

УДК 004.65

Л. Н. БЕРКМАН, доктор техн. наук, професор;
Л. П. КРЮЧКОВА, І. І. БОРИСЕНКО, С. А. ФЕДЮНІН,
Державний університет телекомунікацій, Київ;
Т. В. УВАРОВА,
Національний університет оборони України, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Розглянуто критерії оптимізації для систем управління інформаційно-комунікаційною інфраструктурою. Поставлено задачу оптимізації системи управління телекомунікаційною мережею та розглянуто підходи до її розв'язання за допомогою методів об'єднання частинних критеріїв.

Ключові слова: критерії оптимізації; системи управління телекомунікаційною мережею.

ВСТУП

Система управління інформаційно-комунікаційною інфраструктурою, зокрема сучасними телекомунікаційними мережами, має такі характерні ознаки: великі розміри, складність, розвинені функціональні можливості, конкурентоспроможність, високу вимогливість до забезпечення захисту інформації та надзвичайну чутливість до помилок.

Із підвищенням якості та збільшенням обсягу надаваних послуг кількість управляючої інформації в системі управління стрімко зростає, через що вона може зрештою поглинути основну мережу.

Поняття системи управління адекватне поняттю *велика система*, що характеризується такими специфічними ознаками, як багатовимірність, структурне розмаїття; багатозв'язність елементів (взаємозв'язок підсистем на одному рівні та між різними рівнями ієрархії); різномірність бази елементів; змінюваність структури, зв'язків і складу системи; багатокритеріальність; багатоплановість.

Оптимізація системи управління включає в себе оптимізацію як самої системи, так і процесу її проектування. Обидва напрямки оптимізації взаємозалежні. Показники якості розроблюваної системи істотно залежать від оптимальності й тривалості процесу розробки, а також засобів устаткування. У свою чергу, час і засоби, витрачені на процес розробки системи, значною мірою визначаються структурою системи та її параметрами. Проте задача одночасної оптимізації системи управління та процесу її розробки достатньо складна. Тому спинимось на проблемі оптимізації самої системи управління.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Багатокритеріальна оптимізація

Відшуканням оптимальної системи управління називатимемо процес синтезу такої системи, яка компромісно оптимізує показники якості з урахуванням обмежень щодо вхідних даних та визначених умов.

Синтез інформаційних мереж управління може бути *векторний* чи *глобальний*.

Векторним називається синтез, виконуваний з урахуванням кількох показників якості, тобто на основі векторів $K(k_1, k_2, \dots, k_m)$. На відміну від векторного, синтез, проведений за одним показником якості, називається *скалярним*.

Глобальним називається синтез, виконуваний з урахуванням усіх істотних показників якості, включаючи й економічні.

При проведенні векторного синтезу потрібно визначити такі значення управляючих змінних $x \in D$, які забезпечують одночасно мінімум усіх введених критеріїв оптимальності $Q_k(x)$, $k = 1, 2, \dots, s$.

Зазвичай ці критерії суперечливі, оптимізація за кожним із них призводить до різних значень управляючих змінних. Тому для врахування всієї сукупності частинних критеріїв необхідно проаналізувати векторний критерій оптимальності $Q(x) = [Q_1(x), \dots, Q_s(x)]$, який призводить до розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації.

Розв'язування задачі оптимального синтезу — це процес вибору управляючих змінних x , що належать допустимій області D і забезпечують оптимальне значення характеристики $Q(x)$ системи управління.

Характеристика, яка показує відносну «перевагу» одного варіанта системи порівняно з іншими, називається *критерієм оптимальності* (цільовою функцією, критерієм ефективності, функцією корисності тощо).

Екстремальне (кількісне) значення критерію оптимальності $Q(x)$ являє собою одну з найважливіших характеристик системи управління. При цьому залежно від конкретного завдання потрібно знайти або максимум, або мінімум цільової функції.

Таким чином, для кожного критерію оптимальності $Q_1(x), Q_2(x), \dots, Q_s(x)$ необхідно знайти вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, що забезпечує мінімальне (максимальне) значення цього критерію:

$$Q_i = Q_i(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

при розв'язуванні системи нерівностей

$$Q_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (2)$$

$$x_j^- \leq x_j \leq x_j^+, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Розв'язання задачі оптимізації системи управління зводиться до визначення оптимального значення x^* , що задовольняє нерівності (2), (3), і обчислення мінімального (максимального) значення критерію оптимальності.

