

УДК 629.045:656.07

DOI 10.47049/2226-1893-2025-2-138-150

СУЧАСНА ПАРАДИГМА СТВОРЕННЯ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНОГО АРСЕНАЛУ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОБРОБКИ СУДЕН У ПОРТАХ

О.Р. Магамадов

к.т.н., професор кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт»

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

Анотація. У сучасних умовах функціонування економіки України, коли весь ресурсний потенціал держави спрямовується на захист її незалежності, дослідницьку роботу у всіх галузях, включаючи транспорт, необхідно виконувати на безінвестиційній основі. Такий підхід доцільно застосовувати, насамперед, для розвитку теорії й методів управління суб'єктами господарської діяльності, у тому числі портами, з використанням новітніх досягнень неокласичного менеджменту, з метою створення так званого розумного порту (smart port), менеджмент якого логічно асоціювати з системою інтелектуального управління.

Дане дослідження орієнтовано на вирішення зазначеної проблеми стосовно процесу обробки суден (ПОС), як першооснови портового виробництва. Розв'язано сукупність питань, що характеризується наступним чином. Обґрунтовано суть концепції створення інтелектуальної складової системи управління обробкою суден (ІССУ-ПОС), яка здатна забезпечити здійснення цього процесу з максимально можливою для порту ефективністю. Розроблено у рамках ІССУ-ПОС основу механізму адаптивного управління обробкою суден у огляді двоконтурної моделі, якою передбачається можливість генерації планових і регулюючих впливів на ПОС.

Показано, що цей механізм належить використовувати шляхом безперервного ведення у ковзному режимі ситуаційного плану обробки суден. Доведено, що ситуаційне планування ПОС ґрунтується на розв'язанні завдань щодо розподілу-використання перевантажувальних ресурсів портів при виконанні судових вантажних операцій з прив'язкою до календарного часу, завдяки чому ПОС розглядається у динаміці. Розроблено базові економіко-математичні моделі зазначених завдань стосовно найбільш актуальних з практичної точки зору виробничих ситуацій. Відмінна особливість цих моделей полягає в урахуванні календарного аспекту планування ПОС, що має суттєве теоретичне й практичне значення. Показано, що інтеграцію вказаних методичних інструментів у структуру ІССУ-ПОС належить здійснювати у складі адаптивного алгоритму ситуаційного планування обробки суден.

Ключові слова: обробка суден, управління, методологія, адаптація, оптимізація, інтелектуалізація управління, модель, алгоритм.

UDC 629.045:656.07

DOI 10.47049/2226-1893-2025-2-138-150

**MODERN PARADIGM FOR CREATING A THEORETICAL
AND METHODOLOGICAL ARSENAL FOR MANAGING THE PROCESS
OF HANDLING VESSELS IN PORTS**

O. Mahamadov

PhD, Professor at the Department of «Port operation and cargo handling technology»

Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

Annotation. *In the work of modern minds, the functions of the Ukrainian economy, if all resource potential will be directed to the preservation of independence, promotion in all galleries, inclusion of transport, must be introduced on a non-investment basis.*

Such an approach must be completely consolidated, first of all, for the development of the theory and methods of managing subjects of government activity, including ports, with the emergence of new approaches to neo-classical management through the creation of the so-called smart port, management which is logical to associate with the intelligent management system.

Research is focused on the development of a theoretical and methodological arsenal of control of the vessel processing process (VSP), as the primary basis of port production in the sense of proximity to the level of smart control, adequate to the image of a smart port. It is equipped with the concept of an intelligent warehouse processing system for vessels (ISSU-POS), which is designed to ensure this process with the maximum possible efficiency for the port. Within the framework of ISSU-POS, a mechanism for adaptive control of vessel processing has been developed based on a double-circuit model, which transfers the ability to generate planned and regulating inflows to the POS. It is shown that this mechanism should be used to ensure continuous implementation of the situational plan for the processing of vessels at the boundaries of the management interval. It is proven that situational planning of the PIC is based on solving problems related to the distribution and use of transshipment resources when using ship cargo operations with reference to calendar time, due to which the PIC is considered in dynamics. Basic economic and mathematical models of the above tasks have been developed for the most relevant production situations from a practical point of view. A distinctive feature of these models is that they take into account the calendar aspect of the POS planning, which has significant theoretical and practical significance. It is shown that the integration of these methodological tools into the ISSU-POS structure should be carried out as part of an adaptive algorithm for situational planning of ship handling.

