

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО WEB-СЕРВІСУ ЗА ДОПОМОГОЮ КОЛЬОРОВИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Анотація. Представлено моделювання поліграфічного web-сервіса на основі кольорових мереж Петрі. Опис структури поліграфічного web-сервісу здійснюється на основі алгебри сервісів та діаграм в нотації DFD.

Метою данної роботи є розробка моделей поліграфічних веб-сервісів та їх компонентів на основі кольорових мереж Петрі, для дослідження динамічної взаємодії їх компонентів для підвищення ефективності їх функціонування.

Побудована система моделей в CPN Tools першого та другого рівнів. Проведено імітаційне моделювання та дослідження розроблених моделей.

Ключові слова: поліграфічний web-сервіс, взаємодія web-сервісів, кольорові мережі Петрі.

Вступ. Використання мереж Петрі, як інструмента графічного і математичного моделювання складних систем та процесів останнім часом отримало широке розповсюдження [1-3, 5,6,9] Методи візуального представлення та моделювання, такі як кольорові мережі Петрі на етапі розробки складних систем ефективні тому що дозволяють формально описувати та моделювати на системі різних рівнях абстракції та досліджувати їх в динаміці. Прикладом динамічної системи є веб-сервіси. Веб-сервіси та їх компоненти можуть взаємодіяти з різними додатками, які відповідають стандартам веб-сервісів. Як правило, один сервіс не задовольняє потреб користувачів, і сервіси стають все більш складними. Фактично сучасний веб-сервіс створюється шляхом поєднання різних веб-сервісів та їх компонентів для створення компонентного сервісу, який пропонує набір нових функціональних послуг. При поєднанні та сумісному використанні веб-сервісів самим критичним є взаємодія веб-сервісів та їх компонентів між собою, що вимагає детального дослідження процесів функціонування та моделювання їх поведінки для підвищення їх ефективності.

Поліграфічний веб-сервіс – це складна програмна система, що організує надання поліграфічних послуг. Вона працює з клієнтом через Інтернет та дає можливість знайти в поліграфічних центрах необхідну послугу за оптимальні кошти, зробити замовлення, скористатись різними послугами, здійснити оп-

лату послуг, обрати засіб оплати та доставки поліграфічної продукції. Складна структура web-сервісу вимагає дослідження та моделювання взаємодії його компонентів для забезпечення ефективності функціонування.

Постановка проблеми. Метою данної роботи є розробка моделей поліграфічних веб-сервісів та їх компонентів на основі кольорових мереж Петрі, для дослідження динамічної взаємодії їх компонентів для підвищення ефективності їх функціонування.

Структура сучасного поліграфічного web-сервісу. Для моделювання системи композитного web-сервісу необхідно виділити основні та допоміжні підсистеми засобами структурного аналізу. Структурна схема web-сервісу представлена на рис.1. У якості інструмента структурного аналізу використана діаграма потоків даних (DFD) в нотації подібній нотації Гейна-Сарсона. Контекстна діаграма верхнього рівня містить набір підсистем з'єднаних потоками даних.

Сервіс працює наступним чином. Компанія надає комбінований поліграфічний web-сервіс (PWS), який пропонує перелік поліграфічних послуг. Кінцевими користувачами подібних послуг можуть бути окремі клієнти або інші web-сервіси, які викликають цей web-сервіс. Клієнти компанії формують користувацькі запити в PWS. Поліграфічний web-сервіс (PWS) має зв'язок з іншими web-сервісами для обробки кожного запиту. Прикладами зовнішніх послуг є послуги поліграфічних центрів (WSPC), фінансові послуги (FWS), послуги дизайну (DesWS), послуги постачальників розхідних матеріалів (WSSC), поштові послуги (MWS), послуги доставки (DWS) та картографічні послуги (MWS). Типовим сценарієм буде клієнт, що використовує сервіс PWS для отримання однієї або декількох комбінованих поліграфічних послуг.

Клієнт починає з виклику операції «Замовлення переліку послуг» в PWS, для отримання переліку послуг з цінами (крок 1). Для формування відповіді на замовлення PWS взаємодіє з поліграфічними центрами и за допомогою операції «Перелік послуг» інформує клієнта (крок 1.1). Якщо клієнт обрав якусь послугу зі списку, то PWS запитає у поліграфічних центрів можливі спеціальні пропозиції по реалізації цієї послуги.

