

Мельник Ю. В., Хахлюк О. А., Зіненко Ю. М. *Державний університет телекомунікацій, Київ*

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ КАНАЛЬНИМ РЕСУРСОМ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ

Розглянуто підхід до побудови моделі управління каналним ресурсом з використанням апарату нечіткої логіки. Запропоновані моделі нечіткого управління типу "один вхід – один вихід" та "множина входів – один вихід". На прикладі правил висновку в формі імплікації щодо вихідних змінних побудовано алгоритм нечіткого управління каналним ресурсом. Виконано порівняльний аналіз алгоритмів обчислення каналних ресурсів на основі теорії телетрафіку і нечітких продукційних правил висновку.

Ключові слова: система масового обслуговування, мережа масового обслуговування, нечіткі множини, функція приналежності, нечітке управління, каналний ресурс.

Melnyk Yu. V., Khakhliuk O. A., Zinenko Yu. M. *State University of Telecommunications, Kiev*

APPLICATION OF THE FUZZY LOGIC THEORY FOR CONSTRUCTING THE CONTROL MODEL OF THE CHANNEL RESOURCE OF THE COMMUNICATION NETWORK

In today's communication networks, technologies of batch processing and data transmission are intensively implemented, which allow simultaneous processing of different types of information on the same equipment. Therefore, one of the important tasks is the efficient use and management of the channel resource. The functional scheme of the first link of the control system "Agent – Network Element" is presented and algorithm for the functioning of such a network. It is shown that large streams of heterogeneous data are an additional load on communication channels. In these conditions, the construction of operational management of channel resources on the basis of the classical theory of mass service systems becomes a problematic task. It is proposed to use the theory of fuzzy sets to control the channel resource. The functional diagram of the channel resource management is given. The model of channel resource management is proposed based on the direct fuzzy production rules of modus ponens output. The variant of the fuzzy conclusion of the channel resource solution is considered. An algorithm for fuzzy control of the channel resource is constructed. It is shown that fuzzy control can be implemented by special fuzzy controllers, based on which machine is fuzzy conclusions. The structure is presented. The comparative analysis of channel resource calculation algorithms on the basis of the theory of tele traffic and fuzzy production output rules shows the advantages of fuzzy algorithms about three times.

Keywords: queuing system, queuing network, fuzzy sets, membership function, fuzzy control, channel resource.

Мельник Ю. В., Хахлюк О. А., Зіненко Ю. Н.

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАНАЛЬНЫМ РЕСУРСОМ СЕТИ СВЯЗИ

В статье рассмотрен подход к построению модели управления каналным ресурсом с использованием аппарата нечеткой логики. Предложены модели нечеткого управления типа "один вход – один выход" и "множество входов – один выход". На примере правил вывода в форме импликации относительно исходных переменных построен алгоритм нечеткого управления каналным ресурсом. Выполнен сравнительный анализ алгоритмов вычисления каналных ресурсов на основе теории телетрафика и нечетких продукционных правил вывода.

Ключевые слова: система массового обслуживания, сеть массового обслуживания, нечеткие множества, функция принадлежности, нечеткое управление, каналный ресурс.

© Мельник Ю. В., Хахлюк О. А., Зіненко Ю. М., 2018

1. Вступ

В основі будь якої системи управління телекомунікаційною мережею, відповідно до ідеології TMN, лежить елементарна схема взаємодії «менеджер – агент». На основі цієї схеми взаємодії можуть бути побудовані системи управління будь якої складності. В сучасних мережах зв'язку інтенсивно впроваджуються технології пакетної обробки і передачі даних, які дозволяють обробляти одночасно різні види інформації на одному і тому ж обладнанні. Тому одним з важливих є завдання ефективного використання й управління каналним ресурсом.

2. Побудова моделі управління каналним ресурсом

Функціональна схема першої ланки системи управління «Агент – мережевий елемент» наведена на рис. 1.

