

# ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ФОРМУВАННІ ПРОГРАМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГРАМ

С.В. Зибін, В.О. Хорошко

Національний авіаційний університет,  
просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, 03680, Україна; e-mail: professor\_va@ukr.net

Запропоновано метод побудови ієрархії цілей програм забезпечення інформаційної безпеки держави (ПБД) з урахуванням загроз і ризиків. Описані розроблені методи визначення кількісних показників відносної ефективності з урахуванням загроз і ризиків, напрямків виконання ПБД, задач ПБД, засобів протидії загрозам і ризикам.

**Ключові слова:** підтримка прийняття рішень, моделі загроз і ризиків, інформаційна безпека, ієрархія цілей, цільова оцінка.

## Вступ

Комплексна програма забезпечення інформаційної безпеки держави (ПБД) являє собою сукупність заходів, які об'єднані єдністю глобальної мети й загальними ресурсами. Основні задачі розробки складних ПБД – це відбір програм, які є частиною комплексної програми, й розподіл між ними ресурсів. При цьому ПБД, як правило, може плануватися на великі проміжки часу, тому необхідно оцінювати ефективність програм на заданому інтервалі часу. При розробці ПБД слід враховувати можливість виникнення загроз і ризиків, аналізувати їхній вплив і на цій основі передбачати заходи щодо протидії їм або усунення їх. При формуванні ПБД із урахуванням загроз і ризиків необхідно вирішувати задачі: визначення кількісних характеристик впливу загроз і ризиків на ефективність ПБД; визначення кількісних показників ефективності програм при наявності загроз і ризиків; розподіл ресурсів між засобами протидії загрозам і ризикам та ПБД.

Відомі методи рішення першої задачі передбачають ідентифікацію ризиків (якісний аналіз), а також оцінювання ймовірностей і розмірів можливого збитку (кількісний аналіз). Однак при цьому задача оцінки ефективності програм з урахуванням ризиків не вирішується й залишається на розсуд експерта – особи, що приймає рішення (ОПР). Більше того, визначення збитку в абсолютному вимірі часто неможливо для складних ПБД.

Дана стаття є продовженням роботи [1] і присвячена викладанню запропонованого методу опису порівняльної небезпеки загроз і ризиків, а також ПБД з урахуванням загроз і ризиків, який являє собою модифікацію методу цільового динамічного оцінювання програм і задач на інтервалі часу [2].

## Основна частина

Побудова ієрархії підцілей здійснюється в три етапи. На першому й другому етапах будується ієрархія цілей без обліку загроз і ризиків, на третьому етапі в ієрархію

вводяться моделі цих факторів. При цьому на першому етапі виконується просування зверху вниз, а на другому – у зворотному напрямку.

Сутність першого етапу (процедури) полягає в наступному. Поставимо питання перед експертом: досягнення яких підцілей  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  безпосередньо впливає на досягнення головної цілі програми? Щодо кожної з них можливо поставити питання: чи можна виразити результат повного досягнення підцілі результатом виміру однієї величини (ефектом)? Якщо так, тоді маємо підціль, кількісну по виходу, інакше – якісну. Якщо підціль є кількісною по виходу, то експерт повинен визначити: чи напевно відоме значення ефекту? Якщо так, тоді маємо кількісну по виходу визначену підціль, інакше – кількісну по виходу невизначену.

Далі експерт визначає: досягнення підцілі позитивно або негативно впливає на досягнення надцілі? Крім визначення множини підцілей, перша процедура передбачає визначення також і типу надцілі. Поставимо питання: чи можна виразити умову досягнення надцілі результатом виміру деякої, однієї, реальної величини (ресурсу)? При позитивній відповіді – ціль кількісна по входу, а якщо ні, то якісна. Якщо ціль кількісна по входу, то експерт повинен визначити: чи напевно відоме значення ресурсу? Якщо так, тоді маємо кількісну по входу визначену ціль, інакше – кількісну по входу невизначену.

