to the duplication of functions and the fragmentation of information flows across an organization.

The solution to this pressing problem lies in the transition to real-time accounting. This innovative approach significantly enhances the timeliness and relevance of accounting information, thereby making it invaluable for enterprise management in making critical decisions. Such a paradigm shift simultaneously strengthens the function of prompt informational support for management and other stakeholders, all while diligently preserving the fundamental control function of accounting. The advancement of real-time accounting directly aligns with the strategic objectives of Ukraine's economy, which include reducing the administrative burden on businesses, ensuring the transparency of economic processes, fostering the development of digital infrastructure, and facilitating integration into the European economic space. This approach is fully consistent with the European Real-Time Economy (RTE) model, which is already being successfully implemented in the Baltic region countries as a powerful tool to support productivity, innovation, and competitiveness, particularly for small and medium-sized enterprises.

The concept of "real-time accounting" has been a subject of discussion since the 1970s, but it has gained unprecedented relevance with the rapid development of information and communication technologies, notably cloud solutions, blockchain technologies, and Enterprise Resource Planning (ERP) systems. Recent studies by both Ukrainian and Western scholars unequivocally confirm the heightened attention given to real-time accounting within the context of enterprises' digital transformation. The emphasis is increasingly placed on the shift towards "continuous auditing" and real-time reporting, leveraging ERP systems, cloud platforms, and big data analytics to ensure constant data availability and control. In the European discourse, the concept of the Real-Time Economy (RTE) is actively evolving, envisioning an environment where accounting serves not only as a source of financial information but also as a crucial instrument of digital management.

Keywords: *real-time accounting, real-time economy, accounting information systems, accounting innovation, accountants professional development.*

УДК 656.073:004:338.24(4+477)
DOI:10.31673/2415-8089.2025.043801

Муха Тарас Анатолійович
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Харківський національний автомобільно-дорожний університет

ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОЇ ЕКОСИСТЕМИ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ: ПОРІВНЯННЯ ДОСВІДУ ЄС та УКРАЇНИ

У статті обґрунтовано необхідність систематизації європейського та українського досвіду цифровізації вантажних перевезень у контексті інституційної інтеграції рішень eCMR, eFTI та митних/морських Single Window. Використано методи систематичного огляду (PRISMA-2020), порівняльного аналізу кейсів та інституційного аналізу управління даними; джерельна база—публікації 2020–2025 рр., індексовані у Scopus/Web of Science з DOI. Запропоновано тришарову модель комплементарності (eCMR—логістичні атрибути договору перевезення; eFTI—правовий/технічний канал подання регуляторної інформації; Single Window—організаційно-правовий вузол мультиагентного обміну). Ідентифіковано конфігурації stewardship даних (державне, змішане, регулятивне лідерство) та їхній вплив на прийняття рішень; побудовано типологію інтеграції дорожніх цифрових платформ із eCMR/eFTI; визначено ключові KPI портової та наземної логістики, пов'язані з якістю даних і подієвими моделями процесів (port call/road trip).

Ключові слова*: цифрова екосистема, логістична інфраструктура, eCMR; eFTI; Single Window; Port Community System; інтероперабельність даних; управління даними; логістичні KPI.*

