

УДК 004.9

О.К. Жигаревич

Луцький національний технічний університет

## МЕТОД ПОБУДОВИ СЕМАНТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ

**Жигаревич О.К. Метод побудови семантичної моделі представлення знань.** Розглядається та досліджується концепція семантичної моделі, яка об'єднує взаємодоповнюючі методи і засоби подання знань. На базі цієї моделі будуються мова представлення та обробки знань та інструментальні засоби, що забезпечують в повному обсязі відомі на даний момент потреби розробки баз знань прикладних інтелектуальних систем.

**Ключові слова:** семантична модель, контроль знань, база знань, онтологічна модель, програмна модель, імперативна модель.

**Zhyharevych O.K. Method of construction semantic model of knowledge representation.** Considered and explored the concept of semantic model that combines complementary methods and means of knowledge. Based on this model we construct representation and processing of knowledge and tools that provide fully known at present need to develop knowledge bases of Applied Intelligent Systems.

**Keywords:** .semantychna model control knowledge, knowledge base, an ontological model, programming model, imperative model.

**Жигаревич О.К. Метод построения семантической модели представления знаний.** Рассматривается и исследуется концепция семантической модели, которая объединяет взаимодополняющие методы и средства представления знаний. На базе этой модели строятся язык представления и обработки знаний и инструментальные средства, обеспечивающие в полном объеме известные на данный момент потребности разработки баз знаний прикладных интеллектуальных систем.

**Ключевые слова:** .семантична модель, контроль знаний, база знаний, онтологическая модель, программная модель, императивная модель.

**Постановка проблеми.** При створенні інтелектуальної системи (ІС) найбільш трудомістким процесом залишається розробка її бази знань. У зв'язку з цим виникає нагальна потреба в моделях представлення знань і побудованих на їх основі засобах створення баз знань, що володіють не тільки високою виразністю і гнучкістю, але і є досить простими і зрозумілими у використанні як інженерам знань - фахівцям за поданням знань, так і експертам - фахівцям в конкретних галузях знань.

В рамках робіт по штучному інтелекту накопичено широкий спектр засобів і методів подання й обробки знань. Так, семантичні мережі [1] використовуються як універсальна пам'ять для зберігання будь-якої інформації, яку можна представити в термінах об'єктів і відносин між ними.

Семантична мережа – це орієнтований граф, вершини якого – поняття, а дуги – відносини між ними.

Семантичні мережі (СМ) відносяться до об'єктно-орієнтованих методів представлення знань. На відміну від логічних, чисто аналітичних моделей баз знань, СМ представляють клас підходів, для яких загальним є використання графічних схем з вузлами (які позначають основні поняття) і дугами, що з'єднують ці вузли. Останні відображають відносини між вузловими елементами.

Своїм походженням СМ зобов'язані так званим асоціативним мережам (АМ). Вони використовувалися для моделювання інформаційних процесів, що відбуваються в пам'яті людини. Часто АМ і СМ розглядаються як синоніми. Термін "семантична" означає "змістовна", а семантика – наука, яка встановлює відносини між символами та об'єктами, які вони позначають. Тобто наука, яка визначає зміст символів. Поняття – це абстрактні або конкретні об'єкти, а відносини – це зв'язки типу: "це" ("is", "a kind of"), "має частину" ("has part"), "належить", "полюбить", та ін. Характерна особливість семантичних мереж – обов'язкова присутність трьох типів відносин:

- клас – екземпляр класу (дисципліна – «Моделювання»);
- властивість – значення (об'єкт - модель);
- зразок екземпляру класу («Моделювання» – Мережі Петрі).

Найбільш поширені в семантичних мережах типи відносин:

- зв'язки типу "частина-ціле" ("клас-підклас", "елемент-множина", та ін.);
- функціональні зв'язки (визначаються, як правило, за допомогою дієслів "впливає", "успадковає", та ін.);

- кількісні зв'язки (більш, менш, дорівнює, та ін.);
- зв'язки у просторі (далеко від, близько від, поза, над, та ін.);
- зв'язки за часом (на протязі, раніше, пізніше, та ін.);
- зв'язки за атрибутами (має властивість, має значення, та ін.);
- логічні зв'язки (АБО, ТА, НЕ, та ін.);
- лінгвістичні зв'язки (за правилами граматик, та ін.).

