

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АУДИТУ СКЛАДУ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Розглянуто інформаційну технологію автоматизації аудиторської перевірки складських приміщень підприємства на основі мереж Петрі. Особливу увагу звернено на властивості мережі Петрі, що є найважливішими для аудиторської перевірки складу: збереження та досяжність маркування. На прикладі моделі складу кондитерських виробів показано особливості використання основних методів аналізу мереж Петрі (дерево досяжності та матричне рівняння) у процесі аудиту складських приміщень.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ, АУДИТ, СКЛАД, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, МЕРЕЖІ ПЕТРІ

Вступ

Постановка проблеми. Складське приміщення – важливий індикатор, за яким можна робити висновки про ефективність підприємства у цілому. Саме там зосереджуються усі проблеми, що є наслідками неефективної роботи ключових підрозділів підприємства, зокрема відділів закупівель та продаж. Отже, аудит підприємства доцільно розпочинати з аудиту його складських приміщень [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню цього питання присвячено багато праць вітчизняних та закордонних фахівців. Зокрема, Л.М. Очеретько та А.В. Федоряк у роботі [2] пропонують удосконалити програму внутрішнього аудиту виробничих запасів підприємств України. Також питання, пов'язані з удосконаленням методики проведення внутрішнього аудиту запасів та документуванням результатів роботи внутрішніх аудиторів в акціонерних товариствах України розкриваються у статтях О.В. Сметанко [3, 4]. У роботі [5] О.В. Кондратенко наголошує на необхідності застосування інформаційних технологій в процесі аудиторської перевірки складських запасів у вигляді комп'ютерних програм, що враховують особливості діяльності промислових підприємств.

Інформаційні технології в аудиті в основному базуються на обробці даних у табличному вигляді [6, 7]. Імітаційне моделювання використовується не так поширено (див., наприклад, [8]). Однією з класичних є інформаційна технологія імітаційного моделювання на основі мереж Петрі [9].

Формулювання мети статті. Отже, актуальною є задача розроблення інформаційної технології автоматизації аудиторської перевірки складських приміщень підприємства на основі мереж Петрі.

1. Моделювання складу засобами мереж Петрі

Основні поняття теорії мереж Петрі майже ідеально пасують для моделювання процесів у складських приміщеннях:

- позиція моделює місце збереження ресурсу (стелаж, сейф, резервуар, холодильник та ін.);
- перехід – переміщення ресурсу до/з місця збереження;
- маркер – ресурс (маркер завжди належить деякій позиції, таким чином моделюється розподіл ресурсів по місцях збереження);
- дуга з позиції у перехід – напрям переміщення ресурсу з місця збереження;
- дуга з переходу до позиції – напрям переміщення ресурсу до місця збереження.

Таким чином, елементарний процес переміщення ресурсу у межах складського приміщення може бути промодельованим мережею Петрі, що складається з двох позицій та одного переходу (рис. 1).



Рис. 1. Модель елементарного процесу переміщення ресурсу на складі

Особливу увагу при моделюванні складських приміщень мають наступні властивості мережі Петрі:

- безпечність – кількість маркерів в позиції не перевищує 1;
- обмеженість – кількість маркерів в позиції не перевищує деякого числа;
- збереження – кількість маркерів в мережі не змінюється;
- досяжність маркування – існування послідовності виконань переходів при якій можна досягнути певного маркування.

Для аудиторської перевірки найважливішими є дві останні властивості мережі Петрі. Дійсно, якщо модель складу у вигляді мережі Петрі має властивість зберігати кількість маркерів, тоді це означає, що ресурси у процесі переміщення по місцях збереження не зникають зі складського приміщення. Наприклад, у мережі Петрі на рис. 2 з начальним маркуванням позиції «Пункт прийом-

му» трьома маркерами завжди буде зберігатись ця кількість маркерів.

