

УДК 519.87

А.А. Адаменко

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ФАКТОРУ В КОГНІТИВНІЙ МОДЕЛІ ВІЙСЬКОВОЇ ОПЕРАЦІЇ НА БАЗІ ЛОГІКИ АНТОНІМІВ**

*На основі логіки антонімів запропоновано метод визначення інтегральної оцінки фактору при когнітивному моделюванні військової операції. Метод враховує характер взаємозв'язків між частковими показниками, що визначають його оцінку, а також характер їх впливу на інтегральну оцінку фактору. Метод дозволяє із збереженням властивості булевості отримати логічну та математичну моделі інтегральної оцінки фактору в когнітивній моделі військової операції.*

**Ключові слова:** комплексний вплив, інтегральна оцінка, логіка антонімів, когнітивне моделювання.

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку світової воєнної науки в практику ведення бойових дій активно впроваджується концепція мережецентричних війн, згідно якої найбільш обґрунтованими є рішення щодо планування та проведення військових операцій на основі системного розгляду політичної, економічної, соціальної, інфраструктурної та інформаційної систем сторін – учасників конфлікту. В кожній із перелічених систем можуть знаходитись ключові (критичні) об'єкти, комплексний вплив на які дипломатичними, інформаційними, вій-

ськовими чи економічними мірами може привести до досягнення мети військової операції.

При цьому, планування операцій зводиться до побудови структури (топології) саме комплексного впливу на систему критичних об'єктів противника, що уявляє собою систему взаємопов'язаних дій в суміжних областях людської структури: у фізичній, інформаційній, когнітивній та соціальній, пошуку відповідних засобів впливу і налагодження синергетичного ефекту від їх комплексної дії.

Разом з тим, при плануванні операції суб'єкт управління змушений враховувати велику кількість різнорідних та взаємозв'язаних між собою факторів

в умовах, коли ці взаємозв'язки не ясні і не усі фактори відомі. Тобто, суб'єкт управління змушений приймати рішення в умовах слабкої структурованості та невизначеності обстановки. Одним із підходів дослідження військових операцій в умовах слабкої структурованості та невизначеності обстановки є когнітивне моделювання [1].

Найбільшу проблему при розробці когнітивних моделей складає отримання знань від експертів та суб'єктів управління щодо переліку факторів ситуації, оцінок їх початкових та поточних значень, а також оцінок характеру взаємозв'язків між факторами. Найчастіше використовуються прямі методи отримання експертних знань, але може статися, що основні фактори складаються із різних за природою показників, що також можуть бути зв'язані між собою мережею взаємозв'язків. З цього виникає задача отримання інтегральної оцінки факторів за множиною часткових показників, що мають різну природу та різний характер взаємозв'язків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для розв'язання задачі визначення інтегральної оцінки деякого фактора або параметра функціонування системи за множиною часткових показників на практиці застосовуються методи Байеса, Неймана-Пірсона, послідовного аналізу, розподілу в просторі ознак, мультиплікативної та адитивної згортки, аналізу ієрархій, загальною рисою яких є припущення щодо чіткості та незалежності цих параметрів [2]. Для військових операцій, де об'єктами дослідження є динамічні системи, параметри яких, частіше за все, швидко й нелінійно змінюються в часі, при цьому, є нестохастично невизначеними та пов'язані між собою мережею причинно-наслідних взаємовідношень, застосування вище наведених методів не зовсім коректно.

В інтересах визначення інтегральної оцінки деякого фактора або параметра в умовах нестохастичної невизначеності можливе використання методів теорії нечітких множин [3], але припущення щодо незалежності часткових параметрів системи, оцінки значень яких визначають деяку інтегральну оцінку функціонування системи, залишається невіршеним недоліком.

Для усунення цього недоліку на практиці застосовуються методи теорії нечіткої логіки, що дозволяють шляхом розробки бази нечітких правил описати мережу причинно-наслідних взаємовідношень між параметрами системи. Але використання даного підходу, особливо в складних динамічних системах, пов'язано зі складністю розробки повного набору нечітких правил, що повинні описувати усі можливі взаємозв'язки між параметрами; перевірки їх на сумісність (не конфліктність) та їх корегування.