Проблема пошуку розв'язку в базі знань типу семантичної мережі процедурно зводиться до задачі пошуку фрагмента мережі. Фрагмент мережі відповідає деякій її підмножині, за допомогою якої формалізується запит до бази знань. Недоліком даної моделі представлення знань є складність організації процедури пошуку виводу для складних ієрархічних багаторівневих семантичних мереж. Зокрема, вивід на основі пошуку по перетинанню зв'язків погрожує небезпекою комбінаторного вибуху.

#### **Аналіз попередніх досліджень і публікацій.**

Продукційні системи [2] розглядаються як зручний засіб для вираження операційної семантики понять предметної області та організації логічного висновку. Фрейми [3], що представляють об'єктно-орієнтований підхід в штучному інтелекті, служать для підвищення рівня представлення знань.

Фреймові моделі (системи, мережі фреймів) у порівнянні із семантичними мережами дають більш формалізований і в той же час досить гнучкий «механізм» представлення знань. Випереджаючи строге визначення фрейму, помітимо, що фрейм можна розглядати як складний вузол в особливого виду семантичної мережі. У рамках фреймових моделей вдалося значною мірою об'єднати декларативні знання про об'єкти і процедурні знання про методи витягу і перетворення інформації для досягнення заданої мети.

Абстрактний образ (прототип) деякого об'єкта з потенційною можливістю його обрамлення атрибутами називається фреймом. Він дозволяє сконцентрувати всі знання про даний об'єкт (чи клас об'єктів) у єдиній структурі даних (фреймі), а не розпорошувати їх між безліччю більш дрібних структур начебто логічних формул чи продукцій. Декларативні і процедурні знання про деяку сутність укладаються (пакуються) у єдину структуру (фрейм).

Інформаційна структура фрейму складається з імені, що виконує роль ідентифікатора, і слотів. Ідентифікатор, що привласнюється фрейму, повинний мати унікальне ім'я, єдине в даній фреймовій (мережній) системі. Кожен фрейм включає довільне число слотів, при цьому деякі з них визначаються самою системою, а інші задаються користувачем.

Як правило, існуючі інструментальні системи та оболонки для побудови ІС забезпечені якимось одним зі згаданих вище засобів подання та обробки знань. У той же час при створенні прикладних ІС часто виникає необхідність їх комплексного використання, оскільки жодне з цих коштів, узятя окремо, не може забезпечити в повному обсязі потреб розробки реальної прикладної системи. У зв'язку з цим інструментальні засоби розробки ІС повинні включати різні взаємодоповнюючі один одного методи і засоби представлення та обробки знань. При цьому можливі різні способи інтеграції таких коштів, починаючи з інтеграції на рівні підсистем і компонентів ІС і закінчуючи інтеграцією на рівні єдиного формалізму.

Перший спосіб інтеграції простіше в реалізації, але має ряд недоліків. Головним з них є відсутність концептуальної єдності використовуваних методів і засобів і як наслідок цього - відсутність концептуальної єдності створюваних баз знань. Це ускладнює розробку бази знань, так як окремі компоненти бази знань доводиться специфікувати не тільки за допомогою різних засобів представлення знань, а й використовувати для цього різні програмні системи, для інтеграції яких в одну ІС доводиться залучати не тільки інженерів знань, але і програмістів. Також при даному способі інтеграції доводиться витратити машинні ресурси на організацію взаємодії програмних систем, що реалізують окремі методи і засоби подання знань.

Більш кращим виглядає інший спосіб інтеграції, при якому всі необхідні методи і засоби об'єднуються в одну формацію (моделі / або мову подання знань). Така інтеграція не тільки створює передумови для побудови потужних баз знань (за рахунок спільного використання різних взаємодоповнюючих один одного методів і засобів), а й забезпечує концептуальну єдність створюваних баз знань ІС, так як всі компоненти бази знань стають пов'язаними загальними поняттями. На основі такого формалізму можуть бути створені інструментальні засоби, за допомогою яких експерти зможуть самі будувати базу знань ІС в повному обсязі, не вдаючись до допомоги посередників - інженерів знань і програмістів. Завдяки цьому значно спрощується

розробка бази знань ІС та підвищується її якість. Крім того, інтеграція всіх необхідних засобів в рамках однієї моделі (мови) створює передумови для створення на її основі ефективних прикладних ІС, так як усуваються неминучі витрати ресурсів на організацію взаємодії програмних систем, що реалізують окремі методи і засоби подання знань.

