

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Биковий Павло Євгенович

УДК 004.415+ 654.924

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ СИГНАЛІЗАЦІЇ
НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Тернопільському національному економічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кочан Володимир Володимирович,
Тернопільський національний економічний університет,
доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем та
управління

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ситніков Валерій Степанович,
Одеський національний політехнічний університет,
професор кафедри комп'ютерних систем

кандидат технічних наук, доцент
Піскозуб Андріан Збігневич,
Національний університет “Львівська політехніка”,
доцент кафедри захисту інформації

Захист відбудеться «12» січня 2011 р. о 16.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.082.02 при Тернопільському національному економічному університеті за адресою: 46009, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11, (корпус 11, зал захисту дисертацій).

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Тернопільського національного економічного університету за адресою: 46009, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11.

Автореферат розісланий “11” грудня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент

В.В. Яцків

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Згідно ДСТУ ІЕС 60839-2001, система тривожної сигналізації (СТС) є розподіленою системою, яка містить сповіщувачі (detectors – англ., извещатели – рос.), що за допомогою провідного або безпроводного зв'язку взаємодіють з приймально-контрольним приладом, який, в свою чергу, обробляє сигнали від сповіщувачів та передає результат до засобів візуалізації та прийняття рішень. СТС периметру території відіграють роль першої основної захисної лінії, вони є важливим елементом різноманітних охоронних систем. Такі СТС в більшості випадків є багатокутником, сторони котрого є зонами СТС, кожна з яких має свою специфіку охорони відносно порушень, котрі потрібно виявляти на ній. Найбільш ефективними з точки зору сукупності функціонально-вартісних характеристик є комп'ютеризовані системи тривожної сигналізації (КСТС), які мають всі ознаки спеціалізованих комп'ютерних систем.

Значний вклад в розробку СТС та оцінювання їхньої ефективності внесли зарубіжні та вітчизняні науковці, прізвища яких наведені в дисертації. На сьогодні фірми, які встановлюють СТС, зазвичай використовують готові шаблонні рішення, котрі можуть не врахувати всіх особливостей кожної із ділянок периметру відповідної території, зокрема при використанні багат шарового захисту, де виникає багато питань взаємодії різних видів і засобів захисту. Як правило, оцінка СТС при розробці враховує лише два фактори – покриття зони областями дії компонентів і ціну системи, проте доцільність використання саме цих компонентів не завжди відповідає їхнім характеристикам та індивідуальним особливостям ділянок підохоронного об'єкту. Крім того, часто не враховують велику різноманітність компонентів різних фірм та масштабів об'єкту, що суттєво впливає на ресурсоемність СТС (зокрема, її ціну). Тому актуальною є задача пошуку компромісів між ресурсоемністю СТС та її ефективністю (ймовірністю виявлення загроз і рівнем хибних тривог).

Аналіз наведених недоліків виявив шляхи вирішення поставленої задачі, які розділено на два напрямки – оптимальне використання компонентів СТС та їх вдосконалення. Перший напрям полягає у створенні методів, що забезпечують розробку всієї СТС із необхідною ефективністю при мінімумі ресурсоемності. Другий напрям може включати розробку нового типу компонентів, що мають кращі параметри ніж їх попередники (це є складною задачею), або модифікацію існуючих компонентів, що вимагає менше зусиль. Реалізація вказаних напрямків вимагає переходу від компонування СТС до їх розробки, що може бути рентабельним тільки при її автоматизації. Тому покращення функціонально-вартісних характеристик СТС (і КСТС, як їх підмножини), зокрема, їх ефективності та ресурсоемності, а також їх компонентів, шляхом автоматизованого синтезу та відбору кращих рішень є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках плану наукових досліджень, які проводилися кафедрою інформаційно-обчислювальних систем і управління та науково-дослідним інститутом Інтелектуальних комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету, зокрема:

- міжнародного американсько-українського науково-дослідного проекту “Проектування дистрибутивної сенсорної мережі для безпеки острова Ayers Island з використанням технології функціонально-вартісного аналізу”, грант CRDF FSTM UM2-5012-TE-03 (2003-2005 рр.), котрий виконувався згідно програми “Перші кроки до ринку” Фонду Цивільних Досліджень і Розвитку США спільно з корпорацією Trefoil, штат Мейн, США;
- міжнародного українсько-турецького науково-дослідного проекту “Розробка методів проектування та оптимізації систем виявлення порушників безпеки”, згідно договору № М/47-2008 від 27.03.08, що виконувався за підтримки МОН України спільно з Інститутом технологій м. Гебзе, Республіка Туреччина;
- теми НДІ ІКС 0106U010731: “Розробка теоретичних основ підтримки прийняття рішень для синтезу розподілених систем безпеки” (2006-2009 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення методів і засобів оптимізації функціонально-вартісних характеристик комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації на основі автоматичного агрегування їх структур та відбору кращих рішень, що базуються на використанні генетичного алгоритму (ГА).

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати та оцінити функціонально-вартісні характеристики типових СТС з метою виявлення їх основних недоліків і шляхів покращення;
- розробити метод формування множини структур СТС, що є допустимими розв'язками задачі оптимізації функціонально-вартісних характеристик СТС;
- розробити методи оптимального відбору кращих варіантів на множині можливих структур СТС;
- розробити методологія застосування пропонованих методів при розробці СТС;
- розробити автоматизовану систему оптимального відбору кращих варіантів серед множини можливих структур СТС для представлення користувачеві;
- розробити СТС та провести їх функціонально-вартісний аналіз;
- вдосконалити функціонально-вартісні характеристики компонентів КСТС для забезпечення кращих функціонально-вартісних характеристик мережі;
- розробити методи захисту зв'язку в запропонованих КСТС;
- дослідити зразки впроваджених КСТС на базі відібраних кращих варіантів та проаналізувати їх функціонально-вартісні характеристики.

Об'єкт дослідження: процес розробки комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації.

Предмет дослідження: методи і засоби оптимізації функціонально-вартісних характеристик комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації та вдосконалення їх компонентів.

Методи дослідження: функціонально-вартісний аналіз, нечіткі множини, методи багатокритеріальної оптимізації, зокрема, генетичні алгоритми, морфологічний аналіз, методи аналізу та синтезу електричних кіл, структурний синтез.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. *Вперше розроблено* метод відображення хромосом генетичного алгоритму в область аргументів комбінаторної задачі багатокритеріальної оптимізації

функціонально-вартісних характеристик комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації, що, на відміну від класичного генетичного алгоритму та схем перебору, зосереджує пошук на множині лише допустимих розв'язків задачі, дозволяючи зменшити часову складність алгоритму оптимізації до 69 % і збільшити кількість отриманих за одиницю часу Парето-оптимальних СТС в середньому на 15 %.

2. *Вперше* запропоновано організацію послідовного інтерфейсу, що, на відміну від існуючих, базується на виявленій максимальній кількості елементів інтерфейсу, які можна використати для захисту повідомлень, їх комбінованому застосуванні, а також прихованій детермінованій та псевдовипадковій їх заміні, що забезпечує надійний захист мережі від імітації сповіщувачів та індивідуальний захист систем, перешкоджає зловмиснику вивчати повідомлення сповіщувачів при штучно створених атаках і дає можливість створення пасток для зловмисника.
3. *Удосконалено* метод оцінювання функціональних характеристик комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації, який, на відміну від існуючих, враховує невизначеності інтенсивностей завад і вразливість до них компонентів систем шляхом використання нечітких множин та їх дефазифікації при оцінюванні ризику проникнення порушника, що дозволило формалізувати ризику невиявлення загроз сповіщувачами в конкретних умовах їх роботи.
4. *Отримав подальший розвиток* метод розробки комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації, який, на відміну від існуючих, базується на запропонованих методах їх структурної оптимізації та оцінки функціональних характеристик при автоматизованому агрегуванні і відборі кращих рішень, що дозволило покращити функціонально-вартісні характеристики таких систем.