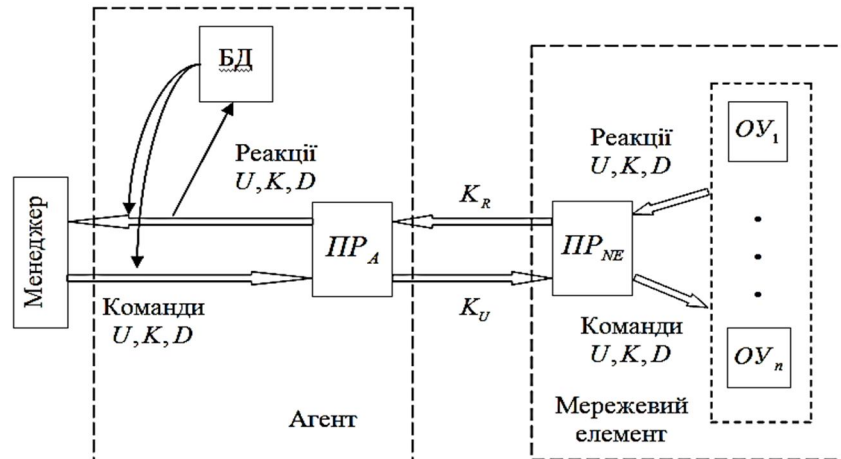


Рис. 1. Функціональна система управління «Агент – мережевий елемент»

Як видно з рис 1, процесори агента PP_A та мережевого елемента PP_{NE} , база даних БД і об'єкти управління (ОУ) є активними елементами схеми, які генерують потоки даних. Команди U, K, D відповідно є командами управління, контролю та діагностування. При цьому процесори PP_A та PP_{NE} виконують функції розподільників інформації, отже, схему управління можна розглядати як мережу масового обслуговування (MeMO). Алгоритм функціонування такої мережі наведено на рис. 2.

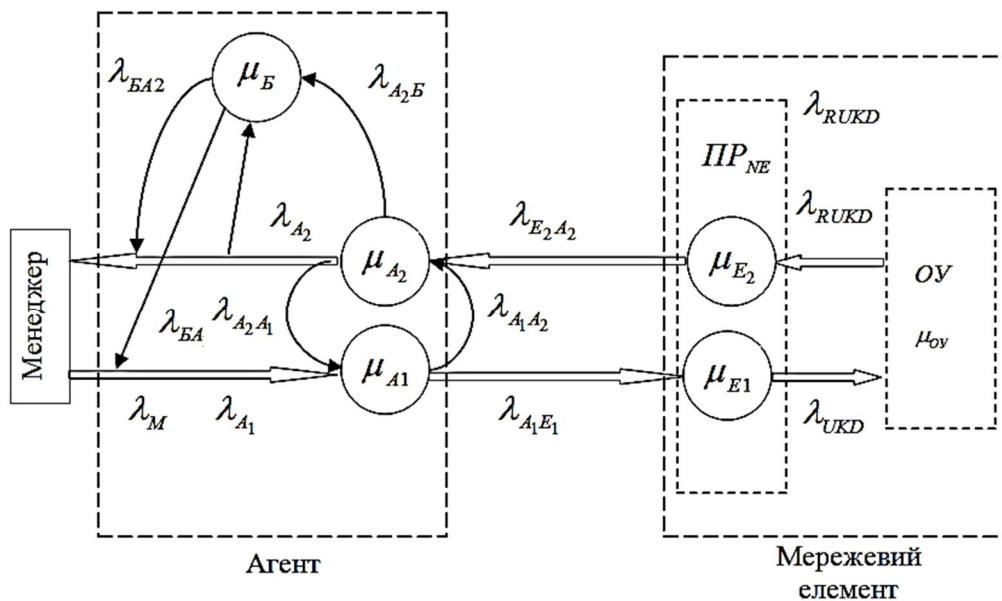


Рис. 2. Алгоритм MeMO взаємодії агента з керованим ресурсом

Наведена на рис. 2 графічна модель відображає процес взаємодії агента з керованим ресурсом на основі багатофазної системи моделей СМО. Тут чотири СМО відображають функціонування процесорів PP_A та PP_{NE} які розподіляють потоки даних, та дві СМО на основі ОУ і БД які є джерелами потоків даних. Показані СМО є з очікуванням, багатовимірним потоком заявок на обслуговування і описуються загальноприйнятими математичними моделями у вигляді структур [1-3] $M|M|1$, $G|M|1$, $G|G|1$, де на першій позиції M або G – потоки заявок пуассонівський або довільний відповідно; на другій позиції M або G – час розподілу обслуговування заявок, підпорядкований експонентному або довільному закону відповідно; на третій позиції цифра 1 означає, що система обслуговується одним каналом.

