

РОЗДІЛ 7. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ІНФРАСТРУКТУРИ
МОРСЬКИХ ПОРТОВИХ КЛАСТЕРІВ
DIGITAL TRANSFORMATION
OF MARITIME PORT CLUSTERS INFRASTRUCTURE

Стаття розкриває потенціал цифрової трансформації в оптимізації морських портових кластерів. Основний акцент зроблено на впровадження блокчейн-технологій для забезпечення прозорості, безпеки та ефективності інформаційних потоків. Автори аналізують необхідність адаптації бізнес-процесів та стратегій управління для максимізації вигод від технологічного оновлення. Портові кластери мають навчитися швидко реагувати на змінні ринкові умови, використовуючи цифрові інновації для підтримки конкурентоспроможності та стабільного росту. Інтеграція «зелених» технологій також виглядає обіцяючою для сталого розвитку портової індустрії. У статті розглядається роль спеціалізованого порталу, який сприяє координації та інтеграції учасників портової діяльності, поліпшенню якості послуг та оптимізації реагування на ринкові виклики.

Ключові слова: цифрова трансформація, морські портові кластери, блокчейн-технології, адаптація бізнес-процесів, стратегії управління, цифрові інновації, конкурентоспроможність, спеціалізований портал.

The article highlights the potential of digital transformation in optimizing maritime port clusters. A primary focus is given to the implementation of blockchain technologies to ensure transparency, security, and efficiency of information flows. Digital transformation is highly significant for seaport clusters, as it enhances the efficiency and competitiveness of these facilities. The authors examine the need for business process and management strategy adaptation to maximize the benefits of technological upgrades. Port clusters must learn to swiftly respond to changing market conditions, leveraging digital innovations to maintain competitiveness and steady growth. The integration of "green" technologies also appears promising for the sustainable development of the port industry. The article discusses the role of a specialized portal that facilitates coordination and integration of port activity participants, improving service quality and optimizing responses to market challenges. Based on research conducted, the authors have constructed a diagram outlining the functional capabilities of the portal for a seaport cluster. This diagram serves to identify the key functional components of the portal, and to improve comprehension and optimise processes taking place within the seaport cluster. The portal facilitates centralised control and management, enhancing seaport cluster productivity, safety and competitiveness. The authors analysed the platform's integrated capabilities to optimise seaport cluster activities. These functionalities aim to enhance resource management, streamline logistics processes and promote collaboration among different members of the port cluster. This, in turn, leads to better productivity and rational resource utilization. The study's results demonstrated that implementing digital transformation via blockchain technology in seaport clusters using a portal enhances operation management and security. Additionally, it encourages resource optimization and industry sustainability, thereby rendering it more competitive and viable amidst present-day demands and challenges.

Key words: digital transformation, maritime port clusters, blockchain technologies, business process adaptation, management strategies, digital innovations, competitiveness, specialized portal.

УДК 656.24:004.738.5:621.395.53

DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.83-20>

Шкурко Є.Л.

ст. викладач кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій, Державний університет інфраструктури та технологій

Поталовська М.О.

аспірантка кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій, Державний університет інфраструктури та технологій

Shkurko Yelizaveta

State University of Infrastructure and Technology

Potapovska Maryna

State University of Infrastructure and Technology

Постановка проблеми. В умовах глобалізації та зростаючої конкуренції в морському транспортному секторі, портові кластери стикаються з викликами пов'язаними із застарілими технологіями, неефективністю логістичних процесів та недостатнім рівнем інтеграції між учасниками. Це призводить до підвищення вартості операцій, зниження якості послуг та втрати конкурентних позицій на міжнародному ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженні Raja Wasim Ahmad [1] та співавторів «Застосування та архітектура блокчейну для портових операцій та управління логістикою» основний акцент зроблено на перспективи блокчейну у перетворенні портової логістики. Автори вказують на можливість блокчейну забезпечити прозо-

рість, безпеку, аудитопритатність в децентралізованому середовищі, уникаючи посередників.

Junjin Wang [2] та його колеги у своїй роботі «Технологія блокчейн для логістичних можливостей портів: виключно або на спільних правах» аналізують економічну вигоду від впровадження блокчейну в портах. Їх основний фокус – на взаємозв'язку між витратами на блокчейн і потенційними економічними перевагами, які він може принести.

Olivier Lasmoles та Mamadou T. Diallo [3] в «Вплив блокчейнів на міжнародну морську торгівлю» досліджують економічні, юридичні та управлінські аспекти застосування блокчейну в морській торгівлі. Вони вивчають, як ця технологія може вплинути на міжнародний морський транспорт відповідно до різних національних регуляцій.

Dimah H. Alahmadi, Fatmah Abdulrahman Baothman [4] та інші у своєму аналітичному огляді розглядають застосування блокчейну для підтримки цифрової трансформації в портах та морському транспорті, а також інтеграцію цієї технології в поточну екосистему портів та морського транспорту.

У дослідженні Sergey Tsiulin та Kristian Hegner Reinau [5] «Роль портової адміністрації у нових сценаріях блокчейну для управління морськими портами: випадок Данії» розглядається, наскільки сценарії блокчейну для морської індустрії мають практичне втілення з точки зору морських портів.

Зіяул Хак Мунім, Окан Дуру та Енна Хірата [6] у своїй роботі «Підйом, падіння та відновлення блокчейнів у просторі морської технології» представляють огляд та аналіз проблем, з якими зіштовхується блокчейн у морській індустрії, і пропонують потенційні рішення.

Блокчейн, як відомо, революціонує багато галузей завдяки своєму потенціалу для забезпечення прозорості, безпеки та децентралізації. Проте, попри численні дослідження, що розглядали застосування блокчейну у портовій логістиці, морській торгівлі та інших аспектах морської індустрії, його потенціал для морських портових кластерів залишився малодослідженим.

