

evaluation of investment and innovation]. *Vestnik kibernetiki*, no. 11 (2012): 141-150.

Lankaster, K. *Matematicheskaia ekonomika* [Mathematical economics]. Moscow: Sovetskoe radio, 1972.

Liashenko, O. I. "Mezhhaluzevi balansovi modeli bahatoukladnoi ekonomiky" [Intra-balance model of a mixed economy]. *Problemy ekonomiky*, no. 2 (2013): 226-229.

Petrov, A. A., and Pospelov, I. G. "Matematicheskie modeli ekonomiki Rossii" [Mathematical model of the Russian econo-

my]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*, vol. 79, no. 6 (2009): 492-506.

Riaboshlyk, V. "Dynamichna model vytrat-vypusku z iavnym vidobrazhenniam innovatsiinykh tekhnolohii" [Dynamic input-output model with a clear reflection of innovative technologies]. *Ekonomist*, no. 9 (2004): 49-53.

Williamson, O. I. "Povedencheskie predposylki sovremenno-go ekonomicheskogo analiza" [Behavioral conditions of modern economic analysis]. *THESIS*, no. 3 (1993): 39-49.

УДК 004.942:519.179.2:658.8

МОДЕЛЮВАННЯ ЗБУТОВОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЛОГІСТИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ МЕРЕЖІ ПЕТРІ

© 2014 ВІТЛІНСЬКИЙ В. В., МЕЛЬНИК Г. В., СКИЦЬКО В. І.

УДК 004.942:519.179.2:658.8

Вітлінський В. В., Мельник Г. В., Скицько В. І. Моделювання збутової електронної логістичної підсистеми з використанням нечіткої мережі Петрі

Основою роботи Інтернет-магазину є його взаємодія, зокрема, з покупцями, що може розглядатися в межах функціонування збутової електронної логістичної підсистеми. У даній роботі авторами запропоновано нечітку мережу Петрі для моделювання здійснення купівлі покупцем у межах збутової електронної логістичної підсистеми Інтернет-магазину. Розроблена імітаційна економіко-математична модель дозволяє вирішити низку задач, зокрема: за яких умов покупець залишить сторінку Інтернет-магазину без придбання товару; зарезервує товар чи відкладе оплату; здійснить купівлю товару.

Ключові слова: збут, електронна логістика, Інтернет-магазин, нечітка мережа Петрі.

Рис.: 1. **Формул:** 4. **Бібл.:** 11.

Вітлінський Вальдемар Володимирович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіко-математичного моделювання, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, Київ, 03068, Україна)

E-mail: wite101@meta.ua

Мельник Галина Василівна – кандидат економічних наук, асистент, кафедра прикладної математики та інформаційних технологій, Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича (вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012, Україна)

E-mail: mehalyna@rambler.ru

Скицько Володимир Іванович – кандидат економічних наук, доцент, докторант кафедри економіко-математичного моделювання, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, Київ, 03068, Україна)

E-mail: skitsko.kneu@gmail.com

УДК 004.942:519.179.2:658.8

Витлинский В. В., Мельник Г. В., Скицко В. И. Моделирование сбытовой электронной логистической подсистемы с использованием нечеткой сети Петри

Основой работы Интернет-магазина является его взаимодействие, в частности, с покупателями, которое может рассматриваться в рамках функционирования сбытовой электронной логистической подсистемы. В данной работе авторами предложена нечеткая сеть Петри для моделирования совершения покупки покупателем в пределах сбытовой электронной логистической подсистемы Интернет-магазина. Разработанная имитационная экономико-математическая модель позволяет решить ряд задач, в частности: при каких условиях покупатель оставит страницу Интернет-магазина без приобретения товара; зарезервирует товар или отложит оплату; осуществит покупку товара.

Ключевые слова: сбыт, электронная логистика, Интернет-магазин, нечеткая сеть Петри.

Рис.: 1. **Формул:** 4. **Библ.:** 11.

Витлинский Вальдемар Владимирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономико-математического моделирования, Киевский национальный экономический университет им. В. Гетьмана (пр. Победы, 54/1, Киев, 03068, Украина)

E-mail: wite101@meta.ua

Мельник Галина Василівна – кандидат экономических наук, ассистент, кафедра прикладной математики и информационных технологий, Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича (ул. Коцюбинского, 2, Черновцы, 58012, Украина)

E-mail: mehalyna@rambler.ru

Скицко Владимир Иванович – кандидат экономических наук, доцент, докторант кафедры экономико-математического моделирования, Киевский национальный экономический университет им. В. Гетьмана (пр. Победы, 54/1, Киев, 03068, Украина)

E-mail: skitsko.kneu@gmail.com

UDC 004.942:519.179.2:658.8

Vitlinsky V. V., Melnyk H. V., Skitsko V. I. Modeling of the E-marketing Logistics Subsystem Using the Fuzzy Petri Net

The basis of the e-shop is its interaction, in particular, with the buyers, which may be considered in the framework of e-sales logistics subsystem. In this paper, the authors propose a fuzzy Petri net for modeling of purchase by the buyer within the electronic logistic subsystem of Online Store. A simulation of economic-mathematical model enables to solve a number of problems, in particular: under what conditions the buyer leaves the web-site without having to purchase the goods; pre-books items or postpones payment; carries out the purchase of the goods.