Постановка проблеми. Цифровізація вантажних перевезень у ЄС набула системного характеру через синергію інструментів eCMR, електронних регуляторних даних (eFTI) та митних/морських Single Window. Невирішеною лишається проблема узгодження правових, семантичних і організаційних аспектів між цими інструментами та їх адаптації до умов України у контексті гармонізації з acquis ЄС. Потребує наукового опрацювання комплементарність eCMR–eFTI–Single Window, моделі управління даними (stewardship) і практичні ефекти для стейкґолдерів портової та дорожньої логістики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні праці фіксують перехід портових спільнот до PCS як інтероперабельних платформ взаємодії (еволюція, бізнес-фактори, врядування) [3; 18; 17]; вплив стратегій портів та цифрових практик на показники діяльності [29, с. 608–620]; багатокритеріальні моделі планування сервісів із урахуванням портової черги та екологічних критеріїв [28]. Дослідження B2G-екосистем висвітлюють механізми створення публічної цінності завдяки добровільному обміну даними бізнесу з державою та порівнюють конфігурації stewardship [24; 27]. У дорожній логістиці типологізовано цифрові платформи, релевантні інтеграції з eCMR/eFTI [9, с. 808–812]. Для MSW запропоновано семантичні розширення Compendium (NAVTEX), що зменшують розриви між адміністративною звітністю і операційними даними [16]. Водночас дослідження підкреслюють перешкоди портової цифровізації (інтероперабельність, роль власника даних, координація) [2; 11].

Мета. Систематизувати європейський і релевантний для України досвід цифровізації вантажних перевезень через інтеграцію підходів eCMR, eFTI та Single Window; сформувати тришарову модель екосистеми; визначити моделі stewardship; ідентифікувати KPI та управлінські імплікації. Завдання: (i) описати інституційні рамки; (ii) окреслити семантичні та процесні узгодження; (iii) розробити таблиці порівнянь і показників; (iv) надати рекомендації для України.

Методи дослідження. В процесі роботи активно використовувався аналітичний підхід, який дозволив оцінити вплив окремих факторів, таких як валютні коливання, логістичні витрати, митні обмеження чи культурні відмінності на формування цифрової екосистеми вантажних перевезень. Для формалізації управлінських рішень та побудови моделей міжнародних операцій застосовувалися методи моделювання, що дозволяють прогнозувати ризики, аналізувати альтернативні сценарії та оптимізувати логістичні маршрути. Окрім того, дослідження спиралося на контент-аналіз наукових публікацій, статистичних даних і нормативно-правових документів, що надало можливість систематизувати сучасні підходи до формування цифрової екосистеми вантажних перевезень на основі європейського досвіду. У статті здійснено систематичний огляд (шаблон PRISMA-2020) [20], контент-аналіз і порівняльні кейси.

Виклад основного матеріалу дослідження Європейські інституційні рамки та комплементарність інструментів. eFTI задає правовий і технічний канал подання регуляторної інформації для всіх видів транспорту, уникаючи паперових носіїв та сприяючи повторному використанню даних у B2G-взаємодії. Емпіричні дослідження свідчать, що відчутна публічна цінність виникає за умов добровільного обміну даними бізнесу та наявності інституційних фасилітаторів (ролі, правила, стимули) [24; 27]. eCMR забезпечує уніфіковане електронне подання атрибутів договору перевезення у дорожньому сегменті, а морські/митні Single Window виконують роль організаційних вузлів приймання й маршрутизації даних державним органам; пропоновані семантичні розширення MSW (NAVTEX) підвищують узгодженість адміністративних та операційних повідомлень [16].

Портові спільноти та PCS як операційний шар взаємодії. PCS еволюціонують до плаского шару даних із чіткими бізнес-факторами (software, hardware, інтеграція, співпраця, правове поле, управління) [3]. Порівняльні дослідження та кейси (Японія; Копер; Рієка) вказують на роль портової адміністрації як нейтрального оператора даних та координатора стейкґолдерів [10; 30; 25], тоді як перешкоди цифровізації (інтероперабельність, координація, узгодження цілей) залишаються визначальними [2; 11].

Дорожні цифрові платформи й зв'язок з eCMR/eFTI.

Типологія платформ для управління дорожніми перевезеннями (маркетплейси, видимість, оптимізація, аналітика) [9, с. 809–820] дозволяє визначити відповідність функцій («будівельних блоків») до мінімальних наборів даних eCMR та профілів eFTI. Це забезпечує наскрізну трасованість операцій і можливість регуляторного повторного використання даних без дублювання введення [4; 26, с. 1279–1281].

