

ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ІННОВАЦІЙНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ

Скрильник І.І., Ніколаєнко В.Ю.

Анотація. Скрильник Ірина Іванівна, старший викладач кафедри економічної кібернетики Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, Ніколаєнко Віталій Юрійович, студент спеціальності «Економічна кібернетика» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. **Застосування імітаційного моделювання в інноваційному менеджменті.** У статті розглядається побудова імітаційної моделі інтернет-магазину за допомогою системи візуального моделювання Simulink. Використовуючи мережі Петрі, перевірено правильність побудованої імітаційної моделі.

Ключові слова: імітаційна модель, S-моделі, моделювання, скінчений автомат, генератори випадкових величин, бібліотеки блоків, мережа Петрі.

Аннотация. Скрыльник Ирина Ивановна, старший преподаватель кафедры экономической кибернетики Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка, Николаенко Виталий Юрьевич, студент специальности «Экономическая кибернетика» Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка. **Применение имитационного моделирования в инновационном менеджменте.** В статье рассматривается построение имитационной модели интернет-магазина с помощью системы визуального моделирования Simulink. Используя сети Петри, проверено правильность построения имитационной модели.

Ключевые слова: имитационная модель, S-модели, моделирование, конечный автомат, генераторы случайных величин, библиотеки блоков, сети Петри.

Abstract. Skrylnyk Irina Ivanivna, first assistant of professor of Economical Cybernetics speciality of Poltava National Technical University, Nikolaenko Vitaliy Yuriovitch, student of Economical Cybernetics speciality of Poltava National Technical University. Using the imitative modelling for the innovative management. The development of imitative model of Internet store is considered in the article. The model is built in the visual modelling tool Simulink. The verification of the model is carried out with Petri net approach.

Keywords: simulation model, S-models, modeling, finite automaton, random variables, library, blocks, Petri nets.

Вступ. Імітаційне моделювання – моделювання, при якому математична модель відтворює алгоритм та логіку функціонування досліджуваної системи. Воно зародилося у США в 50 – 60 роках XX століття. Відмінною особливістю імітаційного моделювання є дослідження на ЕОМ ситуацій, що імітують функціонування об’єктів і процесів. Такі дослідження не потребують великих коштів і відкривають необмежені можливості для отримання результативної інформації [1].

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. На сучасному етапі розвитку науки чимало науковців використовують імітаційне моделювання для дослідження різних економічних об’єктів та систем. Так Арістов С.А. у своєму посібнику описує структуру імітаційних моделей, основні етапи процесу імітації моделі глобальних систем та систем масштабу підприємств, використання імітаційного моделювання в управлінні підприємством [2].

Проблемами імітаційного моделювання соціально-економічних систем з використанням сучасних ЕОМ займаються Габрін К.Е. та Козлова К.А. (ризики інвестиційних проектів) [3].

У працях Ємельянова А.А., Власова Є.А. представлені сучасні концепції побудови моделюючих систем [4].

Снетков Н.Н. у своєму посібнику виклав основи теорії і практики імітаційного моделювання економічних процесів, принципи побудови моделей процесів функціонування економічних систем, методи формалізації та алгоритмізації, а також можливості реалізації моделей з використанням ПЕОМ [5].

Постановка завдання. Розробити імітаційну модель інтернет-магазину, який функціонує за наступним правилом: кожному зареєстрованому користувачеві дозволено купувати обмежену кількість однотипного товару. Якщо покупець не зареєстрований, то він повинен переадресуватися на сторінку реєстрації. У разі покупки товару знімаються кошти з його рахунку. Врахувати виключні можливі ситуації (наприклад, недостатня кількість грошей на рахунку, неправильно введений пароль, не зареєстрований покупець, недостатня кількість товару в магазині). За допомогою мережі Петрі перевірити правильність побудованої моделі.

Мета дослідження: дослідити реальний процес, який протікає у системі «інтернет-магазин», що підпадає впливу випадкових та невизначених факторів.

Методи дослідження: метод імітаційного моделювання із використанням системи візуального моделювання Simulink; моделювання за допомогою мережі Петрі.