**Мета статті.** Стаття має на меті розробити метод визначення інтегральної оцінки фактору в когнітивній моделі військової операції за множиною часткових показників, що різняться за природою, характером впливу один на одного та на загальну інтегральну оцінку фактору.

## Розділ основного матеріалу

Розглянемо військову операцію, де в якості одного із факторів розглядається здатність противника вести збройну боротьбу. При цьому, здатність противника вести збройну боротьбу (далі – фактор  $S$ ) визначається за множиною часткових показників, що складають собою множину показників першого рівня ієрархії, наприклад:  $A_1$  – якість системи ураження об'єктів противника;  $A_2$  – якість системи захисту своїх об'єктів від ураження;  $A_3$  – якість системи технічного та тилового забезпечення.

Крім того, окремі часткові показники також можуть визначатися за множиною часткових показників більш нижчого рівня ієрархії. Наприклад, показник  $A_1$  може складатися з наступних показників:  $A_{11}$  – якість системи засобів ураження;  $A_{12}$  – якість системи управління вогнем. В свою чергу, показник  $A_{11}$  може визначатися наступними частковими показниками:  $A_{111}$  – якість системи авіаційних засобів ураження;  $A_{112}$  – якість системи наземних засобів ураження;  $A_{113}$  – якість системи засобів ураження морського базування.

Таким чином можна скласти ієрархічну систему показників будь-якої складності, що будуть визначати інтегральну оцінку будь-якого фактору в когнітивній моделі операції. На рис. 1 наведена ієрархічна система показників, що визначають інтегральну оцінку здатності сторони вести збройну боротьбу згідно наведеного вище прикладу (автор не претендує на повноту та достовірність запропонованої в якості прикладу системи показників, що визначають інтегральну оцінку зазначеного фактору).

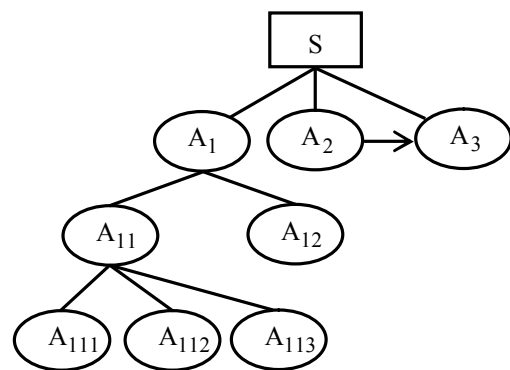


Рис. 1. Приклад ієрархічної системи показників, що визначають інтегральну оцінку здатності сторони вести збройну боротьбу

При цьому приймемо, що між показниками одного рівня ієрархії є наступні взаємозалежності: технічне та тилове забезпечення можливе лише за умови цілісності (неураження) об'єктів забезпечення, що захищаються від ураження. Тобто, показник  $A_2$  впливає на показник  $A_3$ , або показник  $A_3$  залежить від показника  $A_2$  (далі -  $A_2 \rightarrow A_3$ ).

Слід також зауважити, що прийняття рішення щодо можливих значень того чи іншого показника здійснюється в умовах невизначеності, обумовленої відсутністю повної та чіткої інформації про противника.

Таким чином, фактор S можна розглядати як складну систему, а задачу визначення інтегральної оцінки цього фактору можна сформулювати як задачу визначення інтегральної оцінки якості складної системи. При цьому мають місце наступні посилки:

- відома логічна модель складної системи як сукупність елементів системи, зв'язаних між собою мережею логічних (причино-наслідних) зв'язків;
- якість складної системи у цілому в будь-який момент часу (далі – стан системи) залежить від якості елементів системи та від логічних (причино-наслідних) зв'язків між ними в даний момент часу (далі – стани елементів та стани зв'язків відповідно);
- у кожного елемента системи може бути нескінченна множина станів, що характеризує якість елемента в даний момент часу;
- стани елементів системи в деякий момент часу чітко розрізнити неможливо.