Нехай, наприклад, маємо для системи управління такі частинні критерії:

$Q_1(x)$ — функція, яка характеризує кількість інформації, що забезпечує заданий спектр послуг;

$Q_2(x)$ — функція, яка характеризує затримку інформації управління при визначеній кількості контрольованих вузлів швидкодії центрів комутації пакетів системи управління;

$Q_3(x)$ — функція, яка характеризує надійність структури при заданих обмеженнях;

$Q_4(x)$ — функція, яка характеризує вірогідність переданої інформації;

$Q_5(x)$ — функція, яка характеризує вартість системи управління з урахуванням усіх зазначених властивостей.

При однокритеріальному розв'язуванні таких задач оптимізації перевага надається одному з наведених критеріїв, а для інших визначається область допустимих розв'язків.

Для сучасної системи управління такий підхід недостатньо ефективний, оскільки наведені частинні критерії суперечать один одному.

Наприклад, критерій Q_2 — мінімум затримки управляючої інформації суперечить критерію Q_4 — максимум вірогідності. А виконання всіх критеріїв $Q_1 - Q_4$ суперечить критерію Q_5 — мінімум вартості.

Розв'язок задачі багатокритеріальної оптимізації в загальному випадку не оптимальний для жодного з частинних критеріїв, але компромісний для вектора $Q(x)$ у цілому. Зауважимо, що розв'язок задачі багатокритеріальної оптимізації (компромісний розв'язок) $x^* \in D$ є ефективною точкою, якщо для нього справджується нерівність $Q(x^*) \leq Q(x)$ при $x \in D$. Тобто будь-який компонент $Q_k(x^*) \leq Q_k(x)$, $k = 1, 2, \dots, s$, але хоча б для одного з усіх s чисел, скажімо j , знайдеться точка $x \in D$, в якій виконується строга нерівність $Q_j(x^*) > Q_j(x)$. З означення ефективною точки випливає, що вона не єдина.

Множина всіх ефективних точок називається *областю визначення*, або *областю розв'язків* задачі оптимізації.

Оптимальність векторного критерію $Q(x)$ означає, що не можна далі зменшувати значення одного з частинних критеріїв, не збільшуючи значення хоча б одного з решти критеріїв.

Для визначення мінімуму векторного критерію $Q(x)$ необхідно перейти від задачі векторної оптимізації до задачі нелінійної оптимізації зі спеціально побудованою цільовою функцією

$$Q(x) = \Phi[Q_1(x), Q_2(x), \dots, Q_s(x)]. \quad (4)$$

Процес пошуку скалярної функції (4), що являє собою узагальнений критерій для задачі багатокритеріальної оптимізації, називається *об'єднанням (зортанням) векторного критерію оптимальності*.

Зі збільшенням кількості обладнання та ускладнення топології телекомунікаційної мережі завдання управління стає одним із найважливіших для розвитку мережі.

Постановка задачі оптимізації системи управління телекомунікаційною мережею та її розв'язання включають у себе такі етапи:

- вибір і обґрунтування мети оптимізації;
- вибір кількості і складу критеріїв оптимізації;
- узгодження мети з наявними можливостями, тобто врахування обмежень;
- реалізація способу досягнення мети (експериментального значення показника якості) з огляду на обмеження.

Для вибору та обґрунтування мети оптимізації необхідно передусім визначити показники якості (критерії ефективності роботи системи управління) та цільові функції, що якнайповніше відображають цілі оптимізації. Цей етап є одним з основних, оскільки від правильності вибору показника якості залежить розв'язання задачі в цілому.

Критерії оптимізації є варійованими параметрами процесу управління, що прямо або опосередковано впливають на показники якості.

Варто наголосити, що розв'язання задачі оптимізації включає в себе визначення обмежень, які мають урахуватися при цьому. Адже якість роботи системи управління характеризується не одним, а групою показників, тому якщо система оптимізується за одним показником якості, то на решту показників якості та варійовані параметри накладаються обмеження.