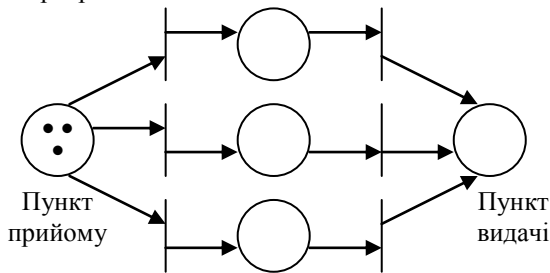


Рис. 2. Мережа Петрі з властивістю збереження

Виявлення відхилення загальної кількості маркерів у мережі від трьох свідчить про порушення обліку на складі.

Досяжність маркування означає відповідність пересування ресурсів по складському приміщенню. Наприклад, у мережі Петрі на рис. 3 з начальним маркуванням позиції «Пункт прийому» трьома маркерами не є досяжним маркуванням, коли у «Пункті розміщення 1» знаходиться два маркери, але у «Пункті розміщення 2» – один маркер.

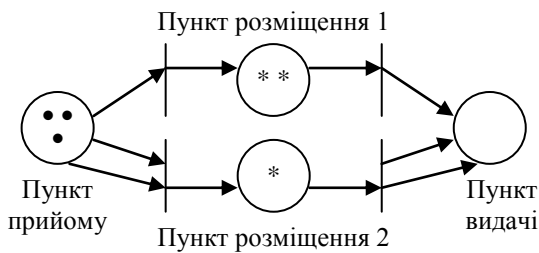


Рис. 3. Мережа Петрі з недосяжним маркуванням

Виявлення недосяжного маркування свідчить про порушення правил пересування ресурсів на складі.

2. Аудит складу методами аналізу мереж Петрі

Для дослідження наявності/відсутності властивості мережі Петрі використовують методи, пов'язані з будівництвом дерева досяжності або розв'язанням матричного рівняння. У дереві досяжності вказують початкове маркування, та всі маркування, що досяжні від нього через запуск певних переходів. Отже, виявлення маркування, що не належить до дерева досяжності, свідчить про по-

рушення обліку на складі.

Матричне рівняння дозволяє визначити кількість запусків переходів для досягнення певного маркування. Таким чином, виявлення неможливості запусків переходів свідчить про порушення правил пересування ресурсів на складі.

Розглянемо приклад моделі складу кондитерських виробів (рис. 4). Нехай склад отримує вироби від трьох відомих українських кондитерських компаній: Рошен, АВК та Конті. Пункт прийому моделюється позиціями P1, P2 та P3. Позиція P1 моделює зону прийому кондитерських виробів компанії Рошен, P2 – зону прийому виробів компанії АВК, P3 – Конті. У моделі не розглядаються процеси розвантаження та прийому товарів.

Пункт зберігання моделюється позиціями P4, P5, P6 та переходами T1, T2, T3. Позиція P4 моделює зону зберігання кондитерських виробів компанії Рошен, P5 – зону зберігання виробів компанії АВК, P6 – Конті. Фізичною реалізацією цих позицій є стелажі або штабелі. Переходи T1, T2 та T3 моделюють процеси переміщення одиниці товару відповідної компанії з пункту прийому та її розміщення у пункті зберігання.

Пункт розпакування моделюється позиціями P7, P8, P9 та переходами T4, T5, T6. Позиція P7 моделює зону розпакування кондитерських виробів компанії Рошен, P8 – зону розпакування виробів компанії АВК, P9 – Конті. Переходи T4, T5 та T6 моделюють процеси переміщення одиниці товару відповідної компанії з пункту зберігання та її розкриття у пункті розпакування. Наприклад, це може бути:

- переміщення гофроящика вагою 1,8 кг, що містить вафельні батончики «Johnny Krocker Milk» вагою 20 г, що виробляє компанія Рошен, та його розпакування на 90 батончиків;
 - переміщення гофроящика вагою 3 кг, що містить глазуровані цукерки «Tigosh» вагою 25 г, що виробляє компанія АВК, та його розпакування на 120 цукерків;
 - переміщення ящика вагою 2,3 кг, що містить плитки чорного шоколаду «Amour» вагою 100 г, що виробляє компанія Конті, та його розпакування на 23 плитки.
- Отже, дуга з переходу T4 до позиції P7 має вагу 90, з переходу T5 до позиції P8 – 120, з T6 до P9 – 23.

