

С. М. Іванов,*кандидат економічних наук, доцент,*

ORCID 0000-0002-3994-280X,

e-mail: ivanovsn1954@gmail.com,

*Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана,***М. В. Глазков,***економіст планово-економічного відділу,*

e-mail: matvii.hlazkov@kneu.ua,

ТОВ «Альбакор», м. Київ

МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ІМПОРТУ МОРЕПРОДУКТІВ В УМОВАХ ПОШКОДЖЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Вступ. Риба та різноманітні морепродукти, як одні з найкорисніших джерел білка, становлять суттєву складову раціону харчування багатьох людей у світі та й в Україні зокрема. Ці продукти містять такі необхідні поживні речовини, як омега-3 жирні кислоти, що є відмінним джерелом білка, а також корисні ліпіди, вітаміни та мінерали. Однак фактичне добування та споживання водних біоресурсів останніми роками не задовольняє реальних потреб. Через об'єктивні обставини, не лише тільки у воєнний, а й навіть у мирний час, Україна не в змозі самостійно

виловлювати або вирощувати багато видів риби та морепродуктів, тому більше 85% всієї рибної продукції, яка споживається українцями, становить імпорту, який за обсягами серед усіх продуктів харчування, що ввозяться в Україну, займає перше місце. За підсумками 2023 року імпорту та споживання риби та морепродуктів в Україні склали 330 000 тонн на загальну вартість 932 млн дол. США [1]. На рис. 1 наведено дані щодо динаміки обсягів імпорту та споживання риби та морепродуктів в Україні, починаючи з 2013 року.

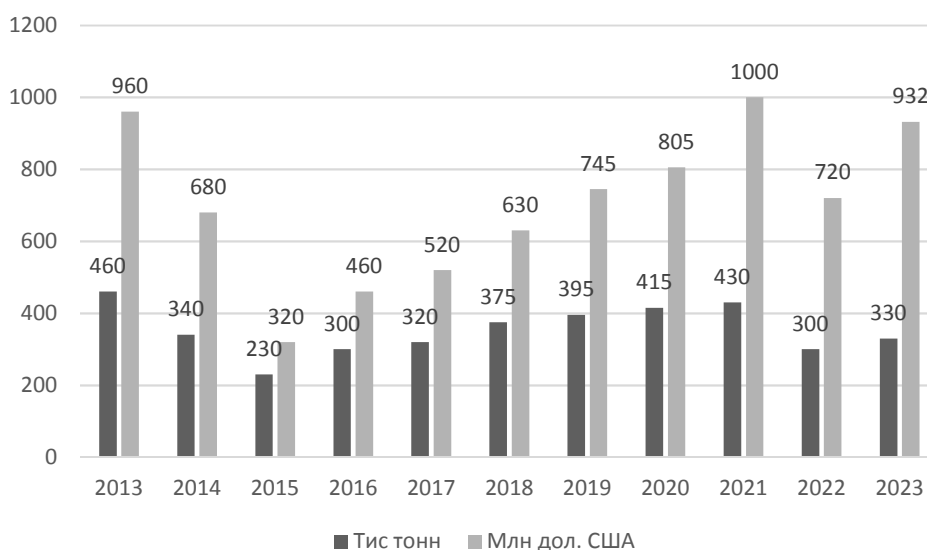


Рис. 1. Динаміка обсягів імпорту та споживання риби та морепродуктів в Україні

Підготовлено авторами на основі [1].

Згідно з даними Асоціації «Українських імпортерів риби та морепродуктів» Україна імпортує рибу і морепродукти з 60 країн світу, більша частка яких надходить з Норвегії, Ісландії та США, далі йдуть Естонія, Латвія, Іспанія, Канада, Великобританія, Китай, В'єтнам і Аргентина [2]. Найбільшими ім-

портерами риби та морепродуктів є компанія Universal Fish Company та «Альбакор» («Кліон Груп»), на кожен з яких припадає майже 20% ринку, багато рибної продукції імпортують Фозі Груп, Флагман Сіфуд, Пелагія Україна, Фіш-Альянс тощо [3].



В огляді ринку риби та рибних продуктів [4] зазначається, що в останні роки споживання риби та рибних продуктів зросло в середньому до 12,5 кг на рік на людину за раціональної норми їх споживання близько 20 кг. В Україні імпорту риби та рибних продуктів з подальшим їхнім споживанням домінує, при чому спостерігається певна тенденція до розвитку та зростання. Збільшується місткість ринку, який характеризується як один із найбільш динамічно зростаючих серед усіх сегментів ринку харчових продуктів. У зв'язку з цим, згідно з [5], проблема імпортозалежності в цьому сегменті з часом лише посилюється і зумовлена сукупністю об'єктивних і суб'єктивних факторів економічного, соціального та політичного характеру.

До основних проблем сучасності з імпортом морепродуктів належать військові дії, постійні обстріли інфраструктурної та енергетичної мереж України, що ускладнює роботу компаній та підприємств, які працюють із замороженою продукцією, що потребує постійного мінусового температурного режиму. Тут постає питання енергозабезпечення, пов'язане з проблемою енергопостачання та нестачею палива. Далі, великі проблеми пов'язані з блокуванням пунктів пропусків та численними чергами на західних кордонах (зокрема з Польщею) через велику кількість експорту аграрної продукції. Значними перешкодами є бюрократична складність та неефективність українських митних процедур, а також регуляторні зміни, пов'язані з досить частими змінами в правилах імпорту та стандартах, що створює невпевненість для імпортерів. Заважають вчасній доставці морепродуктів складна логістика, кадрові проблеми (дефіцит кваліфікованого персоналу з питань логістики), незадовільний стан інфраструктурних об'єктів: в неробочому стані знаходяться 30% автодоріг та 40% залізничних колій; технічний стан транспорту: несправними є 20% з 50000 вантажівок та 30% з 4000 вагонів; обмежена місткість кораблів (40%), обмежений простір для пересування в морі: має місце блокування портів та часткова або повна заборона навігації на значних за площею рибогосподарських водних об'єктах України. Ще однією з суттєвих проблем є фінансові обмеження. Економічна нестабільність та девальвація української гривні суттєво вплинули на вартість імпорту. Імпортери стикаються з підвищенням цін на товари та послуги, що знижує їх купівельну спроможність. Крім того, збільшуються витрати на страхування, пов'язані з високою ризикованістю транспортування вантажів морем та через місцевості та міста, близькі до фронту тощо. Втім, забезпечення якості та свіжості морепродуктів під час транспортування та зберігання є надзвичайно актуальною проблемою, особливо з огляду на зростаючий попит на цей вид продукції.

Останній час український ринок демонструє зростання попиту на морепродукти, що обумовлює необхідність впровадження сучасних методів та

технологій для забезпечення їх якісного постачання. Актуальність дослідження підкріплюється тим, що на українському ринку морепродукти стають все більш популярними, а їх імпорту значно зростає. При цьому, якість і безпека морепродуктів можуть бути значно знижені через недоліки у системі логістики та управління холодним ланцюгом. Відповідно, необхідність розробки та впровадження ефективних логістичних рішень для забезпечення стабільності постачання і підтримання якості продукції стає надзвичайно важливою для України. Важливість забезпечення належного рівня якості та безпеки морепродуктів на всіх етапах логістичного ланцюга обумовлює необхідність критичного аналізу існуючих підходів та пошуку нових рішень. Саме тому дослідження, присвячені розробці адаптивних стратегій управління логістичними процесами холодного ланцюга морепродуктів є актуальними та затребуваними на національному та міжнародному рівнях.

