**ГЛАВА 7. ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ОНТОЛОГІЧНОГО**

**ПРИЗНАЧЕННЯ**

**7.1. Аналіз функціональних можливостей засобів побудови онтологій**

Методологія проектування онтології ПдО (глава 4) допускає формування множин концептів, відношень, функцій інтерпретації та аксіом. Побудова вказаних множин вручну є трудомістким процесом, як за часом, так і по кількості залучених в процес проектування висококваліфікованих фахівців. Ручне проектування онтологій мало чим відрізняється від проектування експертних систем.

Розуміння важливості створення інструментальних засобів підтримки процесу проектування онтології заданої ПдО прийшло практично одночасно з прийняттям парадигми комп‘ютерних онтологій. На сьогодні відомо більше ста інструментальних програмних систем[[1]](#footnote-1) [5, 52, 91, 93, 154], які мають наступні характеристики.

1. ***Підтримуючі формалізми та формати представлення***.

Під формалізмом розуміється деяка формальна теорія, що лежить в основі способу представлення онтологічних знань (логіка предикатів, фреймові моделі, дескриптивна логіка, концептуальні графи та ін.). Формалізм суттєво впливає на внутрішні (комп‘ютерні) структури даних і може визначати їх формат представлення.

Формат представлення онтологій задає вид їх збереження в бібліотеці та спосіб передачі онтологічних описів іншим споживачам. В якості форматів розроблені мови представлення онтологій, найбільш відомими з яких є OWL, RDFS, KIF.

Деякі з відомих редакторів онтологій підтримують роботу з декількома формалізмами представлення, але тільки один формалізм і формат являються переважними для даного (конкретного) редактора [91].

1. ***Функціональність****.*

Є однією із самих важливих характеристик редакторів онтологій, під якою розуміється множина надаваних користувачу сценаріїв роботи з онтологічними структурами.

Базовий набір функцій забезпечує:

* роботу з одним або декількома проектами одночасно;
* графічний інтерфейс з користувачем;
* редагування онтології (створення, редагування, видалення концептів, відношень, аксіом та інших структурних елементів онтології).

1. ***Архітектура додатку, місце збереження онтологій, мова програмного забезпечення, інтерфейс користувача, доступність****.*
2. ***Додаткові можливості***.

До них відносять підтримку мови запитів, аналіз цілісності, використання механізму логічного виведення, підтримку віддаленого доступу через Інтернет, документування.

Відомі три групи ІнЗ онтологічного інжинірингу [154].

*До першої групи* відносять інструменти створення онтологій, які допускають підтримку сумісної розробки й перегляду, створення онтології у відповідності з заданою (довільною) методологією, підтримку міркувань.

*До другої групи* відносять інструменти об‘єднання, відображення та вирівнювання онтологій.

Об‘єднання допускає знаходження подібностей і розходжень між вихідними онтологіями та створення результуючої онтології, яка містить елементи вихідних онтологій. Для цього ІнЗ автоматично визначають відповідності між концептами або забезпечують графічне середовище, в якому користувач сам знаходить ці відповідності.

Процедура відображення заключається в знаходженні семантичних зв‘язків різних онтологій.

Процедура вирівнювання онтологій встановлює різні види відповідності між двома онтологіями, інформація яких зберігається для подальшого використання в додатках користувача *До першої групи* відносять інструменти [155].

*До третьої групи* відносять інструменти для анотування Web-ресурсів на основі онтологій.

Змістовний огляд відомих інструментів інженерії онтологій, в якому розглянуті основні функції та можливості ІнЗ, їх достоїнства, недоліки, порівняльний аналіз і опис відомих доступних онторедакторів наведено в [154, 156–158].

Загальними недоліками відомих інструментальних засобів є:

* відсутність процедур автоматичного (автоматизованого) формування компонент онтології;
* англомовний інтерфейс з користувачем, в якому (для більшості ІнЗ) не передбачено присвоєння імен компонентам онтології на російській чи українській мові;
* структуризація концептів виконується тільки по одному типу відношень;
* для більшості загальнодоступних ІнЗ не передбачена робота з великими по об‘єму онтологіями (наприклад, для OntoEditFree – до 50 концептів);
* більшість інструментів зберігає свої онтології в текстових файлах, що обмежує швидкість доступу до онтологій;
* задекларовані функціональні можливості для загальнодоступних інструментів найчастіше так і залишаються нереалізованими;
* недостатньо інформації для користувачів в інструкціях.

Описані вище недоліки відомих англомовних ІнЗ відбилися і в розробці аналогічних інструментів для російського сегменту, зокрема “Багаторівневий редактор онтологій” [159] “SIMER + MIR”, “OntoEditor+”[[2]](#footnote-2).

Вказані інструментальні засоби є закритими системами, тому оцінити їх функціональні можливості в повному обсязі не представляється можливим, хоча останній інструмент висвітлений в літературі достатньо і представляє собою найбільш близький прототип до описаного в наступних розділах інструментального комплексу автоматизованої побудови онтологій предметних галузей.

Інструментальна система візуального проектування “OntoEditor+” [160] є спеціалізованою СКБД. Система призначена для ручного редагування онтологій, що зберігаються в реляційній базі даних, а також обслуговування запитів користувачів і зовнішніх програм. Розширені можливості системи забезпечуються функціональним набором “Лінгвістичний інструментарій”, посередництвом якого реалізується вбудовування прикладної онтології в лінгвістичні додатки. Найбільш типовими задачами, що вирішуються за допомогою інструментарію системи “OntoEditor+”, є: задачі корпусного дослідження (завантаження корпусу, сегментація на речення, автоматичне ведення статистики по різним об‘єктам корпусу), вивчення структурних властивостей прикладної онтології за допомогою дослідницького інструментарію, побудова лінгвістичної оболонки прикладної онтології, покриття онтологіч­ними входами, побудова виведень по прикладній онтології та підтримка протоколів інформаційного обміну системи з зовнішніми програмними модулями, в тому числі з зовнішніми інформаційними ресурсами.

Для вирішення структурно складних задач (наприклад, добування з текстів інформаційної моделі алгоритмів) в певній проблемній ситуації, контролю структурної та інформаційної цілісності виділеної схеми алгоритмів, створена спеціалізована система обробки текстових документів “ЛОТА” [161], в яку входять три взаємодіючі підсистеми: підсистема лінгвістичного аналізу технічних текстів “Аналізатор”, підсистеми “Інтегратор” і “ OntoEditor+”.

Підсистема “Аналізатор” реалізує основні етапи лінгвістичної обробки тексту (графематичний, морфосинтаксичний і частковий семантичний аналіз).

Підсистема “Інтегратор” виконує зовнішній запит на добування знань з тексту. Структура зовнішнього запиту містить компоненти інформаційної моделі алгоритму. Зовнішній запит інтерпретується при взаємодії з підсистемою “OntoEditor+” як структура, що прив‘язана до прикладної онтології. Виділення компонент інформаційної моделі відбувається на основі механізмів ототожнення елементів дерева сегментів вихідного тексту (взаємодія з підсистемою “Аналізатор”) і елементів структури запиту (взаємодія з підсистемою “OntoEditor+”).

Основними вимогами при виборі редактора онтологій для практичних цілей являються:

* безкоштовне розповсюдження;
* локальний додаток Web-інтерфейсу;
* розширення функціональних можливостей додатку;
* можливість підключення плагінів, розроблених користувачами.