Основний матеріал і результати. Для побудови S-моделей Simulink має досить велику бібліотеку блочних компонентів і вдалий редактор блок-схем, який заснований на графічному інтерфейсі і засобах візуально-орієнтованого програмування. На всіх етапах роботи, а особливо при підготовці моделей систем, користувач практично не має справи із звичайним програмуванням. Для побудови даної моделі використаємо блоки із наступних бібліотек:

1. *Бібліотека джерел сигналів і дії Sources.*

Constant – джерело постійної величини (скаляр, вектор, матриця).

2. Бібліотека реєстраційних приладів *Sinks*.

Display – екран, призначений для відображення числових значень величин.

3. Бібліотека математичних блоків *Math Operations*.

Combinatorial Logic – комбінаторика, забезпечує перетворення вхідного сигналу, відповідно до заданої таблиці істинності. *Product* – множення, дозволяє множити або ділити декілька вхідних сигналів. *Sum* – додавання, виконується додавання вхідних сигналів. *Relational Operator* – оператор, що реалізує операції відношення для двох вхідних сигналів.

4. Бібліотека підсистем і управління сигналами *Signal Routing*.

Demux – розділювач, протилежний блоку *Mux*. *Mux* – змішувач, об'єднує вхідні сигнали в один векторний сигнал.

5. Блоки для моделювання нелінійних систем *Discontinuities*.

Quantizer – квантуючий пристрій (округлення результату до цілого);

6. Бібліотека функцій і таблиць *User-Defined Functions*.

MATLAB Fcn – задає функції однієї змінної u або ряду змінних $u(i)$ за правилами, прийнятими для мови програмування базової системи [6].

Перш ніж замовити товар в інтернет-магазині, покупець повинен пройти реєстрацію та авторизацію. Для цього в імітаційній моделі інтернет-магазину розроблено два скінчені автомати. Розглянемо скінчений автомат, що відповідатиме за авторизацію клієнта. При створенні даного скінченого автомата використані два блоки *Constant* та блок *Combinatorial Logic*, які отримали відповідно назви «Parol», «Login», «Avtoruzaciya». Блок *Combinatorial Logic*, що отримав назву «Avtoruzaciya», має ту особливість, що на його вхід може поступати лише один сигнал, тобто він повинен одержати інформацію про стан обох вузлів, тому необхідно об'єднати два сигнали в один. Для цього використовується блок *Mux* (змішувач) [7]. При налаштуванні таблиці істинності блоку «Avtoruzaciya» задаємо лише значення вихідного сигналу, параметр *Truth table* (таблиця істинності) задаємо таким чином [0;1;1;1] (рис. 1).

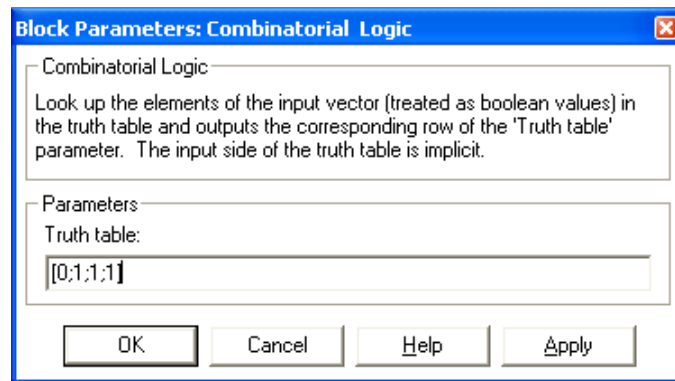


Рис. 1 – Налаштування параметрів блоку Combinatorial Logic

Щоб відобразити результати роботи моделі, використано блок Display (екран), який отримав назву «Rezultat avtorizacii». Значення констант «Parol», «Login» рівні 0 або 1 (якщо пароль та логін набрані вірно, то ставимо 1, в іншому випадку – 0). Вхідні та вихідні сигнали блока *Combinatorial Logic* представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Таблиця вхідних сигналів та вихідних сигналів

Вхідний сигнал		Вихідний сигнал
1-ий елемент «Parol»	2-ий елемент «Login»	«Rezultat avtorizacii»
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Аналогічно працює скінчений автомат, призначений для реєстрації покупця. Фрагмент S-моделі для авторизації показано на рисунку 2.

