

ОРГАНІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ЛОГІСТИЧНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ

Сучасні умови глобалізації в поєднанні з технологічними трансформаціями призвели до зменшення ефективності лінійних підходів до управління ланцюгами постачань. Зростання складності господарських відносин, посилення конкурентно-коопераційних взаємодій між суб'єктами господарювання та розвиток цифрових технологій призвели до появи екосистемних концепцій управління логістичними процесами, орієнтованих на отримання синергетичних ефектів від взаємодії учасників та забезпечення стійкості функціонування через посилення адаптаційних можливостей. Метою статті постав розвиток теоретико-методичних та практичних засад організації адаптивного управління життєвим циклом логістичної екосистеми ланцюга постачань в умовах зростання невизначеності та мінливості змін середовища господарювання. Методологія дослідження поєднала теорії організаційної екології та системної інженерії з об'єктно-орієнтованим моделюванням. Використано формальний апарат мови предикатів для опису взаємодій між бізнес-об'єктами екосистеми та моделювання їх станів. Розроблено концептуальну модель логістичної екосистеми ланцюга постачань, яка містить три рівні архітектури: конструктив (фізична сутність бізнес-об'єктів), функціональність (поведінка через зміну станів) та управління (нагляд за реалізацією процесів). Запропоновано модель життєвого циклу логістичної екосистеми, яка співвідносить стадії розвитку зі специфічними методами роботи. Обґрунтовано переваги екосистемного підходу, включаючи віртуалізацію взаємодій, інституціоналізацію довіри, динамічне ціноутворення та оптимальний розподіл замовлень. Новизна дослідження міститься в представленні ланцюга постачань як екосистеми на основі виділення взаємодіючих бізнес-об'єктів, формалізації їх станів та переходів за допомогою предикатної логіки, а також моделюванні життєвого циклу екосистеми в контексті модельного часу системної інженерії. Таке подання ланцюга постачань є основою для підвищення адаптивності та стійкості ланцюгів постачань через максимальне пристосування для створення цифрових платформ управління логістичними екосистемами на основі впровадження технологій четвертої промислової революції.

Ключові слова: логістична екосистема, ланцюг постачань, життєвий цикл, об'єктно-орієнтований підхід, адаптивне управління, бізнес-об'єкти, логіка предикатів, онтологія логістичної взаємодії.

Pavlo LESNIKOV

LIFE CYCLE MANAGEMENT DESIGN FOR THE SUPPLY CHAIN LOGISTICS ECOSYSTEM

Contemporary globalization processes and rapid technological transformations have significantly undermined the efficiency of linear approaches to supply chain management. The increasing complexity of economic relationships, the intensification of competitive-cooperative interactions among business entities, and the advancement of digital technologies have catalyzed the emergence of ecosystem-based concepts in logistics management. These approaches aim to generate synergistic effects through collaboration and enhance operational resilience by fostering adaptability. This article aims to develop theoretical, methodological, and practical foundations for organizing adaptive life cycle management of the supply chain logistics ecosystem under growing environmental uncertainty and volatility. The research methodology integrates organizational ecology and systems engineering theories with object-oriented modeling. A formal predicate logic apparatus describes interactions among ecosystem business objects and models their states and transitions. The study proposes a conceptual model of a logistics ecosystem comprising three architectural levels: constructive (physical identity of business objects), functional (behavioral dynamics through state transitions), and managerial (oversight and coordination of processes). A logistics ecosystem life cycle model is introduced, aligning development stages with specific operational methods. The advantages of the ecosystem approach are substantiated, including the virtualization of interactions, institutionalization of trust, dynamic pricing mechanisms, and optimal order allocation. The scientific novelty lies in presenting the supply chain as an ecosystem formed by interacting business objects, formalizing their states and transitions via predicate logic, and modeling the ecosystem's life cycle using the concept of model time from systems engineering. This representation forms the basis for enhancing the adaptability and resilience of supply chains and for designing digital platforms to manage logistics ecosystems through implementing Industry 4.0 technologies.

