

УДК 519.87

А.А. Адаменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

УПРАВЛІННЯ ОПЕРАЦІЄЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇЇ КОГНІТИВНОЇ МОДЕЛІ

Розглянута проблема управління операцією угруповань військ (сил). Дослідження операції здійснюється за допомогою її нечіткої нелінійної когнітивної моделі. Сформовано зміст управління шляхом визначення параметрів, способів, модельних компонентів та типів управління. Формалізовані можливі варіанти мети управління. Викладені окремі підходи щодо дослідження та управління операцією із застосуванням методів нелінійної динаміки.

Ключові слова: управління операцією, когнітивне моделювання, нелінійна динаміка.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток та підвищення ролі високоточних засобів дальнього вогневого та електронного ураження у воєнних конфліктах кінця ХХ початку ХХІ сторіч, застосування сучасного системного аналізу – синергетики та можливостей інформаційних технологій стали визначальними факторами переходу до нового рівня воєнного мистецтва – від рівня управління військами у ході воєнного конфлікту (операції) до рівня управління конфліктом (операцією) у цілому [1].

Зростаюча роль наведених факторів у сучасній збройній боротьбі визначають актуальність досліджень щодо визначення їх впливу на форми і способи застосування Збройних Сил України, розробки рекомендацій щодо їх удосконалення, а також розробку моделей, методик та методів підтримки прийняття органами військового управління відповідних управлінських рішень з використанням новітніх інформаційних технологій [2].

В роботах [3, 4] здійснена постановка наукової проблеми управління слабкоструктурованою операцією угруповань військ (сил), запропонована методика проведення досліджень, що базується на системному, синергетичному, когнітивному та сценарному підходах з використанням методів інтелектуального аналізу даних.

Невирішеним залишилися завдання щодо змісту управління операцією при її когнітивному моделюванні, формалізація задач управління операцією та методів щодо їх вирішення.

Мета статті. Формування змісту управління операцією при її когнітивному моделюванні, формалізація задач управління операцією та методів щодо їх вирішення.

Основний матеріал

З точки зору системного аналізу об'єктом впливу в операції є динамічна складна система зі слабо передбачуваною поведінкою, що визначається

внутрішніми закономірностями її функціонування, впливами зовнішнього середовища та управлінськими впливами з боку суб'єктів управління.

Поведінка будь-якої системи визначається динамікою зміни її станів, що в конкретний момент часу може задаватися наступними параметрами: складом та структурою системи, якістю, умовами функціонування, цільовими функціями, інформованістю, допустимими множинами стратегій поведінки її елементів та системи у цілому.

З цих позицій, під управлінням операцією слід розуміти здійснення сукупності впливів, обраних з множини можливих на підставі наявної інформації (у тому числі про зовнішні впливи) та направлених на підтримку або зміну протягом визначеного часу та відповідно до обраної мети параметрів систем, що розглядаються в операції.

При цьому, висока ефективність управління обумовлена раціональним способом використання високоякісних активних засобів в умовах обстановки, що слушно склалися.

Тому оцінка обстановки перед началом операції і в процесі її проведення, прогноз змін обстановки є важливими етапами прийняття рішення на управління операцією.

Реалізація цих етапів можлива за допомогою математичної моделі операції, в якості якої пропонується використовувати нечітку когнітивну гру, що задана коротжем [4]:

$$V = \langle J, U, G, Z_X, Z_D, X(0), Y^T, t_k \rangle, \quad (1)$$

де $J = \langle A, B, \dots \rangle$ – сторони – учасниці операції;

$U = \{u_i\}$, $i = \overline{1, N}$, – множина суб'єктів управління, які можуть приймати управлінські рішення щодо впливу на ситуацію в операції в інтересах певної сторони або в власних інтересах на будь-якому етапі операції;

$G = (X, D)$ – когнітивна карта ситуації у виді орієнтованого знакового графу, в якому $X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$, – множина вершин – базисних факторів,

$D \subseteq X \times X$ – множина дуг D_{ij} , що відображають наявність та напрямок логічного зв'язку між факторами;

$$Z_X = \{Z_{X_i}\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{та} \quad Z_D = \{Z_{D_{ij}} \mid d_{ij} \neq 0\}$$

відповідно множини параметричних характеристик вершин та дуг;

$X(0) = \{(\bar{x}_i(0), \dot{\bar{x}}_i(0))\}, \quad \forall i = \overline{1, n}$, – початковий стан ситуації, що визначається сукупністю якісних станів вершин X_i на початок операції ($t = 0$) у виді: \bar{x}_i – миттєве значення вершини у визначений момент часу, $\dot{\bar{x}}_i$ – тенденція, що характеризує напрямок та швидкість його зміни;

$$Y^T = \langle Y_A^T, Y_B^T \rangle$$
 – множина цільових станів

ситуації для кожної із сторін, що сформовані відповідно до інформації щодо мети кожної сторони в операції;

t_k – час, що відводиться на операцію (як правило, визначається кількістю етапів, що відводиться для досягнення мети операції).

