

УДК 004.89

В.В. Литвин¹, Л.Л. Джавала¹, Е.В. Лучук²¹ Національний університет «Львівська політехніка», Львів² Академія сухопутних військ, Львів

МЕТОД ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЙ В ПЕТЛІ OODA ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВОЄННИХ ДІЙ

У статті досліджується підхід до побудови петлі OODA на основі онтологій. Запропоновано зв'язок етапів петлі з онтологією під час функціонування підрозділів сухопутних військ України. Запропоновано архітектуру автоматизованої системи управління сухопутними військами України, центральною компонентою якої є онтологія.

Ключові слова: сухопутні війська України, петля OODA, онтологія, автоматизована система управління.

Вступ

Постановка проблеми. Для того, щоб успішно функціонувати у конкурентному середовищі, необхідно здійснювати дії в безперервному циклі, у взаємодії з навколишнім середовищем, з огляду на його постійні зміни.

Джон Бойд висунув гіпотезу, що цикл діяльності й прийняття рішення OODA (observation (спостереження) – orientation (орієнтація) – decision (рішення) – action (дія)) є центральним механізмом адаптації до стану навколишнього середовища і що перевага у швидкості свого циклу дій і точності їх оцінювання забезпечує перевагу над іншою стороною у конкурентному середовищі [1].

Під час математичного моделювання бойових дій [2] можна виділити ряд параметрів, які впливають на результат. До таких параметрів для моделювання бойових дій сухопутних військ України (СВУ) відносяться:

- відстань між військами;
- характеристики ходових властивостей механізованих військ;
- місцевість;
- проходження місцевості (коефіцієнт супротиву руху);
- видимість цілі (ймовірність знаходження цілі);
- ймовірність знищення цілі;
- сектор пошуку цілі;
- розподіл вогню по цілям противника;
- число необхідних вистрілів для знищення цілі (характеристика розсіювання, захищеність цілі, відстань).

В більшості випадків значення цих параметрів напряму залежить від озброєння військ (тактико-технічних показників (ТТП) різного виду озброєнь), тобто від їх складу. Тому необхідні потужні програмні засоби для зберігання відповідної інформації. На наш погляд, така інформація повинна зберігатися в

базі знань (БЗ), а не в базі даних, оскільки під час моделювання бойових дій важливу роль відіграє логічне виведення, яке можна реалізувати на основі знань про предметну область (ПО). Справді, якщо під час бойових дій ми зазнаємо деяких втрат, то логічне виведення необхідне для отримання певних рішень. Окрім того, на основі баз знань легше здійснювати петлю OODA. Оскільки ТТП озброєнь та структура військ, їх склад ґрунтується на певних нормативних документах, то ядром такої бази знань служитиме онтологія СВ України. Виникає проблема побудови інтелектуальної системи прийняття рішень, центральною компонентою якої є вище визначена БЗ.

Аналіз останніх досліджень. Петля OODA розглядається в якості єдиної типової моделі циклу прийняття рішень для систем управління. У статтях, присвячених теорії Бойда [1, 3], аналізується велике різноманіття циклічних моделей діяльності і прийняття рішень, що застосовуються в різних областях, де використовуються наукові та імпліцитні знання.

Згідно теорії Бойда, кожна людина або організація під час розв'язування задачі, яка стоїть перед нею, має свою петлю прийняття рішень і діяльності. Така петля складається з чотирьох етапів.

Спостереження (observation) – це процес збору інформації, необхідної для прийняття рішення у певному випадку. Необхідна інформація може бути отримана як від зовнішніх, так і від внутрішніх джерел. Під внутрішніми джерелами інформації розуміються елементи зворотного зв'язку петлі. У якості зовнішніх джерел можуть використовуватись, наприклад, датчики, або інші канали отримання інформації. У випадку функціонування ВНЗ зовнішніми джерелами – є нормативні закони згідно яких здійснює діяльність ВНЗ, внутрішніми – викладацький склад, набір спеціальностей тощо.