Аналіз численної літератури по онторедакторам показав, що наведеним вище вимогам задовольняє онторедактор Protégé. Він, крім того:

* найбільш широко використовується розробниками онтологій [156];
* версії додатку постійно поновлюються. Для версії 4.0 основними перевагами є: доступність більшого числа плагінів, в тому числі розуміння та генерація (англомовного) ПМТ, скріпти та ін.; конфігуровна (постійна) схема компонентів; створення, імпорт і експорт конфігуровних користувачем ярликів;
* реалізація будь-якої методології проектування онтології;
* наявність плагіну Prompt, виконуючого різні процедури маніпулювання двома онтологіями (зокрема, процедура Merge може слугувати прототипом процедури системної інтеграції онтологій предметних областей). На рис. 7.1 показані дві прості онтології з домену “Інформатика”, які об‘єднуються в онторедакторі Protégé плагіном Prompt, а на рис. 7.2 – результат вказаного об‘єднання;
* мовою програмного продукту є Java, що використовується також в оригінальних програмах інструментального комплексу, описаного нижче;
* наявність машини виведення;
* можливість присвоювати імена концептам онтології на російській або українській мовах;
* змістовна відповідність схем компонент онтології, що проектується, в Protégé і описаній в главі 4. Вказану відповідність представлено на рис. 7.3, на якому прийняті наступні скорочення:  – відношення “клас-підклас”,  – відношення “клас-властивість”,  – відношення “клас-елемент”,  – відношення “елемент-властивість”, *X*, *R*, *F*, *A* – компоненти формули (4.1).

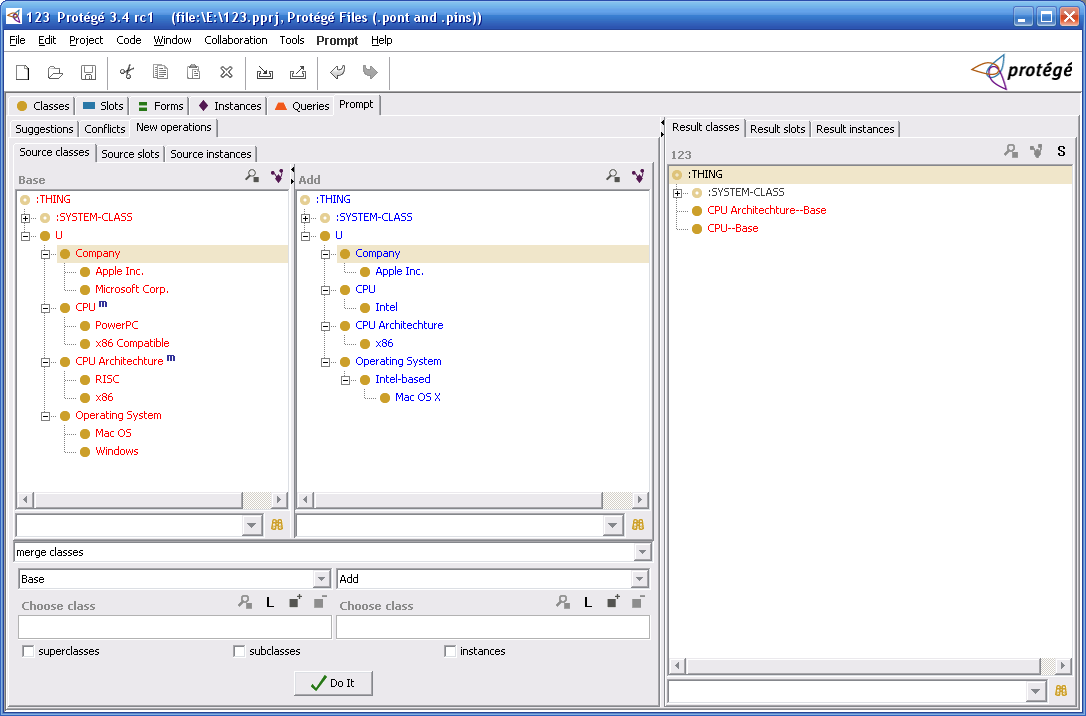


Рис. 7.1. Інтегруєма (base) та інтегрована (add) онтології в Protégé

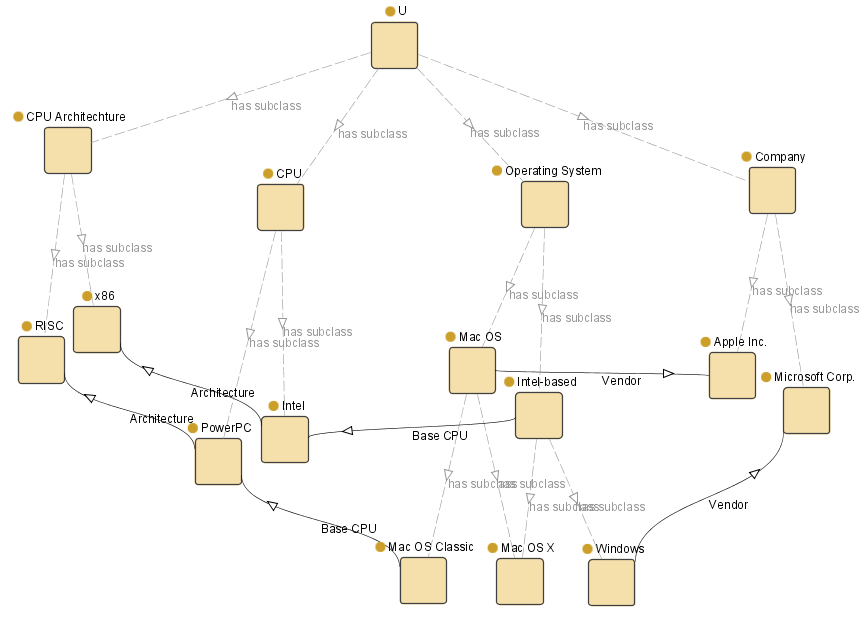
Рис. 7.2. Результат об‘єднання онтологій в Prompt



Рис. 7.3. Відповідність схем компонент проектуємої онтології в Protégé і (3.1)

**7.2. Інструментальний комплекс автоматизованої побудови  
 онтологій ПдО**

Інструментальний комплекс онтологічного призначення для автоматизованої побудови онтології в будь-якій предметній області є системою, що реалізує одне з напрямків комплексних технологій *Data & Text Mining*, а саме – аналіз і обробку великих об‘ємів неструктурованих даних, зокрема лінгвістичних корпусів текстів на українській і/або російській мові, добування з них предметних знань з послідуючим їх представленням у вигляді системно-онтологічної структури або онтології предметної області. ІКОП призначений для реалізації множини компонентів єдиної інформаційної технології:

* пошук в мережі Internet і/або в інших електронних колекціях (ЕлК) текстових документів (ТД), релевантних заданій ПдО, їх індексацію та збереження в базі даних;
* автоматична обробка природномовних текстів (Natural Language Processing);
* добування з множини ТД знань, релевантних заданій ПдО, їх системно-онтологічна структуризація та формально-логічне представлення на одній (або декількох) із загальноприйнятих мов опису онтологій (Knowledge Representation). Крім того, всередині цієї технології реалізується процедура побудови, візуалізації й перевірки семантичних структур синтаксичних одиниць ТД і понятійних структур заданої ПдО у вигляді несильно зв‘язаного онтографа, названого *початковою онтологією ПдО* (ПО ПдО);
* створення, накопичення та використання великих структур онтологічних знань у відповідних бібліотеках;
* системна інтеграція онтологічних знань як одна з основних компонент методології міждисциплінарних наукових досліджень;
* інші процедури, зв‘язані з автоматизацією придбання знань із множини природномовних об‘єктів.