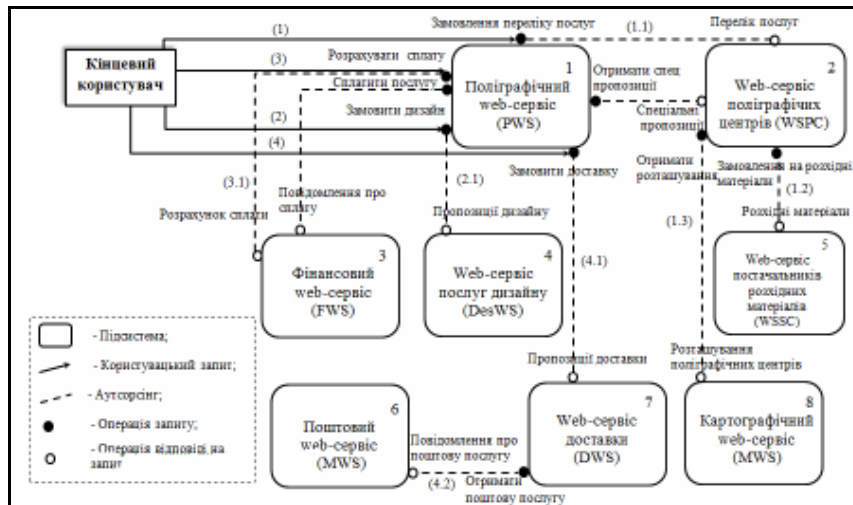


Рисунок 1 – Структурна схема поліграфічного web-сервісу

Паралельно поліграфічні центри з'єднуються з постачальниками розхідних матеріалів. За допомогою операції «Розхідні матеріали» надається список розхідних матеріалів з цінами (крок 1.2). Для зручності користувача список поліграфічних центрів, що надають обрану послугу зв'язані з місцями їх розташування на карті. Це результат замовлення зовнішньої послуги у картографічного web-сервісу (крок 1.3). Якщо клієнт окремо або паралельно має потребу в послугах дизайну, то він викликає операцію «Замовити дизайн». Для формування відповіді PWS взаємодіє з зовнішнім web-сервісом послуг дизайну. За допомогою операції «Пропозиції дизайну» надається відповідь на замовлення

(крок 2.1). Далі клієнт подає запит на розрахунок вартості поліграфічних послуг за допомогою операції «Розрахувати сплату» та отримує «Розрахунок сплати» за допомогою зовнішнього фінансового web-сервісу (крок 3.1). Потім задіяв той же web-сервіс клієнт оплачує послугу картами VISA або Master Card. Якщо це необхідно, клієнт замовляє доставку готової поліграфічної продукції за допомогою операції «Замовити доставку». Цей запит пере адресується зовнішньому web-сервісу доставки, який за допомогою операції «Пропозиції доставки» інформує PWS (крок 4.1). За допомогою операції «Отримати поштову послугу» web-сервіс доставки з'єднується з зовнішнім web-сервісом для надання поштових послуг при доставці поліграфічної продукції.

Опис структури поліграфічного web-сервіса. Опис структури поліграфічного web-сервісу здійснюється на основі алгебри сервісів [4]. На верхньому рівні моделювання за допомогою комбінації введених операторів для поліграфічного web-сервісу структура моделі представляється у вигляді:

Seq (Seq (Registering, Loop (ArbSeq (EnerPrivateOffice, Choice (WSPC, Seq (WSPC, DesWS))))), Choice (FWS, Seq (FWS, DWS)))

У цій послідовності слід відмітити обов'язкове першим є виконання реєстрації, далі є можливість ітераційного довільного вибору відвідування «Особистого кабінету», або обрати вибір поліграфічних послуг. Послідовність операторів закінчується добором можливих видів оплат послуг або оплати та доставки поліграфічної продукції.

Аналогічно подається структура моделей для кожного зовнішнього web-сервісу, якій входить до складу агрегованого поліграфічного web-сервісу. Для підсистеми «Особистий кабінет» структура моделі представляється у вигляді:

Loop (Choice (ArbSeq (Change Pass, ArbSeq (Change Login, ArbSeq (Change Mail, Apply For Service))), Choice (Change Pass, Choice (Change Login, Choice (Change Mail, Apply For Service))))

Послідовність операторів представляє ітераційний вибір з довільної послідовності операцій «Особистого кабінету» або добору будь-якої з наведених операцій цієї підсистеми.

