

УДК 004.89

*Петр Николаевич Гроза (канд. техн. наук, с.н.с.)*

*Сергей Викторович Сомов (канд. техн. наук, доцент)*

*Лариса Николаевна Дегтярева (канд. техн. наук, доцент)*

*Алина Вячеславовна Варига*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка,  
Полтава, Украина*

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ ПО РЕФЛЕКСИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ПРИ РАССМОТРЕНИИ КОНФЛИКТУЮЩИХ СИСТЕМ

*В статье рассматриваются конфликт систем (сторон) применительно к теории игр, военным конфликтам, конфликтам злоумышленник – защищенная информационная среда. Предложен математический аппарат, позволяющий учитывать рефлексивное управление при планировании стратегий действий конфликтующих систем. Предложено проведение рефлексивного управления на уровне данных путем планирования действий по рефлексивному управлению с проверкой наличия ресурсов для их проведения и на уровне знаний путем планирования действий по рефлексивному управлению по аксиомам, которые хранятся в базе знаний.*

*Ключевые слова:* рефлексивное управление; логика присутствия; объект, варианты действий, морфизмы.

### Введение

Для развития конфликта важными является восприятие ситуации ее участниками, их отношение к ней, построение стратегии их поведения. Рефлексия нужна для осмысленного участия в конфликтах (играх) сторон – участников конфликта. Планирование влияния на стратегии поведения осуществляется через использование рефлексивного управления.

**Постановка проблемы.** Одним из центральных вопросов, является вопрос построения модели конфликта, которая позволяет оценивать динамику развития конфликта, формировать стратегии поведения участников конфликта и оценивать варианты возможных действий для принятия решения.

Сложность изучения данного вопроса состоит в том, что трудно создать адекватную модель, которая описывает участников конфликта, их взаимное влияние и влияние внешней среды. При формировании модели возникает неопределенность при описании отдельных ее элементов, которая проявляется в следующем:

- неполнота и неточности информации о состоянии объектов систем и внешней среды;
- наличия случайных или зависящих от поведения других объектов (систем) факторов;
- динамика изменения внешней и внутренней среды относительно систем, которая делает невозможным точное прогнозирование изменения ситуации, состояния объектов, а, следовательно, и результатов принимаемых решений;
- сложность и многоплановость функционирования объектов систем в конфликте.

Частично неопределенность описания объектов системы можно уменьшить путем введения ряда ограничений и допущений, т.е. снижения степени формализации реальных процессов, и, как результат, степени адекватности физической реальности.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Понятия рефлексии и рефлексивного управления рассмотрены в работе [6]. Предлагается рассматривать рефлексивное управление (РУ) как технологию принятия манипулятивных решений. Полагается ключевым моментом рефлексивного управления рассматривать неявное принудительное ориентирование субъекта на нужный результат при выборе им образа действий.

Подходы к описанию сложных конфликтующих систем и построения их модели конфликта представлены в работах [1, 2]. В работах предложен подход использования многозначной логики присутствия, которая позволяет эффективно выражать и описывать неопределенности и противоречия, возникающие при описании модели конфликта и планировании действий ее участников.

Для выбора стратегий действия участников конфликта важным элементом является информированность сторон конфликта. Представление знаний об информированности противоборствующих сторон в конфликте предложены в работах [3, 4].

Учитывая это **целью статьи** есть выбор метода формализации модели конфликта, позволяющей осуществлять оценку ситуации и построение стратегий действий сторон в конфликте. Для учета РУ в модели конфликта необходимо

формалізувати дії по РУ. Планування дій по РУ дозволить змінювати інформованість сторін в конфлікті і оцінювати стратегії поведінки учасників конфлікту на основі планування змін ситуації.

### Методи дослідження

В якості універсального методу формалізації об'єктів системи, пропонується використовувати декларативну форму представлення знань в формалізованих аксіоматических теоріях, яка базується на багатозначній логіці присутності і теорії категорій. Використання багатозначної логіки присутності дозволяє ефективно виражати і описувати неопределенності і протиріччя, виникаючі при описанні моделі конфлікту і плануванні дій її учасників.

### Изложение основного материала исследования

Логическая модель представления знаний, основанная на багатозначній логіці присутності, має рядом достоїнств:

1. Все істини в логическом исчислении присутності розглядаються як відносні, а не як абсолютні. Це пов'язано з тим, що в фізическій реальності істина залежить від положення об'єктів в просторі, часі і сожившійся ситуації;

2. Істини в логіці присутності розглядаються в динаміці їх формування і розвитку;

3. Істини, що стосуються поточного стану реальності, мають однозначну прагматическую інтерпретацію, т.е. можна вказати які дії необхідно предпринять в тій чи іншій ситуації.

