



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"**

**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
НДІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**Дванадцята міжнародна  
науково-технічна конференція  
"ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ"  
і**

**Десята міжнародна науково-технічна конференція  
студентів та аспірантів «ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ  
ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ»**

**Присвячено Дню науки та Всесвітньому Дню телекомунікацій**

**16–20 квітня 2018 року**

**Матеріали конференції**

**м. Київ**

XII Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій"  
ПТ-2018: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.  
– 500 с.

X Міжнародна науково-технічна конференція студентів та аспірантів  
«Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем»  
ПРІТС 2018: Збірник тез конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.

Збірник містить матеріали пленарних і секційних доповідей, представлених на Дванадцятій міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми телекомунікацій" (ПТ 2018) та Десятій міжнародній науково-технічній конференції студентів та аспірантів «Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем» (ПРІТС 2018), які проводяться 16–20 квітня 2018 р. в м. Києві

Електронна версія Збірника матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Проблеми телекомунікацій" (кожна стаття має свою URL-адресу) на <http://journals.urau.ua/> за посиланням:  
<http://conferenc.its.kpi.ua/proc/issue/archive>.

Робочими мовами конференцій є українська, російська та англійська.

У збірник включені матеріали конференції за такими секціями:

1. Достовірне передавання інформації в телекомунікаційних системах.
  2. Кабельні та оптоволоконні системи і технології.
  3. Технології транспортних телекомунікаційних систем та мережні технології.
  4. Безпроводові телекомунікаційні системи та технології, системи 5G.
  5. Інформаційні технології в телекомунікаціях.
  6. Сенсорні мережі та прикладні аспекти застосування телекомунікаційних технологій.
  7. Апаратно-програмні засоби та пристрої телекомунікацій.
  8. Технічна творчість радіоконструкторів України.
- Семінар: Modern information and telecommunication trends.  
ВИСТАВКА: Технічна творчість радіоконструкторів України.

Вчений секретар конференції  
БУНІН С.Г., д.т.н., проф. ІТС КПІ ім. Ігоря Сікорського.  
E-mail: [sgbunin@ukr.net](mailto:sgbunin@ukr.net)

Секретар оргкомітету конференції  
Іванова Т.Л.  
р. тел/факс. (044)204-98-21.  
E-mail: [conf@its.kpi.ua](mailto:conf@its.kpi.ua)

## Секція 5. Інформаційні технології в телекомунікаціях

**Співголови:** д.т.н., проф. Глоба Л.С., к.т.н. Стрижак О.Є.,  
к.т.н., доц. Скулиш М.А.

### **Доповідачі:**

<b>Пустовий Б.Л., Князева Н.О.</b> Автоматизація формування рівняння балансу марківського процесу .....	230
<b>Радівілова Т.А., Тавалбех М.Х.</b> Метод розшифровки трафіку TLS для виявлення прихованих загроз .....	233
<b>Зайченко Ю.П., Васильєв В.И., Вишталь Д.М., Любашенко Н.Д.</b> Точные и граничные оценки стационарной вероятности доступности сетевой услуги .....	236
<b>Могильний С.Б., Котик І.В.</b> Аналіз методів паралельної обробки даних .....	239
<b>Правило В.В., Белоха Д.К.</b> Восстановление передаваемых сообщений на основе анализа сетевого трафика .....	242
<b>Колюкаєва В.О., Новогрудська Р.Л.</b> Метод композиції ВЕБ-сервісів ....	245
<b>Куш В.С., Штогріна О.С.</b> Підхід до обробки та зберігання результатів оцінки психофізіологічного стану людини .....	248
<b>Ряба Н.М., Правило В.В.</b> Забезпечення виконання заданих показників якості обслуговування в мережах SDN.....	251
<b>Давидюк А.М., Курдеча В.В.</b> Виклики та проблематика в промисловому «Інтернеті речей» .....	254
<b>Вергун А.І., Курдеча В.В.</b> Безпека IoT систем за допомогою технології блокчейн.....	257
<b>Коваленко В. Ю. Новогрудська Р.Л.</b> Порівняльний аналіз підходів до побудови онтологічних моделей та баз даних .....	260
<b>Прокопєць В.А., Глоба Л.С.</b> Експериментальне дослідження енергоефективності обробки даних в розподіленому ДАТА центрі .....	263
<b>Запорожец Д.Б., Скулиш М.А.</b> Анализ методов прогнозирования с использованием нейронной сети .....	266
<b>Чічков А.О., Штогріна О.С.</b> Впровадження освітніх електронних застосувань в навчальний процес .....	269
<b>Чиж В.В. , Скулиш М.А.</b> Впровадження віртуалізації мережевих функцій на мережі платформи передачі SMS – повідомлень.....	272
<b>Новогрудська Р. Л., Мініч М. А.</b> Основні характеристики систем Internet of Things .....	276
<b>Белокур Б.В., Скулиш М.А.</b> Планування ресурсів гетерогенного .....	279

УДК 621.391

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ФОРМУВАННЯ РІВНЯННЯ  
БАЛАНСУ МАРКІВСЬКОГО ПРОЦЕСУ**

**Пустовий Б.Л., Князева Н.О.**

*Інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики імені В. С. Мартиновського  
Одеської національної академії харчових технологій, Україна  
E-mail: b.pustoviy@gmail.com*

**The automation of the equation balance modeling of the Markov process**

The software was developed during this work. It is intended to automate the calculation of probable states of the system and to construct the transition graph of the Markov process. Also this program can create system of equations to determine stationary probabilities.