Keywords: logistics ecosystem, supply chain, life cycle, object-oriented approach, adaptive management, business objects, predicate logic, logistics interaction ontology.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасним умовам господарювання властиве постійне зростання складності через поширення процесів глобалізації, розвиток технологічної та логістичної пов'язаності суб'єктів господарювання, орієнтації на об'єднання підприємств в умовах конкурентно-коопераційної взаємодії тощо. За таких умов відбувся перехід від лінійних поглядів на ланцюги постачань та логістику до більш цілісних та взаємопов'язаних «екосистемних» концепцій, орієнтованих на отримання певного роду синергетичних та емерджентних ефектів від утворення складних бізнес-мереж, а в деяких випадках навіть логістичних кластерів. Відповідно відбулася й трансформація управління такими ланцюгами постачань від традиційної оптимізації лінійних поточкових процесів до систем логістичного врядування взаємодії учасників ланцюгів створення цінності. Передумовою такого переходу постало те, що в сучасних умовах жодне комерційне

підприємство нездатне самостійно отримати переваг у конкурентній боротьбі. Таке представлення ланцюга постачань як логістичної екосистеми потребує розробок у сфері розбудови контурів управління залучених до логістичної взаємодії в рамках такої екосистеми учасників.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Використання метафори «екосистеми» запозичено в економічні дослідження з еволюційної біології. Оскільки її застосування здатне надати теоретично основу для розуміння логіки функціонування та розвитку складних багатоакторних систем, особливістю яких є одночасне поєднання конкуренції та співпраці в рамках процесів спільного творення (а не лише передавання, як це було в рамках традиційних логістичних концепцій) цінності, то значна кількість учених-економістів поклала дану екосистему концепцію в основу розбудови ланцюгів постачань. Так, наприклад, А. Пилипенко [1] при дослідженні логістичних екосистем розглядав їх сутність через концепт «фрактально-мережної формації», особливими характеристиками якої є застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій за для забезпечення підвищення ефективності взаємодії учасників такої формації. Такий підхід дозволяє застосувати екосистемний підхід навіть на рівні парадигми управління лише логістичною діяльністю. Прийняття більш широкої точки зору організації логістичного управління діяльністю ланцюгів та мереж постачань надає ще більших переваг до використання концепту логістичних екосистем. Така розширена точка зору на логістичну екосистему дозволяє розглядати ланцюг постачань як мережу економічних агентів, ресурсів та технологічних процесів їх трансформації, завданням якої є підтримка потокових процесів від точки походження до місця кінцевого споживання. Тобто особливістю утвореної бізнес-екосистеми, відповідно до розробок Р. Гумзей [8], Д. Веллана [16] та Ф. Насхіри з співавторами [13], є обов'язкове вихід контексту розгляду за рамки однієї організації та охоплення бізнес-логікою взаємодії значної сукупності партнерів, клієнтів, постачальників, регуляторів і навіть конкурентів. Таке значне розширення об'єкту та контексту логістичного управління робить неможливим орієнтування виключно на прямі керівні впливи, що вимагає впровадження контурів узгодженого калібровативного управління та розбудови підсистеми логістичного врядування взаємодії учасників логістичної екосистеми. Якщо окремі аспекти розбудови взаємодії учасників такої логістичної екосистеми присутні в дослідженнях зі сфери логістичного або системного інжинірингу (висвітлені, наприклад, в роботах Б. Бланчарда [7], Т. Джансена [11] та Д. Тейлора [10]), то питання вироблення та реалізації спільних керівних впливів на перебіг логістичних потокових процесів потребують подальшого доопрацювання.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті постав розв'язок теоретико-методичних та практичних засад організації адаптивного управління життєвим циклом логістичної екосистеми ланцюга постачань в умовах зростання невизначеності та мінливості змін середовища господарювання.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Реалізація поставленої мети базується на гіпотезі про потребу формування гнучкої та стійкої логістичної екосистеми, в основі якої буде цифрова платформа, орієнтована на досягнення адаптивної динамічної кооперації та ефективного розподілу ресурсів поміж учасників розширеного інтегрованого ланцюга постачань відповідно до організаційно-економічної моделі такого ланцюга та форм конкурентно-коопераційної взаємодії його учасників. Додатковою уточнюючою гіпотезою є розгляд конкуренції між учасниками ланцюга постачань відповідно до розробленої М. Наннаном та Д. Фріманом [9] теорії організаційної екології, яка дозволяє описувати динаміку просування організації за її життєвим циклом на основі використання метафори екологічної системи. Саме розробки [9] поклали базисом появи екосистемного підходу, який дозволяє розглядати взаємодії організації навіть на рівні країн та міждержавної взаємодії (приклад реалізації даного твердження міститься в роботі Д. Лейка [12]). Застосування набутих теорії організаційної екології щодо ланцюга постачань дозволяє провести аналіз складної взаємодії учасників ланцюга, провести їх структуризації відповідно обраних ними варіантів конкурентної поведінки, забезпечити синергію логістичних та інших управлінських функцій, підвищити стійкість та загальний рівень адаптивності ланцюга постачань тощо. Можливі переваги представлення ланцюга постачань як екосистеми відображені на рис. 1.

