

Войченко Т.О., Трофименко А.О., Якусевич Ю.Г., Дорофєєва З.Я.

МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ МОРСЬКИХ ПОРТІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ

Метою статті є розробка методу розв'язання транспортної задачі для морських портів на основі використанні інтелектуальних агентів, який дозволяє отримати рішення, максимально близькі до оптимальних. Поставлена мета досягається шляхом постановки узагальненої модельної задачі маршрутизації, розробки процедур формування коаліцій агентів та розподілу бажаних дій агентів з можливістю зміни рейтингів успішності. Встановлено, що у сучасний час, ефективним способом є розробка інтелектуальних програмних систем на основі мультиагентних систем та правил, що використовуються в морських транспортних технологіях. Загалом, агентне моделювання широко використовується для вивчення складних динамічних систем. Інтелектуальний агент, який має властивості автономності, соціальної поведінки, реактивності та проактивності, є таким програмним об'єктом. У даній роботі термін "інтелектуальний транспортний агент" використовується для позначення агента, який розв'язує задачі маршрутизації, а також має можливість переміщення та характеристики швидкості та вантажопідйомності. Задача підвищення якості вирішення завдань маршрутизації великої розмірності на основі використання коаліцій інтелектуальних транспортних агентів, з оцінками успішності дій, що змінюються в процесі діяльності, є актуальною в рамках морських транспортних технологій. Найбільш суттєвим результатом є метод розв'язання транспортної задачі для морських портів на основі використання інтелектуальних агентів, що передбачає формування коаліцій агентів та розподіл бажаних дій з можливістю зміни рейтингів успішності. В рамках відповідного методу запропоновано процедури, які дозволяють забезпечити високу якість розв'язання транспортної задачі. У статті встановлено обчислювальні складності алгоритмів, що використовуються для реалізації цих процедур. Представлений підхід для створення агентів дозволяє збільшити гнучкість в їх поведінці, легко модифікувати їх і відокремити програмний код від опису дій, що визначають поведінку. Підхід, який базується на поліпшенні характеристик агентів в результаті виконання агентами дій, може бути застосований з метою наближення отриманих рішень до оптимальних результатів.

Ключові слова: морський порт, транспортна задача, маршрутизація, інтелектуальний агент, мультиагент, коаліція.

Постановка проблеми. В сучасних дослідженнях, пов'язаних з морським транспортом, значна увага приділяється проблемам транспортування та маршрутизації, які є практично важливими. Ці завдання складаються з доставки певної кількості товарів з декількох портів-джерел до різних портів – місць призначення з мінімальними витратами, якими можуть виступати як фізичні величини, так і витрати в економічному сенсі. Задачі маршрутизації сьогодні пов'язані з різними обмеженнями, такими як тип товару, властивості транспортного засобу, часові обмеження і т. д. Недоліками відомих підходів до розв'язання задач маршрутизації є неможливість практичного моделювання високовимірних систем та складність або неможливість їх використання в умовах, коли потреби портів – пунктів призначення та наявна кількість товарів у портах-джерелах можуть змінюватися з часом.

На сьогоднішній день ефективним методом є розробка інтелектуальних програмних систем на основі правил та мультиагентних систем в рамках морських транспортних

технологій. В цілому агентне моделювання широко використовується для вивчення складних динамічних систем. Інтелектуальний агент – це програмний об'єкт з автономністю, соціальною поведінкою, реактивністю та проактивністю. У цій роботі застосовується термін "інтелектуальний транспортний агент" для позначення агента, який використовується для розв'язання задач маршрутизації, а також має здатність до переміщення і характеристики швидкості та вантажопідйомності. Безпосередньо мультиагентний підхід, який характеризується децентралізацією та можливістю змінювати кількість та властивості агентів, що беруть участь у моделюванні, є основою цих систем. За допомогою цього підходу вирішуються різні завдання, такі як динамічний розподіл навантаження в системах "розумних" електричних мереж, прогнозування розвитку населених пунктів та інші. Використання систем, заснованих на правилах, для створення агентів, дозволяє підвищити гнучкість в поведінці агентів та легко модифікувати їх, а також відокремити програмний код від опису дій, що визначають поведінку. Підхід, заснований на поліпшенні характеристик агентів в результаті виконання дій, може бути застосований для того, щоб результати наближених рішень стали більш ефективними, в тому числі в рамках відповідних морських транспортних технологій.