Key words: marketing, e-logistics, Online Store, fuzzy Petri net.

Pic.: 1. **Formulae:** 4. **Bibl.:** 11.

Vitlinsky Valdemar V. – Doctor of Science (Economics), Professor, Head of the Department of economic and mathematical modeling, Kyiv National Economic University named after V. Getman (pr. Peremogy, 54/1, Kyiv, 03068, Ukraine)

E-mail: wite101@meta.ua

Melnyk Halyna V. – Candidate of Sciences (Economics), Assistant, Department of Applied Mathematics and Information Technologies, Chernivtsi National University named after Yuriy Fedkovych (Kotsjubynskiy Str., 2, Chernivtsi, 58012, Ukraine)

E-mail: mehalyna@rambler.ru

Skitsko Volodymyr I. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Candidate on Doctor Degree of the Department of economic and mathematical modeling, Kyiv National Economic University named after V. Getman (pr. Peremogy, 54/1, Kyiv, 03068, Ukraine)

E-mail: skitsko.kneu@gmail.com

Метою створення бізнесу є отримання прибутку, що неможливо без задоволення потреб споживачів, на яких він зорієнтований. Безпосередня взаємодія зі споживачем відбувається в межах збутової логістичної підсистеми підприємства, власне тому її можна вважати однією з головних складових. У контексті збутової логістичної підсистеми вирішуються різні задачі, зокрема: задоволення попиту споживачів, формування асортименту продукції, планування та стимулювання збуту продукції, організація мережі складів (центрів видачі товарів) та транспортування тощо. Ці задачі є актуальними як для традиційних підприємств, так і для підприємств електронної комерції, виникнення яких зумовлено розвитком інформаційних і телекомунікаційних технологій. Для таких підприємств можна говорити про електронну логістику, під якою будемо розуміти підсистему менеджменту щодо прогнозування, планування, прийняття рішень, координації та контролю електронних інформаційних потоків за допомогою інформаційно-телекомунікаційних систем і технологій із застосуванням математичних методів і моделей (в узгодженні із матеріальними, сервісними, фінансовими потоками та потоком інтелектуально-трудова ресурсів). Відповідно, збутова електронна логістична підсистема – це складова логістичної системи підприємства електронної комерції (або електронна логістична система), у межах якої вирішуються задачі збуту, зокрема ті, що зазначені вище.

Однією із суттєвих галузей економіки будь-якої країни є торгівля [1]. У сфері електронної комерції значну частку також займають Інтернет-магазини, які можна вважати магазинами нового покоління із широким асортиментом продукції та послуг, що дозволяють здійснювати купівлю, не виходячи із дому. Дистанційна взаємодія Інтернет-магазину та покупця потребує постійного обміну інформацією між ними, який повинен бути, зокрема, швидким і надійним, сприяти досягненню мети електронної логістики: доставка покупцю необхідного товару в потрібній кількості та належної якості, за узгодженою ціною та в узгоджені місце і час. Отже, існує необхідність у дієвому механізмі управління такою взаємодією між покупцем та Інтернет-магазином.

Різним аспектам роботи Інтернет-магазинів та їх взаємодії з покупцями присвячено дослідження іноземних і вітчизняних авторів, зокрема: С. Кібіткіна [2], А. Ключи [3], Г. Ремі [4], О. Шоркіна [5], С. К. Рамазанова та О. С. Дюбанова [6], Н. В. Апаатової та С. В. Малкова [7], І. В. Савенко, А. В. Капінус та Н. П. Скригун [8] та інших.

Артем Ключа зауважує, що обсяг Інтернет-продажів з кожним роком буде тільки збільшуватися, крім того, найбільший темп зростання даного виду продаж спостерігається в країнах, що розвиваються, а також і в Україні [3]. Важливість цього сегмента економіки для держави підтверджує той факт, що Верховна Рада України 3 червня 2014 р. прийняла в першому читанні Закон «Про електронну комерцію» [9]. Сергій Кібіткін у своїх роботах, зокрема [2], досліджує різні організаційні та технічні аспекти в роботі Інтернет-магазину, а саме: яким товаром торгувати і як його представляти на сайті, яке програмне забезпечення обрати, як назвати магазин тощо. Лариса Капінус, Наталія Скригун та Інга Савенко досліджують особливості використання інструментарію мерчандайзингу у роботі Інтернет-магазинів [8].