Орієнтація (orientation) – найвідповідальніший і найскладніший з когнітивної точки зору етап у

всьому циклі OODA. Етап орієнтації складається з двох підетапів: ділення (destruction) і творення (creation). Ділення припускає розбивання ситуації на дрібні елементарні частини, які простіші для розуміння. Людина або організація, яка приймає рішення, будуть прагнути здійснити декомпозицію задачі до такого рівня, поки утворені складові задачі стають близькими до стандартних або типових ситуацій, для яких існує план рішення. Ознайомлення з цими елементарними типовими підзадачами досягається шляхом навчання, тренувань, нагромадження досвіду й інструктажу. Поточна ситуація ідентифікується з задачами, для яких відомий план рішень і цей план застосовується для розв'язування поточної ситуації. Потім ці складові елементарні підплани поєднуються в загальний план дій, що й відповідає підетапу "творення". Якщо немає планів, з числа яких може бути обране рішення, то процес залишається на етапі орієнтації і здійснюється подальша декомпозиція задачі. Якщо не вдається розробити план з реальними шансами на успіх, то наступний поділ може привести до зупинки циклу.

Прийняття рішення (decision) – третій етап циклу OODA. Якщо до цього етапу сформовано тільки один план дій, то приймається рішення – виконувати цей план чи ні. Якщо ж сформовані кілька альтернативних варіантів дій, то на цьому етапі здійснюється вибір найкращого з них для наступної реалізації. Вибір найкращого плану може здійснюватися за критерієм ефективність – вартість. В умовах ліміту часу найкращим є план, що відповідає вимогам швидкості і надійності.

Дія (action) – заключний етап циклу, в межах якого здійснюється практична реалізація обраного курсу дій або плану. Дія припускає видачу наказу, вказівки або управління з метою покращення спостереження в наступному циклі.

Відмітна риса циклу OODA від інших циклічних моделей полягає в тому, що в будь-якій ситуації завжди передбачається наявність конкурентної сторони. У ряді випадків, коли така сторона відсутня, її роль може виконувати зовнішнє середовище, яке динамічно змінюється. Прикладом такої ситуації є дії і прийняття рішень в умовах катастроф і стихійних лих.

Існують два основних способи досягнення конкурентних переваг при здійсненні різних видів професійної діяльності. Перший шлях – зробити в кількісному вимірі свої цикли дій більш швидкими. Це дозволить діяти першим номером і змусить конкурентів реагувати на наші дії. Другий шлях – покращити якість прийнятих рішень, тобто приймати рішення, які у більшій ступені відповідають ситуації, яка склалася, ніж рішення конкурентів.

Підвищення якості власних рішень може бути досягнуто різними способами, до числа яких відносяться застосування сучасних формальних матема-

тичних методів, застосування автоматизованих систем управління (АСУ), систем підтримки прийняття рішень, експертних систем. Якщо використовувати такі системи, то сучасний підхід до їх побудови використовує в якості ядра баз знань онтології [4]. Тому виникає задача з розроблення методів використання онтологій у петлі OODA. Саме таку ціль переслідує ця стаття.

Формування цілей. Мета дослідження: запропонувати метод якісного покращення пропонованих рішень у петлі OODA завдяки використанню онтологій в якості ядра бази знань інтелектуальних систем прийняття рішень. Розробити підхід до використання онтологій в петлі OODA для підвищення ефективності планування функціонування об'єктом управління (підрозділом СВУ) та прийняття ефективних рішень безпосередньо під час самого функціонування.

