

МОДЕЛІ АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

Анотація. У роботі розглядаються основні моделі побудови систем ситуаційного управління на основі агентно-орієнтованого підходу. Запропоновано моделі для агентно-орієнтованих ситуаційних центрів на основі еволюційного функціонального принципу. Визначено елементи та особливості для запропонованих моделей. Описаний загальний механізм застосування формальних знань для керування багатоагентними системами. Намічені перспективні напрями майбутніх досліджень.

Ключові слова: система ситуаційного управління, система підтримки прийняття рішень, агентно-орієнтована система, онтологія, модель знань, інфоценоз.

Анотация. В работе рассматриваются основные модели построения систем ситуационного управления на основе агентно-ориентированного подхода. Предложены модели для агентно-ориентированных ситуационных центров на основе эволюционного функционального принципа. Определены элементы и особенности для предложенных моделей. Описан общий механизм применения формальных знаний для управления многоагентными системами. Намечены перспективные направления будущих исследований.

Ключевые слова: система ситуационного управления, система поддержки принятия решений, агентно-ориентированная система, онтология, модель знаний, инфоценоз.

Abstract. The paper reviews key models of systems of situation management design based on agent-oriented approach. The models for agent-oriented situation centers based on evolutionary functional principle are proposed. The elements and specifics are defined for proposed models. Common mechanism of formal knowledge application for multiagent systems management is defined. Promising directions for future research are outlined.

Keywords: situation management system, decision support system, agent-oriented system, ontology, knowledge model, infocenose.

1. Вступ

Прийняття рішень у складних системах – це багатофакторна, багатовимірна проблема, що зазвичай вирішується з використанням інформаційних систем спеціального класу – систем підтримки прийняття рішень (СППР). Багато завдань державного управління, прогнозування, аналізу в умовах надзвичайних ситуацій та подолання наслідків надзвичайних ситуацій є міждисциплінарними і міжгалузевими. Ці завдання вирішуються шляхом спільної роботи груп експертів та аналітиків на технологічній основі СППР, що функціонують у складі систем ситуаційного управління (ССУ), реалізованих у вигляді ситуаційних центрів (ситуаційних кімнат) [1, 2].

Ситуаційні центри (СЦ) призначені для прийняття управлінських рішень щодо складної багатофункціональної структури управління, елементи якої погано структуровані й погано формалізовані, вхідна інформація про об'єкти неоднозначна, неповна, суперечлива і вартість помилок у прийнятті рішень є високою [1]. Таким чином, визначення архітектурних, функціональних, організаційних принципів створення та розвитку, заснованих на цих принципах ССУ, є актуальним завданням.

2. Аналіз стану проблеми та публікацій

Особливості та загальні принципи СЦ як реалізації ССУ описані в [1–3]. Як організаційне управління ситуаційне управління характеризується такими особливостями [3]:

– унікальність;

- відсутність формалізованої мети існування;
- немає класичного визначення оптимальності;
- динамічний характер;
- неповнота опису;
- наявність представництва.

При створенні СЦ використовуються чотири групи принципів [1]:

- архітектурно-функціональний;
- організаційно-технологічний;
- інформаційні;
- інтелектуальні.

У кожній з цих груп принципи висувають свої вимоги до компонентів СЦ, що забезпечують його експлуатаційні характеристики. Різноманітність і мінливість вимог, а також необхідність адаптації процедур експлуатації до конкретних завдань використання СЦ визначають використання гнучких рішень для проектування СЦ, зокрема, з використанням об'єктно-орієнтованих [4], функціональних [5] та мультиагентних підходів [6, 7].

3. Постановка задачі

Метою досліджень є розробка та обґрунтування керованої знаннями багатоагентної моделі колективного прийняття рішень у ССУ. ССУ вимагає застосування мультидисциплінарних процедур управління для забезпечення адаптації використовуваних операцій при вирішенні конкретних проблем підтримки прийняття рішень. Така адаптація може бути здійснена шляхом застосування моделей знань домену для управління конкретними рішеннями.

