

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

ЮДІН О. К., КАТЕРИНЧУК І. С.,
СТРЕЛЬБИЦЬКИЙ М. А.

Аналізується структура інформаційних потоків в інтегрованій інформаційній системі прикордонного відомства та формується їх узагальнена структура. Основою методу раціоналізації процесу модернізації елементів інформаційної системи довільної структури за обраною стратегією модернізації є розроблена модель інформаційних потоків інформаційної системи на стадії модернізації. Наводиться структурна модель методу визначення послідовності модернізації елементів інформаційної системи. Результатом її роботи визначається послідовність, при дотриманні якої ймовірність порушення надійності інформації протягом всього періоду модернізації буде відповідати обраній стратегії.

Ключові слова: інформаційна система, послідовність модернізації, метод.

Keywords: information system, consistency of modernization, method.

1. Актуальність дослідження

Виконання основних функцій Державної прикордонної служби України [1] з питань здійснення в установленому порядку прикордонного контролю і пропуску через державний кордон України осіб, транспортних засобів, вантажів, а також виявлення і припинення випадків незаконного їх переміщення, ведення інформаційно-аналітичної діяльності, координація діяльності військових формувань та відповідних правоохоронних органів, пов'язаної із захистом державного кордону України, а також діяльності державних органів, що здійснюють різні види контролю при перетинанні державного кордону України, пов'язане із зберіганням, обробкою та передаванням інформаційних повідомлень службового характеру між суб'єктами інтегрованого управління кордонами.

В результаті розвитку і розширення сфери застосування обчислювальної техніки більша частина діяльності органів охорони державного кордону підлягає автоматизації. Наведене вище є об'єктивним підґрунтям модернізації інтегрованої інформаційної системи (ІС) прикордонного відомства.

2. Аналіз досліджень та публікацій

Значний внесок у розвиток інформаційних технологій створення гарантоздатних автоматизованих систем управління критичного

застосування та дослідження моделей і методів забезпечення функціональної безпеки та надійності інформації внесли відомі вчені Бараннік В.В., Богуш В.М., Герасименко В.А., Грицюк Ю.І., Грушо А.А., Дудикевич В.Б., Катеринчук І.С., Корнієнко Б.Я., Конахович Г.Ф., Ліпаєв В.В., Литвиненко О.Є., Мачалін І.О., Потій О.В., Скляр В.В., Харченко В.С., Юдін О.К. та інші.

Аналіз існуючих підходів до забезпечення функціональної безпеки інформаційних систем показав достатньо глибоке опрацювання досліджень окремо за кожною інформаційною системою. Однак залишаються невивченими особливості процесу модернізації зазначених систем.

Процес обміну інформації в ІС має сталий характер. Разом із тим, при модернізації складових інтегрованої системи інформаційні потоки мають змішану структуру як нової, так і старої версії програмно-апаратного забезпечення. Варто зазначити, що модернізація апаратного забезпечення пов'язана із типом системного програмного забезпечення та, в свою чергу, із спеціальним програмним забезпеченням (СПЗ). При модернізації апаратного забезпечення, яке сумісне за фізичними принципами та протоколами взаємодії із попередньою версією, характеристики інформаційних потоків не змінюються. Це пов'язано із тим, що джерелом інформаційних потоків є спеціальне програмне забезпечення ІС. Аналіз структури інформаційних потоків в ІС показав теоретичну можливість визначення такої послідовності модернізації елементів інформаційних систем, при якій загальна ймовірність порушення надійності інформації протягом терміну модернізації буде мінімальною. Наведене вище визначило необхідність розробки теоретичних підходів до визначення раціональних послідовностей модернізації елементів ІС.

Метою дослідження є розробка методу визначення раціональної послідовності модернізації елементів інформаційної системи.

3. Виклад основного матеріалу

На стадії модернізації програмного забезпечення здійснюється зміна структури та (або) кількості даних, що надходить до інших елементів ІС. Таким чином, під час заміни СПЗ можливий

негативний вплив такого дестабілізуючого фактору, як невідповідність версій інформаційних потоків.

Аналіз інформаційних потоків ІС прикордонного відомства [2, 3] дозволив сформулювати їх узагальнену структуру (рис.1).