Розглянемо підціль  $\lambda_1$ . На цьому етапі експерт повинен визначити: чи являється підціль  $\lambda_1$  ціллю реалізації якої-небудь задачі або програми? Якщо так, тоді подальша декомпозиція підцілі  $\lambda_1$  не потрібна. Якщо ні, то поставимо те ж запитання, яке ставиться до головної цілі, але тепер замість головної цілі в питанні буде фігурувати підціль  $\lambda_1$ . Крім того, при визначенні підцілей для  $\lambda_1$  спочатку спробуємо знайти підцілі серед списку цілей, які раніше були названі при аналізі інших надцілей. Цей список може містити й головну ціль програми. За рахунок цього можуть встановлюватися зворотні зв'язки між підцілями й надцілями.

Тепер експерт повинен визначити тип цілі  $\lambda_1$ , ставлячи ті ж запитання, що стосувалися б головної цілі. Крім того експерт поставить питання: чи впливає будь-який приріст ступеня досягнення підцілей цілі  $\lambda_1$  на ступінь її досягнення? Якщо так, тоді маємо квазілінійну ціль  $\lambda_1$ , інакше ціль  $\lambda_1$  порогова. В останньому випадку експерт визначає величину її порога, тобто яка повинна бути ступінь досягнення цілі, щоб це позначилося на ступені досягнення головної цілі. Повторюючи цей процес для всіх підцілей, які занесено у список, побудуємо ієрархію підцілей, на досягнення яких впливає реалізація задач ПБД. Неважко помітити, що реалізація описаного алгоритму завжди забезпечить включення всіх задач ПБД в ієрархію. Але декомпозиція не всіх підцілей першого рівня обов'язково завершиться якою-небудь задачею. Це наслідок того, що в загальному випадку задачі ПБД можуть відбивати не всі аспекти досягнення головної цілі ПБД. Оскільки умовою завершення декомпозиції деякої надцілі є співпадіння який-небудь її підцілі з ціллю задачі ПБД, тоді в загальному випадку знайдеться хоча б одна підціль першого рівня, декомпозиція якої ніколи не завершиться, оскільки така задача відсутня в ієрархії. Щоб алгоритм завершив роботу за скінченну кількість кроків, введемо ще одну умову зупинки його виконання: декомпозиція всіх цілей завершується, як тільки ціль будь-якої задачі співпала з якою-небудь підціллю. Раніше було описано алгоритм побудови ієрархії цілей для відбору найбільш ефективних задач, які доцільно включати в ПБД. Також запропонований метод можна застосувати й для визначення найбільш ефективних напрямків реалізації ПБД, які доцільно підтримувати, задаючи відповідні задачі. У цьому випадку ієрархія будується аналогічно, за тим тільки виключенням, що розробник ПБД сам визначає достатність ступеня деталізації й припиняє подальшу декомпозицію.

На другому етапі виконується процедура просування знизу нагору, яка полягає в тому, що для кожної підцілі визначаються всі безпосередні надцілі, тобто цілі, на досягнення яких безпосередньо впливає досягнення підцілі, яку аналізують.

На останньому етапі в ієрархію вводяться моделі загроз і ризиків. В [1] запропонована модель загрози, що впливає на кілька цілей і, можливо, програм. Для встановлення впливу на ці елементи ієрархії експерти послідовно аналізують всю множину введених в ієрархію на перших двох етапах цілей і програм (задач) і визначають вплив на них відповідної загрози. Відзначимо, що задачі, які є моделями загроз, можуть мати підцілі (підзадачі), які є моделями засобів нейтралізації загрози. Вони визначаються також, як підцілі звичайних цілей.

Введення моделей ризиків здійснюється в такий спосіб. Спочатку визначаються фактори ризиків, які повинні бути враховані. Потім відповідно до [1] будуються цілі, що виступають індикаторами відповідних ризиків, і визначаються їхні параметри, аналогічно тому, як це мало місце для основної ієрархії. На останньому кроці встановлюють зв'язки введених індикаторів ризиків з елементами побудованої ієрархії (цілями й задачами).