4. Основна проблема

Прийняття рішень в ССУ – це робочий процес вироблення керівних рішень, заснований на сучасних інформаційних технологіях, які забезпечують використання формальної і неформальної баз знань для вибору керуючих дій на об'єкти предметної області протягом визначеного періоду часу для створення необхідних умов досягнення цільового стану проблемної області.

Загальний вигляд схеми прийняття рішень в ССУ представлений на рис. 1.

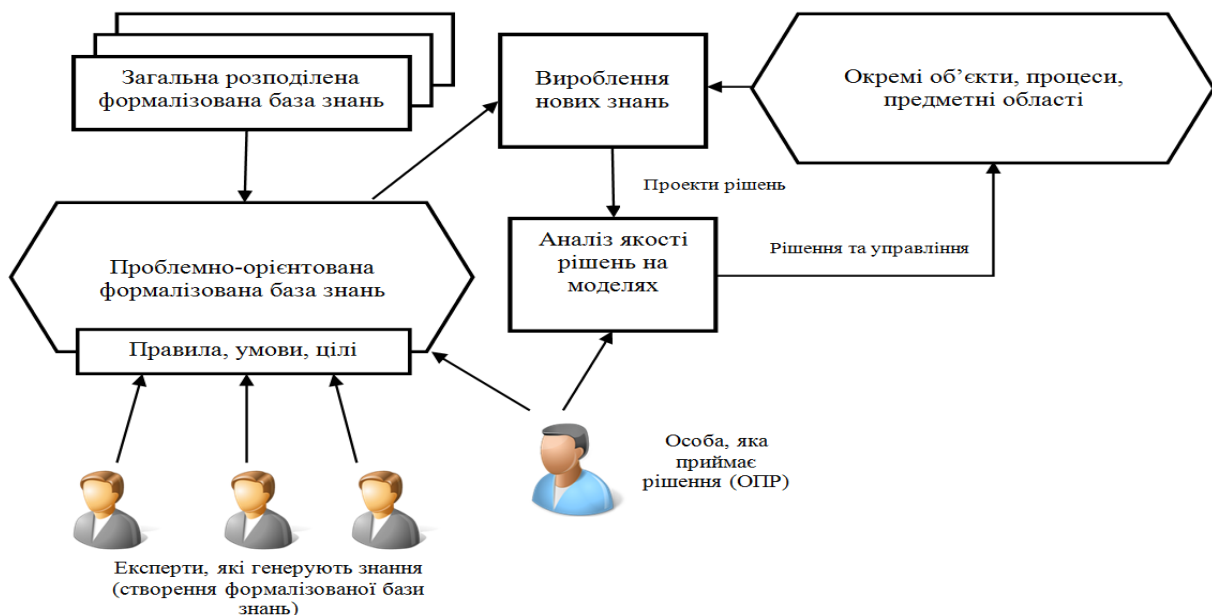


Рис. 1. Схема прийняття рішень у ССУ

Таким чином, зрозуміло, що СЦ для реалізації процедур ситуаційного управління в ССУ повинен бути обладнаний спеціальним набором програмного та апаратного забезпечення для персональної та колективної роботи у процесі прийняття рішень групою уповноважених осіб (осіб, які приймають рішення, експертів, аналітиків та ін.).

Однією з головних особливостей функціонування СЦ є прийняття рішень у режимі командної роботи групи людей, до складу якої входить особа, яка приймає рішення (ОПР), група експертів, група аналітиків та штатний персонал СЦ [1]. Методологічні основи створення багатоцільового СЦ як цілеспрямованої організаційної структури передбачають визначення таких аспектів [8]:

- 1) виклад місії – загальна мета, сформульована в контексті стратегії ССУ;
- 2) виклад бачення – оцінка навколишнього середовища та чітке визначення критеріїв та перспектив;
- 3) стратегії управління (стратегічне управління) як безперервний процес, пов'язаний з формулюванням організаційних рішень для ефективною та продуктивною діяльністю в контексті місії, бачення та глобальних бізнес-цілей;
- 4) дерево цілей (цілі, завдання, призначення) – ієрархічний набір кінцевих станів або підсумків досягнення цілей діяльності ССУ;
- 5) політики – інституційні механізми досягнення цілей діяльності;
- 6) шаблони діяльності (моделі діяльності) – набір методів, інструментів та алгоритмів, які визначають і описують операційні процедури на всіх рівнях організаційної структури.