На тому чи іншому етапі може постати потреба скористатись методами експертних оцінок для ухвалення рішень за результатами обробки думок фахівців-експертів.

Під час проектування системи управління думки експертів особливо корисні, коли йдеться про такі питання:

- визначення складу сукупності початкових даних — показників якості;
- обґрунтування кількісного подання деяких обмежень, наприклад максимально допустимих показників якості;
- вибір виду критерію переваги;
- вибір значень параметрів критерію переваги, наприклад значень вагових коефіцієнтів для результуючої цільової функції;
- вибір найкращої системи зі скінченної кількості допустимих систем, якщо кожна система характеризується вектором (сукупністю) показників якості.

Експертні оцінки для системи управління телекомунікаційними мережами дають змогу вибрати необхідні показники якості, визначаючи вагові коефіцієнти відповідно до їхньої важливості, та синтезувати оптимальну систему управління згідно з вибраними показниками якості.

Далі застосовується той чи інший метод оптимізації, що забезпечує розв'язання поставленої задачі — відшукування екстремального значення критерію якості з урахуванням заданих обмежень. Об'єктом оптимізації є робота системи управління телекомунікаційними мережами, або, інакше кажучи, процес управління такими мережами.

Об'єкти оптимізації можна класифікувати за низкою ознак:

- за кількістю параметрів об'єкта, що підлягає оптимізації;
- обсягом апріорної інформації про об'єкт;
- способом математичного опису об'єкта.

За кількістю варійованих параметрів розрізняють одно- і багатопараметричні об'єкти. Можливі також екстремальні об'єкти, щодо яких існує математичний опис і відома залежність показника якості K від параметрів Q , що підлягають оптимізації. Стосовно таких об'єктів маємо достатній обсяг апріорної інформації. Проте існує широкий клас об'єктів, для яких немає жодного математичного опису. З огляду на малий обсяг апріорної інформації про такі об'єкти їх називають об'єктами типу «чорної скриньки».

Загальне формулювання задачі оптимізації спирається на поняття *сукупності даних, необхідних для оптимізації об'єкта*, що містить:

- умови $Y = \{Y_1, \dots, Y_k\}$;
- критерії оптимізації (параметри, що оптимізуються) $Q = \{Q_1, \dots, Q_m\}$;
- показники якості $K = \{K_1, \dots, K_n\}$;
- обмеження $O = \{O_1, \dots, O_l\}$.

Сукупність параметрів, що оптимізуються, утворює вектор параметрів об'єкта оптимізації і характеризує тип оптимізаційної задачі. Якщо кількість m параметрів, що оптимізуються, більша від одиниці ($m > 1$), то задача є *багатопараметричною*, а при $m = 1$ — *однопараметричною*. Сукупність показників якості $K = \{K_1, \dots, K_n\}$ утворює *вектор показників якості об'єкта*. У разі необхідності характеризувати об'єкт групою показників якості задача класифікується як *багатокритеріальна*, або *векторна*. Якщо для оптимізації вибрано лише один показник якості, то задача стає *однокритеріальною*, або *скалярною*.

Сукупність обмежень виконує важливу роль під час постановки і розв'язання оптимізаційної задачі. Найчастіше трапляються обмеження виду рівності або нерівності. Обмеження накладаються на варійовані параметри, а також на показники якості. Якщо в задачі векторної оптимізації перевести

частину показників якості в розряд обмежень, то можна її звести до скалярної задачі.

Систему управління як об'єкт багатопараметричної оптимізації можна подати у вигляді багатовимірної системи з m керованими входами, що характеризують варійовані параметри (критерії оптимізації), за допомогою яких здійснюється оптимізація процесу. Об'єкт перебуває також під впливом сукупності умов (Y_1, \dots, Y_k) . Вектори Q , Y та O прикладено до об'єкта.

Інформація про роботу об'єкта знімається з його виходу. При цьому розглядається скалярний $K = K(Q_1, \dots, Q_m)$ або векторний $K = (K_1, \dots, K_n)$ показник якості.

Математично задача зводиться до пошуку якнайкращих показників управління.

