

Андрій А. Огністий (Тернопільський національний  
економічний університет, Україна)

## АГЕНТНА МОДЕЛЬ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНИ НА МІЖНАРОДНОМУ РИНКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ\*

*У статті розроблено модель конкурентоспроможності України на міжнародному ринку автотранспортних перевезень. Модель ґрунтується на використанні агентного підходу та методів системної динаміки.*

*Ключові слова:* агент; мультиагентні системи; імітаційне моделювання; логістика; транспортні перевезення.

*Форм. 1. Табл. 2. Рис. 4. Літ. 13.*

Андрей А. Огністий (Тернопольский национальный  
экономический университет, Украина)

## АГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ УКРАИНЫ НА МЕЖДУНАРОДНОМ РЫНКЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

*В статье разработана модель конкурентоспособности Украины на международном рынке автотранспортных перевозок. Модель основана на использовании агентного подхода и методов системной динамики.*

*Ключевые слова:* агент; мультиагентные системы; имитационное моделирование; логистика; транспортные перевозки.

Andriy A. Ognisty (Ternopil National Economic University, Ukraine)

## AGENT MODEL OF UKRAINE'S COMPETITIVENESS AT INTERNATIONAL CARTAGE MARKET

*The article presents the model for Ukraine's competitiveness at the international cartage market. The model is based on the use of the agent approach and the methods of system dynamics.*

*Keywords:* agent; multiagent systems; simulation modelling; logistics; cartage.

**Постановка проблеми.** Сучасний розвиток світової економіки для забезпечення високої динаміки своїх процесів вимагає наявності розвиненої транспортної інфраструктури. В умовах глобалізації економічних процесів з'являються міжнародні транспортні коридори, частина яких проходить через територію України. Відтак Україна має сприятливі можливості для розвитку свого транзитного потенціалу, що, у свою чергу, дало б поштовх до покращення зовнішньоекономічних показників. Зокрема, це стосується експорту товарів в країни СНГ, Європи, Азії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні аспекти застосування програмних агентів для вирішення проблем економічного характеру розкрито у працях [2; 7; 9; 10]. Методи управління основними логістичними процесами на базі технологій імітаційного моделювання висвітлено у [8]. Важливість розвитку транспортного сектору України розкрито у працях вітчизняних авторів, зокрема у [6] висвітлено поняття «міжнародні транспортні коридори», доведе-

---

\* статтю підготовлено на основі доповіді на XII-му міжнародному науковому семінарі «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та екології» (1–5 липня 2013 р., оз. Світязь – Київ).

но важливість зростання транспортних перевезень, зокрема міжнародного транзиту вантажів на економіку країни. Проблеми українського сектору логістики, їх особливості на етапі впровадження в Україні висвітлено у [4], де також розглядаються елементи логістичних мереж.

**Невирішені частини проблеми.** Попри стратегічну важливість сектору логістики, залишається невирішеним значне коло завдань, серед яких розробка моделей, що дозволяють проводити аналіз втрат прибутків транспортного сектору залежно від низки параметрів, серед яких затримки транспортних засобів на кордонах, загальні вартості доставки по маршрутах щодо конкурентних тощо.

**Метою дослідження** є розробка моделі, яка б дозволила проводити аналіз стану ринку міжнародних логістичних послуг за цільовими параметрами та, відповідно, пропонувати найбільш доцільні (ефективні) варіанти розвитку вітчизняного ринку логістичних послуг.

**Основні результати дослідження.** Проблеми пошуку та впровадження ефективних моделей прогнозування у сфері міжнародних транспортних перевезень набувають все більшої актуальності, адже політичні, економічні та соціальні зв'язки між державами постійно поглиблюються і стають більш динамічними, що спричиняє зростання попиту на перевезення товарів як всередині країни, так і за її межами. Тобто з розвитком світового ринку зростає потреба в логістичних операціях і процесах з використанням логістики. У 2005 р. вартість світового ринку логістичних послуг становила 1570 млрд. євро, ця на третину більше, ніж у 1999 р. (1090 млрд. євро) [13]. Спостерігається чітка тенденція до збільшення світового ринку логістичних послуг, інтеграція в який призведе не тільки до надходження коштів до бюджету країни, але й надасть змогу транспортній галузі країни досягти загальносвітових норм, що, у свою чергу, дозволить транспортному сектору країни знаходитись у конкурентоспроможному стані.

Основа міжнародної транспортної інфраструктури України складають чотири міжнародних транспортних коридори (МТК) – №3, №5, №7, №9 (табл. 1).

Завдяки вигідному географічному розташуванню та наявності чотирьох МТК з'являються сприятливі можливості для реалізації цього потенціалу на фоні зростаючого ринку міжнародних логістичних послуг. Географію товарообігу на ринку логістичних послуг України відображено на рис. 1. Найбільш важливими ринками є країни СНД та Європи, проте найбільша частка експорту припадає на країни Азії.