Любой составной объект  $x$  в багатозначній логіці присутності описується через його властивості (ознаки)  $\{\pi_{ij}\}$  - доступні для системи і  $\{\xi_{ir}\}$  - недоступні, де  $i = \overline{1, J}$ ,  $J$  - кількість теорій (характеризуються різними наборами ознак, описуючих об'єкт -  $n_i$ ),  $j = \overline{0, k_i}$  і  $r = \overline{0, m_i}$ ,  $k_i$ ,  $m_i$  - відповідно набір ознак доступних і не доступних для спостереження в  $i$  теорії:  $n_i = k_i + m_i$ . Формула для составного об'єкта  $x$  має вигляд [1,2]:

$$x = \bigcup_{i=1}^J \left( \bigcap_{j=0}^{k_i} \pi_{ij} \right) \cap \left( \bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir} \right). \quad (1)$$

В відповідності з теорією топологій з усього множини властивостей, що характеризують об'єкт, можна виділити властивості, що стосуються до закриття  $Sx$  - всіх властивостей і ознак описуючих об'єкт, і внутрішності  $Ix$  - властивості і ознак, доступних в даний момент для спостереження. Формули для визначення внутрішності і закриття визначені в роботах [2, 3, 4].

На їх основі формується топологическая алгебра присутності. Оцінка присутності составного об'єкта приводиться до знаходження модуля присутності, що описується вектором:

$$\bar{x} = \langle Ix, C \sim x, Cx, I \sim x \rangle \quad (2)$$

Оцінка семантических операцій означення залежить від інтерпретацій властивостей і ознак, описуючих составной об'єкт, і можуть приймати значення «присутствует» - S, «отсутствует» - N, що відповідає двозначній логіці присутності.

В багатозначній логіці присутності виділяють чотири оцінки присутності составного об'єкта: присутствует, отсутствует, неопределено і протиріччиво[2,4,5]:

$$\begin{aligned} \text{Val} \bar{x} = \langle S, N, S, N \rangle &= \text{Pr} - \text{"присутствует"}, \\ \text{Val} \bar{x} = \langle N, S, N, S \rangle &= \text{Ab} - \text{"отсутствует"}, \\ \text{Val} \bar{x} = \langle N, S, S, N \rangle &= \text{Un} - \text{"неопределено"}, \\ \text{Val} \bar{x} = \langle S, S, S, S \rangle &= \text{Cn} - \text{"протиріччиво"} \end{aligned} \quad (3)$$

Ця логіка дозволяє описувати теорію простих об'єктів. Для описання складних і динаміческих об'єктів використовуються поняття теорії категорій [2,4,5]: множина об'єктів категорії -  $\text{Ob}(K)$  і множина морфізмів (морфізмів відношень  $\mu : x \rightarrow y$ ) -  $\text{Hom}(x, y)$ .

На основі моделі конфлікту, системи здійснюється оцінка ситуації і планування поведінки сторін в конфлікті. С точки зору дослідника, важливим є формування можливих варіантів поведінки систем і оцінка результату їх впливу, для прийняття адекватного і обґрунтованого варіанта дій.

Для побудови моделі конфлікту і наступної оцінки ситуації необхідно виробити структуру знань в базі знань. Для цього визначені класи об'єктів:

- об'єкт-поняття;
- об'єкт-дія;
- об'єкт-ціль (задача).

В базі знань формується дерево цілей (об'єкт-ціль). Це дерево представляється в вигляді «И-ИЛИ» - дерева. Т.е. для досягнення визначеної цілі необхідно досягти всі підцілі нижнього рівня. Кожна задача може бути декомпозована. Задача самого нижнього рівня складається з елементарних дій, які необхідно виконати для її рішення. Ці дії виконуються за допомогою об'єкт-понятій. Для того, щоб вказати який з об'єктів може виконати дану дію у об'єкт-поняття є рубрика «можливості». Дерево об'єкт-понятій може містити відношення «клас-підклас» і «частина-ціле».

На основі описаних дерев здійснюється оцінка присутності об'єктів і формування варіантів дій сторін в конфлікті.

