

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 002:004.056

Л.Ф. Єжова,
Л.М. Скачек,
В.О. Хорошко, доктор технічних наук, професор

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Стаття присвячена проблемі багатокритеріального вибору ефективних стратегічних рішень щодо інформаційної безпеки при внесенні будь-яких змін в інформаційну систему. Суперечні критерії (показники) можуть мати економічний, екологічний, технічний, соціальний та інший зміст. При цьому вибір найоптимальнішого рішення є достатньо складним, оскільки оптимальні рішення за різними критеріями найчастіше не збігаються. Показано шлях пошуку компромісного рішення з урахуванням всієї сукупності показників (факторів).

Ключові слова: інформаційна безпека, стратегічне рішення, показник.

Статья посвящена проблеме многокритериального выбора эффективных стратегических решений относительно информационной безопасности при внесении любых изменений в информационную систему. Противоречивые критерии (показатели) могут иметь экономическое, экологическое, техническое, социальное и другое содержание. При этом выбор наилучшего решения является достаточно сложным, поскольку оптимальные решения по разным критериям чаще всего не совпадают. Показан путь поиска компромиссного решения с учетом всей совокупности показателей (факторов).

Ключевые слова: информационная безопасность, стратегическое решение, показатель.

Paper is devoted to the problem of multicriterion choice of the effective strategic decisions in relation to informative safety at brought of any changes to the informative system. Contradictory criteria (indexes) can have economic, ecological, technical, social and other maintenance. Thus a choice of the best decision is difficult enough, as optimal decisions on different criteria do not coincide mostly. The way of search of compromise decision, taking into account all indexes (factors) is shown.

Keywords: safety of information, policy decision, index.

Підвищення ефективності діючих комплексних систем захисту інформації (КСЗІ) може досягатися шляхом урахування певної множини критеріїв, які характеризують той чи інший аспект функціонування системи і, як правило, конфліктують між собою. Такі задачі класифікують як багатокритеріальні задачі оптимізації векторного критерію.

При виборі ефективних стратегічних рішень щодо інформаційної безпеки при внесенні будь-яких змін у інформаційну систему постає проблема багатокри-теріального

вибору. Ця проблема зумовлена наявністю набору суперечних критеріїв (показників). Такі критерії можуть мати економічний, екологічний, технічний, соціальний та інший зміст. Залежно від виду критеріїв використовуються різні підходи до розв'язування задач визначення ефективності прийнятих рішень. При цьому вибір найкращого рішення утруднюється, оскільки оптимальні рішення за різними критеріями найчастіше не збігаються. Тому необхідний пошук компромісних рішень із урахуванням всієї сукупності показників (факторів).

Вибір такої сукупності із множини показників, які відображають діяльність системи, базується на твердженні, що фактор – це причина або рушійна сила певного процесу чи явища, що визначає його характер.

При вивченні впливу на функціонування системи будь-якої групи факторів необхідно їх систематизувати і впорядкувати з урахуванням їх внутрішніх і зовнішніх зв'язків, взаємодії та підпорядкованості. Показники, що характеризують причину, називають факторними (незалежними); показники, що характеризують наслідки, називають результативними (залежними). Сукупність факторних і результативних показників, пов'язаних причинно-наслідковим зв'язком, називають факторною системою.

Модель факторної системи – це математична формула, що відображає реальні зв'язки між аналізованими явищами. У загальному вигляді вона може бути представлена таким чином:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

де

y – результативна ознака;

x_i – факторні ознаки.

Залежно від типу факторної моделі розрізняють два основних види факторного аналізу – детермінований і стохастичний.

Детермінований факторний аналіз вивчає вплив факторів, зв'язок яких із результативним показником має функціональний характер, найчастіше лінійний. Такий аналіз найбільш розповсюджений, оскільки є достатньо простим у застосуванні.

Стохастичний аналіз за своєю суттю є методикою дослідження факторів, зв'язок яких із результативним показником є неповним, ймовірнісним (кореляційним), коли зміна аргументу може дати декілька значень зміни функції залежно від поєднання інших факторів, що визначають цей показник. Стохастичне моделювання є певною мірою доповненням і поглибленням детермінованого факторного аналізу, коли неможливо побудувати детерміновану факторну модель.