Отже, завдання поліпшення якості розв'язання складних задач маршрутизації на основі використання коаліцій інтелектуальних транспортних агентів, які мають характеристики та оцінки успішності їх дій, що можуть змінюватись в процесі їх роботи, є актуальним у рамках морських транспортних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні варіанти задач маршрутизації вивчаються в роботах С. Арчетті, Ж.-Ф. Кордо, Дж. Дерозьє, Г. Лапорте, А. Мінгоцці, Е.М. Бронштейн та ін. [1–8].

Наприклад, у роботі [1] визначено, що у задачі маршрутизації транспортних засобів (SDVRP) потреба клієнта може бути розподілена між кількома транспортними засобами. У статті розглядається застосування SDVRP, включаючи маршрутизацію гелікоптерів у Північному морі, а також методи розв'язання, такі як цілочисельне програмування та пошук. Розроблена нова евристика, яка поєднує змішану цілочисельну програму та алгоритм перебору записів. Евристика дає високоякісні розв'язки для шести тестових задач, які мають 50-199 клієнтів, і загалом працює набагато краще, ніж пошук за табу. Для п'яти інших задач, для яких існують нижчі межі, евристика отримує розв'язки в середньому в межах 5,85%. Нарешті, згенеровано 21 нову тестову задачу з 8-288 клієнтами. Наближений до оптимального розв'язок можна візуально оцінити для кожної задачі.

У роботі [2] представлено гібридні генетичні алгоритми для чотирьох задач маршрутизації: кольорової задачі комівояжера, задачі комівояжера з мінімаксним прибутком ($\min\max\ mTSP$), задачі комівояжера з прибутком (TSPs with profits) та задачі маршрутизації розділеного транспортного засобу доставки (SDVRP). Ці задачі широко застосовуються в реальному житті і є корисними для моделювання численних практичних проблем. Враховуючи, що вони є складними для обчислень, метаевристичні алгоритми, природно, представлені для вирішення великих екземплярів. Для цих задач запропоновано чотири гібридні генетичні алгоритми, пов'язані зі спеціальними операторами кросинговеру та процедурами локального пошуку. Зокрема, потужний кросовер зі збіркою ребер розширено та узагальнено для розв'язування складних задач маршрутизації. Обчислювальні дослідження, проведені на широкому спектрі тестових прикладів, показують, що запропоновані підходи вигідно конкурують з найсучаснішими алгоритмами. Додаткові експерименти показують роль ключових складових наших алгоритмів, включаючи кросовер загальної збірки ребер, локальний пошук для SDVRP та збереження різноманітності для TSP з прибутком.

У роботі [3] визначено, що задачі маршрутизації розщепленої доставки пов'язані з обслуговуванням попиту множини клієнтів за допомогою парку транспортних засобів з мінімальними витратами, коли клієнт може обслуговуватися більш ніж одним транспортним засобом, якщо це вигідно. Вони узагальнюють традиційні варіанти задач маршрутизації і мають застосування як у комерційній, так і в гуманітарній логістиці. Раніше чисті формули на основі дуг надавали полегшення лише для задач маршрутизації розбитих поставок, оскільки

можливість відвідування клієнтів більше одного разу створює проблеми з моделюванням. Єдині відомі компактні формулювання базуються на змінних, індексованих за транспортним засобом або за номером візиту, і погано працюють, коли для їх розв'язання використовується програмне забезпечення загального призначення для цілочисельного програмування. У статті представлено компактні формулювання, які уникають використання змінних, індексованих за транспортним засобом або за номером візиту, і які можуть бути використані для моделювання задач маршрутизації розщепленої доставки з часовими вікнами та без них. Обчислювальні експерименти демонструють їхню вищу продуктивність порівняно з існуючими компактними формулюваннями. Автори статті також розробили алгоритм розгалуження та відсікання, який балансує між ефективністю, отриманою від розслабленої постановки, та силою, отриманою від розширеної постановки, і продемонстрували його ефективність на великому наборі еталонних прикладів. Алгоритм вперше розв'язав 89 прикладів з доведеною оптимальністю і покращив найвідоміші нижню та/або верхню межі для багатьох інших прикладів.