Постановка завдання. Метою є інтеграція сучасних технологій в морські портові кластери для оптимізації логістичних процесів, підвищення ефективності діяльності та забезпечення конкурентних переваг в глобальному морському транспортному середовищі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Логістичні дії та керування портами відіграють ключову роль у світовій торгівлі та послугах у сфері транспорту. Сучасні системи логістики у портах часто характеризуються високою централізацією, що обмежує взаємодію між різними учасниками. Теперішні системи не надають достатній прозорості, засобів відстеження, гарантії інформаційної безпеки та незмінності інформації, яка використовується під час операцій. В результаті це негативно впливає на продуктивність портових терміналів [7].

Основна складова ефективності та надійності морських перевезень – це правильне керування інформаційними процесами. Ефективний морський транспорт залежить від швидкого обміну даними між усіма учасниками екосистеми. Із зростанням інтеграції у ланцюгах поставок з'єднання між стейкхолдерами має відбуватися не тільки в межах конкретного порту, але й на міжпортовому рівні. Технологія блокчейн може стати вагомим рішенням в цьому контексті, відкриваючи нові перспективи для цифрової трансформації у морській та портовій сферах [8].

Блокчейн представляє собою розподілену базу даних, чия минула історія залишається недотор-

каною. Відкриті блокчейни дозволяють будь-кому приєднатися та внести свій вклад, зареєструвавши відповідне програмне забезпечення на своєму ПК. Однак в консорціумних та закритих блокчейнах участь обмежена та регулюється певними умовами. Незалежно від типу, блокчейн використовує механізми досягнення консенсусу між всіма учасниками, гарантуючи, що жоден окремий елемент не може домінувати над іншими. У своїй суті, блокчейн є автономною, децентралізованою, вартісно-ефективною та захищеною технологією, що сприяє підвищенню рівня довіри. Транзакції, захищені криптографією, збираються у блоки та структуровані хронологічно. Кожен блок поєднаний з попереднім, формуючи стабільний ланцюг даних. Адреси відправників підписують транзакції, асоціюючи їх з власником відповідного ключа. Після перевірки транзакцій та блоків вони додаються до ланцюжка за допомогою децентралізованої взаємодії, при цьому відсутній єдиний контролюючий орган. На рис. 1 зображено архітектуру механізму управління правами доступу [9].

Блокчейн також може бути інфраструктурою для запуску смарт-контрактів. Останні можна визначити як комп'ютеризовані протоколи для виконання транзакцій, в яких учасники підтверджують свою особу та схвалення за допомогою свого закритого ключа [10]. На вході вони беруть цифрові підписи учасників та іншу інформацію, а на виході можуть передавати суми криптовалюти, записувати інформацію або активувати інші контракти. Смарт-контракти дають змогу виконувати договірні умови, мінімізувати як навмисні, так і випадкові винятки та мінімізувати потребу в надійних посередниках. Після того, як умови контракту правильно вставлені в код смарт-контракту і це буде прийнято підрядниками, наслідки більше не пов'язані з їхньою волею чи діями посередників. Блокчейн діє як механізм, який гарантує довіру підрядників до смарт-контракту без необхідності звертатися до центрального органу. Впровадження Ethereum у 2015 році призвело до блокчейну та низькорівневої мови, а також різних високорівневих і ефективно використовуваних мов (наприклад, Solidity та Yul) до широкого кодування та виконання розумних контрактів Turingcomplete [11].

Морська галузь є частиною складного ланцюга поставок, що містить багато інформації, що охоплює набір організацій, які глобально пов'язані та розподілені, включаючи також інші критичні інфраструктури, які підтримують світову торгівлю, такі як транспортні мережі та портові споруди. Морська галузь нещодавно розпочала важливий інноваційний процес, пов'язаний з операційними процедурами та логістикою, і одна з найбільш перспективних сфер стосується цифровізації. Останнє може включати розвиток розумних суден, розумних флотів та розумної глобальної логістики.

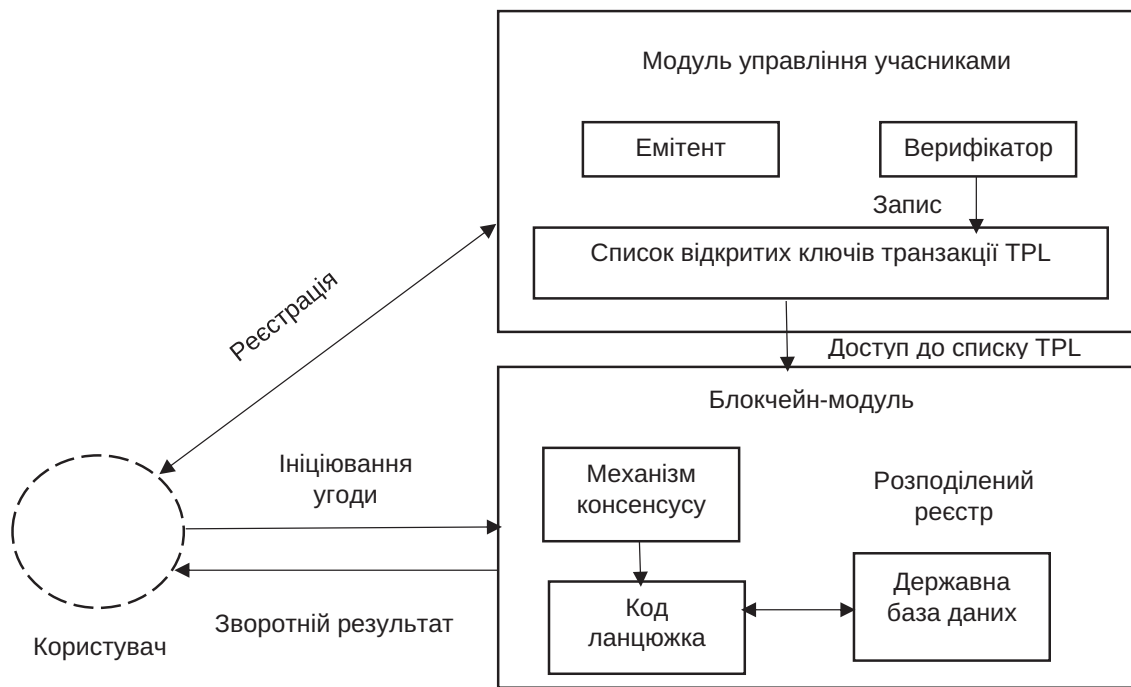


Рис. 1. Загальна архітектура механізму управління правами доступу

Джерело: [9]