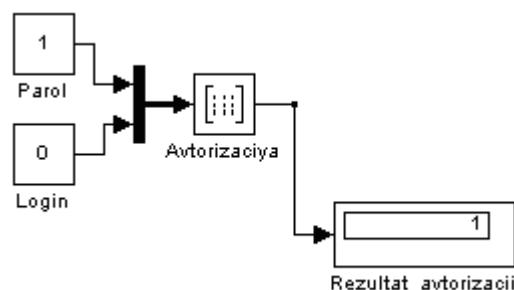


Рис. 2 – Скінчений автомат, що відповідає за авторизацію покупця (фрагмент моделі)

Отже, щоб покупець міг скористатися послугами інтернет-магазину, мати інформацію про той чи інший товар цього магазину, потрібно, щоб результатом реєстрації та авторизації покупця була 1. Для отримання остаточного результату цих процедур використовується блок *Product*.

Пройшовши таким чином реєстрацію та авторизацію, клієнт має доступ до товарів інтернет-магазину. У створеній імітаційній моделі блоки *Constant*, що отримали назву «Tovar1», «Tovar2» використовуємо у якості генераторів випадкової кількості товарів першого та другого виду, що знаходяться на складі магазину. Випадкова величина товару генерується за рівномірним законом розподілу, якому відповідає функція $\text{unifrnd}(a,b)$, де a та b – верхня та нижня межа товару.

Оскільки кількість товарів – цілі величини, то для їх округлення використовуємо блок *Quantizer*. Про кількість товарів на складах можна довідатися з екрану дисплея, якому відповідає блок *Display*, що отримав назву «Kilkist tovary na skladi».

Блоки *Constant*, що отримали назву «Cina 1 tovary», «Cina 2 tovary», використовуються у якості генераторів ціни на відповідні товари. Блок *Constant*, що отримав назву «Koshtu pokupsya» також використовується у якості генератора наявних коштів покупця товару. Оскільки кількість товарів – цілі величини, то для їх округлення використовуємо блок *Quantizer*.

В імітаційній моделі блоки *MATLAB Fcn*, що отримали назви «Zamovlennya1», «Zamovlennya2», використовуємо у якості генераторів випадкової кількості товарів першого та другого виду, що замовляються покупцем. Випадкова величина замовленого товару генерується також за рівномірним законом розподілу. При налаштуванні параметрів даного блоку у вікно *MATLAB Fcn* вписуємо вираз $u * \text{unifrnd}(a,b)$, де u – змінна, що набуває значення 1 або 0 (результат дії блоку *Product2*), a та b – верхня та нижня межа кількості товару, що замовляється покупцем.

The block diagram illustrates the algorithm for generating a purchase order. It starts with input data: Kod1 (1), Kod2 (0), Parol (1), and Login (0). These inputs feed into several processing blocks. Kod1 and Kod2 feed into a 'Registraciya' block, which outputs 'Rezultat registracii' (1). Parol and Login feed into an 'Avtorizaciya' block, which outputs 'Rezultat avtorizacii' (1). The 'Registraciya' block also feeds into a 'Product2' block. The 'Avtorizaciya' block also feeds into a 'MATLAB Function' block, which outputs 'Zamovlennya 2' (1). The 'Product2' block feeds into a 'MATLAB Function' block, which outputs 'Zamovlennya 1' (1). The 'Zamovlennya 1' and 'Zamovlennya 2' blocks feed into 'Quantizer' blocks, which output 'Tovar 1' and 'Tovar 2'. These then feed into 'Relational Operator' blocks, which output 'Kilkist tovaru na skladi' (3, 16) and 'Mogluve zamovlennya' (2, 3). The 'Kilkist tovaru na skladi' block feeds into a 'Product' block, which outputs 'Vartist zamovlennya' (2, 3). The 'Mogluve zamovlennya' block feeds into a 'Product' block, which outputs 'Vartist zamovlennya' (2, 3). The 'Vartist zamovlennya' block feeds into a 'Sum' block, which outputs 'Rezultat zakupku tovariv' (1). The 'Rezultat zakupku tovariv' block feeds into a 'Product1' block, which outputs 'Rezultat generuvannya' (1, 521). The 'Rezultat generuvannya' block feeds into a 'MATLAB Function' block, which outputs 'Rezultat zakupku tovariv' (1). The 'Rezultat zakupku tovariv' block feeds into a 'Product1' block, which outputs 'Rezultat generuvannya' (1, 521). The 'Rezultat generuvannya' block feeds into a 'MATLAB Function' block, which outputs 'Rezultat zakupku tovariv' (1). The 'Rezultat zakupku tovariv' block feeds into a 'Product1' block, which outputs 'Rezultat generuvannya' (1, 521).