Практичне значення одержаних результатів. На основі запропонованих методів реалізовано програмні модулі, розроблені в середовищах MATLAB і Microsoft Visual Studio 2008 на мовах програмування Visual Basic та C#, об'єднані в систему відбору кращих варіантів серед множини структур СТС. При її використанні виявлено протиріччя серед існуючих СТС і запропоновано його усунення шляхом розробки інтерфейсного контролера для сповіщувачів і приймально-контрольного приладу. Результати роботи використані при:

- створенні КСТС острова Ayers Island (грант № CRDF FSTM UM2-5012-TE-03), що дозволило за прийнятний час виявити кращі рішення, що не були виявлені обмеженим за часом послідовним перебором, та формалізувати оцінки ризику невиявлення загроз сповіщувачами (акт про впровадження від 10.11.2009 р.);
- розробці системи оптимізації структур СТС (договір № М/47-2008), що забезпечило зменшення часової складності алгоритму оптимізації до 69 % (акт про впровадження від 22.06.2010 р.);
- створенні СТС НДІ ІКС (тема НДІ ІКС 0106U010731), що дозволило зменшити довжину ліній зв'язку в 2,5 разів без втрат інформативності (акт про впровадження від 17.12.2009 р.);
- викладанні дисциплін “Системи передачі даних”, “Мікроконтролери”, “Мікроконтролери і спецпроцесори” (акт про впровадження від 31.05.2010 р.).

Особистий внесок здобувача. Основні результати, що виносяться на захист, отримані здобувачем особисто [3, 4, 5, 6, 7, 15, 17]. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать: у [1] – методика уніфікації техніко-економічних показників компонентів СТС; у [2, 16] – алгоритм визначення ключових функціональних показників компонентів систем, структура бази даних, аналіз множини формалізованих показників, модифікація методу морфологічних матриць; у [9] – спеціалізований мережевий контролер систем тривожної сигналізації; у [8, 10] – методи розробки та оптимізації СТС; у [11, 12] формалізовано обмеження та критерії комбінаторної задачі покриття сповіщувачами підохоронного об'єкта та ГА для її розв'язання; у [18, 19, 13] – програмно-апаратний метод захисту повідомлень в мережі сповіщувачів КСТС; у [14, 20] – метод оцінювання вразливості СТС периметру території з врахуванням неповної інформації про характеристики сповіщувачів та охоронних зон.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації представлені і обговорювалися на 11-ти міжнародних конференціях і симпозиумах: міжнародній конференції IEEE “Інтелектуальні системи” (Варна, Болгарія, 2004 р.); 9-тій та 13-тій науковій конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 2005 р. та 2009 р.); 3-тьому, 4-тому та 5-тому міжнародному науково-технічному симпозиумі “Інтелектуальні засоби збору даних і сучасні обчислювальні системи: розробка та застосування” (Софія, Болгарія, 2005 р.; Дортмунд, Німеччина, 2007 р.; Ренде, Італія, 2009 р.); другій міжнародній конференції IEEE “Технології для охорони батьківщини та безпека” (Стамбул, Туреччина, 2006 р.); міжнародній науково-технічній конференції “Комп'ютерні системи та мережні технології” (Київ, 2008); міжнародній конференції IEEE “Обчислювальний інтелект для систем вимірювання та застосувань” (Стамбул, Туреччина, 2008 р.); IX міжнародній конференції “Контроль і управління в складних системах” (Вінниця, 2008 р.), 10-тій та 11-й міжнародних науково-практичних конференціях “Сучасні інформаційні і електронні технології” (Одеса, 2009 р., 2010 р.).

Публікації. За результатами проведених наукових досліджень опубліковано 20 друкованих робіт, серед них 6 статей у фахових виданнях, з них 4 одноосібні, 14 доповідей і тез в збірниках вітчизняних та міжнародних наукових конференцій.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 187 сторінок, із них 143 сторінки основного тексту, що включає 52 рисунки і 9 таблиць. Список використаних джерел 127 найменувань, додатки – на 29 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі досліджень, основні методи досліджень, розкрито наукову та практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** проаналізовано існуючі СТС, варіанти їх реалізації, виявлено переваги та недоліки СТС і компонентів з яких вони складаються.

На сьогодні більшість фірм, які встановлюють СТС, використовує обмежений набір типових рішень (не більше п'яти) – фактично СТС не розробляються, а компонується, при цьому беруть до уваги лише області дії сповіщувачів та їх можливості виявлення типових загроз, без врахування особливостей різних ділянок, характерних для них загроз, а також властивостей інших компонентів.

Розглянуто основні етапи процесу розробки СТС та особливості відомих систем оцінювання їхньої ефективності – ASSESS, ATLAS, SAVI, EASI, VISA, ADKBS, JCATS, TAM, FOF, SAFE, SNAP (США), CLASP (Англія), "Вега-2" (Росія), що дозволило виділити основні функціональні характеристики СТС – імовірності виявлення порушника та хибної тривоги. Показано, що відомі методи і системи в основному оцінюють функціональні характеристики СТС, не враховуючи ні їхню вартість, ні особливості їх взаємозв'язку. Також визначено шляхи вдосконалення СТС і КСТС.

В другому розділі розроблено методи і засоби оптимізації функціонально-вартісних характеристик СТС і КСТС.

В результаті аналізу параметрів компонентів СТС для їх оцінювання виділено три групи функціонально-вартісних характеристик: обмеження, ефективності та ресурсоемності. До характеристик обмеження належать ті, що лімітуються згідно документів про сертифікацію компонента, наприклад, діапазон робочих температур, стійкість до природних і цілеспрямованих завад та пошкоджень, тощо. Характеристики ефективності – імовірності виявлення порушника та хибної тривоги. Для їх оцінювання слід скористатись статистикою експлуатації, експертною оцінкою і моделюванням залежно від достовірності та доступності апріорної інформації. Ресурсоемність СТС формується її структурою (затрати на придбання та монтаж обладнання) і коштами експлуатації. Перші два показники визначаються згідно преїскурантів, тоді як витрати на експлуатацію доцільно вважати пропорційними до середнього потоку хибних спрацьовувань.

Оптимізація структури СТС із врахуванням можливості встановлення різнотипних сповіщувачів для охорони ділянок формально описується наступною задачею екстремальної комбінаторики

$$\left(Q_{sys,m}(\vec{N}), R_{sys,m}(\vec{N}), C_{sys,m}(\vec{N}) \right) \xrightarrow{\vec{N}} \min, \quad (1)$$

$$\begin{cases} L_1 N_{k,1,1} + L_2 N_{k,1,2} + \dots + L_n N_{k,1,n} \geq S_1, \\ L_1 N_{k,2,1} + L_2 N_{k,2,2} + \dots + L_n N_{k,2,n} \geq S_2, \\ \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ L_1 N_{k,Z,1} + L_2 N_{k,Z,2} + \dots + L_n N_{k,Z,n} \geq S_Z, \end{cases} \quad (2)$$

$$k = 1, \dots, \lambda,$$

де $C_{sys,m}(\vec{N})$ - ресурсоемність придбання і монтажу компонентів СТС; $R_{sys,m}(\vec{N})$ - ефективність СТС; $Q_{sys,m}(\vec{N})$ - ресурсоемність експлуатації СТС; λ - кількість шарів мережі; $N_{k,i,j}$ - кількість компонентів j - того типу на k - тому шарі i - тої охоронної ділянки; Z – кількість підохоронних ділянок; $\vec{N} = (N_{1,1,1}, N_{1,1,2}, \dots, N_{\lambda,Z,n})$ -

наявний набір компонентів даного варіанту СТС; n – кількість типів компонентів; L – межі дії компонентів; $S_1 \dots S_Z$ – протяжність охоронних зон.

Ресурсоемність та функціональність СТС описуються співвідношеннями

$$Q^{sys} = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^Z Q_i^{zone}, \quad R^{sys} = 1 - \left(\prod_{i=1}^Z F_i^{zone} \right) + \max_{i=1, \dots, Z} R_i^{zone}, \quad C^{sys} = \sum_{i=1}^Z C_i^{zone}, \quad (3)$$

$$Q_i^{zone} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} N_{ij} q_j}{\sum_{j=1}^{n_i} N_{ij}}, \quad R_i^{zone} = \max_{j=1, \dots, n_i} \begin{cases} r_j, & \text{if } N_{ij} > 0, \\ 0, & \text{if } N_{ij} = 0, \end{cases} \quad F_i^{zone} = \prod_{j=1}^{n_i} (p_j)^{N_{ij}}, \quad C_i^{zone} = \sum_{j=1}^{n_i} c_j N_{ij}, \quad (4)$$

де n_i – кількість моделей компонентів, придатних для охорони i -тої ділянки; N_{ij} – кількість компонентів j -тої моделі, що встановлені на i -тій ділянці; q_j – імовірність хибного спрацювання компонента j -тої моделі; r_j – значення імовірності невиявлення загрози компонентом j -тої моделі; p_j і c_j – імовірність безвідмовної роботи та вартість компонента j -тої моделі.

