

УДК 681.3

Чаплінський Ю.П., к.т.н.,
Надточій В.І., к.т.н.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТАОНТОЛОГІЇ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Національний авіаційний університет

syuriy60@hotmail.com

Показана актуальність використання онтологій до опису процесу прийняття рішень. В роботі визначено роль метаонтології в онтологічній структурі опису процесу прийняття рішень. Розглянуто представлення метаонтології на основі концепції Захмана та визначені основні характеристики такого підходу

Ключові слова: метаонтологія, управління, прийняття рішень

Вступ

Стійкою тенденцією розвитку сучасних процесів, які реалізуються в сфері діяльності людини (соціальної, економічної, наукової, освітньої, технологічної), стає ускладнення задач, які доводиться розв'язувати на різних рівнях управління. Діяльність як окремих людей, так і систем зараз все більшою мірою залежить від використання ними знань як одного з найцінніших ресурсів. Управління знаннями щодо прийняття рішень сьогодні розглядається як потужна конкурентна перевага на підприємстві, орієнтованому на постійні зміни ділових процесів. При цьому комплексна та системна підтримка прийняття рішень сьогодні є домінуючою в динамічному діловому середовищі.

Процес прийняття рішень розглядають як систему, що складається з деякого набору підсистем (етапів) та їх елементів (процедур, дій, операцій), що взаємодіють між собою, кількість та склад яких може варіюватися залежно від умов та задачі, що розв'язується. При цьому необхідно розглядати різні аспекти прийняття рішень, які можуть бути змодельовані та досліджені один незалежно від одного. Поведінковий аспект в основному описує ситуації прийняття рішень, в яких виконані різні дії. Організаційний аспект описує структуру середовища прийняття рішень, ресурси та засоби і яким чином вони використовуються в прийнятті рішень. Інформаційний аспект описує інформацію, яка залучається в процесі прийняття

рішень, як вона представляється, і як вона може застосуватися серед різних дій.

В рамках такого розгляду необхідно визначити поняття та конструкції, за якими можуть бути визначені природа, структура та представлення процесу формування та прийняття рішень. З іншої сторони, щоб спроектувати методологію підтримки прийняття рішень, ми потребуємо понять та конструкцій, з якими можуть бути зрозумілі природа, структура та представлення складових, що описують прийняття рішень.

Для використання знань та реалізації процесу прийняття рішень, представлення інтегрованого середовища прийняття рішень, взаємодії між складовими частинами середовища, опису предметних областей та розв'язання задач в такому середовищі будемо використовувати методологію розробки системи підтримки прийняття рішень (СППР), основою якої є онтологія, як засіб явного розуміння та представлення областей і процесів прийняття рішень, що інтегрує методи системного, процесного та ситуаційного аналізу. Використання онтологій дозволяє створити прикладні інформаційні технології підтримки прийняття рішення, які відповідають SMART-критеріям: тобто є конкретними, вимірними, погодженими, реалістичними, чітко прив'язаними до часу (SMART - по першим буквах відповідних англійських слів).

Під онтологією будемо розуміти систему, що описує структуру певної про-

блемної області або множини проблемних областей та складається з множини класів понять, зв'язаних відношеннями, їх визначень та аксіом, що задають обмеження на інтерпретацію цих понять в рамках даної проблемної області або їх множини [1, 2, 3]. Мета такої онтології полягає в тому, щоб забезпечити інтегровану концептуальну основу для того, щоб визначити, зрозуміти, структурувати та представляти явища при прийнятті рішень за допомогою СППР.

Постановка задачі

Метою статті є опис можливого використання метаонтології до інтегрованого структурованого представлення складових прийняття рішень та їх взаємодії.

Будемо розуміти під підтримкою прийняття рішень інтелектуальну комп'ютерну технологію посилення можливостей людини, що приймає рішення (ЛПР) в процесі спостереження за станом проблемної області, діагностики проблемних ситуацій і цілей дій, планування дій та генерацію способів їх реалізації, формування раціональних варіантів рішень з використанням експертних знань і методів моделювання та оптимізації.

