

ДИНАМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ КОНФЛІКТІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

¹Інститут інформаційно-діагностичних систем Національного авіаційного університету

²Інститут комп'ютерних технологій Національного авіаційного університету

Запропоновано динамічну модель інформаційних конфліктів в інтелектуальних системах. Проведено аналіз вербальних, логічних та математичних методів моделювання інформаційних конфліктів. Виконано параметричний аналіз запропонованої моделі на основі розв'язку системи диференційно-логічних рівнянь.

Актуальність проблеми. Інтелектуальні системи, засновані на знаннях (*knowledge-based system (KBS)*), як складний і багатоплановий об'єкт дослідження привернули пильну увагу вчених у другій половині ХХ століття. Найбільше поширення одержав такий клас *KBS* як експертні системи (*Expert's system (ES)*) [1, 2], які орієнтовані на тиражуванні досвіду висококваліфікованих фахівців у конкретних областях предметної діяльності. Сучасна концептуальна схема інтелектуальної системи підготовки оптимальних рішень (*knowledge-based system for support optimal making desission (KBSSOMD)*) наведена на рис.1. В системі відбувається формування нових знань, прогнозування розвитку подій, розробка альтернативних сценаріїв, підготовка практичних рекомендацій для прийняття оптимальних рішень на різних рівнях ієрархічних систем керування. Етапи підготовки оптимальних рішень утворюють циклічну ітераційну процедуру.

Інформаційні конфлікти в інтелектуальних системах, як основа циклічного виявлення й розв'язку протиріч є джерелом розвитку інформаційних технологій. Наприклад, оптимальне адаптивне управління захистом інформації в конфліктуючих інформаційних системах [3] вимагає розробки нових математичних моделей критеріїв оптимальності й обмежень [4], нових інформаційних технологій та практичних умінь вирішувати завдання векторної оптимізації [5]. У зв'язку з цим необ-

хідно відзначити актуальність проблеми дослідження динаміки інформаційних конфліктів в інтелектуальних системах.

Мета дослідження – розробка вербальних, логічних і математичних методів, моделей й алгоритмів для аналізу динаміки інформаційних конфліктів в інтелектуальних системах (ДКІС).

Методи дослідження. Для вирішення задачі використані методи системного аналізу, дослідження операцій, математичної статистики, теорії прийняття рішень, параметричного аналізу.

Постановка задачі. На основі відомих результатів дослідження інформаційних конфліктів необхідно вибрати вербальні, логічні та математичні методи для розробки моделей ДКІС, провести аналіз моделей інтелектуальних систем захисту інформації.

Програма дослідження включає опис методики віртуального моделювання ДКІС, розробку логічних моделей ДКІС, застосування зазначених моделей для аналізу ДКІС, розробку методики аналізу ДКІС та практичних рекомендацій з її застосування.

Методика віртуального моделювання ДКІС включає:

- вербальне моделювання змісту інформаційного конфлікту;
- логічне моделювання форми інформаційного конфлікту;

- складання системи диференційно-логічних рівнянь (СДЛР), яка описує ДКІС;
- розв'язок СДЛР для визначення показників і критеріїв ДКІС;
- параметричний аналіз ДКІС для визначення впливу режимів, умов взаємодії, параметрів середовища, властивос-

- тей об'єкту управління в інформаційному конфлікті;
- виявлення нових знань про природу ДКІС;
- розробку практичних реалізацій для створення ДКІС.

Застосування цієї методики розглянемо на конкретних прикладах, які дозволяють зробити необхідні узагальнення.