Так, автори статті [3] зазначають, що переваги використання декількох агентів для вирішення складних завдань є достатньо відомими. Однак на сьогоднішній день більшість робіт в мультиагентних системах зосереджено на покращенні роботи команд агентів, припускаючи, що ці команди вже були створені вручну. Порівняно мало досліджень було проведено щодо формування коаліцій – процесу формування груп агентів з можливо конфліктуючими індивідуальними цілями, з метою покращення їх колективних можливостей. Поточні дослідження в цій галузі створили низку підходів до формування коаліцій, кожен з яких працює на основі сильних припущень про природу коаліції та сферу, в якій вона функціонує. На жаль, ці припущення, як правило, не відповідають більшості реальних умов. У цій статті описано ці припущення у світлі сучасних досліджень у сфері формування коаліцій та запропоновано новий підхід.

Але у відомій літературі відсутня інформація вирішення транспортної задачі для морських портів саме на основі використанні інтелектуальних агентів.

Метою статті є розробка методу розв'язання транспортної задачі для морських портів на основі використанні інтелектуальних агентів, який дозволяє отримати рішення, максимально близькі до оптимальних.

Основні результати дослідження. В якості моделі в статті в загальному сенсі розглядається задача маршрутизації. При цьому в залежності від кількості транспортних агентів – портів (пунктів відправлення) і портів (пунктів призначення) – і співвідношення потреб пунктів призначення і вантажопідйомності суден у пунктах відправлення має місце або класична транспортна задача, або мультитранспортний варіант класичної задачі маршрутизації. Загальна постановка модельної задачі має такий вигляд:

- 1) в якості вхідних даних розглядаються:
 - порти (пункти відправлення) A_i з кількістю вихідних товарів (вантажопідйомність суден у порту) a_i , де a_i – цілі числа, $i = 1, \dots, m$. Продукція однорідна;
 - порти (пункти призначення) B_j з необхідністю у товарах b_j , де b_j – цілі числа, $j = 1, \dots, n$;
 - матриця вартості $c_{ij} > 0$ транспортування з порту i до порту j . Вважаємо, що швидкості руху суден, як транспортних агентів – портів (пунктів відправлення), однакові. Таким чином, вартість перевезення пропорційна відстані між точками.
- 2) необхідно знайти кількість товарів $x_{ij} \geq 0$, що транспортується з порту i до порту j , таку, щоб $\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$ (мінімізація загальної вартості транспортування).

У даній статті пропонується метод розв'язання транспортної задачі, що має великі розміри, засновану на використанні інтелектуальних агентів, які використовують оцінки успішності. Завдання вирішується шляхом інтеграції двох таких процедур (рис. 1):

- процедура формування коаліцій з використанням характеристичної функції;
- процедура розподілу бажаних дій агентів.

Процедура формування коаліцій агентів використовує два типи агентів – порт (як пункт призначення) і порт (як джерело постачання необхідних товарів). Для кожного порту, що має потребу в доставці товару, формується коаліція портів – джерел постачання, величина загальної ваги товару якої (вантажопідйомності суден в портах – джерел постачання) дозволяє задовольнити цю потребу.

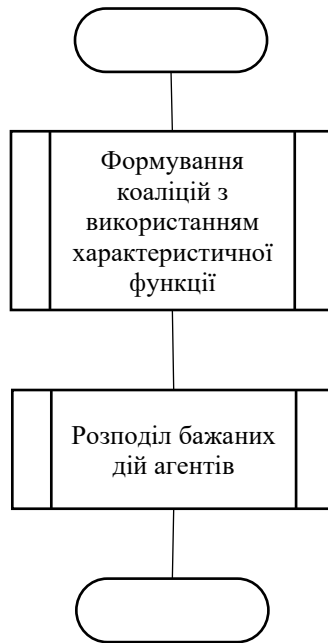


Рисунок 1 – Узагальнена структура методу розв'язання транспортної задачі для морських портів основі на використанні інтелектуальних агентів

Вихідними даними алгоритму є:

- 1) сукупність об'єктів B_j типу порт (як пункт призначення) з необхідною вагою товару ($b_j > 0$);
- 2) сукупність об'єктів A_i типу портів – джерел постачання зі значенням ваги товару, що перевозиться ($a_i \geq 0$);
- 3) матриця вартості транспортування $c_{ij} > 0$.