Проблеми планування парку та маршрутів, а також затримки, пошкодження, крадіжки вантажів або неналежне розвантаження терміналів і паркувальних майданчиків частково пов'язані з відсутністю співпраці між логістичними операторами, місцевою владою і одержувача товарів [12; 13].

Як правило, значна кількість портів не має інструментів перевірки, щоб ідентифікувати дозвіл водія на отримання вантажу. Це створює невизначеність як для одержувача, так і для відправника, що також впливає на імідж порту.

У такому контексті технологія блокчейн може по-різному підвищити цінність портової логістики та її оцифровізації, впливаючи на всі логістичні процеси, від зберігання до доставки та оплати, таким чином приносячи потужні інновації в сектор, який все ще застарілий у цих аспектах.

У роботі [7] було проведено дослідження про підтвердження концепції (PoC), де конкретно показано, як технологію блокчейн можна застосувати до трафіку, що згортається, у реальних середовищах. Щоб розробити PoC, було використано блокчейн тестової мережі, який підтримує технологію Ethereum. Перевагами такого підходу є:

- для розгортання смарт-контрактів використовується найпоширеніша технологія у світі;
- зменшуються витрати та час доступу до інфраструктури;
- немає необхідності впроваджувати та підтримувати вузол;
- можливість працювати з архітектурою смарт-контрактів і Dapp, яка працюватиме таким же чином також у гіпотетичному блокчейні, підго-

товленому владою порту та іншими залученими в майбутньому контрагентами, що забезпечить додаткову цінність PoC у разі передачі впровадження на інший блокчейн.

Блокчейн тестової мережі – це структура, що складається з вузлів блокчейну, які зв'язані один з одним за допомогою тих самих протоколів і того ж програмного забезпечення, що й публічний або приватний блокчейн, але які роблять це добровільно та безкоштовно, щоб забезпечити підтримку експериментів, досліджень та тестування програмних проектів, що працюють за технологією блокчейн. Зокрема, транзакції активуються за допомогою криптовалюти, яка не має комерційної цінності, і тому безкоштовно надається в гаманець будь-якого користувача, який має на це запит (хоча з обмеженнями, щоб уникнути атак «Відмова в обслуговуванні»). Час відповіді іноді може бути довгим, оскільки ці структури використовуються багатьма користувачами по всьому світу, але існують різні варіанти тестові мережі з різними характеристиками та продуктивністю, зокрема щодо часу відповіді. Публічні дослідники блокчейну також працюють у тестових мережах.

Представлено як типовий випадок використання системи Easylog, об'єкта запропонованого PoC, обробку вантажу напівпричепа, який в'їжджає в портовий вузол, запряжений транспортним засобом, що перетинає портовий отвір і прибуває до певного терміналу, де він знаходиться у визначеній зоні на певний час [7]. При перетині воріт виявляються номерні знаки транспортного засобу

та причепа, а також документи водія та вантажу; після прибуття в термінал два номерні знаки реєструються для подальшого підтвердження, перевіряючи, що вони вже є серед номерів, зареєстрованих на вході в порт, і робиться фото, щоб задокументувати статус причепа. У призначений час причіп потрапляє на roll-on roll-off судно, і після прив'язки номерний знак знову записується з перевіркою, що він вже існує серед номерів, які увійшли в термінал [7].

Після прибуття здійснюється зворотна процедура, фіксуючи розвантаження напівпричепа та його стоянку на стоянці терміналу, забір автотранспортом, що в'їжджає для його отримання, та вихід із порту.

Такий же процес можна застосувати до транзиту вантажівки, можливо, з причепом. Єдина відмінність полягає в тому, що стоянка в зоні терміналу набагато коротша і передусє негайній посадці на судно або виходу з порту прибуття.

Для аналізу вимог використано метод ABCDE (Agile BlockChain Dapp Engineering), розроблений на кафедрі математики та інформатики Університету Кальярі [9].

Цей метод складається з наступних кроків:

1. Визначте призначення системи в короткому реченні.
2. Визначте залучених сторін, відповідно до їх конкретної взаємодії з системою.
3. Визначити функціональні вимоги в термінах «Історії користувача»; короткий опис взаємодії різних сторін із системою.
4. Розділіть аналіз на дві частини:
 - 4.1. Вимоги та функціональні можливості смарт-контрактів, що працюють на блокчейні.
 - 4.2. Вимоги та функціональні можливості додатків, які взаємодіють з блокчейном.
5. Інтеграція двох систем, тестування та встановлення всієї системи.

Метод передбачає розробку з гнучким і, отже, інкрементно-ітеративним підходом, створюючи підмножину User Stories на кожній ітерації.

На рис. 2 зображено діаграму можливих станів транспортного засобу, що переміщується між двома портами, як виведено з User Stories.

Компонент взаємодії з блокчейном включає програмне забезпечення, тобто програму, яка працює на мобільному терміналі або ПК і дозволяє взаємодіяти з блокчейном, надсилати транзакції та виконувати запити. Це програмне забезпечення також має керувати гаманцем, таким чином даючи можливість генерувати та захищати закриті ключі, обчислювати відкриті ключі та адреси з них та надсилати транзакції, «підписані» відповідним пристроєм.