Оцінювання відносної ефективності елементів ПБД із урахуванням ризиків і загроз передбачає рішення таких задач оцінювання: відносної ефективності напрямку виконання ПБД із врахуванням загроз і ризиків; відносної ефективності заданої множини загроз і ризиків; відносної ефективності засобів протидії загрозам і ризикам.

Основу методу, що пропонується, визначають дві головні ідеї: використання як показника ефективності ступеня впливу виконання задачі (програми досягнення цілі) на ступінь досягнення головної цілі ПБД; включення в ієрархію цілей ПБД задач, які є моделями загроз або індикаторами ризиків.

Задача оцінки відносної ефективності програм на інтервалі часу з врахуванням загроз і ризиків зводиться до ступеня впливу на досягнення головної цілі виконання оцінюваних програм (задач) при наявності цих факторів. Потім використовується поняття простих і складних програм (задач) [2]. Простою називають програму, яку розглядають в рамках ПБД як єдине ціле. У той же час складна програма (задача) складається з низки взаємозалежних простих програм.

Часткові коефіцієнти впливу підцілей і програм (задач) у загальному випадку залежать від часу. Тому ступені досягнення надцілей, у тому числі й головної, також залежать від часу. Отже, можна говорити про миттєві значення показників ефективності простих і складних програм (задач).

*Визначення 1.* Миттєве значення  $\varphi_k(\varphi)$  показника відносної ефективності (ПВЕ) складної програми (задачі)  $CD_k$  у момент часу  $t$  від початку його реалізації дорівнює

$$\varphi_k(t) = F[A_0(D)_k, A_0(D \setminus CD_k)_t],$$

де  $D$  – множина всіх простих програм (задач) ПБД;

$A_0(D)_t$  – ступінь досягнення головної цілі в момент часу  $t$  за умови включення в ПБД всіх простих програм (задач)  $SD_i \in D$ ;

$A_0(D \setminus CD_k)_t$  – ступінь досягнення головної цілі в момент часу  $t$  за умови включення в ПБД всіх простих програм (задач)  $CD_i \in D$ , за винятком простих програм (задач), які входять до складної задачі (програми)  $CD_k$ ;

Вид функції  $F$  (наприклад, різниця, відношення й т.п.) не залежить від структури ієрархії й типу цілей і визначається зручністю сприйняття інформації ОПР.

У такий спосіб  $CD_k$  може бути охарактеризоване множиною миттєвих значень його показника відносної ефективності, обчислених для множини моментів часу на деякому заданому інтервалі  $\tau$ . При цьому оцінювання множини  $CD_k$  в ході прийняття

рішення зводиться до обчислення деякої визначеної ОПР функції  $T$ , яка задана на множині значень показників відносної ефективності задачі (програми) в момент часу з інтервалу  $\tau$ . У якості такої функції можуть використовуватися:

$$T_k = \sup_{0 \leq t \leq \tau} (\varphi_k(t)) \text{ або } T_k = \int_0^{\tau} \varphi_k(t) * dt,$$

де  $\varphi_k(t) *$  – найкраща відносно деякого критерію (наприклад, критерій, що забезпечує мінімум суми середньоквадратичних відхилень) апроксимація множини миттєвих значень  $\varphi_k(t)$  для моментів часу з інтервалу  $[0, \tau]$ .

Крім задачі оцінювання складної програми, виникає задача оцінювання простої програми в межах заданої складної програми. Тому відносно простої задачі (програми)  $SD_i$  можна говорити про значення показника  $\varphi_{ik}$  його відносної ефективності в межах складної програми (задачі)  $CD_i$ . У загальному випадку:  $\varphi_{ih} \neq \varphi_i$ ;  $h \neq k$ .

*Визначення 2.* Миттєве значення  $\varphi_{ik}(t)$  показника відносної ефективності простої задачі й програми  $SD_i$  у складі складної задачі  $CD_i$  у момент часу  $t$  від початку реалізації  $CD_k$  дорівнює:  $\varphi_{ik}(t) = F(\varphi_k(t), \varphi_{k-i})$ , де  $\varphi_k(t)$  – значення показника відносної ефективності складної задачі або програми  $CD_k$  у момент часу  $t$ ;  $\varphi_{k-i}$  – значення показника відносної ефективності складної задачі або програми  $CD_k$  у момент часу  $t$ , яка не містить простої програми або задачі  $SD_i$ . У загальному випадку:  $\varphi_{ih} \neq \varphi_i$ ;  $h \neq k$ .