Обчислювальні аспекти процесорів PP_A та PP_{NE} , на основі теорії СМО або теорії черг достатньо добре розглянуті [4]. Математичну модель ОУ можна розглядати як "чорний ящик" у вигляді багатоканальної моделі СМО $M|G|V$, яка генерує реакції у вигляді відгуків від відповідних впливів U, K, D .

Великі потоки різномірних даних, що циркулюють в сучасних мережах зв'язку, є додатковим навантаженням на канали. Крім того різномірність потоків в мережі створює ефект спонтанного збільшення навантаження в вузлах розподілу інформації за рахунок явища самоподібності навантаження [5, 6], що призводить до порушення функціонування вузла.

Побудова оперативного управління каналними ресурсами на основі класичної теорії СМО в цих умовах стає проблематичною задачею [7]. У зв'язку з цим пропонується використовувати теорію нечітких множин для управління каналним ресурсом.

Розглянемо модель управління каналним ресурсом між процесорами PP_A та PP_{NE} , припускаючи, що існують три класи потоків U, K, D і математична модель СМО представляється як $\tilde{G}|\tilde{G}|1$, де \tilde{G} – нечітка множина довільного розподілу потоку або часу обслуговування.

Функціональна схема управління каналним ресурсом приведена на рис. 3.

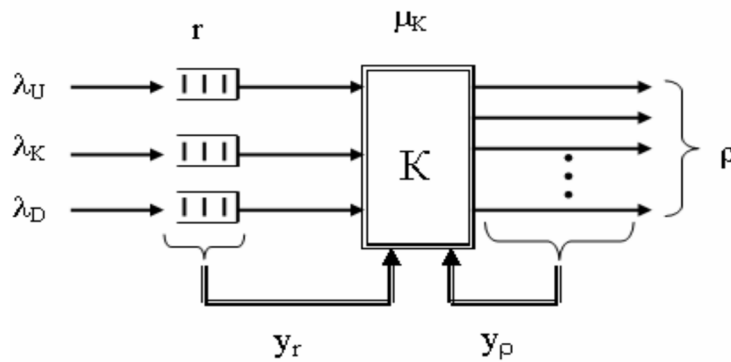


Рис. 3. Функціональна схема управління каналним ресурсом. y_r, y_ρ – інформація про стан черги та каналу відповідно.

Поставимо завдання: в залежності від поточного стану каналного ресурсу ρ , інтенсивності потоків, що надходять λ_{UKD} , стану черг r й інтенсивності обслуговування μ_k контролеру K визначити мінімальний каналний ресурс ρ_k на кроці k що необхідний для мінімальної затримки складових вхідних потоків $\lambda_i, i = 1, 2, 3$:

$$\rho_k = f(\lambda_{\Sigma k}, r_{ik-1}, \mu_{k-1}, \rho_{k-1}) \quad (1)$$

де λ_Σ – загальна інтенсивність потоків заявок; ρ_k – необхідний загальний ресурс, який дорівнює $\rho_k = \rho_{Uk} + \rho_{Kk} + \rho_{Dk}$.

Дана задача є багатопараметричною та з неповною інформацією про її складові компоненти. Модель управління ресурсом каналу побудуємо на основі прямих нечітких продукційних правил виведення *modus ponens*.

Розглянемо варіант нечіткого висновку рішення каналного ресурсу ρ^* СМО при надходженні потоку заявок λ на обслуговування, схему якого можна представити в наступному вигляді:

ПРАВИЛО: «Якщо $x \in \tilde{A}$, то $y \in \tilde{B}$ »

ФАКТ « $x \in \tilde{A}'$ »

ВИСНОВОК « $y \in \tilde{B}'$ » (2)

де, \tilde{A} , \tilde{A}' , \tilde{B} , \tilde{B}' – нечіткі множини, що описуються функціями приналежності $\mu_A(x)$, $\mu_{A'}(x)$, $\mu_B(y)$, $\mu_{B'}(y)$ відповідно.

Графічне рішення (2) при функціях приналежності, наведених на рис. 4 а), б), в), представлено на рис. 5.