Отже, блокчейн має значний потенціал для сприяння розвитку міжпортних спільнот, оскільки він може автоматизувати багато видів діяльності, підвищити довіру між сторонами, забезпечити прозорість операцій, забезпечити безпеку та конфіденційність передачі даних через полегшену платформу обміну даними та гарантувати ідентифікацію залучених сторін, особливо у фінансових цілях.

Потенційні переваги блокчейну в портному секторі стосуються широкого кола тем. Цим можуть скористатися як комерційні підприємства, так і органи державної влади. Що стосується першого, то такі суб'єкти, як судноплавні компанії, вантажовідправники, оператори терміналів або транспортні компанії, можуть бачити, що їх витрати зменшуються, а ефективність підвищується завдяки більшій автоматизації, зменшенню кількості посередників і затримок, а також зменшенню суперечок і судових витрат, що гарантується сертифікацією блокчейну та смарт-контрактами.

Адміністрація порту та інші державні органи також можуть скористатися перевагами блокчейну

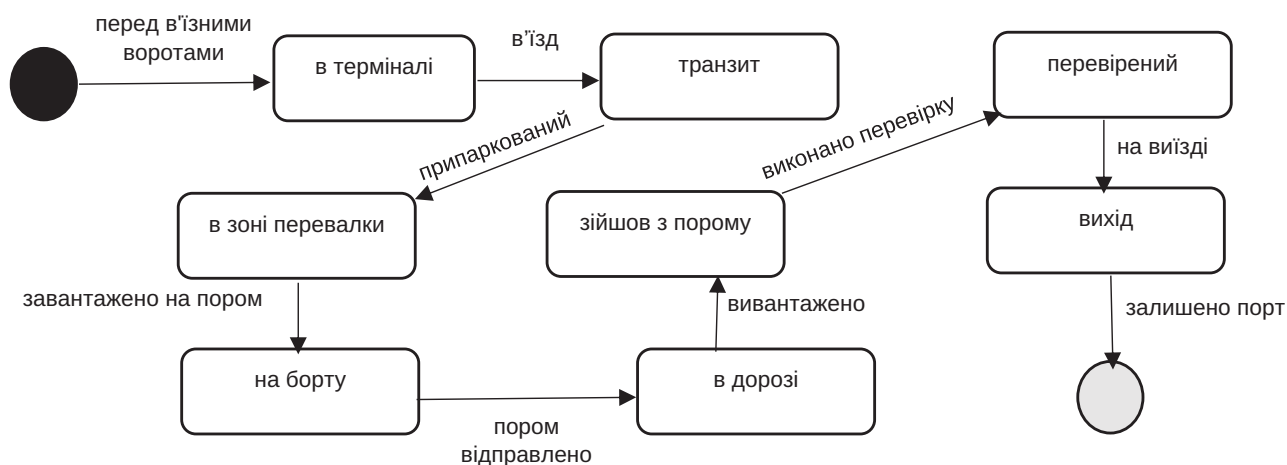


Рис. 2. Діаграма станів UML із станами транспортного засобу, що транспортується між двома портами

Джерело: [7]

з точки зору зниження витрат, підвищення безпеки та більших гарантій дотримання законів і правил у районі порту.

Що стосується недоліків, то це необхідність витрати на технологічне впровадження технології, низька схильність сектору до підвищення прозорості, відсутність довіри до нової технології, можливі проблеми з конфіденційністю або управлінням. Однак варто зазначити, що єдина причина, яка може фактично обмежити широке поширення технології блокчейн у морській індустрії, не пов'язана безпосередньо з морським транспортом, а скоріше полягає в основній структурі технології: блокчейн є дуже енергоємним – вимогливі технології, зокрема з фінансової діяльності. Цей аспект є вирішальним у морському секторі, де, навпаки, «зелене» та «низьке енергоспоживання» є опорами, якими сьогодні керується розвиток портів. Це означає, що якщо технологія блокчейн хоче консолідувати свою присутність у морському секторі, вона повинна йти на сталий «зелений» шлях для зниження споживання енергії. Блокчейн справді може бути енергоємним, особливо у випадку деяких конкретних типів блокчейнів, таких як Bitcoin і Ethereum, які використовують консенсус-протокол Proof of Work (доказ роботи). У цих мережах майнери змагаються між собою за право створити новий блок шляхом вирішення складної обчислювальної задачі. Цей процес вимагає великої кількості енергії.

Проте, в останні роки активно розробляються і впроваджуються блокчейн-технології з іншими консенсус-протоколами, такими як Proof of Stake (доказ власності), Proof of Authority (доказ авторитету) і інші. Ці протоколи значно менш енергоємні, оскільки не вимагають великих обчислювальних зусиль.

Отже, хоча деякі блокчейни можуть бути енергоємними, це не загальна характеристика для всіх блокчейнів, і сучасні розробки в сфері блокчейну спрямовані на зменшення його впливу на довкілля.

Морські кластери представляють собою потенційний інструментарій для забезпечення екологічної, економічної та соціальної стабільності в регіоні Чорного моря (табл. 1). Інтегровані підходи, які вони пропонують, можуть адресувати ключові виклики, пов'язані з ресурсами, забрудненням і збереженням біорізноманіття.

Таким чином, морські кластери можуть відігравати вирішальну роль у формуванні майбутнього регіону Чорного моря, роблячи його більш стійким, збалансованим та конкурентоспроможним на міжнародному рівні.

Цифрова трансформація у морських портових кластерах передбачає комплексний підхід, який охоплює технічні, логістичні та інфраструктурні аспекти. Важливо враховувати, що цифрова трансформація не обмежується лише впровадженням нових технологій, але також передбачає зміни у бізнес-процесах, стратегіях управління та взаємодії з усіма учасниками логістичного ланцюга (табл. 2).