Визначення інтегральної оцінки якості складної системи з урахуванням наведених посилки можливе із застосуванням теорії логіки антонімів [4], що вмістила в собі усі позитивні властивості неперервнозначних логік (до яких відноситься також нечітка логіка) і, разом з тим, має ряд додаткових позитивних властивостей, найголовніша з яких – це відповідність усім законам класичної логіки, тобто булевості.

Будемо вважати, що стан елемента A системи S оцінюється мірою наявності у нього деяких властивостей, що визначають його якість у визначений момент часу та задаються антонімічною парою A та  $\alpha A$  (для зручності умовні позначення елемента системи і одного з елементів антонімічної пари співпадають), що зв'язані між собою виразом:

$$H[\alpha A] = -\log_2 \left( 1 - 2^{-H[A]} \right), \quad (1)$$

де  $H[A]$  – кількісна оцінка міри наявності у об'єкта дослідження властивості A;  $H[\alpha A]$  – кількісна оцінка міри наявності у об'єкта дослідження властивості  $\alpha A$ .

При цьому, стан елемента системи відповідає його максимальній якості (абсолютна якість) при  $H[A] = \infty$  та  $H[\alpha A] = 0$ . І навпаки, стан елемента відповідає його мінімальній якості (абсолютна неякість) при  $H[A] = 0$  та  $H[\alpha A] = \infty$ .

Так для наведеного прикладу, введемо в розгляд антонімічну пару A – велика та  $\alpha A$  – мала. Це значить, що якість, наприклад, елемента  $A_1$  буде оцінюватися шляхом оцінювання на скільки вона велика (величина  $H[A_1]$ ) або на скільки вона мала (величина  $H[\alpha A_1]$ ).

Для характеристики взаємозв'язків між елементами системи будемо використовувати оператори логіки антонімів, що задають два види зв'язків:  $\beta$ -зв'язок (слабкий зв'язок), що відповідає операції диз'юнкції, та  $\gamma$ -зв'язок (сильний зв'язок), що відповідає операції кон'юнкції.

Вважається, що між елементами складної системи A та B існує  $\beta$ -зв'язок (тобто  $A \beta B$ ), якщо виконуються наступні умови (див. рис. 2, а).

1. Якість системи тим вище, чим вище якість її елементів.
2. Абсолютна якість системи досягається у випадку, коли абсолютно якісний хоча б один її елемент.
3. Система абсолютно неякісна, коли абсолютно неякісні усі її елементи.

Вважається, що між елементами складної системи A та B існує  $\gamma$ -зв'язок (тобто  $A \gamma B$ ), якщо виконуються наступні умови (рис. 2, б).

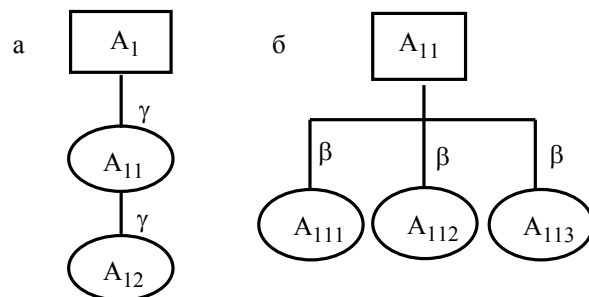


Рис. 2. Логічні моделі взаємозв'язків між елементами системи (а – сильний зв'язок, б – слабкий зв'язок)

1. Якість системи тим вище, чим вище якість її елементів.
2. Абсолютна якість системи досягається у випадку, коли абсолютно якісні усі її елементи.
3. Система абсолютно неякісна, коли хоча б один її елемент абсолютно неякісний.

На рис. 2 наведені приклади логічних моделей взаємозв'язків між окремими елементами складної системи, що розглядається у статті в якості прикладу.