Аналіз окремих публікацій. Вивченню проблем рибного господарства, імпорту та споживання риби та морепродуктів як в Україні, так і в світі присвячена чисельна кількість наукових та аналітичних робіт вітчизняних та зарубіжних науковців та дослідників. Серед вітчизняних вчених слід зазначити роботи М. Гринжєвського [6-8], О. Третяка [9-11], М. Сташишена [12-14], Т. Ярошевич, О. Пахолук [15], Ю. Кернасюка [4] та інших, праці яких містять аналіз ключових категорій дослідження проблем рибного господарства.

Так, робота [15] присвячена вивченню стану та перспективам розвитку українського ринку риби та морепродуктів. У дослідженні акцентовано увагу на виявленні основних проблем функціонування рибної галузі України, розглянуто сучасний стан її розвитку та тенденції споживання риби та морепродуктів в Україні, запропоновано шляхи перспективних напрямів розвитку рибної галузі з метою забезпечення населення харчовими продуктами з повноцінним білковим складом.

Схожі проблеми, але на світовому ринку риби та морепродуктів, розглядаються в статті І. Дітріх [16], в якій авторка торкається основних тенденцій, що спостерігаються в розвитку світового ринку риби та рибної продукції, окреслює коло найважливіших питань, які відображають сучасну проблематику розвитку рибної промисловості.

Питання моделювання логістичних процесів підняте в роботі [17], де сформульовано постановку задачі оптимізації транспортних витрат на доставку товарів від складів до замовників, зважаючи на фактор нестаціонарності (сезонності). Побудовано та адаптовано економіко-математичну модель задачі управління логістичними процесами, а саме вибору сезонно-оренованих складів та оптимізації транспортних витрат на доставку товарів, представлено різні способи розв'язання задачі управління логістичними процесами, які дозволяють показати до-

даткові переваги застосування цих способів та визначити ефективність прийнятих рішень.

Серед наукових публікацій, присвячених різним проблемам логістики та маркетингу, слід також назвати роботи, де розглядаються питання розвитку аграрного сектору в умовах бойових дій [18], інноваційно-технологічного забезпечення оптимізації логістичних цінностей, орієнтованих на використання потенціалу транспортно-логістичних кластерів та технологій інтелектуальних транспортних систем з використанням інноваційних технологій у логістиці, зокрема Інтернету речей, штучного інтелекту, блокчейну, автоматизації тощо [19]. У дослідженні [20] розглянуто основні методологічні стратегічні аспекти управління ланцюгами поставок за кризових умов господарювання, наведено порівняльну характеристику моделей управління ланцюгами поставок. Робиться наголос, що у кризових економічних умовах (нестабільність ринків, руйнування налагоджених ланцюгів поставок, зокрема, через військові дії) виникає потреба у швидкому реагуванні, повній модернізації та адаптації пропонувананих логістичних послуг по всьому світу.

Розглянуті та інші чисельні публікації свідчать, що багато робіт вітчизняних вчених здебільшого присвячені різноманітним аспектам логістики та маркетингу у широкому спектрі сфер діяльності і в меншому ступені торкаються логістичних проблем рибного ринку з постачання імпортованої риби та морепродуктів в Україну та моделювання цих процесів.

У цьому напрямку в роботах зарубіжних науковців таким проблемам приділяється більше уваги. Так, останні дослідження в сфері логістики морепродуктів акцентують увагу на впровадженні інноваційних технологій, таких як неруйнівні методи оцінки (Nondestructive Evaluation – NDE) для моніторингу та контролю якості продукції. Зокрема, авторами роботи [21] підкреслюється значення використання технологій NDE у логістиці холодового ланцюга, які забезпечують безперервний моніторинг стану продукції та умов навколишнього середовища. Дослідження показують, що впровадження таких технологій дозволяє значно зменшити ризики псування продукції, втрат та підвищити ефективність логістичних процесів. Крім того, використання систем моніторингу в реальному часі дозволяє оперативно реагувати на зміни умов зберігання та транспортування, що є важливим для підтримання високої якості морепродуктів.

Стаття [22] присвячена впровадженню метаевристичних алгоритмів для оптимізації багаторівневого ланцюга постачання морепродуктів. У дослідженні використовуються чотири метаевристичні алгоритми, включаючи оптимізатор сірого вовка (GWO), оптимізатор золотого орла (GEO), генетичний алгоритм (GA) і оптимізацію роєм частинок (PSO). Ці алгоритми вибрано через їхню здатність обробляти NP-складні проблеми, які важко

розв'язати традиційними точними методами. Продуктивність цих алгоритмів оцінюється на основі п'яти показників: якість рішення, швидкість збіжності, обчислювальна ефективність, стійкість і гнучкість. Дослідження включає детальний статистичний аналіз для порівняння продуктивності метаевристичних алгоритмів. Результати показують, що багатоголові оптимізатори Gray Wolf і Golden Eagle перевершують генетичний алгоритм і оптимізацію роєм частинок з точки зору якості рішення та ефективності обчислень. Запропонована модель на основі GWO дозволила оптимізувати кілька цілей, включаючи мінімізацію загальних витрат на ланцюг постачання, максимізацію задоволеності клієнтів і зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до управління ланцюгом постачання.

У дослідженні [23] використовується вдосконалений алгоритм мурашиної колонії (Ant Colony Algorithm – ACA), головними цілями якого є вартість і час транспортування, для оптимізації типових проблем вибору шляху в процесах розподілу транспортних засобів. Запропоновано покращений ACA для збільшення можливостей пошуку, а феромон (внутрішньовидовий хімічний сигнал у мурах, що відповідає за пошук маршруту) постійно оновлюється, щоб знайти кращий шлях. Перевага цього алгоритму полягає в тому, що він може комплексно враховувати різні фактори, шукати глобальні оптимальні рішення, адаптуватися до різних складних сценаріїв і уникати пастки локальних оптимумів.

Невід'ємними частинами управління логістичними процесами є моніторинг та контроль якості, які включають в себе контроль якості продукції на всіх етапах ланцюжка постачання, починаючи з моменту отримання і закінчуючи доставкою кінцевому споживачеві. Однією з систем оцінки якості продукції є система Аналізу ризиків і критичних контрольних точок (Hazard Analysis and Critical Control Points – HACCP), яка дозволяє визначати критичні контрольні точки, коли продукт псується, і забезпечувати безпечно його вживання в їжу. Дана система, розроблена Національним управлінням з аеронавтики та дослідження космічного простору НАСА для забезпечення безпеки харчових продуктів, включених до космічних програм, згодом була впроваджена в міжнародні стандарти в усіх видах діяльності харчової промисловості, пов'язаних з виробництвом. Використанню HACCP присвячено багато досліджень, зокрема група науковців з Румунії та Норвегії в [24] аналізує результати статистичних дослідів, в яких представлені докази високої якості застосування системи у різних секторах харчової промисловості, зокрема продукції морів та океанів.

У роботі [25] розглядається впровадження автоматизованих систем управління запасами в холодовому ланцюзі морепродуктів. Автор підкреслює важливість використання штучного інтелекту для прогнозування попиту та оптимізації запасів, що

дозволяє зменшити втрати продукції та покращити ефективність логістичних операцій. Дослідження демонструє, що автоматизація процесів може значно скоротити витрати та підвищити рівень обслуговування клієнтів, забезпечуючи стабільне постачання морепродуктів.