Як правило при описі системи управління ланцюгами постачань дослідники акцентують увагу на розгляд процесів з точки зору фокальної компанії та її дії щодо взаємодії з постачальними першого рівня, як це зроблено в роботах Н. Попової [2] та О. Сумець [3]. Прийняття такого підходу не дозволяє отримати описані на рис. 1 переваги від утворення екосистеми логістики, будувати яку пропонується на основі виділення бізнес-об'єктів що забезпечують реалізації окремих притаманних такій екосистемі функцій. Основою для виділення таких бізнес-об'єктів може постати один з багатьох наявних універсальних класифікаторів процесів, таких як APQC PCF [5]. Тут автором приймаються позиція, що бізнес-процеси забезпечують зміну станів виділених бізнес-об'єктів, взаємодія між якими і є відображенням логістичної екосистеми ланцюга постачань.

Перевагою такого об'єктно-орієнтованого підходу до розкриття економічної сутності ланцюга постачань є можливість моделювання складних форм взаємодії з перенесенням їх на організаційну, процесну, інституціональну та інші різновиди архітектури ланцюга постачань за рахунок додавання до таких бізнес-об'єктів відповідних атрибутів. Методологічною основою для опису верхньорівневої логіки такого узгодження бізнес-об'єктів може стати мова предикатів (для подальшого опису контексту застосування формальних мов буде використано розробки З. Халецької [4]). Саме за допомогою застосування мови предикатів дозволяє реалізовувати відносно ланцюга постачань застосування таких методів аналізу та системного моделювання як, наприклад, аналіз мережі економічної екосистеми (від англ. «ecosystem network analysis» [15]) або реалізувати розробки Р. Гумзей [8] щодо розбудови максимально розподіленого ланцюга постачань, розширивши їх додаванням належного інструментарію. Реалізація авторської гіпотези передбачає застосування представленого на рис. 2 підходу щодо об'єктно-орієнтованого моделювання екосистеми ланцюга постачань. Ключова відмінність пропозиції полягає у зосередженні уваги на взаємодіях між бізнес-об'єктами, яка є джерелом формування цінності на виході екосистеми ланцюга постачань. Процеси та функції відповідно виступають похідними елементами від такої взаємодії шляхом об'єднання станів (даних щодо діяльності) та методів зміни таких станів (поведінку екосистеми). Відображена на рис. 2 концептуальна модель містить перелік базових множин бізнес-об'єктів та відображає логіку організації їх взаємодії за для адаптації до вимог споживача.