Досліджується концепція семантичної моделі подання знань, яка об'єднує різні взаємодоповнюючі один одному методи і засоби подання знань. На базі цієї моделі може бути побудована мова представлення та обробки знань та інструментальні засоби, що забезпечують в повному обсязі відомі на даний момент потреби розробки баз знань прикладних інтелектуальних систем.

#### **Вимоги до семантичної моделі представлення знань**

Для того щоб модель представлення знань була придатна для широкого класу інтелектуальних систем, вона повинна забезпечувати представлення всіх видів знань, необхідних для розробки і функціонування ІС. Перш за все, в базі знань ІС необхідно представляти знання про предметну область (ПО), в рамках якої буде функціонувати система (рис. 1). Сюди входять знання про основні сутностях (поняттях і об'єктах) предметної області, а також знання про те, яким чином ці сутності пов'язані між собою. До останніх належать знання про відносини, безпосередньо зв'язують поняття, а також більш складні види знань, що представляють різного роду залежності між поняттями ПО, як логічні, так і функціональні. Зокрема, при розробці великого класу ІС виникає необхідність у поданні знань про ПО у вигляді правил «ЯКЩО-ТОДІ». Також досить часто потрібно представляти знання у вигляді обмежень на значення параметрів, що описують деякий об'єкт або систему об'єктів.

Для кращого структурування ПО і забезпечення більш лаконічного її опису важливо мати можливість вибудовування понять предметної області в ієрархію «загальне-приватне» та підтримки успадкування властивостей по цій ієрархії.

Бази знань більшості ІС також містять конкретні знання з предметної області (предметні знання), які представляються у вигляді екземплярів понять (конкретних об'єктів) і зв'язків між ними - примірників відносин або обмежень, заданих на значеннях атрибутів екземплярів понять.

Іншим важливим типом знань, які потрібно подавати до ІС, є знання про розв'язуваннях в рамках модельованої ПО задачах і способах їх вирішення (методах і алгоритмах). Ці знання характеризують проблемну область (ПО) інтелектуальної системи. Такого роду знання можуть бути як декларативними, так і процедурними. До першого типу відносяться знання, що описують простір розв'язуваннях ІС задач, включаючи розбиття задач на підзадачі і зв'язок підзадач з методами їх вирішення, до другого - знання, що представляють як методи вирішення задач, так і конкретні алгоритми.

Окрім знань, представлених в БЗ, практично в будь-яких ІС необхідно представляти знання, що описують фрагмент дійсності (ситуацію), який задає контекст, і вхідні дані для завдань, що вирішуються ІС. Такі знання, як і предметні знання, зазвичай подаються у вигляді екземплярів понять і відносин так/або обмежень, заданих на значеннях атрибутів екземплярів понять.

При описі предметних знань, контексту і вхідних даних завдання досить часто виникає необхідність представляти знання про об'єкти, що мають неточні значення атрибутів, шляхом завдання оцінок таких значень, наприклад, у вигляді множин можливих значень і / або обмежень на значення. Для представлення таких знань необхідно забезпечити можливість використання в примірниках понять атрибутів, що мають невизначене значення, і завдання примірників обмежень, що зв'язують такі атрибути.