Визначені аспекти відповідних функціональних характеристик СЦ забезпечуються сукупністю послуг (продуктів та послуг). Обсяг і якість інформаційних послуг залежать від наявних інформаційних ресурсів – баз даних, баз знань, сховищ стандартних процедур та попередніх рішень. Таким чином, для побудови колективної моделі прийняття рішень необхідно провести декомпозицію моделі відповідно до визначених щодо неї принципів та аспектів застосування.

Різноманіття завдань, що вирішуються в СЦ, повинне відповідати технологічному рівню зрілості СЦ. Тому необхідно автоматизувати підготовку та адаптацію СЦ до конкретних завдань прийняття рішень з урахуванням усіх аспектів функціонування та видів діяльності. Цю проблему можна вирішити на основі еволюційного підходу з використанням проблемно-орієнтованих баз знань, які описують інформацію та функціональне середовище колективного прийняття рішень у конкретній предметній сфері. Отже, функціональне середовище колективного прийняття рішень повинно підтримуватися відповідними архітектурними рішеннями.

Відповідно до схеми прийняття рішень, зображеної на рис. 1, архітектурні складові СЦ включають у себе [9]:

- підсистему інтерфейсу;
- підсистему для розпізнавання та оцінки стану ситуацій;
- підсистему ретроспективного аналізу прийнятих рішень та навчання;
- підсистему вироблення альтернатив на основі знань;
- підсистему вироблення альтернатив на основі макромоделей;
- підсистему колективної оцінки, прийняття рішень, ієрархії цілей.

Ці підсистеми, у свою чергу, включають у себе:

- засоби інтерфейсів;
- базу знань про проблемну область та її навколишнє середовище;
- базу знань про експертів у конкретних сферах діяльності;
- знання про правила, умови та обмеження при прийнятті рішень;
- знання та засоби формування висновків на основі знань;
- засоби для моделювання та візуалізації;

- засоби підтримки процесів колективного прийняття рішень;
- інструменти для документування та архівування процесів прийняття рішень;
- засоби забезпечення безпеки тощо.

При реалізації сучасних інформаційних технологій широко використовують сервіс-орієнтований підхід, віртуалізацію та інтелектуалізацію на основі використання програмних агентів. Таким чином, архітектура СЦ може бути представлена як набір віртуальних компонентів, інтеграція яких базується на взаємодії агентів. Засоби та інструменти процесу прийняття рішень під час ситуаційного управління повинні бути доступними як послуги.

5. Елементи агентно-орієнтованої моделі прийняття рішень у СЦ

Інтелектуальний агент (ІА) – автономний суб'єкт, який з використанням сенсорів спостерігає за навколишнім середовищем та впливає на нього, використовуючи виконавчі засоби, і спрямовує свою діяльність на досягнення цілей (тобто, це є раціональним) [10]. Отже, узагальнена модель агента описується кортежем $A = \langle S, D, B \rangle$, де S являє собою множину сенсорів, D являє собою множину виконавчих засобів, B представляє поведінкову модель агента. Поведінка агента описується функцією агента f_A , яка відображає будь-яку можливу сприйняту послідовність P^* на можливу дію B_A [10, с. 35], що формально виражається як

$$f_A : P^* \rightarrow B_A .$$

Інтелектуальні агенти також можуть навчатись або використовувати знання для досягнення своїх цілей. Різноманітні типи агентів визначають множинність моделей їх представлення. Однією з найпоширеніших моделей програмного агента є BDI-модель, що ґрунтується на переконаннях, прагненнях, намірах агента.