У детермінованому факторному аналізі найчастіше використовується модель, у якій результативний (узагальнюючий) показник є алгебраїчною сумою чи різницею факторів і багатокритеріальна оптимізація є процесом одночасної оптимізації двох або більше конфліктуючих цільових функцій у заданій області визначення. При цьому абсолютно краще рішення отримати неможливо, оскільки при переході від одного варіанта до другого найчастіше покращуються значення одних критеріїв, але погіршуються значення інших. Склад таких критеріїв є суперечним, а отже, будь-яке обране рішення буде компромісним. Компромід можна вирішити введенням додаткових обмежень або суб'єктивних припущень. І суб'єктивізм базується

на особливостях функціонування інформаційної системи або на її ситуаційному стані.

У практиці факторного аналізу існує декілька способів моделювання багатофакторних моделей: подовження, формальний розклад, розширення, скорочення та розбиття одного чи декількох факторних показників на складові елементи. А багатокритеріальна задача може бути зведена до однокритеріальної за допомогою згортання критеріїв в один комплексний, який називають цільовою функцією, ранжирування і послідовного застосування критеріїв оптимальності. Пошук на множині ефективних рішень потребує використання певних принципів:

- принцип виділення головного критерію, коли із сукупності локальних критеріїв обирається один у якості головного. Для інших критеріїв задаються обмеження у вигляді певних значень, що утворюють область, у межах якої ведеться пошук найкращого рішення для головного критерію;

- принцип рівномірності – рівномірне, гармонійне покращання рішення за всіма локальними критеріями;

- принцип рівності – найкраще рішення, коли досягнуто рівності всіх критеріїв, що не завжди є ефективним рішенням;

- принцип максміну – підвищення рівня всіх критеріїв за рахунок максимального підтягування найгіршого критерію (який має найменше значення);

- принцип квазірівності – рішення вважається найкращим, якщо значення окремих критеріїв різняться одне від одного не більше, ніж на деяку наперед задану величину;

- принцип абсолютної поступки – найкращим є рішення, при якому сумарний абсолютний рівень зниження одного чи декількох критеріїв не перевищує сумарний абсолютний рівень підвищення інших. Принцип оптимальності полягає в максимізації суми критеріїв;

- принцип відносної поступки – найкращим є таке рішення, при якому сумарний відносний рівень зниження одного чи декількох критеріїв не переважає відносного сумарного рівня підвищення за іншими критеріями. Принцип оптимальності полягає в добутку локальних критеріїв.

- принцип послідовної поступки – послідовний пошук найкращого рішення для локальних критеріїв, розміщених у порядку зменшення важливості, після чого для кожного отриманого рішення визначається припустима поступка щодо нього. Потім ця процедура послідовно повторюється для критеріїв, що залишилися. Такий спосіб пошуку найкращого критерію одразу показує, ціною якої поступки в одному критерії отримується виграв в іншому.

Використання однокритеріального підходу, коли в якості основного критерію ефективності прийнятих рішень використовується критерій підвищення рівня безпеки інформаційної системи, є неможливим, оскільки усе більшого значення набувають фактори, що визначають стратегію розвитку підприємства в цілому, такі як рівень інновацій, застосування нових інформаційних технологій, економічна безпека бізнесу, соціальні наслідки прийнятих рішень тощо. Отже, необхідно використовувати групи показників, що мають економічний, технічний, соціальний зміст.

При вирішенні задач виникають такі проблеми:

- вибір ефективних рішень по кожній групі показників;

- визначення ефективності прийнятих рішень з урахуванням сукупності аналізованих;

– вибір груп показників.

При цьому необхідно врахувати як протиріччя, котрі існують між показниками окремих груп, так і протиріччя між показниками, що належать до тієї чи іншої групи. Для цього необхідно визначити два види компромісів: компроміс при виборі рішень за кожним видом ефективності та компроміс при оцінці ефективності з урахуванням всіх груп показників.

Усі розглядувані фактори найчастіше складно або неможливо виразити в одних одиницях виміру. Постає необхідність формулювання та рішення багатоцільових, багатокритеріальних задач визначення ефективності змін, внесених в інформаційну систему.

Виділяють такі типи задач оцінки ефективності стратегічних рішень за сукупністю критеріїв:

- 1) визначення ефективності одного об'єкта за сукупністю показників, що належать до однієї групи;
- 2) визначення ефективності одного об'єкта за сукупністю показників, що належать до декількох груп;
- 3) вибір ефективних рішень при порівнянні декількох об'єктів за сукупністю критеріїв однієї групи;
- 4) вибір ефективних рішень при порівнянні декількох об'єктів за сукупністю критеріїв, що належать до різних груп;
- 5) багатокритеріальна оптимізація параметрів одного об'єкта за допомогою показників однієї групи;
- 6) багатокритеріальна оптимізація параметрів одного об'єкта за допомогою показників, що належать до різних груп;
- 7) оптимізація та порівняльна оцінка ефективності декількох об'єктів за однією групою показників;
- 8) оптимізація та порівняльна оцінка ефективності декількох об'єктів за декількома групами критеріїв.