При цьому прийняття рішень будемо описувати через три виміри (світи) розуміння процесу прийняття рішень: світ 1: реальний світ (прикладний світ), світ 2: формальний світ (формальні моделі, методи, алгоритми тощо) та світ 3: світ програмного забезпечення (програмні засоби, платформи тощо).

Прийняття рішень будемо реалізувати на основі інформаційних моделей даних; на основі логічних моделей; на основі формальних моделей; на основі типових рішень або прецедентів.

Реалізація процесу підтримки прийняття рішень базується на онтологічному представленні. Таке представлення є базою для створення баз знань з підтримки прийняття рішень в різних галузях і в подальшому технологій розв'язання задач в відповідних системах прийняття рішень.

При цьому для реалізації прийняття рішень необхідно побудувати інтегроване

середовище знань, що об'єднує різні аспекти розгляду (рис. 1): представлення, зміст, інтерпретація та використання. Знання про прийняття рішень можуть бути або виражаються на формальному рівні для того, щоб бути переважно інтерпретуються в контексті представлення та зберігання знань або можуть бути виражені в контексті управління знаннями.

Побудова єдиної зрозумілої та узгодженої онтології, як правило, є неможливою, що призводить до формування ієрархічної системи онтологій.



Рис. 1. Аспекти середовища знань

Тому, як показано в [4], під онтологією представлення задач прийняття рішень та процесу прийняття рішень будемо розуміти взаємопов'язану множину онтологій, що представляє собою багаторівневу асоціативну структуру наступного вигляду:

$$O = \langle O_{meta}, O_{core}, O_{cntxt}, \{O_{DM}\}, O_R, O_{user}, Inf \rangle,$$

де O_{meta} – метаонтологія; O_{core} – базова онтологія; O_{cntxt} – контекстна онтологія; $\{O_{DM}\}$ – множина онтологій представлення процесу прийняття рішень, що включає представлення задач та їх розв'язання на рівні проблемної області, онтологій предметно-формального та формального представлення та реалізацій цього процесу; O_R – онтологія реалізацій, що включає опис програмного забезпе-

чення для підтримки прийняття рішень; O_{user} - онтологія представлення користувача та взаємодії з ним; Inf – модель машини виведення, що асоціюється з множиною онтологій O .

В рамках такого розгляду прийняття рішень реалізується через побудову онтологокерованих підходів, методів та алгоритмів, що представляють СППР як засіб розповсюдження знань та описується множиною онтологій, що інтегруються за допомоги системи «з'єднувачів».

При цьому онтології дозволяють представити прийняття рішень, включаючи складові та взаємозв'язки між елементами процесу прийняття рішень, та використовуються при формуванні та виборі рішень і для специфікації горизонтальних/вертикальних зв'язків між задачами, моделями, методами, реалізаціями та різними шарами прийняття рішень.

Інтегруючи роль в цьому будемо покладати на метаонтологію (рис.2).

Як показано в роботі [5], метаонтологія розглядається як модель верхнього рівня узагальнення, модель середовища діяльності системи, що є за рівнем узагальнення моделлю предметної області. Метаонтологія використовується як інструмент інтеграції різних моделей системи та найбільш загального її опису.

В роботі [6] метаонтологія оперує загальними концептами та відношеннями, що не залежать від конкретної предметної області.

Метаонтологія, що представлена в [7], розглядається як основа представлення, злиття та інтеграції онтологій. Метаонтологія забезпечує як точну, математич-

ну специфікацію онтологій, так і формальний аналіз їх властивостей.

Таким чином, можемо сказати, що метаонтологія базується на представленні прийняття рішень як фіксованого концептуального опису, що відображає багатовимірне представлення про організацію та реалізацію прийняття рішень в рамках СППР.