Мультиагентна система (МАС) – це система, в якій декілька агентів можуть обмінюватися поточною інформацією (взаємодіяти між собою) для досягнення спільної (колективної) мети. МАС описується моделлю [7]:

$$MAS = (A, E, R, ORG, ACT, COM, EV) ,$$

де A – множина агентів, здатних функціонувати в певних середовищах E , можуть мати певні відношення R і взаємодіяти один з одним, утворюючи конкретну організацію ORG , та мають сукупність індивідуальних і спільних дій ACT (поведінкові стратегії та вчинки), включаючи можливі комунікаційні акти COM , а також характеризуються можливостями еволюціонування EV .

Кожний агент у МАС характеризується такими властивостями:

- знання – постійна частина (інваріант) знань агента про себе, навколишнє середовище та про інших агентів, ці знання не змінюються під час його роботи;
- зобов'язання стосовно інших агентів – завдання, які агент зобов'язується виконувати за наказами (запитами) інших агентів у рамках виконання дій для досягнення спільних цілей;
- переконання – змінювані знання агента про навколишнє середовище, зокрема, про інших агентів, що можуть змінюватися в часі, стати навіть помилковими (але агент може не знати про це) і при цьому зберігати переконання, що його поведінкові висновки можуть ґрунтуватися на таких знаннях;
- прагнення – визначати стани, досягнення яких відповідає призначенням агента;
- наміри – те, що робить агент, і що впливає з його зобов'язань або прагнень;
- цілі (завдання, призначення, результати) – окрема множина умов, досягнення яких є змістом поточної стратегії поведінки агента.

Крім основних властивостей, агент також характеризується:

– мобільністю – здатністю агента мігрувати, переміщати мережею з метою пошуку необхідної інформації для вирішення своїх проблем спільно або за допомогою інших агентів;

– доброзичливістю – готовністю агентів допомагати один одному та готовністю точно вирішувати завдання, яке було поставлено користувачем;

– достовірністю – властивістю агента не маніпулювати помилковою інформацією, знаючи, що вона є неправдивою (неточною);

– раціональністю – здатністю діяти таким чином, щоб досягти своїх цілей, а не уникати їх, принаймні у рамках своїх знань та переконань.

Агенти в МАС повинні взаємодіяти відповідно до моделі процесу прийняття рішень, що використовуються в СЦ. Моделі процедур прийняття рішень зберігаються в базі знань СЦ, яка поповнюється та оновлюється під час роботи СЦ з урахуванням попереднього досвіду прийняття рішень. Таким чином, функціонування СЦ має еволюційний характер. База знань СЦ представляється ієрархією доменів знань про різні аспекти функціонування СЦ та виконання процедур ситуаційного управління, які включають в себе знання, що стосуються конкретних областей ситуаційного управління, та знання, пов'язані з регламентами діяльності СЦ, включаючи знання про організацію процесу вироблення колективного рішення. Ці знання використовуються для визначення переліку необхідних агентів і моделей їх поведінки, а також для організації взаємодії агентів під час функціонування СЦ.

З огляду на ієрархію знань у агентів, СЦ можна класифікувати їх за призначенням та використанням. На сьогоднішній день пропонується велика кількість моделей інтелектуальних агентів, кожен з яких має свої переваги та недоліки [7]. Тому формування конкретної множини агентів для реалізації певних процедур в СЦ повинне здійснюватися шляхом відбору агентів у цю множину з використанням знань про агентів та їх властивості, що зберігаються у базі знань доступних агентів.

Приймаючи до уваги схему колективного прийняття рішень у СЦ, реалізація кожного етапу цього процесу підтримується групами агентів (колоніями) так, що результати діяльності таких колоній є вкладом у діяльність інших колоній, і в підсумку – отримання остаточного результату процесу колективного прийняття рішення в певному форматі. Отже, рішення є результатом суперпозиції функціонування множини колоній агентів на заданому інформаційному полі. Існує проблема формального визначення специфікацій для проблем прийняття рішень, яка визначає початковий склад світу агентів для конкретної задачі прийняття рішень. На підставі специфікацій визначається склад кожної колонії, виділений з популяції багатьох схожих між собою агентів.