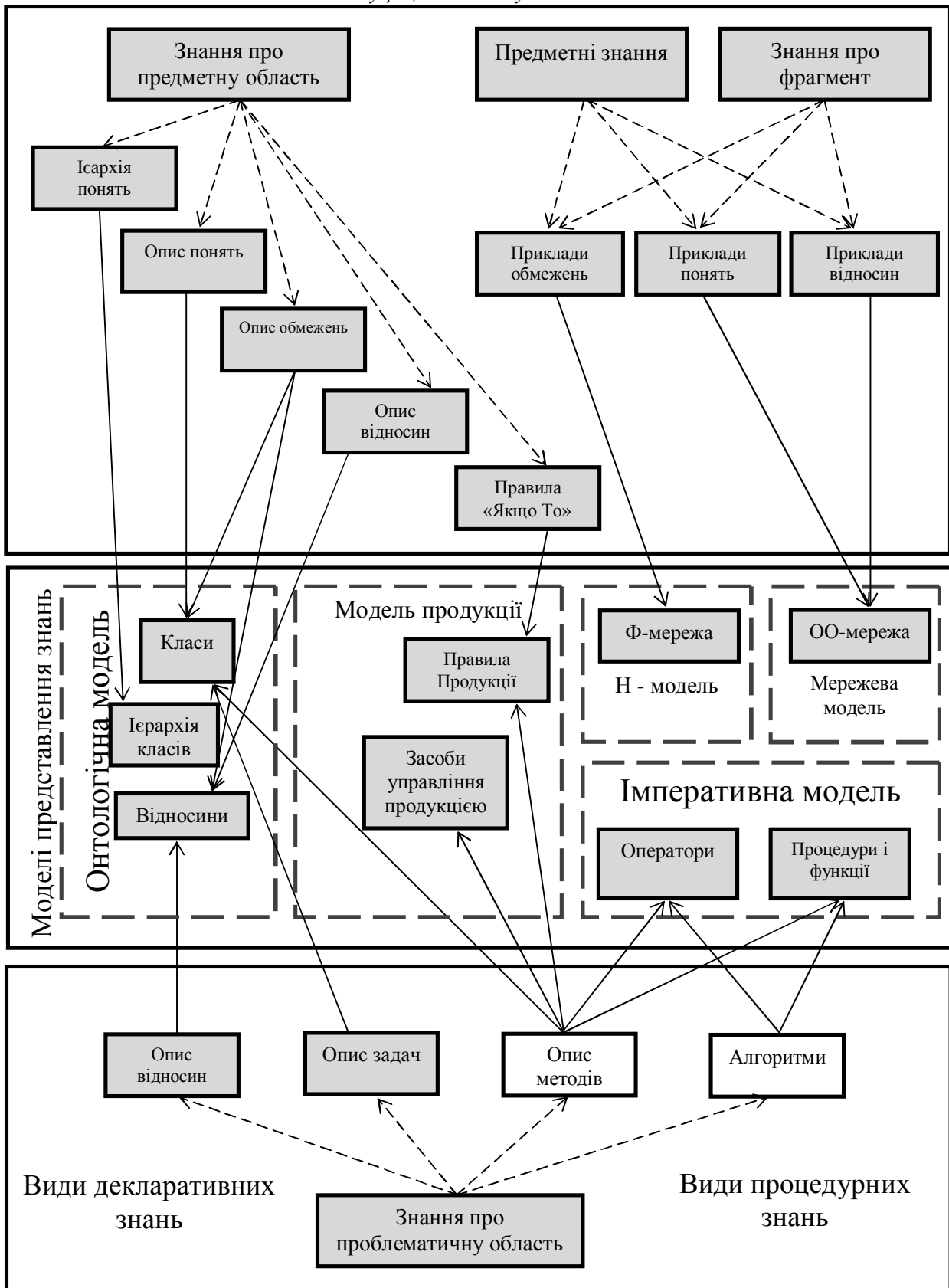


Рис – 1. Моделі представлення знань

Розглянуті вище види знань, необхідні для повноцінного функціонування ІС, не можуть бути представлені засобами однієї моделі. Для цього потрібні знання декількох моделей - онтологічної і програмної (рис. – 1). Частина предметних знань і знань про фрагмент дійсності може бути представлена засобами мережевої моделі (в об'єктно-орієнтованій семантичній мережі), інша

частина - засобами недовизначеної моделі (у функціональній мережі або Ф-мережі). Для представлення знань про проблемної області потрібні кошти трьох моделей - онтологічної, продукційної і імперативною.

Таким чином, виникає необхідність у моделі подання знань, яка володіє набором методів і засобів, достатнім для подання в ІС всіх необхідних знань. Перш за все, така модель повинна забезпечувати подання як декларативних, так і процедурних знань, що є необхідною вимогою, так як без подання цих двох типів знань неможлива розробка повноцінної ІВ. Крім того, вона повинна забезпечувати подання і обробку як точних, так і неточних даних, що зробить її придатною для вирішення задач в умовах невизначеності знань і даних.