Крім зазначених, слід також звернути увагу на наступні питання, які розглядаються в дослідженнях пов'язаних з рибою та морепродуктами:

- надання рекомендацій щодо уникнення втрати якості великого жовтого горбала (*Pseudosciaena Crocea*) під час транспортування холодним ланцюгом шляхом заморожування зразків відразу після вилову [26];

- запровадження м'яких методів обробки риби та морепродуктів на основі оптимізованих пакувальних систем, які включають пристрої IoT – Інтернету речей (наприклад, датчики, радіочастотна ідентифікація – RFID), як альтернатива традиційній обробці харчових продуктів, що дозволяє подовжити термін їх зберігання, не впливаючи на якість риби та морепродукти та їх сенсорні властивості [27];

- забезпечення безпеки імпортованих морепродуктів і порівняння ризиків, які виникають на різних етапах ланцюга постачання риби та морепродуктів, створення агентств, які наглядають за безпекою та здоров'ям харчових продуктів тощо [28];

- використання багатоцільової CCL-моделі (CCL – Cold Chain Logistics) із цілями мінімальної вартості трансакції вуглецю, мінімальної вартості мережі та максимального задоволення клієнтів, та вдосконаленого багатоцільового алгоритму, який інтегрує динамічну відстань переповненості та оператор диференціальної мутації в генетичному алгоритмі недомінованого сортування II (DDNSGA-II), покращує різноманітність початкової популяції, здатність локального пошуку та точність пошуку, що забезпечують зменшення загальних витрат на розподіл, а також сприяють енергозбереженню та скороченню викидів і підвищують задоволеність споживачів [29];

- зростання галузі аквакультури, яка стала найшвидше зростаючою технологією виробництва харчових продуктів у світі, завдяки збільшенню торгівлі рибою та морепродуктами, та стагнації вилову дикої риби [30];

- аналіз поширення інновацій у маркетингу морепродуктів на основі використання оптовиками та роздрібними торговцями сайтів соціальних мереж (Facebook, Instagram, Whatsapp, Twitter, Youtube, TikTok), що призвели до появи низки нових маркетингових ініціатив від рибальського сектора та дистриб'юторів морепродуктів з метою впоратися з дефіцитом ресурсів, невизначеністю та зміною клімату [31] тощо.

З наведених прикладів ми бачимо, що коло питань, пов'язаних маркетингом та логістикою риби та морепродуктів достатньо широке. Проте, незважа-

ючи на значний прогрес у розробці та впровадженні інноваційних технологій, існує потреба у подальших дослідженнях, спрямованих на оптимізацію логістичних процесів, зокрема, в умовах змінних параметрів постачання. Актуальним є дослідження адаптивних стратегій управління, які дозволяють швидко пристосовуватися до змін умов зовнішнього середовища та забезпечувати стабільність постачання морепродуктів.

Виклад основного матеріалу. Як бачимо, на даний момент існує дуже багато логістичних проблем і викликів, які потребують вирішення. Серед великої кількості методів та підходів до їхнього розв'язання достатньо дієвим виявився метаевристичний алгоритм (оптимізатор) Сірого Вовка (Grey Wolf Optimization – GWO), застосований в роботах [22; 32-34]. Алгоритм Сірого Вовка (в подальшому АСВ) – це популяційний метаевристичний алгоритм, який моделює ієрархію лідерства та механізм полювання сірих вовків у природі, запропонований Сейедалі Мірджалілі (Seyedali Mirjalili) та ін. у 2014 році [32].

Розглянемо його застосування для вирішення логістичної проблеми, пов'язаної з перевезенням риби та морепродуктів територією України в умовах пошкодженої внаслідок війни інфраструктури. В прикладі розглядається лише територія України і розрахунки проведені на основі усереднених даних для загальних потоків, а не окремих споживачів.

Основна ідея АСВ заснована на дослідженні поведінки вовчої зграї у природі. Алгоритм відомий своєю здатністю швидко та ефективно знаходити оптимальні рішення складних проблем, коли існує багато змінних та обмежень. В процесі використання алгоритму моделюється взаємодія між членами групи вовків та їхнім середовищем з метою пошуку оптимального рішення за рахунок використання механізмів командної роботи і координації дій. Природна властивість вовків – здатність працювати разом для досягнення спільної мети. В логістичних задачах вона може бути реалізована через використання поняття підгруп та їхнього спільного пошуку рішення. Застосування АСВ під час вирішення логістичних проблем у сфері імпорту морепродуктів дозволяє розв'язувати такі завдання, як оптимізація транспортних маршрутів, управління запасами та розподіл вантажу між різними пунктами доставки. Крім того, алгоритм може бути використаний для ефективного врахування різних умов та обмежень, таких як обсяги поставок, терміни доставки та транспортні витрати, та оцінювання впливу інших чинників на логістичний процес.

Особливою перевагою АСВ є його здатність адаптуватися до мінливих умов навколишнього середовища і знаходити оптимальні рішення в умовах невизначеності. Це особливо важливо у контексті імпорту морепродуктів, коли несподівано можуть змінитися попит, умови пропозиції чи транспортні маршрути. Адаптивність алгоритму дозволяє під-

тримувати ефективність і швидкість пошуку рішень навіть в умовах, що змінюються. Важливо також враховувати можливі обмеження та проблеми, пов'язані з фактичною реалізацією АСВ, такі як відсутність досить точної математичної моделі, що може ускладнити визначення параметрів алгоритму та оцінку його ефективності. Отже, необхідно враховувати складність реалізації алгоритму в реальній логістичній системі, а також складність його налагодження та використання. Але, незважаючи на ці проблеми, перспективи застосування алгоритму Сірого Вовка залишаються високими. Результати його використання можуть мати важливі практичні наслідки для підвищення ефективності поставок риби та морепродуктів та забезпечення їхньої якості та доступності на ринку.

Як зазначалося, АСВ ґрунтується на ієрархії вовків у зграї, де вовк альфа (α) вважається домінуючим вовком у зграї, і члени зграї повинні виконувати його/її накази; вовки бета (β) – це підпорядковані вовки, які допомагають альфі приймати рішення і вважаються найкращими кандидатами на роль альфи; дельта-вовки (δ) повинні підкорятися альфа і бета, але вони домінують над омегою. Існують різні категорії дельтоподібних вовків: розвідники, вартові, старійшини, мисливці, доглядачі тощо. І, насамкінець, вовки омега (ω) вважаються цапами-відбувайлами в зграї, є найменш важливими особинами в зграї, і їм дозволяється їсти лише в кінці [33].

Алгоритм використовує механізми полювання, дослідження та оновлення популяції для пошуку оптимальних маршрутів логістики.

Полювання полягає в тому, що альфа-, бета- та дельта-вовки полюють на здобич, досліджуючи навколишнє середовище та шукаючи найкращі джерела їжі. Це відповідає пошуку кращих маршрутів логістики.

Механізм дослідження пов'язаний з вивченням навколишнього середовища іншими вовками зграї та пошуками нової здобичі та нових маршрутів, що відповідає випадковому пошуку нових маршрутів логістики.

Відновлення популяції та визначення нової позиції в зграї відбувається на основі результату та ступеня успішності вовків на полюванні. Вовки, що успішно полюють, стають більш помітними в зграї, тоді як ті, які не досягли успіху, можуть бути переведені рангом нижче, що відповідає відбору кращих маршрутів і відмові від менш ефективних.