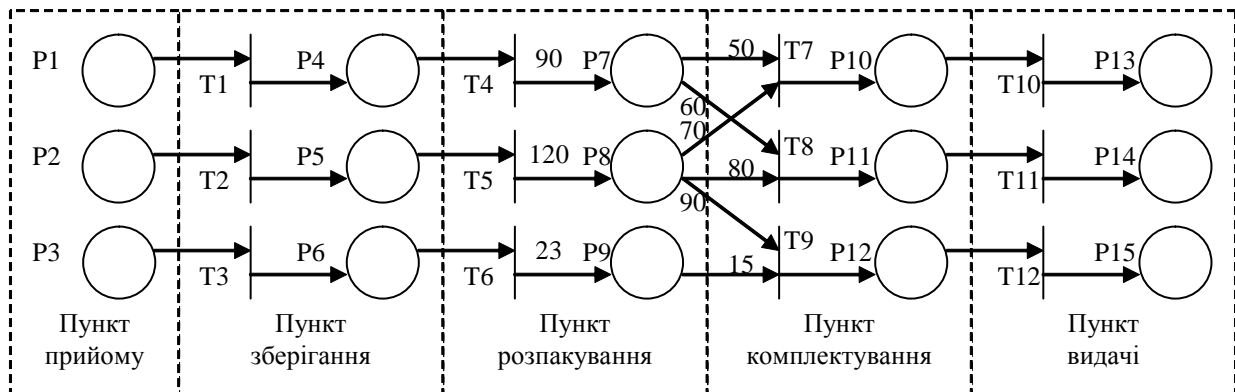


Рис. 4. Приклад моделі складу кондитерських виробів

Пункт комплектування моделюється позиціями P10, P11, P12 та переходами T7, T8, T9. Позиція P10 моделює зону комплектування замовлення набору №1 кондитерських виробів, що складається з 50 вафельних батончиків «Johnny Krocker Milk» та 70 глазурованих цукерків «Tigosh». Позиція P11 моделює зону комплектування замовлення набору №2, що складається з 60 батончиків «Johnny Krocker Milk» та 80 цукерків «Tigosh». Позиція P12 – набору №3 з 90 цукерків «Tigosh» та 15 плиток чорного шоколаду «Amour». Переходи T7, T8 та T9 моделюють процеси переміщення відповідної кількості виробів з пункту розпакування та їх пакування у пункт комплектування.

Отже, дуги з позиції P7 до переходів T7 та T8 мають ваги 50 та 60 відповідно; з позиції P8 до переходів T7, T8 та T9 – 70, 80 та 90 відповідно; з P9 до T9 – 15.

Пункт видачі моделюється позиціями P13, P14, P15 та переходами T10, T11, T12. Позиція P13 моделює зону видачі замовлення набору №1, позиція P14 – набору №2, P15 – №3. Переходи T10, T11 та T12 моделюють процеси переміщення одиниці відповідного набору з пункту комплектування у пункт видачі.

Нехай до пункту прийому надійшли один ящик цукерок «Tigosh» та один ящик шоколаду «Amour». Відповідне початкове маркування M_0 мережі Петрі має такий вигляд:

$$M_0=(0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$$

Дерево досяжності мережі Петрі з початковим маркуванням M_0 подано на рис. 5.

Отже, термінальним є маркування M_{10} , що відповідає наявності у пункті видачі одного набору №3, а також 30 цукерок «Tigosh» та 8 плиток шоколаду «Amour» у пункті розпакування. Відхилення від цих даних свідчить про порушення обліку на складі: розкриття виробів або їх невраховані залишки.