Найбільш прийнятними щодо безпеки інформації будуть задачі 5–8 типів.

У п'ятій задачі здійснюється оптимізація параметрів одного об'єкта за допомогою однієї групи показників. У задачах оптимального вибору для оптимізації рішень вводиться сукупність керованих факторів (вектор управління). Групи параметрів управління можуть бути такі: організаційні, технологічні, фінансові, матеріальні та інші. Зміною параметрів управління можна досягти оптимального стану аналізованого об'єкта.

Вирішується задача вибору такого рівня безпеки інформаційної системи, щоб оптимізувати одночасно кожний із розглядуваних показників, що характеризують економічну, технічну, нормативну та соціальну складову інформаційної безпеки. Як показує практика, у загальному випадку не вдається оптимізувати кожний із розглянутих показників. Кожен з них має свій вектор управління. Тому визначення оптимальних значень показників здійснюється на основі теорії багатокритеріального вибору.

Розглянемо особливості задач шостого типу.

У розглядуваній ситуації здійснюється оптимізація одного об'єкта за допомогою декількох груп показників. Тут необхідно оптимізувати показники, що належать до різних груп. Тому в загальному випадку для оптимізації показників кожної групи необхідно використовувати свій вектор управління. При цьому можливі протиріччя як між різними векторами управління, так і між показниками

однієї групи. Відповідно, доведеться враховувати два види компромісів, що суттєво ускладнить рішення розглядуваної задачі.

При вирішенні розглянутих задач можливі такі проблеми:

- 1) встановлення залежностей кожного з оптимізованих показників від керованого параметра;
- 2) визначення зв'язку між оптимізованими показниками.

При цьому можливі такі ситуації: показники ефективності об'єктів є незалежними; спостерігається зв'язок між вказаними показниками. У першому випадку з'являється можливість незалежної оптимізації аналізованих показників. У другому випадку необхідно враховувати зв'язок, що існує між показниками.

Розглянемо особливості задач багатокритеріальної оптимізації. Вони є узагальненням попередніх задач. Тому для їх аналізу та вирішення знадобиться використовувати підходи, що розглядалися раніше. Основною проблемою, яка виникає при їх вирішенні, є проблема оцінки ефективності прийнятих рішень за сукупністю критеріїв, які найчастіше є суперечними. Тому необхідний багатокритеріальний підхід для їх рішення. Такий підхід у наш час не знайшов широкого використання у практиці при реформуванні та реструктуризації об'єктів, а отже, постає необхідність подальшої розробки теорії та практики вибору ефективних рішень за сукупністю суперечних критеріїв. З огляду на швидкий розвиток інформаційних технологій та зростаючу роль інформаційної безпеки, такі розробки, безперечно, є актуальними.

Нелінійна схема компромісів [1] ґрунтується на векторній моделі оптимізації [2, 3]. Нелінійна схема компромісів позбавлена більшості недоліків, характерних для більшості методів, та дозволяє знайти оптимальний компроміс між критеріями, які входять до її складу, оскільки отримує рішення належне області компромісів, тобто буде оптимальним за Парето [4].

До переваг методу оптимізації за нелінійною схемою компромісів відносять такі [1, 2, 4]:

- простота методу за обчислювальними затратами, при цьому є можливість отримати рішення із множини Парето з урахуванням обмежень за принципом найбільшого віддалення від границь обмежень;
- при опуклості частинних критеріїв їх скалярна згортка володіє властивістю унімодалності, тобто задача стає однокстремальною.

Визначимо, що стратегії нападника $\lambda_i(t)$ і захисника $\mu_i(t)$, визначені на P , набувають значення відповідно до E_λ та E_μ й обираються з умови оптимізації деякого критерію, який в ігрових задачах називається платою. Тобто для захисника плата I_0 в загальному вигляді може бути подана сукупністю частинних критеріїв, заданих функціоналами [5]:

$$I_j = \Phi_j \left[\lambda_i(t), \mu_i(t), T, P_0(t) \right], \quad j = 1, 2, \dots, r, \quad (1)$$

де Φ_j – функції, що мають неперервні частинні похідні по λ_i і μ_i ,
 $P_0(t)$ – модель процесу нападу.

