

# Обробка інформації в складних організаційних системах

УДК 519.87

А.А. Адаменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЛІНГВІСТИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОЦІНКИ ЯКІСНОГО СТАНУ ФАКТОРІВ ПРИ КОГНІТИВНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ВІЙСЬКОВОЇ ОПЕРАЦІЇ НА БАЗІ ЛОГІКИ АНТОНІМІВ

*На базі логіки антонімів запропоновано лінгвістичний підхід щодо оцінки якісного стану факторів при когнітивному моделюванні військової операції. Стан факторів оцінюється як кількісні оцінки міри наявності в них антонімічних властивостей, що дозволяє приймати рішення щодо можливих станів факторів в умовах нестохастичної невизначеності із збереженням властивості булевості.*

**Ключові слова:** модель військової операції, когнітивне моделювання, логіка антонімів.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним із підходів дослідження військових операцій в умовах слабкої структурованості та нестохастичної невизначеності обстановки є статичний та динамічний аналіз ситуацій на базі їх когнітивних моделей [1].

В основу когнітивної моделі покладено поняття когнітивної карти, що формально являє собою орієнтований зважений граф, в якому вершини відповідають базисним факторам (або концептам), що визначають ситуацію, орієнтовані ребра – причинно-наслідним зв'язкам між факторами. При цьому, вершинам та ребрам графу поставлені у відповідність змінні, що характеризують відповідно якісний стан факторів, напрямок й силу впливу факторів один на одного. Задав імпульс (зміна якісного стану) одному чи декілька факторам, можливо спостерігати за розповсюдженням цього імпульсу по когнітивній карті.

Аналіз результатів розробки когнітивних моделей в інтересах дослідження різних предметних областей свідчить про існування проблеми їх адекватності, що залежить, зокрема, від обраного методичного підходу щодо моделювання якісних станів факторів в умовах невизначеності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В багатьох прикладних задачах, пов'язаних з моделюванням предметних областей в умовах їх слабкої структурованості та невизначеності, в якості основи для моделювання приймаються нечіткі когнітивні карти [2], що базуються на методах теорії нечітких множин. Цей підхід вважається доброю основою для прийняття рішень в подібних умовах.

Разом з тим, останнім часом все частіше зустрічаються публікації, наприклад [3], де авторами наводяться парадоксальні результати, що отримані за методами теорії нечітких множин. Поясненнями

щодо парадоксальності методів теорії нечітких множин є її "небулевість", тобто існування таких законів класичної двозначної логіки, яким методи теорії нечітких множин не відповідають. Слід зауважити, що в теорії нечітких множин для проведення одних і тих же операцій, наприклад операції об'єднання або перетину, запропоновано декілька формул, використання яких приводить до невиконання різних законів класичної двозначної логіки.

Одним із альтернативних підходів опису якісних станів факторів та порядку їх зміни в умовах нестохастичної невизначеності, що дозволяють усунути зазначений недолік, є застосування методів теорії нечіткої логіки [4], за допомогою якої задаються дискретні множини можливих станів кожного фактору та нечіткі правила переходу факторів із одного стану в інший. Але використання даного підходу, особливо в складних динамічних системах, пов'язано зі складністю розробки повного набору нечітких правил, що повинні описувати усі можливі умови переходу кожного фактору із одного свого стану в інший; перевірки їх на сумісність (не конфліктність) та їх корегування.

**Стаття має на меті** запропонувати підхід щодо опису якісного стану факторів при когнітивному моделюванні військової операції, що б дозволяв оцінювати їх стан в умовах нестохастичної невизначеності та, разом з тим, володів властивістю булевості.

### Розділ основного матеріалу

Будемо вважати, що визначена множина  $X = \{X_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , базисних факторів, якісний стан кожного з яких прийнято описувати за допомогою змінної  $x_i$ .

В силу того, що дослідження військової операції здійснюється в умовах нестохастичної невизначеності [Адаменко\_вербальна\_модель], то для оцін-

ки можливих значень змінних, що характеризують якісний стан факторів пропонується застосувати методи логіки антонімів [5], що вмістила в собі усі позитивні властивості неперервнозначних логік (до яких відноситься також нечітка логіка) й, разом з тим, має ряд додаткових позитивних властивостей, найголовніша з яких – це відповідність усім законам класичної логіки, тобто булевисть.