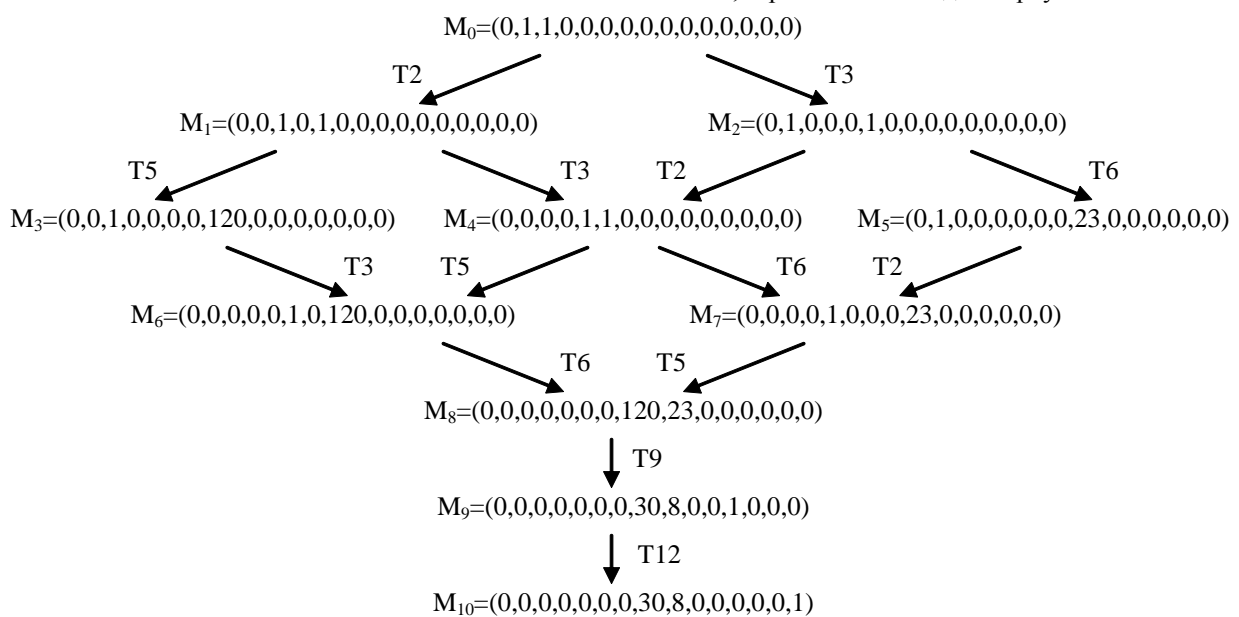


Рис. 5. Дерево досяжності мережі Петрі з початковим маркуванням $M_0=(0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$

Дерево досяжності містить також інформацію про переходи, що запускались для досягнення проміжних та термінального маркування. Ці дані можна отримати через рішення відповідного матричного рівняння:

$$M_0 + X \times D = M_{10},$$

де $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12})$ – вектор запуску переходів; x_i – кількість запусків переходу T_i ($i = \overline{1, \dots, 12}$); D – матриця змін мережі Петрі.

Це матричне рівняння має таке рішення:

$$X = (0,1,1,0,1,1,0,0,1,0,0,1)$$

Отже, для досягнення термінального маркування мають бути запущені по одному разу переходи T2, T3, T5, T6, T9 та T12. Причому, крім вищевказаного, існує декілька варіантів послідовностей запуску переходів, наприклад: T3, T2, T6, T5, T9, T12.

Таким чином, на складі мають відбуватись тільки такі процеси, що відповідають вищезазначеним переходам, та стільки разів, скільки має значення відповідний компонент вектора запуску. Відхилення від цих даних свідчить про порушення правил пересування ресурсів на складі.

У загальному випадку дерево досяжності може мати дуже великий розмір. Для обмеження дерева досяжності доцільно використовувати вектор запуску (комбінування дерева досяжності та матричного рівняння) [10]. Розглянемо приклад. Нехай до пункту прийому надійшли один ящик батончиків «Johnny Krocker Milk» та один ящик цукерок «Tigosh». Відповідне початкове маркування M_0 мережі Петрі має такий вигляд:

$$M_0=(1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$$

Дерево досяжності мережі Петрі з таким початковим маркуванням подано на рис. 6.

