

Агутін М. М., к.е.н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
КНЕУ ім. В.Гетьмана

Ahutin M.M., Candidate of Economic Science,
Associate Professor of Department of Computer Mathematics and Information
Security,
KNEU named after V. Hetman

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РЕКЛАМНОГО ПРОСУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОЛЬОРОВИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ

MODELLING OF ADVERTISING PROMOTION PROCESSES USING COLOURED PETRI NETS

Анотація. Стаття присвячена актуальним питанням моделювання рекламного просування товарів та послуг, а також маркетингу в соціальних медіа за допомогою інструментарію мереж Петрі. Визначено типові етапи та маркетингові засоби проекту рекламного просування Веб-сайту та варіанти їх удосконалення. Виділені підходи щодо застосування маркування в кольорових мережах Петрі під час проходження етапів проекту рекламного просування.

Стаття має на меті удосконалення та розширення математичної моделі рекламного просування Інтернет-ресурсу та використання методів моделювання кольорових мереж Петрі для аналізу та оптимізації рекламних компаній з просування товарів та послуг. Різноманіття технологій та засобів цифрового маркетингу на сучасному Інтернет-ринку не дозволяє напряму оцінити процеси рекламного просування та їх ефективність використання. Моделювання на основі кольорових мереж Петрі дозволяє наближено оцінити ефективність використання тих чи інших засобів рекламного просування. Новим результатом є використання методів математичного моделювання та інструментів кольорових мереж Петрі для визначення оптимальних засобів рекламного просування товарів та послуг цифрових підприємств. Гнучкість і простота використання поєднані зі структурними та функціональними характеристиками мереж Петрі, допомагають повністю досягти потенціалу кольорових мереж Петрі щодо універсальності з точки зору управління проектом рекламного просування, реалізуючи структуровані алгоритми для кращого контролю та управління проектом. Розроблений підхід щодо управління проектом рекламного просування може бути використаний у відділах маркетингу та реклами комерційних підприємств, Інтернет-агенцій та рекламних фірм для обґрунтування маркетингових заходів.

Ключові слова: кольорова мережа Петрі; оптимізація рекламного бюджету; рекламне просування; Веб-проект.

Abstract. The article is devoted to the topical issues of modeling advertising promotion of goods and services, as well as marketing in social media using Petri nets tools. The typical stages and marketing tools of the website advertising promotion project and options for their improvement are defined. Selected approaches to the use of labeling in colored Petri nets during the stages of the advertising promotion project.

The purpose of the article is to improve and expand the mathematical model of advertising promotion of the Internet resource and to use the methods of modeling colored Petri nets for the analysis and improvement of advertising companies for the promotion of goods and services. The variety of technologies and means of digital marketing on the modern Internet market does not allow direct assessment of advertising promotion processes and their effectiveness. Modeling based on colored Petri nets allows you to approximate the effectiveness of using certain means of advertising promotion. A new result is the use of mathematical modeling methods and colored Petri net tools to determine the optimal means of advertising the goods and services of digital enterprises. Flexibility and ease of use, combined with the structural and functional characteristics of Petri nets, help to fully realize the potential of color Petri nets in terms of versatility in terms of project management of advertising promotion, implementing structured algorithms for better control and project management. The developed approach to the management of the advertising promotion project can be used in the marketing and advertising departments of commercial enterprises, Internet agencies and advertising firms to justify marketing activities.

Keywords: *colored Petri net; optimization of the advertising budget; advertising promotion; Web project.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Успіх будь-якого проекту рекламного просування товарів та послуг залежить від низки факторів, таких як бюджет та час здійснення проект, а також обраних засобів рекламного просування. Вибір правильних засобів маркетингу та відсіювання потенційно невдалих засобів рекламного просування є найважливішим кроком для забезпечення повного успіху проекту. Зокрема серед факторів, що впливають на успіх проекту рекламного просування, є декілька, включаючи недоцільно обрані засоби рекламного просування, неадекватно визначені терміни й завдання та неправильне використання засобів маркетингу. Останній фактор відіграє ключову роль та він висвітлює обрання конкретної технології та засобів рекламного просування Веб-проектів для успішної реалізації плану маркетингу. Окрім того, реалізація проекту потребує залучення багатьох маркетингових заходів, які використовуються у різних сегментах рекламного просування. Також, комплекс економічних, управлінських, фінансових та ринкових факторів робить кожен проект рекламного просування відмінним, оскільки непередбачені події є звичайними під час реалізації проекту. Таким чином, щоб керувати складним проектом рекламного просування, необхідно застосовувати сувору методологію, засновану на принципах і систематичних правилах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями аналізу інструментів маркетингу та оцінки ефективності проектів рекламного просування присвячено чимало досліджень таких вчених як Р. Голдміт, Ф. Котлер, С. Сеті та інших. Теоретичні підходи та методологічну основу використання мереж Петрі автори К. Йенсен [1] та Дж. Петерсен [2]. Останнім часом було проаналізовано багато економіко-інформаційних та технологічних систем з використанням апарату мереж Петрі високого рівня, включаючи атрибути «колір», «час» та «ієрархія». Зокрема, дослідження [4] висвітлює шлях до розширених атрибутів мереж Петрі для допомоги менеджерам у управлінні параметрами проектної рекламної та маркетингової діяльності.

