

ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 681.3

**В. Турченко, канд. техн. наук; В. Кочан, канд. техн. наук;
П. Биковий; А. Саченко, докт. техн. наук; В.Коваль, канд. техн. наук;
Дж. Марковський, докт. техн. наук**
Тернопільська академія народного господарства

ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ДИСТРИБУТИВНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ

В даній статті описано алгоритм визначення ключових функціональних показників компонентів дистрибутивних систем безпеки периметру території. На основі аналізу множини формалізованих показників спроектовано структуру бази даних САПР. Запропоновано для оптимізації функціонально-вартісних показників спроектованої бази даних використати метод морфологічних матриць та відбір тих варіантів дистрибутивних сенсорних мереж, що задовольняють Паретовій множині за кожним з ключових функціональних показників.

Вступ

Останнім часом розвитку систем безпеки приділяється значна увага. Зокрема, тільки для дослідження за даними відділу державної безпеки США [1] на ці дослідження виділено 3 мільярди доларів на 2003 – 2007 фінансові роки. При цьому, крім росту кількості систем, ростуть їх функціональні можливості і складність системи в цілому [2]. Зокрема, сучасні системи характеризуються (і) комплексністю, яка полягає у захисті від усіх видів загроз та від усіх шляхів виникнення цих загроз, (ii) багаторівневим захистом, в якому функції рівнів взаємно доповнюють одне одного, (iii) використанням методів штучного інтелекту для організації взаємодії рівнів захисту з метою класифікації виду загрози та її ступеню, (iiii) захистом від несанкціонованого доступу до самих систем безпеки та їх прихованою дією. Очевидно, що це веде до росту ціни окремих реалізацій систем безпеки. Тому актуальною задачею є оптимізація таких систем безпеки за функціонально-вартісними характеристиками. Складність задачі оптимізації полягає в тому, що багатфункціональні системи безпеки складаються з багатьох різнорідних та різнотипних компонентів, які повинні взаємодіяти в строго визначеному порядку [3]. Тому система оптимізації мусить оперувати з багатьма параметрами багатьох компонентів, враховуючи не тільки параметри компонентів, спрямовані на виконання функцій безпеки, а і на багато інших параметрів, які забезпечують функціонування системи.

Виходячи зі сказаного вище, першою підзадачею є створення бази даних компонентів, призначених для побудови різнопланових систем безпеки. Через велику номенклатуру компонентів, які мають різні функції в системі, необхідно обґрунтовано вибрати модель та структуру бази даних, яка б забезпечила оперативність управління даними, швидкість пошуку інформації та обробки запитів. Крім того, всі компоненти системи описуються великою множиною технічних і нетехнічних характеристик, більшість з яких, з точки зору процесу оптимізації системи безпеки, є другорядними. Тому необхідне виділення ключових функціональних показників та їх подальша уніфікація, які будуть брати участь в процесі оптимізації.

Другою задачею є визначення компонентів, що можуть взаємно замінити один одного, тобто є альтернативними варіантами при оптимізації. Третьою підзадачею є визначення сумісності різних компонентів при їх взаємодії. При цьому слід

враховувати, що визначення такої взаємодії необхідне не тільки для сусідніх компонентів в структурній схемі системи. Наприклад, сенсор системи безпеки безпосередньо взаємодіє з кабелем. Однак сумісність для сенсора визначається як для кабелю, так і для вузла розпізнавання небезпеки (Alarm Processor). Четвертою підзадачею є власне оптимізація набору компонентів системи для отримання найкращого для даного використання співвідношення між функціональними характеристиками системи та її вартістю.

На сьогодні на ринку відсутні такі та подібні системи оптимізації систем безпеки. Тому проектування таких систем вимагає вирішення перелічених вище задач, що і є предметом даної статті.

1. Створення бази даних компонентів

Першим кроком при створенні бази даних є попередня підготовка параметрів компонентів. Для цього розроблена методика формування ключових функціональних показників якості з множини наявних технічних характеристик, що описують даний компонент [4, 5]. Алгоритм обробки множини наявних технічних характеристик поданий на рис. 1.