Ефективна комунікація серед учасників морського портового кластеру відіграє критичну роль у забезпеченні оптимальної взаємодії, зокрема з урахуванням зростаючої складності логістичних та управлінських процесів. Інтегрована комунікаційна платформа забезпечує не лише швидкість обміну інформацією, але й гарантує конфіденційність, що в свою чергу зміцнює довіру між учасниками. Оскільки багато учасників портового кластера вже опираються на власні інформаційні системи, будь-яка нова платформа повинна бути гнучкою щодо інтеграції. Використання блокчейн-

Таблиця 1

Основні напрямки діяльності морських кластерів в регіоні Чорного моря

№	Область активності	Опис діяльності морських кластерів
1	Екологічна резиліентність	Розробка та впровадження аквакультур, які знижують антропогенний тиск на морські екосистеми; деоксикація морського дна.
2	Соціо-економічна адаптивність	Диверсифікація діяльності, створення додаткових робочих місць, стимулювання місцевої економіки.
3	Технологічна інноваційність	Розвиток та впровадження інноваційних технологічних рішень у сфері аквакультури, відновлюваної енергетики та біорізноманіття.
4	Міждисциплінарна співпраця	Об'єднання представників науки, державного управління, бізнесу та громадськості у спільних дослідницьких та практичних проєктах.
5	Підвищення обізнаності та освіченості	Робота з громадськістю, реалізація освітніх програм для зміцнення розуміння значущості Чорного моря.
6	Стратегічне планування	Спільне стратегічне планування, кооперація та координація між різними країнами для досягнення загальних цілей.
7	Підтримка наукових досліджень	Ініціація та фінансування досліджень щодо стану морського середовища, ресурсів та можливостей їх відновлення та оптимізації.
8	Сприяння інвестиціям	Залучення місцевих та міжнародних інвесторів для фінансування стратегічно важливих проєктів регіону.

Джерело: сформовано авторами на основі досліджень

Бізнес-процеси та інтеграційні стратегії портового кластера

Бізнес-процес порту	Інтеграція в межах кластера
Логістичне планування	Оптимізація маршрутів завдяки співпраці з транспортними компаніями кластера. Спільне використання складських просторів для зберігання товарів.
Тарифна політика	Єдина система знижок для учасників кластера. Гнучка цінова політика для сприяння місцевому бізнесу.
Екологічна відповідальність	Спільні проекти з очищення від забруднень. Впровадження «зелених» технологій завдяки науково-дослідним установам кластера.
Розширення інфраструктури	Будівництво нових терміналів або причалів спільно з інвесторами з кластера. Розширення мережі доріг для кращого доступу до порту.
Сервіс та підтримка клієнтів	Створення єдиного сервісного центру для усіх учасників кластера. Оптимізація процедур митного оформлення.
Безпека та охорона	Спільне використання системи охорони та моніторингу. Обмін інформацією про потенційні загрози з іншими учасниками кластера.
Цифрова інтеграція	Впровадження єдиної системи управління ресурсами (ERP) для кластера. Обмін даними про товари та логістику в реальному часі.
Маркетинг та просування	Спільні рекламні кампанії з іншими учасниками кластера. Участь в міжнародних виставках та ярмарках як єдиний кластер.

Джерело: сформовано авторами на основі дослідження

технологій може служити рішенням цієї проблеми, надаючи додатковий рівень безпеки даних та забезпечуючи незмінність та прозорість всіх транзакцій в межах портового кластера.

Цифрова трансформація і, зокрема, створення спеціалізованих порталів можуть слугувати інструментами для досягнення цієї цілі. Впровадження зазначеного порталу спрямовано на істотну оптимізацію ефективності та забезпечення прозорості взаємодії між учасниками.

На рис. 3 представлено візуалізацію ключових функціональних можливостей порталу для морського портового кластера. Ця структурна схема наглядно демонструє інтерактивність між різними компонентами порталу та їх роль у забезпеченні координованої роботи учасників кластера. Впровадження зазначеного порталу може істотно оптимізувати ефективність та забезпечити прозорість взаємодії серед учасників морського портового кластера.

За допомогою аналітичних засобів порталу, держава може забезпечувати ефективне використання інфраструктури порту та зменшувати затори та навантаження.

Інтеграція сучасних технологій та інноваційних рішень у взаємодію портового кластера може суттєво оптимізувати та поліпшити весь логістичний ланцюг, сприяючи розвитку економіки та забезпеченню конкурентних переваг на міжнародному рівні.

Однією з перспективних ініціатив в цьому напрямку є розробка спеціалізованого порталу для учасників морського портового кластера. Така платформа дозволяє створити єдиний інформаційний простір для ефективного обміну даними, координації дій та взаємодії різних учасників портової діяльності.

На рис. 4 представлені ключові функції та переваги запропонованого авторами порталу для різних зацікавлених сторін, включаючи державний сектор, регіональний рівень, громадськість та комерційні організації.

Отже, портал морського портового кластера може зробити важливий внесок у покращення конкурентоспроможності кластеру, роблячи його більш ефективним, транспарентним та привабливим для учасників та зацікавлених сторін.

Висновки з проведеного дослідження. Цифрова трансформація морських портових кластерів може стати ключовим чинником підвищення ефективності, безпеки та конкурентоспроможності в галузі морського транспорту. Впровадження блокчейн-технологій обіцяє оптимізацію інформаційних потоків, гарантуючи прозорість і безпеку даних. Однак, щоб досягти повного потенціалу цифрової трансформації, необхідно не лише технологічне оновлення, але й глибока переорієнтація бізнес-процесів, стратегій управління та взаємодії з усіма учасниками ланцюга.