Keywords: *ship handling, management, methodology, adaptation, optimization, intellectualization control, model, algorithm.*

Вступ. Відомо, що в прикладних гілках науки управління існує необхідність у проведенні постійного пошуку шляхів щодо розвитку теорії й методів розв'язання актуальних для теорії та практики проблем, питань і завдань на основі новітніх досягнень науково-технічного прогресу у всіх сферах людської діяльності. Ця констатація повною мірою справедлива для постановки проблеми щодо розвитку наукового арсеналу внутрішньопортового оперативного управління, а в його межах-управління процесом обробки суден (ПОС) як найважливішою складовою портового виробництва. Саме така орієнтація обумовлюється також ідеєю створення так званого розумного порту (smart port) [1-4], менеджмент якого, очевидно, має бути також розумним (smart control).

Загальний напрямок дослідження виділеної проблеми визначено в [5], де обґрунтовано коректний підхід до розробки економіко-математичних моделей планування ПОС для окремих і узагальненої постановок цього завдання. У такому ж ключі виконано в даній роботі дослідження наступного етапу пошуків у зазначеному напрямку в єдності з пропозиціями щодо інтеграції ідей створення менеджменту smart port та інтелектуалізації управління ПОС [6,7].

При цьому увага фокусується на дотриманні таких умов як забезпечення адаптивності й оптимальності управління ПОС та реалізації функції планування обробки суден у календарній постановці.

Постановка проблеми. Виходячи з наведених методологічних положень, проблему даної роботи належить визначити, і це буде доведено в основному матеріалі статті, як протиріччя (неадекватність, невизначеність) між сучасним станом теорії та методів управління ПОС і станом, який асоціюється з рівнем наукового забезпечення менеджменту smart port.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Викладена постановка досліджуваної проблеми орієнтовано на інтелектуалізацію внутрішньопортового управління. При цьому показано, що такий задум не слід розуміти у буквальному тлумаченні, тому що штучному інтелекту, як першооснові будь-якої інтелектуальної системи управління завжди бракуватиме інтуїтивного розуміння реальної дійсності, осяяння, упередження, тобто того, чим Вселенський Розум наділів homo sapiens. Внаслідок цього, логічно ґрунтуватися на понятті «інтелектуальна складова» системи управління, визначальну роль у створенні якої грає теоретико-методичний арсенал управління у огляді комплексу математичних моделей та методів вирішення типових управлінських завдань, які є основою для генерації алгоритмів їх розв'язання в умовах конкретних ситуацій [6].

Реалізуючи наведені міркування, звернемося до аналізу сучасного стану теорії та методів управління ПОС з оцінкою їх рівня у сенсі відповідності науковому іміджу smart port. У цьому зв'язку відзначимо, що цей напрям становлення науки внутрішньопортового оперативного управління, як показано у [8] зародився й отримав розвиток в Одеському інституті інженерів морського флоту (нині Одеський національний морський університет), починаючи з середини XX століття, а останні публікації з цього напрямку вийшли на протязі поточного двадцятиріччя [9-11]. Враховуючи, що аналіз зазначених джерел має бути предметним і доказовим, вони досліджуються в основному матеріалі статті з точки зору допустимості викорис-

тання їх результатів у складі наукового забезпечення майбутньої інтелектуальної складової системи управління обробкою суден (ИССУ-ПОС).

Формулювання цілей статті. Ґрунтуючись на припущенні щодо існування невідповідності між сучасним і потрібним для ИССУ-ПОС станами теоретико-методичного арсеналу управління обробкою суден, мету даної роботи належить зв'язати з усуненням вказаного протиріччя шляхом розв'язання таких завдань дослідження, як:

- обґрунтування основ концепції створення ИССУ-ПОС;
- визначення умов формування механізму адаптивного управління ПОС;
- проведення поглибленого аналізу існуючих методів планування ПОС з оцінкою ступеня їх досконалості;
- розробка економіко-математичних моделей (далі за текстом – моделей) планування ПОС, адекватних практично актуальним виробничим ситуаціям;
- визначення логіки інтеграції розроблених методів у структуру ИССУ-ПОС.