З огляду на структуру й особливості предметної галузі було прийнято рішення щодо використання агентного підходу як основного методу моделювання. Також варто зазначити, що використання програмних агентів у сфері моделювання транспортних перевезень і суміжних галузей дозволяє чітко дотримуватись основних правил моделювання, зокрема парадигми ООП, оскільки програмні агенти дають змогу прозоро представляти логіку поведінки основних елементів даної моделі – вантажних автомобілів, які здійснюють перевезення і є основними елементами в запропонованій моделі.

Також у моделі було використано елементи системної динаміки, що було введено з метою представлення складів товарів, між якими відбувається товарообіг.

Таблиця 1. МТК, що проходять територією України\*

| № МТК | Країни учасники   |
|-------|---|
| 3     | - Німеччина<br>- Польща<br>- Україна  |
| 5     | - Італія<br>- Словенія<br>- Угорщина<br>- Словаччина<br>- Україна                       |
| 7     | - Австрія<br>- Угорщина<br>- Болгарія<br>- Румунія<br>- Молдова<br>- Україна            |
| 9     | - Фінляндія<br>- Росія<br>- Україна<br>- Білорусь<br>- Молдова<br>- Румунія<br>- Греція |

\* складено на основі [3].

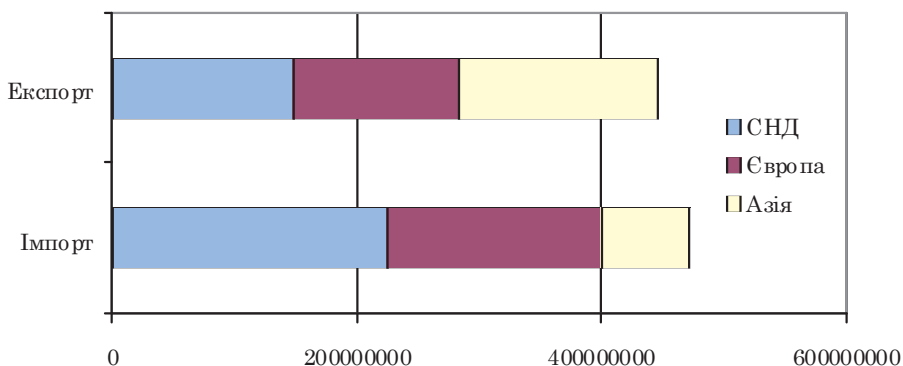


Рис. 1. Географічна структура операцій імпорту/експорту товарів за даними 2001–2010 рр., тис. дол. США [1]

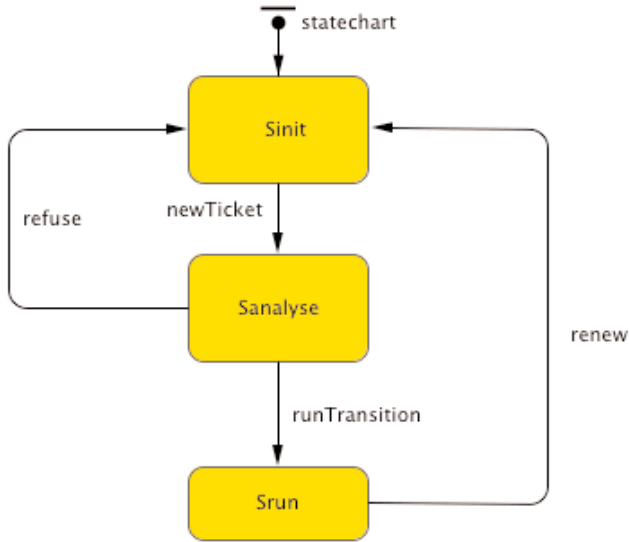
Для представлення мобільних агентів у моделі використано таке позначення:  $A_{tr}$  (Agent truck).

Модель передбачає такі стани агента " $A_{tr}$ ":

- $S_{init}$  – початковий стан агентів;
- $S_{analyse}$  – стан, уякому агент проводить аналіз завдання;
- $S_{run}$  – агент виконує завдання.

Логіка поведінки агентів представлена діаграмою станів (рис. 2).

На початковому стані агент отримує завдання, яке генерується випадковим чином і характеризується такими параметрами, як пріоритет (звичайний або терміновий), точка відправки (одна із початкових точок маршруту) та пункт призначення.



**newTicket** – агент отримав нове завдання;  
**refuse** – агент відмовився від завдання;  
**goTransition** – агент приступає до виконання завдання;  
**renew** – повторна ініціалізація агента.

Рис. 2. Діаграма станів поведінки програмних агентів, авторська розробка

При вході в стан  $A_{tr}[analyse]$  агент намагається визначити пріоритетний транспортний коридор для отриманого завдання. Під час прийняття рішення враховуються такі чинники:

- загальна протяжність маршруту (отримується як сума протяжності маршрутів транзитних країн);
- орієнтовний час у дорозі;
- ціна палива в транзитних країнах.