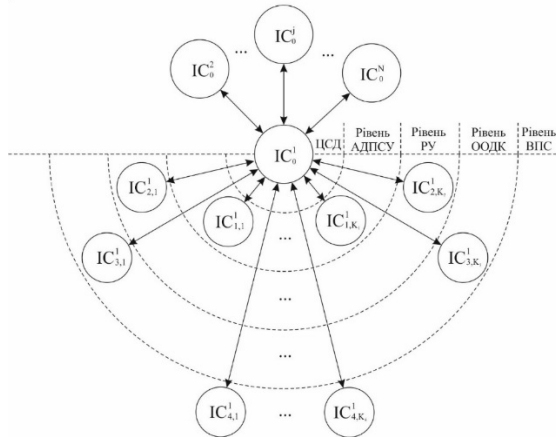


Рис. 1. Узагальнена структура інформаційних потоків в ІС

На рис. 1 представлена взаємодія першої ІС з рештою N ІС прикордонного відомства. Порядок ІС та призначення порядкових номерів є довільним та може застосовуватись до кожної із систем залежно від потреби. На кожному рівні автоматизації знаходиться K_i автоматизованих робочих місць, де i – індекс рівня автоматизації (1 – рівень АДПСУ, 4 – рівень підрозділу).

Аналіз узагальненої структури інформаційних потоків в ІС дозволяє в кожному конкретному випадку, щодо певної ІС, представити інші інформаційні системи (підсистеми) як агреговані автоматизовані місця системи, що розглядається. Це дає можливість абстрагуватись від конкретної реалізації інших ІС та спростити аналітичний опис моделі.

Разом із тим, наявність різних рівнів автоматизації не змінює топологічну структуру інформаційних потоків, що дозволяє розглядати всі АРМ як рівноправні, тобто такі, які не впливають один на одного безпосередньо, але з власними значеннями величин інформаційних потоків. Обмін даними між АРМ здійснюється через складову ІС, яка розгорнута в центральному сховищі даних.

Таким чином, до моделі інформаційних потоків ІС на стадії модернізації входять дві групи елементів: центральний елемент (E_0) та периферійні елементи ($E_i, i = \overline{1, K}$), що представлені автоматизованими робочими місцями, взаємодіючими ІС та підсистемами. Елементи з'єднані один з одним за топологією "зірка" (рис.2). Між елементами моделі (центральним та периферійними елементами) здійснюється інформаційний потік величиною

$\lambda_{i,j}$, де $i, j = \overline{0, K}$. Ймовірність порушення властивостей інформації при невідповідності версій спеціального програмного забезпечення визначається через $P_{i,j}$, де $i, j = \overline{0, K}$.

В моделі передбачається взаємодія елемента ІС із центральним вузлом та інформаційний обмін між елементами системи через центральний вузол. Наведена модель відповідає структурі інформаційних потоків ІС прикордонного відомства та процесу взаємодії автоматизованих робочих місць через підсистему, яка розгорнута в центральному сховищі даних.

Враховуючи, що всі ІС прикордонного відомства побудовані за клієнт-серверною технологією, розмірність величини інформаційного потоку $\lambda_{i,j}$ між елементами моделі приймемо як кількість запитів за одиницю часу.

Ймовірність порушення властивостей інформації на окремому елементі ІС при здійсненні однієї операції запит-відповідь від іншого елемента системи залежить від ймовірностей модернізації взаємодіючих елементів $P_i^m(t)$, $P_j^m(t)$ та ймовірності порушення властивостей інформації при невідповідності версій спеціального програмного забезпечення $P_{i,j}$.

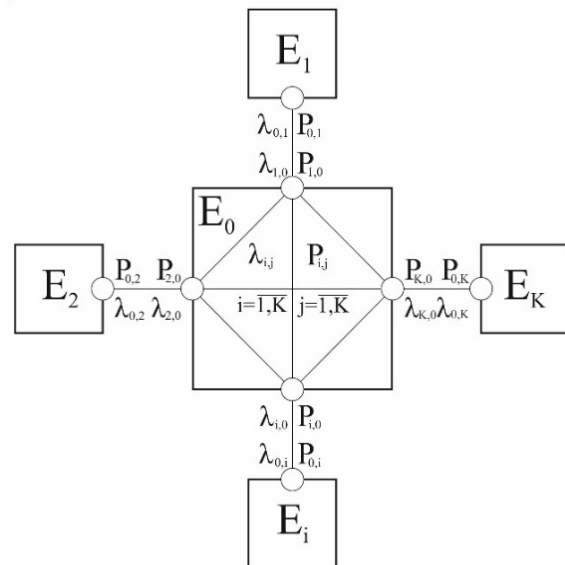


Рис. 2. Модель інформаційних потоків ІС на стадії модернізації

Таким чином, ймовірність порушення властивостей інформації при отриманні даних з іншого елемента становить:

$$P_{i,j}^*(t) = P_i^m(t) \cdot (1 - P_j^m(t)) \cdot P_{i,j} \quad (1)$$

В функціональній залежності (1) прийнято припущення, що порушення властивостей інформації здійснюється тільки за наявності інформаційного потоку від нової версії СПЗ до старої.