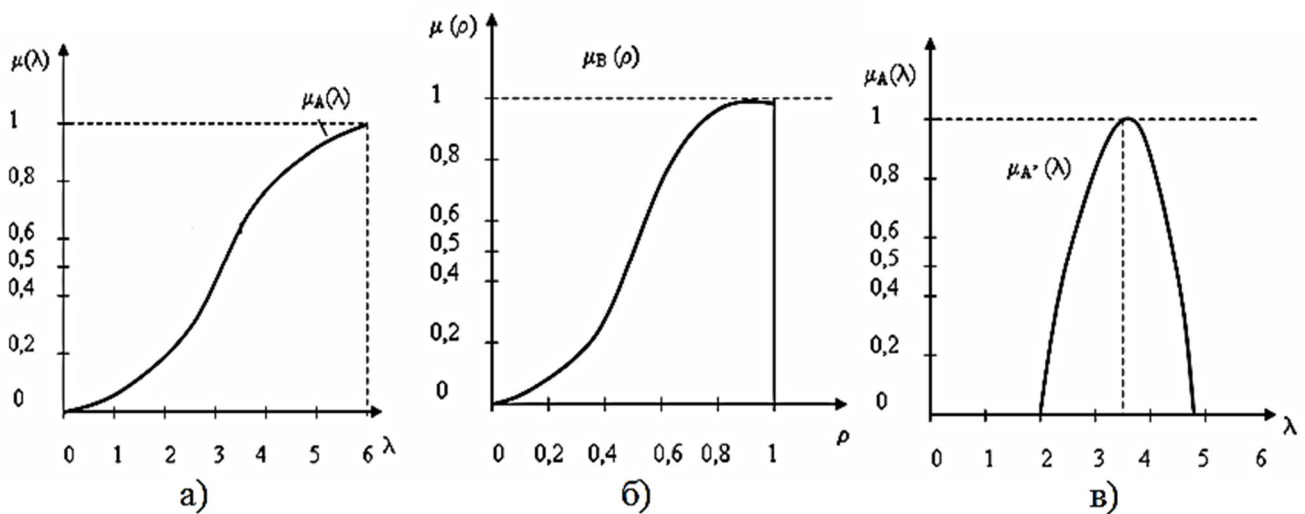


Рис. 4. Функції приналежності: а) інтенсивності вхідного потоку λ нечіткої множини А; б) каналного ресурсу нечіткої множини В;

в) інтенсивності фактичного вхідного потоку λ для нечіткої множини $A' =$ приблизно $3,6\lambda$.