ІКОП складається з трьох підсистем і представляє собою інтеграцію різного роду інформаційних ресурсів (ІР), програмно-апаратних засобів обробки та процедур природного інтелекту (ПІ), які, взаємодіючи між собою, реалізують сукупність алгоритмів автоматизованої, ітераційної побудови понятійних структур предметних знань, їх накопичення і/або системної інтеграції. Узагальнена блок-схема ІКОП представлена на рис. 7.4.

Підсистема ***Інформаційний ресурс*** включає блоки формування лінгвістичного корпусу текстів, баз даних мовних структур і бібліотек понятійних структур. Перший компонент представляє собою різні джерела текстової інформації, що поступає на обробку в систему. Другий компонент представляє собою різні бази даних обробки мовних структур, частина з яких формується (наповнюється даними) в процесі обробки ТД, а друга частина формується

Рис. 7.4. Узагальнена блок-схема ІКОП

до процесу побудови О ПдО і, по суті, є ЕлК різних словників. Третій компонент представляє собою сукупність бібліотек понятійних структур різного рівня представлення (від наборів термінів і понять до високоінтегрованої онтологічної структур міждисциплінарних знань) і являється результатом реалізації деякого проекту (проектування онтології ПдО і/або системної інтеграції онтологій).

Підсистема***Програмно-апаратні засоби*** включає блоки обробки мовних і понятійних структур і керуючу графічну оболонку (КГО). Остання, взаємодіючи з інженером по знанням, здійснює загальне керування процесом реалізації зв‘язаних інформаційних технологій.

Підсистема***Природний інтелект*** здійснює підготовку та реалізацію процедур попереднього етапу проектування, а на протязі всього процесу здійснює контроль і перевірку результатів виконання етапів проектування, приймає рішення про ступінь їх завершеності (і в разі необхідності – повторення деяких із них).

**7.2.1. Архітектурно-структурна організація та опис компонент ІКОП**

Архітектурно-структурна організація ІКОП представляє собою композицію трьох підсистем, зв‘язаних між собою керуючою графічною оболонкою й загальною інформаційною шиною (ЗІШ), і показана на рис. 7.5.

Підсистема***Інформаційний ресурс*** підрозділяється на зовнішній і внутрішній ІР. В свою чергу, зовнішній ІР підрозділяється на два види: перший із них створюється на основі першоджерел, передуючи процесу автоматизованої побудови онтології ПдО (ЕлК енциклопедичних словників, тлумачних словників і тезаурусів), другий – підключається в процесі створення О ПдО (мережа Internet, інші джерела ТД і розподілені бази знань).



Рис. 7.5. Архітектурно-структурна організація ІКОП

Внутрішній ІР також підрозділяється на два види. Перший з них створюється як результат реалізації алгоритмів автоматизованої побудови О ПдО (бібліотеки онтологій ПдО, онтологій ТД і термінів і понять домену ПдО), другий – створюється та використовується в процесі побудови О ПдО і представлений базою даних ТД.

***Електронні колекції енциклопедичних і тлумачних словників*** являються (за визначенням) загальнозначущими ресурсами знань в заданому домені прикладних областей. Вони містять, як правило, декілька визначень для кожного поняття з врахуванням смислових відтінків і орієнтованих на широке коло споживачів інформації. Таке представлення знань відповідає основним принципам побудови формальної онтології, а їх смислова інтерпретація є основним джерелом формування онтології ПдО для інженера по знанням.

Онтологія ПдО розробляється безвідносно до конкретної прикладної задачі і, тому, представляє собою деяку узагальнену (з точки зору ієрархії понять) і усереднену (з точки зору множин функцій інтерпретації понять) понятійну структуру предметних знань. З одного боку (перевага) онтологія ПдО є відкритою, загальнозначущою системно-онтологічною структурою, доступною до поповнення новими знаннями і/або адаптації до конкретного кола задач. З другої сторони (недолік) загальнозначущі структури не являються оптимальними для конкретних прикладних задач і потребують прикладення серйозних зусиль розробників, щоб стати такими. Наслідком вказаної вище переваги формальної онтології ПдО є її багатократне використання для різних наборів типових задач. Іншими словами, один раз побудована формальна онтологія ПдО придатна для вирішення будь-якого набору задач. Коли ж мова йде про пошук оптимальної онтологічної системи, необхідно адаптувати онтологічну базу знань до цільового застосування (виключити ланцюжки понять в онтографі, що не використовуються, конкретизувати множини функцій інтерпретації та обмежити значення ознак).

Друга складова зовнішнього ІР представляє собою сукупність джерел з природномовною та аналітичною (формально описані онтологічні бази знань) формами представлення інформації. Вони згруповані стосовно до задачі системної інтеграції технологій відповідно: автоматизованої побудови О ПдО та міждисциплінарних наукових знань. Причому, частина блоків являються загальними для обох технологій.

Таке джерело як ***мережа Internet*** не потребує додаткового пояснення, специфіка обробки добутої з мережі інформації проявляється в організації роботи пошукової системи та лінгвістичного процесора. В якості *інших джерел ТД* використовуються електронні бібліотеки, що вміщують файли монографій, науково-технічних статей та інших описів предметних знань.

***Розподілені бази знань***, технологія їх використання та обміну між зацікавленими учасниками, що входять в підсистему ПІ, представляють самостійну науково-технічну проблему. Концепція розвитку міждисциплінарних наукових досліджень, що торкається, в тому числі, і вказані вище питання, наведена в [99].

***Бібліотеки*** внутрішнього ІР є кінцевим результатом проекту (проектів), представляють собою глибоко структуроване сховище знань домену прикладних областей, яке шляхом застосування технології системної інтеграції перетворюється в ***загальний інтегрований простір трансдисциплінарних знань***.

Бібліотеки онтологій ПдО і ТД складаються з розділів, кожен з яких, в свою чергу, розбитий на дві частини – для збереження онтографа та формально-логічного опису. Бібліотека термінів і понять структурована по предметним областям. У відповідних записах понять проставлені індекси їх належності до відповідного рівня ієрархії (метаонтологія, онтологія домену або онтологія ПдО).

З накопиченням об‘ємів інформації в бібліотеках розширюються і їх функціональні можливості. Зокрема, системи різноманітних наукових знань, представлених системно-онтологічними структурами, можуть суттєво покращити якість наповнення електронних курсів (дистанційного) навчання, спроектованих на основі онтологічного підходу.

В подальшому, при досягненні в бібліотеках представницького об‘єму інформації, слід реалізувати “зворотній зв‘язок” для бібліотеки онтологій ТД і бібліотеки термінів і понять домену ПдО, коли результати роботи ІКОП стають джерелом вихідної інформації, що займає (по структурованості) проміжне місце між джерелами онтологій і джерелами ПМТ.

Другий вид внутрішнього ІР зв‘язаний з обробкою текстової інформації в лінгвістич­ному процесорі та пошуковій системі.

***База даних ТД*** підключена до лінгвістичного процесора (і пошукової системи) і зберігає оригінали текстових документів, проіндексованих у внутрішньому індексному форматі ІКОП. Вона також призначена для збереження множини ЛКТ різних ПдО домену.

Підсистема***Природний інтелект*** представлена процедурами підтримки роботи інженера по знанням і експерта в заданій ПдО. Інженер по знанням у взаємодії з керуючою графічною оболонкою (менеджером проекту) вибирає та запускає на виконання основні процедури інформаційної технології обробки текстової інформації. Експерт приймає участь в побудові категоріальних знань (початкової онтології) заданої ПдО і прийняття рішення про закінчення (або повернення до відповідного ітераційного циклу) процесу побудови онтографа ПдО.