Отже, термінальними є два маркування:

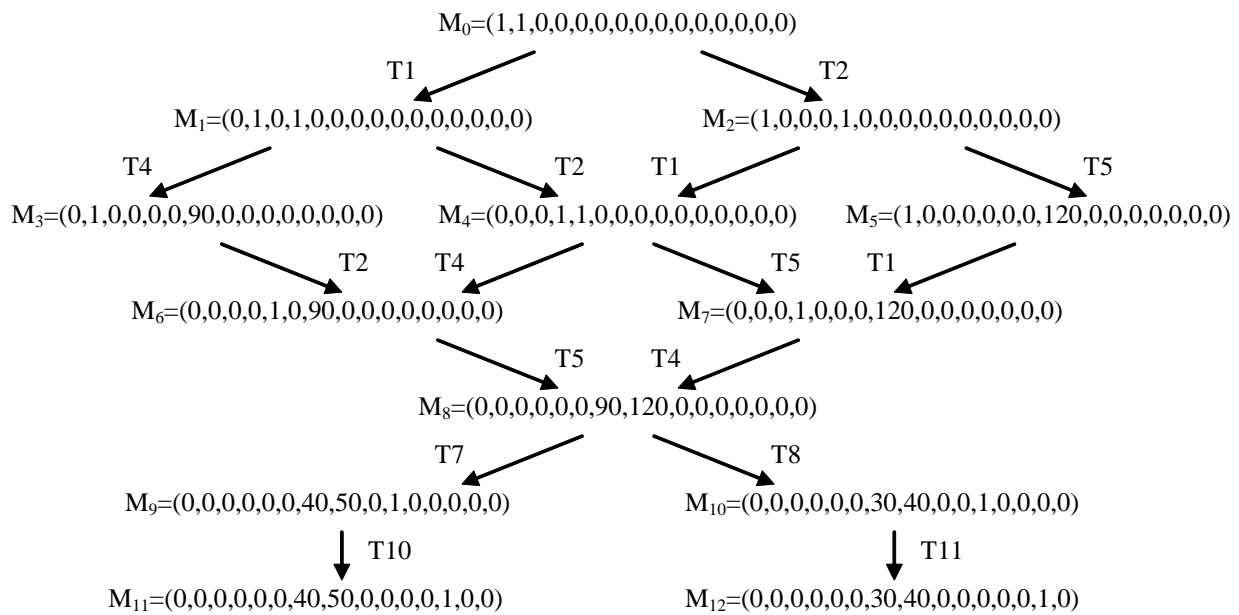


Рис. 6. Дерево досяжності мережі Петрі з начальним маркуванням $M_0=(1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$

– M_{11} , що відповідає наявності у пункті видачі одного набору №1, а також 40 батончиків «Johnny Krocker Milk» та 50 цукерок «Tigosh» у пункті розпакування;

– M_{12} , що відповідає наявності у пункті видачі одного набору №2, а також 30 батончиків «Johnny Krocker Milk» та 40 цукерок «Tigosh» у пункті розпакування.

Відхилення від цих даних свідчить про порушення обліку на складі: розкрадання виробів або їх невраховані залишки.

Дерево досяжності містить також інформацію про переходи, що запускались для досягнення проміжних та термінальних маркувань M_{11} та M_{12} . Ці дані можна отримати також через рішення відповідного матричного рівняння. Для маркування M_{12} це таке рішення:

$$X = (1,1,0,1,1,0,0,1,0,0,1,0)$$

Цей вектор можна використовувати як засіб обмеження дерева досяжності наступним чином: при запуску переходу відповідний йому компонент вектора запуску зменшується на одиницю – якщо компонент дорівнює нулю, тоді запуск відповідного переходу заборонено. Отже, на рис. 6 були б відсутні дуги, що відповідають переходам T_7 та T_{10} , а також вершини M_9 та M_{11} .