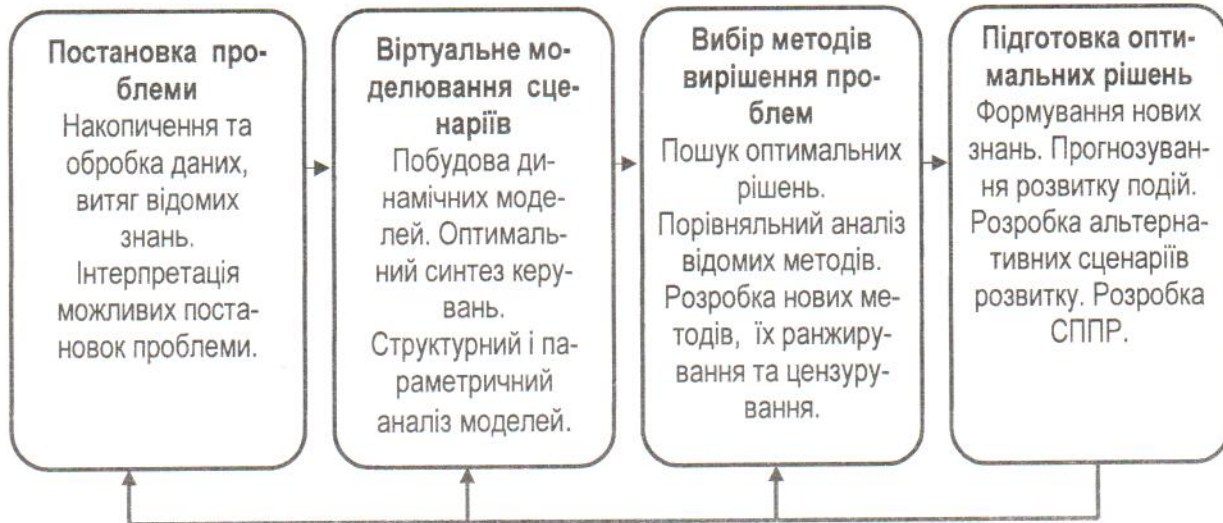


Рис.1. Концептуальна схема інтелектуальної системи підготовки оптимальних рішень

Розв'язок задачі. Вербальне моделювання змісту інформаційного конфлікту призначено для визначення складу та змісту оптимально базису, у рамках якого описують дії середовища протидії. Ступінь деталізації змісту дій оперуючих сторін (рис.1) реалізується на рівні проблем, які вирішуються протидіючими у конфлікті. Отже, вид вербальної моделі в загальному випадку визначаються характером рішень оперуючих сторін та видом репродуктивної (нетворчої) діяльності сторін в конфлікті.

Для конкретизації вербальних моделей виділимо лише три характерних види діяльності оперуючих сторін:

- обґрунтування вимог до ефективності операцій;
- моніторинг поведінки супротивника;

- розробка стратегій, планів і технологій проведення операцій.

Отже, кожна сторона в конфлікті повинна виконувати як продуктивну, так і репродуктивну предметну діяльність, пов'язану з рішенням зазначених проблем.

Логічне моделювання інформаційного конфлікту виконаємо на двох рівнях деталізації. На першому рівні розглянемо логічну модель із двома станами (рис 2) - станом нападу S_1 і станом захисту S_2 . Інформаційний конфлікт моделюється в діалоговому режимі.

Процес зміни станів системи інформаційного протистояння (СІП) моделюється в наступний спосіб. На підготовку інформаційних атак (рішення зазначених трьох завдань) система інформаційного нападу (СІН) у стані нападу S_1 затрачає стратегічний час T_1 .

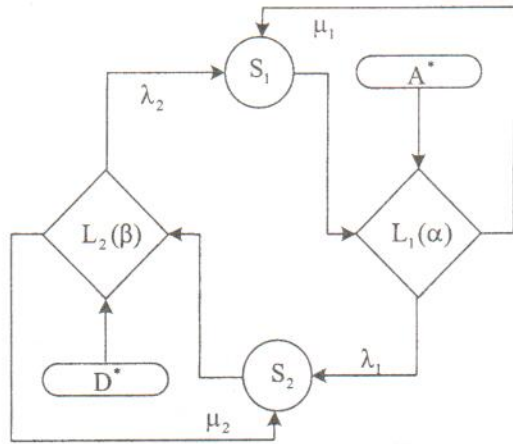


Рис. 2. Логічна модель інформаційного конфлікту (ЛМ 2*2/Г)