Основний матеріал

1. Підхід до використання онтологій в петлі OODA

Онтологія – це знання, формально відображені на базі концептуалізації. Концептуалізація – опис множини об'єктів і понять, знань про них і зв'язків між ними. Формально онтологія складається з термінів (понять, концептів), організованих в таксономію, їхніх визначень і атрибутів, а також пов'язаних з ними аксіом і правил виведення. Онтологія визначає загальний словник для користувачів, які спільно використовують інформацію про деяку ПО. Враховуючи вищевказане, під формальною моделлю онтології O розуміють трійку такого вигляду:

$$O = \langle C, R, F \rangle,$$

де C – скінченна множина понять (концептів, термінів) ПО, яку задає онтологія O ; $R : C \rightarrow C$ – скінченна множина відношень між концептами (поняттями, термінами) заданої ПО; F – скінченна множина функцій інтерпретації (аксіоматизація, обмеження), заданих на концептах чи відношеннях онтології O .

Онтологію можна подати у вигляді графу, де вершини графу – концепти ПО, дуги вказують напрями відношень між концептами.

На нашу думку, зміст онтології напряму впливає на 2-й і 3-й етапи циклу, а сама структура та наповнення онтології залежить від 1-го та 2-го етапів (див. рис. 1). Ефективність онтології напряму залежить від новизни знань, які пропонуються до неї додавати. Таким чином виникає задача оцінки новизни таких знань, тобто який виграв ми отримаємо в порівнянні з нашими конкурентами, якщо використаємо ці знання. Для пошуку таких знань запропоновано використати метод, описаний в [4, 5]. У свою чергу, це дасть змогу використовувати в базі знань АСУ сучасні підходи та методи розв'язування задач.

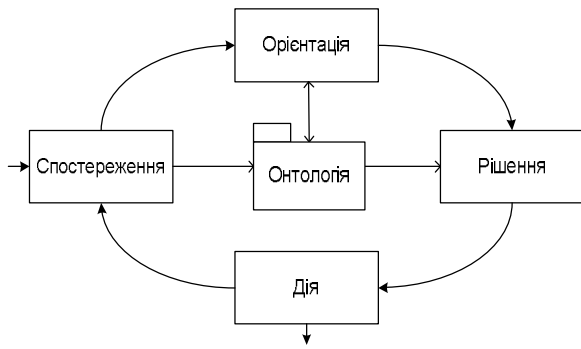


Рис. 1. Використання онтологій в петлі OODA

Розбудова онтології здійснюється на перших двох етапах петлі OODA (спостереження та орієнтація). Разом з тим під час 2-го етапу онтологія використовується для побудови плану дій (тому стрілка двохнапрямлена) [6]. Крім того онтологія використовується під час самого рішення, тобто впливає на вибір дій реалізації обраного плану на попередньому етапі.

Детальніше розглянемо процес розбудови онтології під час петлі OODA на перших двох етапах та використання онтології на 2-му та 3-му етапах.

Інформація зовнішніх джерел на етапі „спостереження”, яка зберігається у нормативних документах, подається у вигляді онтології предметної області (ПО). Рекомендовані експертами рішення та прийняті командирами рішення під час різних воєнних ситуацій подаються у вигляді продукційних правил (SWRL). На етапі „орієнтація” формується онтологія задач у вигляді поділу загальної задачі на підзадачі (підетап ділення). На підетапі творення онтологія використовується для побудови плану. Детально ця задача нами розглянута у роботі [7].

Рішення для вибору альтернативи використовує певну метрику на онтологіях, наприклад як це побудовано нами у [8].

Нехай множина класів $\mathbf{Class} = \{Class_1, Class_2, \dots, Class_N\}$ описується характеристиками (властивостями) $X = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$. D_i – домен властивості x_i ; w_{i1} – вага важливості властивості x_{i1} класу $Class_i$. Значення властивості x_i позначатимемо $z_i = z(x_i)$.