Використання алгоритму передбачає наявність доступу до широкого спектру даних. Так, дані про пошкодження транспортної інфраструктури мають включати інформацію про ступінь пошкодження доріг, залізниць та портів. На момент розв'язання проблеми було пошкоджено приблизно 25 400 кілометрів автодоріг, включаючи головні магістралі та другорядні дороги, що вплинуло на внутрішньонаціональні та міжнародні транспортні маршрути. У за-

лізничній галузі пошкоджено близько 510 кілометрів залізничних колій, крім того понад 700 км колій знаходиться на окупованій території, що впливає на зміну ключових логістичних коридорів та призводить до затримок у русі вантажів. З початку бойових дій в Україні були пошкоджені 19 аеропортів і цивільних аеродромів; щонайменше 126 залізничних вокзалів і станцій. За попередніми оцінками, загальний обсяг прямих збитків об'єктів транспортної інфраструктури в Україні склав \$36,8 млрд. Серед працюючих портів зараз залишаються Рені, Ізмаїл, Усть-Дунайський, частково відновили роботу порти Чорноморськ, Одеса та Південний із частково зруйнованою інфраструктурою. Загальні прямі збитки портової інфраструктури та дотичних до неї підприємств оцінюються у \$0,85 млрд. До даної оцінки входить як інфраструктура морських портів, так і об'єкти внутрішньо-водного транспорту, які зазнали руйнувань внаслідок війни [35].

Дані про обсяги та вартість імпорту морепродуктів включають інформацію про види морепродуктів, що імпортуються, їх кількість та вартість та країни, звідки вони імпортуються. До основного імпорту продукції входить риба (лосось, тунець, оселедець), ракоподібні (креветки, краби) і моллюски (кальмари, восьминоги). До основних країн-джерел – експортерів в Україну належать Норвегія (лосось, тріска), Ісландія (оселедець, скумбрія) та Китай (різна рибна продукція). Щорічні обсяги імпорту становлять приблизно 300 000-350 000 метричних тонн із змінами залежно від ринкових умов та збоїв у ланцюзі постачання. Загальна вартість імпорту морепродуктів оцінюється приблизно в 900-950 млн дол. США на рік, що відображає як високий попит, так і високі ціни на імпортовані морепродукти.

Дані про транспортні ресурси включають інформацію про доступні види транспорту (наприклад, вантажівки, потяги, кораблі), їх пропускну спроможність, вартість використання та технічний стан транспортних засобів. Транспортні ресурси України перебувають у постійній напрузі, але залишаються здатними для підтримки ланцюгів постачання. На момент розв'язання проблеми існувало приблизно 50 000 робочих вантажівок, значна частина яких призначена для рефрижераторних перевезень, необхідних для швидкопсувних товарів, таких як морепродукти. З початком повномасштабної війни вартість вантажних перевезень зросла на 20% через подорожчання пального та ризикових премій. Залізнична система, незважаючи на пошкодження, продовжує працювати з близько 4000 вантажних вагонів, доступних для перевезень. Їхня потужність становить близько 500 000 тонн на місяць, хоча ефективність поступово знижується через пошкоджені колії та інфраструктуру. Потужність морського транспорту сильно постраждала, скорочений флот працює в умовах посиленних заходів безпеки, доступні потужності якого становлять близько 150 000

тонн на місяць для морепродуктів та інших швидкопсувних продуктів. Літаки не приймаються до уваги, оскільки в Україні існує заборона на використання цивільної та комерційної авіації.

Дані про транспортні мережі та інфраструктуру включають карти доріг, залізниць та водних шляхів, а також інформацію про їх пропускну спроможність, стан та прогнозовані терміни ремонту. Основними автомагістралями є траса М06 (Київ-Львів) та М03 (Київ-Харків), які частково перекриті та мають об'їзди, а також М05 (Київ-Одеса). Другорядні дороги перебувають у гіршому стані, поточний ремонт яких планується продовжити до 2025 року. Основні залізничні маршрути, представлені лініями Київ-Львів, Київ-Одеса та Київ-Харків, працюють, але зі зниженими обмеженнями швидкості. Ремонт та модернізацію цих ліній очікується завершити до кінця 2024 року. Основним внутрішнім водним шляхом є річка Дніпро, яка частково судноплавна, на неї проводяться днопоглиблювальні та ремонтні роботи. Пропускна здатність портів обмежена, а діючі порти здебільшого зосереджуються на товарах першої необхідності та гуманітарній допомозі.

Дані про прогнозовані потоки імпорту морепродуктів містять прогнози того, скільки морепродуктів та з яких країн буде імпортовано в майбутньому, враховуючи при цьому поступове відновлення ринку та зростання попиту. Так, очікується, що обсяги імпорту становитимуть приблизно 350 000 метричних тонн на рік завдяки відновленню економіки та збільшенню споживчого попиту. Основними країнами-джерелами імпорту залишаються Норвегія та Ісландія з додаванням нових постачальників з Південно-Східної Азії (В'єтнам, Таїланд), які виходять на ринок, щоб диверсифікувати джерела та зменшити ризики, пов'язані з геополітичною напругою. Прогнозується, що вартість імпорту зросте до 950 млн дол. США, відображаючи збільшення обсягів споживання та зростаючі світові ціни на морепродукти. Наведені прогнозні дані базуються на поточних тенденціях, доступних звітах і реалістичних оцінках з урахуванням поточних проблем і зусиль з відновлення економіки України.

Алгоритм розв'язання проблеми з логістикою морепродуктів оснований на реальних даних з урахуванням реалістичної інформації про пошкоджену інфраструктуру та наявні ресурси. Узагальнена блок-схема алгоритму наведена на рис. 2.

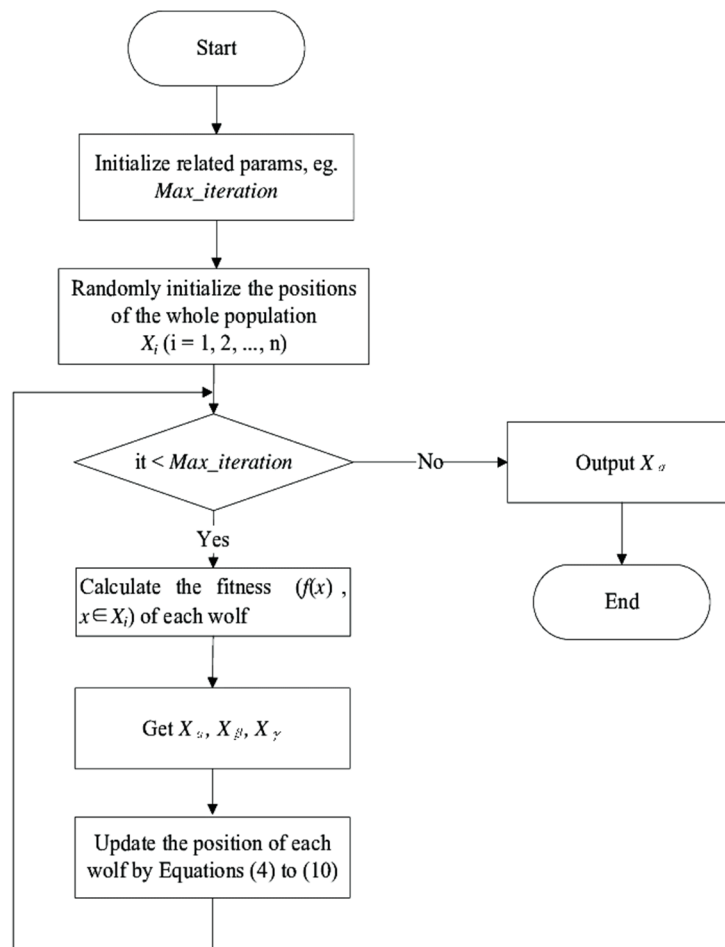


Рис. 2. Блок-схема алгоритму Сірого Вовка

Авторська розробка на основі [33].

Алгоритм розпадається на кілька кроків.

Крок 1. Ініціалізація. Ініціалізується популяція з 20 вовків (рішення). Кожен вовк представлятиме потенційний план логістики, який включає комбінацію видів транспорту (вантажівки, потяги, кораблі) і маршрутів (автодороги, залізниці, порти).