Інтенсивність атак можна задати розподіленою за показниковим законом з параметром

$$\lambda_1 = \frac{1}{M [T_1]}, \quad (1)$$

де λ_1 – інтенсивність потоку інформаційних атак, $M[T_1]$ – середній час між двома атаками, $M[.]$ – операція визначення математичного очікування. Моніторинг підготовки системою чергової атаки з набором завдань у відповідності до вимог позначено логічним оператором

$$\frac{\partial L_1(\alpha)}{\partial A} = \begin{cases} 1, A \in A^* \\ 0, A \notin A^* \end{cases}, \quad (2)$$

де $L_1(\alpha)$ – логічний оператор перевірки виконання відповідності A і A^* ; A та A^* умовно позначають прогнозовані й еталонні результати атаки.

Якщо умова (2) виконується, то атака реалізується і процес переходить зі стану S_1 у стан S_2 . У протилежному випадку підготовка атаки триває ще деякий час τ_1 , в окремому випадку розподіл за показовим законом з параметром

$$\mu_1 = \frac{1}{M [T_1]},$$

де μ_1 – інтенсивність продовження підготовки атаки; $M[T_1]$ – середній час підготовки атаки.

Виконання логічної умови (2) носить ймовірнісний характер у силу випадкової природи підготовки атаки, тому використовуємо ймовірність α того, що на момент контролю атака не відповідає еталонним вимогам:

$$P_1(A \in A^*) = \alpha(A, A^*).$$

З логічного моделювання процесу підготовки інформаційної атаки випливає, що цей процес характеризується трьома операційними параметрами λ_1, μ_1, α .

Логічне моделювання захисних дій D виконується аналогічно діям A :

$$\lambda_2 = \frac{1}{M [T_2]}; \quad M_2 = \frac{1}{M [T_2]};$$

$$P_2(D \in D^*) = \beta(D, D^*);$$

$$\frac{\partial L_2(\beta)}{\partial D} = \begin{cases} 1, D \in D^* \\ 0, D \notin D^* \end{cases}.$$

де T_2 – випадковий час підготовки захисних дій; τ_2 – випадковий час додаткової підготовки захисних дій; β – ймовірність того, що на момент контролю захист D не буде підготовлений відповідно до еталонних вимог D^* ; $L_2(\beta)$ – логічний оператор перевірки виконання відповідності D та D^* .

За результатами логічного моделювання складається система дифференційно-логічних рівнянь які описують ДІКІС:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -[(1-\alpha)\lambda_1 + \alpha\mu_1]P_1(t) + [(1-\beta)\lambda_2 + \beta\mu_2]P_2(t), \\ \frac{dL_1(t)}{dA} &= \begin{cases} 1, A \in A^* \\ 0, A \notin A^* \end{cases} \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -[(1-\beta)\lambda_2 + \beta\mu_2]P_2(t) + [(1-\alpha)\lambda_1 + \alpha\mu_1]P_1(t), \\ \frac{dL_2(t)}{dD} &= \begin{cases} 1, D \in D^* \\ 0, D \notin D^* \end{cases} \\ P_1(t) + P_2(t) &= 1, \end{aligned} \quad (3)$$

де $P_1(t)$ – ймовірність перебування СІП у стані S_1 в момент часу t .

Перше та третє дифференційні рівняння А. Н. Колмогорова в (3) щодо ймовірностей $P_1(t)$ і $P_2(t)$ [6,7] складені з урахуванням дії логічних операторів

$L_1(\alpha)$ і $L_2(\alpha)$, які задають інтенсивності переходів в залежності від ймовірностей $P_i(t)$. У свою чергу, $P_i(t)$ залежать від прогнозованих й еталонних значень пар A і A^* , D і D^* . Система рівнянь (3) відображає відповідні властивості об'єкту інформаційного конфлікту.