Для визначення кількості замовлення та ціни замовлення використовується блок *Product*, а для обчислення загальної вартості замовлення покупця – блок *Sum*.

Для перевірки поточного рахунку клієнта використовуємо блок *Relational Operator1*. За результатом наведеного вище експерименту (рис. 3) клієнту вистачить коштів придбати замовлений вище товар.

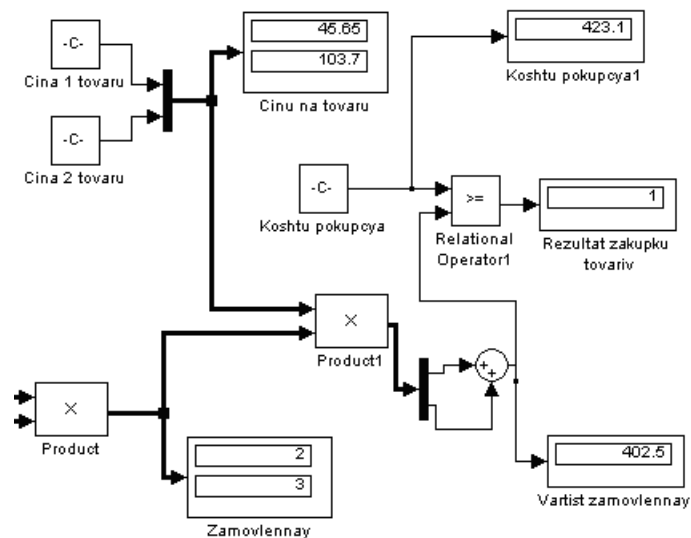


Рис. 4 – Перевірка поточного рахунку клієнта (фрагмент моделі)

За допомогою створеної імітаційної моделі можна досліджувати різні ситуації функціонування інтернет-магазину.

Дослідження побудованої імітаційної моделі. Для перевірки правильності побудованої імітаційної моделі інтернет-магазину скористаємося мережею Петрі.

На рисунку 5 представлено мережу Петрі для розробленої моделі інтернет-магазину, яка побудована за допомогою програми PetriNet.