На першому кроці алгоритму здійснюється формування початкової таблиці параметрів компонентів, яка включає максимум технічних характеристик для різних реалізацій даного компоненту. В лінійках таблиці записуються технічні характеристики, а в стовпцях – типи конкретних реалізацій даного компоненту. На другому кроці алгоритму здійснюється усунення всіх лінійок таблиці, інформація в яких співпадає (з допустимим відхиленням) для всіх типів компонентів або не відноситься до технічних характеристик. Наступні чотири кроки алгоритму здійснюють класифікацію показників компонентів за критеріями обмеження, якості, надійності та затрат на придбання і обслуговування компонента шляхом запису відповідної змінної у відповідну лінійку таблиці. Це дозволить надалі легко перенести таблицю в базу даних компонентів.

До показників обмеження відносяться ті ключові функціональні показники, які, безумовно, повинні виконуватися (наприклад, діапазон робочих температур, допустимий рівень створюваних завад тощо). До показників якості відносяться ті, які характеризують зону дії, чутливість, селективність, здатність до класифікації, тощо. До показників надійності відносять не тільки час напрацювання на відмову, а і захищеність від природних і цілеспрямованих (створених порушником) завад,

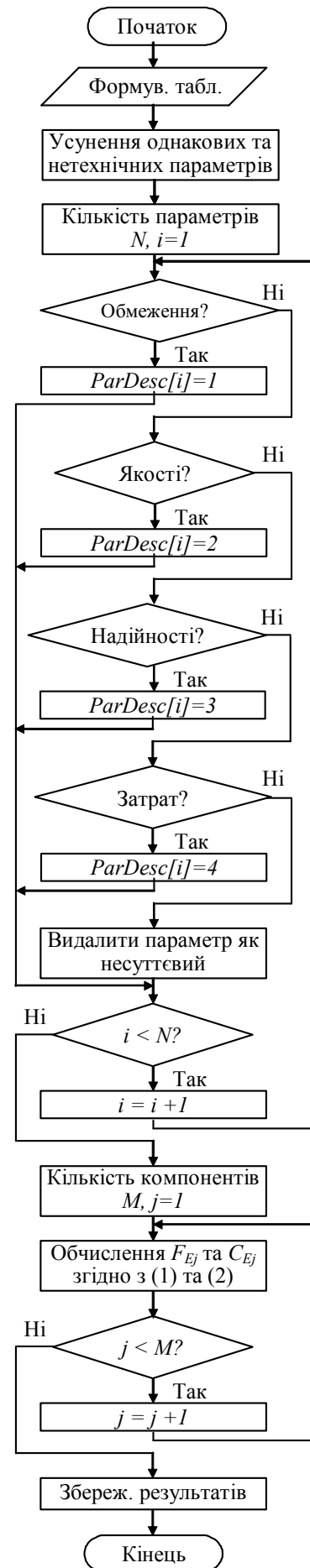


Рис. 1. Алгоритм обробки множини наявних технічних характеристик

несанкціонованого втручання, стійкість до випадкового і цілеспрямованого пошкодження тощо.

Якщо поточний показник не відноситься до одного з перерахованих вище критеріїв, то ця лінійка усувається як другорядна по відношенню до основної функції даного компонента. Після цього таблиця фіксується за кількістю лінійок, які назвемо ключовими функціональними показниками даного компонента, і за кількістю стовпців, що описують кількість наявних (знайдених) реалізацій M даного компонента.

Тепер починається обробка таблиці за стовпцями M . В зв'язку з великою різномірністю показників якості та надійності для побудови системи оптимізації необхідно виробити механізм порівняння показників між собою. Пропонується використовувати відносні обернені (кращому значенню відповідає менше значення) значення ключових функціональних показників F_{Ej} , які розраховуються за формулою:

$$F_{Ej} = 150 - \frac{F_j}{F_{\max}} \times 100, \quad (1)$$

де F_j – показник j -того компонента; F_{\max} – максимальне значення показника для певної характеристики компонента.

В затрати на придбання і обслуговування необхідно включати не тільки ціну компоненти, а і затрати на його монтаж, відлагодження та обслуговування, а також враховувати гарантійний строк служби. Відносні затрати на придбання і обслуговування було оцінено, виходячи з ціни сенсорів і терміну гарантії відповідно до наступної формули:

$$C_{Ej} = P + \frac{W_{\max}}{W_j} \times P, \quad (2)$$

де P - ціна компонента; W_{\max} – максимальний гарантійний термін серед всіх компонентів; W_j – гарантійний термін j -того компонента.