Для підсистеми «Реєстрація» структура моделі представлена у вигляді:

Seq (Registering, Seq (Enter Login, Seq (Enter Pass, Enter Mail)))

Це звичайна послідовність операцій при реєстрації, яка включає ввід логіна, пароля та адреса поштової скриньки користувача.

Для підсистеми «Пошук поліграфічної послуги» структура моделі представлена у вигляді:

Loop (Seq (SetOfServiceFilter, Seq (Loop ([WSPC₁ (p₁, q₁) : WSPC_n (p_n, q_n)]), ArbSeq (GetPriceList, ArbSeq (GetLocation, ArbSeq (ReceiveSpecialOffers, ArbSeq (AskForConsumables, KnowHowMany))))))

Послідовність операторів представляє ітераційну послідовність з вкладеними операторами довільних послідовностей.

Для підсистеми «Послуга дизайну» структура моделі представлена у вигляді:

Loop (Seq (ApplyForDesign, EnterDataForDesign))

Це ітераційна послідовність замови послуги дизайну та введення інформації для виконання цієї послуги.

Для підсистеми «Сплата послуг» структура моделі представлена у вигляді:

Choice (Seq (ChoiceVISA, EnterDataForVISAPayment), (Seq (ChoiceMasterCard, EnterDataForMCPayment)))

Це оператор вибору з вкладеними операторами послідовностей. Клієнт обирає тип картки (VISA або MasterCard) для здійснення оплати послуг.

Для підсистеми «Послуга доставки» структура моделі представлена у вигляді:

Seq (OrderDelivery, Seq (UseMail, EnterDataForDelivery))

Ці оператори реалізують послідовність замови послуги доставки, ведення особистих показників, таких як телефон, адрес поштової скриньки, та ведення даних по доставці.

Побудова моделі поліграфічного веб-сервісу в CPN Tools. Система CPN Tools надає два основних засоби аналізу моделей: імітація поведінки мережі та формування простору станів. Аналіз простору станів можливо здійснити для невеликих моделей завдяки ефекту зросту простору станів. Даний аналіз використовують при верифікації корпоративних сервісів, коли необхідна інформація про стандартні властивості мережі. Для моделей складних систем одним з засобів аналізу простору станів мереж Петрі є представлення структурної моделі системи, тобто мережі Петрі в ієрархічному вигляді, та розбиття її далі на окремі мережі другого рівня [7,8]. Якщо результати отримані при аналізі властивостей мереж нижнього рівня та основної мережі задовольняють бажаній якості, то можливо стверджувати, що при аналізі властивостей ієрархічної мережі буде отримано подібний результат.

Кольорова мережа Петрі поліграфічного web-сервісу представлена на рис.2.