У випадку незалежності елементів  $A_i, i = \bar{1, n}$ , міра наближення системи S до свого стану абсолютної якості з урахуванням характеру взаємозв'язків між її елементами буде розраховуватися за формулами:

$$H[S = A_1 \beta \dots \beta A_n] = \sum_{i=1}^n H[A_i]; \quad (2)$$

$$H[S = A_1 \gamma \dots \gamma A_n] = -\log_2 \left[ 1 - \prod_{i=1}^n \left( 1 - 2^{-H[A_i]} \right) \right] \quad (3)$$

або з урахуванням (1):

$$H[S = A_1 \gamma \dots \gamma A_n] = -\log_2 \left( 1 - 2^{-\sum_{i=1}^n H[\alpha A_i]} \right); \quad (4)$$

де  $\beta$  – оператор, що визначає слабкий зв'язок;  $\gamma$  – оператор, що визначає сильний зв'язок;  $H[A_i]$  – оцінка або значення функціоналу, що кількісно оцінюють міру наближення стану елемента  $A_i$  до стану абсолютної якості;  $H[\alpha A_i]$  – оцінка або значення функціоналу, що кількісно оцінюють міру наближення стану елемента  $A_i$  до стану абсолютної неякості.

З урахуванням (2 – 4) математичні моделі взаємозв'язків між окремими елементами складної системи, що задаються логічною моделлю на рис. 2, будуть мати вид:

$$H[A_1] = -\log_2 \left[ 1 - \left( 1 - 2^{-H[A_{111}]} \right) \left( 1 - 2^{-H[A_{12}]} \right) \right]; \quad (5)$$

$$H[A_{11}] = H[A_{111}] + H[A_{112}] + H[A_{113}]. \quad (6)$$

Підставивши вираз (6) у формулу (5), можна отримати остаточний вираз для знаходження кількісної оцінки наближення елемента  $A_1$  до стану абсолютної якості:

$$H[A_1] = -\log_2 \left[ 1 - \left( 1 - 2^{-\sum_{i=1}^3 H[A_{11i}]} \right) \left( 1 - 2^{-H[A_{12}]} \right) \right].$$

У випадку залежності елементів  $A_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , що визначають стан системи  $S$ , можна застосувати методичний підхід, що використовується в логіці антонімів для кількісної оцінки можливості появи деякої події [5]. Згідно логіки антонімів у випадку, коли подія  $A$  є наслідком реалізації комплексу умов  $B$  (або реалізація комплексу умов  $B$  тягне за собою подію  $A$ ), але має місце нестохастична невизначеність, то справедливі наступні рівняння:

$$H[A|B] = H[B \text{ d } A] - H[\alpha B] \quad (7)$$

або з урахуванням (1):

$$H[A|B] = H[B \text{ d } A] + \log_2 \left( 1 - 2^{-H[B]} \right); \quad (8)$$

де  $H[A|B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру можливості появи події  $A$  за умов виконання комплексу умов  $B$ ;  $H[B \text{ d } A]$  – кількісна оцінка міри можливості того, що при реалізації комплексу умов  $B$  буде мати місце подія  $A$ ;  $H[B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру можливості реалізації комплексу умов  $B$ ;  $H[\alpha B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру можливості того, що комплекс умов  $B$  не буде реалізовано. Для оцінювання можливості якісного функціонування деякого об'єкту дослідження  $A$ , що залежить від якості функціонування іншого об'єкту дослідження  $B$ , рівняння (7, 8) викладемо у такому вигляді:

$$H[A|B] = H[B \rightarrow A] - H[\alpha B]; \quad (9)$$

$$H[A|B] = H[B \rightarrow A] + \log_2 \left( 1 - 2^{-H[B]} \right); \quad (10)$$

де  $H[A|B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру можливості якісного функціонування

об'єкту  $A$  з урахуванням якості функціонування об'єкту  $B$ ;  $H[B \rightarrow A]$  – кількісна оцінка міри залежності якості об'єкту  $A$  від якості об'єкту  $B$  (тут і далі символ оператору імплікації "d", що застосовується в логіці антонімів для виразу причино-наслідної залежності між подіями, замінено для зручності на символ " $\rightarrow$ ");  $H[B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру наближення стану елемента  $B$  до стану абсолютної якості;  $H[\alpha B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру наближення стану елемента  $B$  до стану абсолютної неякості.