Отриманий результат виконання процедури має такий вигляд: для кожного об'єкта типу порт (як пункт призначення) формується коаліція об'єктів типу портів – джерел постачання або повідомлення про неможливість створення коаліції.

Процедура формування груп агентів складається з виконання таких операцій:

- 1) для обраного порту F і кожного порту T відстань обчислюється за формулою

$$L = \sqrt{(pos_x F - pos_x T)^2 + (pos_y F - pos_y T)^2} \quad (1)$$

і додається до списку разом з вагою товару, який транспортується відповідним судном з порту – джерела постачання;

- 2) отриманий список сортується за збільшенням відстані. Для однакових відстаней елементи сортуються відповідно до зменшення ваги товару, який транспортується відповідним судном з порту – джерела постачання;

- 3) перший елемент з відсортованого списку додається до списку коаліції, яка створюється. Оскільки за умови завдання необхідна вага продуктів для кожного порту (як пункту призначення) перевищує вагу продуктів, доступних у кожному порті – джерелу постачання, елементи з відсортованого списку потім додаються до списку коаліції, яка буде

створена, до тих пір, поки загальна вага портів – джерел постачання в коаліції буде дорівнювати або більше ваги поточного порту (як пункту призначення), або не залишиться елементів відсортованого списку;

4) у першому випадку повідомляється про успіх, у другому – про невдачу;

5) порти – джерела постачання, що входять в список, зменшують кількість доступних їм продуктів (насправді надлишки можуть мати тільки останні, всі попередні судна видають товар, що транспортується, повністю).

Розглянемо сутність реалізації процедури розподілу бажаних дій агентів. Коаліція агентів – це сукупність агентів, в яких:

1) дії та їх результати доступні всім агентам;

2) існують загальні цілі поведінки агентів;

3) у досягненні кожної мети бере участь більше одного агента.

На початку виконання процедури спеціальний агент-координатор або один з агентів опитує всіх агентів і отримує список дій, доступних для кожного агента. На підставі отриманої інформації впорядковуються наявні дії всіх агентів відповідно до переваги цих дій.

Потім агент-координатор будує план вирішення поставленого завдання. Якщо такий план можна побудувати, то відбувається перехід до реалізації плану. У кожного агента для кожної дії є номер, який вказує на перевагу цієї дії. Крім того, агент-координатор веде реєстр наявних агентів і зберігає числове значення, що характеризує їх надійність або успішність у виконанні завдань.

Крім описаної вище транспортної задачі, для кожного порту – джерела постачання $A_i, i = 1..m$ вказуються:

1) значення успіху агента r_i , яке визначає успішність судна A_i при виконанні поставлених завдань і може збільшуватися після участі в успішно сформованій коаліції;

2) кортеж $\langle t: p \rangle_i$ форми $\langle \text{назва завдання} \rangle: \langle \text{успішність при виконанні цього завдання} \rangle$ який вказує, які завдання може виконати порт – джерело постачання A_i і з якою ймовірністю успіху. Значення успішності дії може зрости в результаті успішного виконання завдання.

Вхідними даними, необхідними для виконання процедури є:

1) необхідні дії;

2) мінімально необхідне значення успіху;

3) множина об'єктів $A_i, i = 1..m$ типу порт – джерело постачання з даними:

– значення успіху агента порту – джерела постачання у формуванні коаліцій (дійсне $r_i > 0$);

– кортеж $\langle \text{назва завдання} \rangle: \langle \text{успіх цього завдання} \rangle$.

Результатом виконання процедури є коаліція об'єктів типу порт – джерело постачання або повідомлення про неможливість створення коаліції.

Сутність виконання процедури розподілу ролей агента полягає у такому – для обраної дії і кожного порту – джерела постачання T , здатного виконати потрібну дію, виконуються такі кроки:

1) створюється список всіх портів – джерел постачання разом зі значенням успішності обраної дії конкретним портом – джерелом постачання, яке розраховується як

$$N_{t(x_i)} = r(x_i) p(x_i); \quad (2)$$

2) отриманий список сортується за спаданням;

3) з отриманого відсортованого списку його елементи вибираються послідовно, починаючи з першого, до тих пір, поки загальний успіх портів – джерел постачання в коаліції не стане дорівнювати або перевищить необхідний успіх для обраної дії, або не залишиться елементів відсортованого списку;

4) у першому випадку повідомляється про успіх, у другому – про невдачу.