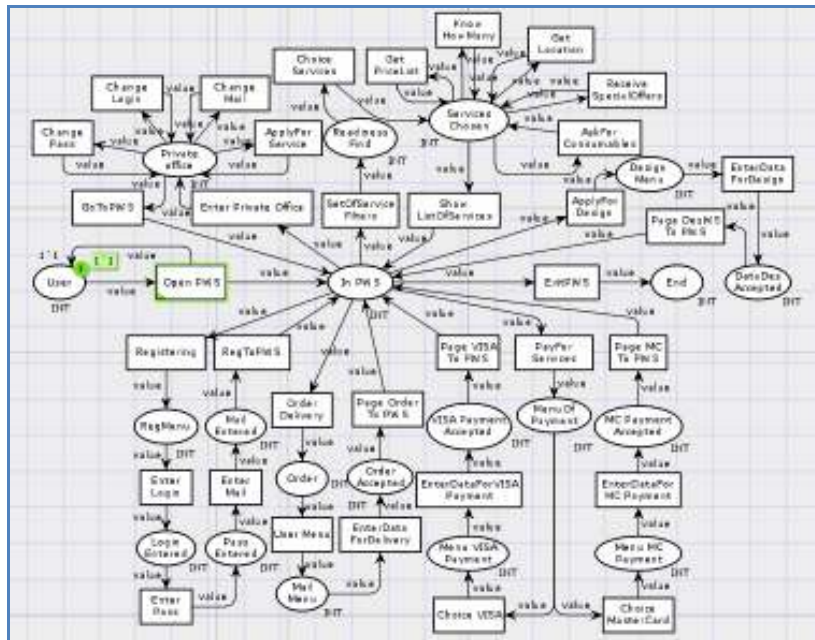


Рисунок 2 – Кольорова мережа Петрі поліграфічного web-сервісу

Представимо дану мережу Петрі в ієрархічному вигляді. На рис. 3 зображена головна сторінка ієрархічної мережі Петрі, яка відображає основні процеси при функціонуванні поліграфічного web-сервісу. Система складається з семи основних сценаріїв: знаходження в web-сервісі, реєстрації, пошуку поліграфічної послуги, послугі дизайну, розрахунку за обрані послуги та послуги доставки поліграфічної продукції, а також «Особистий кабінет». Кожен з представлених сценаріїв може функціонувати окремо, для цього необхідно поділити основні сценарії на мережі другого рівня (рис. 4.3). При аналізі простору станів ієрархічної мережі було побудовано граф станів. В системі нема зациклень, 4-те і та 25-те маркування є тупиковими. Дане маркування – це стани виходу з web-сервісу, тобто, вони розглянуті як стани завершення роботи.

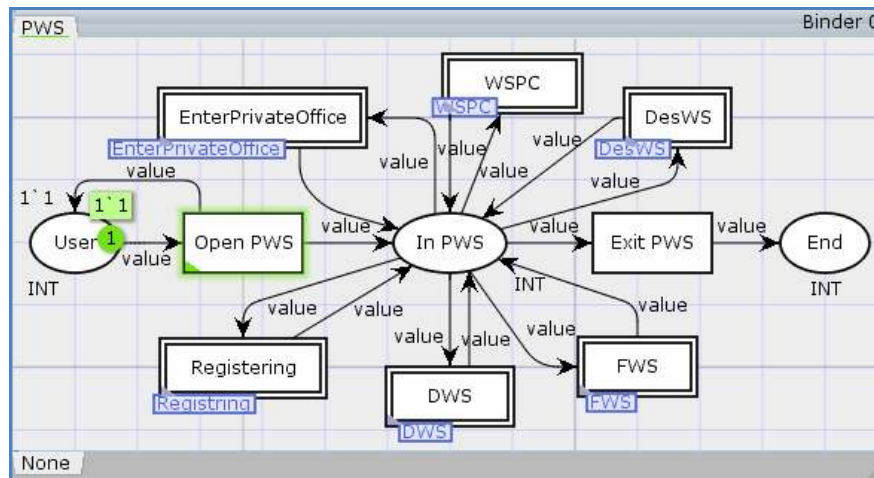


Рисунок 3 – Головна сторінка ієрархічної мережі Петрі поліграфічного web-сервісу

Оскільки мережі другого рівня (*Registering*, *DWS*, *FWS*, *Enter Private Office*, *WSPC*, *DesWS*) є підсистемами, то їх можливо аналізувати окремо від основної мережі. На рисунку 4.4 представлена мережа другого рівня для виконання сценарію «Особистий кабінет». Якщо мережа для перевірки системи була поділена на ієрархії, тоді аналіз мережі другого рівня потрібно починати зо всіх можливих вхідних станів і цю мережу – для даного прикладу існує тільки один вхідний стан.

Простір станів для даної мережі виглядає таким чином:

$$V = \{m_1(1,0), m_2(0,1)\}$$

$$E = \{(m_1, \text{Enter Private Office}, m_2), (m_2, \text{Change Pass}, m_2), (m_2, \text{Change Login}, m_2), (m_2, \text{Change Mail}, m_2), (m_2, \text{Apply For Service}, m_2), (m_2, \text{Go To PWS}, m_1)\}.$$

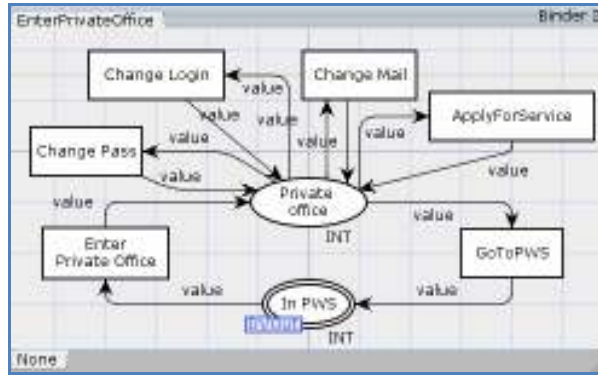


Рисунок 4 – Мережа другого рівня «Особистий кабінет»

Аналіз простору станів виявляє наявність двох вершин та шести дуг з повністю живим маркуванням мережі, відсутність зациклень, тупикових розміток та можливість бути спрацьованими для усіх переходів.