Основний матеріал дослідження. Попередньо відзначимо, і це дуже важливо, що правомірність використання дослідницького прийому переходу від поняття «інтелектуальна система» до поняття «інтелектуальна складова системи» управління стосовно ПОС обґрунтовується, такими двома аргументами.

По-перше, якщо не втрачати об'єктивності внаслідок захоплення лише абстрактним баченням дійсності, то треба визнати, що створення штучного інтелекту, як визначалося вище, є й буде залишатися далі «вічною» проблемою. Тому здається, що тепер є й завжди буде реальною й безумовно актуальною постановка питання щодо розробки й постійного розвитку інтелектуальних складових систем управління, як їх теоретичного й методичного забезпечення.

По-друге, портове виробництво у цілому, його операційні складові, зокрема, процеси перевалювання вантажів і обробки суден при розгляді їх на етапі короткострокового управління, відрізняються суттєвою динамічністю та стохастичністю, але не такою мірою, коли виникає виправдана потреба у застосуванні істинно інтелектуального управління з використанням інструментів штучного інтелекту, а також коректного використання методів теорії масового обслуговування, динамічного програмування, управління в умовах невизначеності та ін. внаслідок їх проблематичної ефективності з практичної точки зору.

Ґрунтуючись на викладених положеннях, далі в даній роботі йтиметься про ИССУ-ПОС у межах її теоретико-методичного арсеналу з урахуванням умов інформаційного і апаратного забезпечення у складі автоматизованої системи управління портом стосовно її сучасного тлумачення. При цьому будемо виходити з дотримання таких принципів:

- переконаного слідування постулату давньогрецького мислителя Протагора про те, що «теорія без практики... й практика без теорії є ніщо» [12];
- дотримання ідеї створення наукового забезпечення ИССУ-ПОС, як і smart port у цілому, у відповідності із суттю поняття розумного управління (smart control), тобто обґрунтованого у теоретичному сенсі й ефективного в практичному відношенні;

- зосередження на досягненні гнучкості при постановці, моделюванні та алгоритмізації завдань управління ПОС, а також технології формування вихідних даних для їх розв'язання.

Керуючись наведеними принципами, будемо виходити з того відомого факту, що до будь-яких систем управління, у тому числі орієнтованих на інтелектуалізацію, пред'являється ряд вимог, ключовими серед яких є спроможність систем до адаптації й генерації оптимальних керованих рішень. У разі ПОС доводиться констатувати, що проблема адаптації системи управління цим процесом залишається дотепер маловивченою. Лише у [6; 7] їй приділено достатню увагу й показано, що потенціал адаптивності менеджменту smart port має зумовлятися, насамперед, механізмом адаптивного управління у поєднанні з принципом ковзного планування.

У зазначених джерелах показано також, що максимально повна реалізація потенціалу адаптивності управління ПОС може бути досягнуто при забезпеченні здатності ІССУ-ПОС до спроможності виробляти оптимальні керовані рішення, які є продуктом професійної інтелектуальної діяльності портових спеціалістів і менеджерів. А ця умова, як відомо, може бути реалізовано при наявності адекватного теоретико-методичного арсеналу управління ПОС.

У [6] визначено, що наведену проблему належить вирішувати у відповідності з використанням так званого ситуаційного планування в ковзному режимі. При цьому мислиться, що ситуаційним планом повинна охоплюватися певна послідовність виробничих ситуацій у порту, межі яких фіксуються за моментами зміни параметрів ПОС. Підкреслимо, що саме такий підхід забезпечує оптимізацію управління ПОС у системній постановці за принципом «від загального (сукупність суден) – до окремого (кожне судно самостійно) та від окремого – до загального», який цілком відповідає поняттю розумної дії (smart action).

Із суті сформульованого принципу випливає, що процедура ситуаційного планування ґрунтується на сумісному розв'язанні двох ключових завдань управління ПОС, а саме – щодо розподілу перевантажувальних ресурсів між суднами, які прийнято до розгляду, й використання ресурсів на суднах у процесі їх обробки. У [7] доведено, що розробка модельного та алгоритмічного забезпечення вирішення саме цих завдань є вирішальною умовою розвитку сучасної методології управління ПОС, з орієнтацією на рівень її досконалості, що відповідає меті створення smart port.