Вибір найкращого варіанту поєднання засобів рекламного просування товарів та послуг залишається відкритим питанням і залежить від багатьох факторів. Вирішенню

цього питання присвятили свої роботи фахівці з маркетингу. В статті пропонується один з підходів до вирішення цього питання на основі кольорових мереж Петрі.

Метою статті є обґрунтування та підкреслення переваги кольорових мереж Петрі у сфері управління проектами маркетингу та рекламного просування товарів та послуг. Реалізований інструмент на основі кольорових мереж Петрі дозволяє збирати більш надійну інформацію для планування та контролю проекту рекламного просування, контролювати витрати ресурсів на використання інструментів маркетингу.

Дослідження, яке пропонується, спрямоване на розробку нового підходу до моделювання та управління проектами рекламного просування з використанням потужних аналітичних інструментів під назвою кольорові мережі Петрі .

Виклад основного матеріалу дослідження.

Розглянемо комплексну систему взаємодії Веб-сайту з клієнтами, як потенційними так і існуючими. Програмна реалізація подібних систем може відрізнитися, проте розглянемо поширений приклад системи, яка використовує декілька варіантів взаємодії з клієнтом: електронна пошта, автоматичні телефонні дзвінки, повідомлення в соціальних медіа, SMS- та push-повідомлення в мобільних пристроях зв'язку тощо. Маркетинговий план заходів щодо рекламного просування товарів і послуг включає в себе низку заходів, які можуть бути як традиційними так і новітніми.

Під час здійснення етапів плану маркетингу підприємство використовує найбільш прогресивні засоби рекламного просування :

- Контекстна та пошукова реклама;
- Заходи SEO-просування ,
- Таргетинг та воронки продажів ;
- CRM-системи та аналіз взаємовідносин з клієнтами;
- Маркетинг в соціальних мережах (SMM) ;
- E-mail – розсилки ;
- Мобільний маркетинг (SMS-та push-повідомлення);
- Банерна та поведінкова реклами.

Кінцевою метою рекламного просування товарів і послуг в мереж Інтернет - отримання прибутку від продажів. Для цієї мети можуть бути використані різні напрямки та засоби рекламного просування, а деякі засоби можуть використовуватись паралельно.

Ми пропонуємо модель розповсюдження рекламних повідомлень на основі кольорових мереж Петрі, який дає повний формальний опис поширення рекламної інформації. Проаналізуємо зміни стану та послідовності поведінки системи під час отримання інформації для запропонованої моделі за допомогою кольорових мереж Петрі, що дозволить обґрунтувати раціональність і коректність побудованої моделі. В рамках запропонованої моделі проаналізуємо варіанти поведінки споживачів, а також розглянемо деякі нові ідеї для оптимізації впливу рекламної інформації на споживачів товарів та послуг.

Аналіз різних варіантів реалізації мереж Петрі, особливостей процесів рекламного просування в мережі Інтернет, можливість оцінити часові характеристики та параметри засобів рекламного просування показав , що найбільш адекватною реалізацією мереж Петрі для рекламного просування виступають кольорові мережі

Петрі (Colored Petri Nets, CPN) . Особливістю реалізації кольорових мереж Петрі є наявність вузлів переходів до наступних етапів(позицій) , в яких визначається шлях проходження мережі Петрі в залежності статусу виконання попередніх етапів мережі - маркерів. Кольорові мережі Петрі, таким чином, дозволяють створити імітаційну модель проєкту рекламного просування товарів і послуг, об'єктами якої є маркери рекламного просування.

Модель, заснована на кольорових мережах Петрі , здатна моделювати систему, в якій багато дій відбуваються одночасно та асинхронно. Зокрема, можна розглянути моделювання паралельності та конфліктів, а також взаємоблокування системи. Крім того, використання кольорових мереж Петрі дозволяє керівнику проєкту перевіряти стан працездатності проєкту, виявляючи ймовірні затримки діяльності. Кольорові мережі Петрі також можуть моделювати дії з відновлення та перепланування, враховуючи збої та обмеження ресурсів. Використовуючи місця та переходи, можна представити проєкт/процес динамічно графічно через підмережі, що робить можливим імітацію всієї системи. Таким чином, модель системи зможе представити взаємозалежність ресурсів, частковий розподіл, заміну та взаємну винятковість.