Аналогічні результати були отримані при аналізі п'яти залишених мереж другого рівня, моделі яких у вигляді кольорових мереж Петрі представлені на рис.5-9.

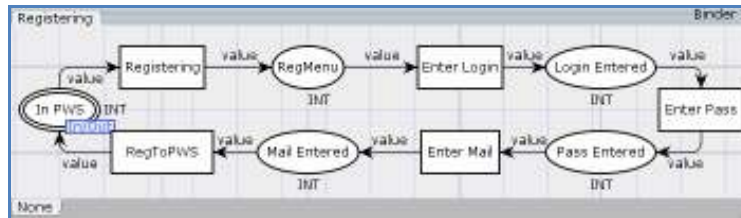


Рисунок 5 – Мережа другого рівня «Реєстрація»

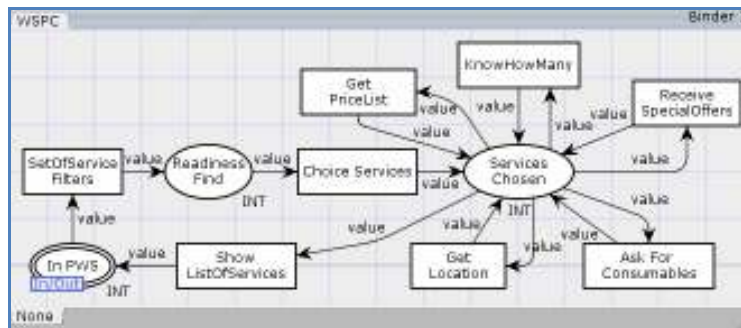


Рисунок 6 – Мережа другого рівня «Пошук поліграфічної послуги»

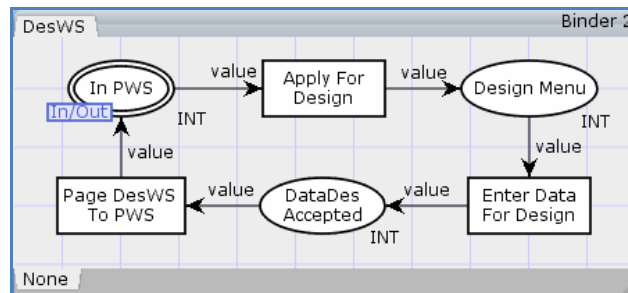


Рисунок 7 – Мережа другого рівня «Послуга дизайну»

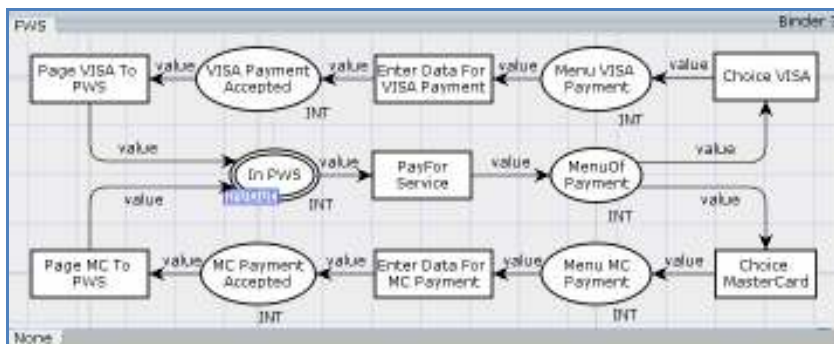


Рисунок 8 – Мережа другого рівня «Сплата послуг»

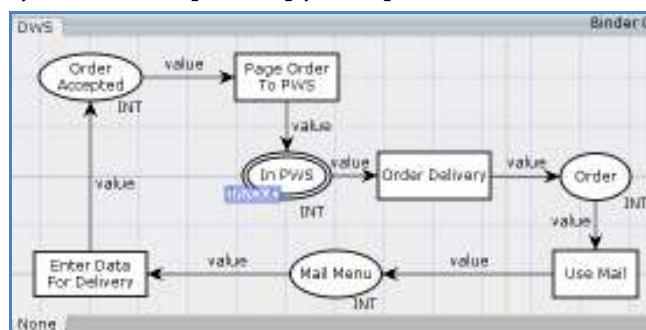


Рисунок 9 – Мережа другого рівня «Послуга доставки»

Аналогічність результатів по всіх мережах другого рівня дає можливість спростити мережу Петрі, яка представлена на рис. 10. Результати, які отримані при аналізі ієрархічної мережі цілком, та результати, які отримані при аналізі мереж другого рівня та головної мережі окремо, співпадають: в системі є два тупикові маркування (вихід з системи), відсутні зациклення, всі переходи спрацьовують.