Для підвищення імовірності виявлення порушника та зменшення рівня хибних тривог користуються багатошаровими СТС. Розглянута вище постановка задачі оптимізації СТС у випадку двошарової СТС має наступний вигляд

$$Q_{sys,m}(\vec{N}) = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^Z \frac{1}{|B(\vec{N}, i)|} \sum_{(j,k) \in B(\vec{N}, i)} q_j + q_k - q_j q_k, \quad (5)$$

де q_j – імовірність хибного спрацювання компонента j -го типу, $B(\vec{N}, i)$ – множина пар індексів компонент двох рівнів, межі дії яких перетинаються на i -тій ділянці. Формули (3)–(5) виведені для двошарових СТС, проте їх можна розширити для оцінювання показників багатошарових СТС.

Ресурсоемність придбання і монтажу СТС описується співвідношенням

$$C_{sys,m}(\vec{N}) = K_\gamma + \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^\lambda (C_j + W_j) N_{k,i,j}, \quad (6)$$

де Z – кількість ділянок СТС; n – кількість альтернативних компонентів; λ – кількість шарів СТС; C_j – вартість придбання і монтажу j -го компонента; W_j – вартість гарантійного обслуговування j -го компонента; K_γ – вартість кабельних сполучень для топології γ ; $N_{k,i,j}$ – кількість компонент j -го типу, що встановлені на k -тому шарі i -тої ділянки; $\vec{N} = (N_{1,1,1}, N_{1,1,2}, \dots, N_{\lambda,Z,n})$ – вектор, компоненти якого описують кількості компонентів кожної ділянки.

Ефективність двошарової СТС запропоновано визначати, як

$$R_{sys,m}(\vec{N}) = \left(1 - \prod_{i=1, \dots, Z} \prod_{(j,k) \in B(\vec{N}, i)} (p_j^{працездат.} + p_k^{працездат.}) \right) + \max_{i=1, \dots, Z} \max_{(j,k) \in B(\vec{N}, i)} p_j^{невиявлен.} p_k^{невиявлен.}, \quad (7)$$

де $p_j^{працездат.}$ – імовірність безвідмовної роботи j -того типу компоненту, $p_k^{невиявлен.}$ – імовірність невиявлення загрози компонентом k -того типу, $B(\vec{N}, i)$ – множина пар індексів компонент, межі дії яких перетинаються на i -тій ділянці.

Для оцінювання можливостей використання різних алгоритмів розв'язання задачі (1)–(5) слід враховувати її властивості, а саме дискретність та перервність області шуканих розв'язків, а також багатокритеріальність, мультимодальність, нелінійність. Ці особливості унеможливають застосування класичних градієнтних методів для їх розв'язання. Тому було проведено аналіз методів комбінаторної оптимізації: схеми повного та обмеженого перебору, випадковий пошук, метод віток і границь, еволюційні методи. Найпридатнішими, з точки зору повноти результуючої множини Парето-оптимальних розв'язків даної задачі, виявилися метод морфологічних таблиць, методи перебору з обмеженнями та багатокритеріальні ГА.

Метод морфологічних таблиць передбачає створення таблиці, де в стрічках вказані функціональні компоненти узагальненої структури СТС, а в стовпчиках – альтернативні варіанти реалізації кожного з них. Варіанти СТС агрегують циклічними проходами, де з кожної стрічки морфологічної таблиці почергово вибирають лише один із стовпчиків. Таким чином, кожен прохід формує один альтернативний варіант СТС, який потім оцінюють за функціонально-вартісними характеристиками (3)–(5). При умові повного перебору даний метод забезпечує безумовне виявлення всіх варіантів побудови СТС, які знаходяться на Парето-множині. Однак, при зростанні кількості альтернативних варіантів тривалість повного перебору для великих об'єктів досягає понад тисячу років. Тому методи перебору можна використати тільки для малого об'єму вибірки компонентів.

Як показали попередні дослідження, ефективність оптимізації ГА суттєво залежить від методів відображення хромосом, що представляються стрічками чисел (генів), на множину альтернативних структур СТС і від параметрів ініціалізації генератора псевдовипадкових чисел, параметрів селекції та мутації. Досліджено альтернативні методи відображення хромосом у область рішень задачі, коли послідовність генів: (i) описує кількості компонентів того чи іншого виду, що задовольняють обмеження; (ii) описує залишкові кількості компонентів, що задовольняють обмеження; (iii) описує індекси, що формуються під час попереднього пошуку Парето-оптимальних варіантів покриття ділянок.

Найпростіший метод відображення полягає у кодуванні структури системи $\vec{X} = (N_{1,1}, N_{1,2}, \dots, N_{z,n})$ у вигляді послідовності з $K = z \times n$ цілих чисел, що описують кількості сповіщувачів кожного виду $\vec{g} = [g_1, g_2, \dots, g_K]$, $g_1, g_2, \dots, g_K \geq 0$, де g_k – кількість одиниць k -тої моделі сповіщувача. ГА для всіх методів відображення працює за наступними кроками: 1 – ініціалізація генератора псевдовипадкових чисел і початкової популяції розв'язків; 2 – усунення хромосом, що не задовольняють обмеження задачі (2); 3 – вилучення надлишкової кількості сповіщувачів з кожної зони СТС (якщо цього вимагає метод відображення); 4 – оцінювання значень векторної цільової функції (1) для популяції розв'язків; 5 – при виконанні однієї із умов – кількість пройдених ітерацій, час виконання, значення цільової функції або пристосованості – перехід на крок 8; 6 – оцінювання пристосованості хромосом та ймовірностей їхньої селекції, введення хромосом-емігрантів; 7 – селекція і схрещування пар хромосом, збільшення лічильника ітерацій та перехід на крок 2; 8 – відбір Парето-оптимальних розв'язків задачі з результуючої

множини методом маркування мажорних розв'язків.

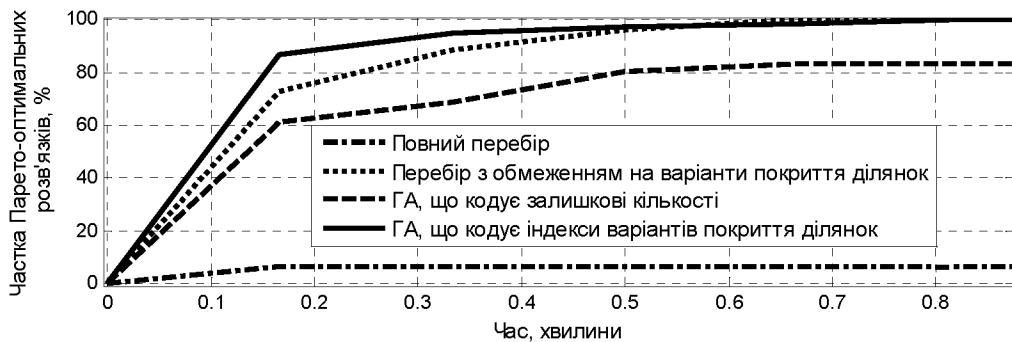
Для усунення недопустимих розв'язків СТС запропоновано вдосконалити ГА таким чином, щоб кожен ген кодував необхідну залишкову кількість компонентів, що дозволить забезпечити генерування систем, які гарантовано покривають периметр об'єкта. Запропоновано також метод відображення послідовності генів у індекси Парето-оптимальних варіантів покриття ділянок, котрий складається з наступних кроків: 1 – ініціалізація множини варіантів покриття ділянки порожньою множиною; 2 – формування множини всіх можливих варіантів покриття даної ділянки за допомогою спеціального алгоритму; 3 – маркування мажоруючих розв'язків у сформованій множині з використанням критеріїв ділянки (4).

Оцінювання ефективності методів розв'язку задачі (1)–(5) базується на співставленні їхніх результатів з еталонною множиною Парето-оптимальних розв'язків, коли структури СТС піддаються аналізу повним перебором або, у випадку неможливості виконання повного аналізу, із множиною, що агрегує Парето-оптимальні розв'язки усіх досліджуваних методів.