В міру того як глобалізація і технологічний прогрес продовжують набирати обертів, портові кластери стикаються з необхідністю адаптації до швидко змінюваних умов ринку. Інтеграція різних бізнес-процесів, починаючи від логістичного планування та закінчуючи маркетингом та просуванням, стає основою для створення гнучкої, ефективної та конкурентоспроможної портової системи.

Важливо розуміти, що впровадження новітніх технологій – це не тільки виклик, але і можливість. Наприклад, використання блокчейну може революціонізувати способи проведення транзакцій, забезпечуючи максимальну прозорість та надійність. Це, у свою чергу, може сприяти підвищенню

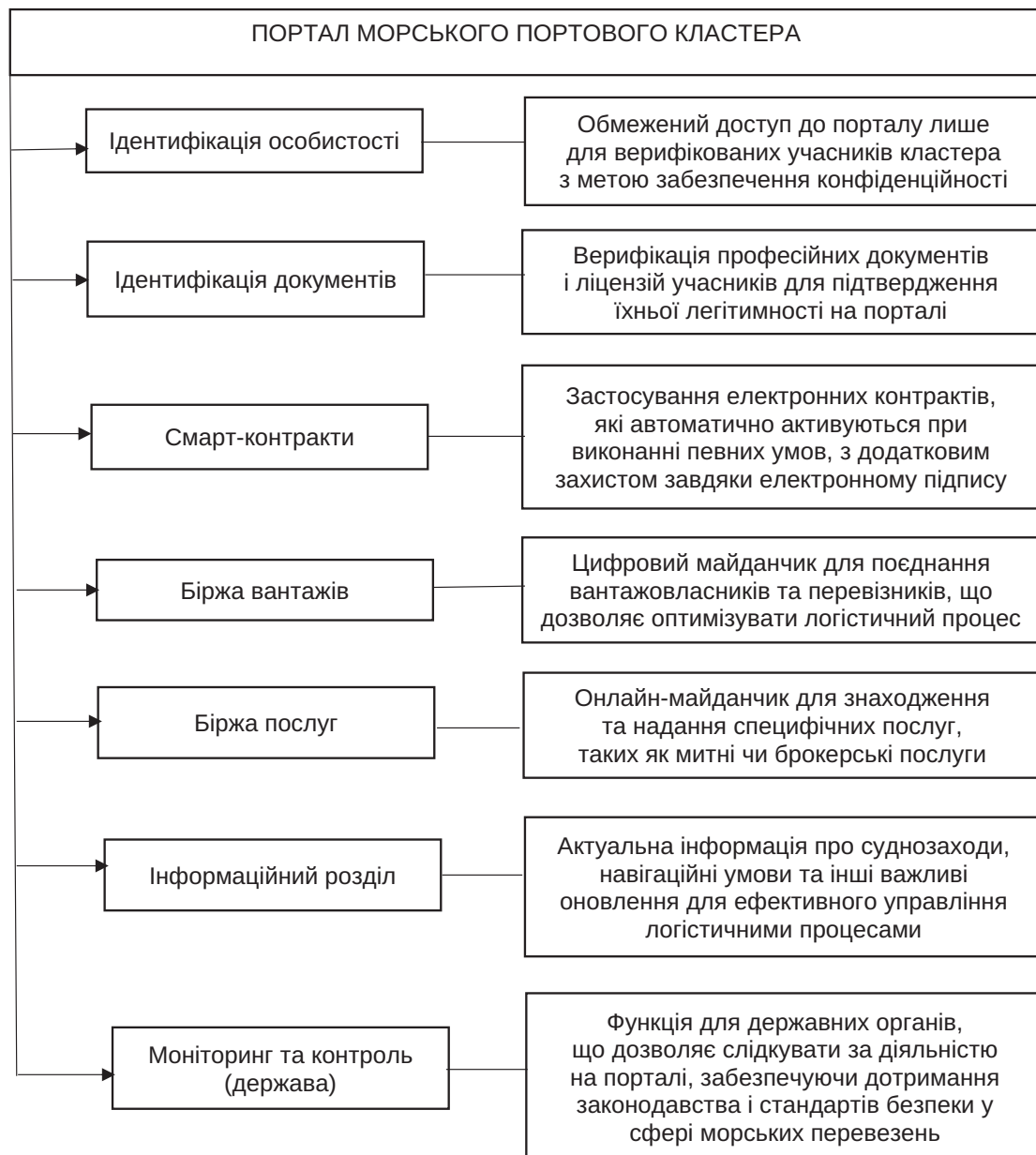


Рис. 3. Структурна схема функціональних можливостей порталу морського портового кластера

Джерело: розроблено авторами

довіри між учасниками кластера, що стає ключовим фактором для стабільності і росту.

Інтеграція та оптимізація бізнес-процесів у межах морського портового кластера за допомогою сучасних технологій є ключовим чинником для підвищення конкурентоспроможності та ефективності в галузі морського транспорту. Ефективна комунікаційна платформа, що гарантує швидкий, безпечний та прозорий обмін інформацією, може стати основою для взаємодії між учасниками кластера. Блокчейн-технології та цифрова трансформація відкривають нові горизонти для створення інтегрованих систем, що забезпечують взаємодію на новому рівні, покращуючи якість послуг та знижуючи витрати. Структурна схема порталу мор-

ського портового кластера наглядно демонструє переваги такої інтеграції, підкреслюючи важливість цифрової адаптації для майбутнього розвитку портової індустрії.

Додатково, гнучкість і швидкість цифрових систем сприяє більш ефективному реагуванню на змінні ринкові умови. Це дозволяє портовим кластерам залишатися на крок попереду конкурентів і швидко адаптуватися до нових викликів та можливостей.