При аналізі типових ознак успішного Інтернет-магазину Гіл Ремі виділяє такі з них [4]: пошук на сайті з можливим автоматичним заповненням відповідного поля та дета-

лізована інформація щодо можливих потенційних результатів пошуку; вбудована перевірка полів форми замовлення; анімована корзина товарів, які прагне купити покупець; відстеження наявності потрібної кількості товару впродовж здійснення замовлення; відео-демонстрації товару.

Олексій Шоркін досліджує роботу Інтернет-магазину з точки зору логістики та наголошує на важливості професійного підходу щодо побудови бізнес-процесів такого магазину. Рамазановим С. К. і Дюбановим О. С. побудовано моделі поведінки економічних суб'єктів (підприємств і споживачів) на ринку електронної торгівлі за сучасних умов і розроблено рекомендації щодо вибору оптимальної стратегії їх поведінки в конкурентній боротьбі [6]. Роботи Апаатової Н. В. і Малкова С. В., зокрема [7], присвячені проблемі управління ризиками підприємств електронної комерції (віртуальних підприємств) та є наразі одними з небагатьох ґрунтовних вітчизняних робіт за цією проблематикою.

Аналіз зазначених вище праць інших науковців і фахівців дозволяє дійти висновку про багатогранність та актуальність проблеми управління діяльністю підприємств електронної комерції, зокрема, Інтернет-магазину. Проте, до малодосліджених моментів можна віднести, наприклад, проблему управління логістичною системою підприємства електронної комерції, зокрема, з використанням сучасного апарату економіко-математичного та імітаційного моделювання.

За сучасних умов ведення бізнесу інформація стала одним із головних аспектів конкурентоспроможності будь-якого підприємства. Особливо це стосується підприємств електронної комерції (Інтернет-магазинів), для яких інформаційно-телекомунікаційні засоби та технології фактично є чинником їх виникнення. Але джерелом прибутку таких підприємств залишається покупець. І необхідно вміти грамотно побудувати роботу з ним. Одним із інструментів дослідження такої проблеми є моделювання взаємовідносин покупця та Інтернет-магазину.

Сучасні імітаційні економіко-математичні моделі та їх комп'ютерна реалізація надають можливість відтворити процес функціонування збутової електронної логістичної підсистеми. Проте такі моделі не надають повної картини щодо взаємодії об'єктів системи, особливо якщо система має складну структуру. Великі можливості досліднику складних систем надає теорія графів [10]. Графічна форма представлення систем є наочною і дозволяє відносно просто масштабувати рівні розгляду об'єктів і процесів та моделювати не тільки статичні системи, але й динамічні процеси. Одним із перспективних інструментів моделювання є мережа Петрі – граф, який має у своєму розпорядженні дві різні групи вершин: позиції (вузли) і переходи. Цим вершинам притаманна низка властивостей [10], що роблять придатними мережі Петрі для моделювання процесу управління інформаційними потоками збутової електронної логістичної підсистеми. У реальній ситуації придбання товару не завжди можна чітко визначити ті чи інші параметри дій покупця, а тому будемо використовувати в дослідженнях нечіткі мережі Петрі типу (НМП) [11].

Формально нечітка мережа Петрі типу Cr може бути представлена таким чином:

$$Cr = (N, f, \lambda, m_0), \quad (1)$$

де $N = (P, T, I, O)$ – структура НМП Cr , яка аналогічна структурі ординарних мереж Петрі та для якої: $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ – скінчена множина позицій; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_K\}$ –

скінчена множина переходів; I – вхідна функція переходів, що визначена як відображення $I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$; O – вихідна функція переходів, що визначена як відображення $O: T \times P \rightarrow \{0, 1\}$; $f = \{f_1, f_2, \dots, f_K\}$ – вектор значень функції належності нечіткого спрацьовування переходів, при якому $f_j \in [0, 1] (\forall j \in \{1, 2, \dots, K\})$; $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K\}$ – вектор значень спрацьовування переходів, при цьому $\lambda_j \in [0, 1] (\forall j \in \{1, 2, \dots, K\})$; $m_0 = (m_1^0, m_2^0, \dots, m_N^0)$ ($m_i^0 \in N^0, i = \overline{1, N}$) – вектор початкового маркування НМП Cr , кожна компонента визначається значенням функції належності нечіткої присутності одного маркера у відповідній позиції даної НМП Cr , при цьому $m_i^0 \in [0, 1] (\forall i = \{1, 2, \dots, N\})$.