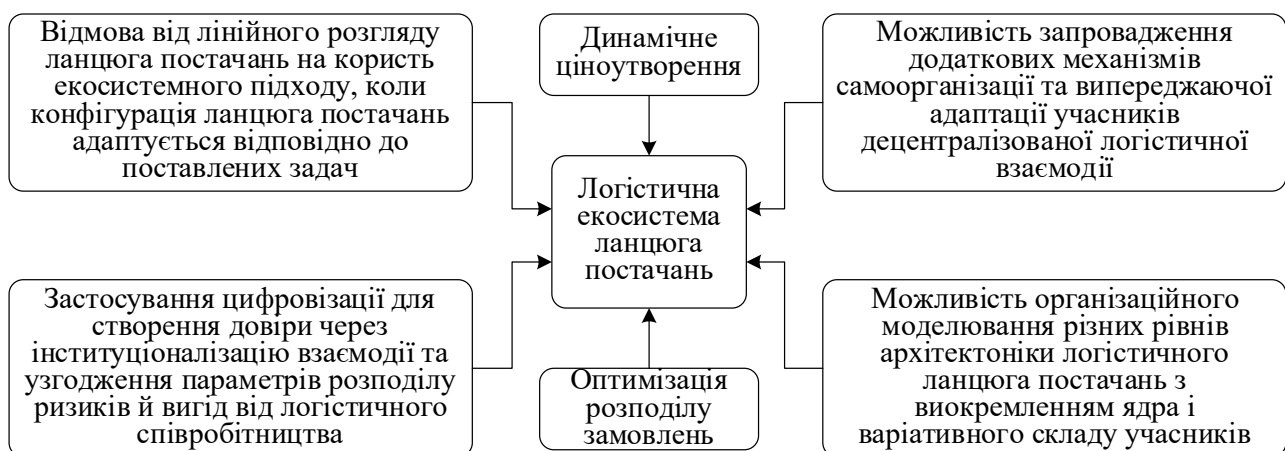


Рис. 1. Переваги орієнтації на формування екосистеми логістики в рамках утворення ланцюга постачань (авторська розробка)

Як видно з рис. 2, пропонується виділення трьох рівнів архітектури екосистеми ланцюга постачань. Перший з таких рівнів відповідає конструктиву ланцюга постачань та розкриває фізичну сутність відібраного складу бізнес-об'єктів. Другий (середній з поданих на рис. 2 рівнів) розкриває функціональність екосистеми ланцюга постачань, тобто описує поведінку ланцюга постачань через зміни стану бізнес-об'єктів. Такі стани описуються через застосування предикату стану об'єкту: $State(x, s, t)$. Такий предикат фіксує, що об'єкт x знаходиться в стані s в момент часу t в рамках поточного етапу його життєвого циклу. Зміна статусу бізнес-об'єкту (перехід між станами) в системі управління логістичними потоками або в інформаційній системі контролінгу буде відображена предикатом: $StateTransition(x, s_1, s_2, c, t)$. Тобто предикат буде відображати, що об'єкт x переходить зі стану s_1 в стан s_2 за умови c в момент t . Прийняття поданого на рис. 2 підходу дозволяє формувати у тому числі модель життєвого циклу екосистеми ланцюга постачань. Наявні розробки щодо моделювання такого життєвого циклу орієнтовані на прийнятий в більшості досліджень підхід щодо виділення різних часових стадій, в рамках яких виконуються роботи з формування та реорганізації логістичної екосистеми. Наприклад, К. Баллс [6, с. 109] запропонував такі еволюційні стадії бізнес-екосистеми як зародження, розширення, лідерство та самооцінка, визначивши при цьому для кожної з стадій специфічні конкурентні та кооперативні виклики. Представлена на рис. 2 структуризація екосистеми ланцюга постачань дозволяє по розглянути життєвий цикл в контексті дисципліни системної інженерії [14], яка цикл розглядає не з точки зору фізичного часу перебігу подій, а з точки зору модельного часу. В результаті стадії життєвого циклу логістичної екосистеми співвідносяться з специфічними для них методами робіт, а в рамках кожної зі стадій за допомогою відповідних предикатів відображаються особливості зв'язку таких методів з бізнес-об'єктами та з просуванням таких бізнес-об'єктів за їх станами.

Узагальнене подання моделі життєвого циклу логістичної екосистеми ланцюга постачань, яка також відображає зв'язок стадій та методів роботи, представлена на рис. 3.