Як формальна мова моделювання, кольорові мережі Петрі (КМП) підходять для моделювання та імітації складних розподілених паралельних систем. Цей метод моделювання дозволяє описати динамічний робочий процес в системі завдяки її графічній функції. Крім того, кольорові мережі Петрі використовують формальний метод аналізу для визначення властивостей моделі. Він недоступний для інших методів моделювання. Якщо порівнювати з мережею Петрі модель, побудовану на кольорових мережах Петрі , то вона є відносно простішою і чіткіше відображає процеси, які відбуваються в системі.

Характеристики кольорової мережі Петрі для рекламного просування веб-ресурсу задані таким списком параметрів :

$$CPN = (P, T, A, S, N, C, G, M_0), \quad (1)$$

де $P = \{ p_1, p_2, \dots, p_m \}$ – гранична множина послідовних етапів (станів) рекламного просування товарів і послуг окремої кампанії ,

$T = \{ t_1, t_2, \dots, t_k \}$ – кінцева множина вузлів переходів між етапами рекламного просування ;

$A = \{ a_1, a_2, \dots, a_m \}$ – кінцева множина спрямованих дуг від точок виникнення до точок призначення, які показують, де проходять інформаційні потоки;

S - граничний набір ознак кольорів, який визначає типи маркерів на кожному етапі мережі Петрі;

V – кінцевий набір типових змінних;

C – функція визначення кольору $P \rightarrow S$, який призначається кожному етапу в залежності від типу переходу;

M_0 – функція ініціалізації, яка визначає початковий стан маркерів мережі.

Модель системи, визначену за допомогою підходу кольорових мереж Петрі, можна описати як показано в багатоетапну процедуру, представлену на рис. 1.

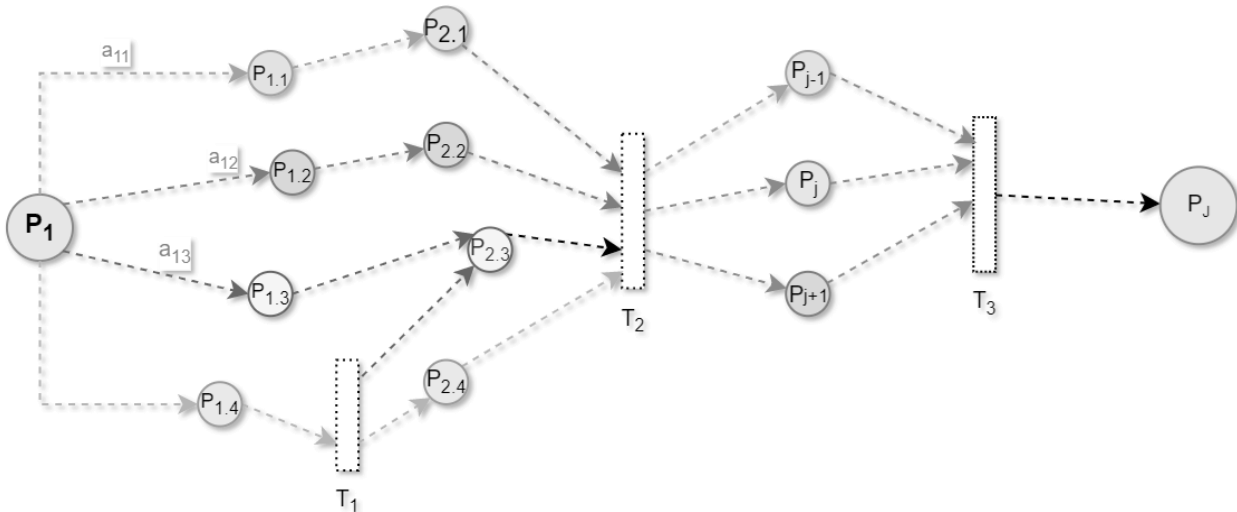


Рис. 1. Схема процесів функціонування кольорової мережі Петрі з умовними позначенням етапів проекту , вузлів переходів та спрямованих дуг між ними

Структура розподілу етапів рекламного проекту , яка описує та групує окремі робочі операції проекту, організовує та визначає остаточний обсяг необхідних ресурсів. Пов'язані кроки надають можливість визначити обсяги проекту та його ймовірні результати.