Операційні ефекти та KPI логістики. Моделі планування морських сервісів із урахуванням портових черг і екологічних критеріїв демонструють можливість одночасного зменшення витрат, надійності та екологічних показників [28]. Огляди портової сталості та стратегій окреслюють репертуар KPI (час обороту судна/вантажу, точність слотів, прозорість/задоволеність спільнот, стратегічні комбінації) [1; 6], тоді як результати емпіричного аналізу засвідчують зв'язок цифрового контенту з ефективністю формування глобальної мережі контейнерних перевезень [13].
Імплікації для України. Рекомендовано трирівневий підхід: (i) дані—мапування мінімальних наборів eCMR на структури eFTI і національні профілі даних митного/морського Single Window; (ii) процеси—подієві моделі (port call / road trip) з повторним використанням даних; (iii) управління—вибір моделі stewardship (державне/змішане/регулятивне) з нейтральним оператором даних у портах, угодами про обмін і механізмами стимулювання добровільного B2G-обміну [24; 27; 25]. У таблиці 1 систематизовано комплементарність інструментів як трьох шарів: логістичного, регуляторного та організаційно-правового.

Таблиця 1

Інституційні шари цифрової екосистеми вантажних перевезень (eCMR–eFTI–Single Window): охоплення, дані, процеси

Шар/Інструмент	Охоплення	Основні дані	Ключові процеси	Очікувані ефекти
eCMR (дорожній логістичний шар)	Міжнародні/внутрішні автоперевезення; перевізники, відправники, одержувачі	Атрибути договору: сторони, вантаж, маршрут, інциденти; часові події рейсу	Створення/візування електронної накладної; внесення подієвих записів; передача доказів виконання	Скорочення паперового документообігу; точність і трасованість; швидші розрахунки
eFTI (регуляторний канал)	Усі види транспорту; B2G-звітність для регуляторних органів	Регуляторні атрибути (митні, фітосанітарні, безпекові); посилання на первинні логістичні дані	Подання/приймання електронних даних органами; повторне використання даних; міжвідомчий обмін	Зниження транзакційних витрат; прозорість; відсутність дублювання документів
Single Window (митне/морське)	Державні органи, порти, інші відомства; координація подання/споживання даних	Узгоджені профілі повідомлень (в т.ч. Compendium; NAVTEX для MSW)	Єдиний вхід для звітності; маршрутизація та зворотний зв'язок; моніторинг порт-колу	Скорочення часу обробки; підвищення надійності планування; контроль якості даних
PCS (операційний портовий шар)	Портова спільнота: термінали, агенти, судна, адміністрація порту	Операційні події порт-колу; слоти, ресурси, документообіг PCS	Координація виклику судна; інтеграція з MSW/EMSWe; доступ стейкґолдерів	Зменшення простоїв; конкурентоспроможність; сервісний рівень

Систематизовано автором за джерелами [4; 24; 16; 3]

Тришарова комплементарність усуває дублювання введення даних і підсилює повторне використання у B2G та портовій координації. Таблиця 2 узагальнює різні підходи до розвитку

PCS та виокремлює роль портової адміністрації як нейтрального оператора.

Таблиця 2

PCS: порівняння кейсів (Японія, Копер, Рієка) за функціями, врядуванням і результативністю

Кейс	Функції PCS	Влада/оператор	Інтеграції	Метрики/результати
Японія (історія розбудови)	Еволюційний розвиток сервісів; стандартизація повідомлень	Публічна координація; фасилітація держави	MSW, термінальні системи, агенти	Узгодження ролей; стабільність сервісів
Копер (Словенія)	Розширені комунікаційні сервіси, інтеграція з терміналами	Адміністрація порту як нейтральний оператор	PCS–MSW/EMSWe; довідники	Покращення конкурентоспроможності та сталість
Рієка (Хорватія)	Цифрові сервіси контейнерного порту; інтегроване спілкування	Роль портової адміністрації у врядуванні	PCS–термінали–агенти–MSW	Зменшення адміністративних дій; швидше обслуговування

Узагальнено автором за джерелами [10; 30; 25]

Незалежно від різниць у контексті, нейтральна роль портової адміністрації та стандарти даних є вирішальними для ефектів PCS. У таблиці 3 поєднано теоретичну типологію платформ із відповідними наборами даних eCMR/eFTI та очікуваними вигодами.