Переходячи до дослідження зазначених завдань, умовимося під перевантажувальними ресурсами мати на увазі причали, ємність (площі) складів (наземних, «на колесах» – у вагонах і автомобілях, та «на плаву» – в плав'ємностях портового флоту) та технологічні лінії (ТЛ), як комплекси перевантажувальних машин у єдності з докерами.

Звернемося до завдання щодо розподілу головного виробничого ресурсу портів, а саме ТЛ, між суднами, яке ґрунтується на умові, що ПОС розглядається на деякому інтервалі часу, яким охоплюються всі судна, що потрапили у зону ділової уваги портового менеджменту.

Прагнучи обов'язкового задоволення актуальних для практики умов організації ПОС, досліджуємо обговорюване завдання в загальній постановці, тобто, коли:

- інтервал управління (та одночасно планування) розбивається на сукупність відрізків часу, кожний з яких фіксується у межах стабільних виробничих ситуацій, тобто коли кількість суден та/або ТЛ залишається постійною:

- до розгляду приймається множина суден, одна частина яких вже знаходиться під обробкою, а інша частина чекає постановки до причалів;

- всі параметри й характеристики суден відомі, а їх значення вважаються заданими на момент виробки керованих рішень щодо здійснення ПОС;

- кількість і продуктивність ТЛ залишаються постійними на протязі згаданих відрізків часу, але можуть змінюватися від одного до іншого відрізка;

- мета реалізації ПОС полягає у забезпеченні вигоди порту при дотриманні ділових інтересів його клієнтури – вантажо- й судновласників, фрахтових, агентських та транспортно-експедиторських компаній.

Перейдемо до формалізації й моделювання обговорюваного завдання, для чого введемо наступні позначення:

k – індекс (шифр) судна ($k=1(1)s$);

γ – індекс (шифр) відрізка часу ($\gamma=1(1)\sigma$);

Q_k – кількість вантажу, який необхідно перевантажити в процесі обробки k -го судна;

n_γ та P_γ – відповідно кількість та продуктивність ТЛ протягом γ -го відрізка часу;

θ_γ – загальний резерв машинного часу протягом γ -го відрізка часу;

$\bar{r}_{k\gamma}$ – межа концентрації ТЛ на k -му судні протягом γ -го відрізка часу;

$\bar{t}_{k\gamma}$ – гранична тривалість обробки k -го судна протягом γ -го відрізка часу;

$C_{k\gamma}$ – оцінка ефективності машино-години роботи ТЛ при обробці k -го судна протягом γ -го відрізка часу;

F – умовний показник, що характеризує ефективність обробки суден (вигоду порту) як критерій оптимальності.

Визначимо як змінні величини (параметри управління формованої моделі) кількість ТЛ і час їх використання для обробки k -го судна протягом γ -го відрізка часу – відповідно $n_{k\gamma}$ та $t_{k\gamma}$ – та представимо модель досліджуваного завдання у такому огляді:

$$0 \leq n_{k\gamma} \leq \bar{r}_{k\gamma}, \quad k = 1(1)s, \gamma = 1(1)\sigma; \quad (1)$$

$$0 \leq t_{k\gamma} \leq \bar{t}_{k\gamma}, \quad k: \quad (2)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{\sigma} P_{k\gamma} * n_{k\gamma} * t_{k\gamma} = Q_k, \quad k=1(1)m; \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^S t_{k\gamma} * n_{k\gamma} \leq \theta_{\alpha}, \gamma=1(1)\sigma; \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^S n_{k\gamma} \leq n_{\gamma}, \gamma=1(1)\sigma; \quad (5)$$

$$F = \sum_{k=1}^S \sum_{\gamma=1}^{\sigma} C_{k\gamma} * t_{k\gamma} * n_{k\gamma} \rightarrow \min(\max). \quad (6)$$

Умови пропонованої моделі мають такий змістовний сенс:

- двосторонні обмеження (1), (2) передбачають невід'ємність змінних моделі й одночасно дотримання обмежень на кількість і час роботи ТЛ на k -му судні протягом γ -го відрізка часу;
- співвідношення (3) відображає необхідність забезпечення планового розвантаження/завантаження k -го судна;
- виразами (4), (5) лімітується використання відповідно загального резерву машинного часу і кількість ТЛ протягом γ -го відрізка часу для обробки всіх сукупності суден;
- цільова функція (6) визначає мету розв'язання завдання.