В основу логіки антонімів покладено поняття антонімічної пари  $A$  та  $\alpha A$ , що розглядаються як пара протилежних властивостей об'єкту, що досліджується, наприклад: "багато - мало", "сильно – слабо" тощо. В якості прикладу будемо розглядати антонімічну пару  $A$  = "велике",  $\alpha A$  = "мале".

При цьому, можливе значення об'єкту дослідження оцінюється шляхом оцінки міри наявності в ньому однієї з протилежних властивостей  $A$  або  $\alpha A$ , тобто, оцінюється на скільки "велике" або на скільки "мале" значення того чи іншого об'єкту дослідження. Для цього вводяться наступні позначення:

$H[A]$  - кількісна оцінка міри наявності у об'єкта дослідження властивості  $A$  ;

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

Оцінки  $H[A]$  та  $H[\alpha A]$  зв'язані між собою виразом

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

де  $H[A] \in [0, \infty)$  та  $H[\alpha A] \in [0, \infty)$ .

Слід зазначити, що оператору  $\alpha$  можна поставити у відповідність заперечення "не", що, на відміну від його розуміння в нечіткій логіці, передбачає не "усе інше", а перехід до конкретного протилежного значення – синоніма (наприклад, "не велика" = "мала", "не мала" = "велика").

Тому  $H[A]$  та  $H[\alpha A]$  називаються антонімічними оцінками, й якщо  $H_1[A] = 0$ , то  $H_1[\alpha A] = \infty$ ; а якщо  $H[A] = \infty$ , то  $H[\alpha A] = 0$ .

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

На рис. 1 наведено графік функції, що задана виразом (2), де пара оцінок  $H[A]$  та  $H[\alpha A]$  являються координатами точки, що поділяє криву на дві частини: частину, що відповідає елементу антонімічної пари  $A$  (далі – дуга  $A$ ), та частину, що відповідає елементу антонімічної пари  $\alpha A$  (далі – дуга  $\alpha A$ ). При цьому, значення  $H[A]$  та  $H[\alpha A]$  відображають величини проєкцій дуг  $A$  та  $\alpha A$  на відповідні осі координат, а самі дуги  $A$  та  $\alpha A$  доповнюють одна одну до всієї кривої.

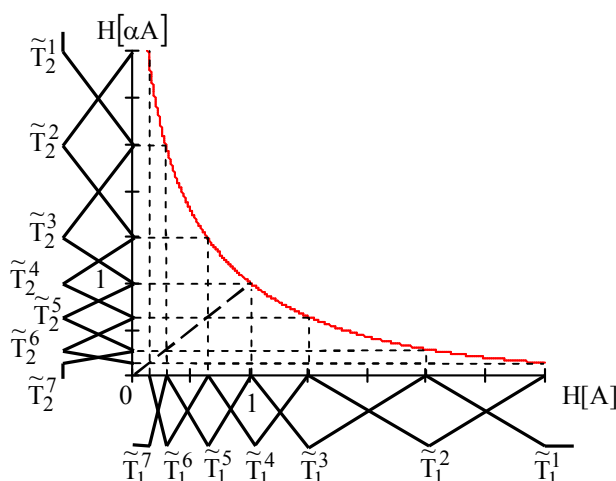


Рис. 1. Зв'язок антонімічних оцінок та їх лінгвістичне вираження

З цього можна вважати, що  $H[A]$  та  $H[\alpha A]$  є координатами стану об'єкту дослідження, а крива на рис. 1 – кривою стану цього об'єкту. Слід звернути увагу на точку з координатами (1, 1), що є точкою рівноваги і відображає стан об'єкту дослідження, при якому ступені наявності у його значення протилежних властивостей  $A$  та  $\alpha A$  дорівнюють одна одній.

Кількісні оцінки якісного стану об'єктів дослідження, тобто значення  $H[A]$  або / та  $H[\alpha A]$ , можуть здійснюватися за результатами експертизи, в інтересах якої пропонується застосовувати лінгвістичний підхід, основу якого покладено в [6]. Лінгвістичне вираження оцінки (далі – лінгвістична оцінка) якісного стану того чи іншого об'єкту дослідження відбувається на основі відповідної антонімічної пари шляхом комбінації кількісних модифікаторів (наприклад, "дуже", "достатньо", "злегка") та заперечення "не" з елементами цієї антонімічної пари (наприклад, "дуже велике", "злегка мале", "не дуже велике" тощо).