Підсистема***Програмно-апаратні засоби*** представляє собою сукупність як оригінальних програмних модулів, що реалізують відповідні алгоритми етапів проектування О ПдО, так і відомих інструментальних засобів, що вільно розповсюджуються в мережі Internet, допускаючих розширення й вбудовування в системи користувачів, зокрема, інструментальна система Protégé [163]. Система Protégé використовується як один із основних компонентів модулів візуального проектування онтографа початкової онтології, перевірки онтографів, формування формалізованого опису проектованої онтології ПдО.

Окрім вказаного вище розподілу програмно-апаратних засобів на оригінальні та відомі, ця підсистема включає програмну оболонку *Менеджер проектів*, у склад якої входить ЗІШ, пошукова система, когнітивний лінгвістичний процесор [138] і сукупність програмних модулів, що реалізують процедури обробки мовних і предметних знань із заданого домену прикладних областей.

***Менеджер проектів*** – прикладна програма, яка керує всіма проектними процедурами. Він інтегрує всі компоненти ІКОП в одне об‘єднане середовище і виконує наступні функції:

* у взаємодії з інженером по знанням здійснює попереднє наповнення середовища зовнішні­ми електронними колекціями енциклопедичних, тлумачних словників і тезаурусів, що описують домен предметних знань;
* забезпечує запуск і послідовність виконання прикладних програм, що реалізують складові компоненти інформаційної технології проектування онтології ПдО і системної інтеграції міждисциплінарних знань;
* відображає хід процесу проектування;
* забезпечує інтерфейс з блоком ПІ (містить позиції меню для запуску як послідовностей, так і окремих прикладних програм, що використовуються в процесі проектування);
* індукує повідомлення про поточний стан проекту, його наповнення інформаційними ресурсами;
* забезпечує обмін інформацією між прикладними програмами і базами даних через ЗІШ.

***Пошукова система*** призначена для пошуку і добування з різних зовнішніх джерел текстової інформації та формування ЛКТ в базі даних ТД. В якості пошукової системи можуть бути використані як відомі програми пошуку, так і знання-орієнтована пошукова система [142]. В першому випадку відбір релевантних текстових документів заданої ПдО здійснюється традиційним способом задання ключів. У другому випадку вказана процедура реалізується в самій ЗОІС, де ця функція покладається на когнітивний лінгвістичний процесор. При цьому досягається суттєве підвищення релевантності знайдених документів по запиту користувача за рахунок зняття різного роду неоднозначностей і врахування “фонових” знань при обробці ТД. Запит інженера по знанням на пошук формується у вигляді онтографа запиту, побудованого на основі відповідного тезаурусу.

***Когнітивний лінгвістичний процесор*** (або процесор, заснований на знаннях) КЛП) виконує процедури лінгвістичного аналізу з врахуванням контекстних знань [138, 143, 164, 165]. КЛП включає модулі графемного, морфологічного та синтактико-семантичного аналізу. З одного боку, КЛП з‘єднаний з пошуковою системою, від якої до нього поступає множина ТД. З іншого боку КЛП з‘єднаний з ЗІШ Менеджера проектів, через яку оброблена лінгвістична інформація поступає у відповідні програмні модулі і/або бази даних. Окрім традиційних лінгвістичних процедур КЛП являється ведучим компонентом при наповненні бази даних ТД (для випадку, коли використовується відома пошукова машина), виконуючим відбір релевантних заданій ПдО текстових документів, складаючих ЛКТ.

***Програмні модулі*** представляють собою набір прикладних програм, що обробляють екстралінгвістичну інформацію, і формуючих понятійні структури різного рівня представлення.

Окремим програмним модулем є ***модуль керування бібліотеками***. Він виконує множину функцій (по суті, є системою керування деякою БД), основними з яких є:

* запис, накопичення та збереження інформації у відповідних бібліотеках;
* зчитування по запиту менеджера проектів із бібліотек запитаної інформації та її передача на ЗІШ;
* коректне представлення інтегрованої онтології ПдО сумісно з модулем системної інтеграції та ін.

Наступні три модуля маніпулюють екстралінгвістичною інформацією, отриманою після обробки в когнітивному лінгвістичному процесорі. По суті, ці три модуля формують списки елементів множин *X*, *R* і *F*, що являються компонентами схеми формальної моделі онтології ПдО.

***Модуль формування* *множини термінів***. Для автоматичного виділення термінів із множини ТД, що описують задану ПдО, використовується пошук і виокремлення субстантивних іменних словосполучень, які виражені схемою – “узгоджувані слова + іменник”. В цій моделі іменник є головним словом, а узгоджувані слова – залежними и можуть виражатися як прикметниками, так і іменниками. Словосполучення можуть включати в свій склад також прийменники і сполучники. Процедура виокремлення термінів із тексту включає два основних етапи.

На першому етапі відбувається безпосередній пошук в тексті слів і словосполучень – кандидатів у терміни. В якості однослівних термінів відбираються іменники та абревіатури. Процедура автоматичного виокремлення однослівних і багатослівних термінів використовує результати синтактико-семантичного аналізу тексту. Розпізнавання поверхневих семантичних відношень здійснюється за допомогою аналізу флексій повнозначних слів, враховуючи прийменники і сполучники, без повного попереднього граматичного розбору.

Багатослівні терміни формуються за допомогою певних типів відношень між словами речення, шляхом поступового приєднання слів до однослівного терміну-іменника. Для термінів – іменних словосполучень використовуються наступні основні типи відношень між словами: об‘єктне, приналежність (між двома іменниками), визначальне (між прикметником та іменником), однорідні слова (між двома іменниками або двома прикметниками). Виділені групи слів перевіряються на відповідність заданим *шаблонам термінів*. Порядок розміщення в реченні слів, утворюючих термін, може точно не відповідати заданому шаблону, але обов‘язковою умовою виокремлення терміну є відповідність відношень між словами певним типам відношень.

На другому етапі список кандидатів в терміни фільтрується: враховується значимість виокремлених словосполучень (наближення в дереві розбору до підмета або присудка речення) і частота, з якою вони зустрічаються в тексті.

По результатам роботи цього модуля в м***одулі побудови* *лінгвістичної онтології ПдО*** формується лінгвістична онтологія ПдО, яка являється сполучною ланкою при переході від обробки мовних знань до формалізації та обробки предметних знань. Слід відмітити, що побудова ЛО ПдО виконується при розробці онтолого-керованої інформаційної системи заданої ПдО.

***Модуль формування* *множини понять***. Під поняттям будемо розуміти узагальнену модель деякого класу предметів по певним, загальнозначущим, специфічним для нього ознакам. Основою для формування множини понять є виокремлені терміни. Автоматичне формування понять виконується шляхом пошуку *визначень термінів*, які в явному вигляді наведені в текстових документах і електронних колекціях енциклопедичних, тлумачних словників і тезаурусів*.* По закінченні процедури формування множини понять у відповідну бібліотеку записуються множини понять і термінів.

***Модуль формування* *множини відношень***. Він використовує виокремлені синтактико-семантичні відношення й інформацію з лексикографічної бази даних про онтологічні ознаки для слів з граматичними характеристиками дієслова, дієприкметника, дієприслівника та іменника. Для різних типів відношень визначені лінгвістичні способи їх опису в тексті. Перетинання множин онтологічних ознак і синтактико-семантичних відношень дозволяє сформувати множину відношень між поняттями.