#### **Побудова семантичної моделі представлення знань**

Виходячи з перерахованих вище вимог, в даній роботі пропонується концепція семантичної моделі подання знань, яка об'єднує в рамках однієї формалізації різних взаємодоповнюючих один одного засобів та методів представлення та обробки знань наступних моделей - онтологічної, мережевої, продукційної, імперативною і невизначеної. (Остання включає апарат невизначених типів даних розроблений на її основі метод невизначених обчислювальних моделей [3], який, як показано фактично є універсальним методом програмування в обмеженнях. Вище було показано, що комбінація методів і засобів представлення знань, надається цими моделями, забезпечує в повному обсязі відомі на даний момент потреби прикладних ІС в поданні та обробці знань.

Семантична модель подання знань (СМПЗ-модель) може бути представлена так:

$$M = \langle \text{ONT, SN, FN, PSJP, NF} \rangle$$

ONT - прикладна онтологія, яка описувала основні поняття і відносини (класи об'єктів і відносин) предметної і проблемної областей додатки; SN - об'єктно-орієнтована семантична мережа (ОО-мережа), класи об'єктів і відносин якої, як і їх властивості, визначаються онтологією ONT; FN - функціональна мережа, що включає локальні обчислювальні моделі, задані на значеннях атрибутів об'єктів семантичної мережі SN/PS - система правил-програм, описаних в термінах класів і відносин онтології ONT; IP- засоби імперативного програмування; INF - загальний механізм виводу/обробки знань і даних, представлених в СМПЗ-моделі, що поєднує механізми виводу/обробки кожної з інтегровувальних моделей.

Представлення знань про предметну область ІС та вирішуваних нею завданнях забезпечується прикладною онтологією.

При цьому онтологія включає:

- 1) кінцеву непорожню множину класів  $C$ , які представляють поняття (сутності) ПО;
- 2) кінцеву множину бінарних відносин  $R$ , визначених на класах  $C$ ;
- 3) кінцеву множину атрибутів  $A$ , що описують декларативні властивості класів і відносин;
- 4) множину типів даних  $G$ , які надають значення для атрибутів;
- 5) безліч обмежень  $D$ , які задають значення для атрибутів класів понять;
- 6) безліч математичних властивостей бінарних відносин  $R$ .

Всі класи онтології  $C$  побудовані в ієрархію «загальне-власне», і організовані як ієрархія властивостей (включаючи атрибути, відносини і обмеження) вищестоящих класів підпорядкованим.

Завдяки включенню в СМПЗ-модель апарату невизначених типів даних всі прості типи даних, що входять до  $G$ , мають невизначене розширення, що забезпечує можливість подання недовизначених значень у вигляді інтервалу або безлічі допустимих значень і оперування ними. Це дозволяє, зокрема, задавати атрибутам об'єктів ОО-мережі невизначеного значення.

Функціональні залежності між атрибутами відношень  $L$ , їв можуть задаватися в описах класів об'єктів і відносин у вигляді обмежень  $F, E, F$ , що пов'язують значення атрибутів об'єктів. (В описах бінарних відносин обмеження задаються на атрибутах їх аргументів.) Такі обмеження являють собою безліч логічних виразів (формул), що пов'язують арифметичними, теоретико-множинними і логічними операціями значення атрибутів одного чи кількох об'єктів. Слід зауважити, що завдяки включенню в СМПЗ-модель методу недовизначених моделей за допомогою обмежень задаються не тільки умови коректності значень пов'язаних ними атрибутів, але і функціональні семантики кожного з цих значень щодо інших, що забезпечує потенційну можливість обчислення (уточнення) невідомих (неточних) значень атрибутів через відомі (або більш точні). Залежно від потреб подання знань про ПО будь-якому бінарним відношенню може бути «приписана» одне або кілька суперечать один одному математичних властивостей  $R$  з наступного набору - рефлексивність, симетричність, транзитивність, антирефлексивне, антисиметричність, або зворотнє відношення.

Конкретні знання про ПО, як і знання про процес моделювання в ІС фрагменті дійсності або контексті завдання, представляються в об'єктно-орієнтованій семантичній мережі SN, що включає безліч екземплярів класів (об'єктів) та відносин. Для представлення цього виду знань також служать екземпляри обмежень, накладених на атрибути об'єктів (екземплярів класів) ОО-мережі і збережені у функціональній мережі, пов'язаній з ОО-мережею через атрибути об'єктів.