Під час проектування системи управління необхідно врахувати, що апріорні ймовірності $P(y_i)$ виникнення тієї чи іншої непередбачуваної ситуації в мережі визначити наперед неможливо, тоді як умови виникнення аварійних ситуацій можуть визначатися за максимальним значенням умовного ризику:

$$R_{\max} = \max_i \sum_{i=1}^k P(\bar{y}_i | y_i) L_i, \quad (5)$$

де L_i — деякий нормований коефіцієнт, що характеризує втрати в тій або іншій ситуації. Проте відшукування «якнайгіршого» розподілу — це, як правило, складна самостійна задача, що зводиться іноді до суто евристичного вибору «якнайгіршого» розподілу. Так, за відсутності будь-яких апріорних відомостей за «найгірший» часто беруть нормальний розподіл.

Об'єднання кількісно сумірних критеріїв

Критерії оптимальності $Q_k(x)$, $k = 1, 2, \dots, s$, вважатимемо *кількісно сумірними*, якщо важливість кожного з них порівнянна з важливістю решти критеріїв. Для порівняння критеріїв Q_k вводять параметри λ_k — так звані вагові коефіцієнти (ступінь корисності k -го критерію, вага критерію тощо). Розмірність вагових коефіцієнтів λ_k визначається як дріб, у чисельнику якого подається спільна розмірність, а в знаменнику — розмірність частинного критерію $Q_k(x)$. Це дозволяє побудувати узагальнений скалярний критерій $Q(x)$, який називається *адитивною функцією корисності*, утворивши суму добутків частинних критеріїв і їхніх вагових коефіцієнтів (метод зважених сум):

$$Q(x) = \sum_{k=1}^s \lambda_k Q_k(x), \quad (6)$$

де $\lambda_k \geq 0$; $\sum_{k=1}^s \lambda_k = 1$.

У деяких випадках припускається порівняння не критеріїв оптимальності, а втрат за кожним із них.

Втрати визначаються як різниця між $Q_k(x)$ і його оптимальним значенням

$$Q_k^* = \min_{x \in D} Q_k(x). \quad (7)$$

У цьому разі адитивна функція корисності набирає вигляду

$$Q(x) = \sum_{k=1}^s \lambda_k [Q_k(x) - Q_k^*]. \quad (8)$$

Вираз (6) об'єднує частинні критерії $Q_k(x)$ різних розмірностей, а вираз (8) приводить ці критерії до спільного початку відліку і до однієї розмірності.

Недоліком методу зважених сум є те, що компромісний і оптимальний розв'язок у складі узагальненого критерію $Q(x)$ може виявитися незадовільним за одним із частинних критеріїв $Q_k(x)$. Тобто при забезпеченні мінімального значення для $Q(x)$ може статися, що один критерій компенсується за рахунок інших, які можуть бути дуже великі. Наприклад, у цьому разі затримка управляючої інформації чи ймовірність помилки може бути надто велика.

Для усунення цього недоліку необхідно ввести параметр C_{kl} , що дозволяє визначити відхилення оптимального значення одного з частинних критеріїв від його значення, здобутого згідно з оптимальним розв'язком для інших критеріїв:

$$C_{kl} = \left| \frac{Q_k(x_k^*) - Q_k(x_l^*)}{Q_k(x_k^*)} \right|. \quad (9)$$

Значення параметра C_{kl} характеризує вплив вектора x_l^* на критерій $Q_k(x)$.

Об'єднання критеріїв, для яких визначено співвідношення переваги за вагомістю

Нехай задано перевагу за вагомістю для частинних критеріїв оптимальності $Q_k(x)$, причому цю перевагу задано умовою, згідно з якою критерій $Q_1(x)$ вагоміший, ніж критерій $Q_2(x)$, а $Q_2(x)$ вагоміший, ніж $Q_3(x)$, і т. д.

Тоді об'єднати частинні критерії можна введенням найбільш вагомого — *основного* критерію $Q(x) = Q_1(x)$, який потрібно мінімізувати при заданих «граничних» значеннях Q_k^+ інших частинних критеріїв:

$$\min_{x \in D} Q_1(x). \quad (10)$$

Одним зі способів упорядкувати критерії за вагомістю є введення оцінок μ_{ij} пріоритету частинних критеріїв. Наприклад, якщо $\mu_{ij} = \frac{10}{1}$, то маємо переважну вагомість i -го критерію порівняно з j -м критерієм; при $\mu_{ij} = \frac{5}{1}$ — значно більшу вагомість; при $\mu_{ij} = \frac{2}{1}$ — велику вагомість і $\mu_{ij} = 1$ — приблизно однакову вагомість.