***Модуль* *побудови онтології ТД*** маніпулює елементами множин термінів, понять і відношень, отриманих після обробки деякого текстового документа в попередніх модулях і записаних у відповідну бібліотеку. Спочатку з множин термінів і понять виокремлюються характеристики.

Далі послідовно виконуються дві основні процедури цього модуля – побудова онтографів синтаксичних одиниць ТД і почергове їх склеювання в онтограф ТД. І на завершення до понять останнього формуються множини функцій інтерпретацій з використанням приписаних понять-властивостей.

В разі необхідності модуль побудови онтології ТД може запросити інформацію про синтаксичні дерева речень відповідного ТД або навіть звернутися до його оригіналу. Потім онтограф ТД передається в модуль візуального проектування, де інженер по знанням виконує його перевірку.

Особливістю наступних двох модулів є те, що вони реалізовані на основі відкритого програмного коду відомої інструментальної системи Protégé.

***Модуль візуального проектування*** складається з двох частин – розробки початкової онтології ПдО і перевірки онтографа ПдО. Цей модуль забезпечує етапи ручного, неавтоматизованого проектування онтології ПдО. Керуючі процедури та інформаційне наповнення поступають до нього через керуючу графічну оболонку. Модуль реалізує дві важливі функції ІКОП – ручне проектування початкової онтології ПдО та перевірку онтографа спроектованої онтології ПдО.

***Початкова онтологія ПдО***, по суті, є “розмитою”, когнітивно-графічною схемою базової структури понять ПдО. Від якості її укладання залежить кількість ітераційних повторів окремих етапів проектування, що врешті впливає на економічні показники проектування.

Схема названа “розмитою”, тому що структура зв‘язків між поняттями не однозначно визначена відповідними відношеннями. Два зв‘язаних поняття можуть не відображати зв‘язки типу “клас–підклас”, “рід–вид”, “ціле–частина” та ін., а бути зв‘язаними лише відношенням меронімії. І між ними (вершинами-поняттями ОГ) в процесі проектування онтології ПдО допускається вбудовування будь-яких ланцюжків вершин-понять, але з конкретизованими зв‘язками або дугами ОГ (конкретними іменами відношень). Когнітивно-графічною схема названа тому, що блок ПІ при її складанні керується “глибинними” знаннями ПдО, вибирає з них базові, що визначають поняття та представляє їх у графічній (графовій) формі.

***Перевірка (evaluation) онтографа ПдО***. Друга частина модуля призначена для інтерактивної оцінки (перевірки та корекції) онтографа ПдО, в загальному випадку представленого ациклічним графом. Ведуча роль при виконанні цієї процедури закріплена за експертом в заданій ПдО, так як тільки він в повній мірі володіє сукупністю предметних знань. Перевірка може бути виконана як “зверху–вниз”, так і “знизу–вверх”. Однак на практиці частіше за все застосовується комбінована методика, перевірка починається з середніх вершин ОГ (так як саме вони найчастіше зустрічаються в описах ТД) і розширюється паралельно вверх і вниз по дугам онтографа. Візуалізація та коректування вершин і дуг ОГ провадиться в графічному вікні системи Protégé. Меню графіки містить достатній набір команд[[3]](#footnote-3), що забезпечують реалізацію вказаних функцій, оперуючих ОГ. Процедура перевірки завершується переглядом (і коректуванням) всіх ланцюжків (шляхів) в онтографі. Окремим випадком процедури оцінки онтографа ПдО є перевірка онтографа ТД.

Описана процедура перевірки являється заключною перед прийняттям рішення інженером по знанням сумісно з експертом ПдО про закінчення процесу проектування. Далі до онтографа приєднуються функції інтерпретації відповідних вершин-понять. Вказане приєднання виконується у вікні індикації фреймів і слотів системи Protégé. При цьому формується внутрішньо системне представлення онтології ПдО, яке передається в модуль формування формалізованого опису онтології ПдО.

***Модуль формування формалізованого опису онтології***в автоматичному режимі формує формалізований опис онтології ПдО на одній із загальноприйнятих мов опису онтологій (і як таких, що рекомендуються консорціумом W3C), підтримуючих системою Protégé (OWL, RDFS) і передає для збереження (під керуванням менеджера проектів і модуля керування бібліотеками) в бібліотеку онтологій ПдО.

***Модуль побудови онтології ПдО*** є одним з основних компонент інструментального комплексу й виконує наступні функції:

– зчитує з модуля візуального проектування початкову онтологію ПдО. Із ЕлК зчитує визначення понять, що входять в початкову онтологію, і формує множину функцій інтерпретації;

– зчитує з відповідної бібліотеки онтографи та формалізовані описи онтологій ТД, перевіряє їх на несуперечність;

– аналізує на повноту множину функцій інтерпретації. Проглядає ЕлК енциклопедичних, тлумачних словників і тезаурусів та доповнює останні у відношенні відповідних понять-об‘єктів і понять-процесів. Крім того, в процесі перегляду можуть бути уточнені й доповнені відповідні відношення між поняттями;

– в процесі побудови онтології, за необхідності, звертається до будь-якого інформаційного сховища;

– виконує почергове “склеювання” онтографів і функцій інтерпретації онтологій ТД;

– виконує “склеювання” загального онтографа ТД і множин функцій інтерпретації з онтографом і множинами функцій інтерпретації початкової онтології відповідно;

– передає отриманий результат в модуль візуального проектування на перевірку.

***Модуль системної інтеграції онтологій*** є основним компонентом при реалізації технології системної інтеграції міждисциплінарних наукових знань. Він підтримує процедуру інтеграції двох онтологій, одна з яких є вихідною, задається інженером по знанням і знаходиться в бібліотеці онтологій ПдО, а друга надходить до нього від деякої розподіленої бази знань[[4]](#footnote-4). В результаті буде побудовано комп‘ютерний прототип загального інтегрованого простору трансдисциплінарних знань.

**7.2.2. Алгоритм автоматизованої побудови онтології ПдО**

ІКОП призначений для реалізації низки інформаційних технологій, які інтегруються в дві великі групи – автоматизована побудова онтології ПдО і системна інтеграція міждисциплінарних наукових знань. Ці групи технологій синтезовані з концептуальної моделі інтегрованої ІТ обробки знань, що містяться в природномовних об‘єктах (див. 1.1.2). Наведемо ланцюжки компонент-технологій, що входять до вказаних вище груп, і опишемо їх узагальнені алгоритми [2, 5, 49, 66, 142, 143, 165, 166].

***Інтегрована технологія автоматизованої побудови онтології ПдО*** ::= *Пошук в мережі Internet і/або інших ЕлК текстових документів* (Т1) → *Автоматична обробка ПМТ* (Т2) → *Добування, структурування та формально-логічне представлення знань* (Т3) → *Створення, накопичення й використання баз онтологічних знань з великим об‘ємом інформації* (Т4).

На рис. 7.6 наведено узагальнений алгоритм процесу автоматизованої побудови онтології ПдО, що реалізує наведений вище ланцюжок технологій.

Опишемо етапи узагальненого алгоритму.

Попередній етап (п. п. 1–4).

Інструментальний комплекс призначений для автоматизованої побудови онтології для *будь-якої* предметної області і в його слад входять як оригінальні, так і відомі програмні модулі. Тому вимагаєтьсяся попереднє налагодження компонент системи, що (в основному) виконується вручну інженером по знанням. Він вказує системі, для якої ПдО буде будуватися онтологія, яка вибрана формальна мова опису онтологій та ін. Більшість налагоджень виконується в центральній програмі – керуючій графічній оболонці. В графічному вікні *Меню* КГО задаються види і способи реалізації ручних кроків проектування, кращі варіанти їх реалізації, граничні значення (інтервали) деяких параметрів та ін.