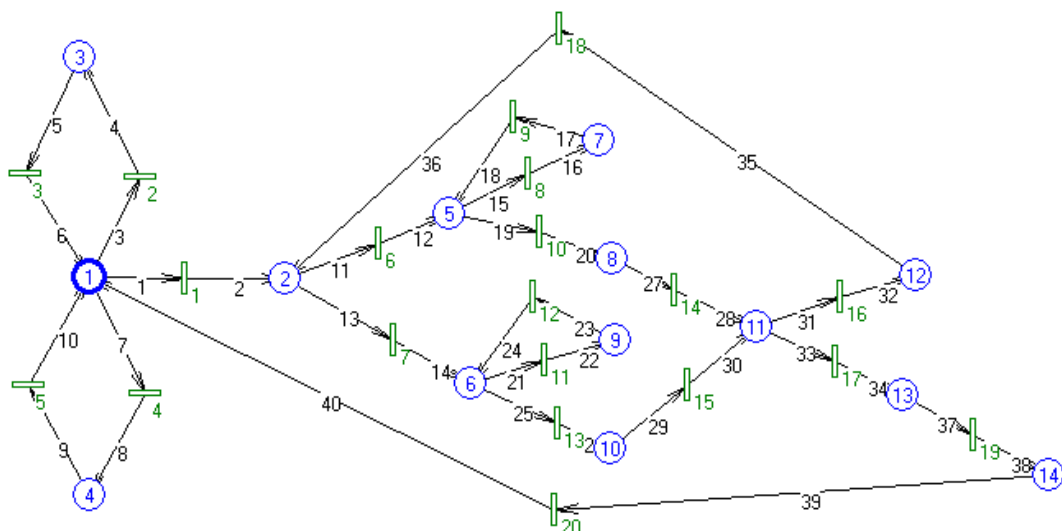


Рис. 5 – Мережа Петрі інтернет-магазину

На сьогоднішній день мережі Петрі є інструментом дослідження систем і застосовуються в основному у моделюванні [8].

Мережі Петрі є прикладом семантичних мереж і призначені для моделювання динамічних властивостей різних систем (автоматизованих систем управління, систем відношень між людьми, послідовності дій при виконанні будь-якої роботи). Однією з переваг апарата мереж Петрі є те, що вони можуть бути представлені як у графічній формі, так і в аналітичній.

Моделювання в мережах Петрі здійснюється на рівні подій. Визначаються події, що відбуваються у системі, які стани передували цим подіям та які стани прийме система після виконання дій. Виконання моделі подій в мережі Петрі описує поведінка системи. Аналіз результатів виконання може сказати про те, у яких станах перебувала або не перебувала система, які стани не досяжні. Однак, такий аналіз не дає числових характеристик, що визначають стани системи.

Опис станів побудованої мережі Петрі: 1 – головна сторінка сайту; 2 – головна сторінка інтернет-магазину; 3 – невірні коди реєстрації; 4 – невірний пароль і логін; 5 – перша категорія товару; 6 – друга категорія товару; 7 – недостатня кількість відібраного товару першої категорії на складі; 8 – достатня кількість відібраного товару першої категорії на складі; 9 – недостатня кількість відібраного товару другої категорії на складі; 10 – достатня кількість відібраного товару першої категорії на складі; 11 – загальна ціна за вибраний товар; 12 – недостатня кількість коштів на рахунку покупця; 13 – достатня кількість коштів на рахунку покупця; 14 – замовлення.

Опис переходів побудованої мережі Петрі: 1 – проведення вірної реєстрації та авторизації; 2 – проведення невірної реєстрації; 3 – повернення до головної сторінки сайту; 4 – введення невірного паролю та логіну; 5 – повернення до головної сторінки сайту; 6 – вибір першої

категорії товарів; 7 – вибір другої категорії товарів; 8 – вибір не достатньої кількості товару першої категорії; 9 – повторний вибір товару першої категорії; 10 – вибір достатньої кількості товару першої категорії; 11 – вибір не достатньої кількості товару другої категорії; 12 – повторний вибір товару другої категорії; 13 – вибір достатньої кількості товару другої категорії; 14 – оцінювання товару першої категорії; 15 – оцінювання товару другої категорії; 16, 17 – перевірка рахунку покупця; 18 – при недостатній кількості коштів повернення до вибору товарів; 19 – переведення коштів за товар; 20 – вихід на головну сторінку сайту.

Щоб мережа Петрі «ожила», вводять ще один вид об'єктів мережі – так звані маркери або фішки. Кожна позиція повинна бути маркована. Розміщення маркерів у позиціях мережі називається розміткою мережі. Маркер системи ставимо відповідно на першу позицію. При виконанні умов переходи спрацьовують, що призводить до переміщення маркерів по мережі. При спрацюванні кожного переходу маркування мережі змінюється. Таким чином, якщо здійснити початкове маркування мережі Петрі, то можна описати логіку роботи мережі і провести аналіз її дієздатності.