При цьому, стан об'єкту  $A$ , що залежить від стану об'єкту  $B$ , оцінюється за рівнянням:

$$H[A|B] = H[A|B] \gamma H[A] = -\log_2 \left[ 1 - \left( 1 - 2^{-H[A|B]} \right) \left( 1 - 2^{-H[A]} \right) \right]; \quad (11)$$

де  $H[A|B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру наближення стану об'єкту  $A$  до стану абсолютної якості з урахуванням стану об'єкту  $B$ ;  $H[A|B]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру можливості якісного функціонування об'єкту  $A$  з урахуванням якості функціонування об'єкту  $B$  і розраховуються згідно (9) або (10);  $\gamma$  – оператор, що визначає сильний зв'язок;  $H[A]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру наближення стану елемента  $A$  до стану абсолютної якості за умови абсолютної якості об'єкту  $B$ .

З урахуванням вище викладеного, на рис. 3 представлена логічна модель інтегральної оцінки фактору  $S$  – здатність противника вести збройну боротьбу, ієрархічна система показників якого наведена на рис. 1.

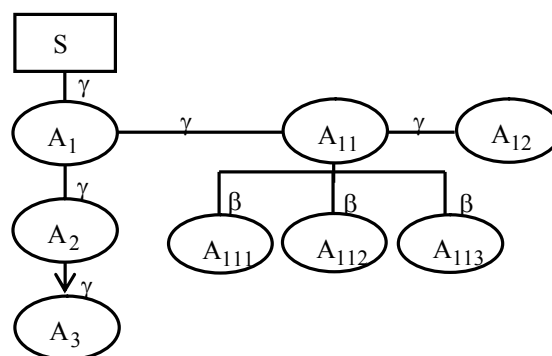


Рис. 3. Приклад логічної моделі інтегральної оцінки фактору  $S$

При цьому, математична модель інтегральної оцінки фактору  $S$  буде мати такий вигляд:

$$H[S] = -\log_2 \left[ 1 - \left( 1 - 2^{-H[A_1]} \right) \left( 1 - 2^{-H[A_2]} \right) \left( 1 - 2^{-H[A_3/A_2]} \right) \right];$$

$$H[A_1] = -\log_2 \left[ 1 - \left( 1 - 2^{-\sum_{i=1}^3 H[A_{11i}]} \right) \left( 1 - 2^{-H[A_{12}]} \right) \right];$$

$$H[A_3/A_2] = -\log_2 \left[ 1 - \left( 1 - 2^{-H[A_3|A_2]} \right) \left( 1 - 2^{-H[A_3]} \right) \right];$$

$$H[A_3|A_2] = H[A_2 \rightarrow A_3] + \log_2 \left( 1 - 2^{-H[A_2]} \right);$$

де  $H[S]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру наближення системи  $S$  до стану абсолютної якості;  $H[A_i]$ ,  $H[A_{ij}]$ ,  $H[A_{ijk}]$  – оцінки або значення функціоналів, що кількісно оцінюють міри наближення станів відповідних елементів  $A_i$ ,  $A_{ij}$ ,  $A_{ijk}$ ,  $i=1, 2, 3$ ;  $j=1, 2$ ;  $k=1, 2, 3$ , до стану абсолютної якості;  $H[A_3/A_2]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру наближення стану елементу  $A_3$  до значення абсолютної якості з урахуванням стану елементу  $A_2$ ;  $H[A_3|A_2]$  – значення функціоналу, що кількісно оцінює міру можливості функціонування елементу  $A_3$  в залежності від стану елементу  $A_2$ ;  $H[A_2 \rightarrow A_3]$  – кількісна оцінка міри можливості функціонування елементу  $A_3$  за умови абсолютної якості елементу  $A_2$ .