Така метаонтологія розглядається як засіб інтеграції різних складових реалізації процесу підтримки прийняття рішень та найбільш загального його опису. Узагальнене представлення процесу прийняття рішень на основі метаонтології представляється у вигляді семантичної мережі об'єктів, що пов'язані відповідними відношеннями між собою та онтологіями O_{core} , O_{cntxt} , $\{O_{DM}\}$, O_R , O_{user} , та реалізує інтенціональний опис властивостей відповідних онтологій, і служить основою для інтеграції різнорідних уявлень в системі підтримки прийняття рішень. Метаонтологія формалізує та описує взаємозв'язок понять прийняття рішень від верхніх концептуальних шарів до рівня реалізацій, що відображає основні аспекти прийняття рішень та кількість яких обмежується лише доцільністю конкретизації. Метаонтологія оперує загальними концептами і відношеннями, що не залежать до конкретної предметної області. Концептами метаонтології є загальні поняття, такі як "об'єкт", "властивість", "значення", "відношення" і т.д. Це дозволяє визначити класи (об'єкти) метаонтології, які визначають множини об'єктів, що представляються, конкретизуються та деталізуються в онтологіях

$$O_{core}, O_{cntxt}, \{O_{DM}\}, O_R, O_{user}.$$

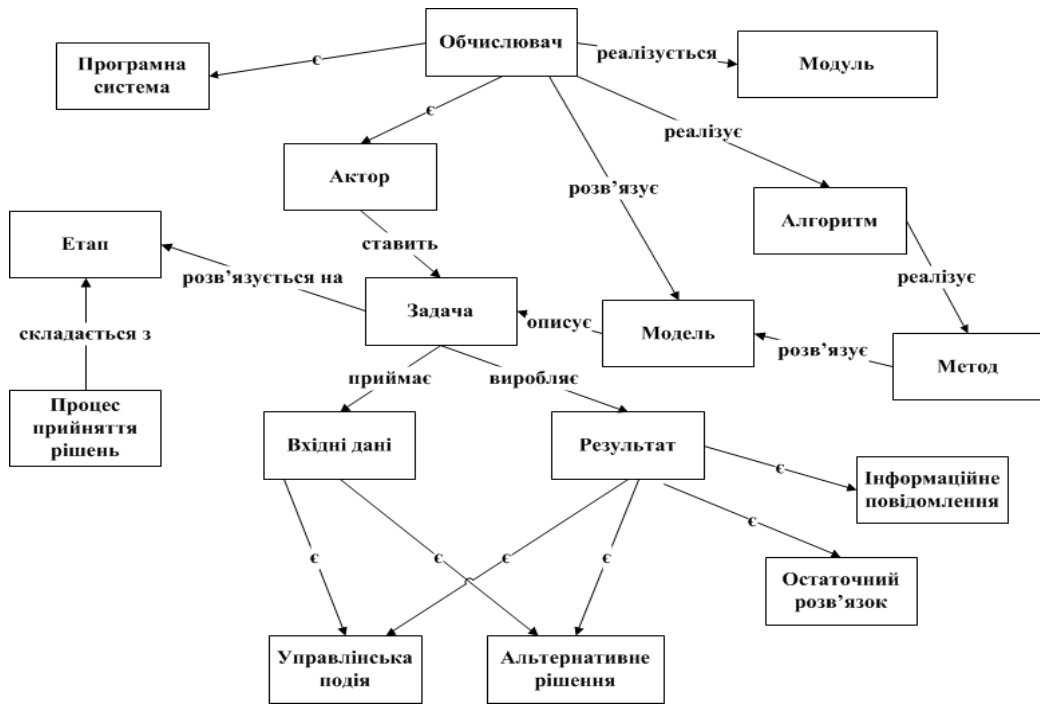


Рис. 2. Фрагмент метаонтології опису представлення процесу прийняття рішень

Така метаонтологія буде базуватися на структурованій інформації, що представляє собою представлення характеристик сутностей СППР, що включає склад та структуру даних для цілей їх ідентифікації, пошуку, оцінки, управління ними, та склад, структуру та взаємодію відповідних складових СППР, технологій, користувачів, методів тощо.

В основу створення метаонтології покладена концепція Захмана [8], згідно якої знання повинні відповідати на наступні питання – «що», «хто», «де», «як», «коли» та «чому» (рис. 3), що дає можливість розглядати процес прийняття рішень на різних рівнях абстракції та деталізації.