Виходячи з означеного вище визначення мереж Петрі можна так інтерпретувати компоненти мереж Петрі для проекту рекламного просування товарів та послуг фірми :

1. Множина етапів P відповідає етапам або задачам рекламного просування, таким як: «надіслано рекламне push-повідомлення в мобільний додаток», «здійснено електронну розсилання рекламних e-mail листів», «клієнтом у відповідь на рекламне оголошення здійснено розміщення замовлення» тощо;
2. Множина переходів T мережі Петрі відповідає певним заходам, під час яких приймається рішення щодо тих чи інших подальших етапів (кроків) на основі наявної інформації, що може переключати систему з одного статусу до іншого;
3. Сукупність дуг A мережі призначена для зв'язку між етапами проекту рекламного просування та множиною переходів T . Множина дуг визначає порядок виконання етапів та розпаралелювання задач, забезпечує процеси створення, виконання та утилізації маркерів задач рекламного просування.
4. Кожен етап виконання проекту рекламного просування характеризується низкою змінних V , серед яких – витрачений час та інші ресурси.
5. В процесі вирішення задач проекту рекламного просування відбувається послідовний рух маркерів, які впливають на етапи (стани) як простір станів побудованої моделі.

Визначення етапів проекту дозволяє проаналізувати кожний крок проекту рекламного просування для ідентифікації всіх його відповідних характеристик, таких як запит ресурсів, тривалість і пріоритет. Результатом цього етапу є визначення ресурсів і часових обмежень, а також політики пріоритетів . Таким чином, усі ці елементи сприятимуть визначенню кольорів, які використовуються для маркування, побудови та симуляції моделі кольорових мереж Петрі. Аналіз результатів моделювання

порівнюється зі специфікацією проекту, щоб запланувати різні види маркетингових заходів та вибір інструментів рекламного просування для виконання конкретних завдань. Ресурси для проекту рекламного просування можна перерозподіляти з завдань, які не перебувають на критичному шляху, до завдань, які перебувають на критичному шляху. У дослідженні не ставиться завдання автоматичного визначення цих змін.

На основі алгоритму знаходження критичного шляху для початкового мережевого графа визначено шлях, резерви часу на кожну подію та резерви часу на кожну роботу. Крім того, в алгоритмі найкоротшого шляху, при оцінці раннього часу початку подій, запропоновано використовувати верхню межу, а при оцінці пізнього часу початку подій — нижню межу. Цей підхід можна інтерпретувати так: найгірший випадок раннього старту враховується час і максимальна швидкість досягнення більш пізнього часу старту.

Висновки. Моделювання рекламного просування веб-ресурсів та продуктів в мережі Інтернет здійснено на базі апарату кольорових мереж Петрі. Побудована модель технологічного процесу рекламного просування дозволяє оптимізувати параметри витрат часу та фінансових ресурсів на проведення рекламних та маркетингових заходів. Імітаційне моделювання проекту рекламного просування за допомогою кольорових мереж Петрі, завдяки прийняттю концепції часу та кольорів для деталізації дій, може виробляти багато кількісної інформації щодо продуктивності системи, такої як споживання ресурсів, час виконання всього процесу, щоб бути корисною обробкою для кращого планування проекту і контролювання. Гнучкість і простота використання поєднані зі структурними та функціональними характеристиками мереж Петрі, допомагають повністю досягти потенціалу кольорових мереж Петрі щодо універсальності з точки зору управління проектом рекламного просування, реалізуючи структуровані алгоритми для кращого контролю та управління проектом.

Було запропоновано варіант маркування маркетингових засобів та рекламних каналів просування товарів та послуг та розглянуто варіанти реалізації відокремлених каналів незалежно один від одного. В подальших дослідженнях пропонується вдосконалення параметрів моделі рекламного просування з урахування особливостей різних видів засобів маркетингу, а також імітаційне модулювання окремих каналів просування в побудованій системі з урахуванням маркерів пріоритетів та часу обслуговування замовлень.

Бібліографічні посилання

1. Jensen K., Kristensen L.M. Formal Definition of Timed Coloured Petri Nets. In Coloured Petri Nets; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2009; pp. 257–271.
2. Chung TH. Modeling of Construction Scheduling with Coloured Petri Nets. in 2011 International Conference on Process Automation, Control and Computing (PACC) 2011. IEEE.
3. Peterson James P. Petri Net Theory and the Modeling of Systems. – Michigan: Prentice-Hall, 1981.

4. Scott-Young C, Samson D. Project success and project team management: Evidence from capital projects in the process industries. *Journal of Operations Management* 2008; 26: 749-766.
5. Агутін М. М. До питання визначення розміру рекламного бюджету. / Дем'яненко В. В., Агутін М. М., Потапенко С. Д. *Моделювання та інформаційні системи в економіці* : зб. наук. пр. МОН України, ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана». Київ: КНЕУ, 2020. Вип. 99.

Статтю подано до редакції 24.11.2022