Таким чином, з формальної точки зору завдання щодо розподілу ТЛ між суднами полягає у мінімізації (максимізації) функціоналу (6) при дотриманні заданих обмежень по суднах і ТЛ.

Звернемо увагу на той факт, що у цільовій функції (6) розглянутої моделі використовуються оцінки $c_{k\gamma}$, які є умовними та введено для того, щоб можна було врахувати обмеження на тривалість (дедлайн) обробки суден у відповідності з їх сталійним часом, або зі плановим стоянковим часом за рішенням порту. Значення цих оцінок належить задавати у відповідності зі пріоритетом суден на першочергову обробку й диференціювати в залежності від збігу (розбіжності) відрізків часу з календарними термінами обробки суден. (приймати їх найбільшими в межах термінів сталійного часу при вирішенні моделі на максимум, або найменшими (але невід'ємними) у випадку мінімізації цільовій функції).

Отже, за результатами реалізації моделі (1)-(6) визначаються розрахункові рівні концентрації ТЛ на суднах $\{n_{k\gamma}\}$, які включаються далі у склад вихідних даних для вирішення завдання щодо використання ТЛ для обробки суден, кожне з яких розглядається окремо.

Для здійснення зазначеної мети будемо орієнтуватися на дослідження ПОС у динаміці з відображенням його в календарному плані (далі за текстом КПОС).

Першому по частоті повторення з таких варіантів відповідає випадок обробки суден на спеціалізованих причалах при перевалюванні однорідних вантажів й використанні постійної кількості ТЛ. У такій ситуації завдання щодо складання КПОС легко розв'язується за допомогою графо-аналітичного методу у

огляді діаграми Ганта [8], якщо продуктивність ТЛ не знижується при одночасній роботі двох і більш ліній на одному люці судна. У протилежному випадку виникає необхідність у звертанні до моделювання обговорюваного завдання, що є предметом дослідження в [9-11].

Ознайомлення з моделями планування ПОС, які запропоновано у зазначених публікаціях, показує, що вони поряд із позитивними мають негативні особливості, які звужують можливість їх застосування.

Так, моделі з [9; 11] є унікальними в тому сенсі, що вони, будучи моделями лінійного програмування, тобто статичними за визначенням, дозволяють проте відображати ПОС у динаміці з прив'язкою до календарного часу, завдяки чому забезпечується автоматичне отримання КПОС. В них враховано можливість зниження продуктивності ТЛ у залежності від рівня концентрації їх на люках судна. Разом з тим у цих моделях не передбачено можливість обробки судна змінною кількістю ТЛ.

Остання умова відсутня також в моделі планування ПОС з [10], в якій крім того продуктивність ТЛ фігурує як константа при одночасній роботі двох і більш ліній на одному люці. Суттєвим недоліком обговорюваної моделі є використання усередненої продуктивності ТЛ, що веде до однозначного вирішення завдання планування ПОС, коли відпадає необхідність, як пропонується у [10], розробки після реалізації моделі сітьового графіку та діаграми Ганта для складання КПОС на базі Microsoft Project.

Із наведених результатів аналізу існуючих моделей планування ПОС з очевидністю випливає, що вони потребують удосконалення та розвитку у сенсі досягнення безперечної теоретичної переконливості й реальної практичної доцільності.