Частинні критерії (1) є компонентами r -мірного критерію $I_0^* = (I_1, I_2, \dots, I_r)$. Вектор частинних критеріїв обмежений допустимою областю $I \in M$.

Визначимо частинні критерії, що входять до функціонала (1).
Перший частинний критерій I_1 , подібний до

$$I_1 = \alpha_1 \int_0^T P_0(t) dt \quad (2)$$

є усередненою на інтервалі моделювання $r \in [0, T]$ ймовірністю перебування СЗІ об'єкта під впливом методів НСД з обмеженням

$$0 \leq I_1 \leq I_{1\max}. \quad (3)$$

Другий частинний критерій I_2 відповідає за витрати ресурсів, які виділені на захист інформації:

$$I_2 = \int_0^T \lambda_i^2(t) dt \quad i = 1, 2, 3, \dots, r \quad (4)$$

з обмеженням

$$0 \leq I_2 \leq I_{2\max} \quad (5)$$

Третій частинний критерій I_3 отримано, виходячи з умов антагонізму інтересів сторін

$$I_3 = \int_0^T \mu_i^2(t) dt \quad (6)$$

з обмеженням

$$0 \leq I_3 \leq I_{3\max}. \quad (7)$$

Із позицій захисника його гарантований виграш досягається тільки коли частинні критерії $I_1 - I_3$ розподіляється таким чином [5]:

$$\left. \begin{array}{l} I_1 \rightarrow \min \\ I_2 \rightarrow \min \\ I_3 \rightarrow \max \end{array} \right\} \quad (8)$$

Диференціально-ігрова багатокритеріальна модель I_0^{VR} передбачає скалярну згортку частинних критеріїв за нелінійною схемою компромісів. Модель відповідає векторній моделі оптимізації і дозволяє знайти оптимальний компроміс між

критеріями, які входять до її складу, оскільки отримане рішення належатиме області компромісів, тобто є оптимальним за Парето [1, 3].

У такому випадку однокритеріальні задачі (2), (4), (6) зводяться до однієї задачі оптимізації

$$I_0^{VR} = \arg \min_{I \in M} \sum_{j=1}^r \frac{1}{1 - \frac{I_j}{I_{j\max}}} \quad (9)$$

За необхідності введення пріоритету одних критеріїв над іншими та потреби мати різну чутливість до варіації параметрів задачі замість одиниці у чисельнику виразу (9) вводяться вагові коефіцієнти α_j , на які накладаються обмеження $\alpha_j = 0$ та $\sum_{j=1}^r \alpha_j = 1$.

Тоді вираз (10) набуває вигляду

$$I_0^{VR} = \arg \min_{I \in M} \sum_{j=1}^r \frac{\alpha_j}{1 - \frac{I_j}{I_{j\max}}} \quad (10)$$

Концепція коректного застосування нелінійної схеми компромісів вигляду (9) або (10), що є платою у цій ситуації, передбачає нормалізацію частинних критеріїв та зведення їх до єдиного способу екстремізації.

Багатокритеріальний підхід у наш час потребує все більш широкого використання у практиці при реформуванні та реструктуризації об'єктів, а отже, постає необхідність подальшої розробки теорії та практики вибору ефективних рішень за сукупністю суперечних критеріїв.

Використання однокритеріального підходу, коли в якості основного критерію ефективного прийняття рішення використовується критерій рівня безпеки інформаційної системи, є неможливим, оскільки все більше значення набувають фактори, що визначають стратегічний розвиток підприємства в цілому, такі як рівень інновацій, застосування нових інформаційних технологій, економічна безпека бізнесу, соціальні наслідки прийнятих рішень тощо. З огляду на швидкий розвиток інформаційних технологій та зростаючої ролі інформаційної безпеки, такі розробки є безперечно актуальними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Воронин А.Н.* Многокритериальный синтез динамических систем / А.Н. Воронин. – К. : Наукова думка, 1992. – 160 с.
2. *Воронин А.Н.* Иерархические модели принятия решений в многокритериальных задачах / А.Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – Вып. 1. – С. 117–122.
3. *Сбитнев А.И.* Приняття рішень в умовах багатокритеріальності / А.И. Сбитнев // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2008. – Вип. 2 (2). – С. 26–29.
4. *Подиновский В.В.* Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 256 с.
5. *Гришук Р.В.* Дифференциально-ігрові моделі векторної оптимізації процесів нападу на інформацію / Р.В. Гришук // Інформаційна безпека. – 2009. – № 1 (3). – С. 79–85.

Отримано 04.03.2013