Таким чином, динамічне оцінювання простої задачі (програми)  $SD_i \in CD_k$  у ході визначення показника його відносної ефективності на заданому інтервалі часу зводиться до обчислення показників відносної ефективності двох складних задач  $CD_h$  і  $CD_{h-i}$  у деякій множині моментів часу із цього інтервалу. В свою чергу, задача обчислення показника відносної ефективності  $CD_h$  зводиться до обчислення в ці моменти часу величин:  $A_0(D)_\tau$  – ступеня досягнення головної цілі в момент часу  $t$  за умови повної реалізації всіх  $SD_i \in D$  і  $A_0(D \setminus CD_k)_\tau$  – ступеня досягнення головної цілі в момент часу  $t$  за умови повної реалізації всіх  $SD_i \in D$ , за винятком простих програм, які входять в  $CD_h$ . Зазначені умови, при яких обчислюється ступінь досягнення головної цілі, визначається множиною. В програмах (задачах), що аналізуються, цю множину зручно задавати вектором  $A_B = \{A_{B_q}\}$ ,  $q = \{1, |D|\}$ , ступенів реалізації програм або задач, компоненти якого

$$A_{B_q} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } SD_q \in B; \\ 0, & \text{якщо } SD_q \notin B. \end{cases}$$

Таким чином, задача обчислення відносної ефективності простих і складних задач або програм зводиться до обчислення в множині моментів часу ступеня досягнення головної цілі за умови, що ступені реалізації програм  $SD_q \in B \subseteq D$  задані вектором  $A_B$ .

Розглянемо спочатку метод оцінювання складної задачі або програми в заданий момент часу  $t$ . Задача формулюється в такий спосіб.

Задано: момент часу  $t$  з інтервалу  $[0, \tau]$ ; орієнтований граф ієрархії цілей  $H(G, V)$ , де  $G = \{g_s\}, s = (0, n)$  – множина вершин, кожна вершина  $g_s$  позначена функцією  $A_s(t)$  ступеня досягнення цілі [1]; для кожної вершини  $g_s$  задана множина  $G_s = \{G_{sz}\}$

множин сумісних вершин-однопопередників;  $V\{v_q\}, q = (1, b)$  – множина дуг, кожна дуга має вагу (частковий коефіцієнт впливу [1]); вектор  $A_B$ , визначений виразом (1) у відповідності із значеннями в момент часу  $t$  випадкових процесів, що задають загрози й ризику.

Необхідно визначити значення функції  $A_0(t)$  ступеня досягнення головної цілі за умови, що  $\forall g_p \in B \subseteq D \subset G [A_q(t) = A_{Bq}(t)]$ .

Визначення компонентів вектора  $B$  у момент часу  $t$ , які задають програми-моделі загроз і/або ризиків, здійснюється у відповідності із значеннями випадкових процесів, що описують ці фактори, аналогічно тому, як враховуються ймовірності реалізації інших програм або задач [3].

Визначимо метод обчислення ПВЕ для найбільш загального випадку, коли ієрархія мережева, нелінійна, немонотонна з позитивними й негативними зворотними зв'язками, має як лінійні, так і порогові цілі. Пошук методу побудови аналітичного виразу, який дозволяє обчислити ступінь досягнення головної цілі, здається безперспективним через складність аналітичного опису графа довільної структури. Це погіршується ще й тим, що при практичному застосуванні такого методу підтримки прийняття рішень виникає необхідність оцінювати ефективність програм і задач щодо різних цілей і оперативно змінювати структуру ієрархії при супроводі системи. Тому використовуємо метод рішення, який базується на моделюванні ієрархії цілей. Моделювання ієрархії здійснюється відповідно до такого алгоритму.

Крок 1.  $\forall 0 \leq s \leq m [A_s(t_i)^0 = 0]$ ,

де  $A_s(t_i)^x$  – значення функції  $A_s(t_i)$  на  $x$ -й ітерації.