В іншому випадку порушення надійності інформації не здійснюється з причини узгодженості нової версії СПЗ. За потреби зміни форматів даних чи інших причин невідповідності різних версій СПЗ модернізацію можна здійснити за допомогою проміжної версії з дотриманням припущення в (1).

Для визначення ймовірності порушення надійності даних протягом всього терміну модернізації необхідно з'ясувати кількість запитів i -го елемента до j -го та отримання відповідей (блоків даних) за час t модернізації ІС, що в свою чергу становить:

$$k_{i,j}(t) = \lambda_{i,j} t. \quad (2)$$

Таким чином, порушення надійності хоча б одного блоку інформації протягом терміну t при взаємодії з j -м елементом становить:

$$P_{i,j}^E(t) = 1 - (1 - P_{i,j}^*(t))^{k_{i,j}(t)}. \quad (3)$$

Визначимо ймовірність порушення властивостей інформації протягом терміну t при модернізації ІС на її окремому елементі $P_i^E(t)$ при взаємодії із рештою складових:

$$P_i^E(t) = 1 - \prod_{j=0}^K [1 - P_{j,i}^E(t)]. \quad (4)$$

Ймовірність модернізації елемента ІС змінюється за експоненціальним законом, функція розподілу якого має вигляд:

$$P_i^m(t) = 1 - e^{-\mu_i t}, \quad (5)$$

де μ_i – параметр швидкості здійснення модернізації i -го елемента ІС.

Враховуючи (4), визначимо ймовірність порушення надійності інформації ІС в цілому:

$$P^{IC}(t) = 1 - \prod_{i=0}^K [1 - P_i^E(t)] \quad (6)$$

Динаміка зміни ймовірності порушення надійності даних на одному елементі ІС показала тенденцію до її зниження при збільшенні швидкості оновлення елемента на який поступають дані відносно іншого елемента. Таким чином, організаційними заходами щодо порядку модернізації можливо знизити порушення властивостей інформації в ІС.

Для врахування поетапного процесу модернізації модифікуємо (5):

$$P_i^m(t, t_i^b) = \begin{cases} 0, & t < t_i^b \\ 1 - e^{-\mu_i(t - t_i^b)}, & t \geq t_i^b \end{cases}, \quad (7)$$

де μ_i – параметр швидкості здійснення модернізації i -го елемента ІС; t_i^b – час початку проведення модернізації.

Враховуючи (7), функціональна залежність (1) прийме вигляд:

$$P_{i,j}^*(t) = (1 - P_i^m(t, t_i^b)) \cdot P_j^m(t, t_i^b) \cdot P_{i,j}. \quad (8)$$

Зазначений принцип модернізації зменшує ймовірність порушення властивостей інформації, викликаних невідповідностями версій СПЗ (рис. 3).

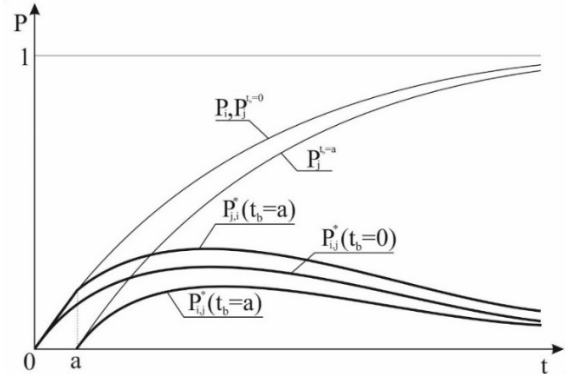


Рис. 3. Зміна ймовірності порушення надійності даних залежно від послідовності модернізації елементів. Разом із тим, зміна послідовності модернізації призводить до збільшення ймовірності порушення надійності даних. Таким чином, основним принципом послідовності модернізації елементів ІС, який знижує ймовірність порушення надійності даних, є модернізація за величиною вихідного потоку та ймовірності порушення даних при невідповідності версій СПЗ. При однаковій ймовірності порушення даних з причини невідповідності версій СПЗ двох елементів модернізується першим той, в кого вхідний потік менший.