Таким чином, створення середовища колективного прийняття рішень в СЦ – це задача створення інфоценозу (інформаційного «біоценозу») [11] як спеціального типу техноценозу інформаційних агентів [12] і пов'язане з формуванням окремих популяцій для забезпечення функції призначення системи. З початковими умовами невизначеності та специфікацією задач прийняття рішень пов'язана невизначеність популяцій та інфоценозів агентів. Їх специфікація може бути проведена шляхом аналізу особливостей задачі прийняття рішення та аналізу доступного світу агентів. Побудова світу агентів на основі таксономічних характеристик та утримуваній інформації про систематику онтологічних баз знань надає можливість формального об'єднання агентів для вирішення задач прийняття рішень з урахуванням заданих специфікацій та обмежень. Оскільки агенти змінюються у процесі еволюціонування системи, ці зміни можуть бути описані мемами агентів (меми – інформаційні гени – стійкі інформаційні структури, здатні до реплікації). Тоді, продовжуючи біологічну аналогію, можна припустити, що ефективне функціонування агента окремого інфоценозу залежить від рівня та змісту симбіотичних зв'язків між мемами як у середині агентів, так і між конкретними агентами.

З урахуванням викладених вище міркувань стосовно створення інфоценозу для адаптивного агентно-орієнтованого СЦ пропонується такий кортеж популяцій агентів:

$$M = \langle M_i \mid i = 1 \dots n \rangle,$$

де i – індекс (назва) популяції, n – потужність інфоценозу.

Наприклад, для МАС колективного прийняття рішень пропонується такий кортеж популяцій агентів:

$$M = \langle M_{Env}, M_{\text{expert}}, M_{DecProc}, M_{Rest}, M_{Crit}, M_{Dec}, M_{Goal/Obj}, M_{Branch} \rangle,$$

де M_{Env} – популяція агентів середовища, M_{expert} – популяція експертних агентів, $M_{DecProc}$ – популяція агентів підтримки процедур прийняття рішень, M_{Rest} – популяція агентів-обмежувачів, M_{Crit} – популяція агентів критеріїв, M_{Dec} – популяція агентів прецедентів рішень, $M_{Goal/Obj}$ – популяція агентів – визначників цілей і завдань, M_{Branch} – популяція агентів моделювання для області прийняття рішень.

Агенти, які володіють більш точними знаннями про навколишнє середовище і мають адекватні алгоритми поведінки, так само як і у природі, більш схильні до збереження навколишнього середовища та отримання ресурсів для виконання своїх функцій. Отримання нових знань та модифікацій разом з іншими факторами збільшує шанси збереженості агентів. Для передачі знань і модифікаторів використовуються стійкі інформаційні структури – мему. Таким чином, агенти у МАС характеризуються певною соціальною поведінкою.

Для збереження мемплекса (групи мемів, які характеризуються симбіотичними відношеннями, множина ідей, які посилюють один одного), що характеризує поведінку агента, може бути використана онтологічна модель. Постійна комбінація мемплексів являє собою типову конструкцію знань – шаблон (зразок) знань. Ці шаблони знань можна описати з використанням онтологічної моделі. Шаблон знань повинен включати такі моделі, як

- модель ролей;
- модель комунікацій;
- модель послуг (сервісів);
- модель контактів;
- правила моделі;
- модель обмежень;
- модель критеріїв.

Наведені моделі також можуть бути представлені як онтології другого рівня.