Дослідження динаміки часток оптимальних рішень різними методами для периметру, що піддається повному перебору ($\approx 14 * 10^6$ варіантів) представлено на рис. 1а. Методом повного перебору вибрано 236 Парето-оптимальних рішень, що утворюють еталонну множину, яка використовується для проведення аналізу. Як видно з рис. 1а, ГА, що кодує індекси, за 2.33 хв. знаходить всі Парето-оптимальні рішення, незважаючи на те, що метод повного перебору (який знайшов її за 7.67 хв.), за рахунок відсутності процедур формування хромосом, повинен мати перевагу на малих вибірках (див. рис. 1б). Виграш швидкості знаходження еталонної множини ГА складає 69%. Крім того, ГА у порівнянні з найкращою



(а)



(б)

Рис. 1. Частка Парето-оптимальних результатів комбінаторних алгоритмів:
(а) об'єкт 1, (б) об'єкт 2.

схемою перебору, формує в середньому на 15 % більше розв'язків, що відповідають еталонній множині. Результати для конкретних СТС наведено в розділі 4.

Отримані оптимальні варіанти слід оцінити з допомогою розглянутих в §1.2 систем оцінювання ефективності СТС, що вимагає додаткових затрат на розробку. Запропоновано вдосконалити процедуру оптимізації СТС вже при оцінюванні імовірнісних параметрів компонентів СТС з допомогою методу оцінювання функціональних характеристик СТС із врахуванням невизначених впливів завод та вразливості до них складових СТС, який ґрунтується на нечітких множинах інтенсивності заводи того чи іншого виду в межах кожної ділянки. Імовірності хибного спрацювання, невиявлення загрози та безвідмовної роботи компонента j -тої моделі залежать від інтенсивностей електромагнітних, кліматичних та механічних завод на i -тій ділянці та вразливості до них компонентів j -тої моделі

$$r_{ij} = r_j + \sum_{d=1}^D a(\tilde{E}_{id} \cap \tilde{V}_{jd}) w_d, \quad (8)$$

де r_{ij} – імовірність невиявлення загроз компонентом j -тої моделі з врахуванням впливу завод на i -тій ділянці, де його розміщено; r_j – базова оцінка імовірності невиявлення загроз компонентом j -тої моделі при забезпеченні придатних умов експлуатації (без завод); d – індекс заводи; D – загальна кількість відомих завод; a – функція дефазифікації нечіткої множини; \tilde{E}_{id} – нечітка множина, що описує особливості периметру території, а саме інтенсивність заводи d на i -тій ділянці; \tilde{V}_{jd} – нечітка множина, що описує вразливість компонента j -тої моделі до заводи d ; \cap – оператор перетину нечітких множин; w_d – додаток до ймовірності невиявлення загроз компонентом при максимальному впливі загрози d , що встановлюються експертами з врахуванням умови $0 \leq r_j + \sum_{d=1}^D w_d \leq 1$.

Враховуючи відмінність імовірнісних характеристик (8) компонента j -тої моделі, залежно від властивостей завод на ділянці, формули (4) набудуть вигляду

$$Q_i^{zone} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} N_{ij} a_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_i} N_{ij}}, \quad R_i^{zone} = \max_{j=1, \dots, n_i} \begin{cases} r_{ij}, & \text{if } N_{ij} > 0, \\ 0, & \text{if } N_{ij} = 0, \end{cases} \quad F_i^{zone} = \prod_{j=1}^{n_i} (p_{ij})^{N_{ij}}. \quad (9)$$

Використання (9) дозволяє покращити СТС шляхом врахування особливостей периметру території, що описуються множинами \tilde{E}_{id} , $d = \overline{1, D}$, і зменшити на 22% Парето-оптимальну множину шляхом відсіювання СТС, що через погодні умови збільшують частоту хибних спрацювань. Для реалізації методу введено сімейство функцій належності, конкретні реалізації яких вибирають методом експертних оцінок, на основі статистичних даних і результатів відповідних досліджень.

Запропоновано метод розробки СТС (рис. 2), що базується на запропонованих методах структурної оптимізації та оцінок функціонально-вартісних характеристик під час автоматизованого агрегування і відбору кращих рішень. В ньому передбачено ввід опису периметру підохоронної території та вимог до окремих ділянок. Інформація про компоненти та загрози міститься в базі даних. Пошук оптимальних СТС ведеться повним перебором або неповним перебором

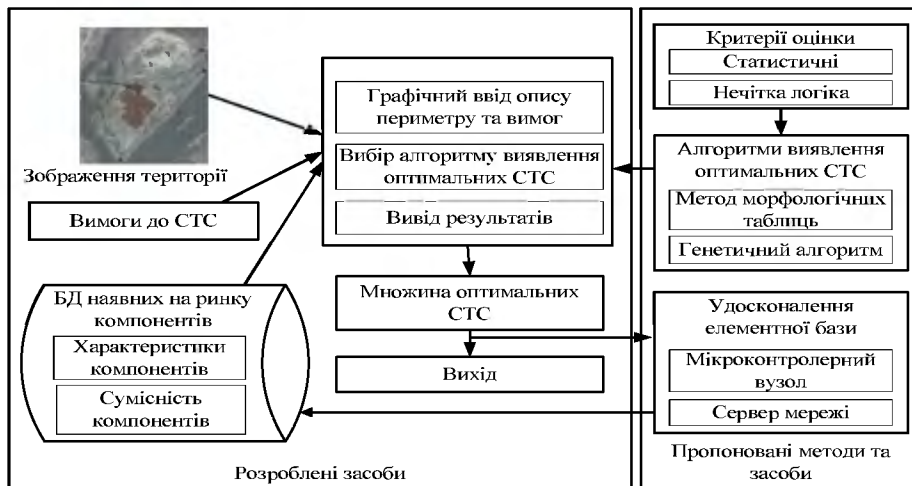


Рис. 2 Графічна інтерпретація методу розробки оптимізованих СТС

(5). Найкращим розв’язком вважається той, норма якого мінімальна. Отримана множина оптимальних СТС надається замовнику для остаточного відбору. Аналіз множини розробником дозволяє виявити “вузькі місця” в структурах СТС і стимулює відповідне удосконалення елементної бази.

В третьому розділі, за результатами аналізу оптимізованих СТС виявлено, що вартість кабельних ліній становить значну частку вартості СТС, а мережеві та безпроводні сповіщувачі надто дорогі. Для усунення цього протиріччя запропоновано апаратне рішення – розробку контролерів, що вбудовуються в сповіщувачі КСТС і забезпечують їх роботу в двопровідній мережі топології “спільна шина”, а також живлення сповіщувачів від ліній зв’язку.

Перша версія контролера базується на мережевій версії інтерфейсу RS-232 і мікроконтролері ATtiny2313, роль сервера виконує ПК з адаптером мережі. Але вона не забезпечує захисту зв’язку між сервером і контролерами КСТС, тому її можна використати лише на об’єктах, де КСТС сама охороняє свої лінії зв’язку.

В результаті аналізу властивостей послідовних інтерфейсів виявлено 19 елементів, які можна використати для захисту відкритих ліній зв’язку, що послужило базою для розробки другої версії контролера. Вказані елементи діляться на три групи: (i) параметри імпульсів, що передаються по мережі; (ii) варіант шифру при передачі повідомлень; (iii) порядок видачі повідомлень. Перша група включає: (i) зміну частоти обміну даними; (ii) зміну тривалості імпульсів; (iii) зміну кількості бітів у запиті сервера; (iv) зміну кількості бітів у відповіді сповіщувача; (v) зміну кількості інформаційних бітів у запиті сервера; (vi) зміну кількості інформаційних бітів у відповіді сповіщувача; (vii) зміну місця інформаційних бітів у запиті сервера; (viii) зміну місця інформаційних бітів у відповіді сповіщувача; (ix) стандартизацію амплітуди імпульсів. Друга група включає: (i) зміну логічних номерів сповіщувачів; (ii) багатоваріантність запиту сервера; (iii) багатоваріантність відповіді сповіщувача; (iv) введення відповідей, що не несуть інформації про стан сенсорів сповіщувача; (v) випадкове доповнення повідомлень при зміні кількості бітів в них; (vi) заміну алгоритму шифрування інформації. Третя група включає: (i) заміну почергового і групового

морфологічних таблиць, або описаними вище методами на базі ГА. Відбір кращих СТС реалізується за допомогою спеціальної процедури нормування трьохвимірному метричного простору можливих значень цільових функцій (1)

Парето-оптимальних розв’язків задачі (1)–

опитування сповіщувачів; (ii) заміну розміру груп; (iii) заміну складу груп; (iv) чергування окремих бітів повідомлень при відповіді групи. При цьому всі заміни у всіх групах базуються на генераторах псевдовипадкових чисел з рівномірним законом розподілу, що мають індивідуальні налаштування і взаємно прості періоди повторення. Ці налаштування і порядок їх заміни задаються тільки в процесі ініціалізації сповіщувачів при відлагодженні мережі уповноваженою особою, при підключенні сенсора безпосередньо до окремого виходу сервера. Це забезпечує індивідуальний характер захисту КСТС, незалежний від її виробника.