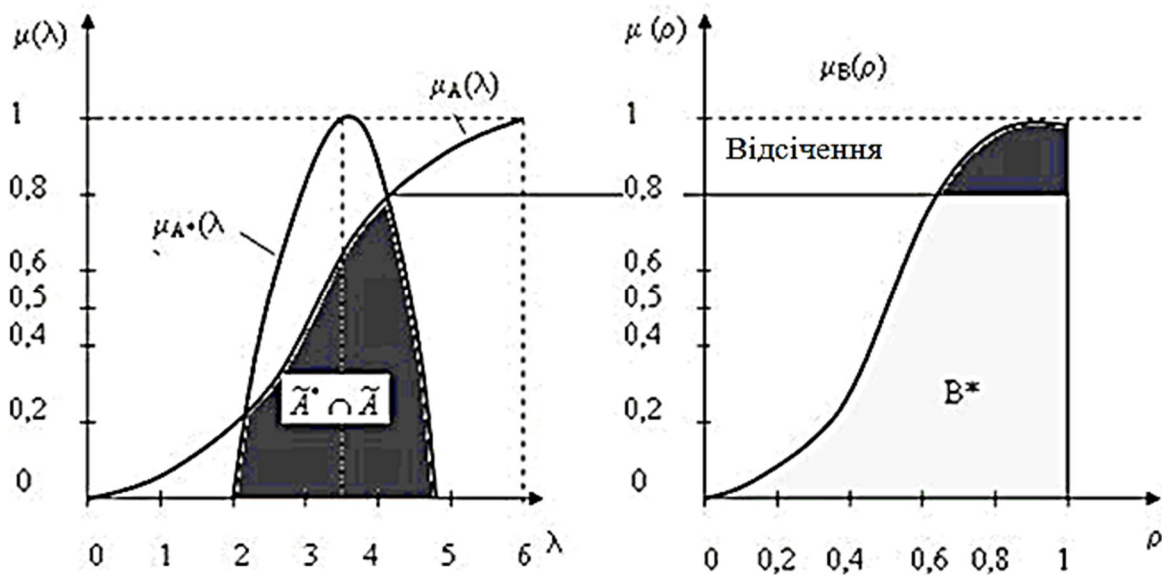


Рис. 5. Нечіткий алгоритм управління

Функція приналежності відсіченої множини B' представляє собою (див. рис. 5):

$$\mu_{B'}(y) = \langle 0,2 / 0,07; 0,4 / 0,2; 0,6 / 0,7; 0,8 / 0,8; 1 / 0,8 \rangle.$$

Чітке значення y' вихідної змінної розраховується як центр ваги функції приналежності $\mu_{B'}(y)$ за виразом:

$$y' = \frac{\sum_{r=1}^{Y_{\max}} y_r \mu_{B'}(y)}{\sum_{r=1}^{Y_{\max}} \mu_{B'}(y)}, \quad (3)$$

де Y_{\max} – число елементів y_r , дискретизованих для обчислення центру ваги.

У відповідності з (3) зробимо дефазифікацію, визначивши таким чином необхідний ресурс каналу для визначеного навантаження

$$y' = \frac{0,2 \cdot 0,06 + 0,4 \cdot 0,2 + 0,6 \cdot 0,7 + 0,8 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,8}{0,06 + 0,2 + 0,7 + 0,8 + 0,8} = 0,74.$$

Наведений приклад реалізує структуру нечіткого управління типу SISO – "один вхід – один вихід".

Розглянемо алгоритм нечіткого управління типу MISO – "множина входів – один вихід", зокрема алгоритм Мамдані. Базою знань даного алгоритму є правила

$$P_i: \text{Якщо } x_i \in A_{ij} \text{ та...Та } x_j \in A_{ij} \text{ та...та } x_m \in A_m \text{ то } y \in B_i, i = 1, \dots, n.$$

Побудуємо алгоритм нечіткого управління каналним ресурсом. Функції приналежності вхідних і вихідних нечітких величин, що ілюструють цю процедуру висновку, наведені на рис. 6.

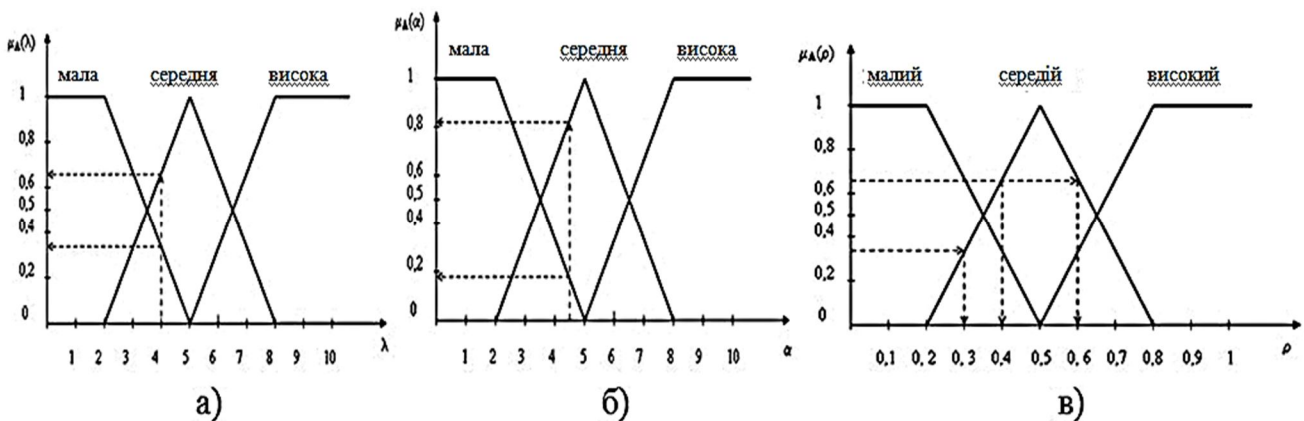


Рис. 6. Функції приналежності вхідних (а,б) та вихідних (в) нечітких величин:
 λ – інтенсивність надходження вхідного потоку; α – інтенсивність обслуговування;
 ρ – ресурс каналу зв'язку.