Таблиця 3

Типологія цифрових платформ для автологістики та відповідність eCMR/eFTI

Тип платформи	Ключові функції	Мін. дані eCMR	Профіль eFTI (приклад)	Очікувані вигоди
Маркетплейс перевезень	Матчинг вантаж–перевізник; торги	Сторони, вантаж, місця, часові слоти	Регуляторні реквізити відправлення/прибуття	Зниження холостих пробігів; швидше бронювання
Видимість/відстеження	Статуси та події рейсу	Подієві записи (завантаження/розвантаження)	Події для контрольних органів	Прозорість; менше спорів
Оптимізація/планування	Розклад/маршрути; слоти	Маршрут, обмеження, інциденти	Заявки/дозволи	Стабільність сервісу; менші витрати
Аналітика/розрахунки	Розрахунки, документообіг	Підтвердження виконання	Підтвердження контролю	Прискорення платежів; комплаєнс

Узагальнено автором за джерелами [9; 4; 26]

Узгодження функцій платформи з мінімальними наборами даних eCMR/eFTI забезпечує повторне використання інформації та уникнення дублювання. У таблиці 4 наведено ключові вимірники, їх визначення та прив’язку до даних/процесів.

Таблиця 4

Перелік очікуваних KPI в результаті реалізації цифрової екосистеми вантажних перевезень

KPI	Визначення	Одиниця	Джерело даних	Очікуваний ефект
Час обороту судна	Вхід–вихід судна у порту	год	PCS/MSW подієві дані	Зменшення простоїв
Точність слотів	Частка операцій виконаних у призначене вікно	%	PCS/термінальні системи	Покращення надійності
Прозорість/задоволеність спільнот	Оцінки місцевих громад щодо впливу порту	бал/індекс	Опитування/панелі	Підвищення прийнятності [
Час обробки декларацій	Від подання до рішення	год/хв	SW/eFTI логи	Менші транзакційні витрати
Ефективність фірм у морській галузі	Міжфірмове MFP з урахуванням цифрового прийняття	індекс	Статистичні джерела + моделі	Зростання ефективності

Сформовано автором

KPI пов’язані з якістю даних і подієвими моделями; їх досяжність зростає за наявності узгоджених профілів eCMR/eFTI та інтегрованих PCS/MSW.

Висновки. Запропонована тришарова модель (eCMR–eFTI–Single Window) забезпечує логічну основу для системного впровадження цифрових рішень у вантажних перевезеннях: логістичний, регуляторний і організаційно-правовий шари взаємодіють через спільні подієві дані та нейтральне управління ними. На рівні портів PCS, інтегрований з MSW/EMSWe, відіграє ключову роль в операційній координації; у дорожній логістиці платформізація процесів у зв’язці з eCMR/eFTI мінімізує дублювання даних. Подальші дослідження доцільно спрямувати на емпіричну верифікацію моделей stewardship у B2G-екосистемах та кількісне оцінювання впливу семантичної сумісності на часові показники порт-колу й цикл розрахунків.

Цифровізація вантажних перевезень демонструє максимальний ефект тоді, коли одночасно синхронізовано три взаємодоповнювані шари: документний (eCMR як правово значущий носій логістичних подій), дано-семантичний (структури та профілі даних, що підтримують подання й приймання інформації у цифровій формі, зокрема в межах eFTI) та організаційно-правовий (моделі «єдиного вікна» і портові спільнотові системи як вузли міжвідомчої оркестрації). Запропонована рамка поєднує ці шари з управлінською матрицею прийняття рішень і дає змогу проектувати поетапні впровадження без надмірних технологічних припущень. Для узгодженого моніторингу результативності доцільним є композитний індикатор ID^3, що агрегує частку операцій з eCMR, частку перевірок, завершених без повторних запитів у цифровому каналі, та частку рішень, ініційованих через «єдине вікно».