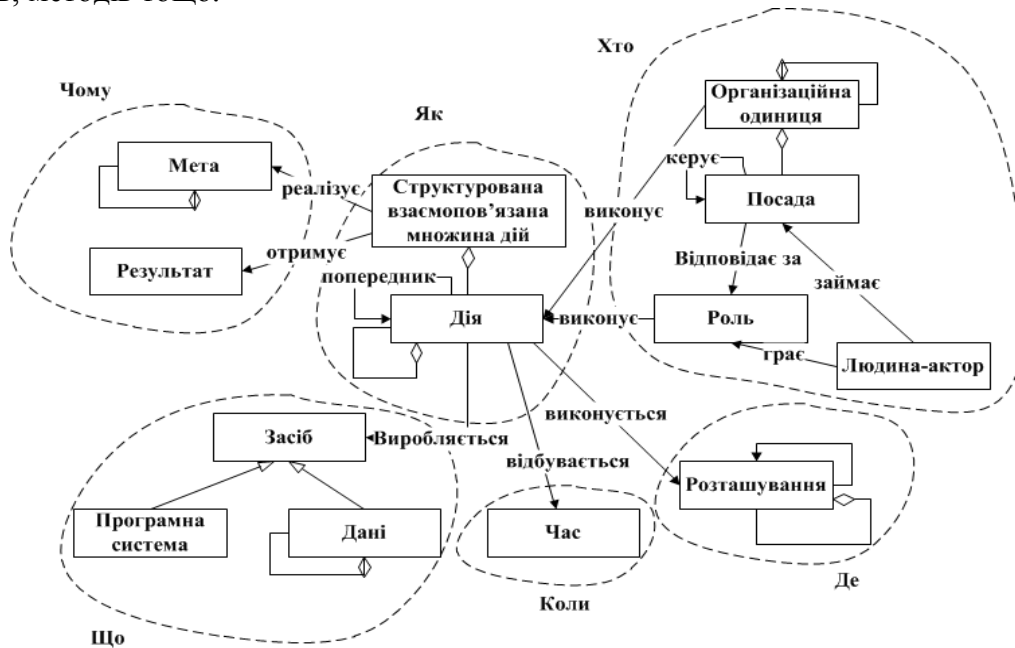


Рис. 3. Представлення складових метаонтології за концепцією Захмана

Відповідь на питання «що» дає опис об'єктів, які використовуються в СППР та в процесі підтримки прийняття рішень. Такий опис включає: атрибути та властивості об'єктів, що описують СППР або процес прийняття рішень, їх можливі значення, посилання на відповідні представлення в онтологіях O_{core} , O_{cntxt} , $\{O_{DM}\}$, O_R , O_{user} , джерела інформації про об'єкти і т. п.

На загальному рівні представлення відповіді на дане питання будемо використовувати класи, зокрема об'єкти проблемних областей (концептуальні, напівформальні та формальні, інформаційні, програмні, інтерфейсні), середовища (контекст використання, операційна система, апаратна платформа), можливості (матеріальні та нематеріальні ресурси), засоби (інструменти, які описуються конфігурацію, налаштуванням, застосуванням, зокрема обчислювач та з'єднувач), представлення (концептуальне, символічне, графічне).

Відповідь на питання «хто» описує категорії користувачів, які приймають участь в прийнятті рішень. Такими категоріями, що відповідають класу актор, можуть бути як людина, так і програмні засоби, яка є частиною реалізації прийняття рішень. Вони описують права та ролі користувачів, а також включають відомості про користувачів. В якості людини користувача розглядаються як окрема людина, так і група або колектив людей чи організація. В цьому випадку розглядаються відповідні посади, організаційні та функціональні структури. В якості програми користувача розглядаються програми, що можуть ініціювати розв'язання відповідних задач, що відповідають за логіку прийняття рішень, роботу з даними або роботу інтерфейсу користувача.

Відповідь на питання «де» описує місце розташування реалізації прийняття рішень, місце розміщення користувачів, програмних засобів, баз даних тощо. Таким місцем розташування може бути фізичне місце, географічне місце та логічне

місце. Фізичне розташування визначає апаратні засоби, де розміщуються відповідні об'єкти. Географічне розташування визначає місцевість, населений пункт тощо. Логічне розташування визначає зв'язок відповідних об'єктів з серверами, базами даних, програмними комплексами, інтерфейсами користувача з точки зору їх зберігання та використання під час розв'язання задачі.