Введемо позначення термів нечітких множин: ЛМ – мала інтенсивність вхідного потоку; ЛС – середня інтенсивність вхідного потоку; ЛВ – висока інтенсивність вхідного потоку; АМ – мала інтенсивність обслуговування потоку; АС – середня інтенсивність обслуговування потоку; АВ – висока інтенсивність обслуговування потоку; РМ – малий ресурс; РС – середній ресурс; РВ – високий ресурс.

Правилами висновку в формі імплікації щодо вихідних змінних, з урахуванням мінімальності знаходження заявок в черзі, будуть:

$$\left. \begin{aligned} & \Lambda M \cap AM \rightarrow PM; \Lambda M \cap AC \rightarrow PM; \Lambda M \cap AB \rightarrow PM; \\ & \Lambda C \cap AC \rightarrow PC; \Lambda C \cap AB \rightarrow PC; \\ & \Lambda B \cap AB \rightarrow PB. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Для випадку, наприклад, $\lambda = 4; \alpha = 4,5$ інтенсивності надходження заявок і обслуговування графічне рішення (4) в табличному виді буде мати вигляд (табл. 1).

Табл. 1

ΛM	ΛC	ΛB	AM	AC	AB	PM	PC	PB
0,35	0,65	0	0,16	0,8	0	0,35	0,65	0

В результаті операції дефазифікації за методом середньої виваженості отримаємо:

$$\rho^* = \frac{0,4 \cdot 0,65 + 0,6 \cdot 0,65 + 0,3 \cdot 0,35}{0,65 + 0,65 + 0,35} = 0,46.$$

Нечітке управління може бути реалізовано спеціальними нечіткими контролерами, в основі яких лежить так звана машина нечітких висновків [8], структура якої показана на рис. 7. Ця машина реалізує нечіткий висновок типу Якщо A то B , як показано на рис. 5.

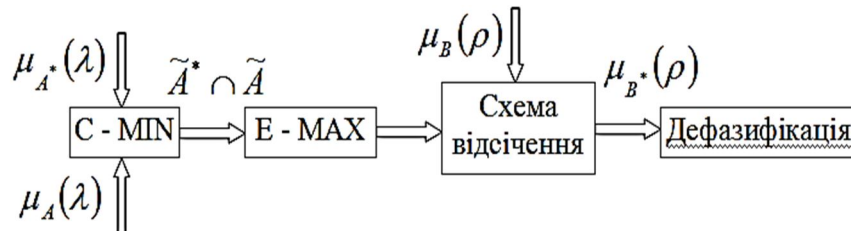


Рис. 7. Функціональна схема нечіткого висновку СМО без пріоритетів

Блок, який реалізує функцію C-MIN, здійснює перетин множин A і A' . Блок, який реалізує функцію E-MAX, виділяє з множини $A \cap A'$ елемент з максимальним значенням, який здійснює усічення множини B , перетворюючи його в множину B' .

Порівняльний аналіз алгоритмів обчислення каналних ресурсів на основі теорії телетрафіку та нечітких продукційних правил висновку дає перевагу на користь нечіткого алгоритму приблизно в три рази [9].

Схема нечіткого висновку рис. 7 може бути використана при управлінні каналним ресурсом в СМО з безпріоритетними чергами типів $\tilde{M}|\tilde{M}|v, \tilde{G}|\tilde{G}|v \quad v = 1, \dots, N$.

3. Висновок

Запропонована нечітка модель і метод управління каналним ресурсом. Порівняльний аналіз алгоритмів обчислення каналних ресурсів на основі теорії телетрафіку і нечітких продукційних правил висновку показує переваги нечітких алгоритмів приблизно в три рази. Реалізація нечіткого управління каналним ресурсом не створює значних обчислювальних навантажень на систему управління мережею.