З урахуванням цих чинників будується загальна карта вартості маршрутів (на прикладі МТК № 9) (табл. 2).

Таблиця 2. Дані для розрахунку карти вартості маршруту, євро\*

|           |      |
|-----------|------|
| Фінляндія | 1,48 |
| Росія     | 0,75 |
| Україна   | 0,94 |
| Білорусь  | 0,70 |
| Молдова   | 1,02 |
| Румунія   | 1,30 |
| Греція    | 1,34 |

\* складено на підставі [5].

На основі карт вартості агент приймає рішення про маршрут перевезення. За умови термінових завдань обираються рішення з найменшим часом у дорозі, для інших типів завдань обирається найменша сумарна вартість рішення.

Програмна реалізація зміни станів агента може виглядати так, як показано на рис. 3.

Ланка системної динаміки складається з потоку виробництва, складів, потоку постачання та складу продавця (рис. 4).

```

public void executeActionOf( TransitionMessage _t, Object _msg ) {
    □ if ( _t == Sinit ) {
    □ exitState( Sinit, _t, true, statechart );
    □ enterState( Sanalyse, true );
    □ return;
    □ }
    □ if ( _t == Sanalyse ) {
    □ exitState( Sanalyse, _t, true, statechart );
    □ enterState( Srun, true );
    □ return;
    □ }
    □ }
    □ super.executeActionOf( _t, _msg );
    □ }

```

Рис. 3. Фрагмент лістингу Java програми, авторська розробка

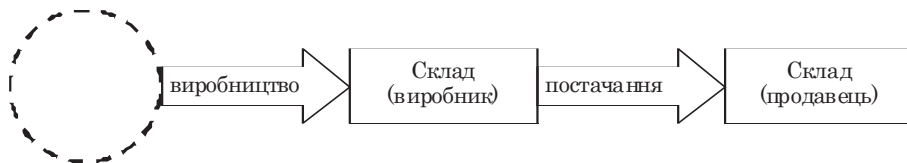


Рис. 4. Ланка системної динаміки моделі, авторська розробка

Зміни в залишках продукції на складах можна описати диференціальним рівнянням:

$$\frac{dW}{dt} = P - S, \quad (1)$$

де  $W$  – кількість продукції на складі виробника;  $P$  – потік виробництва;  $S$  – потік постачання.

**Висновки.** Розроблена модель дозволяє сформулювати карти вартості логістичних маршрутів, порівнювати альтернативні маршрути і, відповідно, відслідкувати слабкі місця або ж переваги у використанні системи національних транспортних коридорів порівняно з конкурентними варіантами. В подальшому планується розвиток моделі в таких напрямках: розширення бази маршрутів; анімація маршруту МА на карті; врахування вартості повернення транспорту у початкову точку; врахування цін на електроенергію для транспортування вантажів з особливими умовами перевезення.

1. Державна підтримка українського експорту // [ukrexport.gov.ua](http://ukrexport.gov.ua).
2. Кельтон Д. Имитационное моделирование. – 3-е изд. – СПб.: Питер; К.: ВНУ, 2004. – 847 с.
3. Міжнародні транспортні коридори // [uk.wikipedia.org](http://uk.wikipedia.org).
4. Омельченко Т.Ю. Проблемы логистики и пути их решения в Украине // Вісник економіки транспорту і промисловості.– 2011.– №35. – С. 269–274.
5. Ориентировочная цена бензина и дизельного топлива в европейских странах // [autotraveler.ru](http://autotraveler.ru).
6. Подвальна Г.В. Розвиток транспортних коридорів в Україні // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»,– 2011.– №706. – С. 134–140.
7. Самарский А.А. Михайлов А.П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Приемы. – 2-е изд. испр. – М.: Физматлит, 2001. – 316 с.
8. Толуев Ю.И. Применение имитационного моделирования для исследования логистических процессов // Имитационное моделирование. Теория и практика: Материалы второй всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: ФГУП ЦНИИ ТС, 2005. – С. 71–76.

9. Управление цепями поставок: Справочник издательства Gower / Пер. с англ.; Под ред. Дж. Гаторны. – М.: ИНФРА, 2008. – 670 с.
10. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
11. Янковий О.Г., Гура О.Л. Вдосконалення планування на підприємстві за допомогою математико-статистичних методів прогнозування // Актуальні проблеми економіки.– 2009.– №1. – С. 229–239.
12. Bordini, R.H., Hubner, J.F., Wooldridge, M. (2007). Programming Multi-agent Systems in AgentSpeak Using Jason. Wiley Series in Agent Technology. Wiley, Chichester.
13. Logistics: Global Industry Guide // [www.researchandmarkets.com](http://www.researchandmarkets.com).

Стаття надійшла до редакції 1.08.2013.