

УДК 351.813.12

Ленков С.В., Лантвойт О.Б., Артабасєв Ю.З.,  
Винярьський Я.Я. (ВІКНУ ім. Т.Шевченка)

## ЗАДАЧА СИСТЕМНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАГРОЗ В КОМПЛЕКСНОМУ УПРАВЛІННІ КОРДОНОМ ДЕРЖАВИ

### Вступ

На систему комплексного інтегрованого управління кордону держави покладається проведення комплексу погоджених заходів щодо захисту національних інтересів у політичній, економічній, воєнній, інформаційній та інших сферах. Рішення, які приймаються у сфері забезпечення національної безпеки, досить відповідальні, вимагають системного урахування дії багатьох чинників, що можливо лише за умови попереднього дослідження їх впливу на забезпечуваний у державі рівень національної безпеки. Очевидно, що одними з вагомих чинників впливу є загрози і виклики, які впливають на безпеку державного кордону. Необхідний рівень безпеки у прикордонній сфері є не тільки атрибутом державності, а й важливим фактором у добросусідських відносинах з іноземними державами, внеском у загальноєвропейську систему безпеки. Саме тому, прикордонна сфера має розглядатися як самостійна складова національної безпеки.

До основних загроз у сфері прикордонної безпеки можна віднести наступні [1,2]:

- посягання на недоторканність державного кордону та територіальну цілісність країни;
- незавершеність договірно-правового оформлення державного кордону;
- наявні та потенційні територіальні вимоги до України з боку іноземних держав;
- етнічна автономізація окремих прикордонних районів України;
- воєнно-політична нестабільність, регіональні та локальні війни (конфлікти) в сусідніх державах;
- неадекватність можливостей органів охорони державного кордону, митних та інших органів, які здійснюють контроль на кордоні, характеру і ступеню загроз, що виникають, та невідповідність дій щодо їх локалізації.

Відповідно до основних заходів по забезпеченню національної безпеки в прикордонній сфері належать [2,3]:

- сприяння компетентним державним органам у забезпеченні надійного захисту й охорони державного кордону України, територіальної цілісності та її суверенних прав у виключній (морській) економічній зоні;
- участь у завершенні процесів делімітації та демаркації кордонів;
- проведення комплексних заходів щодо запобігання висуненню до України територіальних вимог з боку сусідніх держав, ефективного і вичерпного вирішення (деескалації) прикордонних інцидентів та конфліктів;
- розвиток регіональних економічних, гуманітарних та етнічних зв'язків із суміжними державами;
- участь в удосконаленні законодавства України в галузі прикордонного, митного, інших видів контролю на державному кордоні та його адаптація до законодавства Європейського Союзу;
- створення надійної системи соціального захисту осіб, які здійснюють сприяння компетентним державним органам щодо реалізації прикордонної та міграційної політики.

### Основні результати

Аналіз наведеної системи загроз та заходів показує, що вхідна інформація носить переважно якісний характер. Добре структуровані задачі характеризуються тим, що в них суттєві залежності виявлені настільки явно, що можуть бути описані кількісними залежностями (наприклад, залежностями, що використовуються в дослідженні операцій). Але це не означає відсутність труднощів в опису проблем та їх вирішенні. Слабко

структуровані задачі містять в собі елементи якісного та кількісного характеру, перші мають тенденцію домінування. У зв'язку з цим їх формалізований опис може бути здійснений, як правило, тільки за допомогою м'яких формалізмів.

Для розв'язання слабко структурованих задач використовується методологія системного аналізу. Потреби вивчення складних систем привели до появи дисципліни "системний аналіз", яку природно вважати своєрідним розвинутим синтезом дослідження операцій, теорії управління з можливостями сучасної обчислювальної техніки. Дана дисципліна розвиває методи проектування складних систем, організаційних структур тощо. Оскільки будь-який аналіз складної системи неможливий без використання можливостей обчислювальної техніки, то говорячи про методи системного аналізу, мають на увазі види процедур, які засновані на використанні обчислювальної техніки.

В розвитку науки завжди чітко просліджуються дві лінії – аналіз та синтез. В останній час роль синтезуючих побудов стала особливо великою. Потреба не просто вивчати явище, факт, а встановлювати його зв'язок з іншими привела до появи спеціального терміну "системний підхід". Системний підхід – це деякий загальнометодологічний принцип. Його гносеологічний аспект – це теорія систем, апаратна реалізація – це системний аналіз [4].