На рис.2 подана результуюча таблиця параметрів пасивних інфрачервоних сенсорів, створена за запропонованим алгоритмом рис. 1 на базі вхідної таблиці даних [6]. В цій таблиці лінійки 4, 11, 12 відносяться до ключових функціональних показників обмеження, лінійки 3, 5 - до показників якості, а лінійки 6 і 7 - до показників надійності. Лінійка 17 відбиває відносні затрати на придбання і обслуговування компоненти.

	Siemens IR80	DSC Bravo 2	Optex FX-40	Rokonet Titan	Ademco 996	Crow SRP-100	Pyronix Colt	Visonic Coral plus
4. Look down zone	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes	No
11. RFI up to 1 GHz	10 V/m	50 V/m	20 V/m	20 V/m		30 V/m	EN50130-4	> 30 V/m
12. Operation temperature	-20 to 55° C	0 to 50° C	-20 to 50° C	-10 to 50° C	-10 to 50° C	-20 to 60° C	-10 to 50° C	-10 to 50° C
3. Detection range	105	104	105	81	81	50	81	81
5. Sensitivity settings	130	150	110	90	110	50	90	110
6. Insect protection	50	50	50	150	150	50	50	50
7. Pet immunity	50	110	150	110	110	110	150	110
17. Equivalent costs	32	24.2	19.8	22.6	25	34	18.7	34

Рис. 2. Результуюча таблиця ключових функціональних показників пасивних інфрачервоних сенсорів

Наступним кроком підготовки даних є визначення взаємозамінності компонентів для того, щоб визначити можливість їх використання як альтернативних варіантів при оптимізації. Основним критерієм для визначення взаємозамінності компонентів є відсутність якісних відмінностей у їх ключових функціональних показниках та параметрах підключення. Наприклад, сенсори, що відрізняються тільки

радіусом дії, є взаємозамінними, тому для захисту однакового периметру потрібна різна кількість цих сенсорів. Сенсори, які мають різний вихідний сигнал, не є взаємозамінними. Доцільно є автоматизована перевірка компонентів системи безпеки на взаємозамінність. Однак в зв'язку з тим, що задача визначення взаємозамінності слабо піддається формалізації, доцільно ввести відповідний режим візуальної перевірки і редагування людиною. Наступним показником, який теж слабо піддається формалізації, є показник сумісності. Він може бути визначений програмно шляхом аналізу характеристик вихідних і вхідних сигналів компонентів системи. Однак в зв'язку з можливим нееквівалентним описом вхідних і вихідних параметрів різних компонентів, також доцільно передбачити можливість візуальної перевірки та редагування цих показників людиною. Проведена за запропонованою методикою попередня обробка параметрів компонентів систем безпеки дозволяє створити базу даних для оптимізації таких систем.

Для створення бази даних компонентів системи безпеки доцільно вибрати реляційну модель бази даних, що підтримується практично усіма сучасними системами управління базами даних. Оптимізація системи безпеки буде полягати в послідовному переборі матриці компонентів системи, що легко забезпечується використанням реляційної моделі бази даних. Приклад розробленої реляційної бази даних системи безпеки наведено на рис. 3.