Електронні колекції енциклопедичних і тлумачних словників (і тезаурусів) ІКОП є зовнішнім ІР, створюваним на попередньому етапі процесу проектування. Тому реалізація цього кроку не регламентована методикою проектування.

Інженер по знанням самостійно вибирає джерела вказаних інформаційних ресурсів і шляхи реалізації цього кроку проектування.

У взаємодії інженера по знанням і КГО виконується збір інформації про наявні інформаційні ресурси. Менеджер проектів через ЗІШ звертається або безпосередньо, або через програмні модулі, КЛП і пошукову систему до відповідних баз даних і пам‘яті. Результати збору інформації відображаються у вікні *Меню* КГО.

Далі виконується ідентифікація пошукової системи (відомої чи оригінальної), що мається в розпорядженні комплексу.



Рис. 7.6. Узагальнений алгоритм процесу автоматизованої побудови онтології ПдО

Звичайно, на попередньому етапі здійснюється і низка окремих налаштувань, що відносяться до конкретних компонентів комплексу та алгоритмів їх роботи.

Пошук у зовнішніх джерелах текстових документів (п. п. 5–8).

П. 5 реалізується у випадку використання в середовищі оригінальної, знання-орієнтованої пошукової системи. При цьому запит на пошук ЛКТ ПдО задається інженером по знанням у вигляді розширеної специфікації, складеної на природній мові. Потім ця специфікація передається в КЛП і ЗнПС. Останні, у взаємодії, формують онтографи запитів на пошук ТД.

При використанні в ІКОП традиційної пошукової системи інженер по знанням формує набір ключових слів, сукупність яких представляє собою запит на пошук ТД.

Далі виконується пошук в зовнішніх джерелах текстових документів і їх попередня обробка (для випадку використання ЗнПС).

Із всього набору найдених текстових документів формується лінгвістичний корпус текстів, що безпосередньо відносяться (релевантні) до заданої ПдО. Рахується, що він є представницьким. Далі когнітивний лінгвістичний процесор (для випадку ЗнПС – сумісно) виконує індексацію ТД у внутрішньому форматі ІКОП і запис в базу даних ТД.

Автоматична обробка ПМТ (п. п. 9–10).

Ця технологія по часовим витратам є найбільш трудомісткою. З іншої сторони, вона добре пророблена [65, 66, 85, 86, 143, 165 та ін.].

Добування, структурування й формально-логічне представлення знань (п. п. 11–21).

До знань в даній технології прирахована вся екстралінгвістична інформація, виокремлена із ЛКТ і отримана після обробки в когнтивному (знання-орієнтованому) лінгвістичному процесорі. Структурована в понятійні структури, вона переходить у види онтографового та формально-логічного представлень. Результати роботи КЛП, представлені у виді синтаксичних, семантичних і концептуальних графів, записуються у відповідну пам‘ять. Сформовані на попередньому кроці графові представлення ТД вже містять попередні набори термінів і відношень. На цьому кроці відбувається їх остаточне формування у вигляді списків в модулях формування множин термінів і відношень. Результати роботи вказаних модулів є вихідною інформацією для модуля формування множин понять. При цьому використовуються визначення та описи термінів із енциклопедичних, тлумачних словників і тезаурусів домену предметних областей.

Далі виконується запис сформованих на попередньому кроці списків термінів і понять у відповідну бібліотеку. Ці списки використовуються на етапі структурування знань і можуть уточнюватися в процесі обробки.

Потім виконується побудова початкової онтології ПдО в інтерактивному режимі. Воно може бути виконано і паралельно з попередніми кроками технології Т4, якщо для підсистеми ПІ немає необхідності в перегляді сформованого списку понять.

Далі виконується побудова онтографів для кожного текстового документа (такі онтографи є першою компонентою в онтології ТД) і їх формалізовані описи. Для цього, внутрішнє представлення онтографів ТД передається у відповідний модуль. Сформований в останньому результат передається обернено в модуль формування онтологій ТД, в якому формується остаточне представлення онтологій ТД. Відмітимо, що проміжні результати, отримані в модулі системи Protégé, доступні для перегляду в підсистемі ПІ. Після цього виконується завантаження початкової онтології ПдО в модуль формування онтології ПдО.

Наступний крок є основним у всьому узагальненому алгоритмі. В ньому виконується побудова (а у випадку необхідності – і коректування) загального онтографа О ПдО. Вихідним є онтограф ПО ПдО. До нього почергово приєднуються (“склеюються”) онтографи текстових документів. По запиту підсистеми ПІ процес “склеювання” може бути візуалізовано в системі Protégé і відкореговано.

На завершення цього етапу виконується остаточна оцінка онтографа О ПдО і якщо онтограф побудований коректно – формується формалізований опис О ПдО.

Створення, накопичення й використання баз онтологічних знань з великим об‘ємом інформації (п.п. 22–24).

Ця технологія по своєму змісту являється ємною і в узагальненому алгоритмі, що розглядається, представлена тільки створенням і накопиченням інформації у відомих СКБД. Структурування та добування із неї інформації регламентується відповідними описами.

На цьому етапі виконується запис онтографа, формалізованого опису початкової онтології ПдО, онтологій текстових документів і онтології ПдО у відповідні бібліотеки онтологічних інформаційних структур.

**7.3. Методологія системної інтеграції міждисциплінарних наукових знань**

Як відмічалось раніше, розробка методів та засобів побудови формальних комп‘ютерних онтологій та їх системної інтеграції інтенсивно розвивається й націлена на підвищення ефективності ***наукових досліджень*** (НД) складних предметних областей і в першу чергу, міждисциплінарних НД. Разом з тим слід відмітити, що теорія пізнання як основа формування методології та процесів НД перетерплює сьогодні радикальні зміни. По-перше, в системі наукового знання проходять інтенсивні процеси диференціації та інтеграції знань, розвиваються комплексні та міждисциплінарні дослідження, нові способи та методи пізнання, методологічні настанови, з‘являються нові елементи картини світу, виділяються нові, більш складні типи об‘єктів пізнання, що характеризуються історизмом, універсальністю, складністю організації, які раніше не піддавались теоретичному (математичному) моделюванню. Одне з таких нових напрямків у сучасному природознавстві представлено синергетикою.

Наступним кроком розвитку міждисциплінарних наукових досліджень, і теорії баз знань, зокрема, є теоретично обґрунтоване об’єднання (або *системна інтеграція*) вже розроблених як загальнодоступних онтологій, так і комерційних баз знань для різних прикладних задач, проблем, цілих предметних галузей і трансдисциплінарних знань загального характеру. В [99] сутність системної інтеграції сформульована наступним чином: “Сталі знання сукупності наукових дисциплін можна представити в формі інтегрованої ієрархічної мережі наукових теорій (різного рівня розвитку, змістовності та охоплення дійсності), складові яких, можливо, зв’язані посередництвом загальних об’єктів дійсності”. Там же говориться про мету міждисциплінарних досліджень – наближення до побудови загальнонаукової картини світу – а також про системну інтеграцію знань (онтологій) як однієї з важливих задач в досягненні вказаної мети.

***Системна інтеграція*** двох і більше онтологій представляється далеко не тривіальною задачею. Її алгоритми не пророблені, вимагають ретельної перевірки та апробації на представницькій множині онтологій. Перелічимо його (алгоритму) основні кроки.