Так, якщо в описі якого-небудь класу або відносини задані обмеження, то при створенні кожного його примірника на основі цих обмежень будується локальна обчислювальна модель (ЛОМ), вершинами якої є вхідні в обмеження атрибути об'єкта (у разі відносини - атрибути його об'єктів-аргументів), а дугами - існуючі між ними функціональні відносини.

Побудовані таким чином ЛОМ всіх об'єктів та примірників відносин ОО-мережі об'єднуються в глобальну обчислювальну модель, яку будемо називати функціональною мережею. Для уточнення значень слотів об'єктів, ЛОМ яких представлені у функціональній мережі, використовується метод недовизначених обчислювальних моделей [5].

Опис предметних знань у вигляді правил «ЯКЦО-ТОДІ» засобами системи продукційних правил є природним і зручним для багатьох областей. В семантичній моделі система продукційних правил працює над семантичною мережею, склад понять і відносин якої визначається онтологією. У зв'язку з цим посилка і висновок будь-якого правила можуть описуватися в термінах класів і відносин онтології. Це дозволяє не тільки зручно представляти експертні знання у вигляді правил «ЯКЦО-ТОДІ», а й будувати досить потужні за своїми операційними можливостями і з їх допомогою описувати на досить високому рівні досить складні процеси виведення і обробки інформації.

Розглянемо, які знання надає СМПЗ-модель для представлення знань про вирішувані в рамках модельованої ПО завданнях і методах їх вирішення.

Знання про простір задач можуть бути представлені в прикладній онтології, де описуються типи завдань і методів, призначених для їх вирішення, і задається розбиття задач на підзадачі і зв'язок задач з методами їх вирішення (знання другого виду також можуть бути представлені засобами ОО-мережі). При цьому самі методи рішення можуть бути представлені продукційними правилами, об'єднаними в групи і / або продукційні модулі. Для цих цілей в модель включаються кошти структурування безлічі правил і управління ними, такі як оператори активації і деактивації груп правил, які можуть поєднуватися з семантичними засобами управління.

Для підтримки ефективної реалізації методів і алгоритмів, а також забезпечення створення повноцінних прикладних ІС в СМПЗ-модель включені традиційні для семантичної моделі (парадигми програмування). Вони застосовуються для розробки алгоритмів у випадках, коли їх реалізація іншими методами (наприклад, за допомогою продукційних правил) була б занадто неефективною за часом і / або витратної по пам'яті, а також для реалізації чисельних обчислень і забезпечення інтерфейсних можливостей ІС.

СМПЗ-модель включає механізм альтернатив, який є потужним засобом підтримки процесів виведення і обробки інформації в умовах, коли неточно задані не тільки об'єкти, але і відносини між ними. Даний механізм реалізується оператором альтернативи, який дозволяє задавати і перебирати альтернативи (варіанти обчислень), забезпечуючи при виникненні суперечності під час обробки черговий з них перехід до наступної альтернативи.

Інтеграція зазначених методів і засобів виконується на основі об'єктно-орієнтованого підходу. При цьому:

- поняття і відносини розробник ПО представляє класами об'єктів і відносин онтології ОЛП, Інкапсулює в собі семантичні властивості та обмеження на свої атрибути і аргументи;
- об'єкти (екземпляри класів) та примірники відносин представляються в семантичній мережі SN, структура та властивості якої визначені в онтології;
- обмеження F на значення атрибутів об'єктів представляються у функціональній мережі FN, пов'язаній через ці атрибути з семантичною мережею SN;
- всі необхідні процеси виведення і обробки інформації (реалізують процес вирішення задачі) здійснюються системою продукційних правил PS, працює над семантичною мережею, механізмом задоволення обмежень, реалізованим у функціональній мережі, а також засобами програмування ІМ.

Взаємозв'язки семантичних моделей показані на рис. – 2, тут видно, що мережева та програмна моделі використовують властивості, визначені в онтологічній моделі. Зокрема, структура та властивості елементів семантичної мережі визначаються в онтології, а посилки і

укладання продукційних правил описуються в термінах класів і відносин онтології. В свою чергу, засоби оперування, що надаються онтологічної моделлю, використовують засоби оперування мережевої моделі (для того, щоб привести ОО-мережу у відповідність з онтологією). Засоби оперування продукційної моделі використовують і функціонал мережевої моделі (для зіставлення посилки правил з семантичною мережею і виконання дій над нею, визначених у правилах), і засоби оперування, задані в імперативній моделі. Крім того, мережева модель використовує засоби оперування невизначеної моделі, а остання – зв'язки визначені в мережевій моделі.