Рефлексія знаходить відображення в зміні варіанта дій шляхом рефлексивного управління, яке заключається в пошуку

новых способов действий (объект-действий) сторон, учете информированности сторон об объектах (изменении объект-свойства), изыскании дополнительных возможностей по срыву варианта действий при достижении цели противоборствующей системой.

Достижение цели при планировании рефлексивного управления (РУ) состоит в планировании действия по РУ, которые необходимо применить к объекту  $Ob$  системы  $S_1$  для изменения отношения к нему противоборствующей системы  $S_2$ , т.е. формирования у системы  $S_2$  оценки объектов отличных от реального объекта. Тем самым - увеличивая неопределенность и неадекватности отображения ситуации у противоборствующей системы.

Определим действия по РУ совершаемые системой  $S_1$  в отношении объекта  $Ob$  :

1. Скрытие объекта  $Ob$  системой  $S_1$  –  $ds_1(Ob)$ . Под скрытием будем понимать устранение или ослабление демаскирующих свойств (признаков) расположения и деятельности объектов системы.

Действия по скрытию учитываются путем изменения информированности системы  $S_2$  о признаках, характеризующих данный объект  $Ob$ , или информированности о самом объекте посредством изменения признака информированности. При этом производится необходимый анализ средства разведки противоборствующей системы, местности, маскирующих средств и ресурсов, необходимый для проведения данных мероприятий.

2. Имитация объекта  $Ob$  системой  $S_1$  –  $dim_1(Ob)$ . Под имитацией понимается способ маскировки, который осуществляется с помощью имитационных средств.

Действия по имитации учитываются путем изменения информированности системы  $S_2$  о признаках, которые характеризуют имитируемый объект  $Ob$ , или информированности о самом имитируемом объекте. При этом анализируются возможности источников информации системы  $S_2$  по регистрации объекта (признака) и по вскрытию дезинформации, проводимой имитационными средствами системы  $S_1$ .

3. Маневр объекта  $Ob$  системой  $S_1$  –  $dmm_1(Ob)$ . Под маневром понимаем организованное перемещение объекта в динамике развития ситуации на новое местоположение, в целях занятия выгодного положения объекта по отношению к противоборствующей системе и создания необходимого преимущества в конфликте.

Возможно скрытное проведение маневра –  $ds_1(dmm_1(Ob))$ , или имитация маневра  $dim_1(dmm_1(Ob))$ .

Маневр учитывается путем изменения признака информированности о свойствах рассматриваемого объекта или его пространственном расположении.

Для планирования и учета действий по РУ необходимо формализовать объект-действие по РУ  $Dp$  :

$$Dp = \{Iob, p_d, t_d, Cob, Ov, Hom(Dp)\}, \quad 4)$$

где  $Iob$  - оценка состояния объекта до начала совершения действия по РУ;

$p_d$  - место в пространстве совершаемого действия по РУ;

$t_d$  - время совершения действия по РУ;

$Cob$  - целевое состояние объекта при проведении действия по РУ;

$Ov$  - объект по отношению которого осуществляется воздействие (объект воздействия);

$Hom(Dp, Ov)$  - морфизмы, отражающие связи между объектами, которые описывают действия.

В качестве объекта воздействия  $Ov$  при планировании действия по РУ выступает управляющая подсистемы системы  $S_2$ , получающая информацию через имеющиеся у нее источники информации.

Для описания отношения управляющей подсистемы  $Ov$  к объекту  $Ob$  определим оператор знает  $K_2^1(Ob)$ , который показывает отношение системы  $S_2$  до объекта  $Ob$  с точки зрения системы  $S_1$  - исследователя (реальное отношение  $S_2$  к объекту исследователю не известно). Оператор формируется на основе оценки присутствия объекта в системе  $S_2$ , на основе многозначной логики присутствия.

Данный оператор позволяет формировать следующие отношения системы  $S_2$  к рассматриваемому объекту:

$K_2^1(Ob)$  - система  $S_2$  знает о присутствии объекта  $Ob$  (информирована о присутствии объекта в физической реальности);

$K_2^1(-Ob)$  - система  $S_2$  знает об отсутствии объекта  $Ob$  (информирована об отсутствии объекта в физической реальности);

$-K_2^1(Ob)$  - система  $S_2$  не знает о присутствии объекта  $Ob$  (не информирована об объекте в физической реальности), т.е. объект скрытый;

$-K_2^1(-Ob)$  - система  $S_2$  не знает об отсутствии объекта  $Ob$  (не информирована об отсутствии объекта в физической реальности), т.е. объект ложный,

где верхний индекс отражает – точку зрения системы при рассмотрении отношения к объекту.