Для прийняття рішення на основі інформації, яка обробляється в системах реального часу, ключовим аспектом є своєчасність і достовірність виконання запиту користувача. На стадії модернізації ІС можливе виникнення порушення властивостей інформації, викликане невідповідністю версій СПЗ.

Таким чином, метою методу є раціоналізація процесу модернізації елементів ІС довільної структури за обраною стратегією модернізації.

Вихідними даними методу визначення послідовності модернізації елементів ІС є:

$E = \{E_i\}$ – множина елементів ІС, де $i = \overline{0, K}$;

$\Lambda = [\lambda_{i,j}]$ – матриця величин інформаційних потоків між елементами ІС;

$P^V = \{P_{i,j}\}$ – матриця ймовірностей порушення властивостей інформації в процесі здійснення обміну між двома елементами ІС при невідповідності версій спеціального програмного забезпечення.

Загалом, визначення раціональної послідовності можливе шляхом повного перебору варіантів перестановок множини елементів ІС, кількість

яких становить $N = |E|$. Зазначимо, що окремі ІС прикордонного відомства містять тисячі елементів, тому вирішення цієї проблеми таким підходом при існуючих обчислювальних потужностях є неможливим [4]. Раціональну послідовність будемо визначати за допомогою загального алгоритмічного підходу – методу гілок та меж [5].

Першим етапом методу є визначення часу початку проведення модернізації i -го елемента. Разом із тим, структура та особливості інформаційних потоків окремих ІС можуть передбачати ізоляцію окремих елементів один від одного з причини відсутності впливу дестабілізуючих факторів модернізації, тобто обмін між елементами здійснюється, але ймовірність порушення даних, викликаних стадією модернізації, відсутня. Цей факт дозволить здійснювати модернізацію таких елементів в будь-який момент протягом терміну модернізації.

З метою зменшення часу модернізації такі елементи об'єднаємо в групи із загальним часом початку проведення модернізації. Таким чином, послідовність модернізації задається параметром t_k^b часу початку проведення модернізації елементів k -ї групи. Даний параметр визначається через величину ймовірності того, що елемент буде модернізовано за даний час, та параметр швидкості модернізації. Час початку модернізації початкового елемента (групи) $t_0^b = 0$. Час початку модернізації для елементів будь-якої групи становитиме максимальний час з елементів попередньої групи модернізації. Визначимо час, при якому елемент ІС e_i буде модернізовано з ймовірністю P^b :

$$t_i^b = -\frac{\ln(1 - P^b)}{\mu_i} \quad (9)$$

Таким чином, час початку модернізації для будь-якої групи становитиме:

$$t_k^b = t_{k-1}^b + \max(t_i^b)_{t_i^b \in M_{k-1}}, k > 0. \quad (10)$$

Другим етапом методу є побудова матриці величин ймовірностей порушення надійності інформації між елементами ІС $\Xi = [\xi_{i,j}]$ при заданому інформаційному потоці $\lambda_{i,j}$ за одиницю часу, де $j = \overline{0, K}$.

Елемент $\xi_{i,j}$ розраховується так:

$$\xi_{i,j} = 1 - (1 - P_{i,j})^{\lambda_{i,j}}. \quad (11)$$

Фізичним сенсом функціональної залежності (11) є значення ймовірності порушення властивостей інформації при здійсненні

інформаційного обміну між обома елементами ІС із заданою інтенсивністю за одиницю часу.

Третім етапом методу є побудова матриці суміжностей навантаженого графа функцією $A = [a_{i,j}]$ де елемент $a_{i,j}$ формується так:

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1, \xi_{i,j} > 0 \\ 0, \xi_{i,j} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Четвертим етапом методу є формування списку послідовності модернізації вузлів ІС, які не здійснюють дестабілізуючого впливу на інші елементи. Принцип побудови даного списку полягає у почерговому видаленні вузлів графа представленого матрицею $A = [a_{i,j}]$ у яких напівступінь виходу:

$$\text{dev}^+(e_i) = 0, \quad (13)$$

де e_i – вершина графа.

Умова (13) означає відсутність дуг, що виходять із вузла, тобто на елементі ІС буде здійснено більше порушення даних, ніж на іншому пов'язаному елементі. При наявності в графі декількох вузлів, для яких виконується умова (13), обирається вузол, сумарне значення ймовірностей якого максимальне, а саме:

$$e_i = \arg \max_j \left(\sum_{j \in V} a_{j,i} \xi_{j,i} \right) \quad (14)$$

При цьому зазначені вузли об'єднуються в групу $M_0 = \{e_i^0\}$, де 0 – індекс ітерації (групи). Це дозволить в подальшому раціоналізувати процедуру модернізації за критерієм мінімізації часу шляхом паралельного оновлення СПЗ в усіх органах та підрозділах охорони кордону елементів, які належать одній групі.