Отже,

$$Class_i \leftrightarrow X_i = \{x_{i1} = z_{i1}, x_{i2} = z_{i2}, \dots, x_{ik} = z_{ik}\},$$

де $z_{ij} \in D_{ij}$. Тоді відстань між класом $Class_i$ та поточною ситуацією S визначається як:

$$d_i = \sum_{i_1 \in \bar{I}_i} \varphi(z_{i_1}, z_{i_1}^S), \quad (1)$$

де z_{i_1} – значення властивості x_{i_1} класу $Class_i$; $z_{i_1}^S$ – значення властивості x_{i_1} поточної ситуації S ; \bar{I}_i – множина індексів найважливіших властивостей

класу $Class_i$, $\bar{I}_i = \bar{I}_{i1} \cup \bar{I}_{i2} \cup \dots \cup \bar{I}_{iN_i}$, N_i – кількість властивостей, які треба розглянути, щоб прийняти рішення стосовно належності S до класу $Class_i$,

$$\bar{I}_{i1} = \left\{ i_{s1} \mid i_{s1} = \arg \max_{i_1 \in I_i} w_{i_1} \right\},$$

$$\bar{I}_{i2} = \left\{ i_{s2} \mid i_{s2} = \arg \max_{i_1 \in I_i / i_{s1}} w_{i_1} \right\}, \dots$$

Функцією $\varphi(\xi, \eta)$ можна вибрати будь-яку відому метрику (наприклад, евклідову, манхеттенську, Лемінга, Журавльова тощо) в межах розв’язання окремої задачі, залежно від того, які дані використовуються (кількісні, якісні, змішані).

Для планування діяльності отримаємо таку модель. Нехай $v(St(i))$ оцінка стану $St(i)$. a_{ij}^k – перехід із стану $St(i)$ у стан $St(j)$, з використанням альтернативи α_k ; $v(a_{ij}^k)$ – оцінка дії a_{ij}^k . Стан мети $Goal$ визначається тим, що деяка підмножина ознак X має досягати певних значень $z(x, Goal) \forall x \in X$.

Будь-який стан $St(i)$ задається певною множиною ознак Y_i , які набувають значень $z(y, St(i)) \forall y \in Y_i$. Для оцінювання стану $St(i)$ необхідно здійснити відображення ψ множини ознак та їх значень стану $St(i)$ в множину ознак та значень стану $Goal$ за допомогою правил онтології БЗ (SWRL), тобто $\psi: Y_i \xrightarrow{O} X$. Тоді оцінка стану $v(St(i))$ обчислюється

$$v(St(i)) = d(St(i), Goal) = \sum_{x \in X_W} \varphi(z(\psi(x), St(i)), z(x, Goal)), \quad (2)$$

де X_W – множина ознак з найбільшими вагами в АО, функція φ така сама, як у (7). Очевидно, що чим менша оцінка стану, тим стан кращий. Потужність множини $|X_W|$ визначає користувач системи. Для вибору дій спиратимемося на раціональність поведінки користувача, тобто на прагненні мінімізувати витрати ресурсів для досягнення стану мети. Кожна дія a_{ij}^k визначається витратами ресурсів g_{ij}^k (ціна переходу зі стану в стан), де $k = 1, 2, \dots, n_i$. n_i – кількість альтернатив α_k для здійснення переходу a_{ij} . Інформація про альтернативи та витрати ресурсів зберігається в онтології. Відомості про значення ознак та вигравш від переходу в стан (терміни експлуатування тощо) містяться в базі даних. Очевидно, що можуть з’являтися нові альтернативи, тому

необхідний модуль поповнення онтології новими знаннями.

Оцінка дії прямо пропорційна до витрати ресурсів, тобто $v(a_{ij}^k) = E \cdot g_{ij}^k$, де E – скалярна величина.

Загалом рішення стосовно вибору дії на основі альтернатив виконуємо згідно з формулою:

$$o_i(a_{ij}^k) = \delta(v(a_{ij}^k), v(St(j))). \quad (3)$$

Після оцінки дій та станів задача вибору шляху в просторі станів зводиться до задачі динамічного програмування:

$$St(j) = a(St(i), o_i), \Theta(St(0), \vec{o}) \Rightarrow \max(\min). \quad (4)$$

Використовуючи методи, придатні для розв'язування таких задач, знаходимо розв'язок у вигляді шляху переходу з початкового у кінцевий стан.