Процедура прийняття рішення згідно з [5] включає наступні основні етапи та типові методи їх реалізації:

1. Формулювання проблемної ситуації (методами системного аналізу апріорної інформації, експертних оцінок та прогнозування ситуацій).
2. Визначення цілей (методами побудови дерева цілей, експертних оцінок та соціологічного аналізу).
3. Визначення критеріїв досягнення цілей (методами теорії корисності, статистичними та експертних оцінок).
4. Побудова моделі для обґрунтування рішень (методами імітаційного моделювання, економетричних та оптимізаційних моделей, моделей масового обслуговування та задоволення обмеженням, інших концептуальних та графічних моделей).
5. Пошук оптимального (припустимого) варіанта рішення (методами оптимізації, імітаційного експерименту, задоволення обмеженням тощо).
6. Узгодження рішення (методами раціонального компромісу, теорії ігор, ділових ігор, правових норм).
7. Підготовка рішення до реалізації (методами мережевого планування в часі та планування в просторі).
8. Затвердження рішення (урахування правових та моральних норм тощо, ділових якостей виконавців, наслідків від подібних рішень).
9. Управління ходом реалізації рішення (методами мережевого управління, контролю виконання доручень).
10. Перевірка ефективності рішення (методами соціологічного, виробничого та фінансового аналізу).

Наведена технологія орієнтована на підвищення ефективності складних рішень як для структурованих, так і для слабко структурованих проблем.

Розглянемо формальну постановку задачі визначення впливу загроз в системі комплексного контролю безпеки кордону, базуючись на принципах системного аналізу. Використовуючи досвід системного дослідження, викладений в [6], строге формулювання задачі дослідження здійснюється наступним чином. Дана система  $S$ , що занурена в середовище  $C$ , яке взаємодіє з входами  $X$  та виходами  $Y$  системи (впливає на входи та/чи виходи системи). Формально

$$S = X \times Y, X = \{X_i\}, Y = \{Y_j\},$$

де  $X$  – множина значень вхідних величин, під якими розуміється множина загроз;  
 $Y$  – множина значень вихідних величин, яка є множиною реакцій системи контролю безпеки кордону на зовнішні загрози.

Згідно з функціональним призначенням система відповідно до свого внутрішнього устрою здійснює перетворення множини вхідних величин у множину вихідних величин

$$Y = VX,$$

де  $V$  – оператор перетворення над  $X$ .

Частковим випадком оператора є функціональне перетворення  $f$ , тоді

$$Y = f(X).$$

В загальному випадку (для складної системи)  $V$  є множина (не обов'язково скінчена)

$$V = \{V_j\}, j = \overline{1, J}.$$

В конкретній ситуації система "обирає" деякий елемент множини  $V_j \subset V$ , який визначає "спосіб" перетворення; сам спосіб вибору невідомий.

Зважаючи на те, що відомості про поведінку системи, яка досліджується, в загальному випадку обмежені деяким часом вивчення (спостереження), розглянемо підмножини

$$X' \subset X, Y' \subset Y, x, y, t,$$

$$X': T \rightarrow x, Y': T \rightarrow y,$$

де  $X', Y'$  - відрізки вхідних та вихідних величин,  $t \in T$  – час.

Ту частину зовнішніх факторів, вплив яких на систему  $S$  підлягає деяким примусовим змінам, зведемо в окрему частину середовища, для якої передбачається можливість заміни системою з управлінням

$$C_1 = \Theta \times Z,$$

де  $\Theta$  – "входи", а  $Z$  – "виходи" системи  $C_1$ .

Вид управління визначається способом перетворення  $\Theta$  в  $Z$ . Відповідно, для обмеженого інтервалу вивчення системи, задамо підмножини

$$\Theta': T \rightarrow \theta, \Theta' \subset \Theta, Z': T \rightarrow \xi, Z' \subset Z.$$

Очевидно, множина виходів системи  $S$  може повністю включати в себе множину входів частини зовнішнього середовища  $C_1$  чи навпаки, бути лише частиною зазначених входів. Формально  $\Theta \subseteq Y$  чи  $\Theta \supseteq Y$ . Відповідно множина входів системи  $S$  може повністю включати в себе множину виходів частини зовнішнього середовища  $C_1$  чи навпаки, бути лише частиною зазначених виходів. Формально  $Z \subseteq X$  чи  $Z \supseteq X$  та. Крім того,  $Z \supset X', \Theta \supset Y'$ .

Оскільки система  $C_1$  є системою з управлінням, то

$$Z = U\Theta,$$

де  $U = \{U_k\}$ ,  $k = \overline{1, K}$  - задана множина операторів.