Враховуючи специфіку операції та мережеву структуру її моделі, можна сформулювати способи управління операцією з використанням її когнітивної моделі (1) (див. табл.), що передбачають статичний (не приводять до зміни структури когнітивної моделі) та динамічний (вносять зміну в структуру когнітивної моделі) типи управління.

Методи динамічного типу управління достатньо відпрацьовані, тому зосередимо увагу саме на статичному типі управління.

Таблиця

Способи управління операцією з використанням когнітивної моделі

№ з/п	Параметри управління	Спосіб управління	Моделльні компоненти управління	Тип управління
1.	Склад	Вилучення або введення вершин	Склад	Динамічний
2.	Структура	1. Вилучення або введення дуг 2. Зміна значень параметрів дуг	1. Структура 2. Значення параметрів дуг	1. Динамічний 2. Статичний
3.	Якість	Зміна значень параметрів вершин	Значення параметрів вершин	Статичний
4.	Умови функціонування	Зміна значень параметрів вершин та / або дуг	Значення параметрів вершин та / або дуг	Статичний
5.	Цільова функція	Зміна значень параметрів вершин	Значення параметрів вершин	Статичний
6.	Інформованість	Зміна значень параметрів вершин	Значення параметрів вершин	Статичний
7.	Допустима множина стратегій	1. Надання чи позбавлення вершин статусу "керована вершина" 2. Зниження структурної значущості вершини	1. Склад, структура 2. Значення параметрів дуг	1. Динамічний 2. Статичний

Дослідження операції починається з аналізу поточної ситуації. Для цього з множини $X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$, базисних факторів експертним шляхом для кожного суб'єкта управління встановлюються множини цільових та керованих факторів, наприклад, для сторони А відповідно множини $\dot{X}_A = \{\dot{X}_{Ai}\}$, $i = \overline{1, n_A}$, та $\ddot{X}_A = \{\ddot{X}_{Ai}\}$, $i = \overline{1, n_A}$.

Цільові фактори – це фактори, що для суб'єкту управління представляють найбільший інтерес з точки зору досягнення його кінцевої мети в операції. Саме стан цільових факторів в той чи інший момент часу (далі – стан цільової ситуації) представляє найбільший інтерес для особи, яка приймає рішення, тобто, на прикладі сторони А, $Y_A^T = \dot{X}_A^T$,

де \dot{X}_A^T – вектор потрібних (цільових) значень цільових факторів.

Керовані фактори – фактори, на які суб'єкт управління (наприклад, сторона А) має можливість подавати управляючі впливи в межах визначеного ресурсу управління, що задає потенційно можливі зміни значень керованих факторів в результаті керуючого впливу з боку сторони А, без врахування керуючих впливів з боку інших суб'єктів управління та характеру взаємозв'язків між факторами.

Оскільки цільова ситуація описується вектором $\dot{X}_A = \{\dot{X}_{Ai}\}$, то результат операції можна оцінювати Евклідовою відстанню між потрібним станом цільової ситуації та поточним, тобто:

$$\Delta Y_A(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(\dot{x}_{Ai}(t) - \dot{x}_{Ai}^T)^2} \quad (2)$$

За результатами аналізу поточного стану цільової ситуації, тобто за оцінкою $\Delta Y_A (t < t_k)$, ставиться мета управління, що на тому чи іншому етапі операції змістовно може мати один з двох варіантів:

1. Утримання поточної цільової ситуації, тобто, мета задається нерівністю:

$$|\Delta Y_A (t = 0) - \Delta Y_A (t \leq t_k)| \leq \xi.$$

2. Переведення цільової ситуації з поточного стану в цільовий, що буде задаватися вимогами:

$$\Delta Y_A (t \leq t_k) \leq \xi \text{ або } \min \Delta Y_A (t \leq t_k).$$

Модель (1) є дискретною моделлю операції, де зміна ситуації може здійснюватися під впливом внутрішніх (джерело збурення - тенденції факторів) чи зовнішніх (джерело збурення – впливи з боку суб'єктів управління) збурень. При цьому, велике значення має саморозвиток ситуації після "внесення" збурення в систему.