Подальший розвиток цього напряму вимагає, по-перше, емпіричної валідації ID^3 у квазіекспериментальних умовах на панелях перевізників і портів із тривалістю спостереження не менш ніж пів року та зі стратифікацією за типами вантажів і транспортними коридорами; доцільно перевірити чутливість індикатора до ваг і порівняти його з альтернативними композитами.

По-друге, необхідно кількісно оцінити, як гармонізація довідників і семантичних профілів

повідомлень впливає на тривалість порт-колу та час проходження контролю (у тому числі через A/B-експерименти в середовищах PCS/MSW).

По-третє, варто зіставити різні конфігурації управління даними (державне лідерство, спів-лідерство держави і бізнесу, «регулятивне» лідерство) з точки зору транзакційних витрат, стимулів добровільного обміну та керованості екосистеми.

Окрему увагу слід приділити причинно-наслідковим зв'язкам між точністю слотів, рівнем інтеграції PCS–MSW і часом обороту судна, використовуючи багатокритеріальні моделі із чергами. У дорожній логістиці перспективним є формальне картування функцій цифрових платформ (маркетплейси, видимість, оптимізація, аналітика) на мінімальні набори даних eCMR/eFTI з подальшою оцінкою ефекту на транзакційні витрати та частоту помилок введення.

На стратегічному рівні доцільні дослідження залежності між конфігураціями управління даними в портах і результатами їх діяльності з урахуванням еволюції глобальної мережі контейнерних перевезень та її вимог до інтероперабельності.

Для України першочерговими є пілоти з митницею та портовими операторами, спрямовані на гармонізацію профілів даних і процедур приймання, оцінювання ефектів прозорості та якості сервісу, а також сценарне моделювання ризиків і стійкості цифрових процесів та показників. Комплементарно варто проводити політико-регуляторні оцінки впливу стратегій на темпи цифрового прийняття й ефективність, виділяючи найбільш результативні формати стимулювання добровільного обміну даними. Сукупність цих кроків забезпечить кероване масштабування цифрового документообігу, підвищення прозорості та зниження транзакційних витрат у транспортно-логістичних системах.

References:

1. Balić, K., Stočko, D., & Delchev, D. (2022). The port system in addressing sustainability issues—A systematic literature review. Journal of Marine Science and Engineering, 10(8), 1048. https://doi.org/10.3390/jmse10081048

2. Brunila, O.-P., Inkinen, T., Tapaninen, U., Hämäläinen, E., & Saarikoski, J. (2021). Hindrances in port digitalization? Identifying problems in the digitalization of Finnish ports. European Transport Research Review, 13, 24. https://doi.org/10.1186/s12544-021-00523-0

3. Caldeirinha, V., Felício, J., Dooms, M., & Carlan, V. (2022). Port Community Systems: Accelerating the transition of the maritime supply chain. Journal of Marine Science and Engineering, 10(2), 152. https://doi.org/10.3390/jmse10020152

4. Dasaklis, T. K., Kopanaki, E., Chountalas, P. T., Rachaniotis, N. P., Voutsinas, T. G., Giannakis, K., & Chondrokoukis, G. (2024). Exploring the implementation challenges of the Electronic Freight Transport Information (eFTI) Regulation: An empirical perspective from Greece. Logistics, 8(1), 30. https://doi.org/10.3390/logistics8010030

5. Fahim, P. B. M., Nguyen, H. O., & Fahim, M. (2024). Alignment of port policy to the context of the Physical Internet. Maritime Policy & Management. https://doi.org/10.1080/03088839.2022.2147594