Також слід зазначити роль інновацій в екологічному розвитку портового кластера. «Зелені» технології, які беруть свій початок від дослідницьких установ кластера, можуть допомогти в реалізації проектів з наміром зменшити вплив

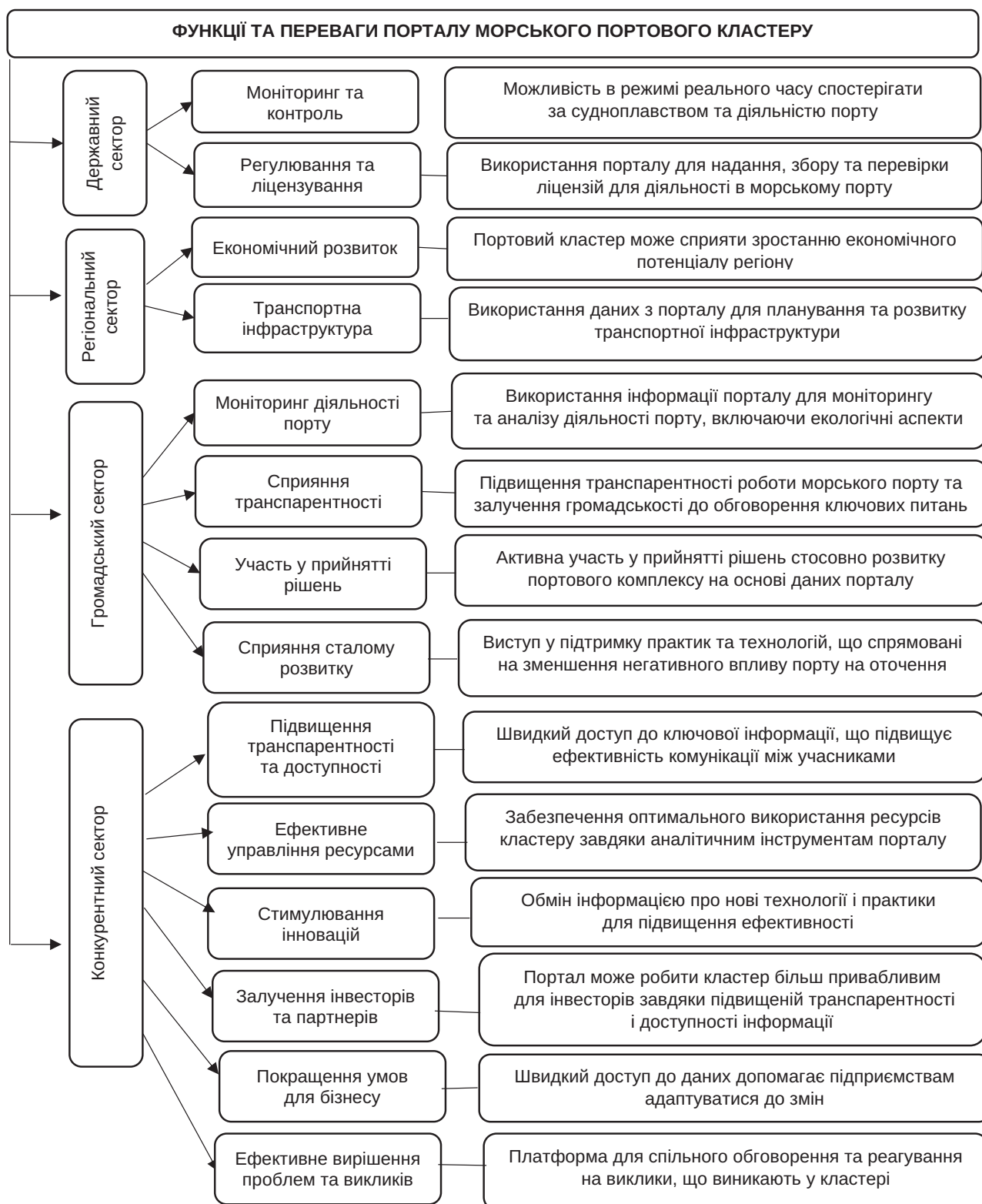


Рис. 4. Інтегровані можливості порталу для оптимізації діяльності морського портового кластера

Джерело: розроблено авторами

на довкілля і допомогти у сталому розвитку портової індустрії.

В умовах зростання конкуренції на міжнародному рівні, портові кластери мають залишатися в авангарді інновацій і технологічного прогресу,

щоб забезпечити своє лідерство та продовжити сприяти розвитку своїх регіонів.

Інтеграція сучасних технологій в морські портові кластери відкриває нові можливості для оптимізації логістичних процесів, підвищення ефек-

тивності діяльності та забезпечення конкурентних переваг на міжнародному рівні. Створення спеціалізованого порталу для учасників кластера не лише полегшує обмін інформацією та координацію дій, але також сприяє більш глибокій інтеграції учасників портової діяльності на різних рівнях: від державних органів до комерційних підприємств. Такий підхід не тільки покращує оперативність та ефективність портових операцій, але і сприяє сталому розвитку портової інфраструктури, забезпечуючи більш високу якість послуг для всіх зацікавлених сторін.