Структура контролера із захистом каналу зв'язку представлена на рис. 3 і включає стабілізатори СТ1 (+12 В) і СТ2 (+5 В), мікроконтролер, приймач і передавач інтерфейсу, а також сповіщувач, вихідні канали якого підключені до входів мікроконтролера.

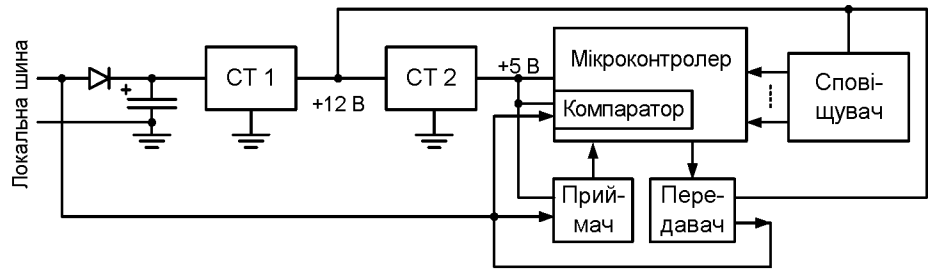


Рис. 3. Структура контролера із захистом каналу зв'язку

Імпульси живлення напругою 24 В передаються через мережу і через діод заряджають конденсатор, що живить СТ1 і СТ2. Їх поступлення фіксує компаратор мікроконтролера, переривання від якого синхронізують роботу таймерів, тому можна використати вбудований в мікроконтролер RC-генератор замість кварцового резонатора. Сповіщувач живиться нормальною для нього напругою +12В, яка теж визначає малий розкид амплітуд вихідних імпульсів, що є елементом захисту. Напруга виходу СТ2 живить мікроконтролер, приймач, а також формує опорну напругу компаратора при синхронізації за імпульсами живлення.

На рис. 4 подана принципова схема контролера, куди входять мікроконтролер D1 ATtiny2313, конденсатор скидання C3, блок живлення (V1, ST1, ST2, C2, C4, C5), приймач (R1, R2, C1, V2), передавач (R5, R8, R9, V3, V4), подільники опорної (R6, R7) і вхідної (R3, R4) напруги і захист від короткого замикання (R10, R11). Сервер мережі реалізовано на мікроконтролері ATmega128. Таке рішення економить (враховуючи ціну контролера) від 10% (для малих об'єктів) до 50% вартості кабелю.

В четвертому розділі описано впроваджені СТС на основі запропонованих методів та розроблених компонентів на відповідних об'єктах.

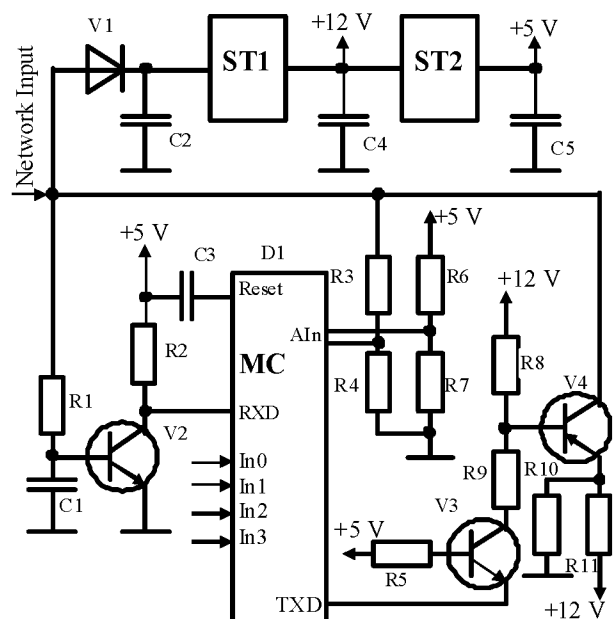


Рис 4. Принципова схема контролера

Діалогове вікно вводу розробленого пакету прикладних програм оптимізації КСТС в рамках виконання проекту за грантом CRDF FSTM UM2-5012-TE-03 (рис. 5) дозволяє завантажити зображення території (1), а також графічно встановити зони периметру (2), типи загроз (3), принцип дії сповіщувачів (4), масштаб (5) і назву об'єкта (6). При цьому можна вибрати вікно з розробленими СТС (7) або зберегти поточну СТС в базі даних (8).

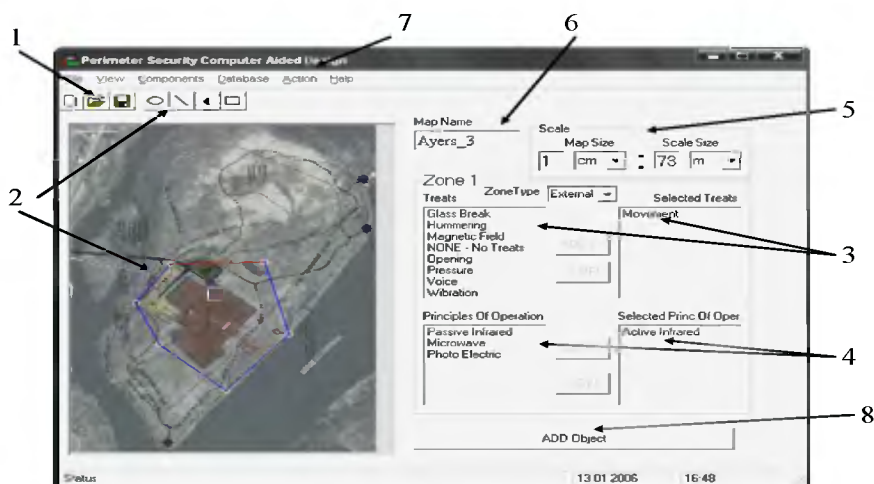


Рис. 5. Основне вікно пакету прикладних програм

Ускладнення структури СТС, зокрема збільшення кількості ділянок, їх розмірів, кількості компонентів, типів сповіщувачів

приводить до експоненційного росту кількості допустимих розв'язків задачі (1)–(5). При цьому тривалість їх перебору неприйнятно зростає. Обмеження кількості перебраних варіантів СТС (алгоритм неповного перебору) хоч і дає можливість працювати зі складними периметрами, але не проаналізовані варіанти можуть містити рішення, кращі порівняно з виявленими. В цьому випадку ГА знаходить кращі рішення, ніж неповний перебір. Час оптимізації (наприклад, СТС для Ayers Island) зі зростанням складності задачі оптимізації (збільшенні кількості типів сповіщувачів) стабілізується на цілком прийнятному рівні – три хвилини (табл. 1).

Як видно з табл.1, кількість оптимальних рішень необов'язково зростає при зростанні кількості типів сповіщувачів. Це означає, що використання нового типу сповіщувача може радикально міняти оптимальні рішення. Тому слід проводити оптимізацію СТС, використовуючи множину всіх компонентів бази даних, що підтверджує доцільність використання ГА. Для ГА час оптимізації задається кількістю наступних популяцій, що обмежують процес оптимізації, тому він практично постійний. З табл.1 видно, що ГА недоцільно використовувати для оптимізації простих СТС. ГА забезпечують суттєве зменшення кількості циклів обчислень, однак кожен цикл є значно складнішим порівняно з методом повного перебору. Тут перевага ГА проявляється тільки для СТС, які використовують 4 і більше типів сповіщувачів. Повний перебір знаходить всі оптимальні СТС. Але, як видно з табл. 1, частка знайдених ГА оптимальних СТС за заданий час при їх ускладненні починає зменшуватися. Однак це зменшення плавніше в порівнянні з неповним перебором. Для 4 і 6 сповіщувачів ГА сформував 64% і 53% оптимальних СТС, але обмежений перебір за той самий час сформував лише 29% і 47% оптимальних СТС. Тому очевидно є ефективність ГА за швидкодією.