При цьому, лінгвістичні оцінки задаються трикутними нечіткими множинами виду:

$$\tilde{T} = (a_1, a_2, a_3),$$

де  $a_1$ ,  $a_2$  та  $a_3$  - параметри трикутної нечіткої множини, що задають відповідно оцінки: значення, менше якого вони не можуть бути; найбільш очікуваного значення та значення, більше якого вони не можуть бути (виключенням є нечіткі множини:  $\tilde{T}_1^1$  та  $\tilde{T}_2^1$ , у яких параметра  $a_3 \rightarrow \infty$ ;  $\tilde{T}_1^7$  та  $\tilde{T}_2^7$ , у яких параметр  $a_1 \rightarrow 0$ , що надає змогу для їх опису визначити лише два параметрами, що умовно позначимо, наприклад, як:  $\tilde{T}_1^1 = (a_1, a_2, \rightarrow \infty)$ ,  $\tilde{T}_1^7 = (\rightarrow 0, a_2, a_3)$ ).

Приклад утворення лінгвістичних оцінок наведено в табл. 1, а приклад їх розміщення на координатних осях наведено на рис. 1.

Таблиця 1

Таблиця лінгвістичних значень

Нечіткі множини на $H[A]$	Назви лінгвістичних оцінок - синонімів		Нечіткі множини на $H[\alpha A]$
$\tilde{T}_1^1$	<u>дуже велика*</u>	дуже не мала	$\tilde{T}_2^7$
$\tilde{T}_1^2$	<u>достатньо велика</u>	достатньо не мала	$\tilde{T}_2^6$
$\tilde{T}_1^3$	<u>злегка велика</u>	злегка не мала	$\tilde{T}_2^5$
$\tilde{T}_1^4$	і не велика і не мала		$\tilde{T}_2^4$
$\tilde{T}_1^5$	злегка не велика	<u>злегка мала</u>	$\tilde{T}_2^3$
$\tilde{T}_1^6$	достатньо не велика	<u>достатньо мала</u>	$\tilde{T}_2^2$
$\tilde{T}_1^7$	дуже не велика	<u>дуже мала</u>	$\tilde{T}_2^1$

Примітка: \* - підкреслено лінгвістичні оцінки, що є більшими серед лінгвістичних оцінок - синонімів.

Таким чином маємо лінгвістичну шкалу, де відношення порядку між лінгвістичними значеннями визначаються відповідно до відношень порядку між відповідними модифікаторами, що застосовуються для утворення лінгвістичних значень (для наведеного прикладу – {дуже не \_\_; достатньо не \_\_; злегка не \_\_; і не \_\_, і не \_\_; злегка \_\_; достатньо \_\_; дуже \_\_}).

Для визначення параметрів трикутних нечітких множин, за допомогою яких будуть задаватися лінгвістичні оцінки, пропонується наступна процедура.

Так як на осі  $H[A]$  розташовуються оцінки міри наявності властивості "велике", то на ній будемо відкладати лінгвістичні оцінки, що містять термін "велике". Відповідно на осі  $H[\alpha A]$  симетрично до бісектриси кута (початку координат) будемо відкладати лінгвістичні оцінки, що містять термін "мале".

Для зниження суб'єктивності оцінок, отриманих від експертів, пропонується ввести наступні припущення (див. рис. 1), що, крім того, значно спрощують процедуру експертного опитування:

- оцінки найбільш очікуваних значень для нечітких множин  $\tilde{T}_1^4$  та  $\tilde{T}_2^4$ , що визначають лінгвістичне значення "і не велика і не мала", дорівнюють відповідній координаті точки рівноваги (1, 1), тобто:

$$a_2(\tilde{T}_1^4) = a_2(\tilde{T}_2^4) = 1 ;$$

- для нечітких множин  $\tilde{T}_1^j$ ,  $j = 2..7$ , що будуть визначати лінгвістичні значення одного з елементів антонімічної пари й відкладаються на одній осі (або

$H[A]$ , або  $H[\alpha A]$ ) справедливі рівняння:

$$a_2(\tilde{T}_1^j) = a_1(\tilde{T}_1^{j-1}),$$

$$a_3(\tilde{T}_1^j) = a_2(\tilde{T}_1^{j-1}).$$

Експертам пропонується висказати свою суб'єктивну думку щодо параметрів лише одної трикутної нечіткої множин  $\tilde{T}_1^2$ , якій відповідає лінгвістичне значення "достатньо велика". Після обробки експертних висловлювань отримаємо параметри нечіткої множини  $\tilde{T}_1^2$  (наприклад, як адитивну згортку з урахуванням ваги експертів).