Структура даного типу мереж Петрі передбачає в своєму визначенні деяку множину висловлювань $D = \{d_1, d_2, \dots, d_M\}$ та бієктивне відображення $\alpha: D \rightarrow P$. Додаткові компоненти структури НМП відображають специфіку модельованої предметної області.

Динаміка переміщення маркерів по мережі визначається такими правилами $P_i(Cr)$:

R_1 – правило визначення поточного маркування. Будь-який стан НМП Cr визначається вектором $m = \{m_1, m_2, \dots, m_N\}$, компоненти якого інтерпретуються як значення функції належності нечіткої присутності маркера у відповідних позиціях $p_i \in P$ НМП Cr . Початковий стан НМП Cr визначається вектором початкового маркування m_0 ;

R_2 – правило (умова) активності переходу. Перехід $t_k \in T$ НМП Cr є активним (дозволеним) при деякому допустимому маркуванні m , якщо виконуються такі умови:

$$\min_{(i \in \{1, 2, \dots, N\}) \wedge (I(p_i, t_k) > 0)} \{m_i\} \geq \lambda_k, \quad (2)$$

де λ_k – значення порогу спрацьовування переходу $t_k \in T$. Іншими словами, перехід $t_k \in T$ НМП Cr є активним, якщо у всіх його вхідних позиціях є ненульові значення компонентів вектора поточного маркування, а мінімальне з них – не менше порогу спрацьовування λ_k даного переходу $t_k \in T$.

R_3 – правило нечіткого спрацьовування переходу. Якщо перехід НМП Cr є активним (виконується правило R_2) за деяким поточним маркуванням m (тобто для нього виконується умова (2)), то нечітке спрацьовування даного переходу здійснюється миттєво і приводить до нового маркування $m_v = (m_1^v, m_2^v, \dots, m_N^v)$, компоненти вектора якого визначаються за такими формулами:

★ для кожної з вхідних позицій $p_i \in P$, для яких $I(p_i, t_k) > 0$:

$$m_i^v = 0, (\forall p_i \in P) \wedge (I(p_i, t_k) > 0); \quad (3)$$

★ для кожної з вихідних позицій $p_j \in P$, для яких $O(t_k, p_j) > 0$:

$$m_j^v = \max \left\{ m_j, \min_{(j \in \{1, 2, \dots, N\}) \wedge (I(p_i, t_k) > 0)} \{m_i, f_k\} \right\}, \quad (4)$$

$$(\forall p_j \in P) \wedge (O(t_k, p_j) > 0),$$

де f_k – значення функції належності або міра можливості спрацьовування (запуску) переходу $t_k \in T$, яке задається при визначенні конкретної НМП Cr .

Якщо деякі з позицій $p_i \in P$ є одночасно вхідними та вихідними для дозволеного переходу $t_k \in T$, то для них ком-

поненти вектора нового маркування розраховуються послідовно, спочатку за формулою (3), а потім – за формулою (4). Для позицій $p_i \in P$, що не є ні вхідними, ні вихідними по відношенню до переходу t_k , маркування не змінюється.

Зробимо такі припущення, які будуть враховані надалі:

1) покупець може залишити web-сервер Інтернет-магазину за умови, що він відкрив головну сторінку випадково, не знайшов потрібного товару або знайшов його, але він не задовольняє вимог покупця за певними характеристиками (ціна, відсутність визначеної моделі тощо);

2) покупець може відкласти придбання товару у випадку, якщо товар можна дозамовити та довести у визначений термін, або ж покупець відкладає оплату за товар та резервує замовлення;

3) покупець здійснює купівлю на умовах попередньої оплати чи оплати при отриманні товару від постачальника (продавця).

Припустимо, що встановлено такі правила нечітких продукцій:

Правило_1. ЯКЩО «Сторінка Інтернет-магазину була відкрита помилково» ТОДІ «Вихід без придбання товару» ($f_1 = 0,2$).

Правило_2. ЯКЩО «Сторінка Інтернет-магазину була відкрита свідомо» ТОДІ «Перегляд Web-вітрини» ($f_2 = 0,9$).

Правило_3. ЯКЩО «Перегляд Web-вітрини» ТОДІ АБО «На Web-вітрині потрібний товар відсутній» АБО «На Web-вітрині товар знайдено» ($f_3^1 = 0,2; f_3^2 = 0,9$).

Правило_4. ЯКЩО «На Web-вітрині потрібний товар відсутній» ТОДІ «Вихід без придбання товару» ($f_4 = 0,3$).

Правило_5. ЯКЩО «На Web-вітрині товар знайдено» ТОДІ АБО «Вихід без придбання товару» АБО І [АБО «Реєстрація відбулася» АБО «Аутентифікація відбулася»] І «Додати товар в кошик» ($f_5^1 = 0,2; f_5^2 = 0,8$).