Ріст частки оптимальних СТС, знайдених ГА та неповним перебором при використанні 4 типів сповіщувачів від часу оптимізації показаний на рис. 6. Як видно для малих обсягів вибірки неповний перебір при великому часі оптимізації

при великому часі оптимізації

знаходить 100% оптимальних рішень швидше за ГА. Однак для малих часів оптимізації ГА значно обганяє неповний перебір. Як приклад на рис. 7 показано структуру знайдених оптимальних рішень з допомогою ГА (○) та обмеженого перебору (◇) з еталонною множиною (●) для часу оптимізації 50 с. Як видно, неповний перебір спочатку виявляє Парето-оптимальні варіанти високої якості та ціни, а ГА спершу виявляє варіанти, ближчі до початку координат.

Таблиця 1.

Результати порівняльного аналізу схем перебору і ГА

К-сть спов.	Кількість ітерацій		К-сть опт. систем	Час виконання			% співпадань за 3 хв	
	Повного перебору	Обмеженого перебору		повного перебору	Обмеженого перебору	ГА	Перебору	ГА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	15 мс.	15 мс.	1 сек.	100	100
2	$\approx 3 \cdot 10^6$	2916	12	7 хв.	422 мс.	20 сек.	100	100
3	$\approx 196 \cdot 10^{12}$	8	2	4.6 доби	15 мс.	1 хв.	100	100
4	$\approx 3 \cdot 10^{12}$	$\approx 10^6$	509	6 років	7.8 хв.	3 хв.	29	64
5	$\approx 196 \cdot 10^{12}$	$\approx 15 \cdot 10^6$	903	433 роки	4 год. 5 хв.	3 хв.	7	39
6	$\approx 603 \cdot 10^{12}$	$\approx 15 \cdot 10^6$	178	1382 роки	24 хв.	3 хв.	47	53

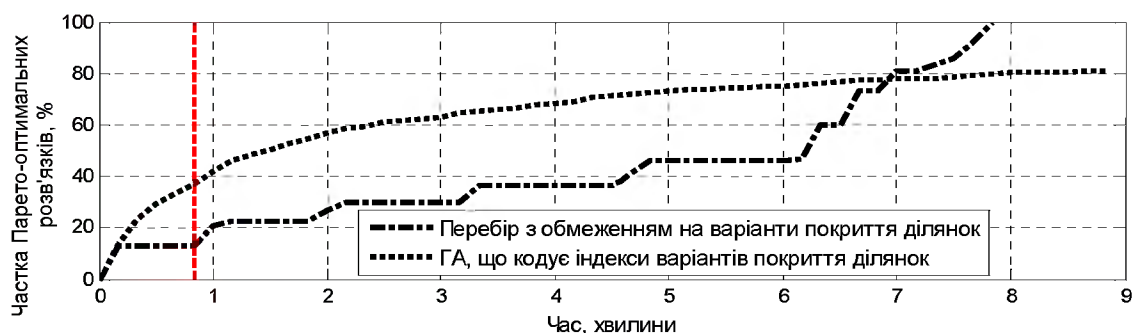


Рис. 6. Ріст частки оптимальних СТС, знайдених ГА та неповним перебором

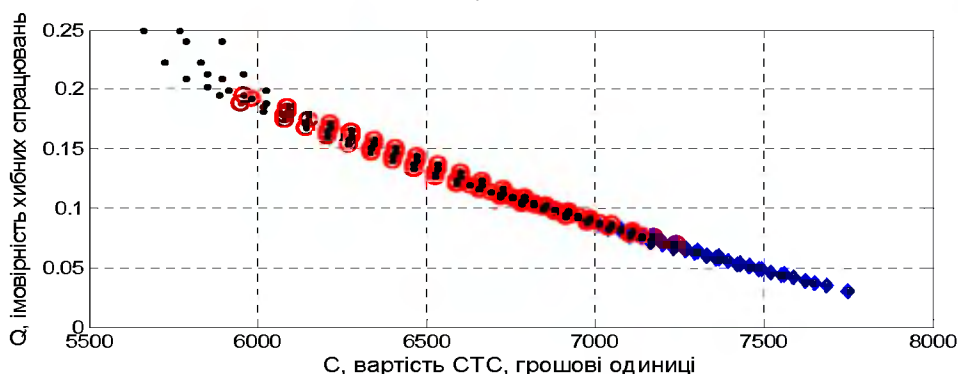


Рис. 7. Порівняння результатів ГА (○) та обмеженого перебору (◇) з еталонною множиною (●), обчислених за 50 секунд

Також в розроблений пакет прикладних програм структурної оптимізації функціонально-вартісних характеристик КСТС включено модуль, який реалізує метод оцінки функціональних характеристик на базі нечітких множин. Він

дозволяє оцінити отримані рішення з врахуванням індивідуальних особливостей роботи сповіщувачів в різних умовах. При виконанні даного проекту для різних погодних умов острова Ayers Island виявилися оптимальними КСТС різної структури. Кінцеве рішення вибору серед оптимізованих варіантів, для яких оцінені ймовірності невиявлення заданих загроз, хибної тривоги та затрати на придбання, монтаж та експлуатацію приймає замовник.

При виконанні проекту М/47-2008, в процесі оптимізації отримана структура КСТС із захистом зв'язку (рис. 8), реалізована в макетному зразку, що включає:

1. приймально-контрольний прилад (сервер мережі), реалізований на мікроконтролері ATmega128 з оперативною пам'яттю об'ємом 32 КБ, яка ініціалізує контролери сповіщувачів (рис. 3), живить їх через мережу, керує ними, періодично опитує їх стан і приймає рішення про порушення безпеки;
2. індикатор на рідких кристалах, підключений до приймально-контрольного приладу для відображення інформації про стан сповіщувачів КСТС;
3. мембранну клавіатуру для керування та налаштування режимів роботи системи, встановлення або зняття з охорони відповідних зон КСТС;
4. блок живлення, що формує напругу +12 В для живлення приймально-контрольного приладу і сповіщувачів через двопровідну мережу;
5. сповіщувачі (пасивний інфрачервоний, розбиття скла, димовий), що забезпечують виявлення руху та акустичних сигналів відповідної форми;
6. двопровідну лінію зв'язку (мережу «спільна шина») для передачі даних та живлення сповіщувачів;
7. контролери сповіщувачів (рис. 4), які розміщуються в корпусі сповіщувачів і передають стан їх виходів на приймально-контрольний прилад.

Таке рішення забезпечує імовірність виявлення порушника 92,0% (визначається сповіщувачами), імовірність хибної тривоги 0,83%, вартість апаратного забезпечення 648 доларів США (приблизно 42 долари США на сповіщувач). Імовірність зламу мережі (імітації сповіщувача) не перевищує $10^{-6}\%$.

В цій структурі запропоновано підвищити ступінь захисту мереж від зламу переводом (за командою сервера) сповіщувачів, які перебувають в режимі “не під охороною”, в режим роботи, відмінний від режиму “під охороною”, при якому більшість повідомлень (80...90%) є випадковими. Це не дозволить зловмиснику, який має легальний доступ до підохоронної ділянки в режимі “не під охороною”, вивчати повідомлення сповіщувачів при штучно створених небезпеках. Також в такій структурі можна створювати пастки за рахунок спрощення захисту в режимі “не під охороною”, що створює ілюзію можливості заміни одного або декількох сповіщувачів імітаторами та сприяє передчасним діям зловмисника, які легко виявити в режимі “під охороною”.

КСТС НДІ ІКС, виконана згідно теми 0106U010731 (рис. 9), використовує контролери сповіщувачів, які не забезпечують захист лінії зв'язку (через те, що ця лінія проходить в коридорі, який сам ставиться під охорону цією ж СТС). В цій СТС роль приймально-контрольного приладу виконує комп'ютер, вимоги до якого по суті обмежуються наявністю СОМ-порту. Периферійне обладнання комп'ютера служить для візуалізації подій в КСТС (відображення та

протоколювання інформації про стан сповіщувачів), встановлення або зняття з охорони відповідних зон, а також дослідження експериментальних КСТС. Вартість цієї КСТС становить приблизно 39 доларів США на сповіщувач.