Крок 2. Формулювання фітнес-функції, яка оцінюватиме кожен план логістики на основі критеріїв:

- вартість транспортування (має бути мінімальною);
- час транспортування (має бути зведений до мінімуму);
- надійність (максимальна);
- використання ємності (максимальне).

Таким чином, ми маємо справу з задачею багатокритеріальної оптимізації.

Крок 3. Оновлення позицій вовків. Моделюється кілька ітерацій алгоритму для досягнення оптимального рішення, для чого використовуються наступні вхідні дані:

- дороги: пошкоджено понад 25 400 км, решта доріг мають пропускну здатність на 70%;
- залізниці: пошкоджено понад 1200 км (з урахуванням окупованих ділянок), пропускну здатність решти залізниць становить 60%;
- порти: використовується порт Рені, одеський та чорноморський порти частково працюють із завантаженням 50%;

```
import numpy as np

# Number of wolves (solutions)
num_wolves = 20
# Number of iterations
num_iterations = 100
# Dimensions (number of decision variables)
dim = 3 # Trucks, Trains, Ships

# Initialize positions of wolves
wolves = np.random.rand(num_wolves, dim)

# Initialize alpha, beta, delta positions
alpha_pos = np.zeros(dim)
beta_pos = np.zeros(dim)
delta_pos = np.zeros(dim)

# Initialize alpha, beta, delta fitness
alpha_score = float("inf")
beta_score = float("inf")
delta_score = float("inf")

# Function to calculate fitness
def fitness(wolf):
    trucks, trains, ships = wolf
    cost = (trucks * 5 + trains * 4 + ships * 6) * 1.2 # Transportation cost
    time = (trucks * 2 + trains * 3 + ships * 5) * 1.5 # Transportation time
    reliability = 100 - (trucks * 0.1 + trains * 0.2 + ships * 0.3) # Reliability
    capacity_utilization = trucks * 0.8 + trains * 0.7 + ships * 0.4 # Capacity utilization
    return cost + time - reliability + (100 - capacity_utilization)
```

Рис. 3. Початковий код алгоритму Сірого Вовка

Авторська розробка на основі [33].

– вантажівки: в наявності 50 000, з них 80% придатних до використання;

– потяги: з 4 000 вантажних вагонів 70% придатні до експлуатації

– кораблі: обмежена місткість, 40% з яких придатні для використання через ризики безпеки.

Змодельованими параметрами для використання алгоритму, за якими оцінюється ефективність логістичних схем, є наступні:

– вартість транспортування: розраховується на основі відстані, видів транспорту та відповідних тарифів (млн дол. США);

– час транспортування: враховує затримки через пошкоджену інфраструктуру (год.);

– надійність: представляє собою ймовірність успішної доставки вантажу без збоїв (доля від 1);

– використання потужностей: оцінюється ефективність використання транспортних ресурсів (відсотки, або доля від 1).

Початковий, або псевдокод – це опис вхідних даних для виконання розрахунків, наведений на рис. 3, де представлені ініціалізація популяції вовків, число ітерацій, кількість видів транспорту, та фітнес-функція. При описі алгоритму використовувався мова програмування Python.

Початок виконання алгоритму представлено на рис 4.

```
# GWO algorithm
for iteration in range(num_iterations):
    for wolf in wolves:
        score = fitness(wolf)
        if score < alpha_score:
            alpha_score = score
            alpha_pos = wolf.copy()
        elif score < beta_score:
            beta_score = score
            beta_pos = wolf.copy()
        elif score < delta_score:
            delta_score = score
            delta_pos = wolf.copy()]
```

Рис. 4. Початок виконання алгоритму Сірого Вовка

Авторська розробка на основі [33].

На рис. 5 прописано порядок зміни позицій вовків за алгоритмом. В самому кінці дії алгоритму виводяться результати.

```
# Update positions of wolves
for i in range(num_wolves):
    for j in range(dim):
        r1 = np.random.rand()
        r2 = np.random.rand()
        A1 = 2 * r1 - 1
        C1 = 2 * r2
        D_alpha = abs(C1 * alpha_pos[j] - wolves[i][j])
        X1 = alpha_pos[j] - A1 * D_alpha

        r1 = np.random.rand()
        r2 = np.random.rand()
        A2 = 2 * r1 - 1
        C2 = 2 * r2
        D_beta = abs(C2 * beta_pos[j] - wolves[i][j])
        X2 = beta_pos[j] - A2 * D_beta

        r1 = np.random.rand()
        r2 = np.random.rand()
        A3 = 2 * r1 - 1
        C3 = 2 * r2
        D_delta = abs(C3 * delta_pos[j] - wolves[i][j])
        X3 = delta_pos[j] - A3 * D_delta

        wolves[i][j] = (X1 + X2 + X3) / 3

print(f"Optimal Logistics Plan: Trucks: {alpha_pos[0]}, Trains: {alpha_pos[1]}, Ships: {alpha_pos[2]}")
print(f"Optimal Cost: {alpha_score}")
```

Рис. 5. Опис зміни порядку позицій вовків в алгоритмі Сірого Вовка

Авторська розробка на основі [33].

Отриманий оптимізований логістичний план пропонує збалансований підхід до управління складнощами імпорту морепродуктів в Україну, враховуючи поточні інфраструктурні проблеми та наявні ресурси. Реалізація цього плану допоможе забезпечити постійне постачання морепродуктів, мінімізувати витрати та підвищити надійність у ланцюжку постачань.

Після використання АСВ оптимальний план логістики імпорту морепродуктів в Україну за поточних обмежень виглядає наступним чином: для забезпечення плану перевезень має бути задіяно приблизно 30 000 вантажівок, близько 2 800 вантажних вагонів та 600 кораблів.

Повна деталізація результатів розрахунків становить комерційну тайну.

Аналіз одержаних результатів свідчить про мінімізацію вартості транспортування за рахунок ефективного використання ресурсів шляхом оптимального поєднання вантажівок, поїздів та кораблів. Вибране поєднання зменшує затримки, спричинені пошкодженою інфраструктурою, завдяки використанню більш надійних сегментів доріг і залізниць. Збільшена надійність поставок – підвищена ймовірність успішних поставок шляхом розподілу вантажу між різними видами транспорту. Максимальне використання доступних транспортних ресурсів забезпечує більшу ефективність та нижчі експлуатаційні витрати.

В аналізованому прикладі застосування АСВ у розрахунок було прийнято загальний імпорт риби та морепродуктів без поділу його на складові – види морепродуктів. Така деталізація може бути здійснена шляхом сегментації імпорту морепродуктів на окремі компоненти.

На основі результатів розрахунків можна сформулювати певні рекомендації щодо використання різних видів транспорту виходячи з отриманих результатів і міркувань логіки. Для імпорту морепродуктів з далеких країн, як-от В'єтнам, Чилі чи Аргентина, найбільш ефективним буде використання великих вантажних кораблів-контейнеровозів. Вони можуть перевозити великі обсяги вантажів за один рейс, що знижує вартість доставки на одиницю продукції. Для внутрішніх перевезень морепродуктів Україною, особливо після відновлення певних ділянок залізниць, використання залізничного транспорту може бути економічно вигідним. Залізниця дозволяє перевозити великі обсяги вантажів на значні відстані за відносно низькою ціною. Для кінцевої доставки морепродуктів до складів, оптових ринків або магазинів найкраще підходить автомобільний транспорт. Він забезпечує високу маневреність та швидкість доставки на невеликі відстані.

Незважаючи на успіхи дослідження, слід зазначити, що існує певна невизначеність щодо майбутнього стану інфраструктури та потоків імпорту. Темпи та повнота відновлення пошкодженої інфраструктури можуть вплинути на оптимальні маршрути логістики. Звичайно, що знадобиться періодично переглядати та коригувати маршрути, враховуючи хід відбудови. Зміни в попиті на морепродукти або поява нових країн-постачальників можуть вплинути на обсяги та напрямки імпорту.