Схематичне представлення описана системна взаємодія наведена на рис. 1.

У даній постановці загрози в системі комплексного контролю безпеки кордону являють собою множину вхідних величин  $X$  для системи  $S$ . Стан безпеки кордону визначається множиною вихідних величин  $Y$ . Очевидно, що для визначення впливу загроз на стан безпеки кордону необхідно встановити спосіб перетворення  $X$  в  $Y$ .

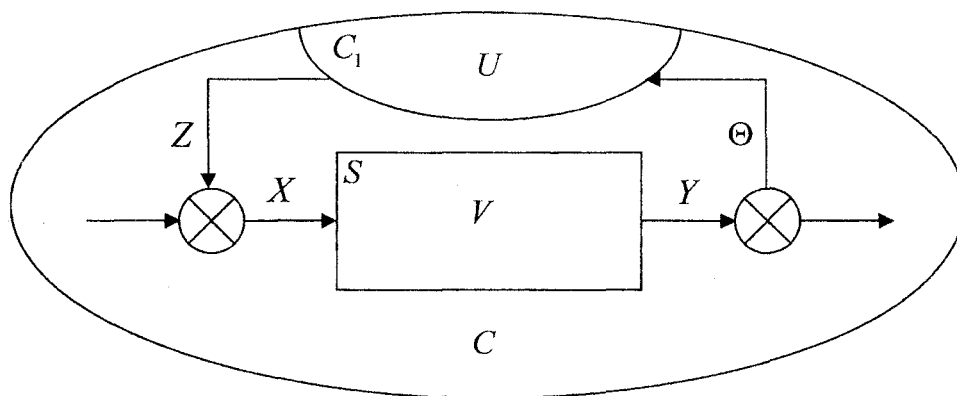


Рис. 1. Формальне представлення впливу загроз на систему контролю безпеки кордону

На практиці в формальній постановці це означає, що необхідно визначити:

склад множини операторів  $V = \{V_j\}$ ;

упорядкування операторів  $V_j$ , тобто систему переваг в  $S$  при різних  $\theta$  та  $\xi$ ,

наприклад 
$$\left. \begin{array}{l} V_1 < V_3 < V_4 < V_2 < \dots \quad \text{іде } \theta_1, \xi_1; \\ V_6 < V_8 < V_7 < V_5 < \dots \quad \text{іде } \theta_2, \xi_2; \end{array} \right\}$$

числову, імовірнісну чи лінгвістичну оцінку переваги;  $V_j < V_l$  при  $\theta_q, \xi_q$  ( $q$  - змінна).

Таким чином, ми приходимо до задачі відтворення устрою організаційної структури, яка, можливо, належить до складних систем. Отже, необхідно провести системне дослідження, яке для даної постановки задачі полягає у визначенні  $\Theta, Z, \theta, \xi$  та здійсненні системного гомеостазу.

Для складних систем будь-яке детальне знання про їх устрій не дає підстав однозначно визначити поведінку системи в майбутньому. Із наведених рівнянь задачі дослідження видно, що слабка передбачуваність поведінки складних систем - аж ніяк не артефакт, а реальна фізична властивість, що має формальний математичний опис. Конкретна поведінка виражається динамічно стійким рішенням. Внутрішні та зовнішні (в тому числі штучно накладені на систему) зв'язки обмежують число припустимих рішень. Конкретне рішення формується сполученням незалежних процесів, це подія рідка і тому не описується імовірнісною мірою. Звідси - необхідність обмежитися встановленням переваг.

За умови суттєвої обмеженості в набутті практичного досвіду побудови механізму

впливу загроз на стан безпеки кордону провідну роль повинні взяти на себе наукові методи. Проте із-за унікальності складних систем можливість існування єдиної загальної теорії досить сумнівна. В таких випадках роль теорії приймає на себе модель. Остання, в свою чергу, на відміну від теорії, відбиває лише основні, суттєві властивості об'єкта дослідження, має деяку доцільну межу складності і не може бути повністю адекватним відображенням складної системи.

Однією з форм моделювання є моделювання знакове, до якого належить математичне моделювання, широкому розповсюдженню якого сприяє невпинне зростання можливостей обчислювальної техніки. Математичне моделювання визначається як процес побудови математичної моделі різних явищ та об'єктів. Методами обчислювальної математики загальні закони природознавства та конкретних наук перетворюються в алгоритм чи програму для реалізації на ЕОМ.

Вся множина методів моделювання поділяється на індуктивні методи та дедуктивні. Для будь-якого методу основою побудови математичної моделі об'єкту є досвід спостереження за діями об'єкта чи порівняння ряду розрахунків.