Просування у зазначеному напрямку покладено у [5], де запропоновано модель (11)-(14) для випадку постійної кількості ТЛ. Для випадку змінної кількості ТЛ модель планування ПОС будується на основі згаданої схеми (11)-(14) з [5] за умовою урахування ознаки стабільної виробничої ситуації γ ($\gamma = 1(1) \Sigma$) та має такий вид:

$$R = \sum_{h=1}^v \sum_{\gamma=1}^{\sigma} \sum_{\alpha=1}^{\omega} S_{h\gamma\alpha} * x_{\gamma\alpha} \rightarrow \min; \quad (7)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{\sigma} \sum_{\alpha=1}^{\omega} D_{h\gamma\alpha} * x_{\gamma\alpha} = Q_h, \quad h = \overline{1, v}; \quad (8)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{\sigma} \sum_{\alpha=1}^{\omega} x_{\gamma\alpha} \leq T^0; \quad (9)$$

$$x_{\gamma\alpha} \geq 0, \quad \gamma = \overline{1, \sigma}, \quad \alpha = \overline{1, \omega}, \quad (10)$$

де h, γ, α – індекси (шифри) відповідно люка судна, відрізка часу та варіанту розміщення ТЛ на люках;

$S_{h\gamma\alpha}$ та $x_{\gamma\alpha}$ – відповідно питомі витрати порту на обробку судна і тривалість перевалювання вантажу h -го люка протягом γ -го відрізка часу при α -му варіанті розміщення ТЛ на судні;

R – витрати порту на обробку судна;

Q_h – кількість вантажу h -го люка;

T – сталійний час судна.

Умови отриманої моделі орієнтовані на забезпечення:

- мінімальних витрат порту на обробку судна (7);
- повного розвантаження/завантаження усіх люків судна (8);
- дотримання сталійного часу судна (9);

Умовою (10) передбачається невід’ємність значень параметрів управління моделі.

У результаті реалізації пропонованої моделі знаходиться оптимальний план $\{x_{\alpha h \gamma}^0\}$, компонентами якого відповідають відрізки часу $x_{\alpha h \gamma}^0$, протягом яких розміщення ТЛ на судні залишається незмінним. Саме ці компоненти визначають безпосередньо структуру плану здійснення ПОС з поданням його в календарному часі.

Створені моделі щодо розподілу ТЛ між суднами (1)-(6), і використання ліній на судах (7)-(10) та (11)-(14) з [5] реалізуються, як пояснювалось вище, в єдності при складанні ситуаційного плану обробки суден з використанням адаптивного алгоритму визначення керованих рішень, що запропоновано в [6]. Цей алгоритм забезпечує моделювання розвитку ПОС у динаміці з прив’язкою до календарного часу. Його ефективність обумовлюється рядом факторів, і найбільшою мірою якістю інформації за такими характеристиками як достовірність, своєчасність та повнота. На жаль, у реальних умовах портового виробництва, включаючи здійснення ПОС, на етапі оперативного управління зазначені характеристики дозволяють досягти прийнятну стійкість ситуаційного плану ПОС лише на коротких проміжках часу, які зазвичай виявляються меншими ніж «середня» тривалість обробки «середнього» судна. Внаслідок чого виникає необхідність щодобового, а іноді щозмінного коригування й навіть перескладання ситуаційного плану ПОС, що забезпечується охарактеризованим у [6] методом ковзного управління в режимі змінно-добового планування.

Висновки. Представлені в даній статті підсумки виконаного дослідження щодо створення наукових основ оптимізації управління ПОС у сучасному тлумаченні цієї багатоаспектної проблеми, відзначимо, що його конкретні результати полягають у наступному:

- обґрунтовано ключові положення концепції створення ІССУ-ПОС як основи наукового забезпечення системи внутрішньопортового управління, що відповідає рівню smart port у сенсі спроможності до забезпечення вискоєфективної портової діяльності;

- показано, що управління ПОС належить здійснювати шляхом безперервного ведення у ковзному режимі ситуаційного плану реалізації ПОС, що дозволяє розглядати цей процес у динаміці з прив'язкою його етапів (кроків) до календарного часу;

- доведено, що ситуаційне планування ПОС необхідно ґрунтувати на сумісному розв'язанні ключових завдань управління портовими виробничими ресурсами шляхом оптимального розподілу їх між суднами й використання при виконанні судових вантажних операцій;

- розроблено моделі згаданих завдань за принципом «від реальних умов завдання до природної їх формалізації», а не навпаки, коли вказані умови штучно «вписуються» в структуру тій чи іншій стандартній моделі;

- показано, що інтеграцію розроблених моделей у структуру ІССУ-ПОС належить робити у складі алгоритму адаптивного (ковзного) управління обробкою суден.