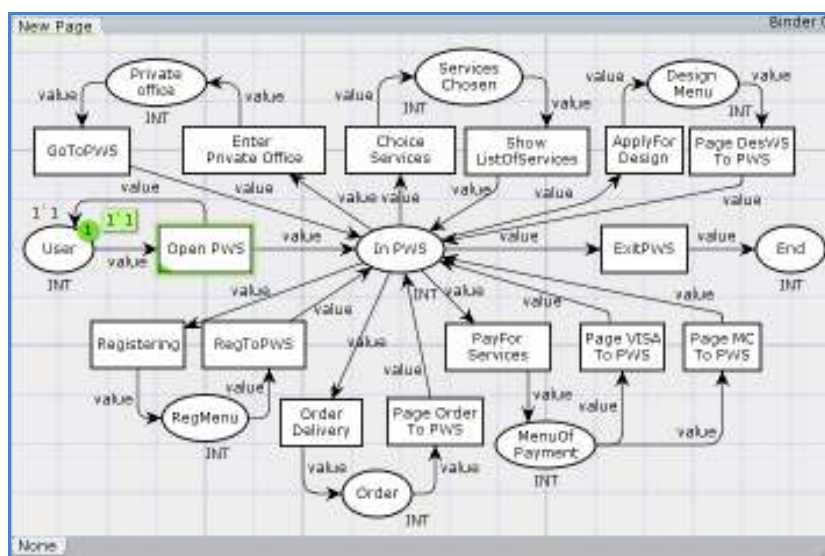


Рисунок 10 – Спрощена мережа Петрі поліграфічного web-сервісу

Висновки. Представлено модель поліграфічного web-сервісу у вигляді мережі Петрі в ієрархічному вигляді з метою аналізу окремих мереж другого рівня. Це дає можливість аналізувати окремо всі частини мережі та використовувати результати для формування висновків про коректність побудови всієї мережі. При існуванні зв'язків між мережами другого рівня необхідно внести додаткові критерії аналізу мереж, які пов'язані з додаванням в основну мережу міст та переходів між мережами другого рівня, кількість яких залежить від кількості можливих станів взаємодії між мережами другого рівня.

ЛІТЕРАТУРА / LITERATURA

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем / Т.И. Алиев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
2. Бодянский Е.В., Кучеренко Е.И., Михалев А.И. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем: монография. Днепропетровск : Системные технологии, 2005. 311 с.
3. Бохан К.А. Модели корпоративных сервисов на основе иерархических сетей Петри / К.А. Бохан, М.С. Худoley // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2010. – Вып. 47. – С. 36-41.
4. Гожий В.О. Алгебра для моделирования взаимодействия web-сервисов / В.О.Гожий // Системные технологии.-2018. - Вып. 5(118). – С. 121-132.
5. Котов, В.Е. Сети Петри [Текст] / В.Е. Котов. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 160 с.
6. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М.:Мир, 1984. – 264 с.
7. Jensen K., Kristensen L.M., Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Validation of Concurrent Systems. Software Tools for Technology Transfer manuscript. 2007. 40 p.
8. Modelling with Generalized Stochastic Petri Nets [Text] / M. Ajmone Marsan, G. Balbo, G. Conte, S. Donatelli, G. Franceschinis. – John Wiley & Sons, 1995. – 324 p.
9. Murata T. "Petri nets: Properties, analysis and applications," in Proc. of the IEEE, Vol. 77(4), 1989, pp. 541580.