Дедуктивні методи засновані на тому положенні, що в основу моделювання можна покласти той чи інший фізичний закон, і досвід автора моделі надається у вигляді уявлень про об'єкт моделювання, що склалися. Цей вид досвіду приводить до імітаційного моделювання, класичними прикладами якого є моделі динаміки світу та індустріальної динаміки. Імітаційне моделювання засноване на глибокому вивченні об'єкта, застосування цих методів передбачає, що основні закономірності об'єкта може вказати сам дослідник. Імітаційне моделювання можна визначити як метод, заснований на використанні фізичних моделей, при якому множина змінних, область моделювання та рівняння всіх елементів системи вказує людина на основі своїх уявлень про об'єкт. В роботах [7-9] такі моделі називаються незміщеними. Основні властивості фізичної (незміщеної) моделі:

- містить повний інформаційний базис (всі фактори);
- відбиває механізм дії об'єкту спостереження;
- завжди, пов'язує миттєві значення змінних (факторів);
- використовує істинні опорну функцію та клас рівнянь;
- містить коефіцієнти, які легко інтерпретуються (фізично пояснюються).

Другий шлях пошуку фізичної моделі, діалектично протилежний імітаційному моделюванню, полягає в переборі при малих завадах моделей на ЕОМ, отримав назву самоорганізації моделей і базується на індуктивному підході. При значних завадах фізичну модель теоретично також можна знайти методом самоорганізації за двома вибірками, знятими для різного рівня завад. В цьому випадку складність фізичної моделі (характеризується набором аргументів) визначається перетином геометричного місця мінімумів критерію відбору та осі абсцис.

Для найбільш складних систем імітаційне моделювання застосувати не можна із-за його суб'єктивності. В імітаційному моделюванні слабким місцем виявляється те, що автор повинен вказувати закономірності для всіх елементів системи, що підлягає моделюванню, навіть для тих, про закономірності яких він має недостатню уяву чи зовсім йому нічого не відомо. До того ж, об'єкт моделювання може містити елементи, що не піддаються формалізації: володіти стохастичними властивостями чи підлягати впливу зовнішніх випадкових факторів.

Авторами [8] зазначається, що хоча ці два підходи і є антиподами, вони зовсім не є ворогами. Комбінований метод, який сумісно використовує обидва підходи, є найбільш ефективним. В таких випадках при комбінованому методі для елементів, механізм дії яких зрозумілий, рівняння складає модельєр, а для імовірнісних (чи невизначених) елементів модель знаходить ЕОМ за вибіркою експериментальних даних за допомогою метода самоорганізації.

За умов відсутності можливості глибокого вивчення об'єкту моделювання, значного спотворення вхідних даних та значної множини припустимих моделей різної

складності визначення фізичної моделі стає неможливим. В такому випадку для вивчення об'єкту обирається інша, нефізична модель. Мінімум критерію обраного методу вибору моделі визначає модель оптимальної структури (нефізичну).

Основні властивості нефізичних (ефективних) моделей:

- не обов'язково містять повний інформаційний базис – частина факторів може бути відсутня і часто заміщується іншими, корельованими з ними змінними;
- не відбиває механізму дії об'єкта спостереження;
- можуть пов'язувати одночасно і миттєві, і усереднені значення факторів з різними інтервалами усереднення;
- опорна функція, що виражає точну фізичну закономірність, може бути апроксимована іншою, достатньо складною функцією (чи диференціальним рівнянням, серед рішень якого міститься зручна функція апроксимації); часто застосовують лінійні різницеві рівняння, так як їх рішення містять і нелінійні функції (гармонічні, логістичні характеристики тощо), зручні для апроксимації нелінійних залежностей;
- не підлягають простій інтерпретації (фізичному чи логічному поясненню) [7].

Вибір методу моделювання вимагає прийняття наступних двох рішень.

Перше рішення: обрати основну ідею моделювання – діяти за правилом “чим складніша модель, тим вона точніша” чи визнати існування моделі оптимальної складності та оптимальної області моделювання. В першому випадку слід застосувати імітаційний метод, в іншому – метод самоорганізації моделей чи комбінований.

Друге рішення: визнати основним той чи інший критерій вибору моделі оптимальної складності.