2. Архітектура автоматизованої системи управління СВУ

Підсистеми та модулі автоматизованої системи управління (АСУ) СВУ наведено на рис. 2. АСУ складається із таких модулів:

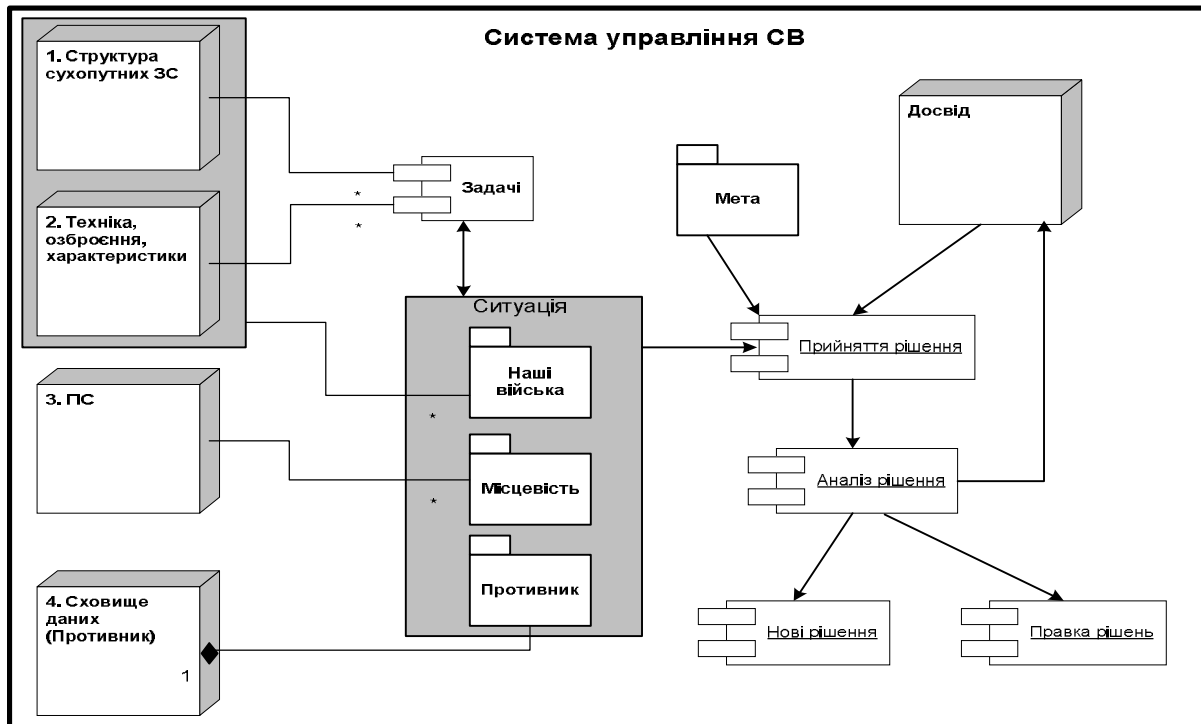


Рис. 2. Архітектура системи прийняття рішень управління сухопутними військами

1. *Чотири сховища даних*, три з яких поданих у вигляді онтології ПО та геоінформаційних систем. Так структура СВ України подається у вигляді дерева (графу), починаючи від найменшої структурної одиниці (взвод), закінчуючи армією. Техніка, озброєння, характеристики подається у вигляді бази знань системи. Така база знань складається із бази даних ТТП різного роду озброєнь та правил виведення нових можливостей озброєнь. Сховище даних «Досвід» задається у вигляді SWRL правил онтології СВУ.

2. *Задачі*. В сукупності перших два сховища даних дають змогу визначити перелік задач, які можуть виконати окремі підрозділи в залежності від технічного оснащення. Такий перелік задач подається у вигляді онтології задач.