На закінчення у дусі авторської самооцінки виконаного дослідження вважаємо допустимим звернути увагу на його принципово важливі результати:

- по-перше, визначено й доведено, що ключовою умовою створення коректних моделей планування обробки судна є використання поняття «стабільна ситуація ПОС»;

- по-друге, запропоновані в статті моделі планування ПОС будучі моделями лінійного програмування, відображають цей процес у динаміці з прив'язкою до календарного часу;

- по-третє, зазначені моделі забезпечують автоматичне отримання КПОС без додаткових обчислювань і графічних побудов.

Водночас обговорювані моделі мають суттєву особливість, яка полягає у тому, що при граничних значеннях параметрів ПОС набуває актуальності «прокляття розмірності», за Р. Беллманом [13], що обумовлює необхідність с позицій раціо-нального розуму розробки алгоритму фільтрації можливих варіантів обробки судна з метою визначення апіорі лише практично перспективних варіантів у сенсі забезпечення максимальної вигоди порту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Douaioui K., Fri M., Mabrouki C. (2018). Smart port: Design and perspectives In: 2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL). IEEE, 1-6.
2. Jun, Wang Ki & Lee, Min-Kyu & Choi, Jae Young (2018). Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Vol. 118(C). P. 480-493. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.004>.
3. Kyrylova O., Kyrylova, V., Mahamadov, O., & Romakh, V. (2024). Smart port: the latest technologies and international experience in their implementation. Transport Development. № 2 (21). P. 62-74. DOI:<https://doi.org/10.33082/td.2024.2-21.06>.

4. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю., Магамадов О.Р. Поняття «Smart port» у контексті глобальних тенденцій інтеграції інтелектуальних транспортних та інформаційних технологій у портовій індустрії. Вчені записки НТУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 35 (74), № 5. 2024. С.82-87. DOI:<https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.2/14>.
5. Магамадов О.Р. Інтелектуальна складова системи управління процесом обробки суден у портах. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталый розвиток транспортних систем: наука і практика: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 25-27 листоп. 2024 р. С.115-117. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/22844>.
6. Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Павлова Н.Л. Реалізація концепції Smart port у відповідності з методологією гнучкого перетворення й управління: матеріали V міжнар. морської наук.-практ. конф. кафедри СЕУі ТЕ, м. Одеса, 04 бер. 2025 р. URL: <https://2025.od.ua>
7. Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Шурін Б.В. Зародження і розвиток внутрішньопортового оперативного управління. Вісник Одеського національного морського університету. 2021, № 1 (64). С.81-98. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2021-1-81-98>.
8. Магамадов О.Р. Система оптимального внутрішньопортового оперативного планування (концепція ОПМФ-ОНМУ). Вісник Одеського національного морського університету. 2005. Вип. 17. С. 236-248.
9. Крук Ю.Ю. Методи адаптивного управління діяльністю оператора портового терміналу: дис...канд. техн. наук: 05.22.01/ Одеський національний морський університет. Одеса, 2017. 179 с.
10. Кириллова, О., Магамадов, О., Кириллова, В., Павлова, Н., Шурін, Б. Теоретико-методичне обґрунтування механізму оперативного управління процесом обробки судна. Вісник Одеського національного морського університету. 2023. № 2 (69). С. 105-123. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2023-2-105-123>.
11. Протагор. Знамениті цитати. URL: <https://uk.wikiquote.org/wiki/Протагор> (дата звернення 30.03.2025).
12. Bellman R. E. Dynamic Programming (2021) PRINCETON UNIVERSITY PRESS. PRINCETON, NEW JERSEY. p. 392. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctv1nxcw0f>

REFERENCES

1. Douaioui K., Fri M., Mabrouki C. (2018). Smart port: Design and perspectives In: 2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL). IEEE, 1-6.