Для розглянутого методу розв'язання транспортної задачі для морських портів на основі використанні інтелектуальних агентів вірно таке:

1. складність алгоритму, що реалізує процедуру формування коаліцій агентів, дорівнює $O(n(2m + m \log m))$:

– розрахунок відстаней від кожного джерела до поточного пункту призначення, складності $O(m)$;

– сортування отриманого списку за стандартним методом. У великих списках він працює як сортування злиттям, а на менших фрагментах – як сортування вставок. Складність даного алгоритму дорівнює $O(m \log m)$;

– перегляньте отриманий список, в гіршому випадку труднощі $O(m)$.

2. складність алгоритму, що реалізує процедуру розподілу бажаних дій агентів з можливістю зміни рейтингів успішності є $O(m(2 + \log m))$:

– труднощі при складанні списку джерел з рейтингами $O(m)$;

– труднощі сортування отриманого списку – $O(m \log m)$;

– у найгіршому випадку складність формування або відмови від коаліції полягає в $O(m)$.

Висновки. У статті розглядається постановка модельної задачі маршрутизації, представлено метод розв'язання транспортної задачі для морських портів на основі використання інтелектуальних агентів. У рамках відповідного методу пропонуються процедури формування коаліцій агентів та розподілу бажаних дій агентів з можливістю зміни рейтингів успішності. Встановлено обчислювальні складності алгоритмів для реалізації запропонованих процедур. Запропоноване використання заснованих на правилах систем для реалізації агентів дозволяє підвищити гнучкість в поведінці агентів, легко модифікувати їх і дає можливість відокремити програмний код від опису дій, що визначають поведінку. Підхід, заснований на поліпшенні характеристик агентів в результаті виконання агентами дій, може бути застосований для того, щоб результати отриманих наближених рішень стали ближче до оптимальних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chen Si, Golden Bruce, Wasil Edward. The split delivery vehicle routing problem: Applications, algorithms, test problems, and computational results. *Networks*. 2007. Vol. 49. P. 318-329. DOI: 10.1002/net.20181.
2. Pengfei He. Hybrid genetic algorithm for routing problems : dissertation ... Doctor of Philosophy / Pengfei He. Angers, 2022. 158 p. URL: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03967189> (date of access: 02.02.2024).
3. Munari P., Savelsbergh M. Compact Formulations for Split Delivery Routing Problems. *Transportation Science*. 2022. Vol. 56, No. 4. P. 1022–1043. DOI: 10.1287/trsc.2021.1106.
4. Michael van de Vijssel, John Anderson. Coalition Formation in Multi-Agent Systems under Real-World Conditions. 2004. URL: https://www.researchgate.net/publication/2894034_Coalition_Formation_in_Multi-Agent_Systems_under_Real-World_Conditions (date of access: 02.02.24)
5. Archetti C., Bianchessi N., Speranza M. G. Branch-and-cut algorithms for the split delivery vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*. 2014. Vol. 238(3). P.685–698.
6. Ghadle K. P., Munot D. A. Recent advances on reliable methods for solving transportation problem and fuzzy transportation problem. *Systematic Review Article*. 2019. V. 26(2). P. 95–107.
7. Poggi A., Tomaiuolo M. Rule engines and agent-based systems. *Machine learning: Concepts, methodologies, tools and applications*. 2012. P. 211–218.
8. Doerner, K. F., Gronalt, M., Hartl, R. F., Kiechle, G., Reimann, M. Exact and heuristic algorithms for the vehicle routing problem with multiple interdependent time windows. *Computers & Operations Research*. 2008. V. 35(9). P. 3034–3048.
9. Ghadle K, Pathade P, Hamoud A. An improvement to one's BCM for balanced and unbalanced

- transshipment problems by using fuzzy numbers. *Advances in Algebra and Analysis Springer*. 2019. P. 271–279.
10. Hanif M, Rafi F. A new method for the optimal solution of transportation problem in linear programming problem. *J. of Mathematical Research*. 2018 Vol. 10(5). P. 60–75.
11. Amoako S, Frimpong F, Sarpong P. Maximizing profit or minimizing cost of operation while meeting certain constraints. *Scholarly Journal of Mathematics & Science*. 2019. Vol. 1(3). P. 36–66.