П'ятим етапом методу є формування уточненої матриці величин ймовірностей порушення надійності інформації між елементами ІС, в яких видалені вузли, що об'єднані в групу $M_0 = \{e_i^0\}$, а саме $E' = E \setminus M_0$. Зазначена операція дозволить зменшити обсяг розрахунків які будуть проводитись в наступних етапах.

В загальному випадку наявність вершин в графі, в яких виконується умова (13), не є обов'язковою. Це можливо при наявності циклів у графі, тобто взаємного впливу різних версій СПЗ один на одного. Для пошуку оптимальної за визначеним критерієм послідовності модернізації на шостому етапі використовується підхід гілок та меж, де поточне значення ймовірності порушення даних в ІС обраної послідовності модернізації являє собою нижню межу для відхилення від розгляду решти "гілок дерева" перестановки. Загальна структурна

модель методу визначення послідовності модернізації елементів ІС зображена на рис. 4.

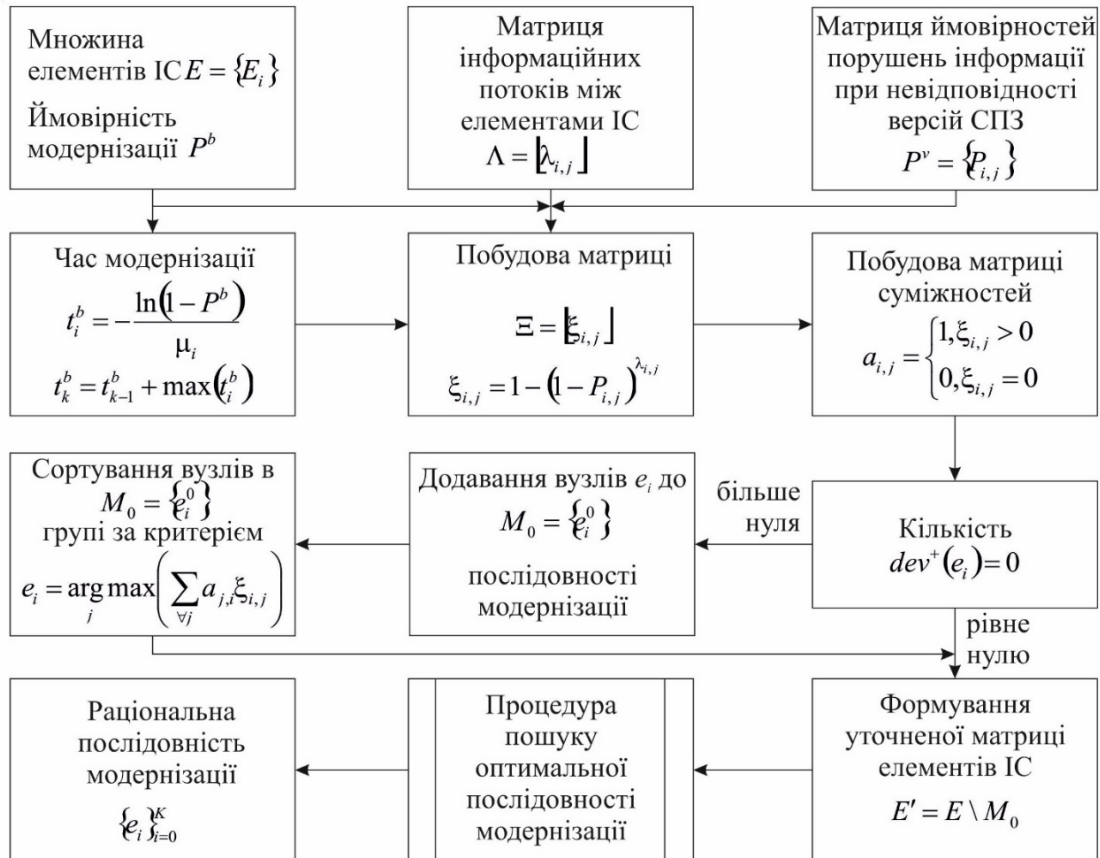


Рис. 4. Структурна модель методу визначення послідовності модернізації елементів ІС

Результатом роботи методу визначена послідовність $\{e_i\}_{i=0}^K$, при дотриманні якої ймовірність порушення надійності інформації протягом всього періоду модернізації буде відповідати обраній стратегії.