Враховуючи прийняті припущення, можна отримати параметри нечітких множин  $\tilde{T}_1^1$  та  $\tilde{T}_1^3$ .

Враховуючи те, що пари лінгвістичних оцінок "дуже велика" та "дуже мала", "достатньо велика" та "достатньо мала", "злегка велика" та "злегка мала" є антонімами, то значення параметрів в наступних парах нечітких множин  $\tilde{T}_1^1$  та  $\tilde{T}_2^1$ ,  $\tilde{T}_1^2$  та  $\tilde{T}_2^2$ ,  $\tilde{T}_1^3$  та  $\tilde{T}_2^3$  співпадають. Керуючись прийнятими припущеннями та виразом (2) можна отримати параметри решти трикутних нечітких множин.

В якості числового прикладу розглянемо ситуацію, коли за допомогою експертизи отримана нечітка множина  $\tilde{T}_1^2$  виду  $\tilde{T}_1^2 = (2; 3,5; 5)$ .

Тоді параметри нечітких множин  $\tilde{T}_1^1$  та  $\tilde{T}_1^3$  будуть мати вид:

$$a_1(\tilde{T}_1^1) = a_2(\tilde{T}_1^2) = 3,5;$$

$$a_2(\tilde{T}_1^1) = a_3(\tilde{T}_1^2) = 5; \quad a_3(\tilde{T}_1^1) \rightarrow \infty,$$

тобто  $\tilde{T}_1^1 = (3,5; 5; \rightarrow \infty)$ ;

$$a_1(\tilde{T}_1^3) = a_2(\tilde{T}_1^4) = 1;$$

$$a_2(\tilde{T}_1^3) = a_1(\tilde{T}_1^2) = 2; \quad a_3(\tilde{T}_1^3) = a_2(\tilde{T}_1^1) = 3,5,$$

тобто  $\tilde{T}_1^3 = (1; 2; 3,5)$ .

Далі можна визначити параметри нечітких множин, що задають лінгвістичні оцінки – антоніми, тобто:

$$\tilde{T}_2^1 = (3,5; 5; \rightarrow \infty), \quad \tilde{T}_2^2 = (2; 3,5; 5), \quad \tilde{T}_2^3 = (1; 2; 3,5).$$

Параметри решти нечітких множин розраховуються згідно (2) за допомогою графіку на рис. 1.

Так, параметр  $a_1$ , наприклад, нечіткої множини  $\tilde{T}_1^4$  розраховується за виразом:

$$a_1(\tilde{T}_1^4) = -\log_2 \left( 1 - 2^{-a_1(\tilde{T}_1^2)} \right) = -\log_2 (1 - 2^{-2}) = 0,415.$$

Таким чином, решта трикутних нечітких множин будуть мати вигляд:

$$\tilde{T}_1^4(\tilde{T}_2^4) = (0,415; 1; 2), \quad \tilde{T}_1^5(\tilde{T}_2^5) = (0,134; 0,415; 1),$$

$$\begin{aligned}\tilde{T}_1^6(\tilde{T}_2^6) &= (0,046; 0,134; 0,415), \\ \tilde{T}_1^7(\tilde{T}_2^7) &= (\rightarrow 0; 0,046; 0,134).\end{aligned}$$

Слід зазначити, що на практиці при оцінюванні деякої властивості об'єкта дослідження використовується не пара, а лише одна з пари лінгвістичних оцінок - синонімів, як правило, та, що більше (у таблиці 1 вони виділені підкресленням).

Після отримання лінгвістичних шкал, що побудовані на осях  $H[A]$  та  $H[\alpha A]$ , значення змінної  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , що характеризує якісний стан кожного із факторів, можна оцінити в термінах логіки антонімів. Для цього експертам пропонується надати перевагу одній з лінгвістичних оцінок, що найбільшою мірою характеризує можливе значення цієї змінної, узагальнити їх оцінки (наприклад, за допомогою оператора об'єднання) й застосувати до отриманої нечіткої множини один з відомих методів дефаззифікації (наприклад, метод центру мас).

