomors'k». [Model of strategic potential for the development of the sea trade port] Chornomorsk] Rozvytok metodiv upravlinnya ta hospodaryuvannya na transporti. Zbirnyk naukovykh prats'- Development of methods of management and government on transport. Vyp. 3(68). Odesa: ONMU. № 3. P.30-43.*
16. Faraonov, A.V. (2019). *Situatsionnoye modelirovaniye kak metod podgotovki spetsialistov transportnoy logistiki. [Situational modeling as a method of training transport logistics specialists]. Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii. (Sankt-Peterburg)- Information and Mathematical Technologies in Science and Management. Retrieved from: <http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-2019-182-186.pdf> 2019-C/182-186*
17. Aksenov, K.A. & Goncharova, N.V. (2015). *Modelirovaniye i prinyatiye resheniy v organizatsionno- tekhnicheskikh sistemakh: uchebnoye posobiye. [Modeling and decision making in organizational and technical systems: a tutorial]. V 2 ch. CH. 1. Yekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 104 p.*

Стаття надійшла до редакції 19.01.2022

Посилання на статтю: Гіріна О.Б. Про деякі підходи до моделювання пропускної спроможності морських торговельних портів // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць, 2022. № 1 (78). С. 29-41. DOI 10.31375/2226-1915-2022-1-29-41.

Article received 19.01.2022

Reference a JournalArtic: Girina, Olga B. (2022). On some approaches to modeling of the sea trading ports throughputs. Development of management and entrepreneurship methods on transport. 1 (78), 29-41. DOI 10.31375/2226-1915-2022-1-29-41.