Крок 2.  $\forall g_p \in B \subseteq D \subset G [A_q(t_i)^x = A_{Bq}(t)]$ .

Крок 3. Знайти підмножину  $G_u = \{g_s\}$  вершин графа, для яких  $A_s(t_i)^x \neq A_s(t_i)^{x-1}$ .

Крок 4. Знайти множину  $G_c$  вершин графа-однопопередника вершин  $g_s \in G_u$ .

Використовуючи [1], обчислити значення функцій  $A_s(t_i)^x$  для  $g_s \in G_c$ .

Крок 5. Якщо  $g_0 \in G_c$ , тоді крок 6, інакше крок 7.

Крок 6. Якщо

$$|A_0(t_i)^x - A_0(t_i)^{x-1}| \leq \Delta, \quad (2)$$

де  $\Delta$  – прийнятне значення похибки обчислень, тоді крок 8, інакше  $x = x + 1$ .

Крок 7.  $G_u \in G_c$ .

Крок 8. Кінець алгоритму.

Неважно помітити, що при такій процедурі обчислення ступеня досягнення головної цілі при повному виконанні задачі й програми  $d_j$ , повинні обчислюватися ступені досягнення підцілей  $g_j \in G^*$ :

$$G^* = \bigcup_j G_j; G_j = \bigcup_q G_{jq},$$

де  $G_{jq}$  – множина підцілей, які входять в  $q$ -й шлях у графі ієрархій підцілей, що веде з вершини, яку позначено задачею  $d_j$  у вершину  $g_0$ , позначену головною ціллю ПВД.

Відзначимо, що в загальному випадку в ієрархіях мережевого типу  $q > 1$ , тобто може існувати множина таких шляхів. Це означає, що виконання однієї й тієї ж програми або задачі впливає на досягнення декількох підцілей. Досягнення деякої

підцілі, як правило, впливає на досягнення не однієї, а декількох надцілей. Це й породжує множину шляхів від однієї задачі або програми до головної цілі.

Наведений алгоритм виконується  $N$  раз, причому число повторень залежить від необхідної точності обчислень, після цього визначається математичне очікування значення ступеня досягнення головної цілі в момент часу  $t$ .

Наступний момент часу  $t_{i+1}$  встановлюється з наступних міркувань. Ступінь досягнення головної цілі в цей момент однозначно визначається ступенями досягнення всіх підцілей, що перебувають на шляхах від програм (задач), яким у векторі  $A_B$  відповідають одиниці, й миттєвими значеннями їх коефіцієнтів впливу в цей момент часу. Оскільки ступені досягнення всіх підцілей, обчислених на момент часу  $t_i$ , не змінюються на інтервалі  $t_i - t_{i+1}$ , тоді ступінь досягнення головної цілі може змінитися в момент часу  $t_{i+1}$  у порівнянні з моментом часу  $t_i$ , тільки якщо до початку  $t_{i+1}$  хоча б в одній підцілі коефіцієнт впливу замість нуля прийме стаціонарне значення. Тому  $t_{i+1}$  будемо визначати з виразу  $t_{i+1} = \inf_{e_j \in T_i^0} (e_j)$ , де  $T_i^0 = (e_j \geq t_i)$  – множина значень системних моментів часу, не менших  $t_i$ , у яких в ієрархії відбуваються події (виконання програми або задачі, завершення поширення впливу досягнення підцілі).

При наявності зворотних зв'язків у мережі підцілей необхідно обчислювати ступінь досягнення головної цілі по нескінченній кількості ітерацій, які визначимо, виходячи із прийнятної точності результатів, тобто з умови

$$y = |\mu_a(u+1) - \mu_a(u)| \leq \Delta \ll 1, \quad (3)$$

де  $\mu_a(u+1) - \mu_a(u)$  – значення показника ефективності простої програми  $d_a$ , обчислені на  $u+1$  і  $u$ -их ітераціях відповідно;

$\Delta$  – прийнятне значення похибки обчислень.