6. Felício, J. A., Batista, M., Dooms, M., & Caldeirinha, V. (2023). How do sustainable port practices influence local communities' perceptions of ports? Maritime Economics & Logistics. https://doi.org/10.1057/s41278-022-00237-7

7. Gavalas, D., Syriopoulos, T., & Roumpis, E. (2022). Digital adoption and efficiency in the maritime industry. Journal of Shipping and Trade, 7, 11. https://doi.org/10.1186/s41072-022-00111-y

8. Heikkilä, M., Kandjani, A., & Suominen, A. (2022). Innovation in Smart Ports: Future directions of digitalization. Journal of Marine Science and Engineering, 10(12), 1925. https://doi.org/10.3390/jmse10121925

9. Heinbach, C., Beinke, J. H., Kammler, F., & Thomas, O. (2022). Data-driven forwarding: A typology of digital platforms for road freight transport management. Electronic Markets, 32(2), 807–828. https://doi.org/10.1007/s12525-022-00540-4

10. Iida, J., & Watanabe, D. (2023). Focal points for the development and operation of port community system—A case study of development history in Japan. Asian Transport Studies, 9, 100116. https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2023.100116

11. Inkinen, T., Helminen, R., & Saarikoski, J. (2021). Technological trajectories and scenarios in seaport digitalization. Research in Transportation Business & Management, 41, 100633. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100633

12. Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 136, 101922. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922

13. Jarumaneeroj, P., Mardani, A., & Kabir, G. (2024). An evolution of the Global Container Shipping Network. Maritime Economics & Logistics. https://doi.org/10.1057/s41278-023-00273-x

14. Jović, M., Tijan, E., Aksentijević, S., & Pucihar, A. (2024). Assessing the digital transformation in the maritime transport sector: A case study of Croatia. Journal of Marine Science and Engineering, 12(4), 634. https://doi.org/10.3390/jmse12040634

15. Kervall, M., & Pålsson, H. (2022). Barriers to change in urban freight systems: A technological-institutional perspective. European Transport Research Review, 14, 29. https://doi.org/10.1186/s12544-022-00553-2

16. Lee, C., & Lee, S. (2024). Expanding IMO Compendium with NAVTEX messages for Maritime Single Window. Journal of Marine Science and Engineering, 12(12), 2328. https://doi.org/10.3390/jmse12122328

17. Moros-Daza, A., Amaya-Mier, R., & Paternina-Arboleda, C. (2020). Port Community Systems: A structured literature review. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 133, 27–46. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.021

18. Mthembu, S. E., & Chasomeris, M. G. (2022). A systems approach to developing a port community system: A South African case. Journal of Shipping and Trade, 7, 26. https://doi.org/10.1186/s41072-022-00128-3

19. Orzechowski, S. C., van Hassel, E., & Sys, C. (2024). Regulatory scope of maritime autonomous surface ships (MASS) in inland shipping: Implications for ports. Journal of Shipping and Trade, 9, 18. https://doi.org/10.1186/s41072-023-00160-x

20. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

21. Pan, S., Trentesaux, D., Ballot, E., Huang, G. Q., & Lam, D. (2021). Smart city for sustainable urban freight logistics: A review. International Journal of Production Research, 59(7), 2041–2063. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1893970

22. Peynirci, E. (2021). The rise of emerging technologies: A quantitative-based research on “maritime single window” in Turkey. Research in Transportation Business & Management, 46, 100770. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100770

23. Raza, Z., Woxenius, J., Vural, C. A., & Lind, M. (2023). Digital transformation of maritime logistics: Exploring trends in the liner shipping segment. Computers in Industry, 145, 103811. https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103811

24. Rukanova, B., Henningsson, S., Henriksen, H. Z., & Tan, Y.-H. (2023). Public value creation through voluntary business-to-government information sharing: Mechanisms and enabling conditions. Government Information Quarterly, 40(1), 101786. https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101786