Правило_6. ЯКЩО «Додати товар в кошик» І «Внесення додаткових параметрів товару чи замовлення» ТОДІ «Оформлення замовлення» ($f_6 = 0,9$).

Правило_7. ЯКЩО «Оформлення замовлення» ТОДІ АБО «Товар на складі є» АБО «Товар на складі відсутній» АБО «Перегляд Web-вітрини» ($f_7^1 = 0,9; f_7^2 = 0,2; f_7^3 = 0,2$).

Правило_8. ЯКЩО «Товар на складі є» ТОДІ «Виписати рахунок» ($f_8 = 0,9$).

Правило_9. ЯКЩО «Товар на складі відсутній» ТОДІ АБО «Перегляд Web-вітрини» АБО «Вихід без придбання товару» АБО «Резервування товару чи відкладена оплата» ($f_9^1 = 0,2; f_9^2 = 0,7; f_9^3 = 0,7$).

Правило_10. ЯКЩО «Виписати рахунок» ТОДІ АБО «Резервування товару чи відкладена оплата» АБО «Оплата товару» АБО «Доставка з післяплатою» ($f_{10}^1 = 0,4; f_{10}^2 = 0,8; f_{10}^3 = 0,8$).

Правило_11. ЯКЩО АБО «Оплата товару» АБО «Доставка з післяплатою» ТОДІ «Купівля товару здійснена» ($f_{11}^1 = 0,9; f_{11}^2 = 0,9$).

Для кожного правила в дужках вказані можливі значення ваг або коефіцієнти визначеності $f_j (f_j^i)$ правил нечіткої продукції, які розглядаються в нечітких мережах Петрі як значення функцій належності нечіткого спрацьовування переходів $t_j (t_j^i)$ відповідно. Ваги правил характеризують впевненість експерта в кожному вибраному ним для прийняття рішення конкретному правилі (висновку чи підвисновку правила). Найчастіше перевага чи відносна значущість варіантів встановлюється за допомогою методів ранжування, парних порівнянь або безпосереднього оці-

нювання [11]. При цьому, якщо правило має тільки один висновок, що представляється тільки однією вихідною позицією, то для такого правила вага позначається f_j^i є значенням функції належності нечіткого спрацювання переходу t_j , де j – номер правила. У випадку, коли правило має кілька підвисновків (кілька вихідних позицій), вага позначається f_j^i є значенням функції належності нечіткого спрацювання переходу t_j^i , де j – номер правила, i – номер підвисновку у правилі. Зазначений набір нечітких продукцій може бути відображений у вигляді НМП Cr (рис. 1).

Позиціям $P_1 - P_{18}$ мережі поставлені у відповідність такі нечіткі висловлювання:

- P_1 – «Сторінка Інтернет-магазину була відкрита помилово»;
- P_2 – «Сторінка Інтернет-магазину була відкрита свідомомо»;
- P_3 – «Перегляд Web-вітрини»;
- P_4 – «На Web-вітрині потрібний товар відсутній»;
- P_5 – «На Web-вітрині товар знайдено»;
- P_6 – «Реєстрація відбулася»;