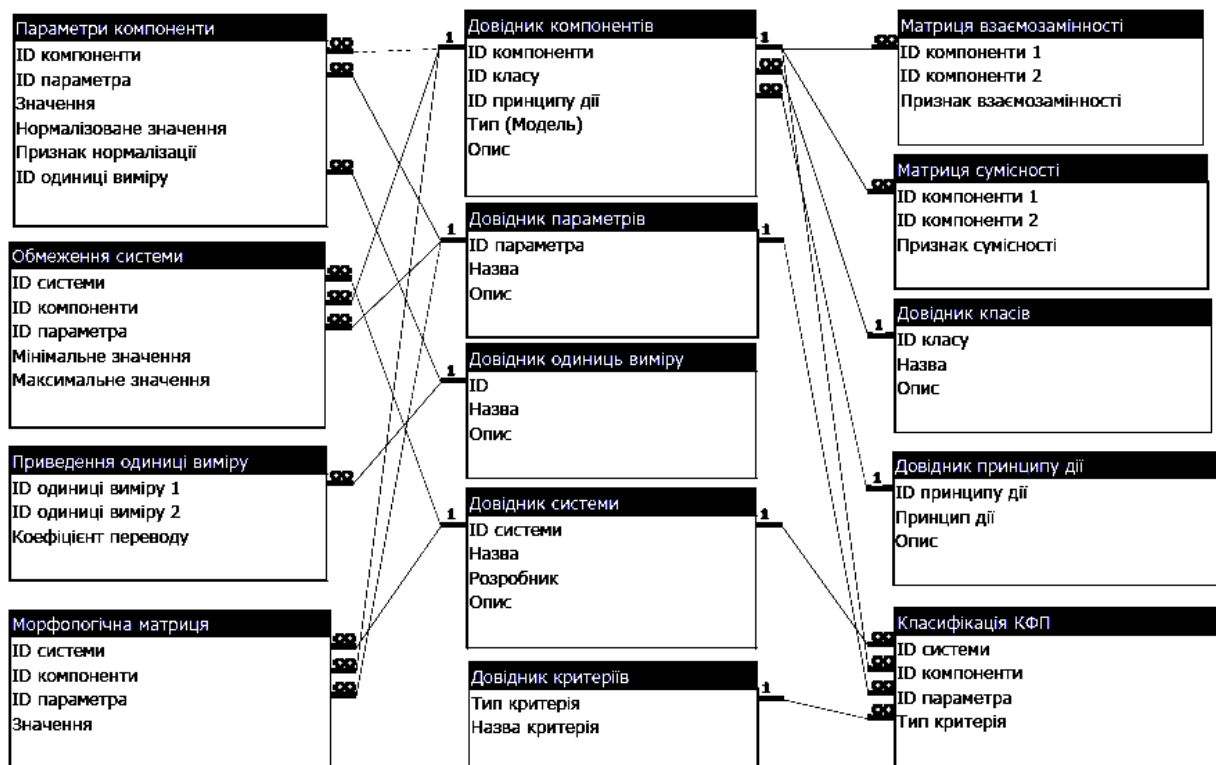


Рис. 3. Структура бази даних системи безпеки периметра території

Файл „Довідник компонентів” містить ключовий атрибут „ID компоненти”, за яким визначається клас, принцип дії, модель та опис компоненти, що буде використовуватись в системі. Файл „Довідник одиниць виміру” містить інформацію про назву та одиниці вимірювання параметрів компонентів систем. Інформація про створені системи безпеки, що складаються з різних класів компонентів, міститься у файлі „Довідник системи”. Файл „Довідник параметрів” містить параметри компонентів системи. Критерії, до яких належать ключові функціональні показники компонентів системи, містяться у файлі „Довідник критеріїв”. Файл „Параметри компоненти” містить складений ключ „ID компоненти” та „ID параметра”, за якими визначається значення, нормалізоване значення, признак нормалізації та одиниця

вимірювання кожного параметра компоненти системи. Файл „Класифікація КФП” містить складений з атрибутів „ID системи”, „ID компоненти”, „ID параметра” ключ, за яким визначають критерії класифікації ключових функціональних показників компонентів системи. Файл „Обмеження системи” містить три ключових атрибути „ID системи”, „ID компоненти” та „ID параметра”, за якими визначаються мінімальні та максимальні значення обмежень параметрів компонентів системи. За допомогою ключових атрибутів „ID системи”, „ID компоненти” та „ID параметра” файлу „Морфологічна матриця” визначають відносні значення ключових функціонально-вартісних показників компонентів системи. Файли „Матриця взаємозамінності” та „Матриця сумісності” містять признаки взаємозамінності та сумісності двох компонентів, що містяться в ключових атрибутах „ID компоненти 1” та „ID компоненти 2”. Назва та опис всіх класів міститься у файлі „Довідник класів”. Файл „Довідник принципу дії” містить інформацію про принципи дії компонентів системи. За допомогою файлу „Приведення одиниці виміру” переводять одну одиницю вимірювання в іншу.

2. Узагальнений алгоритм оптимізації систем безпеки

Сучасні системи безпеки периметра території по суті будуються як дистрибутивні сенсорні мережі [7]. Тому для виконання процедури оптимізації спочатку необхідно розробити узагальнену структурну схему каналу обробки даних від сенсора системи безпеки. Така схема подана на рис. 4 і складається з сенсора, кабеля під’єднання сенсора до панелі, самої панелі, лінії зв’язку з комп’ютером візуалізації та прийняття рішень. Для оптимізації доцільно застосувати апарат векторного синтезу [8, 9]. Останній базується на побудові морфологічної матриці із кількістю рядків N , що дорівнює кількості компонентів в узагальненій структурі рис. 3 і кількістю стовпців M , що дорівнює кількості альтернативних варіантів реалізації кожного з компонентів. При цьому кількість стовпців є індивідуальною для кожного рядка. Вона відбиває кількість альтернативних варіантів реалізації складової частини системи і відповідає кількості компонентів даного функціонального призначення, які присутні в базі даних. Кожен компонент (рис. 4) характеризується своїми ключовими функціональними показниками.