1. Зчитування вихідної онтології ПдО із відповідних інформаційних джерел (бібліотеки).
2. Розкладення вихідної онтології на списки множин концептів, відношень і функцій інтерпретації.
3. Повторення кроків 1, 2 для онтології, що інтегрується.
4. Для порівнювальних елементів множин понять перевірка на відповідність множин відношень і функцій інтерпретації. При цьому треба враховувати співпадання/неспівпадання імен понять-об’єктів і понять-процесів.
5. Побудова загальних онтографа та функцій інтерпретації двох онтологій.
6. Передача отриманої загальної онтології в модуль візуального проектування на верифікацію. Далі процедури перевірки, формування формалізованого опису та запис в бібліотеку аналогічні для описаної раніше схеми побудови онтології ПдО.

***Системна інтеграція міждисциплінарних наукових знань*** ::= *Пошук в мережі Internet і/або інших ЕлК онтологій ПдО* (Т1) → *Системна інтеграція онтологічних знань* (Т5) → *Добування, структурування та формально-логічне представлення знань* (Т3) → *Створення, накопичення та використання баз онтологічних знань з великим об’ємом інформації* (Т4).

На рис. 7.7 приведений узагальнений алгоритм роботи ІКОП для процесу системної інтеграції міждисциплінарних наукових знань, що реалізує наведений вище ланцюжок технологій. На ньому прийняті наступні скорочення: Ових – вихідна онтологія; Оін – онтологія, що інтегрується; О\* – інтегрована (результуюча) онтологія.

Опишемо етапи узагальненого алгоритму.

Попередній етап (п. п. 1–3).

Кроки попереднього етапу для обох алгоритмів, в загальному, аналогічні. Нижче відмітимо тільки їх особливості для алгоритму, що описується.

На цьому етапі інженер по знанням задає вихідну онтологію (онтологію, яка рахується правильно побудованою (з математичної точки зору) і переважною, коли необхідно зробити вибір між компонентами двох онтологій Ових і Оін) та вибирає джерела ЕлК для допускаємих до інтеграції онтологій, а також виконується збір інформації про вміст баз даних словників і бібліотеки онтологій ПдО, який потім відображається у вікні *Меню* КГО.

Пошук в зовнішніх джерелах онтологій ПдО (п. п. 4–6).

Реалізація цього кроку повністю залежить від професіональних навиків інженера по знанням і здійснюється в ручному режимі. Він ініціює процедуру пошуку в зовнішніх джерелах онтологій предметних знань і їх попередню обробку. Остання може заключатися, зокрема, в перегляді графічного та аналітичного представлень у відповідних вікнах системи Protégé. Далі підсистема ПІ приймає рішення про вибір онтології, що інтегрується, із сукупності знайдених.

Системна інтеграція онтологічних знань (п. п. 7–14).

Спочатку в модуль системної інтеграції завантажується вихідна онтологія та онтологія, що інтегрується, після чого виконується їх декомпозиція на вихідні кортежі  (при цьому поняття-об’єкти й поняття-процеси представлені загальним списком) і поелементне порівняння компонент кортежів. Головними компонентами для порівняння є *Х*вих и *Х*ін. Після порівняння імен вказаних компонентів, далі порівнюються компоненти *F*вих і *F*ін, а потім *R*вих і *R*ін. В процесі порівняння складаються відповідні списки, необхідні для виконання наступних дій.

Далі виконується формальне об’єднання двох онтографів в один, загальний онтограф *ОГ*\* інтегрованої онтології *О*\* та ручне коректування змістів онтографів *ОГ*вих і *ОГ*ін в модулі візуального проектування.

Добування, структурування та формально-логічне представлення знань

На цьому етапі виконується заключна перевірка побудованого *ОГ*\* і в підсистемі ПІ

Рис. 7.7. Узагальнений алгоритм роботи ІКОП для процесу  
 системної інтеграції онтологічних знань

приймається рішення про закінчення процесу інтеграції онтологій. У випадку коректної побудови результуючого онтографа складається формалізований опис інтегрованої онтології *О*\* у відповідному модулі.

Створення, накопичення та використовування баз онтологічних знань з великим об’ємом інформації (п. 15).

На завершення виконується запис заключного результату роботи узагальненого алгоритму – інтегрованої онтології *О*\* – у відповідний розділ бібліотеки онтологій ПдО.

**7.4. Перспективи дослідження проблем системної інтеграції онтологічних  
 знань**

Дослідження проблем системної інтеграції онтологічних знань необхідно розглядати в контексті міждисциплінарних наукових досліджень (МНД), хоча вони мають і самостійне науково-практичне застосування. Концепція розвитку МНД викладена в [99], в якій методологія системної інтеграції онтологічних знань, побудова онтологізованих систем знань предметних галузей є одними з головних складових компонентів. При цьому основну роль відводиться формальним (комп’ютерним) онтологіям предметних галузей.

Онтології дозволяють формалізувати та компактно представлять накопичені знання, одночасно визначаючи та об‘єднуючи термінологію різних предметних галузей, будувати єдину наукову картину світу як результат комплексних трансдисциплінарних досліджень [167].

При цьому онтології можна представити не просто у вигляді складених компонентів, а як універсальний інструмент міждисциплінарних наукових досліджень у вигляді піраміди найбільш важливих узагальнених функцій онтолого-керованих інформаційних систем (рис. 7.8).

***Загальна характеристика міждисциплінарних досліджень***

Знання сукупності наукових дисциплін можна представити в формі інтегрованої ієрархічної мережі наукових теорій (різного рівня розвинутості, формальності, змістовності та охоплення дійсності), складові частини яких, можливо, зв‘язані через загальні об‘єкти дійсності (онтологічні категорії).

В найбільш загальному вигляді внутрішньо-дисциплінарний генезис науки має дві складові частини: приватні теорії, вирішуючі специфічні проблеми відносно частини об‘єктів дисципліни, і фундаментальні, фіксуючі найбільш загальні знання відносно всієї області дисципліни: від фундаментальної до окремих теорій, які поглиблюють її. Всяке міждисциплінар­не дослідження складається з виявлення нових відношень між поняттями вихідних дисциплін, у встановленні нової системи законів, які їх зв‘язують, і синтезі прагматики вирішення нових, все більш складних задач [99]. При цьому знання вихідних дисциплін можуть оставатися незмінними (найпростіший, лінійний, випадок міждисциплінарної взаємодії), включеними повністю (або вибірково) в нову ієрархічну структуру або модифікуватися, розвиватися завдяки процесам обміну парадигмальними установками, поняттями та методами різних наук (нелінійна міждисциплінарна взаємодія), що являється відображенням сутності міждисциплінарної проблеми. Нелінійна міждисциплінарна взаємодія в сукупності з проблемною орієнтацією – загально признана норма еволюції сучасної науки [39].



Рис. 7.8. Узагальнені функції ОКІС

При цьому де-факто формується нова трансдисциплінарна теорія, можливо, і наукова область, і нескінченно повторюється ітераційний процес (від одних дисциплін – через міждисциплінарні дослідження – до нових дисциплін з новим предметом дослідження) в напрямку наближення до цілісної ***загальнонаукової картини світу*** [99].

Проблемні ситуації, що виникають на шляху нескінченого процесу пізнання, постійно ускладнюються, охоплюють кожен раз все більше явищ дійсності, і превалююча їх частина потребує проведення міждисциплінарних досліджень.