Інформацію про порівняльність (переваги за вагомістю) критеріїв подають у вигляді матриці $s \times (s + 1)$, у кожний рядок якої вноситься оцінка

пріоритетів μ_{ij} , яка характеризує вагомість критерію $Q_i(x)$ порівняно з іншими критеріями.

Нехай оцінка $\mu_{23} = \frac{5}{1}$, тобто критерій $Q_2(x)$ має більшу вагомість, ніж критерій $Q_3(x)$. Тоді на перетині 2-го рядка і 3-го стовпця записуємо число 5, а на перетині 3-го рядка та 2-го стовпця — 1 і т. д. В останньому ($s + 1$)-му стовпці матриці міститимуться суми оцінок π_k , $k = 1, 2, \dots, s$, за стовпцями. Відносна вагомість кожного частинного критерію в цьому разі можна визначити із системи рівнянь:

$$\frac{\lambda_k}{\lambda_i} = \frac{\pi_k}{\pi_i}, \quad i, k = 1, 2, \dots, s, \quad i \neq k, \quad \sum_{k=1}^s \lambda_k = 1. \quad (11)$$

Нехай, наприклад, відомо, що критерій $Q_1(x)$ має переважну вагомість порівняно з $Q_2(x)$, а критерій $Q_2(x)$ має ще більшу вагомість, ніж $Q_3(x)$. При цьому $Q_1(x)$ — це мінімальна кількість інформації системи управління, яка забезпечує задану точність параметрів мережі, а також адаптивність та інваріантність системи управління; $Q_2(x)$ — це вірогідність управляючої інформації; $Q_3(x)$ — затримка управляючої інформації.

Інформація про частинні критерії дозволяє вивести оцінки пріоритетів:

$$\mu_{12} = \frac{10}{1}, \quad \mu_{13} = \frac{10}{1} \quad \text{і} \quad \mu_{23} = \frac{5}{1}.$$

Тоді матриця пріоритетів має вигляд:

	Q_1	Q_2	Q_3	π_k
Q_1	0	10	10	20
Q_2	1	0	5	6
Q_3	1	1	0	2

Для визначення вагових коефіцієнтів λ_1, λ_2 і λ_3 маємо систему рівнянь:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_3} = \frac{20}{2}, \quad \frac{\lambda_2}{\lambda_3} = \frac{6}{2}, \quad \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1.$$

Звідси $\lambda_1 = 0,72$, $\lambda_2 = 0,216$ і $\lambda_3 = 0,072$, тобто адитивна функція корисності має вигляд:

$$Q(x) = 0,72Q_1(x) + 0,216Q_2(x) + 0,072Q_3(x).$$

За відсутності інформації про вагомість частинних критеріїв припускають, що вони рівноцінні. Це дозволяє як узагальнений критерій використовувати суму відносних відхилень частинних критеріїв від їхніх оптимальних значень:

$$Q(x) = \sum_{k=1}^s [Q_k(x) - Q_k^*] / Q_k^*. \quad (12)$$

Розв'язавши задачу нелінійної оптимізації з цільовою функцією, заданою виразом (12), дістанемо компромісний розв'язок, тобто найкращий «середній». Щоб знайти розв'язок, який забезпечує найкраще наближення до критерію, «найбільш» віддаленого від свого оптимального значення, необхідно розглянути узагальнений критерій:

$$Q(x) = \max_{1 \leq k \leq s} [Q_k(x) - Q_k^*] / Q_k^*. \quad (13)$$

Якщо про вагові коефіцієнти λ відомо тільки те, що вони належать множині

$$\Delta_\lambda = \left\{ \frac{\lambda}{\lambda_k} \geq 0, k=1, 2, \dots, s; \sum_{k=1}^s \lambda_k = 1 \right\},$$

то узагальнений критерій оптимальності можна подати так:

$$Q(x) = \max_{\lambda \in \Delta_\lambda} \sum_{k=1}^s \lambda_k Q_k(x). \quad (14)$$

Розв'язавши задачу нелінійної оптимізації з критерієм оптимальності (14), дістанемо найкращий розв'язок x^* для найгіршого розкладу вагових коефіцієнтів λ_k .