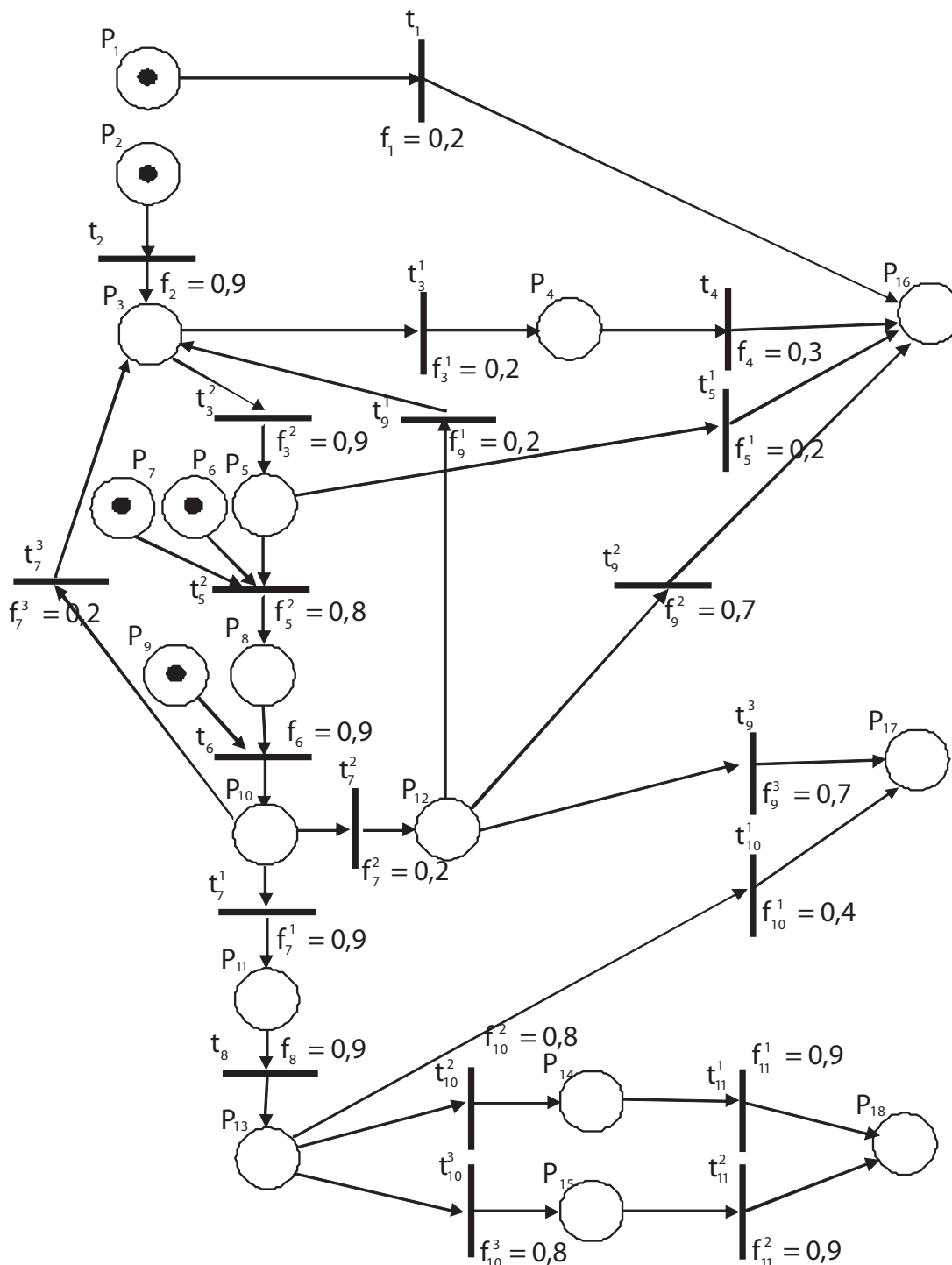


Рис. 1. Мережа Петрі для моделювання здійснення купівлі покупцем у межах збутової електронної логістичної підсистеми

- P_7 – «Аутентифікація відбулася»;
 - P_8 – «Додати товар в кошик»;
 - P_9 – «Внесення додаткових параметрів товару чи за-
мовлення»
 - P_{10} – «Оформлення замовлення»;
 - P_{11} – «Товар на складі є»;
 - P_{12} – «Товар на складі відсутній»;
 - P_{13} – «Виписати рахунок»;
 - P_{14} – «Оплата товару»;
 - P_{15} – «Доставка з післяплатою»;
 - P_{16} – «Вихід без придбання товару»;
 - P_{17} – «Резервування товару чи відкладена оплата»;
 - P_{18} – «Купівля товару здійснена».
- Припустимо, що відомо ступінь істинності деяких висловлювань, а саме:

- ★ «Сторінка Інтернет-магазину була відкрита помилково» ($E_1 = 0,2$);
- ★ «Сторінка Інтернет-магазину була відкрита свідомо» ($E_2 = 0,9$);
- ★ «Реєстрація відбулася» ($E_3 = 0,8$);
- ★ «Аутентифікація відбулася» ($E_4 = 0,8$);
- ★ «Внесення додаткових параметрів товару чи за-
мовлення» ($E_5 = 0,6$).

Ці дані використовуються для визначення початкового маркування НМП C_7 (див. рис. 1): $m_0 = (0,2; 0,9; 0; 0; 0; 0,8; 0,8; 0; 0,6; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0)$.

Задача моделювання зводиться до оцінювання можливості попадання одного маркера в позиції P_{16} , P_{17} і P_{18} (висловлювання «Вихід без придбання товару», «Резервування товару чи відкладена оплата» і «Купівля товару здійснена» відповідно). Для її розв'язання послідовно визначаються активні переходи та використовуються правила їх нечіткого спрацьовування. Якщо не встановлені пороги λ_j ($\forall j \in \{1, 2, \dots, K\}$) спрацьовування переходів, то моделювання представляється у вигляді таких кроків.

На першому кроці за правилом R_2 активними є переходи t_1 і t_2 . Спрацьовування активного переходу t_1 призводить до зміни маркування позиції P_{16} , яке, згідно з правилом R_3 за формулою (4), набуде значення: $m_{16}^1 = \max\{0; \min\{0,2; 0,2\}\} = 0,2$, що відповідає виходу покупця зі сторінки Інтернет-магазину.