При аналізі мережі Петрі основна увага приділяється наступним властивостям: досяжність, «живість», безпечність, правильність, оберненість.

Проблема досяжності. У мережі Петрі з початковою розміткою M_0 потрібно визначити, чи досяжна принципово деяка розмітка M' із M_0 . З точки зору дослідження моделюючої системи, ця проблема інтерпретується як проблема досяжності деякого стану системи.

Оцінка «живості» переходів мережі. Аналіз моделі на цю властивість дозволяє виявити неможливі стани у моделюючій системі, відсутність тупикових станів.

Оцінка безпеки мережі. Мережа безпечна, якщо в мітки вершин входять лише «0» та «1». Фізично це означає відсутність зациклювань.

Правильність. Якщо мережа безпечна та «жива», то вона правильна.

Оберненість. Мережа обернена, якщо у графі є хоча б одна дуга, направлена до початкового маркування M_0 .

Пасивність переходів. Перехід t_i є пасивним, якщо він не відповідає жодній дузі графа.

У результаті аналізу побудованої мережі Петрі можна зробити висновок, що вона є безпечною, оберненою, «живою», правильною, без пасивних переходів (рис. 6).

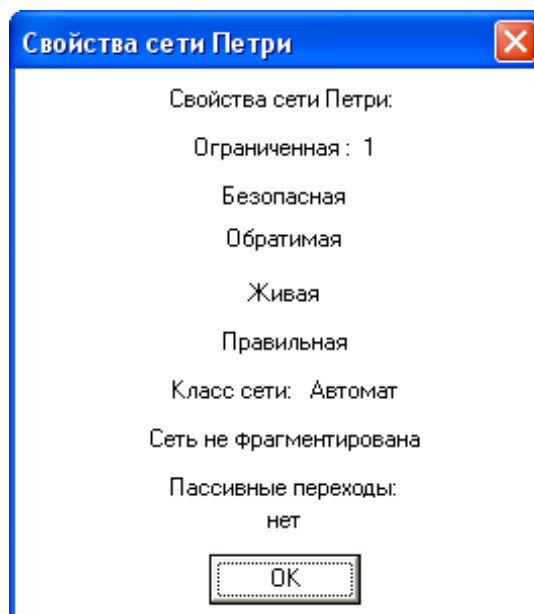


Рис. 6 – Властивості мережі Петрі інтернет-магазину

Висновок. Використовуючи систему візуального моделювання Simulink, розроблено імітаційну модель інтернет-магазину. За допомогою мережі Петрі перевірено правильність побудованої моделі. Дана модель може слугувати основою для розроблення більш складних імітаційних моделей інтернет-магазинів.

Автори вважають перспективним практичне застосування розробленої моделі для дослідження та симулювання різних комерційних ситуацій.

Розроблена імітаційна модель може бути використана також із навчальною метою.

Список використаної літератури

1. Ситник В.Ф. Імітаційне моделювання: Навч. посібник / В.Ф. Ситник, Н.С. Орленко. – К.: КНЕУ, 1998. – 232с.
2. Аристов С.А. Имитационное моделирование экономических систем: Учеб. Пособие / С.А. Аристов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. эк. ун-та. 2004. – 121 с.
3. Габрин К.Э. Основы имитационного моделирования в экономике и управлении: Учебное пособие для самостоятельной подготовки студентов / К.Э. Габрин, Е.А. Козлова. – Челябинск: Узд-во ЮУрГУ, 2004. – 108 с.
4. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
5. Снетков Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учебно-практическое пособие / Н.Н. Снетков. – М.: Изд. центр ЕАОИ, 2008, – 228 с.
6. Гультяев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: Учебн. курс / А. Гультяев. – СПб: Питер, 2000. – 432 с.
7. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб: Питер, 2002.— 528 с.
8. Лескин А.А. Сети Петри в моделировании и управлении / А.А. Лескин, П.А. Мальцев, А.М. Спиридонов – Л.: Наука, 1989. – 133 с.