Висновки. Підбиваючи підсумки можемо сказати, що дослідження виявило ефективність алгоритму Сірого Вовка для оптимізації логістики імпорту морепродуктів в умовах пошкодженої інфраструктури України. Запровадження його результатів дозволить зменшити загальні витрати на логістику за рахунок оптимізованих маршрутів, що скорочують відстань, час доставки та використання пального, що, своєю чергою, призводить до значної економії коштів. Крім того, це сприятиме прискоренню доставки морепродуктів завдяки використанню відновленої інфраструктури та ефективних мультимодальних маршрутів, покращуючи якість та безпеку продукції для споживачів. Використання алгоритму підвищує ефективність відновленої транспортної інфраструктури, допомагаючи визначити ділянки, де її використання буде найбільш раціональним для імпорту морепродуктів, що сприятиме розумному розподілу ресурсів на відновлення. Адаптація логістичних маршрутів за допомогою АСВ дозволяє швидко реагувати на зміни стану інфраструктури чи потоків імпорту, підвищуючи стійкість логістики до майбутніх проблем і зовнішніх впливів. Оптимізація логістичних маршрутів також може

мати значний вплив на економіку України, зокрема на зменшення загальних витрат на імпорт морепродуктів, що призведе до зниження цін для споживачів та підвищення конкурентоспроможності українського ринку. Зниження витрат на логістику підвищує прибутковість імпорту морепродуктів, що сприятиме зростанню доходів державного бюджету та збільшенню зайнятості у логістичному секторі завдяки розвитку логістичних компаній та створенню нових робочих місць.

Оптимізація логістики імпорту морепродуктів може мати як позитивні, так і негативні соціальні та екологічні наслідки. Позитивні включають зниження цін на морепродукти, що покращує доступність та раціон харчування населення, а також зниження викидів парникових газів завдяки ефективнішому використанню транспортних засобів. Негативні наслідки можуть проявитися у втраті робочих місць у регіонах, раніше задіяних в логістиці імпорту, та необхідності ретельного контролю за викидами забруднюючих речовин від транспорту.

Алгоритм Сірого Вовка має певні переваги перед альтернативними методами оптимізації логістики, такими як лінійне програмування або генетичні алгоритми. Він добре працює зі складними логістичними задачами, швидко знаходить оптимальні рішення та не потребує визначення початкових значень змінних, що спрощує його застосування. Проте, він також має обмеження, зокрема залежність від випадковості та складності налаштування параметрів, що може вимагати декількох запусків алгоритму з різними випадковими числами для отримання найкращого результату. Можливості для подальших досліджень включають вдосконалення алгоритму Сірого Вовка для підвищення його точності та швидкості пошуку рішень, дослідження його застосування для оптимізації логістики імпорту інших товарів в Україну, а також інтеграцію з іншими методами оптимізації логістики для досягнення ще кращих результатів.

Розширення моделі для врахування додаткових факторів, таких як погодні умови, стан транспортних засобів та коливання цін на пальне, також є перспективним напрямком. Оптимізація логістики імпорту морепродуктів за допомогою АСВ є перспективним напрямком для подолання проблем, спричинених пошкодженням транспортної інфраструктури України. Впровадження рекомендацій цього дослідження дозволить підвищити ефективність логістики, знизити витрати, забезпечити українських споживачів свіжими морепродуктами та сприяти розвитку логістичного сектору країни.

Література

1. Огляд рибного ринку України за 2022 та 2023 роки. *Офіційний сайт Асоціації «Українських імпортерів риби і морепродуктів»*. 2024. 4 січня. URL: <https://uifsa.ua/news/news-of-ukraine/overview-of-the-fish-market-of-ukraine-for-2022-and-2023>.
2. UIFSA. *Офіційний сайт Асоціації «Українських імпортерів риби і морепродуктів»*. URL: <https://uifsa.ua/about-the-association/teammate>.
3. Прогноз: У 2018 році Україна імпортує 340 тис. тонн риби. *Agravery. Аграрне інформаційне агентство*. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/prognoz-u-2018-roci-ukraina-importue-340-tis-tonn-ribi>.
4. Кернасюк Ю. Ринок риби і рибних продуктів. *Агробізнес Сьогодні*. 2022. 7 червня. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/24708-gynok-ryby-i-rybnykh-produktiv.html>.
5. Dukhnytskyi V. Functioning of the Fish and Seafood Market in Ukraine. *Економіка АПК*. 2022. Vol. 29 (1). P. 34-40. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202201034>.
6. Гринжевський М. В., Пшеничний Д. Р., Янінович Й. С., Швець Т. М. Вплив окремих факторів на ріст та якість риби. *Рибогосподарська наука України*. 2008. № 3. С. 57-62.
7. Гринжевський М. В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України. Київ: Світ, 2000. 187 с.
8. Гринжевський М. В. Економічна ефективність вирощування товарної риби за трілітнього циклу. Київ: Світ, 2000. 165 с.
9. Третяк О. М. Стан запасів осетрових риб та розвиток осетрової аквакультури в Україні. *Рибогосподарська наука України*. 2010. № 4. С. 4-22.
10. Третяк О. М. Біотехнологічні аспекти відтворення веслоноса (*Polyodon spathula* (Walbaum)) в Україні. *Рибогосподарська наука України*. 2008. № 4. С. 79-84.
11. Третяк О. Наукове забезпечення рибництва у внутрішніх водоймах України. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 7. С. 138-141.
12. Стасишен М. С. Екологізбалансований розвиток рибогосподарського комплексу України. Київ: ВПЦС України НАН України, 2010. 323 с.
13. Стасишен М. С. Стратегічні проблеми екологізації рибного господарства України. *Ефективна економіка*. 2010. № 6. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2010_6_10.
14. Стасишен М. Проблеми інноваційного розвитку рибного господарства України. *Економіка України*. 2007. № 1. С. 50-56.
15. Ярошевич Т. С., Пахолюк О. В. Український ринок риби та морепродуктів: проблеми та перспективи. *Товарознавчий вісник*. 2020. № 1(13). С. 40-51. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2020-13-04>.
16. Дітріх І. В. Тенденції і перспективи світового ринку риби та морепродуктів. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2014. Вип. 2. С. 62-65. URL: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf>.
17. Івашко Л. М. Оптимізація управління логістичними процесами у торгівлі. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. 2022. Т. 21. Вип. 3 (52). С. 365-369. DOI: [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2022.3\(52\).275817](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2022.3(52).275817).
18. Liaschenko V., Trushkina N., Lukianov A., Serbina T. Proposals for the Organization of International Logistics Activities of Agricultural and Agro-Processing Enterprises During the War Period. *Економічний вісник Донбасу*. 2022. № 4(70). С. 29-37. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4\(70\)-29-37](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4(70)-29-37).
19. Гриценко С. І., Глушенко С. Д., Шульга А. С. Інноваційно-технологічне забезпечення оптимізації логістичних цінностей. *Економічний вісник Донбасу*. 2023. № 3(73). С. 26-31. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-3\(73\)-26-31](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-3(73)-26-31).
20. Zaverbnyj A., Pushak H. Theoretical and Applied Principles of Supply Chain Management under Crisis Economic Conditions: Strategic Aspect. *Економічний вісник Донбасу*. 2022. № 4(70). С. 57-62. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4\(70\)-57-62](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4(70)-57-62).
21. Ye B., Chen J., Fu L. Application of nondestructive evaluation (NDE) technologies throughout cold chain logistics of seafood: Classification, innovations and research trends. *LWT – Food, Science and Technology*. 2022. Vol. 158, 15 March, 113127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113127>.
22. Mosallanezhad B., Arjomandi M.A., Hashemi-Amiri O., Gholian-Jouybari F. Metaheuristic optimizers to solve multi-echelon sustainable fresh seafood supply chain network design problem: A case of shrimp products. *Alexandria Engineering Journal*. 2023. Vol. 68. P. 491-515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.01.022>.
23. Guan X., Li G. Optimization of Cold Chain Logistics Vehicle Transportation and Distribution Model Based on Improved Ant Colony Algorithm. *Procedia Computer Science*. 2023. Vol. 228. P. 974-982. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923019592>.
24. Elena Radu, Adriana Dima, Ecaterina Milica Dobrota, Ana-Maria Badea. Global trends and research hotspots on HACCP and modern quality management systems in the food industry. *Heliyon*. 2023. Vol. 9. Issue 7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18232>.
25. Rowan N. J. The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain – Quo Vadis? *Aquaculture and Fisheries*. 2023. Vol. 8. Issue 4. P. 365-374. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.06.003>.
26. Chu Y., Ding Z., Jinfeng J., Xie J. Factors affecting the quality of frozen large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) in cold chain logistics: Retention time and temperature fluctuation. *Food Chemistry: X*, 2023. Vol. 18. 100742. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100742>.
27. Tsironi T. Editorial: Improving fish from catch to the consumer: Post harvest handling, processing, packaging, transportation and storage. *Aquaculture and Fisheries*. 2023. Vol. 8. Issue 4. P. 363-364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.12.005>.
28. Love D. C., Nussbaumer E. M., Harding J., Gephart J. A. et al. Risks shift along seafood supply chains. *Global Food Security*. 2021. Vol. 28. 100476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100476>.
29. Li D., Li K. A multi-objective model for cold chain logistics considering customer satisfaction. *Alexandria Engineering Journal*. 2023. Vol. 67. P. 513-523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.12.067>.
30. Anderson J. L., Asche F., Garlock T. Globalization and commoditization: The transformation of the seafood market. *Journal of Commodity Markets*. 2018. Vol. 12. P. 2-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2017.12.004>.
31. Gómez S., Patraça B., Molina J.L. Improving seafood systems with social network analysis: The case of cuttlefish marketing in Catalonia. *Marine Policy*. 2023. Vol. 150. 105517. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105517>.