Умова стійкості ітераційного процесу, тобто умови, при яких (3) виконується при кінцевому  $u$ , визначається [4, 5].

В режимі оцінювання відносної ефективності напрямків виконання ПБД із урахуванням загроз і ризиків компоненти вектора  $B$ , відповідні до програм і задач, які не є моделями загроз і індикаторами ризиків, визначаються способом, аналогічним описаному вище. Після цього визначають показники відносної ефективності кожної із цілей, що моделюють напрямки виконання ПБД, способом, описаним вище.

Оцінювання відносної ефективності заданої множини ризиків і загроз аналогічно розглянутому вище режиму оцінки множини програм (задач). Оцінювання здійснюється на підставі [1], оскільки модель загрози – програма (задача), а модель ризику – індикатор ризику, який теж є підціллю.

Оцінювання відносної ефективності засобів протидії ризикам і загрозам з урахуванням того, що є засоби протидії ризикам і загрозам – програми (задачі), здійснюється аналогічно розглянутому вище оцінюванню програм (задач).

## Висновки

Розроблені й наведені етапи технології підтримки прийняття рішень з урахуванням загроз і ризиків, що базується на методі цільового динамічного оцінювання задач ПБД такі як: побудова ієрархії цілей ПБД; введення в неї моделей загроз і ризиків, і розв'язання на цій основі наступних задач оцінювання: відносної ефективності напрямків виконання ПБД із урахуванням загроз і ризиків, а також відносних ефективностей програм (задач), заданих множиною загроз і ризиків, а також

засобів протидії загрозам і ризикам. Ці задачі вирішуються за умови формування ПІБД на заданому інтервалі часу. Показано, що базою для них є задача оцінювання порівняльної ефективності заданої множини задач ПІБД. Наведено запропонований алгоритм розв'язання цієї задачі з урахуванням загроз і ризиків.

Дана технологія може застосовуватися для складних комплексних цільових програм різного призначення.

### Список літератури

1. Зибін, С.В. Підтримка прийняття рішень при формуванні програм інформаційної безпеки держави / С.В. Зибін, В.О. Хорошко // Моделі загроз і ризиків. – 2014. – Ч.1. – С. 78-96.
2. Totsenko, V. One approach to the decision making support in R&D planning. Part 2. The method of goal dynamic estimating of alternatives // J of Automat and Inform. Sci. – 2001. – 33, #44. – P. 82 – 90.
3. Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. / Р.Л. Кини, Х. Райфа – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
4. Тоценко, В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г Тоценко. – К: Наукова думка, 2002. – 382 с.
5. Тарасов, В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность. / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, Н.А. Левин, В.А. Корнейчук – К: МАК НС, 2007. – 336 с.

### ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА: ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММ

С.В. Зыбин, В.А. Хорошко

Национальный авиационный университет,  
просп. Космонавта Комарова, 1, Киев, 03680, Украина; e-mail: professor\_va@ukr.net

Предложен метод построения иерархии целей программ обеспечения информационной безопасности государства (ПИБГ) с учётом угроз и рисков. Описаны разработанные методы определения количественных показателей относительной эффективности с учётом угроз и рисков, направлений выполнения ПИБГ, задач ПИБГ, средств противодействия угрозам и рискам.

**Ключевые слова:** поддержка принятия решений, модели угроз и рисков, информационная безопасность, иерархия целей, целевая оценка.

### SUPPORT ADOPTION DECISIONS IN THE FORMATIVE PROGRAMS INFORMATION SECURITY STATE: EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF PROGRAMS

S.V. Zybin, V.O. Khoroshko

National aviation university  
1, Kosmonavta Komarova Avenue, Kyiv, 03680, Ukraine; e-mail: professor\_va@ukr.net

The construction method of goals hierarchy of programs that ensure information security of the state with a glance of threats and risks is offered. The worked out methods of quantity determination indexes of relative efficiency with a glance of threats and risks; executing direction of programs that ensure information security of the state, tasks of programs that ensure information security of the state, countermeasures to the threats and risks are described.

**Keywords:** decision support system, models of threats and risks, information security, goal hierarchy, goal estimate.