Отже, сутність проблеми оптимізації інформаційної підтримки МНД проявляється в забезпеченні ефективності проведення наукових досліджень завдяки подоланню перешкод в *міждисциплінарній взаємодії* в сучасній науці.

Вирішення цієї проблеми є ключем, який прискорить темпи розвитку науки і науково-технічного прогресу суспільства в цілому. Це можливо лише в результаті створення методології, інформаційних систем і технологій, адекватних сучасним процесам професійної діяльності вчених.

Вирішення цієї проблеми залежить від комплексу умов (наукових, організаційних, матеріально-технічних, фінансових і кадрових).

Кожну із реальних проблем, з формальної точки зору, можна представити як певну ієрархічну мережу складових частин проблем, що належать до різних наукових теорій (дисциплін) або її розділів, теорій.

У світовій науці *відсутня системна методологія* й певна форма загальноприйнятої або *ведучої конструктивної наукової теорії*, які б забезпечили постановку та ефективне вирішення будь-яких наукових проблем не тільки міждисциплінарних досліджень, а і окремих розділів науки. Основними факторами такої ситуації є її (методології) *надвисока складність і комплексний характер*. Великі трудовитрати приходяться на пошук, екстракцію та формалізоване конструктивне представлення існуючих у світовому просторі знань, наступне їх перетворення в зручну для дослідника форму. Така форма, яка відповідає вимогам конструктивності, уніфікованості, інтеграційної повноти й когнітивної досконалості названа в [99] *канонічною.*

***Оптимізація міждисциплінарних наукових досліджень***

Дослідження та розробка комплексу інформаційних технологій і систем підтримки МНД, створення умов для суттєвого зростання продуктивності професійної діяльності вчених, підвищення ефективності, рівня та місця науки (перш за все вітчизняної) в державі та світовому суспільстві дозволяють сформулювати і запропонувати широкому колу наукових дослідників загальну концепцію оптимізації системно-інформаційної підтримки міждисциплінарних наукових досліджень.

*По-перше*, враховуючи природний розвиток науки та зростання вимог до неї зі сторони суспільства основою керування міждисциплінарними дослідженнями повинні стати інтегровані інформаційно-технологічні системи, що забезпечують організаційні процеси, моніторинг наукових досліджень, регламентацію всіх етапів їх життєвого циклу (включаючи електронний документообіг), аналіз та оцінку результатів досліджень і прийняття на цій основі рішень та визначення актуальних напрямків и т. ін. На цих засадах необхідно створити *загальний інтегрований простір трансдисциплінарних знань*, де синергетично будуть взаємодіяти численні колективи професіоналів різних предметних галузей, які зосередять увагу на вирішенні найважливіших трансдисциплінарних науково-практичних проблем. Їх роботу в реальному часі й просторі будуть підтримувати ефективні інформаційні технології, що дозволять перетворити наявні знання в кінцевий товар, що вимірюється в показниках кількості та якості й такий, що має певну ціну.

*По-друге*, (один з головних векторів концепції) – визначення та втілення необхідних і достатніх умов для ефективного функціонування *конструктивних знань*.

Для цього необхідно перейти від режиму недетермінованого продукування й використання знань суб‘єктами наукового процесу до режиму *ефективного керування знаннями* та їх застосування (knowledge management). При цьому актуалізуються не тільки знання та їх якість, а і *метазнання* (тобто знання про знання), які забезпечують функціонування агентних технологій і ринкових механізмів (перш за все їх товарний статус).

Таким чином, ефективні інформаційні технології міждисциплінарних наукових досліджень повинні будуватися на основі наукової теорії та конструктивній системній методології, розробці нових інформаційних технологій, бути придатними для постановки та вирішення наукових проблем МНД високої складності й забезпечуватися ефективною інфраструктурою управління процесами МНД, а отже і Knowledge Management.

Створення інформаційних технологій базується на комп‘ютерно-мережевих системах нового покоління (інтелектуальних корпоративних мережах, грід-системах и т. ін.), які інтегрують надшвидку телекомунікаційну систему, знання-орієнтовану архітектуру, засоби обробки та представлення інформації, математичне забезпечення.

*Ядро* інтегрованих інформаційних технологій для МНД складають системно-інтегровані бази конструктивно представлених знань, розподілені знання-орієнтовані послуги, що забезпечують високоорганізований доступ до інформаційних і обчислювальних ресурсів, виконання таких функцій, як: виявлення закономірностей, сортування даних і підтримка прийняття рішень, підготовка задач, планування, вирішення трансдисциплінарних задач, віртуалізація кооперативної взаємодії, аутсорсинг, застосування сучасних методів обробки мультимедійних інформаційних ресурсів у віртуальному гіперпросторі, проведення відеоконференцій і т. ін.

***Очікувані результати***

В результаті реалізації вказаної концепції буде сформовано *концептуально єдиний інтегрований інформаційний простір знань*, представлених в канонічній формі, й сукупність адекватних взаємно узгоджених комп‘ютеризованих інформаційних технологій ефективної підтримки всіх складових частин професійної діяльності дослідника: від постановки і конструктивного вирішення будь-яких наукових проблем до безпосереднього практичного впровадження результатів наукової діяльності.

Створення *інтегрованих інформаційних технологій*, які забезпечать виконання науково-дослідницьких робіт не тільки в конкретній предметній галузі, а й за часу вирішення *складних міждисциплінарних проблем*, – реальний шлях вирішення поставленої проблеми.

Новий арсенал дозволяє високоефективні методи та засоби створення нового покоління комп‘ютерів, кооперативної взаємодії дослідників, трансдисциплінарної інтеграції знань, інтелектуального пошуку інформації, конструктивізації та когнітивізації знань и т. ін.

Завдяки об‘єднанню найбільш важливих креативних ознак (уніфікована, конструктивна форма) при умовах всебічної їх підтримки засобами інформаційних технологій (і законодавством) наукові знання набудуть ознак кінцевого товару: готовність до без*посереднього застосування, вимірюваність* показників об‘єму і якості, та *вартості*.

На завершення, відзначаючи системотвірну роль інформатики, перелічимо основні компоненти оптимізації інформаційно-технологічної підтримки міждисциплінарних НД.

1. Розробка системології та математичних основ МНД.
2. Підтримка основних процесів МНД: моніторинг і управління знаннями, регламентація процесів і документів, прийняття рішень (виявлення актуальних напрямків), управління науково-технічними програмами.
3. Формалізація знань, конструктивізація наукових теорій: побудова онтологічних систем знань предметних областей (методика, глосарії та індексовані комп‘ютерно-онтологічні тлумачні словники предметних знань, енциклопедій і метаонтологій); пошук і формалізація знань із різних інформаційних джерел, створення баз (мереж) знань (включаючи комерційні з вирішенням проблем економізації знань і засобів підтримки інтелектуальної власності (зокрема, персональних баз знань)).
4. Розробка прикладних систем: системи управління стратегічного рівня (управління державою, економікою, наукою); віртуальні науково-іноваційні та науково-навчальні центри і лабораторії, електронні курси та книги; системи медико-екологічного моніторингу та ін.

1. Такі системи в літературі зазвичай іменуються редакторами онтологій. [↑](#footnote-ref-1)
2. “OntoEditor+” розроблений групою дослідників Казанського університету (Росія) під керівництвом проф. Невзорової О.А. [↑](#footnote-ref-2)
3. Недостаючі команди реалізуються окремими програмними процедурами (плагінами) і вбудовуються в систему. [↑](#footnote-ref-3)
4. Така ж схема об‘єднання онтологій прийнята в системі WonderWeb [106]. [↑](#footnote-ref-4)