3. *Ситуація* моделюється як підмножина наших військ та противника з прив'язкою до місцевості, яка задається у вигляді геоінформаційної системи. Прийняття рішень згідно до ситуації здійснюємо

на основі підсистеми „Прийняття рішення”, виходячи із мети наших військ (знищення сил противника, розвідка, дезінформація тощо).

4. *Прийняття рішення* подається у вигляді петлі OODA, а саме так, як це наведено на рис. 1.

5. *Аналіз рішення* – експертне заключення прийнятих рішень. Використовується імітаційне моделювання різного роду ситуацій. Результатом такого моделювання є правка рішень, збереження попередніх рішень (досвід) або вироблення нових рішень.

Для побудови онтологічної моделі, насамперед, необхідно визначити ієрархію понять предметної області, у нашому випадку СВ України. Приклад такої таксономії понять за допомогою діаграми класів UML наведено на рис. 3. Розроблену таксономію понять переведено в онтологію предметної області, яка реалізована у програмному засобі Protégé.

Розглянемо детальніше побудову відношень онтології СВУ. Нехай задана множина назв відно-

шень $V = \{v_1, v_2, \dots, v_s\}$. Тоді відношення задається як відображення із C в C , використовуючи елемент множини $V: R: C \xrightarrow{V} C$. Тобто відношення r_i – це триплет вигляду: $r_i = \langle C_{i_1}, v_{i_j}, C_{i_2} \rangle$.

Відношення ієрархії IS-A та агрегації є вертикальними, їх позначають R^V . Всі інші відношення є горизонтальними і позначають R^H . Очевидно, що $R^V \cup R^H = R$, $R^V \cap R^H = \emptyset$. Вертикальні відношення задають таксономію понять ПО. Для задання горизонтальних відношень необхідно визначити область визначення відношення (домен) та множину значень (ренг).

Наприклад відношенням множини факторів (v_k), які впливають на перебіг ведення бою є: від-

стань між військами; характеристики ходових властивостей механізованих військ; місцевість (коефіцієнт супротиву руху, видимість цілі); сектор пошуку цілі; розподіл вогню по цілям противника; число необхідних вистрілів для знищення цілі (характеристика розсіювання, захищеність цілі, відстань). В онтологічній моделі таке відношення задається як відображення множини перерахованих факторів (домен C_i) на концепт «Перебіг ведення бою» (ренг C_j), тобто

$$R: C_i \xrightarrow{v_k} C_j.$$

Інакше, кажучи, множина відношень R задає відображення деякої множини X (область визначення) в множину Y (множина значень), тобто $R: X \rightarrow Y$. Наведемо ряд прикладів такого відображення з військової тематики.