25. Tijan, E., Jović, M., Panjako, A., & Žgaljić, D. (2021). The role of port authority in port governance and Port Community System implementation. Sustainability, 13(5), 2795. https://doi.org/10.3390/su13052795

26. Tomicová, J., Poliak, M., & Zhuravleva, N. (2021). Impact of using e-CMR on neutralization of consignment note. Transportation Research Procedia, 55, 1278–1285. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.012

27. van Donge, W., Bharosa, N., & Janssen, M. (2022). Data-driven government: Cross-case comparison of data stewardship in data ecosystems. Government Information Quarterly, 39(2), 101642. https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101642

28. Wen, X., Chen, Q., Yin, Y.-Q., Lau, Y.-Y., & Dulebenets, M. A. (2024). Multi-objective optimization for ship scheduling with port congestion and environmental considerations. Journal of Marine Science and Engineering, 12(1), 114. https://doi.org/10.3390/jmse12010114

29. Yap, W. Y., & Ho, J. (2023). Port strategy and performance: Empirical evidence from major container ports and implications for the role of data analytics. Maritime Policy & Management, 50(5), 608–628. https://doi.org/10.1080/03088839.2021.2017040

30. Čerin, P., Perić Hadžić, A., & Žgaljić, D. (2023). Digitalisation of the port community through the development of advanced port communication systems (PCSs): A case study of the Port of Koper. Sustainability, 16(1), 348. https://doi.org/10.3390/su16010348

MUCHA TARAS. FEATURES OF THE DIGITAL FREIGHT TRANSPORT ECOSYSTEM: COMPARISON OF THE EU AND UKRAINE EXPERIENCE

This article develops an integrated framework for systematizing the European and Ukrainian experience of freight transport digitalization by articulating the complementarity of three layers: the electronic consignment notes for road transport (eCMR) as the logistics layer, the electronic Freight Transport Information (eFTI) as the regulatory channel, and customs/maritime Single Window as the organizational node. The study sets out to establish a coherent model that aligns data interoperability requirements with governance arrangements and operational performance indicators across ports and road freight. The research design combines a protocolized systematic review (PRISMA-2020), comparative case analysis, and institutional reasoning about data stewardship in business-to-government ecosystems. The evidence base consists of peer-reviewed journal articles published between 2020 and 2025 and indexed by Scopus or Web of Science, each assigned a DOI. The proposed three-layer model explains how eCMR provides the minimal data backbone for transport execution, eFTI creates a legally binding channel for accepting regulatory information in digital form across all transport modes, and Single Windows operate as multi-agency gateways that orchestrate submission, routing, and feedback. The article formalizes stewardship configurations (public leadership, co-leadership, and regulatory leadership) and clarifies their implications for transaction costs, auditability, and incentives for voluntary information sharing by firms. Within seaports, Port Community Systems are positioned as the operational integration layer interlinked with Maritime Single Window/EMSWe; in road freight, platform typologies (marketplaces, visibility services, planning optimizers, analytics) are mapped to the minimal eCMR/eFTI datasets to enable event-driven process reuse without redundant data entry. The article also delineates a KPI set that connects data quality and event models with measurable improvements—such as vessel turnaround time, slot accuracy, community acceptance, declaration processing time, and firm-level efficiency—showing their dependence on interoperable data profiles. The contribution lies in synthesizing data governance mechanisms with semantic alignment of messages and identifying a phased implementation pathway for countries harmonizing with EU acquis. For Ukraine, the paper recommends a staged approach that prioritizes data profile mapping, event-oriented processes, and neutral data operators in ports, together with capacity-building and targeted incentives. The framework offers a replicable basis for policymakers and managers to orchestrate digital freight ecosystems, align stakeholders around shared data assets, and monitor performance through a compact yet meaningful KPI suite.

Keywords: *digital ecosystem, logistics infrastructure, eCMR; eFTI; Single Window; Port Community System; data interoperability; data management; logistics KPIs.*