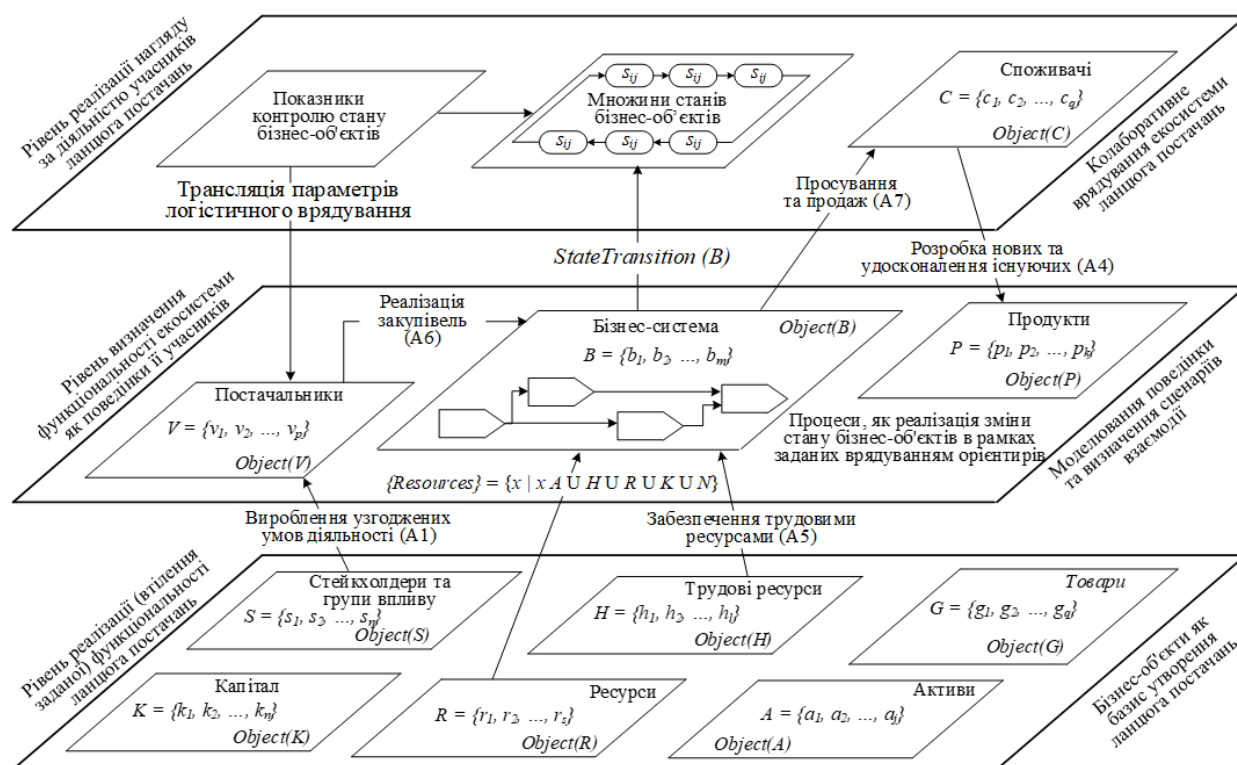


Рис. 2. Концептуалізація екосистеми ланцюга постачання (авторська розробка)