Відповідь на питання «як» описує дії, що можуть виконуватися в процесі прийняття рішень. Дія є перетворенням, що переводить прийняття рішень з одного стану в інший з можливою генерацією подій.

Такі дії реалізують наступні основні етапи прийняття рішень, до яких будемо відносити моніторинг та збір достовірних даних про процеси функціонування системи; розпізнавання, прогнозування розвитку та оцінка штатних і критичних ситуацій, що мають місце в діяльності системи; постановку цілей та пошук альтернативних дій з їх досягнення в умовах ситуацій, що складаються як в підсистемі, так і в системі в цілому; адекватну оцінку можливих способів дій, аналіз наслідків і вибір найбільш ефективних з них з комплексним аналізом всього спектру характеристик альтернативних рішень; організацію виконання рішень, що включає оцінку та вибір напрямків дій з реалізації вибраних рішень, конкретних заходів та термінів, розподіл ресурсів для реалізації рішень; контроль виконання рішень на основі оцінки та порівняння станів і результатів (проміжних в порівнянні з бажаними кінцевими) діяльності системи, оцінку якості рішень, що приймалися, і правильності організації їх вироблення. При реалізації етапів розглядають основні структури дій: декомпозиція, структура управління, що реалізує послідовність, вибір та ітерацію, виконання, тимчасова структура (перекриття, паралельність, окремість).

Структура дій визначає структуру та послідовність дій для реалізації та підтримки цілей. Структура дій складається з

однієї або більше дій. Кожна структура дії хоче домогтися певних і передбачених, бажаних станів, які є у відповідності з цілями. Структура може бути тимчасовою або постійною. Класами метаонтології будуть: дія (проста, складена), правило, процес, подія, етап, процедура, метод, сценарій, алгоритм, умова (передумова, післяумова, тригер).

Відповідь на питання «коли» описує час виникнення та виконання різних операцій в процесі прийняття рішень. Час може бути абсолютним та відносним. Абсолютний час є описується часовою точкою або часовим періодом. Відносний час описує часовий взаємовплив між задачами, діями і т.п.

Відповідь на питання «чому» описує причини, що призвели до виконання тих або інших дій, операцій. Такими причинами можуть бути, наприклад, вимоги користувачів, результати роботи відповідних програмних засобів. Також будемо відносити проблему, задачу, причину, мету, бажаний стан, який необхідно досягти при розв'язанні задачі, результати розв'язання задач.

Базуючись на такому онтологічному представленні всі об'єкти метаонтології O_{meta} розглядаються в розрізі знань, що описують контекст, та знань, що описують контент. На основі цього опис об'єкту O^m класу C метаонтології O_{meta} може бути представлений в вигляді семантичного представлення, що включає контекстний опис об'єкту $P_k(O^m)$ та контентний опис $P_c(O^m)$. Контекстний опис об'єкту $P_k(O^m)$ представляє взаємозв'язки об'єкту з іншими об'єктами, в тому числі зовнішніми, з відповідними екземплярами, поняттями онтологій чи літералами. Контентний опис $P_c(O^m)$ представляє інформацію, що описує даний об'єкт. Контекстний опис $P_k(O^m)$ відповідає множині значень властивостей певного класу $c_k \in C$ (C - множина класів метаонтології O_{meta}), екземпляром якого є об'єкт O^m , що опису-

ється в метаонтології O_{meta} :

$$P_k(O^m) = (r_1(O^m, v_1) \vee \dots \vee r_n(O^m, v_n)), \quad \text{де}$$

твердження $r_i(Obj, v_i)$ складається з предикату (відношення) $r_i \in R$ (R - множина предикатів метаонтології O_{meta}), що описується в метаонтології, URI (універсальний ідентифікатор ресурсу) та об'єкту Obj , для якого визначається опис, та значення v_i , яке може бути URI деякого об'єкту (екземпляру, поняття) онтології або URI деякого файлу (зображення, карта тощо) чи деяким атрибутивним даним (текст, число, дата тощо), відповідно до області використання та області можливих значень r_i . Контентний опис $P_c(O^m)$