32. Mirjalili S., Mirjalili S. M., Lewis A. Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*. 2014. Vol. 69. P. 46-61. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>.
33. Grey wolf optimization – Introduction. 2021. *GeeksforGeeks Portal*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/grey-wolf-optimization-introduction/>.
34. Implementation of Grey Wolf Optimization (GWO) Algorithm. 2024. *GeeksforGeeks Portal*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/implementation-of-grey-wolf-optimization-gwo-algorithm/>.
35. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. Київ: Київська школа економіки. 2024. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf.
36. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released. Press release. *World Bank Group*. 2024. February 15. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>.

References

- Ohliad rybnogo rynku Ukrainy za 2022 ta 2023 roky [Overview of the fish market of Ukraine for 2022 and 2023]. (2024). *Association of "Ukrainian Fish and Seafood Importers"*. Retrieved from <https://uifsa.ua/news/news-of-ukraine/overview-of-the-fish-market-of-ukraine-for-2022-and-2023> [in Ukrainian].
- UIFSA. *Association of "Ukrainian Fish and Seafood Importers"*. Retrieved from <https://uifsa.ua/about-the-association/teammate> [in Ukrainian].
- Prohnoz: U 2018 rotsi Ukraina importue 340 tys. tonn ryby [Forecast: In 2018, Ukraine will import 340,000 tons of fish]. *Agravery*. Retrieved from <https://agravery.com/uk/posts/show/prognoz-u-2018-roci-ukraina-importue-340-tis-tonn-rybi> [in Ukrainian].
- Kernasiuk, Yu. (2022). Rynok ryby i rybnykh produktiv [Market of fish and fish products]. *Ahrobiznes Sohodni – Agribusiness Today*, June 7. Retrieved from <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/24708-rynok-ryby-i-rybnykh-produktiv.html> [in Ukrainian].
- Dukhnytskyi, B. (2022). Functioning of the Fish and Seafood Market in Ukraine. *Ekonomika APK*, 29 (1), pp. 34-40. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202201034>.
- Hrynzhovskyi, M. V., Pshenychnyi, D. R., Yaninovykh, Y. Ye., Shvets, T. M. (2008). Vplyv okremykh faktoriv na rist ta yakist ryby [The influence of certain factors on the growth and quality of fish]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy – Fisheries science of Ukraine*, 3, pp. 57-62 [in Ukrainian].
- Hrynzhovskyi, M. V. (2000). Intensyfikatsiia vyrobnytstva produktii akvakultury u vnutrishnikh vodoimakh Ukrainy [Intensification of production of aquaculture products in internal water bodies of Ukraine]. Kyiv, Svit. 187 p. [in Ukrainian].
- Hrynzhovskyi, M.V. (2000). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia tovarnoi ryby za trylitnoho tsyklu [Economic efficiency of commercial fish cultivation in a three-year cycle]. Kyiv, Svit. 165 p. [in Ukrainian].
- Tretiak, O. M. (2010). Stan zapasiv osetrovyykh ryb ta rozvytok osetrovoi akvakultury v Ukraini [The state of sturgeon stocks and the development of sturgeon aquaculture in Ukraine]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy – Fisheries science of Ukraine*, 4, pp. 4-22 [in Ukrainian].
- Tretiak, O. M. (2008). Biotekhnologichni aspekty vidtvorennia veslonosa (Polyodon spathula (Walbaum)) v Ukraini [Biotechnological Aspects of Paddlefish (Polyodon Spathula (Walbaum)) Reproduction in Ukraine]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy – Fisheries science of Ukraine*, 4, pp. 79-84 [in Ukrainian].
- Tretiak, O. (2006). Naukove zabezpechennia rybnystva u vnutrishnikh vodoimakh Ukrainy [Scientific support for fish farming in inland water bodies of Ukraine]. *Visnyk aharnoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 7, pp. 138-141 [in Ukrainian].
- Stasyshen, M. S. (2010). Ekolohobalansovanyi rozvytok rybohospodarskoho kompleksu Ukrainy [Ecologically balanced development of the fishery complex of Ukraine]. Kyiv, RVPS of Ukraine of NAS of Ukraine. 323 p. [in Ukrainian].
- Stasyshen, M. S. (2010). Stratehichni problemy ekolohizatsii rybnogo hospodarstva Ukrainy [Strategic problems of environmentalization of fishing industry of Ukraine]. *Efektivna ekonomika – Efficient economy*, 6. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2010_6_10 [in Ukrainian].
- Stasyshen, M. (2007). Problemy innovatsiinoho rozvytku rybnogo hospodarstva Ukrainy [Problems of innovative development of fishing industry of Ukraine]. *Ekon. Ukr.*, 1, pp. 50-56 [in Ukrainian].
- Yaroshevych, T. S., Pakholiuk, O. V. (2020). Ukrainyskyi rynek ryby ta moreproduktiv: problemy ta perspektyvy [Ukrainian fish and seafood market: problems and prospects]. *Tovarnavchyi visnyk – Commodity Bulletin*, 1(13), pp. 40-51. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2020-13-04> [in Ukrainian].
- Ditrikh, I. V. (2014). Tendentsii i perspektyvy svitovoho rynku ryby ta moreproduktiv [Trends and prospects of the world market of fish and seafood]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky – Global and national economic problems*, 2, pp. 62-65. Retrieved from <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf> [in Ukrainian].
- Ivashko, L. M. (2022). Optymizatsiia upravlinnia lohystychnymy protsesamy u torhivli [Optimization of Logistics Process Management in Trade]. *Rynkova ekonomika: suchasna teoriia i praktyka upravlinnia – Market economy: modern management theory and practice*, Vol. 21, Issue 3 (52), pp. 365-369. DOI: [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2022.3\(52\).275817](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2022.3(52).275817) [in Ukrainian].
- Liashenko, V., Trushkina, N., Lukianov, A., Serbina, T. (2022). Proposals for the Organization of International Logistics Activities of Agricultural and Agro-Processing Enterprises During the War Period. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbas*, 4(70), pp. 29-37. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4\(70\)-29-37](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4(70)-29-37).
- Hrytsenko, S. I., Hlushchenko, S. D., Shulha, A. S. (2023). Innovatsiino-tekhnologichne zabezpechennia optymizatsii lohystychnykh tsinnosti [Innovative Technological Support for Optimization of Logistics Values]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbas*, 3(73), pp. 26-31. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-3\(73\)-26-31](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-3(73)-26-31) [in Ukrainian].
- Zaverbnyj, A., Pushak, H. (2022). Theoretical and Applied Principles of Supply Chain Management under Crisis Economic Conditions: Strategic Aspect. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbas*, 4(70), pp. 57-62. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4\(70\)-57-62](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-4(70)-57-62).
- Ye, B., Chen, J., Fu, L. (2022). Application of nondestructive evaluation (NDE) technologies throughout cold chain logistics of seafood: Classification, innovations and research trends. *LWT – Food, Science and Technology*, Vol. 158, 113127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113127>.