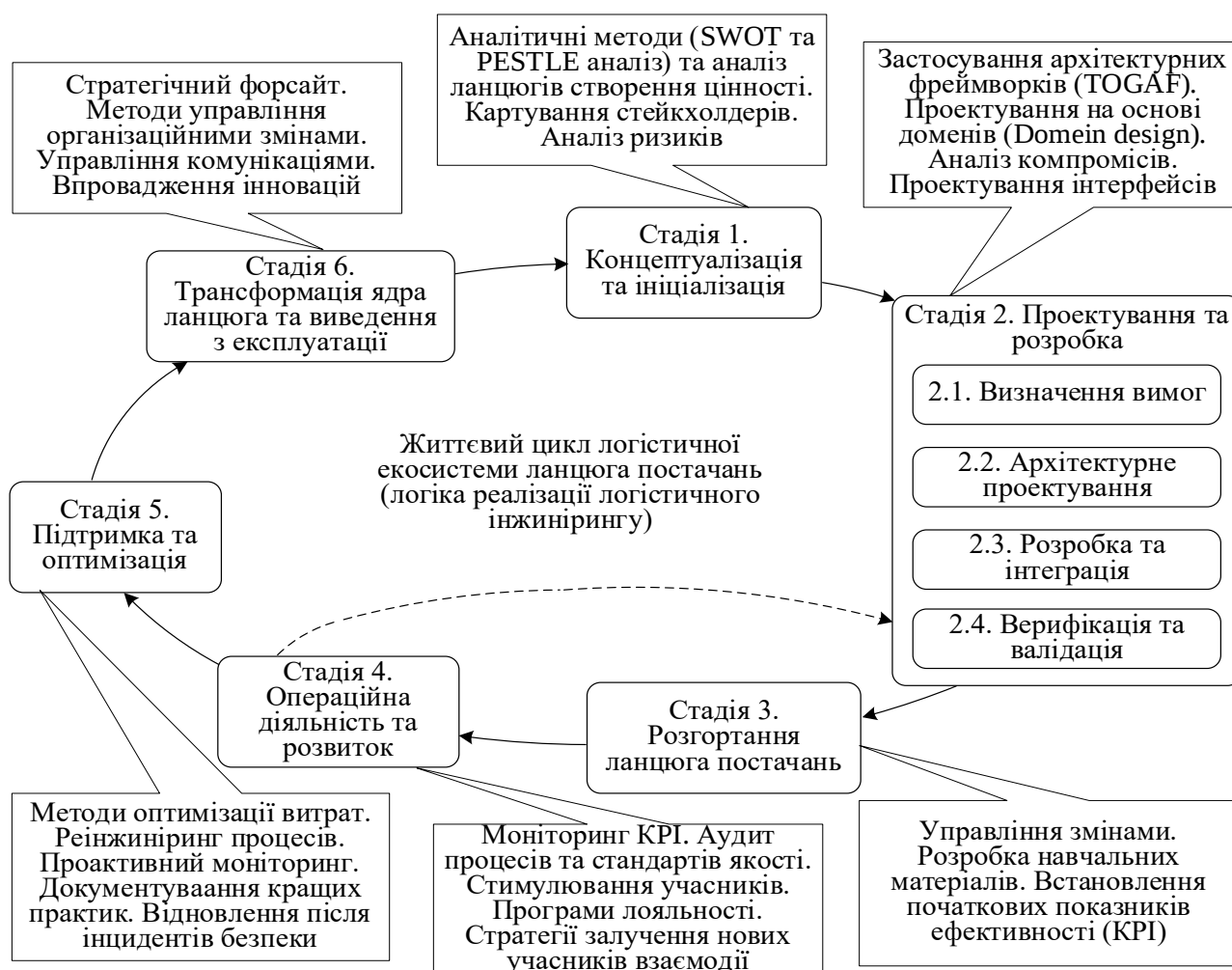


Рис. 3. Моделювання життєвого циклу логістичної екосистеми ланцюга постачання (розроблено автором)

Відповідність бізнес-об'єкту до тієї чи іншої з поданих на рис. 3 стадій життєвого циклу ланцюга постачань може бути змодельована через застосування предикату: $LifeCycleStage(x, l, t)$. Цей предикат засвідчує, що об'єкт x знаходиться на етапі життєвого циклу l в момент часу t . Такий підхід дозволяє спростити інтерпретацію зміни статусів бізнес-об'єктів у корпоративній інформаційній системі, яка у випадку логістичної екосистеми може бути реалізована як хмарне рішення або може бути заснована на застосуванні смарт-контрактів. Організація управління ланцюгом постачань за описаного підходу полягатиме у підборі відповідних кожній з виділених на рис. 3 стадій життєвого циклу методів роботи ланцюга постачань (приклади таких методів наведені на рис. 3) та переведення їх на рівень конкретних робіт (логістичних та бізнес-операцій) з призначенням відповідальних учасників ланцюга і строків виконання робіт. Інструментальною складовою такого переведення на рівень робіт є реалізація предикату передачі ресурсу r в кількості q в момент t від бізнес-об'єкту x до об'єкту y в рамках операцій поставки, закупівлі, найму тощо: $ResourceTransfer(x, y, r, q, t)$.