Задача Коши для СДАР (3) розв'язуємо методом перетворень Лапласа при заданих початкових умовах загального виду:

$$P_i(t=0) = P_{i0}, i = 1, 2, \quad (4)$$

Для скорочення запису позначимо коефіцієнти

$$\begin{aligned} \Lambda_1 &= (1 - \alpha)\lambda_1 + \alpha\mu_1, \\ \Lambda_2 &= (1 - \beta)\lambda_2 + \beta\mu_2. \end{aligned}$$

Виконання умови нормування приводить до двох систем алгебраїчних рівнянь у прямому перетворенні Лапласа, які дають одне й теж рішення відносно зображень ймовірностей. З першого диференційного рівняння в (3) та умови нормування одержимо систему рівнянь

$$\begin{aligned} SP_1(s) - P_{10} &= \Lambda_1 P_1(s) + \Lambda_2 P_2(s), \\ P_1(s) + P_2(s) &= \frac{1}{s}. \end{aligned}$$

За правилом Крамера знаходимо

$$\begin{aligned} P_1(s) &= \frac{P_{10}}{s + \Lambda_1 + \Lambda_2} + \frac{\Lambda_2}{s(s + \Lambda_1 + \Lambda_2)}, \quad (5) \\ P_2(s) &= \frac{s + \Lambda_1}{s(s + \Lambda_1 + \Lambda_2)} - \frac{P_{10}}{s + \Lambda_1 + \Lambda_2}. \end{aligned}$$

Зворотне перетворення Лапласа дає наступний результат:

$$\begin{aligned} P_1(t) &= P_{10}e^{-(\Lambda_1 + \Lambda_2)t} + \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1 + \Lambda_2} [1 - e^{-(\Lambda_1 + \Lambda_2)t}], \\ P_2(t) &= P_{20}e^{-(\Lambda_1 + \Lambda_2)t} + \frac{\Lambda_1}{\Lambda_1 + \Lambda_2} [1 - e^{-(\Lambda_1 + \Lambda_2)t}]. \end{aligned} \quad (6)$$

Неважко переконатися, що (6) є рішенням системи диференціальних рівнянь (3) при дотриманні початкових умов (4) та умов нормування.

Параметричний аналіз починаємо, як звичайно, із сингулярних випадків.

Практичний інтерес становить поведінка $P_i(t), i = 1, 2$ при $t \rightarrow 0$ і при $t \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow 0} P_i(t) &\rightarrow P_{i0}, \\ \lim_{t \rightarrow \infty} P_i(t) &\rightarrow P_{i\infty}, i = 1, 2. \end{aligned}$$

Граничні значення $P_{i\infty}$ характеризують сталі режими інформаційного конфлікту (режим статичної рівноваги), які визначаються наступним чином:

$$\begin{aligned} P_{1\infty} &= \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1 + \Lambda_2} = \frac{M[T_1]}{M[T_1] + M[T_2]}, \\ P_{2\infty} &= \frac{\Lambda_1}{\Lambda_1 + \Lambda_2} = \frac{M[T_2]}{M[T_1] + M[T_2]}. \end{aligned}$$

Практичний інтерес являють також випадки граничних ймовірностей α та β

$$\begin{aligned} \lim_{\alpha \rightarrow 0} \Lambda_1(\alpha) &\rightarrow \lambda_1, \quad \lim_{\alpha \rightarrow 1} \Lambda_1(\alpha) \rightarrow \mu_1, \\ \lim_{\beta \rightarrow 0} \Lambda_2(\alpha) &\rightarrow \lambda_2, \quad \lim_{\beta \rightarrow 1} \Lambda_2(\alpha) \rightarrow \mu_2. \end{aligned} \quad (7)$$

Із граничних співвідношень (7) випливає, що при зміні α та β змінюється сумарна інтенсивність

$\Lambda(\alpha_1, \beta_1, \lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2) = \Lambda_1(\lambda_1, \mu_1) + \Lambda_2(\lambda_2, \mu_2, \beta)$, яка відповідно до співвідношень (5,6) визначає швидкість протікання перехідних процесів, а також термінальні складові $P_{i\infty}, P_{2\infty}$.