Список використаної літератури

1. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями / Л. Клейнрок. – Москва: Мир, 1979. – 600 с.
2. Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневский. – Москва: Техносфера, 2003. – 506 с.
3. Дудин А. Н. Практикум на ЭВМ по теории массового обслуживания / А. Н. Дудин, Г. А. Медведев, Ю. В. Меленец. – Минск: «Электронная книга БГУ», 2003. – 110 с.

4. Основы теории вычислительных систем / Под ред. С.А. Майорова. – Москва: Высшая школа, 1978. – 408 с.
5. Митрохин В. Е. Методы обеспечения качества мультисервисной сети / В. Е. Митрохин, Е. Д. Бычков, О. Н. Коваленко // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 7. – С.21-22.
6. Митрохин В. Е. Влияние дисциплины обслуживания очередей на показатели качества обслуживания мультисервисной сети / В. Е. Митрохин, Е. Д. Бычков, О. Н. Коваленко // Омский научный вестник. – 2009. – 1(77). – С. 201-204.
7. Мельник Ю. В. Моделі керування мережевими елементами у відповідності до ідеології TMN / Ю. В. Мельник // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2018. – № 1(58). – С. 66-72.
8. Асаи К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под редакцией Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – Москва: Мир, 1993. – 368 с.
9. Бычков Е. Д. Математические модели систем управления каналным ресурсом мультисервисной системы телекоммуникационной сети / Е. Д. Бычков, Д. Н. Коваленко // Омский научный вестник. – 2012. – 2(110). – С.250 – 254.

References (MLA)

1. Kleinrock L. *Computational Systems with Queues*. Moscow: Mir, 1979. Print.
2. Vishnevsky V. M. *Theoretical Bases of Computer Network Designing*. Moscow: Technosphera, 2003. Print.
3. Dudin A. N., Medvedev G. A., and Melenets Yu. V. *Computer Workshop on Mass Service Theory*. Minsk: Elektronnaia kniga BSU, 2003. Print.
4. Mayorov S. A. (ed.). *Fundamentals of the Theory of Computing Systems*. Moscow: Vysshaya shkola, 1978. Print.
5. Mitrokhin V. E., Bychkov E. D., and Kovalenko O. N. "Methods of Quality Assurance of a Multiservice Network." *Avtomatika, sviaz, informatika* 7 (2008): 21-22. Print.
6. Mitrokhin V. E., Bychkov E. D., and Kovalenko O. N. "Influence of Service Discipline on Queues on Service Quality Indicators of a Multiservice Network." *Omskij Nauchnyj Vестnik* 1(77) (2009): 201- 204. Print.
7. Melnyk Yu.V. "Models of Management of Network Elements in Accordance with the Ideology of TMN." *Telekomunikatsiini ta Informatsiini Technolohii* 1(58) (2018): 66-72. Print.
8. Asai K., Watada D., and S. Iwai S. and others. *Applied Fuzzy Systems*. Moscow: Mir, 1993. Print.
9. Bychkov E. D., and Kovalenko D. N. "Mathematical Models of Control Systems of Channel Resource of Multiservice System of a Telecommunication Network." *Omskij Nauchnyj Vестnik* 2(110) (2012): 250-254. Print.

Автори статті

Мельник Юрій Віталійович – кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувач кафедри телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел +380 (99) 376 46 94. E-mail: melnik_yur@ukr.net.

Хахлюк Олексій Анатолійович – аспірант кафедри телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ. E-mail: u96mode@ukr.net.

Зіненко Юрій Миколайович – аспірант кафедри телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел. +380 63 234 01 64. E-mail: u96mode@ukr.net.

Authors of the article

Melnyk Yurii Vitaliiiovych – candidate of sciences (technical), senior researcher, head of the telecommunication technologies department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel +380 (99) 376 46 94. E-mail: melnik_yur@ukr.net.

Khakhliuk Olexsii Anatoliiovych – graduate student of telecommunication systems and networks department, State University of Telecommunications, Kyiv. E-mail: u96mode@ukr.net.

Zinenko Yurii Mykolaiovych – graduate student of telecommunication systems and networks department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel. +38(063)234-01-64. E-mail: u96mode@ukr.net.

Дата надходження
в редакцію: 21.03.2018 р.

Рецензент:
доктор технічних наук, професор Л. Н. Беркман
Державний університет телекомунікацій, м. Київ,