У зв'язку з відсутністю інструментальних систем, що забезпечують в повному обсязі потреби розробників баз знань інтелектуальних систем, як базису для представлення знань в ІС запропонована модель, семантична взаємодоповнююча один одного методи і засоби представлення та обробки знань наступних моделей: онтологічної, мережевої, програмної, невизначеної і семантичної.

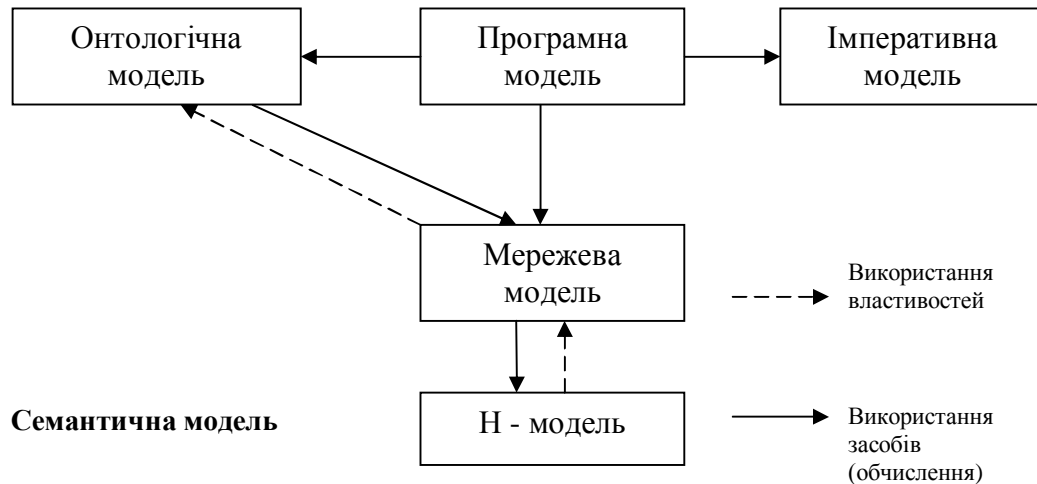


Рис. - 2. Взаємозв'язки семантичних моделей

Завдяки тому, що інтеграція зазначених методів і засобів виконана на основі об'єктно орієнтованого підходу, СМПЗ-модель дозволяє представляти одночасно декларативні і процедурні знання, а також знання про обчислення (знання, що дозволяють уточнювати значення параметрів описуваного об'єкта або ситуації). Крім того, такий спосіб інтеграції дозволяє отримати ефективну реалізацію інтелектуальної системи і зробити доступними всі інтегровані знання в рамках однієї мови подання та обробки знань.

На основі СМПЗ-моделі побудованої яка реалізується на об'єктно- орієнтованій мові подання та обробки знань, включає засоби для спільного опису як декларативних, так і обчислювальних властивостей понять і відносин деякою ПО, а також знання оперування їх прикладами в програмному стилі. Завдяки цьому на такій мові можна природним чином описувати і вирішувати широкий клас задач, в тому числі завдання, що вимагають поєднання логічного висновку і обчислень над неточно заданими значеннями.

#### Список використаних джерел:

1. Осипов, Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами: основы теории и технологии [Текст] / Г.С.Осипов. – М.:Наука, 1997
2. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект: современный подход [Текст] : пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2008. – 1408 с.
3. Шихнабиева, Т.Ш. О семантическом подходе к представлению процесса обучения по дистанционной форме [Текст] / Т.Ш. Шихнабиева // Вестник МГОУ. – 2006. – Т.18, № 1. – С. 145-154.
4. Шихнабиева, Т.Ш. О представлении и контроле знаний в автоматизированных обучающих системах / Т.Ш. Шихнабиева // Информатика и образование. – 2008. – № 10. – С.55 – 59.
5. McKenney J. L., Clinical Study of the Use of a Simulation Model, The Journal of Industrial Engineering, N1, Jan. 1987.
6. Jacobson I. Object-Oriented Software Engineering. – s.l.:ASM press., 2004. – 528с.