ВИСНОВКИ

Описано різні методи синтезу оптимальних систем і наведено алгоритм та результат розрахунку оптимальної системи управління телекомунікаційними мережами за двома і трьома показниками якості.

Здійснюючи вибір кількості критеріїв при розв'язуванні задачі синтезу оптимальної сис-

теми управління, маємо враховувати, що збільшення кількості параметрів, які являють собою частинні критерії оптимальності, з одного боку, допомагає знайти досконалішу систему, а з другого боку, утруднює отримання результуючого критерію оптимальності без введення додаткових обмежень.

Література

1. **Постановка** завдання створення інтелектуальної мережі в Україні / [Л. Н. Беркман, В. Г. Бондаренко, В. Г. Климов, Ю. А. Лев] // Зв'язок.— 1995.— № 1.— С. 25–27.
2. **Зурман, А. Р.** Практика проектирования сетей с обрудованием синхронной цифровой иерархии / А. Р. Зурман // Электросвязь.— 1997.— № 1.— С. 11–13.
3. **Стеклов, В. К.** Многокритериальная оптимизация системы управления телекоммуникационными сетями / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Н. Ф. Карпенко // Зв'язок.— 1999.— № 6.— С. 13–16.
4. **Беркман, Л. Н.** Построение интеллектуальной сети / Л. Н. Беркман // Зв'язок.— 1998.— № 2.— С. 14–16.
5. **Беркман, Л. Н.** Инвариантные системы управления сетями связи / Л. Н. Беркман // Зв'язок.— 2000.— № 2.— С. 30.

Рецензент: доктор техн. наук, професор М. М. Климаш, Національний університет «Львівська політехніка».

Л. Н. Беркман, Л. П. Крючкова, И. И. Борисенко, С. А. Федюнин, Т. В. Уварова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрены критерии оптимизации для систем управления информационно-коммуникационной инфраструктурой. Поставлена задача оптимизации системы управления телекоммуникационной сетью и рассмотрены подходы к ее решению при помощи методов объединения частных критериев.

Ключевые слова: критерии оптимизации; системы управления телекоммуникационной сетью.

L. N. Berkman, L. P. Kryuchkova, I. I. Borysenko, S. A. Fedyunin, T. V. Uvarova

DEFINING OPTIMIZATION CRITERIA FOR CONTROL SYSTEMS

The article describes the optimization criteria for control of information and communication infrastructure. Tasked to optimize the telecom network management system and the possibilities of its solutions with the help of partial criteria combining methods.

Keywords: optimization criteria; telecommunication network management system.

УДК 004.056.53

М. М. СТЕПАНОВ, доктор техн. наук, доцент;

В. В. ВИШНІВСЬКИЙ, доктор техн. наук, професор;

В. Л. БУРЯЧОК, доктор техн. наук, доцент;

І. Р. ПАРХОМЕЙ, доктор техн. наук, доцент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

КРИПТОГРАФІЧНИЙ ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ, ЩО ЦИРКУЛЮЄ В ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСАХ ERP-СИСТЕМ

Розглядаються засоби криптографічного захисту інформації, які можуть бути використані при побудові системи захисту ERP-системи від несанкціонованого доступу до її інформаційних ресурсів.

Ключові слова: ERP-система; несанкціонований доступ; інформаційні ресурси; криптографічний захист інформації; криптографічні операції; апаратні засоби криптографічного захисту інформації; програмні засоби криптографічного захисту інформації.

Постановка проблеми

Із розвитком інформаційних технологій, використовуваних у ERP-системі, зростає і складність забезпечення її інформаційної безпеки, що потребує всебічного аналізу можливих негативних на-

слідків впливу на неї різних видів інформаційних загроз. До найбільш поширених і різноманітних інформаційних загроз, здатних завдати істотної шкоди інформаційній безпеці ERP-системи, належить несанкціонований доступ (НСД) до її