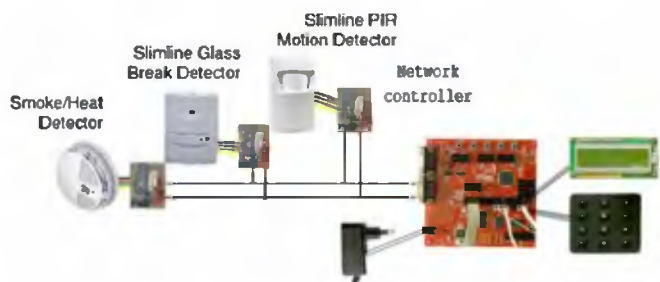


Рис. 8 Структура СТС із захистом зв'язку.

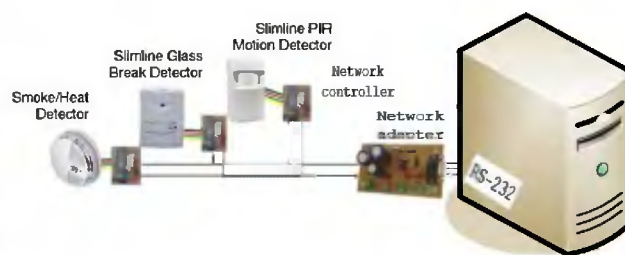


Рис. 9 Структура СТС без захисту зв'язку.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано наукову задачу з розробки методів і засобів оптимізації функціонально-вартісних характеристик комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації. При цьому отримано наступні основні результати:

1. Аналіз ринку систем тривожної сигналізації показав, що переважна частина систем тривожної сигналізації спроектована за шаблонами і мало враховує специфіку периметру території, вимоги споживача та нову елементну базу. Запропоновано шляхи подолання цих недоліків шляхом створення комп'ютерної системи підтримки процесу розробки систем тривожної сигналізації та вдосконаленням компонентів.
2. Розроблено метод відображення хромосом генетичного алгоритму в область аргументів комбінаторної задачі багатокритеріальної оптимізації функціонально-вартісних характеристик комп'ютеризованих систем тривожної сигналізації за допомогою спеціальної процедури формування множини всіх можливих варіантів покриття даної ділянки та маркування мажоруючих варіантів покриття ділянок. Це дозволило зменшити часову складність алгоритму до 69 % і збільшити частку згенерованих Парето-оптимальних систем тривожної сигналізації на 15 %.
3. Для підвищення достовірності критеріїв відбору удосконалено метод оцінки функціональних характеристик систем тривожної сигналізації, який враховує невизначеності оцінок інтенсивності завад і вразливість до них компонентів цих систем шляхом використання нечітких множин та їх дефазифікації при визначенні критерію ризику проникнення порушника, що дозволило формалізувати ризики невиявлення загроз сповіщувачами в конкретних умовах їх роботи та зменшити до 22% Парето-оптимальну множину шляхом відсіювання систем тривожної сигналізації, що збільшують частоту хибних спрацювань.
4. Для реалізації запропонованих методів створено комп'ютерну систему, яка підтримує процес розробки систем тривожної сигналізації, яка базується на розвинутих і удосконалених методах їх структурної оптимізації та оцінки

функціональних характеристик під час автоматизованого агрегування та відбору кращих рішень, що дозволило покращити функціонально-вартісні характеристики таких систем.

5. Аналіз вартості компонентів розроблених систем тривожної сигналізації показав, що (i) традиційні сповіщувачі таких систем мають відносно низьку ціну; (ii) в таких системах затрати на зв'язок між сповіщувачами і приймально-контрольним приладом високі через топологію “зірка”; (iii) мережеві сповіщувачі мають значно вищі ціни, через що системи на їх базі не потрапляють в множину Парето-оптимальних рішень. Така ситуація дозволяє покращити функціонально-вартісні характеристики систем тривожної сигналізації шляхом розробки спеціалізованого контролера, що забезпечує зв'язок сповіщувача з приймально-контрольним приладом по двохпровідній мережі та живлення великої групи сповіщувачів по цій же мережі. Розроблено дві модифікації такого контролера:
 - для систем тривожної сигналізації без підтримки захисту зв'язку (мережа захищена), що базується на недорогому мікроконтролері, забезпечує обмін даними і живлення від мережі для груп 10-15 традиційних сповіщувачів;
 - для систем тривожної сигналізації із захистом зв'язку (мережа незахищена), який використовує запропоновану організацію послідовного інтерфейсу, що базується на виявленій максимальній кількості його елементів (19), які використано для захисту повідомлень, їх комбінованому застосуванні, а також прихованій детермінованій та псевдовипадковій їх заміні, що забезпечує надійний захист мережі від імітації сповіщувачів (імовірність зламу не більше 10^{-6} %) та індивідуальний захист систем (за рахунок встановлення параметрів захисту тільки уповноваженою особою, незалежно від виробника системи).
6. Запропоновано підвищити ступінь захисту мереж від зламу шляхом переведу (за командою сервера мережі) сповіщувачів, які перебувають в режимі “не під охороною”, в режим роботи, відмінний від режиму “під охороною”, при якому більшість повідомлень (80...90%) є повністю випадковими, що не дозволяє зловмиснику, який має легальний доступ до підохоронної зони в режимі “не під охороною”, вивчати повідомлення сповіщувачів при штучно створених небезпеках, а також дозволяє створювати пастки в пропонованій мережі за рахунок спрощення захисту в режимі “не під охороною”, що створює ілюзію можливості заміни одного або декількох сповіщувачів імітаторами та сприяє передчасним діям зловмисника, які легко виявити в режимі “під охороною”.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Биковий П.Є. Вибір техніко-економічних показників компонентів дистрибутивних систем безпеки периметра території / П.Є. Биковий, В.В. Кочан, А.О. Саченко, В.О. Турченко // Вісник технологічного університету Поділля. Технічні науки. 2004, Ч.1, Т.2: №2. – С. 82-85.
2. Турченко В. Підхід до оптимізації дистрибутивних сенсорних систем безпеки /

- В. Турченко, В. Кочан, П. Биковий, А. Саченко, В. Коваль, Дж. Марковський // Вісник Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя. – 2005. – Т.10, №3. – С. 111-117.
3. Биковий П. Оптимізація проектування дистрибутивних систем технічної безпеки за допомогою генетичного алгоритму / П. Биковий // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця, 2008. – №6. – С. 28-34.
 4. Биковий П. Порівняльний аналіз алгоритмів виявлення оптимальних рішень у системах безпеки / П. Биковий // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" «Комп'ютерні системи та мережі». – 2008. – №630. – С. 17-23.
 5. Биковий П. Дистрибутивна сенсорна мережа для систем безпеки / П. Биковий // Міжнародний науково-технічний журнал "Комп'ютинг". – 2009. – Т.8, випуск 2, – С. 157 - 164.
 6. Биковий П.Є. Система нечіткого виводу для оцінки ризиків вразливості систем безпеки периметру території / П.Є. Биковий // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2010. –№2 (146). – С.174-180.
 7. Bykovyy P. Development of the Knowledge Base of Perimeter Security Systems / P. Bykovyy // Proceedings of the 2nd International IEEE Conference "Intelligent Systems". – Varna, 2004. – Vol. 3. – P. 54-57.
 8. Turchenko I. Database Design for CAD System Optimising Distributed Sensor Networks for Perimeter Security / I.Turchenko, V.Turchenko, V.Kochan, P.Bykovyy, A.Sachenko, G.Markowsky // Proceedings of the 8th IASTED International Conference Software Engineering and Applications. –Cambridge, 2004. – P. 59-64.
 9. Bykovyy P. A Low-Cost Network Controller for Security Systems / P. Bykovyy, I. Maykiv, I. Turchenko, O. Kochan, V. Yatskiv, G. Markowsky // Proceedings of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'05). – Sofia, 2005. – P. 388-391.
 10. Bykovyy P. A CAD System That Optimizes Distributed Sensor Networks for Perimeter Security / P. Bykovyy, V. Kochan, A. Sachenko, G. Markowsky // Proceedings of the Second IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security and Safety. – Istanbul, 2006. – P. 271-276.
 11. Bykovyy P. Genetic Algorithm Implementation for Perimeter Security Systems CAD / P. Bykovyy, V. Kochan, A. Sachenko, G. Markowsky // 4-th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'07). – Dortmund, 2007. – P. 634-638.
 12. Bykovyy P. Genetic Algorithm Implementation for Distributed Security Systems Optimization / P. Bykovyy, Y. Pigovsky, V. Kochan, A. Sachenko, G. Markowsky, S. Aksoy // IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSA). – Istanbul, 2008. – P. 120-124.
 13. Bykovyy P. Data Communication Crypto Protocol for Security Systems Sensor Networks / P. Bykovyy, V. Kochan, Y. Kinakh, A. Sachenko, O. Roshchupkin, S. Aksoy, G. Markowsky // Proceedings of the 5-th IEEE International Workshop on

- Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'09). – Rende (Cosenza), 2009. – P. 375-379.
14. Bykovyy P. Fuzzy Inference System for Vulnerability Risk Estimation of Perimeter Security / P. Bykovyy, Y. Pigovsky, A. Sachenko, A. Banasik // Proceedings of the 5-th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'09). – Rende (Cosenza), 2009. – P. 380-384.
 15. Биковий П. Апаратні засоби мережі сенсорів систем безпеки / П. Биковий // Збірник тез міжнародної науково-технічної конференції “Комп’ютерні системи та мережні технології”. – Київ: Національний авіаційний університет, 2008. – С. 44-48.
 16. Турченко В. Оптимізація дистрибутивних сенсорних систем безпеки / В. Турченко, В. Кочан, П. Биковий, А. Саченко // Матеріали дев’ятої наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2005. – С.69.
 17. Биковий П. Застосування генетичних алгоритмів для оптимізації дистрибутивних систем технічної безпеки / П. Биковий // Матеріали ІХ Міжнародної конференції "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2008)". [Електронний ресурс] – Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2008. – С.6. – Режим доступу: http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection_4.pdf.
 18. Биковий П. Розробка мережевого протоколу для сенсорів систем безпеки / П. Биковий; В. Кочан. // Тези доповіді Всеукраїнської наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2009. – С.102.
 19. Биковий П.Є. Криптостійкий протокол для мереж сенсорів безпеки / П.Є. Биковий, В.В. Кочан // Збірник тез десятої міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні і електронні технології ». – Одеса, 2009. – Т.1. – С.189.
 20. Биковий П.Є. Багатокритеріальний синтез систем безпеки периметру території в умовах невизначеного впливу завад / П.Є. Биковий, Ю.Р. Піговський // Труды XI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології». – Одеса, 2010. – Т.1. – С. 88.

АНОТАЦІЇ

Биковий П.Є. Методи і засоби оптимізації функціонально-вартісних характеристик комп’ютеризованих систем сигналізації на основі генетичного алгоритму. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – Комп’ютерні системи та компоненти. – Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, 2011.

Дисертація присвячена розробці методів і засобів оптимізації функціонально-вартісних характеристик комп’ютеризованих систем тривожної сигналізації (КСТС) на основі генетичного алгоритму.

У дисертації розвинутий метод компоновання КСТС на основі вперше запропонованого методу відображення значень хромосом генетичного алгоритму в аргументи задачі багатокритеріальної структурної оптимізації функціонально-вартісних характеристик КСТС та удосконаленого методу оцінювання функціональних характеристик КСТС з допомогою нечітких множин. Для реалізації запропонованих методів створено комп'ютерну систему, яка підтримує процес розробки СТС. Для зменшення вартості ліній зв'язку розроблено спеціалізований контролер, що забезпечує зв'язок сповіщувача з приймально-контрольним приладом по двохпроводній мережі та живлення великої групи сповіщувачів по ній же. Для КСТС з незахищеним середовищем передачі запропоновано організацію послідовного інтерфейсу, що базується на виявленій максимальній кількості його елементів, які можна використати для захисту повідомлень, їх комбінованому застосуванні, а також прихованій детермінованій та псевдовипадковій їх заміні, що забезпечує надійний захист мережі від імітації сповіщувачів та індивідуальний захист систем, а також не дозволяє зловмиснику вивчати повідомлення сповіщувачів при штучно створених атаках і дає можливість створювати пастки для зловмисника.

Ключові слова: методи багатокритеріальної та комбінаторної оптимізації, функціонально-вартісний аналіз, морфологічний аналіз, системи тривожної сигналізації, мікроконтролери, нечіткі множини, генетичні алгоритми.

Быков П.Е. Методы и средства оптимизации функционально-стоимостных характеристик компьютеризированных систем сигнализации на основе генетического алгоритма. – Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Компьютерные системы и компоненты. – Тернопольский национальный экономический университет, Тернополь, 2011.

Диссертация посвящена разработке методов и средств оптимизации функционально-стоимостных характеристик компьютеризированных систем тревожной сигнализации (КСТС) на основе автоматического агрегирования их структур и отбора нехудших вариантов, базирующегося на генетическом алгоритме.

В диссертации развит метод компоновки КСТС на базе впервые предложенного метода отображения значений хромосом генетического алгоритма на область аргументов задачи многокритериальной структурной оптимизации функционально-стоимостных характеристик КСТС и усовершенствованном методе оценивания функциональных характеристик КСТС с помощью нечётких множеств. Сравнение различных вариантов реализации предложенного метода с множеством Парето, полученным в результате полного перебора вариантов выполнения СТС, где гарантированно определяется полное множество Парето, показали, что генетический алгоритм в среднем на 69% быстрее определяет полное множество Парето в сравнении со схемами перебора. При этом количество Парето-оптимальных результатов, полученных данным методом за единицу времени в среднем на 15% превосходит алгоритмы перебора.

Для реализации предложенных методов создана компьютерная система,

поддерживающая процесс разработки СТС. Исследования оптимизированных СТС показали, что затраты на линии связи в традиционных СТС и оборудование сетей с адресными или беспроводными извещателями – неоправданно велики. Для снижения стоимости линий связи разработан специализированный контроллер, обеспечивающий связь извещателя с приемно-контрольным прибором КСТС по двухпроводной сети, обеспечивая питание большой группы извещателей по этой же сети. Для КСТС с незащищенной средой передачи предложен новый последовательный интерфейс на базе максимального числа элементов, обеспечивающих защиту сообщений в сети. Эти элементы предложено применять комбинированно, а также обеспечить их скрытую детерминированную и псевдослучайную замену. Это обеспечит надежную защиту сети от имитации извещателей и индивидуальную защиту сетей, причем, за счет предварительной инициализации извещателей, параметры защиты известны лишь ответственному лицу. Предложенное изменение параметров защиты исключает возможность изучения реакции извещателей на искусственно созданные угрозы злоумышленников, имеющих легальный доступ на охраняемую территорию в режиме «не под охраной». Это также дает возможность создавать ловушки для злоумышленников.

Ключевые слова: многокритериальная комбинаторная оптимизация, функционально-стоимостной анализ, системы тревожной сигнализации, морфологический анализ, микроконтроллеры, нечеткие множества, генетические алгоритмы.

Bykovyy P.Y. Methods and tools for cost-functional characteristics optimization of computerized alarm systems using genetic algorithm. - *Manuscript.*

Thesis for a Ph.D. (candidate of technical sciences) degree in specialty 05.13.05 – computer systems and components. – Ternopil National Economic University, Ternopil, 2011.

Dissertation is devoted to the development of methods and tools for cost-functional optimization of computerized alarm systems (CAS) using genetic algorithm.

In the present study a further development of multicriteria structured optimization method of CAS cost-functional characteristics was received using the proposed type of selection in genetic algorithm during the solution process of an extreme combinatorics task and the CAS functional characteristics estimation method was improved using fuzzy sets. To implement the proposed methods a computer system was developed which supports the process of alarm system design. To reduce the cost of communication lines, a specialized controller, that communicates a large group of detectors with the central panel using two-wired network and powers them through the same network was developed. For CAS with unsecured transmission environment a new serial interface was proposed that is based on selected maximum number of elements, that can be used to protect messages, their combined usage and a hidden deterministic and pseudo-random usage, that provides a reliable protection of network from detectors simulation and individual protection of alarm systems, also it does not allow an attacker to learn the detectors message in artificial attacks and allows to create traps for the attacker.

Keywords: multiobjective optimization methods, cost-functional analysis, morphological analysis, alarm system, fuzzy sets, genetic algorithms.

Підписано до друку 10.12.2010 р.
Формат 60x90 ¹/₁₆. Гарнітура Times.
Папір офсетний. Друк на дублікаторі.
Облік.-видав. арк. 0,9. Умов. друк. арк. 0,9. Зам. № Н014-15.
Тираж 100 прим.

Видавництво ТНЕУ “Економічна думка”
46020 Тернопіль, вул. Львівська, 11
тел. (0352) 47-58-72