У зв'язку зі збільшенням попиту на сучасні інтелектуальні сервіси (ІС) виникає необхідність в дослідженні методів підвищення якості їх надання, що обумовлює необхідність оцінки ефективності управління наданням ІС.

Для оцінки ефективності управління наданням ІС необхідно виконати аналіз архітектури мережі, принцип побудови системи управління і розробку результуючого критерію ефективності управління наданням ІС. Питання, пов'язані з дослідженням методів оцінки ефективності управління ІС були розглянуті в роботах Л.Н. Беркман [4], Н.О. Князевої, С.В. Шестопалова [2] та інших науковців.

Згідно рекомендацій МСЕ [3] для визначення ефективності управління наданням ІС необхідно розрахувати технічні показники роботи мережі, такі як час знаходження в мережі заявки на ІС, ймовірність втрати заявки, кількість заявок, котрі очікують обслуговування. Для розрахунку технічних показників в роботах [1, 2] пропонується використовувати аналітичну модель системи управління ІС. Майже всі моделі дискретних систем із стохастичним характером функціонування розробляються на основі СМО, процеси в яких є випадковими і, у багатьох випадках, марківськими або деяким чином пов'язані з марківськими процесами. Тому при вирішенні завдань теорії масового обслуговування може використовуватися математичний апарат теорії марківських процесів. Застосування марківських процесів особливо ефективне і результативне при дослідженні СМО та мереж масового обслуговування (МеМО) з накопичувачами обмеженої ємкості [1].

Однак використання марківських процесів, при ручному розрахунку стає неможливим у великих системах через дуже велику кількість станів системи. У системі з одним управляючим приладом (УП) і трьома класами заявок кількість станів становить 40, але вже при збільшенні кількості УП до трьох і кількості класів заявок до трьох, кількість можливих станів зростає до 64 тис., що робить абсолютно неможливим вручну побудувати граф переходів і систему рівнянь для розрахунку показників.

В даній роботі запропоновано програмне забезпечення (ПЗ) для автоматизації розрахунку ймовірних станів системи, побудови графу переходів марківського процесу та формування системи рівнянь для визначення стаціонарних ймовірностей.

ПЗ написане на скриптовій мові програмування JavaScript з використанням відкритої бібліотеки React JS, що дозволяє запускати його у будь-якому браузері. Максимальна кількість станів для розрахунку СМО (MeMO) залежить від технічних характеристик комп'ютера.

При розробці ПЗ були прийняті деякі допущення:

- одночасно УП може обслуговувати лише один клас заявок;
- черга на обслуговування будується за дисципліною FIFO;
- система функціонує без втрати заявок.

Вхідними даними розробленого ПЗ є:

- кількість УП;
- максимальна довжина черги на обслуговування;
- кількість класів заявок та їх пріоритет.

На основі введених вхідних даних ПЗ кодує всі можливі стани марківського процесу для заданої системи. Кодування відбувається наступним чином:

$$E_n = (\Pi_1 C_1 / \Pi_2 C_2 / \dots / \Pi_i C_i / \dots / \Pi_N C_N), \quad (1)$$

де: -  $E_n$  – стан марківського процесу,  $n$  – номер стану;

-  $\Pi_i = \overline{0, m}$  – стан обслуговуючого приладу, одночасно в котрому на обслуговуванні може знаходитись лише одна заявка певного класу («0» – прилад вільний, « $m$ » – на обслуговуванні знаходиться заявка класу « $m$ »), « $i$ » – номер приладу, « $N$ » – кількість УП;

-  $C_i = \underbrace{\overline{0, m \dots m}}_k$  – стан черги на обслуговування («0» - черга порожня,

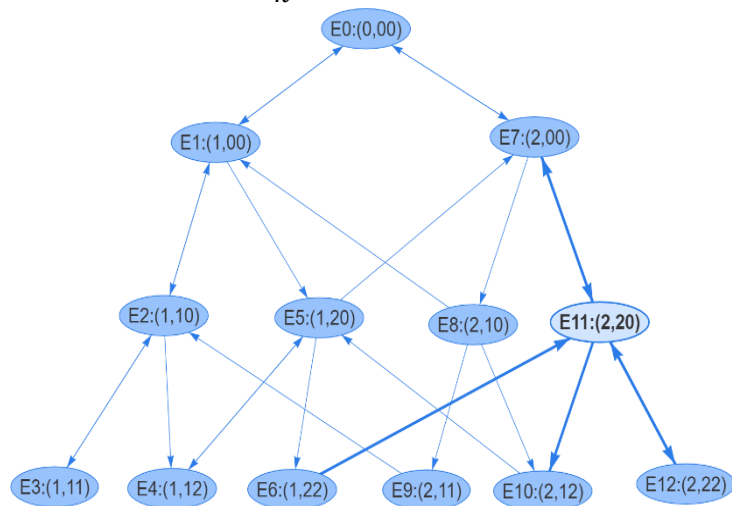


Рис. 2. Розмічений граф переходів марківського процесу

« $m$ » – в черзі на обслуговуванні знаходиться заявка класу « $m$ »), « $k$ » - кількість місць в черзі на обслуговування.