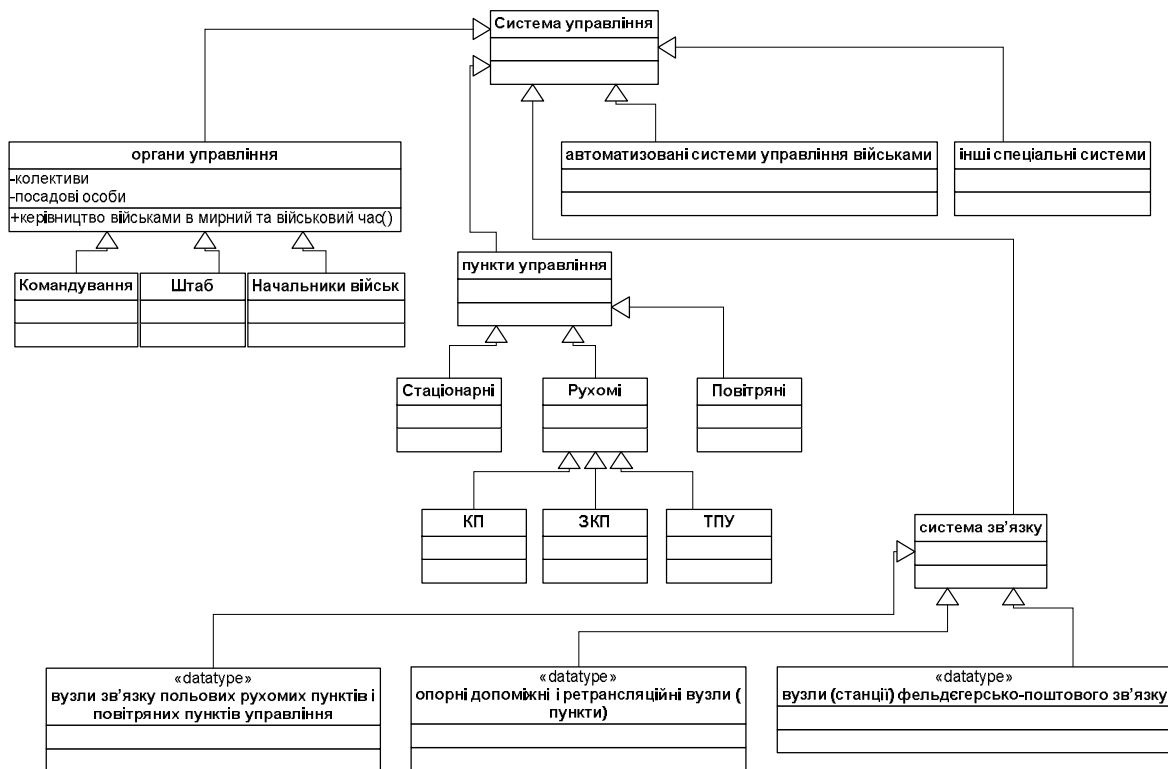


Рис. 3. Діаграма класів „Системи управління” СВУ

1. Проводиться розвідка на уточнення координат цілі. Показником ефективності може бути збільшення ймовірності враження даної цілі.

X – ціль виявлена достатньо точно, Y – операція відбулась успішно.

X – ракета попадає не далше як 500м від цілі, Y – ціль вражена.

2. Проводиться розвідка на уточнення рішення (якщо ціль вражена стрільба зупиняється, якщо ні – продовжується до використання всіх боєприпасів).

Завдання – попередити зайві витрати боєприпасів на ціль, яка вже вражена. В якості показника ефективності може бути середнє число зекономлених боєприпасів (ракет).

X – ціль вражена, Y – стрільба зупиняється.

3. Проводиться напад на противника. Важливими факторами успішної операції є:

X – стрільба з літака по літаку, Y – тип цілі, дальність стрільби, швидкість цілі, швидкість стріляючого літака.

Х – бомбардувальний наліт, Y – вид і розміри цілі, число літаків, що приймають участь у нападі, дальність стрільби, висота польоту, спосіб бомбометання, наявність чи відсутність радіоперешкод.

Х – бомбардувальний наліт на деяку територію (площу), Y – час виконання операції, вартість затрачених ресурсів, кількість обслуговуючого персоналу, середня глибина проникнення противника на територію, що охороняється.

4. Вибір способу ведення стрільби:

Х – ціль малорозмірна (одиначна ціль), Y – зосереджена стрільба.

Х – ціль майданна, Y – рознесена стрільба.

5. Щоб оцінити ефективність стрільби, крім характеристик розсіювання (точність пострілів), потрібно враховувати характеристики вражаючої дії боєприпасів по цілі (конструкція, вага і руйнівна міць снаряду, конструкція і міцність цілі).

Х – снаряд попав у точку з деякими координатами, Y – ціль знешкоджено.

Функції інтерпретації F задають обмеження або приймання певних значень властивостями концептів. Приклад таких функцій наведено на рис. 4, які задають певні значення, що приймають основні характеристики ВМП-1.