Верхній рівень представленої на рис. 2 концептуальної моделі екосистеми ланцюга постачань забезпечує нагляд за реалізацією виконання передачі ресурсів та зміною стану бізнес-об'єктів. При цьому відповідно до вимог класифікатору процесів APQC PCF [5] всі бізнес-об'єкти та бізнес-процеси зміни їх станів організовані в ієрархічну структуру. Як правило при організації управління такі структури описуються за допомогою IDEF-моделювання. Разом з тим можливою є і предикатна форма опису процесів: $Process_{A1}(S, t)$. Даний предикат відповідає моделі процесу A1 з класифікатора процесів APQC PCF [5], яка описує логіку узгодження умов діяльності для означеної на рис. 1 множини стейкхолдерів ($\{S\}$) логістичної екосистеми. Тобто за допомогою застосування референтних моделей відбувається узгодження параметрів логістичної взаємодії учасників екосистеми ланцюга постачань. Організацію логістичного врядування пропонується будувати таким чином, щоб реалізувати адаптивний механізм координації ланцюга постачань через розбудову композицій бізнес-об'єктів, які утворюють ланцюг виведення цінності під конкретний запит споживача. Такий механізм структуризації бізнес-об'єктів реалізує предикат: $Composition(c, \{o_1, o_2, \dots, o_n\}, t)$. Цей предикат засвідчує, що утворюється композиція c , яка включає об'єкти $\{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ в момент t . Однією з ключових композицій бізнес-об'єктів в рамках управління життєвим циклом ланцюга постачань постане перелік контрагентів: $\{Counterparties\} = \{x \mid x \in S \cup V \cup C\}$, яка об'єднує всіх суб'єктів взаємодії в рамках логістичної екосистеми за для забезпечення формування продуктового портфелю, заданого через композицію: $\{ProductPortfolio\} = \{x \mid x \in P \cup G\}$.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

В рамках реалізації мети статті зроблено постановку завдання організації управління життєвим циклом ланцюга постачань, виконану з використанням екосистемного підходу щодо моделювання економічних систем. Обґрунтований в дослідженні підхід до визначення архітектури екосистеми ланцюга постачань виступає концептуальною основою для більш докладного опису механізму управління ланцюгами постачань, що передбачає виділення суб-механізмів управління окремими учасниками ланцюга, розробки деталізованої інтеграційно-коопераційної стратегії логістичної взаємодії учасників ланцюга постачань, обґрунтування можливості використання методів теорії кластеризації економіки на рівні окремих ланцюгів постачань та їх учасників, формування інформаційно-комунікаційного та інституціонального середовища взаємодії учасників ланцюгів постачань, для якого описаний в статті рівень концептуалізації дозволить перейти до залучення таких інструментів четвертої промислової революції як штучний інтелект, блокчейн-технології та смарт контракти. Кожен з зазначених напрямків виступатиме перспективою для подальших досліджень автора.

Література

1. Пилипенко А.А. Стратегічна інтеграція підприємств: теоретичні основи, механізм управління та моделювання розвитку: монографія. Харків: ВД «Інжек», 2008. 408 с.
2. Попова Н.В. Розвиток підприємств транспортно-логістичної системи в умовах VUCA-світу : монографія. Харків: Видавництво «В справі», 2016. 320 с.
3. Сумець О.М., Бабенкова Т.Ю. Логістичні системи і ланцюги поставок. К.: Хай-Тек-Прес, 2012. 220 с.
4. Халецька З.П., Нарадовий В.В. Математична логіка та теорія алгоритмів. Кропивницький: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2017. 128 с.
5. American Productivity & Quality Center Process Classification Framework (APQC PCF). URL: <https://www.apqc.org/process-frameworks>.
6. Bals C. Toward a Supply Chain Finance (SCF) Ecosystem. Proposing a Framework and Agenda for Future Research. *Journal of purchasing and supply management*. 2019. Vol. 25. № 2. P. 105-117.
7. Blanchard B. Logistics Engineering & Management. USA: Pearson Education, 2014. 423 p.