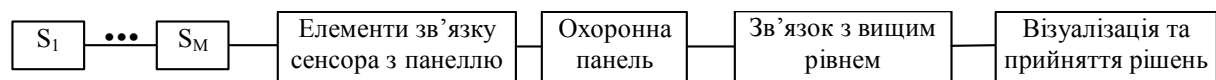


Рис. 4. Узагальнена структурна схема каналу обробки даних від сенсора системи безпеки

Перед виконанням процедури оптимізації необхідно ввести дані про загальні вимоги до системи безпеки периметру території – розміри охоронної зони периметру, основні впливаючі фактори, (діапазон робочих температур і вологості для зон розміщення окремих компонентів, параметри завод, які можуть виникати при експлуатації системи та інші обмеження), а також головний для кожного компонента показник якості, що буде використаний при обчисленні сумарного показника якості системи.

Процедура оптимізації є багатопрохідною. Під час кожного проходу з кожного рядка морфологічної матриці почергово вибирається лише один зі стовпців, таким чином, кожен прохід формує один альтернативний варіант побудови системи безпеки. Потім альтернативні варіанти оцінюються за ключовими функціональними показниками системи в цілому. Кожен крок кожного проходу починається з вибірки з бази даних ключових функціональних показників компонента. При цьому виконуються наступні операції:

1. Перевірка ключових функціональних показників обмеження. Якщо ці показники для компонента не відповідають обмеженням для системи в цілому, то поточний варіант відкидається. Однак необхідно враховувати конкретні умови експлуатації даного компонента в зоні його розміщення;

2. Перевірка сумісності компонентів у поточному варіанті системи. Компонент, який вибирається з бази даних першим при формуванні нового варіанту системи (у нашому випадку сенсор), вважається наперед сумісним. Надалі наступні компоненти перевіряються на сумісність з попередньо вибраними компонентами. Однак, хоча структура системи безпеки (рис. 4) є лінійною (вхід наступного компонента підключається тільки до виходу попереднього), в процедурі оптимізації необхідно передбачити глибшу перевірку на сумісність. Зокрема, необхідна перевірка на сумісність не тільки пари сусідніх компонентів сенсор – кабель, а і сенсор – охоронна панель. Якщо компоненти поточного варіанту системи є несумісними, то варіант відкидається. Однак, для контролю правильності задання показників сумісності в базі даних компонентів несумісні пари компонентів записуються в окремий файл, який перевіряється користувачем системи оптимізації;
3. Визначення кількості компонентів системи безпеки, які забезпечують захист заданого периметру території. Наприклад, для сенсорів підраховується кількість потрібних сенсорів, виходячи з їх радіусу дії і довжини охоронної зони (з врахуванням заданого коефіцієнта перекриття); для кабелів визначається сумарна довжина (з врахуванням можливості підключення декількох сенсорів до одного багатожильного кабеля); для охоронної панелі визначається необхідна кількість входів, яка, в свою чергу, визначається кількістю сенсорів.

Далі при виконанні кожного кроку проводиться обчислення ключових функціональних показників k -го альтернативного варіанту проекрованої системи. При цьому показник еквівалентних затрат k -го альтернативного варіанту системи C_k^{sys} знаходять шляхом сумування відповідних показників кожного компонента

$$C_k^{sys} = \sum_{j=1}^m C_{Ei},$$

де C_{Ei} - відносні затрати на вибраний компонент системи безпеки; i - номер стовпця вибраного компонента в рядку; $i = \overline{1, n}$, j - номер рядка в морфологічній матриці, $j = \overline{1, m}$.

Показник надійності k -го альтернативного варіанту системи P_k^{sys} знаходиться за формулою

$$P_k^{sys} = \prod_{j=1}^m (P_i + A) / 100,$$

де P_i - ключовий функціональний показник надійності i -того компонента, A - константа, яка дозволяє приймати участь в оптимізації компонентам з нульовим ключовим функціональним показником надійності. Ця константа повинна бути підібрана експериментально таким чином, щоб обчислене значення надійності найкращих систем відповідало приблизно значенням дійсної надійності таких систем.