Тому управління операцію може проводитись з урахуванням одного з синергетичних (під впливом внутрішніх збурень) чи керованих (під впливом зовнішніх але з урахуванням внутрішніх збурень) сценаріїв, причому, доцільність застосування того чи іншого сценарію на окремих етапах операції визначається ситуацією, що склалася.

Формалізований вид постановки задач дослідження операції за можливими сценаріями та в умовах додаткових обмежень з використанням моделі (1) наведені в [4].

Оскільки модель операції являє собою функціональний граф, то динаміка ситуації буде спостерігатися за динамікою значень цільових факторів, що буде визначатися системою різницевих рівнянь, як правило, нелінійних, виду:

$$\dot{X}_A (t+1) = F(\dot{X}_A (t), \ddot{X}_{D_i} (t+1)); \quad (3)$$

де

$$\dot{X}_A (t) = \{(\bar{x}_{A_i} (t), \bar{x}_{A_i} (t))\} - \text{вектор станів цільових факторів } \dot{X}_{A_i} \text{ на момент часу } t;$$

F - функція, вид якої визначається відповідними операторами логіки антонімів, що формалізують особливості логічних зв'язків між факторами;

$\ddot{X}_{D_i} (t+1)$ - вектор керованих факторів $\ddot{X}_{D_i} \in D_i$, де D_i - множина керованих факторів, для яких існує шлях до цільового фактору \dot{X}_{A_i} .

При реалізації синергетичного сценарію саморозвитку ситуації необхідно оцінити майбутній стан цільової ситуації на момент часу $t \rightarrow \infty$. Тобто, в термінах теорії динамічних систем, необхідно оцінити аттрактор [5] – область фазового простору змінних, до якого в асимптоті наближається система. Оцінити аттрактор можна як для множини цільових факторів у багатовимірному просторі, так і

для величини ΔY_A у одновимірному просторі, виходячи з виразу (2) та різницевих рівнянь (3) шляхом вирішення задачі Коші із початковими умовами $X(t=0)$.

При реалізації керованих сценаріїв, за умови, якщо не існує зворотного зв'язку між керованими факторами, то рішення щодо управляючих впливів на той чи інший етап операції можливо знайти шляхом розв'язання системи рівнянь виду:

$$F(\dot{X}_A (t), \ddot{X}_{D_i} (t+1)) - Y_A^T = 0$$

з обмеженнями, що розглянуті в [4] й накладаються відповідно до конкретного сценарію.

Але особливий інтерес представляє процес саморозвитку ситуації в операції, коли має місце зворотній зв'язок для будь-якого цільового фактору, тобто, коли для хоча б одної цільової вершини \dot{X}_{A_i} існує контур. У цьому випадку управляючий вплив подається через цільовий фактор (цільовий фактор одночасно є й керованим фактором) або при відсутності управляючого впливу тенденція цільового фактору \dot{X}_{A_i} стає джерелом зміни його миттєвого значення. Тобто, вираз (3) прийме вид:

$$\dot{X}_A (t+1) = F(\dot{X}_A (t)).$$

З цього можна вести мову про функціональну залежність результату операції ΔY_A в будь-який момент часу від його попереднього значення при реалізації сценарію саморозвитку ситуації, тобто

$$\Delta Y_A (t+1) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(F(\dot{x}_{A_i}(t)) - \dot{x}_{A_i}^T)^2}. \quad (4)$$

Методи нелінійної динаміки, зокрема, теорії біфуркацій, теорії катастроф та теорії хаосу, дозволяють дослідити нелінійну залежність виду (4) та оцінити стаціонарні точки, точки можливих біфуркацій цільової ситуації в операції або її хаотичний характер.

Розглянемо окремі можливості, що надають методи нелінійної динаміки в інтересах дослідження нечіткої нелінійної когнітивної моделі операції.

За допомогою показників Ляпунова можна оцінити устаткованість системи. Якщо показник Ляпунова хоча б для одного цільового фактору буде позитивним, то висновком цього є відсутність стаціонарних точок та хаотичний характер поведінки системи і доцільним є застосування методів управління хаосом [5].