Простою формальною моделлю онтології є модель

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

де T – множина термів проблемної області, R – множина відношень між термами з множини T , F – функції інтерпретації, задані на термах з множини T і/або відношень з множини R . Отже, багаторівнева онтологія може бути представлена як

$$O = \langle O_i^j, R^{j-1}, R^{j+1}, F^{j-1}, F^{j+1} \rangle,$$

де O_i^j – i -й фрагмент з онтології рівня j , R^{j-1} і R^{j+1} – відношення між поточним рівнем онтології та вищим/нижчим рівнями, F^{j-1} і F^{j+1} – функції інтерпретації, визначені для термів і/або відношень вищого/нижчого рівнів. Віртуальна архітектура агентно-орієнтованої системи ситуаційного управління створюється як множина тимчасових акту-

альних відношень у керуючій онтології МАС. Знання конкретної популяції агентів визначатимуться як відповідний фрагмент знань проблемної області $O_i = M_i(O)$.

6. Висновки

Специфіка систем ситуаційного управління (ССУ) вимагає створення адекватних моделей, що описують їх архітектуру. Як така модель використовується модель мультиагентної системи (МАС). Властивості агентів та їх взаємодія в МАС характеризуються ознаками соціальної поведінки. Враховуючи це, природно розглядати МАС для колективного прийняття рішень у СЦ як інфогенез, що складається з популяцій агентів для різних цілей, і характеризується інформаційно-функціональними симбіотичними відношеннями. Пропонується як критерій еволюційного відбору агентів використовувати рівень адекватності знань агентів про навколишнє середовище у предметних галузях прийняття рішень та про необхідні для здійснення діяльності ресурси. Як механізм збереження знань пропонується використовувати онтологічну модель знань на основі стійкої семантичної конструкції – мемів та мемплексів, які формуються та вдосконалюються у процесі еволюції МАС для СЦ.

Подальші дослідження планується зосередити на побудові метамodelей бази знань для ССУ та оптимізації її семантичного об'єму і обчислювальної складності.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Морозов А.А. Ситуационные центры – основа управления организационными системами большой размерности / А.А. Морозов // Математические машины и системы. – 1997. – № 2. – С. 7 – 10.
2. Райков А.Н. Ситуационная комната для поддержки корпоративных решений [Электронный ресурс] / А.Н. Райков // Открытые системы. СУБД. – 1999. – № 7–8. – С. 56 – 66. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1999/07-08/179889/>.
3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Поспелов Д.А. – Москва: Наука, 1986. – 288 с.
4. Object-Oriented Analysis and Design with Applications / G. Booch, R.A. Maksimchuk, M.W. Engel [et al.] – New York: Addison-Wesley Professional, 2007. – 720 p.
5. Kovalenko O.E. Functional Approach in the Simulation Modeling of the Problem-Oriented Information Systems / O.E. Kovalenko // Коммуникации, информационные технологии и статистика. Актуальные проблемы на теорията и практиката. – София: Университетско издателство «Стопанство», 2011. – С. 278 – 281.
6. Shoham Y. Multiagent systems: algorithmic, game-theoretic, and logical foundations / Y. Shoham, K. Leyton-Brown. – New York: Cambridge University Press, 2008. – 504 p.
7. Wooldridge M.J. An Introduction to Multiagent Systems / Wooldridge M.J. – Chichester: John Wiley and Sons, Ltd., 2009. – 461 p.
8. Hills Ch. Strategic Management Theory: An Integrated Approach, Ninth Edition / Ch. Hills, G. Jones. – Mason: South-Western, Cengage Learning, 2010. – 518 p.
9. Кузьменко Г.Е. Функциональная архитектура интегрированной системы поддержки принятия решений в условиях ситуационных центров / Г.Е. Кузьменко, В.Е. Плиш // Математические машины и системы. – 1997. – № 1. – С. 56 – 63.
10. Russell S.J. Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.) / S.J. Russell, P. Norvig. – Harlow: Pearson Education Ltd, 2010. – 1152 p.
11. Леонов В.П. Камуфляжные мемы инфоценоза научных школ [Электронный ресурс] / В.П. Леонов. – Режим доступа: http://www.biometrica.tomsk.ru/phil_math.htm.
12. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Электронный ресурс] / В.И. Гнатюк. – Режим доступа: <http://www.gnatukvi.ru/index.files/zakon.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 09.02.2018