Показник якості k -го альтернативного варіанту системи Q_k^{sys} знаходиться за формулою

$$Q_k^{sys} = \sum_{j=1}^m Q_{ij},$$

де $Q_{ij} = w_j \times F_{Ei}$ - зважений показник якості вибраного компонента системи безпеки; F_{Ei} - ключовий функціональний показник якості, обчислений за формулою (1) і вибраний користувачем як головний при вводі даних про загальні вимоги до системи безпеки.

Всі названі вище показники в результаті кожного проходу записуються в окремий запис бази даних, яку назвемо база даних варіантів проекрованої системи.

Наступною процедурою є власне оптимізація проекрованої системи безпеки

периметру території, що полягає у відборі тих варіантів, які створюють Паретові (ліві нижні) границі [9] всіх альтернативних варіантів за двома ключовими функціональними показниками. Ці ліві нижні границі створюють для пар показників якість/затрати Q_k^{sys} / C_k^{sys} і надійність/затрати P_k^{sys} / C_k^{sys} . Якщо деякий варіант побудови системи безпеки периметру території повторюється як оптимальний в Паретових границях обох ключових функціональних показників, то він є, безумовно, оптимальним. Якщо ж такого варіанту немає, то умовно-оптимальний варіант можна виявити шляхом пошуку тих варіантів, які знаходяться найближче до Паретових границь цих двох ключових функціональних показників при поступовому збільшенні затрат C_k^{sys} на реалізацію системи безпеки.

Висновки

Запропонований в даній статті алгоритм визначення ключових функціональних показників компонентів дистрибутивних систем безпеки периметра територій дозволяє автоматизувати процедуру підготовки даних для САПР, призначеної для аналізу і оптимізації функціонально-вартісних характеристик систем безпеки. Застосування даного алгоритму дозволило створити базу даних компонентів системи безпеки периметру територій, показники якої є уніфіковані і придатні для створення САПР оптимізації таких систем безпеки. На основі аналізу множини уніфікованих показників спроектована структура бази даних САПР. Запропоновано для оптимізації функціонально-вартісних показників спроектованої бази даних використати метод морфологічних матриць та відбір тих варіантів дистрибутивних сенсорних мереж, що задовольняють Паретовій множині по кожному з ключових функціональних показників.

Подяки

Автори дякують за підтримку цієї роботи Фонду цивільних досліджень та розвитку США, грант CRDF FSTM UM2-5012-TE-03 "Design of Distributed Sensor Network for Ayers Island Security Using Value Analysis Technology".

The algorithm to define key-functional parameters of distributed sensor systems of perimeter security is presented in this study. The database structure of computer aided design system is designed based on analysis of a set of formalized data. A morphological matrix method of Pareto related to each key-functional parameter is used for optimization of cost-functional parameters of the components of perimeter security systems.

Література

1. Congressional budget office cost estimate, "H.R. 5005 homeland security act of 2002 ", introduced on June 24, 2002, <http://www.cbo.gov/showdoc.cfm?index=3592&sequence=0>
2. Perimeter Security Sensor Technologies Handbook // Electronic Security Systems Engineering Division. – North Charleston. – South Carolina. – 1997. 107 p. (URL <http://www.nlectc.org/perimetr/Hb-Word.doc>).
3. Магауєнов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения // Учебное пособие. – М.: Горячая линия. – 2004. – 367 с.
4. Вьковуу Р. Development of the Knowledge Base of Perimeter Security Systems, 2004 IEEE International Conference on Intelligent Systems, Varna, Bulgaria, June 22 - 24, Vol. 3, pp. 54-57.
5. Вьковуу Р., Кочан В., Саченко А. and Турченко В. Choosing of Technical and Economic Parameters of the Components of Distributed Perimeter Security Systems, Scientific Journal of Khmelnytsky State University, Khmelnytsky, Ukraine, Vol. 2, pp. 82-85. (in Ukrainian).
6. Fire & Security Products // Siemens Building Technologies. – Edition: 10.2002. (URL http://www.cerberus.spb.ru/ir80/Product_release_pack_09-2002.doc).
7. Iyengar S.S. Distributed Sensor Network - Introduction to the Special Section // Transaction on Systems, Man, and Cybernetics. – 1991. - Vol. 21, No.5. - P. 1027-1031.
8. Одрин В.М. Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научно-технического творчества. I. Постановка вопроса // УСиМ, 199 - № 4/5 - С. 48-54.
9. Гуткин А.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. - М.: Советское радио, 1975. - 368 с.

Одержано 22.03.2005 р.