Висновок. Розроблений метод визначення раціональної послідовності модернізації елементів інформаційної системи обумовлюється обраним показником ефективності та ґрунтується на визначених замовником особливостях функціонування інформаційної системи та самого процесу оновлення спеціального програмного забезпечення. Застосування даного методу дозволить здійснювати модернізацію складових інформаційних систем в умовах дотримання встановленого нормативного рівня надійності інформаційного ресурсу прикордонного відомства. В подальшому зазначений метод може бути застосований в розробці технології забезпечення функціональної безпеки інтегрованої інформаційної системи Держприкордонслужби на стадії модернізації.

Література: 1. Закон України Про Державну прикордонну службу України // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2003. N 27. Ст.208.

2. Юдін О.К., Стрельбицький М.А. Зміст та ієрархія реєстру інформаційних ресурсів Держприкордонслужби України //Проблеми інформатизації та управління, №4(56)/2016. С. 85-91. 3. Юдін О.К., Стрельбицький М.А. Ієрархічний класифікатор автоматизованих систем прикордонного відомства. Радиоелектроника и информатика. № 1(76). 2017. 4. Ромм Я. Е., Назарьянц Е. Г. Полиномиальная сложность параллельной формы метода ветвей и границ решения задачи коммивояжера // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. №4 (165). 5. Сигал И. Х., Иванова А. П. Введение в прикладное дискретное программирование. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

Транслітерований список літератури:

1. Zakon Ukrainy Pro Derzhavnu prykordonnu sluzhbu Ukrainy // Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR). 2003. N 27. st.208. 2. Yudin O.K., Strelbitskiy M.A. Zmist ta iierarkhiia reiestru informatsiinykh resursiv Derzhprykordonsluzhby Ukrainy Problemy informatyzatsii na upravlinnia, №4(56)/2016. S. 85-91. 3. Yudin O.K., Strelbitskiy M.A. Iierarkhichni klasyfikator avtomatyzovanykh system prykordonnoho vidomstva, Kharkovskiy Natsyonalnyi unyversytet radyoelektronyky, ISSN 1563-0064 Radyoelektronyka y ynformatyka // Nauchno-tekhnycheskiy zhurnal № 1(76), yanvar – mai 2017. 4. Romm Ya. E., Nazariants E. H. Polynomyalnaia slozhnost parallelnoi formy metoda vetvei y hranys resheniya zadachy kommyvoiazhera // Yzvestyia YuFU. Tekhnycheske nauky. 2015. №4 (165).

5. Syhal Y. Kh., Yvanova A. P. Vvedeniye v prykladnoe dyskretnoe prohrammyrovanye. M.: FYZMATLYT, 2002.

Надійшла до редколегії 11.03.2018

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Бараннік В.В.

Юдін Олександр Костянтинович, д-р техн. наук, професор, член-кореспондент Академії Зв'язку України, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, директор інституту комп'ютерних інформаційних технологій Національного авіаційного університету. Адреса: Україна, 03058, Київ, проспект Космонавта Комарова, 1. E-mail: kszzi@ukr.net

Катеринчук Іван Степанович, д-р техн. наук, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, професор кафедри радіотехніки та телекомунікацій Національної академії Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького. Адреса: вул. Шевченка, 46, Хмельницький, 29000, Україна.

Стрельбіцький Михайло Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, докторант Національної академії Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького. Адреса: вул. Шевченка, 46, Хмельницький, 29000, Україна. E-mail: m.strelb@ukr.net

Yudin Alexander Konstantinovich, D. of Engineering, professor. Corresponding member of Academy of Connection of Ukraine. Laureate of the State bonus of Ukraine in area of SciTech. Director of institute of computer information technologies the National Aviation University. Address: Kosmonavta Komarova Street, 1, Kyiv, 03058, Ukraine,

Katerynychuk Ivan Stepanovich, D. of Engineering, professor. Laureate of the State bonus of Ukraine in area of SciTech. Professor of the Department of Radio Engineering and Telecommunications of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine. Address: st. Shevchenko, 46, Khmelnytsky, 29000, Ukraine.

Strelbtskiy Mykhailo Anatoliyovych, PhD in Eng., doctoral of National Academy of State Border Service of Ukraine named after B. Khmelnytskyi. Address: st. Shevchenko, 46, Khmelnytsky, 29000, Ukraine.