Стаціонарні точки – області фазового простору, що "утримують" значення змінної в межах цієї області. Тобто, для нашого випадку (див. рис., де наведено приклад відображення змінної зі стаціонарними точками А, В, С):

$$\dot{X}_A (t+1) \approx \dot{X}_A (t) \text{ або } \Delta Y_A (t+1) \approx \Delta Y_A (t).$$

Розрахувати стаціонарні точки можна, вирішив систему рівнянь виду:

$$\dot{X}_A(t) - F(\dot{X}_A(t)) = 0.$$

Коли відомі стаціонарні точки, то мета управління може полягати у переведенні системи в одну із таких точок або запобігання цьому.

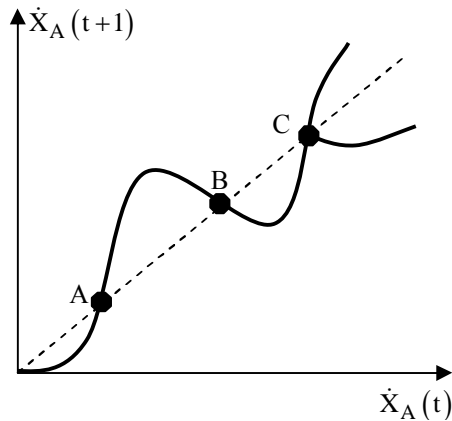


Рис. Приклад відображення змінної зі стаціонарними точками та точкою біфуркації

Але стаціонарні точки можуть бути стійкими чи нестійкими. В нестійких стаціонарних точках можуть виникати біфуркації, коли незначна зміна параметру призводить до значних змін стану системи, причому траєкторій змін може бути декілька (наприклад, біфуркація в точці С на рис.).

У цьому випадку визначне значення можуть мати початкові умови і мета управління може полягати у переведенні системи на ранніх етапах операції в таку область її фазового простору, що потім забезпечить її перебіг по необхідній траєкторії.

ВИСНОВКИ

Отримали подальший розвиток методи когнітивного аналізу слабкоструктурованих операцій, а саме: вперше сформовано зміст управління слабко-

структурованою операцією при її когнітивному моделюванні шляхом визначення параметрів управління, способів, модельних компонентів та типів управління, а також можливих варіантів мети управління. Введені показник та критерії ефективності операції.

Вперше запропоновано використання методів нелінійної динаміки в інтересах дослідження поведінки ситуації в операції та розробки пропозицій щодо управлінських рішень. Це надає додаткові можливості у порівняннях з традиційними методами когнітивного аналізу щодо управління операцією з використанням синергетичних ефектів, наприклад, процесів самоорганізації, резонансного збудження, кумулятивного ефекту тощо, що може стати предметом подальших досліджень.

Список літератури

1. Пермяков О.Ю. Інформаційні технології і сучасна збройна боротьба / О.Ю. Пермяков, А.І. Світнев – Луганськ: Знання, 2008. – 204 с.
2. Радецький В.Г. Основи стратегії національної безпеки та оборони держави : підручник / В.Г. Радецький, О.П. Дузь-Квятченко, В.М. Воробійов та ін. – К.: НУОУ, 2009. – 596 с.
3. Адаменко А.А. Зміст методики когнітивного моделювання в задачах управління ситуаціями в воєнних конфліктах / А.А. Адаменко // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. - № 1 (25). – С. 190 – 195.
4. Адаменко А.А. Нечітка когнітивна гра – математична модель слабкоструктурованої ситуації в операції / А.А. Адаменко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2011. – Випуск 4 (20). С. 135 - 139.
5. Лоскутов А.Ю. Основы теории сложных систем / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. – 620 с.

Надійшла у редколегію 22.01.2012

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

УПРАВЛЕНИЕ ОПЕРАЦИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕЕ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ

А.А. Адаменко

Рассмотренная проблема управления слабкоструктурированной операцией группировок войск (сил). Исследование операции осуществляется с помощью ее нечеткой нелинейной когнитивной модели. Сформировано содержание управления путем определения параметров, способов, модельных компонентов и типов управления. Формализованы возможные варианты цели управления. Изложены отдельные подходы к исследованию и управлению операцией с применением методов нелинейной динамики.

Ключевые слова: управление операцией, когнитивное моделирование, нелинейная динамика.

MANAGEMENT OPERATION WITH THE USE OF HER COGNITIVE MODEL

A.A. Adamenko

Considered problem of management the operation of groupments of troops (forces). Research of operation is carried out by means of her unclear nonlinear cognitive model. Maintenance of management is formed by determination of parameters, methods, model components and management types. The possible variants of management purpose. The separate going is expounded near research and management an operation with the use of methods of nonlinear dynamics.

Keywords: management an operation, cognitive design, nonlinear dynamics.