В даній математичній моделі вихідними даними є оцінки  $H[A_2]$ ,  $H[A_3]$ ,  $H[A_{12}]$ ,  $H[A_{111}]$ ,  $H[A_{112}]$ ,  $H[A_{113}]$ ,  $H[A_2 \rightarrow A_3]$ , що в умовах нестochasticної невизначеності можуть бути отримані з використанням лінгвістичного підходу на базі логіки антонімів, що викладено в [6].

### Висновки

На базі логіки антонімів запропоновано метод визначення інтегральної оцінки фактору при когнітивному моделюванні військової операції, що, на відміну від існуючих методів, враховує характер

взаємозв'язків між частковими показниками та характер їх впливу на інтегральну оцінку фактору. Метод дозволяє із збереженням властивості булевості отримати логічну та математичну моделі інтегральної оцінки фактору, що можуть бути використані у подальших дослідженнях щодо пошуку показників та зв'язків між ними, що є критичними для фактору. Крім того, доцільними є дослідження щодо розробки теоретичних основ побудови та використання когнітивних моделей на базі логіки антонімів.

### Список літератури

1. Адаменко А.А. Модель прийняття рішення щодо структури комплексного впливу на критичні об'єкти противника / А.А. Адаменко // Труды университета: збірник наукових праць. – К.: Національний університет оборони України. – 2010. – № 4 (97). – С. 146-154.

2. Новосельцев В.И. Теоретические основы системного анализа / В.И. Новосельцев [и др.]; под ред. В.И. Новосельцева. – М.: Майор, 2006. – 592 с.

3. Таран Т.А. Обобщенные оценки факторов в задачах когнитивного моделирования / Т.А. Таран, В.Н. Шемаев // Математичні машини і системи. – 2004. – № 3. – С. 110-124.

4. Голота Я.Я. Непрерывнозначная логика / Я.Я. Голота. – РЖМ., 1982. – 74 с. – Деп. в ВИНИТИ 14.10.82, № 5154-82.

5. Голота Я.Я. О количественной оценке возможности средствами логики антонимов [Электронный ресурс] / Я.Я. Голота, Д.С. Фальков // Сайт информационных технологий – Режим доступа до сайту : <http://inftech-webserv.ru/it/conference/scm/2000/session4/golota3.htm>

6. Голота Я.Я. О формализации логики неполных знаний (логики антонимов) / Я.Я. Голота // Логика и развитие научного знания: межвуз. сб.; [под ред. И. Н. Бродского, Я. А. Слинина]. – СПб.: Из-во С.-Петербургского ун-та, 1992. – С. 92-112.

Надійшла до редколегії 1.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Більчук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ФАКТОРА В КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ НА БАЗЕ ЛОГИКИ АНТОНИМОВ

А.А. Адаменко

На основе логики антонимов предложен метод определения интегральной оценки фактора при когнитивном моделировании военной операции. Метод учитывает характер взаимосвязей между частичными показателями, которые определяют его оценку, а также характер их влияния на интегральную оценку фактора. Метод позволяет с сохранением свойству булевости получить логическую и математическую модели интегральной оценки фактора в когнитивной модели военной операции.

**Ключевые слова:** комплексное влияние, интегральная оценка, логика антонимов, когнитивное моделирование.

### METHOD OF DETERMINATION OF INTEGRAL ESTIMATION OF FACTOR IN COGNITIVE MODEL OF MILITARY OPERATION ON BASE OF LOGIC OF ANTONYMS

A.A. Adamenko

On the basis of logic of antonyms the method of determination of integral estimation of factor is offered at the когнитивном design of military operation. A method is taken into account by character of intercommunications between partial indexes, which determine his estimation, and also character of their influence on the integral estimation of factor. A method allows with a maintainance property of booleantion to get the logical and mathematical models of integral estimation of factor in the cognitive model of military operation.

**Keywords:** complex influence, integral estimation, logic of antonyms, cognitive design.