Применение действий по РУ позволяют изменять отношение системы к рассматриваемому объекту. Аксиомы, которые описывают изменения отношения системы  $S_2$  к объекту  $Ob_k$  хранятся в базе знаний (БЗ) и имеют следующий вид:

- при применении действия  $ds_1(Ob_k)$  :

$$K_2^1(Ob_k) \cap ds_1(Ob_k) \rightarrow \neg K_2^1(Ob_k); \quad (5)$$

$$\neg K_2^1(Ob_k) \cap ds_1(Ob_k) \rightarrow \neg K_2^1(Ob_k). \quad (6)$$

- при применении действия  $dim_1(Ob_k)$  :

$$K_2^1(Ob_k) \cap dim_1(Ob_k) \rightarrow K_2^1(Ob_k); \quad (7)$$

$$\neg K_2^1(Ob_k) \cap dim_1(Ob_k) \rightarrow K_2^1(Ob_k); \quad (8)$$

$$K_2^1(\neg Ob_k) \cap dim_1(Ob_k) \rightarrow K_2^1(Ob_k); \quad (9)$$

$$\neg K_2^1(\neg Ob_k) \cap dim_1(Ob_k) \rightarrow \neg K_2^1(\neg Ob_k). \quad (10)$$

- при применении действия  $dm_1(Ob_k, Ob_p)$  :

$$K_2^1(Ob_k) \cap dm_1(Ob_k, Ob_p) \rightarrow \rightarrow K_2^1(\neg Ob_k) \cap K_2^1(Ob_p); \quad (11)$$

$$\neg K_2^1(Ob_k) \cap dm_1(Ob_k, Ob_p) \rightarrow \rightarrow K_2^1(\neg Ob_k) \cap K_2^1(Ob_p). \quad (12)$$

- при применении действия  $dim_1(ds(Ob_k, Ob_p))$  :

$$K_2^1(Ob_k) \cap dim_1(ds(Ob_k, Ob_p)) \rightarrow \rightarrow \neg K_2^1(Ob_k) \cap \neg K_2^1(\neg Ob_p); \quad (13)$$

$$\neg K_2^1(\neg Ob_k) \cap dim_1(Ob_k, Ob_p) \rightarrow \rightarrow K_2^1(\neg Ob_k) \cap \neg K_2^1(\neg Ob_p); \quad (14)$$

$$\neg K_2^1(Ob_k) \cap dim_1(Ob_k, Ob_p) \rightarrow \rightarrow \neg K_2^1(Ob_k) \cap \neg K_2^1(\neg Ob_p). \quad (15)$$

### Литература

1. Ярушек В.Е. Методы представления знаний в системах искусственного интеллекта // Искусственный интеллект в системах управления: Научно-методические материалы. Ч.1 - Харьков ВИРТА ПВО. - 1988 - С. 5-32.
2. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. - Харьков: ХВУ, 1993. - 446с.
3. Гроза П.Н., Краснокутський О.М. Представление знаний об информированности противоборствующих сторон в конфликте. // Збірник наукових праць. Вип.3(25). - Харків: ХВУ, 1999.
4. Гроза П.М., Левченко О.І., Москаленко А.О. Представлення знань про інформованість порушника при вирішенні задачі інформаційної безпеки

- при применении действия  $ds_1(dm(Ob_k, Ob_p))$  :

$$K_2^1(Ob_k) \cap ds_1(dm(Ob_k, Ob_p)) \rightarrow \rightarrow \neg K_2^1(\neg Ob_k) \cap \neg K_2^1(Ob_p); \quad (16)$$

$$\neg K_2^1(Ob_k) \cap dim_1(Ob_k, Ob_p) \rightarrow \rightarrow K_2^1(\neg Ob_k) \cap \neg K_2^1(Ob_p). \quad (17)$$

Аксиомы в БЗ могут пополняться за счет введения других типов действий по РУ. При этом синтез новые аксиомы БЗ осуществляется в процессе взаимодействия с экспертом на основе описаний объект-действий.

Для планирования и оценки действия по РУ необходимо определить тип применяемого действия в соответствии с классификацией и проверить необходимые и достаточные условия его выполнения.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Результатом планирования РУ есть перечень мероприятий  $D_p$ , которые обеспечивают достижение действия по РУ. При планировании мероприятий оценивается изменение внутренности объекта  $I_x$  у противоборствующей системы  $S_2$ , путем имитации или скрытие признаков, описывающих объект системы  $S_1$ , с учетом средств регистрации этих признаков у  $S_2$  и возможности самой системы  $S_1$ .