2. Jun Wang Ki & Lee Min-Kyu & Choi Jae Young (2018). Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 118(C). P. 480-493. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.004>.
3. Kyrylova O., Kyrylova V., Mahamadov O., & Romakh V. (2024). Smart port: the latest technologies and international experience in their implementation. *Transport Development*. № 2(21). P. 62-74. DOI:<https://doi.org/10.33082/td.2024.2-21.06>.
4. Kyrylova O., Kyrylova V., Mahamadov O. (2024) Poniattia «Smart port» u konteksti hlobalnykh tendentsii intehtatsii intelektualnykh transportnykh ta informatsiynykh tekhnolohii u portovii industrii [The concept of "Smart port" in the context of global trends in the integration of intelligent transport and information technologies in the port industry]. *Vcheni zapysky NTU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky*. Tom 35 (74), № 5. P.82-87. DOI:<https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.2/14> [in Ukrainian].
5. Mahamadov O. Intelektualna skladova systemy upravlinnia protsesom obrobky suden u portakh [Intelligent component of the ship handling process management system in ports] *Suchasni problemy funktsionuvannia lohistychnykh system. Stalyi rozvytok transportnykh system: nauka i praktyka: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf., m. Kharkiv, 25-27 lystop. 2024. C.115-117*. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/22844>.
6. Kyrylova O., Mahamadov O., Pavlova, N. Realizatsiia kontseptsii Smart port u vidpovidnosti z metodolohiieiu hnuchkoho peretvorennia y upravlinnia [Implementation of the Smart port concept in accordance with the agile transformation and management methodology]: materialy V mizhnar. morskoi nauk.-prakt. konf. kafedry SEUi TE, m. Odesa, 04 ber. 2025. URL: <https://2025.od.ua> [in Ukrainian].
7. Kyrylova O., Mahamadov O., Shurin B. (2021) Zarodzhennia i rozvytok vnutrishnoportovoho operatyvnogo upravlinnia [The emergence and development of intra-port operational management]. *Visnyk Odeskoho natsionalnogo morskoho universytetu Zarodzhennia i rozvytok vnutrishnoportovoho operatyvnogo upravlinnia. Visnik Odeskoho natsionalnogo morskoho universytetu*. № 1 (64). P. 81-98. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2021-1-81-98> [in Ukrainian].
8. Mahamadov O. (2005) Systema optymального vnutrishnoportovoho operatyvnogo planuvannia (kontseptsiiia OIIMF-ONMU) [Optimal Intra-port Operational Planning System (OIME-ONMU Concept)]. *Visnyk Odeskoho natsionalnogo morskoho universytetu*. Vyp. 17. P. 236-248 [in Ukrainian].
9. Kruk Yu.Iu. (2017) Metody adaptivnogo upravlinnia diialnistiu operatora portovoho terminalu [Methods of adaptive management of port terminal operator activities]: dys...kand. tekhn. nauk: 05.22.01/Odeskyi natsionalnyi morskyy universytet. Odesa, 179 [in Ukrainian].

10. Kyrylova, O., Mahamadov, O., Kyrylova, V., Pavlova, N., Shurin, B. (2023) Teoretyko-metodychne obgruntuvannia mekhanizmu operatyvnoho upravlinnia protsesom obrobky sudna [Theoretical and methodological justification of the operational management mechanism for the ship handling process]. Visnyk Odeskoho natsionalnoho morskoho universytetu. P. 105-123. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2023-2-105-123> [in Ukrainian].
11. Protahor. Znameniti tsytaty [Protagoras. Famous quotes]. Протагор. Знамениті цитати. URL: <https://uk.wikiquote.org/wiki/Протагор> (data zvernennia 30.03.2025) [in Ukrainian].
12. Bellman R. E. Dynamic Programming (2021) PRINCETON UNIVERSITY PRESS. PRINCETON, NEW JERSEY. p. 392. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctv1nxcw0f>.

Стаття надійшла до редакції 03.02.2025

Посилання на статтю: Магамадов О.Р. Сучасна парадигма створення теоретико-методичного арсеналу управління процесом обробки суден у портах // *Вісник Одеського національного морського університету*: Зб. наук. праць, 2025. № 2 (76). С. 138-150. DOI 10.47049/2226-1893-2025-2-138-150.

Article received 03.02.2025

Reference a journal artic: Mahamadov O. Modern paradigm for creating a theoretical and methodological arsenal for managing the process of handling vessels in ports // *Herald of the Odesa National Maritime University*: Coll. scient. works, 2025. № 2 (76). P. 138-150. DOI 10.47049/2226-1893-2025-2-138-150.