Використовуючи закодовані стани, ПЗ буде розмічений граф марківських процесів. На рис. 2 наведено приклад побудови графу переходів марківського процесу в системі з одним УП, максимальною довжиною черги у дві заявки з різним пріоритетом.

На основі сформованого графу переходів ПЗ складає систему рівнянь для визначення стаціонарних ймовірностей:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 p_0 \cdot \lambda_1 + p_0 \cdot \lambda_2 = p_1 \cdot \mu_1 + p_7 \cdot \mu_2 \\
 p_1 \cdot \mu_1 + p_1 \cdot \lambda_1 + p_1 \cdot \lambda_2 = p_0 \cdot \lambda_1 + p_2 \cdot \mu_1 + p_5 \cdot \mu_1 \\
 p_2 \cdot \mu_1 + p_2 \cdot \lambda_1 + p_2 \cdot \lambda_2 = p_1 \cdot \lambda_1 + p_3 \cdot \mu_1 + p_4 \cdot \mu_1 \\
 p_3 \cdot \mu_1 = p_2 \cdot \lambda_1 \\
 p_4 \cdot \mu_1 + p_4 \cdot \lambda_1 = p_5 \cdot \lambda_1 \\
 p_5 \cdot \mu_1 + p_5 \cdot \lambda_1 + p_5 \cdot \lambda_2 = p_4 \cdot \mu_1 + p_6 \cdot \mu_1 + p_7 \cdot \lambda_1 \\
 p_6 \cdot \mu_1 = p_{11} \cdot \lambda_1 \\
 p_7 \cdot \mu_2 + p_7 \cdot \lambda_1 + p_7 \cdot \lambda_2 = p_0 \cdot \lambda_2 + p_8 \cdot \mu_2 + p_{11} \cdot \mu_2 \\
 p_8 \cdot \mu_2 = p_1 \cdot \lambda_2 + p_9 \cdot \mu_2 + p_{10} \cdot \mu_2 \\
 p_9 \cdot \mu_2 = p_2 \cdot \lambda_2 \\
 p_{10} \cdot \mu_2 + p_{10} \cdot \lambda_2 = p_5 \cdot \lambda_2 \\
 p_{11} \cdot \lambda_1 + p_{11} \cdot \mu_2 + p_{11} \cdot \lambda_2 = p_7 \cdot \lambda_2 + p_{10} \cdot \mu_2 + p_{12} \cdot \mu_2 \\
 p_{12} \cdot \mu_2 = p_{11} \cdot \lambda_2 \\
 \sum_{k=0}^{12} p_k = 1
 \end{array} \right. \quad (2)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність надходження заявок,  $\mu$  – інтенсивність обслуговування заявок.

Для запропонованої СМО при знайдених значеннях стаціонарних ймовірностей станів випадкового процесу ПЗ буде вирази для розрахунку технічних показників [1]:

Середнє число заявок в черзі:

$$L = 1p_2 + 2p_3 + 2p_4 + 1p_5 + 2p_6 + 1p_8 + 2p_9 + 2p_{10} + 1p_{11} + 2p_{12} \quad (3)$$

Середнє число заявок в системі:

$$M = 1p_1 + 2p_2 + 3p_3 + 3p_4 + 2p_5 + 3p_6 + 1p_7 + 2p_8 + 3p_9 + 3p_{10} + 2p_{11} + 3p_{12} \quad (4)$$

Ймовірність втрати заявок:

$$P = p_3 + p_4 + p_6 + p_9 + p_{10} + p_{12} \quad (5)$$

В даному прикладі представлені вирази для розрахунку технічних показників для СМО, в котрій наявний лише один управляючий прилад, але ПЗ дозволяє розраховувати показники і для МеМО з багатьма управляючими приладами.

Автоматизація процесів формування рівняння балансу марківських процесів дозволяє розраховувати технічні показники для великих систем, що зменшує похибку при дослідженні ефективності управління ІС та суттєво полегшує розрахунок технічних показників мережі.

#### Література

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 363
2. Князева Н.О. Управление интеллектуальными сервисами в сетях следующего поколения: монография / Н.О. Князева, С.В. Шестопапов – Одеса: Бондаренко М.О., 2017. – 268 с.
3. “Международный союз электросвязи (ITU)”, официальное Интернет-представительство. — Режим доступа: <http://www.itu.int> (дата обращения 20.03.2015 г).
4. Беркман Л. Н. Инвариантность систем управления конвергентных сетей в режиме надзвичайних ситуацій / Л. Н. Беркман, Л. О. Комарова, І. А. Бойко // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. - 2014. - № 1. - С. 11-15. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzundiz\\_2014\\_1\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzundiz_2014_1_4).