Таким образом проведение РУ возможно:

1. На уровне данных - путем планирования действий по РУ с проверкой наличия ресурсов для их проведения.
2. На уровне знаний - путем планирования действий по РУ по аксиомам, которые хранятся в БЗ.

комп'ютерної системи. // Збірник наукових праць ВІПІ Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Випуск № 1.-Київ: ВІПІ НТУУ "КПІ", 2002.

5.А.В. Прохоров, К.В. Головань. Системы поддержки принятия решения для задач анализа и управления технологическими комплексами. Электронное послание:

<http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2003/AKTT803/Proxorov.pdf>

6.Смолян Г. Рефлексивное управление — технология принятия манипулятивных решений. (рус.) // Труды Института системного анализа РАН: журнал. — 2013. — Т. 63, № 2. — С. 54-61.

**ФОРМАЛІЗАЦІЯ ДІЙ ПО РЕФЛЕКСИВНОМУ УПРАВЛІННЮ ПРИ РОЗГЛЯДІ  
КОНФЛІКТУЮЧИХ СИСТЕМ**

*Петро Миколайович Гроза (канд. техн. наук, с.н.с.)  
Сергій Вікторович Сомов (канд. техн. наук, доцент)  
Лариса Миколаївна Дегтярьова (канд. техн. наук, доцент)  
Аліна Вячиславовна Варига*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава,  
Україна*

*У статті розглядаються конфлікт систем (сторін) стосовно теорії ігор, військових конфліктів, конфліктів зловмисник – захищене інформаційне середовище. Запропонований математичний апарат дозволяє враховувати рефлексивне управління при плануванні стратегій дій конфліктуючих систем. Запропоновано проведення рефлексивного управління на рівні даних шляхом планування дій по рефлексивному управлінню, з перевіркою наявності ресурсів для їх проведення, і на рівні знань, шляхом планування дій по рефлексивному управлінню по аксіомам, які зберігаються в базі знань.*

*Ключові слова:* рефлексивне управління; логіка присутності; об'єкт, варіанти дій, морфізм.

**FORMALIZATION OF ACTIONS ON REFLEXIVE CONTROL WHEN CONSIDERING  
CONFLICTING SYSTEMS**

*Petr N. Groza (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow)  
Sergey V. Somov (Candidate of Technical Sciences, Docent)  
Larisa N. Degtyaryova (Candidate of Technical Sciences, Docent)  
Alina V. Variga*

*Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, Poltava, Ukraine*

*The article deals with the conflict of systems (parties) with respect to game theory, military conflicts, conflicts, an intruder is a protected information environment. The mathematical apparatus allowing to consider reflexive management at planning of strategy of actions of the conflicting systems is offered. It is proposed to conduct reflexive management at the data level by planning reflexive control actions, checking the availability of resources for their conduct and at the knowledge level by planning actions on reflexive control by axioms that are stored in the knowledge base.*

*Keywords:* reflexive control; presence logic; object, variants of actions, morphisms

**References**

1. **Yarushkek V.E.** Methods of representation of knowledge in artificial intelligence systems // Artificial intelligence in control systems: Scientific and methodological materials. Part 1 - Kharkov VIRTА AIRCRAFT. - 1988 - P. 5-32.
2. Theoretical basis of automation of decision-making processes in control systems / V. E. Yarushkek, V.P.Prokhorov, B.N. Sudakov, A.V. Mishin. - Kharkiv: HVU, 1993. - 446s.
3. **Groza P.N.**, Krasnokutsky O.M. Presentation of knowledge about the awareness of the warring parties to the conflict. // Collection of scientific works. 3 (25). - Kharkiv: HVU, 1999.
4. **Groza P.M.**, Levchenko O.I., Moskalenko A.O. Represented know about the integrity of the handgrip when performing tasks and informational baking with computer systems. // Collection of scientific works of VITI of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". Issue No. 1.-Kyiv: VITI NTUU "KPI", 2002.
5. **A.V. Prokhorov**, K.V. Golovan. Decision support systems for analysis and management of technological complexes. Electronic sending: <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2003/AKTT803/Proxorov.pdf>
6. **Smolyan G.** Reflective management - the technology of making manipulative decisions. (Russian) // Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences: Journal. - 2013. - T. 63, No. 2. - P. 54-61.