### Висновки

Об'єктом комплексного наукового аналізу у сформульованій задачі постають механізми впливу загроз безпеці кордону в цілому з усіма їх базовими ознаками, елементами та принципами прояву і розвитку, предметом можна вважати загальні закономірності виникнення та впливу загроз. На основі системного підходу вплив загроз на безпеку кордону представляється як спосіб взаємодії складної системи з певним середовищем, частина якого підлягає зворотному впливу складної системи. В якості наукового методу виступає моделювання системи, яка досліджується. Галузь застосування методу визначається адекватністю математичної моделі, в кінцевому підсумку – повнотою інформації, яку має дослідник, та включенням цієї інформації в модель.

Системна модель служить для знаходження оцінок, які дозволяють бачити припустимі межі дій, можливості процесів, тенденції їх розвитку.

### Список літератури

1. Литвин М.М. Інтегроване управління кордонами: проблеми та шляхи їх розв'язання / Наука і оборона. – №2. – С.10-14.
2. Литвин М.М. Сучасні загрози національній безпеці України на державному кордоні. Простір і час сучасної науки // Матеріали п'ятої всеукраїнської наук.-практ. конф. 20-23 липня 2009 року. – Ч.2. – К. – С. 4-8.
3. Ліпкан В.А. Національна безпека України: [навч. посіб.] / В. А. Ліпкан. — [2-е вид.]. — К. : КНТ, 2009. — 576 с.
4. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. – М. : Наука, 1981. – 488 с.
5. Янг С. Системное управление организацией / С. Янг; пер. с англ. – М. : Советское Радио, 1972. – 456 с.
6. Дружинин В. В. Конфликтная радиолокация (Опыт системного исследования) / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. – М. : Радио и связь, 1982. – 124 с.
7. Ивахненко А. Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Юрачковский. – М. : Радио и связь, 1987. – 120 с.
8. Ивахненко А. Г. Помехоустойчивость моделирования / А. Г. Ивахненко, В. С. Степашко. – К. : Наукова думка, 1985. – 216 с.

9. Ивахненко А. Г. Принятие решений на основе самоорганизации / Ивахненко А. Г., Зайченко Ю. П., Димитров В. Д. – М. : Советское радио, 1976. – 280 с.

Рецензент: Рибальський О. В.  
Надійшла 03.03.2011

УДК 621.391.7

Стрельницкий А. А., Стрельницкий А. Е., Цопа А. И.,  
Шокало В. М., Ягудина Е. В. (ХНУРЭ)

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ Wi-Fi РАДИОКАНАЛА С РАЗЛИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

### Введение

В настоящее время большое влияние уделяется обеспечению безопасности работы Wi-Fi радиоканалов. Степень безопасности их функционирования оценивается вероятностью обнаружения  $P_{об}$  с помощью приемника-обнаружителя злоумышленника [1]. В [2] показано, что величина  $P_{об}$  зависит от условий распространения радиоволн (РРВ). Однако при моделировании в [2] использовалась степенная модель РРВ не учитывающая специфики работы Wi-Fi радиоканалов.

Известно, что при создании разветвленных Wi-Fi сетей обычно используются три разновидности прямолинейных отрезков радиолиний: передача информации по открытому пространству между домами, внутри зданий (залы, широкие комнаты) и по волновым каналам коридоров [3]. Особенность локальных Wi-Fi сетей состоит в том, что передача информации производится не только в дальней, но и в ближней и промежуточной зонах излучения. Однако для двух последних случаев достоверные модели РРВ пока не созданы.

В настоящей работе излагаются варианты моделей РРВ, которые учитывают указанные особенности работы Wi-Fi сетей. Затем эти модели применены для численного анализа безопасности Wi-Fi радиоканала. В качестве критерия безопасной работы была принята величина  $P_{об} \leq 0,7$ .

### Варианты моделей расчета затуханий широкополосных сигналов в Wi-Fi радиоканалах

Ниже описываются результаты теоретических и экспериментальных исследований, доказывающих возможность применения приближенных моделей, основанных на отражательной трактовке, для прогнозирования затуханий широкополосных сигналов в любой зоне излучения многолучевых радиолиний, как для закрытого помещения так и для открытого пространства.

Для разработки модели радиолинии использовались, известные из отражательной трактовки, приближения: высоты приемной и передающей антенн таковы, что область существенная для распространения располагается над отражающей поверхностью, которая в пределах области существенной для отражения является гладкой и однородной; передающая антенна представляет собой систему ненаправленных излучателей, образованную собственно передающей антенной и ее зеркальным изображением; приемная ненаправленная антенна находится в ближней зоне передающей системы излучателей и в дальней зоне каждого из них. Последнее приближение позволяет рассмотреть ближнюю и промежуточную зоны излучения. Для построения модели использовался эскиз закрытого помещения, приведенный на рис. 1. При удалении стен и