8. Gumzej R., Gasic D. Decentralized agent-based electronic marketplace supply ecosystem. *Scientific Journal of Maritime Research*. 2018. № 32. P. 21-27.
9. Hannan M.T., Freeman J. *Organizational Ecology*. Cambridge: Harvard University Press, 1989. 384 p.
10. Introduction to logistics engineering : ред. G.D. Taylor. New York: CRC Press, 2009. 315 p.
11. Janssen T. *Enterprise Engineering. Sustained Improvement of Organizations*. The Netherlands: Springer, 2016. 148 p.
12. Lake D.A. The organizational ecology of global governance. *European Journal of International Relations*. 2020. № 27(2). P. 345-368.
13. Nachira F., Nicolai A., Dini P. *Digital business ecosystem*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. 214 p.
14. Scholz-Reiter B., Kolditz J., Hildebrandt T. Engineering autonomously controlled logistic systems. *International Journal of Production Research*. 2008. № 47(6). P. 1449-1468.
15. Souza V.D., Ruwaard J.B., Borsato M. Exploring ecosystem network analysis to balance resilience and performance in sustainable supply chain design. *International Journal of Advanced Operations Management (IJAOM)*. 2019. Vol. 11. № 1/2. P. 1-26.
16. Whelan J., Meaden G. *Business architecture : a practical guide*. MPG Books Group, 2012. 304 p.

References

1. Pylypenko A. A. (2008) *Stratehichna intehtatsiia pidpriemstv: teoretychni osnovy, mekhanizm upravlinnia ta modeliuvannia rozvytku: monohrafiia* [Strategic integration of enterprises: theoretical foundations, management mechanism and development modeling]. Kharkiv: VD "Inzhnek". (in Ukrainian)
2. Popova N. V. (2016) *Rozvytok pidpriemstv transportno-lohistychnoi systemy v umovakh VUCA-svitu: monohrafiia* [Development of enterprises of the transport and logistics system in the conditions of the VUCA world: monograph]. Kharkiv: Vydavnytstvo "V spravi". (in Ukrainian)
3. Sumets O. M., Babenkova T. Yu. (2012) *Lohistychni systemy i lantsiuhy postavok* [Logistics systems and supply chains]. Kyiv: Khai-Tek-Press. (in Ukrainian)
4. Khaletska Z. P., Naradovyi V. V. (2017) *Matematychna lohika ta teoriia alhorytmiv* [Mathematical logic and theory of algorithms]. Kropyvnytskyi: RVV KDPU im. V. Vynnychenka. (in Ukrainian)
5. American Productivity & Quality Center Process Classification Framework (APQC PCF). URL: <https://www.apqc.org/process-frameworks>.
6. Bals C. (2019) Toward a Supply Chain Finance (SCF) Ecosystem. Proposing a Framework and Agenda for Future Research. *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 25, no. 2, pp. 105–117.
7. Blanchard B. (2014) *Logistics Engineering & Management*. USA: Pearson Education. (in English)
8. Gumzej R., Gasic D. (2018) Decentralized agent-based electronic marketplace supply ecosystem. *Scientific Journal of Maritime Research*, no. 32, pp. 21–27.
9. Hannan M. T., Freeman J. (1989) *Organizational Ecology*. Cambridge: Harvard University Press. (in English)
10. Taylor G. D. (ed.) (2009) *Introduction to Logistics Engineering*. New York: CRC Press. (in English)
11. Janssen T. (2016) *Enterprise Engineering. Sustained Improvement of Organizations*. The Netherlands: Springer. (in English)
12. Lake D. A. (2020) The organizational ecology of global governance. *European Journal of International Relations*, no. 27(2), pp. 345–368.
13. Nachira F., Nicolai A., Dini P. (2007) *Digital Business Ecosystem*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities. (in English)
14. Scholz-Reiter B., Kolditz J., Hildebrandt T. (2008) Engineering autonomously controlled logistic systems. *International Journal of Production Research*, no. 47(6), pp. 1449–1468.
15. Souza V. D., Ruwaard J. B., Borsato M. (2019) Exploring ecosystem network analysis to balance resilience and performance in sustainable supply chain design. *International Journal of Advanced Operations Management (IJAOM)*, vol. 11, no. 1/2, pp. 1–26.
16. Whelan J., Meaden G. (2012) *Business Architecture: A Practical Guide*. MPG Books Group. (in English)