Підставимо (6) у вигляді сум термальних і перехідних складових; тоді

$$\begin{aligned} P_1(t) &= P_{1\infty} + (P_{10} - P_{1\infty})e^{-\Lambda t}, \\ P_2(t) &= P_{2\infty} + (P_{20} - P_{2\infty})e^{-\Lambda t}. \end{aligned} \quad (8)$$

Рівняння (8) визначають діапазон зміни ймовірностей у граничних процесах. Отже нові знання, які можуть бути отримані з розв'язку (6), дозволяють дослідити закономірності зміни діапазону $\Delta P_i = P_{i0} - P_{i\infty}, i = 1, 2$, залежно від параметрів моделі $P_{i0}, \lambda_i, M_i, \alpha, \beta$.

Для проведення параметричного аналізу доцільно програмувати значення ймовірностей по їх термінальному значенню:

$$P_i(t) / P_{i\infty} = 1 + \frac{\Delta P_i}{P_{i\infty}} e^{-\Lambda t}, i = 1, 2,$$

$$P_{1\infty} = \frac{(1-\beta)\lambda_2 + \beta\mu_2}{(1-\alpha)\lambda_1 + \alpha\mu_1 + (1-\beta)\lambda_2 + \beta\mu_2},$$

$$P_{2\infty} = \frac{(1-\alpha)\lambda_2 + \alpha\mu_2}{(1-\alpha)\lambda_1 + \alpha\mu_1 + (1-\beta)\lambda_2 + \beta\mu_2}.$$

Ймовірності α, β можна розглядати і як імовірність того, що при підготовці нападу та захисту оперуючі сторони використовують нові технології й засоби, які створюють для супротивника нову проблемну ситуацію. Тоді ймовірності $P_1 = 1 - \alpha$, $P_2 = 1 - \beta$, характеризують частку репродуктивної частини предметної діяльності протидіючих сторін. При цьому, відповідно, міняється й трактування логічних умов та їх предикатів A і A^* , D і D^* . В цьому випадку A^* і D^* представляють підмножину проблемних ситуацій для захисту й нападу. Математичні моделі розробляються з урахуванням цих нових трактувань.

Висновки. Розроблено найпростішу логічну модель (ЛМ 2x2/T) інформаційних конфліктів в інтелектуальних системах. Параметричний аналіз дозволяє отримати нові знання про причинно-наслідкові зв'язки між змінними, що впливають на ДКІС, які необхідні для розробки практичних рекомендацій. Подальше узагальнення розглянутих моделей може бути досягнуте за рахунок введення станів повної перемоги (або повної поразки) оперуючими сторонами, що приводить до логічної моделі інформаційного конфлікту ЛМ 4x4/S із двома транзитивними станами S_1, S_2 та двома поглинаючими станами S_3, S_4 .

Список літератури

1. Игнатов В. А. Экспертные системы технического обслуживания в гражданской авиации. – К.: Знание, 1990. – 24 с.
2. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – С.Пб.: Питер, 2001. – 384 с.
3. Игнатов В. А., Гузий Н. Н. Оптимальное управление информационной безопасностью // Проблемы информатизации та управління: Зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2005. – Вип. 3 (14). – С. 71-74.
4. Игнатов В. А., Минаев Ю. Н., Гузий Н. Н. Асимптотическая теория математического моделирования критериев оптимальности и ограничений // Захист інформації: Зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2004. – Вип. 4. – С. 47-55.
5. Игнатов В. А., Гузий Н. Н. Оптимальное управление скаляризацией векторных критериев в конфликтующих системах. Проблемы информатизации і управління: Зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2004. – Вип. 11. – С. 118-126.
6. Игнатов В. А., Маньшин Г. Г., Трайнев В. А. Статистическая оптимизация качества функционирования электронных систем. – М.: Энергия, 1974. – 264 с.
7. Игнатов В. А., Маньшин Г. Г., Марковская аппроксимация и анализ качества изделий. – Минск: Изв. АН БССР, сер. ФТН, 1970. – №3. – С. 56-64.