Крім того, оцінки якісного стану факторів можуть бути отримані в термінах логіки антонімів як інтегральні оцінки за множиною часткових показників, що розглянуто в [7].

Тобто, в когнітивній моделі військової операції значення змінної  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , що характеризує якісний стан кожного із факторів, пропонується оцінювати з використанням деякої антонімичної пари  $A_i$  та  $\alpha A_i$  як кількісну оцінку міри наявності у фактора  $X_i$  властивості  $A_i$  ( $H[A_i]$ ) або  $\alpha A_i$  (величина  $H[\alpha A_i]$ ).

### Висновки

На базі логіки антонімів запропоновано лінгвістичний підхід щодо оцінки якісного стану факторів при когнітивному моделюванні військової операції. Стан факторів оцінюється як кількісні оцінки міри наявності в них антонімичних властивостей, що дозволяє приймати рішення щодо можливих станів факторів в умовах нестохастичної невизначеності із

збереженням властивості булевості. Запропонований підхід може бути покладений також в основу оцінки взаємозв'язків між факторами в когнітивній моделі операції. Окремий науковий інтерес складають дослідження щодо розробки теоретичних основ розповсюдження імпульсних процесів в когнітивних моделях, що побудовані 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 університету: збірник наукових праць. – К.: Національний університет оборони України. – 2010. – № 4 (97). – С. 146 – 154.
2. Kosko B., *Fuzzy Cognitive Maps* // *International Journal of Man-Machine Studies*. – 1986. – 24 – P. 65 – 75.
3. Аришинский Л.В. Парадоксы нечеткого оценивания / Аришинский Л.В. // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2007): труды VII Межд. конференции / Под ред. З.К. Авдеевой, С.В. Ковриги. – М.: Институт проблем управления РАН, 2007. – С. 20 – 23.
4. Carvahlo J.P. *Rule Based Fuzzy Cognitive Maps – A Comparison with fuzzy Cognitive Maps* / J.P. Carvahlo, J.A.B. Tom // *Proceedings of the NAFIPS99, NY, USA 1999*.
5. 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. Слина]. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1992. – С. 92 – 112.
6. Фальков Д.С. О разработке лингвистического подхода на базе логики антонимов. сравнение с лингвистическим подходом, лежащим в основе нечеткой логики Заде [Электронный ресурс] / Д.С. Фальков // Сайт информационных технологий – Режим доступа до сайту: <http://inftech.webservis.ru/it/conference/scm/1999/session4/falkov.html>
7. Адаменко А.А. Метод визначення інтегральної оцінки фактору в когнітивній моделі військової операції на базі логіки антонімів / А.А. Адаменко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 9 (90). – С. 136 – 140.

Надійшла до редколегії 22.03.2011

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

### ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОТНОСИТЕЛЬНО ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ФАКТОРОВ ПРИ КОГНИТИВНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ НА БАЗЕ ЛОГИКИ АНТОНИМОВ

А.А. Адаменко

На базе логики антонимов предложен лингвистический подход относительно оценки качественного состояния факторов при когнитивном моделировании военной операции. Состояние факторов оценивается как количественные оценки меры наличия в них антонимических свойств, что позволяет принимать решение относительно возможных состояний факторов в условиях нестохастической неопределенности с сохранением свойства булевости.

**Ключевые слова:** модель военной операции, когнитивное моделирование, логика антонимов.

### LINGUISTIC APPROACH IN RELATION TO ESTIMATION OF THE HIGH-QUALITY STATE OF FACTORS AT COGNITIVE DESIGN OF MILITARY OPERATION ON BASE OF LOGIC OF ANTONYMS

A.A. Adamenko

On the base of logic of antonyms linguistic approach is offered in relation to the estimation of the high-quality state of factors at the cognitive design of military operation. The state of factors is estimated as quantitative estimations of measure of presence in them of antonymous properties, that allows to make a decision in relation to the possible states factors in the conditions of unstoochastic vagueness with the maintainance of Boolean property.

**Keywords:** model of military operation, cognitive design, logic of antonyms.