REFERENCES

1. Aliyev T.I. Osnovy modelirovaniya diskretnykh sistem / T.I. Aliyev. – SPb: SPbGU ИТМО, 2009. – 363 s.
2. Bodyanskiy Ye.V., Kucherenko Ye.I., Mikhalev A.I. Neyro-fazzi seti Petri v zadachakh modelirovaniya slozhnykh sistem : monografiya. Dnepropetrovsk: Sistemnyye tekhnologii, 2005. 311 s.
3. Bokhan K.A. Modeli korporativnykh servisov na osnove iyerarkhicheskikh setey Petri / K.A. Bokhan, M.S. Khudoley // Radioelektronnyye i komp'yuternyye sistemy. – 2010. – Vyp. 47. – С. 36-41.
4. Gozhiy V.O. Algebra dlya modelyuvannya vzaemodiy web-servisiv / V.O.Gozhiy // Sistemnyye tekhnologii.-2018. - Vyp. 5(118). – С. 121-132.

5. Kotov, V.Ye. Seti Petri [Tekst] / V.Ye. Kotov. – M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko– matematicheskoy literatury, 1984. – 160 s.
6. Piterson D. Teoriya setey Petri i modelirovaniye sistem: per. s angl. / D. Piterson. – M.: Mir, 1984. – 264 s.
7. Jensen K., Kristensen L.M., Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modeling and Validation of Concurrent Systems. Software Tools for Technology Transfer manuscript. 2007. 40 p.
8. Modelling with Generalized Stochastic Petri Nets [Text] / M. Ajmone Marsan, G. Balbo, G. Conte, S. Donatelli, G. Franceschinis. – John Wiley & Sons, 1995. – 324 p.
9. Murata T. “Petri nets: Properties, analysis and applications,” in Proc. of the IEEE, Vol. 77(4), 1989, pp. 541-580.

Received 05.03.2019.

Accepted 11.03.2019.

Моделирование полиграфического web-сервиса с помощью цветных сетей Петри

Представлены модели полиграфии-ческого web-сервиса на основе цветных сетей Петри. Описание структуры полиграфического web-сервиса осуществляется на основе алгебры сервисов и диаграмм в нотации DFD. Построена система моделей в CPN Tools первого и второго уровней. Проведено имитационное моделирование и исследование разработанных моделей. На основе моделей был разработан web-ресурс по предоставлению полиграфических услуг.

Modeling of polygraphic web-service using colored Petri nets

The use of Petri Networks as a tool for graphical and mathematical modeling of complex systems and processes has recently been widespread. Visual representation techniques and simulations, such as Petri colored networks, are effective at the development stage of complex systems, since they allow formally to describe and model the system at different levels of abstraction and investigate them dynamically. An example of a dynamic system is web-services. Web services and their components can interact with different applications that meet the standards of web services. As a rule, one service does not meet the needs of users, and services are becoming more and more complex. In fact, a modern web service is created by combining different web services and their components to create a component service that offers a set of new functional services. When combining and sharing Web services the most critical is the interaction of Web services and their components among themselves, which requires a detailed study of the functioning of the processes and modeling their behavior to improve their efficiency.

Polygraphic web-service is a complex program system that organizes the provision of printing services. It works with the client through the Internet and provides an opportunity to find the necessary service at the printing centers for the best possible means, to make an order, to use various services, to pay for services, to choose a means of payment and delivery of printed products. The complex structure of the web-service requires the study and modeling of the interaction of its components to ensure the effectiveness of the operation.

To model the composite web service system, it is necessary to identify the main and auxiliary subsystems by means of structural analysis. The block diagram of a web-service is presented in fig. 1. As a structural analysis tool, we used a data flow diagram (DFD) in the notation of a similar Heine-Sarson notation. A top-level contextual chart contains a set of subsystems connected by data streams.

A model of a polygraphic web-service in the form of Petri's network in a hierarchical form was developed and presented for the purpose of analysis of separate networks of the second level. This enables to analyze all parts of the network separately and use the results to formulate

conclusions about the correctness of the construction of the entire network. In the presence of links between networks of the second level, it is necessary to add additional criteria for the analysis of networks, which are connected with the addition of the main network of cities and transitions between networks of the second level, the number of which depends on the number of possible states of interaction between networks of the second level.

Гожий В.А. - младший научный сотрудник научно-исследовательской части Черноморского национального университета им.Петра Могилы.

Гожий В.О. – молодший науковий співробітник науково- дослідної частини Чорноморського національного університету ім.Петра Могили.

Gozhyj V.O. - researcher of the scientific research department of the Petro Mohyla Black Sea National University.