описуються наборами тверджень з O_{meta} , що представляють семантичні описи об'єктів через відношення та відповідні об'єкти з онтологій СППР у вигляді наступного набору кортежів:

$$P_c(O^m) = (\{r'_1(O^m, v_1), k_1\} \vee \dots \vee \{r'_n(O^m, v_n), k_n\})$$

, де $\{r'_i(obj, v_i), k_i\}$ - кортеж, що включає твердження $r'_i(obj, v_i)$, яке відповідає RDF триплету (obj, r'_i, v_i) , та k_i - важливість цього твердження для опису контенту об'єкту obj в сенсі прийняття рішень.

Твердження $r'_i(obj, v_i)$ складається з предикату (відношення) $r'_i \in R$, що описаний в онтологіях СППР, об'єкту obj , який є екземпляром класу $c_k \in C$ метаонтології O_{meta} чи екземпляром об'єкту O^m (посиланням на контекстні описи об'єкту O^m чи екземпляра O^m) та значення v_i , яке може бути URI деякого поняття, об'єкту, екземпляру або URI деякого файлу (зображення, карта тощо) чи або деяким атрибутивним даним (текст, число, дата тощо).

Таким чином, можна досягнути реалізації метаонтологічного представлення, що є незалежним від предметної області та проблемно-орієнтованих частин, та яке робить таку структуру пристосованою до

різних прикладних областей прийняття рішень.

Висновки

Запропоноване онтологічне представлення може бути покладене в основу реалізації проектів зі створення інтелектуальних СППР. Така СППР є основою для реалізації інтегрованого інформаційного середовища, що інтегрує в собі бази даних та знань, елементи інформаційних систем, елементи експертних та геоінформаційних систем, систем прийняття рішень та яке працює в мережі, що об'єднує сучасні програмно-технічні засоби, включаючи Internet та мобільні системи. Версію такого онтологічного представлення було розроблено в рамках Українсько - Індійського проекту "Інтернет-орієнтована інтегрована система підтримки прийняття рішень фермерами".

Список літератури

1. Guriano N. Understanding, Building, and Using Ontologies / A Commentary to "Using Explicit Ontologies in KBS Development" // *International Journal of Human and Computer Studies*. – 1997. – V. 46. – № 2/3. – P. 293-310.

2. Maedche A., Motik B., Stojanovic L., Studer R. and Volz R. Ontologies for Enterprise Knowledge Management // *IEEE Intelligent Systems*. – 2003. – V. 18. – № 2. – P. 26-33.

3. Чаплінський Ю.П. Онтологічне представлення процесів прийняття рішень // *Проблеми інформатизації та управління*. – 2009. – № 2 (26). – с. 146-151.

4. Чаплінський Ю.П. Онтологічні складові підтримки прийняття управлінських рішень. // *Наукові праці НУХТ*. – 2013 – № 48. – С. 65-68.

5. Лычкина Н.Н., Идиатуллин А.Р. Инструментальная реализация архитектурных моделей предприятия на основе онтологий // «*Бизнес-информатика*» М.:НИУ ВШЭ, 2011 – №5 (15). – С. 31-42.

6. Тельнов Ю.Ф. Использование стандартов (методологий) моделирования (IDEF, UML, ARIS) на различных стадиях реинжиниринга бизнес-процессов и прое-

ктирования информационной системы // Сб. тр. II-й Всероссийской практической конференции «Стандарты в проектах современных информационных систем». - М.: Открытые системы, 2002. – С. 82-87.

7. Тарасов В.Б, Федотова А.В., Черепанов Н.В. Онтологии жизненного цикла сложной технической системы // В кн *Международ. научн.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2014)*. Материалы конф. [Минск, 20-22 февр. 2014 г.]. – Минск: БГУИР, 2014. – с. 471 – 482 с.

8. Zachman J. A. A framework for information systems architecture // *IBM Systems Journal*. – 1987. – V. 26. – № 3. – P. 276-292.

Статтю подано до редакції 15.09.2014