Подальше дослідження в області морських портових кластерів може бути спрямоване на вивчення новітніх технологічних інновацій для підвищення ефективності портів, екологічних аспектів блокчейн-технологій, шляхів інтеграції портових кластерів з іншими секторами економіки, а також потенційних загроз цифрової безпеки в контексті інтенсивної цифрової трансформації.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Raja Wasim Ahmad, Haya Hasan, Raja Jayaraman, Khaled Salah, Mohammed Omar. Blockchain applications and architectures for port operations and logistics management. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210539521000031> (дата звернення: 30.09.2023).
2. Junjin Wang, Jianguo Liu, Fan Wang, Xiaohang Yue. Blockchain technology for port logistics capability: Exclusive or sharing. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191261521000953> (дата звернення: 28.09.2023).
3. Olivier Lasmoles, Mamadou T. Diallo. Impacts of Blockchains on International Maritime Trade. URL: <https://www.cairn.info/revue-journal-of-innovation-economics-2022-1-page-91.htm?contenu=resume> (дата звернення: 28.09.2023).
4. Dimah H. Alahmadi, Fatmah Abdulrahman Baothman EMAIL logo, Mona M. Alrajhi, Fatimah S. Alshahrani and Hawazin Z. Albalawi. Comparative analysis of blockchain technology to support digital transformation in ports and shipping. URL: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/jisys-2021-0131/html> (дата звернення: 01.10.2023).
5. Sergey Tsiulin, Kristian Hegner Reinau. The Role of Port Authority in New Blockchain Scenarios for Maritime Port Management: The Case of Denmark. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521000867> (дата звернення: 01.10.2023).
6. Ziaul Haque Munim, Okan Duru and Enna Hirata. Rise, Fall, and Recovery of Blockchains in the Maritime Technology Space. URL: <https://www.mdpi.com/2077-1312/9/3/266> (дата звернення: 02.10.2023).
7. Application Prospects of Blockchain Technology to Support the Development of Interport Communities / Patrizia Serra та ін. Computers. 2022. Т. 5. № 11. URL: <https://www.mdpi.com/2073-431X/11/5/60> (дата звернення: 04.10.2023).

8. Яновська В.П., Пилипенко О.В., Потаповська М.О. Проблеми та перспективи застосування смарт-технологій у портовій інфраструктурі. Сучасні тенденції розвитку фінансових та інноваційно-інвестиційних процесів в Україні : Міжнар. науково-практ. конф., м. Вінниця, 2 берез. 2023 р. Вінниця, 2023. С. 429–431. URL: <https://dSPACE.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/52183/2/zbirn2023.pdf#page=262> (дата звернення: 26.09.2023).

9. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата звернення: 27.09.2023)

10. Sharath Yaji, Kajal Banger, B. Neelima. Privacy Preserving in Blockchain Based on Partial Homomorphic Encryption System for Ai Applications. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Blockchain-Based-Privacy-Protection-Application-Duan-Yang/b08a5e08ccd7196ecc6fabdd1233e31b8544744> (дата звернення: 03.10.2023)

11. CargoX Website. URL: <https://cargox.io/> (дата звернення: 11.10.2023)

12. Carlan V., Sys C., Vanelslander T. How port community systems can contribute to port competitiveness: Developing a cost – benefit framework. *Res. Transp. Bus. Manag.* 2016, 19, 51–64.

13. Nordtømme M.E., Bjerkan K.Y., Sund A.B. Barriers to urban freight policy implementation: The case of urban consolidation center in Oslo. *Transp. Policy.* 2015, 44, 179–186.

REFERENCES:

1. Ahmad, R.W., Hasan, H., Jayaraman, R., Salah, K., & Omar, M. (2021). Blockchain applications and architectures for port operations and logistics management. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210539521000031> (accessed September 30, 2023).
2. Wang, J., Liu, J., Wang, F., & Yue, X. (2021). Blockchain technology for port logistics capability: Exclusive or sharing. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191261521000953> (accessed September 28, 2023).
3. Lasmoles, O., & Diallo, M. T. (2022). Impacts of Blockchains on International Maritime Trade. Available at: <https://www.cairn.info/revue-journal-of-innovation-economics-2022-1-page-91.htm?contenu=resume> (accessed September 28, 2023).
4. Alahmadi, D.H., Baothman, F.A., Alrajhi, M.M., Alshahrani, F.S., & Albalawi, H.Z. (2021). Comparative analysis of blockchain technology to support digital transformation in ports and shipping. Available at: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/jisys-2021-0131/html> (accessed October 1, 2023).
5. Tsiulin, S., & Reinau, K.H. (2021). The Role of Port Authority in New Blockchain Scenarios for Maritime Port Management: The Case of Denmark. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521000867> (accessed October 1, 2023).
6. Munim, Z.H., Duru, O., & Hirata, E. (2021). Rise, Fall, and Recovery of Blockchains in the Maritime

Technology Space. Available at: <https://www.mdpi.com/2077-1312/9/3/266> (accessed October 2, 2023).

7. Serra, P., et al. (2022). Application Prospects of Blockchain Technology to Support the Development of Interport Communities. *Computers*, 11(5). Available at: <https://www.mdpi.com/2073-431X/11/5/60> (accessed October 4, 2023).

8. Yanovska, V.P., Pilipenko, O.V., & Potapovska, M.O. (2023). Problemy ta perspektyvy zastosuvannia smart-tehnolohii u portovii infrastrukturi. Suchasni tendentsii rozvytku finansovyh ta innovatsiino-investytsiinyh protsesiv v Ukraini: Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia, 429-431. Vinnytsia. Available at: <https://dSPACE.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/52183/2/zbirn2023.pdf#page=262> (accessed September 26, 2023).

9. Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (accessed September 27, 2023).

10. Yaji, S., Banger, K., & Neelima, B. (2022). Privacy Preserving in Blockchain Based on Partial Homomorphic Encryption System for Ai Applications. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Blockchain-Based-Privacy-Protection-Appliation-Duan-Yang/b08a5e08ccd7196eccc6fabdd1233e31b8544744> (accessed October 3, 2023).

11. CargoX Website. Available at: <https://cargox.io/> (accessed October 11, 2023).

12. Carlan, V., Sys, C., & Vanelander, T. (2016). How port community systems can contribute to port competitiveness: Developing a cost-benefit framework. *Research in Transportation Business & Management*, 19, 51–64.

13. Nordtømme, M.E., Bjerkan, K.Y., & Sund, A.B. (2015). Barriers to urban freight policy implementation: The case of urban consolidation center in Oslo. *Transport Policy*, 44, 179–186.