Висновки

Отже, інформаційна технологія автоматизації аудиторської перевірки складських приміщень підприємства на основі мереж Петрі суттєво спрощує роботу аудитора, визначає обґрунтованість висновку та його доказову цінність.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку полягають у розширенні розглянутої моделі через врахування процесів, пов'язаних з розвантаженням та прийомом товарів, а також їх переміщенням з пункту видачі та завантаженням. Для зменшення розмірності моделі та надання більшої наочності доцільно

використовувати для моделювання засоби кольорових мереж Петрі. Для врахування фізичних обмежень на можливу кількість ресурсів на складі доречно використовувати мережі Петрі зі стримуючими дугами.

Список літератури: 1. Колмачихин Ю.Н. Аудит склада [Електронний ресурс] / Ю.Н. Колмачихин // L&SCM. Логистика и управление цепями поставок. – 10.12.12г.– Режим доступа : http://logscm.ru/?page_id=2460. 2. Очеретько Л.М. Удосконалення програми проведення внутрішнього аудиту виробничих запасів на підприємстві / Л.М. Очеретько, А.В. Федоряк // Сталый розвиток економіки. – 2013. – № 2. – С. 233–239. 3. Сметанко О.В. Удосконалення методики проведення та документування внутрішнього аудиту запасів в акціонерних товариствах України / О.В. Сметанко // Економічні науки. Сер. : Облік і фінанси. – 2012. – Вип. 9(3). – С. 307–315. 4. Сметанко О.В. Внутрішній аудит операцій з виробничими запасами в акціонерних товариствах України / О.В. Сметанко // Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. – 2010. – Вип. 18(1). – С. 146–152. 5. Кондратенко О.В. Формування програм зовнішнього аудиту складських запасів на промисловому підприємстві / О.В. Кондратенко // Економіка і управління. – 2011. – № 2. – С. 110–114. 6. Івахненко С.В. Інформаційні технології аудиту та внутрішньогосподарського контролю в контексті світової інтеграції / С.В. Івахненко. – Житомир : ПП «Рута», 2010. – 432 с. 7. Ivakhnenkov S. Information Technologies in Accounting and Auditing: A Post-Soviet Approach / S. Ivakhnenkov. – Saarbrücken : VDM Verlag Dr. Müller GmbH & Co, 2010. – 159 p. 8. Рудницький В.С. Процедури моделювання та прийняття рішень в процесі аудиту / В.С. Рудницький, О.М. Бунда. – Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2009. – 208 с. 9. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 264 с. 10. Ельчанинов Д.Б. Применение двумерных сетей Петри для инженерных сетей в контексте решения задачи достижимости / Д.Б. Ельчанинов, В.Г. Лобода // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 1997. – № 5–6. – С. 9–11.

УДК 004.9

Информационная технология аудита склада на основе имитационного моделирования / В.А. Тимофеев, О.Н. Гуца, Д.Б. Ельчанинов // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2015. – № 0 (00). – С. 00–00.

Автоматизация аудиторской проверки складских помещений предприятия на основе сетей Петри существенно упрощает работу аудитора, определяет обоснованность заключения и его доказательную ценность. Основным свойством модели склада является возможность достижения заданной маркировки. Для анализа этого свойства целесообразно использовать дерево достижимости и матричное уравнение.

Ил. 6. Библиогр.: 10 назв.

UDC 004.9

Warehouse audit information technology based on simulation modeling / V.O. Timofeev, O.M. Gutsa, D.B. Yelchaninov // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2015. – № 0 (00). – P. 00–00.

Automation of an audit inspection of the enterprise warehouse on the basis of Petri nets significantly simplifies work of the auditor, defines validity of the conclusion and its evidential value. The main property of a warehouse model is possibility of achievement of the set marking. For the analysis of this property it is expedient to use an approachability tree and the matrix equation.

Fig. 6. Ref.: 10 items.