REFERENCES

1. Chen, S., Golden, B., & Wasil, E. (2007). The split delivery vehicle routing problem: Applications, algorithms, test problems, and computational results. *Networks*, 49(4), 318–329. <https://doi.org/10.1002/net.20181>
2. He, P. (2022). *Hybrid genetic algorithm for routing problems* [Doctoral dissertation, Université d'Angers]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03967189>
3. Munari, P., & Savelsbergh, M. (2022). Compact Formulations for Split Delivery Routing Problems. *Transportation Science*, 56(4), 1022–1043. <https://doi.org/10.1287/trsc.2021.1106>
4. van de Vijssel, M., & Anderson, J. (2004). *Coalition Formation in Multi-Agent Systems under Real-World Conditions*. https://www.researchgate.net/publication/2894034_Coalition_Formation_in_Multi-Agent_Systems_under_Real-World_Conditions
5. Archetti, C., Bianchessi, N., & Speranza, M. G. (2014). Branch-and-cut algorithms for the split delivery vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 238(3), 685–698. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.04.037>
6. Ghadle, K. P., & Munot, D. A. (2019). Recent advances on reliable methods for solving transportation problem and fuzzy transportation problem. *Systematic Review Article*, 26(2), 95–107.
7. Poggi, A., & Tomaiuolo, M. (2012). Rule engines and agent-based systems. In *Machine learning: Concepts, methodologies, tools and applications* (pp. 211–218). IGI Global.
8. Doerner, K. F., Gronalt, M., Hartl, R. F., Kiechle, G., & Reimann, M. (2008). Exact and heuristic algorithms for the vehicle routing problem with multiple interdependent time windows. *Computers & Operations Research*, 35(9), 3034–3048. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2007.01.001>
9. Ghadle, K., Pathade, P., & Hamoud, A. (2019). An improvement to one's BCM for balanced and unbalanced transshipment problems by using fuzzy numbers. In *Advances in Algebra and Analysis* (pp. 271–279). Springer.
10. Hanif, M., & Rafi, F. (2018). A new method for the optimal solution of transportation problem in linear programming problem. *J. of Mathematical Research*, 10(5), 60–75.
11. Amoako, S., Frimpong, F., & Sarpong, P. (2019). Maximizing profit or minimizing cost of operation while meeting certain constraints. *Scholarly Journal of Mathematics & Science*, 1(3), 36–66.

Voichenko T.O., Trofymenko A.O., Yakusevych Yu.H., Dorofieieva Z.Ia.

A METHOD FOR SOLVING THE TRANSPORTATION PROBLEM FOR SEAPORTS BASED ON THE USE OF INTELLIGENT AGENTS

The purpose of the article is to develop a method for solving a transportation problem for seaports based on the use of intelligent agents, which allows obtaining solutions that are as close to optimal as possible. This goal is achieved by formulating a generalized model routing problem, developing procedures for forming coalitions of agents and distributing the desired actions of agents with the possibility of changing success ratings. It has been established that in modern times, an effective way is to develop intelligent software systems based on multiagent systems and rules used in maritime transport technologies. In general, agent-based modelling is widely used to study complex

dynamic systems. An intelligent agent, which has the properties of autonomy, social behaviour, reactivity, and proactivity, is such a software object. In this paper, the term "intelligent transport agent" is used to refer to an agent that solves routing problems, as well as can move and characteristics of speed and carrying capacity. The task of improving the quality of solving high-dimensional routing problems based on the use of coalitions of intelligent transport agents, with assessments of the success of actions that change during activity, is relevant within the framework of maritime transport technologies. The most significant result is a method for solving the transport problem for seaports based on the use of intelligent agents, which involves the formation of coalitions of agents and the distribution of desired actions with the possibility of changing success ratings. Within the framework of the corresponding method, procedures are proposed to ensure high quality of solving the transportation problem. At the same time, the article establishes the computational complexity of the algorithms used to implement these procedures. The presented approach to creating agents allows for increased flexibility in their behaviour, easy modification, and separation of the program code from the description of actions that determine behaviour. An approach based on improving the characteristics of agents because of the actions performed by agents can be used to bring the obtained solutions closer to optimal results.

Keywords: *seaport, transportation problem, routing, intelligent agent, multiagent, coalition.*