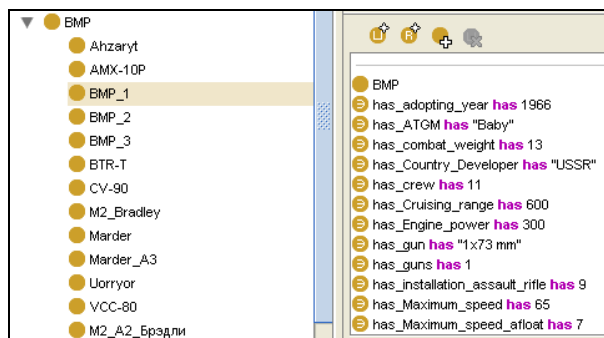


Рис. 4. Приклад функцій інтерпретації онтології СВУ

У подальшій роботі буде розглянуто процес проектування та реалізації АСУ, описано її програмні модулі, а також наведені приклади моделювання воєнних дій на основі розробленої АСУ.

Висновки

Для прийняття ефективних управлінських рішень СВУ необхідна АСУ, центральною компонентою якою є база знань, ядром якої, у свою чергу, є онтологія предметної області. Визначено архітектуру такої системи та функціональне призначення окремих модулів. Показано як дані та знання про СВУ та їх діяльність трансформуються в онтологію. Розроблено підхід використання онтологій в петлі OODA.

Список літератури

1. Ивлев А.А. Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации / А.А. Ивлев – М., 2008. – 64 с.
2. Математические модели боевых действий / П.Н. Ткаченко, Л.Н. Куцев, Г.А. Мецераков, А.М. Чавкин, А.Д. Чебыкин. – М.: Сов. радио, 1969. – 240 с.
3. Richards C. Certain To Win: The Strategy Of John Boyd, Applied To Business / C. Richards. – Philadelphia: Xlibris Corporation, 2004.
4. Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях // Д.Г. Досин, В.В. Литвин, Ю.В. Нікольський, В.В. Пасічник. – Львів: «Цивілізація», 2009. – 414 с.
5. Литвин В.В. Оцінка новизни знань під час автоматичної розбудови онтологій / В.В. Литвин, А.С. Мельник, В.Я. Крайовський // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі. – 2011. – № 699. – С. 343-353.
6. Литвин В.В. Моделювання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень з використанням онтологічного підходу / В.В. Литвин // Радіоелектроніка, інформатика, управління: наук. журн. – Запорізький національний технічний університет. – 2011. – №2(25). – С. 93-101.
7. Литвин В.В. Моделювання плану поведінки інтелектуального агента на основі мереж Петрі та онтологічного підходу / В.В. Литвин // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі. – 2009. – № 653. – С. 170-175.
8. Литвин В.В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень / В.В. Литвин. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 240 с.

Надійшла до редколегії 18.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, доц. Н.Б. Шаховська, Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОНТОЛОГИИ В ПЕТЛЕ OODA ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

В.В. Литвин, Л.Л. Джавала, Э.В. Лучук

В статье исследуется подход к построению петли OODA на основе онтологии. Предложена связь этапов петли с онтологией во время функционирования подразделов сухопутных войск Украины. Предложена архитектура автоматизированной системы управления сухопутными войсками Украины, центральной компонентой которой является онтология.

Ключевые слова: сухопутные войска Украины, петля OODA, онтология, автоматизированная система управления.

METHOD OF THE USE OF ONTOLOGY IN LOOP OF OODA FOR THE DESIGN OF MILITARY OPERATIONS

V.V. Litvin, L.L. Dzhavala, E.V. Luchuk

In the article, going near the construction of loop of OODA is probed on the basis of ontology. Connection of the stages of loop is offered with ontology during functioning of subsections of ground forces of Ukraine. Architecture of automated control the system by ground forces of Ukraine is offered, central component which ontology is.

Keywords: ground forces of Ukraine, петля OODA, ontology, automated control the system.