При спрацьовуванні активного переходу t_2 зміниться маркування позиції R_3 на $m_3^2 = 0,9$. За даного маркування активними є переходи t_3^1 і t_3^2 , що відповідають ситуації відсутності та наявності потрібного товару. Якщо спрацює перехід t_3^1 (товар не знайдено), тоді позиція R_{16} змінить своє маркування на $m_{16}^{31} = 0,2$ (покупець залишить сторінку Інтернет-магазину). За умови спрацьовування переходу t_3^2 (товар знайдено) зміниться маркування позиції P_5 : $m_5^{32} = 0,9$.

Наступними активними будуть переходи t_5^1 і t_5^2 . Якщо спрацює перехід t_5^1 (товар знайдено, але покупець через певні причини не здійснив купівлю), зміниться маркування позиції P_{16} : $m_{16}^{51} = 0,2$ (покупець залишить сторінку Інтернет-магазину). Якщо спрацює перехід t_5^2 (додатково передбачається реєстрація чи аутентифікація покупця), зміниться маркування позиції P_8 : $m_8^{52} = \max\{0; \min\{0,8; 0,8; 0,9; 0,8\}\} = 0,8$.

За цього маркування позиції P_8 є активним тільки перехід t_6 після спрацьовування якого змінює своє маркування позиція P_{10} : $m_{10}^6 = 0,6$. На цьому кроці активними є

три переходи: t_1^7 , t_2^7 і t_3^7 . Розглянемо результати спрацьовування кожного з них окремо.

За умови спрацьовування t_1^7 (покупець продовжує оформлення замовлення) змінюється маркування позиції P_{11} : $m_{11}^{71} = 0,6$, при якому активним є перехід t_8 , що приведе до зміни маркування P_{13} : $m_{13}^{81} = 0,6$. Для цього маркування активними є переходи t_{10}^1 , t_{10}^2 і t_{10}^3 , спрацьовування яких відповідно змінює маркування:

t_{10}^1 – в P_{17} : $m_{17}^{101} = 0,4$ (покупець зарезервує товар та відкладе оплату);

t_{10}^2 – в P_{14} : $m_{14}^{102} = 0,6$, після чого активним є перехід t_{11}^1 та зміна маркування P_{18} : $m_{18}^{111} = 0,6$ (придбання товару);

t_{10}^3 – в P_{15} : $m_{15}^{103} = 0,6$, після чого активним є перехід t_{11}^2 та зміна маркування в P_{18} : $m_{18}^{112} = 0,6$ (придбання товару).

За умови спрацьовування t_2^7 змінюється маркування позиції P_{12} : $m_{12}^{72} = 0,2$, для якого активними є переходи t_9^1 , t_9^2 , і t_9^3 , спрацьовування яких відповідно змінює маркування:

t_9^1 – в P_3 : $m_3^{91} = 0,2$ (покупець продовжує пошук товару на вітрині магазину);

t_9^2 – в P_{16} : $m_{16}^{92} = 0,2$ (покупець вийде з магазину без придбання товару);

t_9^3 – в P_{17} : $m_{17}^{93} = 0,2$ (товар відсутній, але покупець погоджується на дозамовлення товару).

За умови спрацьовування t_3^7 змінюється маркування позиції P_3 : $m_3^{73} = 0,2$ (покупець продовжує пошук товару на вітрині магазину).

У результаті виконання зазначених кроків отримуємо значення функцій належності нечіткої присутності маркера в позиціях:

P_{16} «Вихід без придбання товару» – 0,2;

P_{17} «Резервування товару чи відкладена оплата» – 0,2;

P_{18} «Купівля товару здійснена» – 0,6.

Окремо може розглядатися маркування $m_3^{73} = 0,2$ і $m_3^{91} = 0,2$, які відповідають ситуації повернення покупця до сторінки вітрини Інтернет-магазину для подальшого пошуку товарів. Моделювання в даному разі розглядається аналогічно приведеним вище концептуальним положенням.

ВИСНОВКИ

У статті розглянуто актуальну проблему взаємодії покупця та Інтернет-магазину. Зокрема, у науковій та прикладній літературі така взаємодія досліджується в аспекті психологічного впливу на покупця задля спонукання його до певного вибору, з точки зору програмування, метою якого є розробка зручного інтерфейсу спілкування з покупцем тощо. Проте, наразі відсутні ґрунтовні наукові дослідження з використанням інструментарію економіко-математичного моделювання (аналітичного та імітаційного). Запропонована стаття певним чином заповнює цю прогалину.