22. Mosallanezhad, B., Arjomandi, M. A., Hashemi-Amiri, O., Gholian-Jouybari, F. (2023). Metaheuristic optimizers to solve multi-echelon sustainable fresh seafood supply chain network design problem: A case of shrimp products. *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 68, pp. 491-515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.01.022>.
23. Guan, X., Li, G. (2023). Optimization of Cold Chain Logistics Vehicle Transportation and Distribution Model Based on Improved Ant Colony Algorithm. *Procedia Computer Science*, Vol. 228, pp. 974-982 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.11.128>.
24. Elena Radu, Adriana Dima, Ecaterina Milica Dobrota, Ana-Maria Badea. (2023). Global trends and research hotspots on HACCP and modern quality management systems in the food industry. *Heliyon*, Vol. 9, Issue 7, e18232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18232>.
25. Rowan, N. J. (2023). The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain – Quo Vadis? *Aquaculture and Fisheries*, Vol. 8, Issue 4, pp. 365-374. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.06.003>.
26. Chu, Y., Ding, Z., Jinfeng, J., Xie, J. (2023). Factors affecting the quality of frozen large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) in cold chain logistics: Retention time and temperature fluctuation. *Food Chemistry: X*, Vol. 18, 100742. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100742>.
27. Tsironi, T. (2023). Editorial: Improving fish from catch to the consumer: Post harvest handling, processing, packaging, transportation and storage. *Aquaculture and Fisheries*, Vol. 8, Issue 4, pp. 363-364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.12.005>.
28. Love, D. C., Nussbaumer, E. M., Harding, J., Gephart, J. A. et al. (2021). Risks shift along seafood supply chains. *Global Food Security*, Vol. 28, 100476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100476>.
29. Li, D., Li, K. (2023). A multi-objective model for cold chain logistics considering customer satisfaction. *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 67, pp. 513-523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.12.067>.
30. Anderson, J. L., Asche, F., Garlock, T. (2018). Globalization and commoditization: The transformation of the seafood market. *Journal of Commodity Markets*, Vol. 12, pp. 2-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2017.12.004>.
31. Gómez, S., Patraca, B., Molina, J. L. (2023). Improving seafood systems with social network analysis: The case of cuttlefish marketing in Catalonia. *Marine Policy*, Vol. 150, 105517. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105517>.
32. Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., Lewis, A. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, Vol. 69, pp. 46-61. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>.
33. Grey wolf optimization – Introduction. (2021). *GeeksforGeeks Portal*. Retrieved from <https://www.geeksforgeeks.org/grey-wolf-optimization-introduction/>.
34. Implementation of Grey Wolf Optimization (GWO) Algorithm. (2024). *GeeksforGeeks Portal*. Retrieved from <https://www.geeksforgeeks.org/implementation-of-grey-wolf-optimization-gwo-algorithm/>.
35. Zvit pro priami zbytky infrastruktury vid ruinyvan vnaslidok viiskovoi ahresii Rosii proty Ukrainy stanom na pochatok 2024 roku [Report on direct damage to infrastructure from the destruction caused by Russia's military aggression against Ukraine as of the beginning of 2024]. (2024). Kyiv, Kyiv School of Economics. Retrieved from https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf [in Ukrainian].
36. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released. (2024). Press release. *World Bank Group*. Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>.

Іванов С. М., Глазков М. В. Моделювання логістичних процесів імпорту морепродуктів в умовах пошкодженої інфраструктури

Стаття присвячена питанням моделювання процесів пошуку рішень логістичних проблем з постачання риби та морепродуктів населенню України. В роботі проведено аналіз чисельних публікацій українських і зарубіжних вчених на теми, пов'язані з питаннями маркетингу і логістики рибної продукції. Дана оцінка сучасних умов, в яких здійснюється постачання морепродуктів, розглянуто проблеми, з якими стикаються перевізники продукції, серед яких основними є бойові дії, постійні обстріли, пошкодження та руйнування інфраструктурної та енергетичної мереж України. Для розв'язання поставленої задачі застосовано метаевристичний алгоритм Сірого Вовка (Grey Wolf Optimization – GWO), який використовується для вирішення NP-складних проблеми, які важко розв'язати традиційними точними методами, або ці методи взагалі не існують. Продуктивність алгоритмів такого типу оцінюється на основі п'яти показників: якість рішення, швидкість збіжності, обчислювальна ефективність, стійкість і гнучкість. Запропонована на основі GWO модель дозволила оптимізувати кілька цілей, включаючи мінімізацію загальних витрат на ланцюг постачання, максимізацію задоволеності клієнтів і зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до управління ланцюгом постачання.

Ключові слова: риба та морепродукти, логістика, ланцюги постачання, пошкоджена інфраструктура, метаевристичні алгоритми, алгоритм (оптимізатор) Сірого Вовка, оптимізація.

Ivanov S., Hlzkov M. Logistics Processes Modeling of Seafood Imports in the Conditions of Damaged Infrastructure

The article is devoted to issues of modeling the processes of finding solutions to logistical problems in fish and seafood supply to the population of Ukraine. The paper analyzes the numerous publications of Ukrainian and foreign researchers on topics related to issues of marketing and logistics of fish products. The modern conditions' assessment in which the supply of seafood is carried out is given. The problems faced by product carriers are considered, among which the main ones are hostilities, constant shelling, damage and destruction of infrastructure and energy networks of Ukraine. The Gray Wolf Optimization (GWO) metaheuristic algorithm is used to solve the given problem, which helps to solve NP-complex problems that are difficult to solve by any traditional exact methods, or these methods do not exist at all. Productivity of such type algorithms is evaluated based on five indicators: solution quality, convergence speed, computational efficiency, robustness, and flexibility. The proposed GWO-based model enabled the optimization of several objectives, including the minimization of total supply chain costs, maximization of customer satisfaction, and reduction of harmful environmental impacts, enabling an integrated approach to supply chain management.

Keywords: fish and seafood, logistics, supply chains, damaged infrastructure, metaheuristic algorithms, the Gray Wolf algorithm (optimizer), optimization.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2024