Отримані результати можуть бути підґрунтям для подальших досліджень, у межах яких можна здійснити моделювання з метою вирішення низки завдань і проблем, які найбільше цікавлять менеджерів Інтернет-магазинів, зокрема: 1) якщо споживач у процесі роботи звертається до консультанта по телефону (по електронній пошті, через інтерактивну форму допомоги), то скільки таких консультантів необхідно, як часто здійснюється запит, які популярні питання задаються, тощо; 2) який товар найчастіше цікавить покупців, який саме купують, а до якого лише придивляються, тощо; 3) на якому етапі здійснення купівлі (виконанні замовлення) витрачається більше часу покупцем, а також фахівцями Інтернет-магазину; 4) кількість за-

мовлень, в яких на етапі переходу до оплати може статися повернення до початку, тобто відбувається зміна замовлення (часткова або повна) тощо. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Волошан І. Г. Особливості торговельно-технологічних процесів товароруку підприємств торгівлі / І. Г. Волошан // Економіка розвитку. – 2013. – № 3 (67). – С. 90 – 93 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ed.ksue.edu.ua/ER/knt/ee133_67/e133vol.pdf

2. Кибиткин С. Как открыть Интернет-магазин – пошаговое руководство для начинающих / С. Кибиткин [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.emagazin.info/ru/how_to_start

3. Ключа А. Исследование рынка электронной коммерции в Украине / А. Ключа [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ain.ua/2013/04/11/120835>

4. Remy G. Five Signs of an Advanced E-Commerce Site / G. Remy [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://uxmag.com/articles/five-signs-of-an-advanced-e-commerce-site>

5. Шоркин А. Успешный Интернет-магазин и его логистика / А. Шоркин [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ipr.by/ru/press/doklad_16.html

6. Рамазанов С. К. Модели поведения субъектов рынка электронной торговли в современных условиях / О. С. Дюбанов, С. К. Рамазанов // Бизнес Информ. – 2011. – № 6. – С. 104 – 105 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.business-inform.net/_inc/kachka_pdf.php?year=2011&volume=6_0&pages=104_105

7. Апатова Н. В. Рискология виртуального предпринимательства: Монография / Н. В. Апатова, С. В. Малков. – Симферополь : ДИАЙПИ, 2013. – 353 с.

8. Савенко І. В. Використання інструментів мерчандайзингу в діяльності Інтернет-магазинів / І. В. Савенко, Л. В. Капінус, Н. П. Скригун // Актуальні проблеми економіки. – 2013. – № 5 (143). – С. 125 – 131.

9. Проект Закону про електронну комерцію [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=47409

10. Кульба В. В. Модифицированные функциональные графы как аппарат моделирования сложных динамических систем / В. В. Кульба, В. М. Назаретов, И. П. Чухнов. – М. : ИПУ, 1995. – 43 с.

11. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

REFERENCES

Apatova, N. V., and Malkov, S. V. *Riskologiya virtualnogo predprinimatelstva* [Modified functional graphs as a tool for simulating complex dynamic systems]. Simferopol: DIAYPI, 2013.

Diubanov, O. S., and Ramazanov, S. K. "Modeli povedinky sub'ektiv rynku elektronnoy torhivli v suchasnykh umovax" [Models of behavior of the market of electronic commerce in the modern circs]. http://www.business-inform.net/_inc/kachka_pdf.php?year=2011&volume=6_0&pages=104_105

Kliuka, A. "Issledovanie rynku elektronnoy kommertsii v Ukraine" [Study of e-commerce market in Ukraine]. <http://ain.ua/?2013/?04/11/120835>

Kibitkin, S. "Kak otkryt Internet-magazin - poshagovoe rukovodstvo dlia nachinaiushchikh" [How to open an online store - step by step guide for beginners]. http://www.emagazin.info/ru/how_to_start

Kulba, V. V., Nazaretov, V. M., and Chukhnov, I. P. *Modifitsirovannye funktsionalnye grafy kak apparat modelirovaniia slozhnykh*

dinamicheskikh sistem [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH]. Moscow: IPU, 1995.

[Legal Act of Ukraine]. http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=47409

Leonenkov, A. B. *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH]. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005.

Remy, G. "Five Signs of an Advanced E-Commerce Site" <http://uxmag.com/articles/five-signs-of-an-advanced-e-commerce-site>

Savenko, I. V., Kapinus, L. V., and Skryhun, N. P. "Vykorystannia instrumentiv merchandaizynhu v diialnosti Internet-mahazyniv" [The use of merchandising in online stores]. *Aktualni problemy ekonomiky*, no. 5 (143) (2013): 125-131.

Shorkin, A. "Uspeshnyy Internet-magazin i ego logistika" [Riskology virtual enterprise]. http://www.ipr.by/ru/?press/?doklad_16.html

Voloshan, I. H. "Osoblyvosti torhovelno-tekhnologichnykh protsesiv tovarorukhu pidpriemstv torhivli" [Features of Trade and processes commercial goods movement]. http://www.ed.ksue.edu.ua/ER/knt/ee133_67/e133vol.pdf