

УДК 681.3

Опубліковано 20 серпня 2022 року

МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ОСІЄВСЬКИЙ Сергій Валерійович 

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

ТРЕТЯК Вячеслав Федорович 

кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник,
науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил
Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

УКРАЇНА

Анотація: Розвиток онтологічного інжинірингу, а також знання-орієнтованих інформаційних систем (ЗОІС), пов'язане з вдосконаленням методів комп'ютерної обробки предметно-орієнтованих знань. Зрозуміло, що добре опрацьовані методи і засоби обробки інформації для вирішення прикладних завдань в вузькоспеціалізованих предметних областях (ПрО) недостатні для вирішення комплексних завдань, пов'язаних з пошуком релевантної інформації, її лінгвістичним аналізом, формально-логічним поданням в рамках відповідної теорії, вибіркою предметних знань та їх подальшим використанням для вирішення прикладних завдань в довільних ПрО. Звідси випливає актуальність і важливість розробки нових наукових методів і підходів до побудови ЗОІС, відповідних технологій і, нарешті, інструментальних засобів автоматизованої побудови баз знань ПрО.

ВСТУП.

Розробка ЗОІС – важлива проблема, яка ускладнюється унікальністю об'єктів управління та відсутністю систематизованої інформації про методи і аспекти підтримки прийняття рішень (ППР) в уніфікованому вигляді. Крім цього сам процес розробки ЗОІС також потребує науково обґрунтованої всебічної підтримки, а розробка методів і засобів такої підтримки є актуальним завданням. На основі аналізу існуючих рішень та публікацій [1–6] в яких висвітлені питання підтримки процесів проектування програмних систем визначено ряд недоліків, що

впливають на розуміння розробниками підходів щодо розробки ЗОІС та, власне, безпеку самої ЗОІС:

- існуючі моделі не розділяють поняття архітектурний підхід та методологія розробки програмного забезпечення ставлячи їх на один рівень, що впливає на розуміння сутності застосування підходу щодо розробки ЗОІС;

- в існуючих моделях, збереження контенту передбачається у межах інтерфейсу користувача, що не забезпечує надійного захисту інформації;

- існуючі архітектурні рішення типових ЗОІС пропонують розгортання інтерфейсу розробника та користувача безпосередньо в програмній системі, що робить саму систему вразливою до атак.

Ціль (мета) дослідження. Зважаючи на результати аналізу та наявні рішення в галузі проектування ЗОІС визначимо, що метою даної публікації є розробка моделі підтримки процесів розробки ЗОІС, що дозволить усунути зазначені проблеми.

Проведений аналітичний огляд показав, що існуючі рішення щодо розробки ЗОІС використовують різні принципи і підходи щодо реалізації процесів розробки та як правило не відповідають принципу універсальності. Наведемо опис моделі підтримки процесів розробки (ППр) ЗОІС на основі онтології «ПІДТРИМКА ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ЗОІС» [1].

ФОРМАЛІЗОВАНИЙ ОПИС МОДЕЛІ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ЗОІС.

Для опису моделі ППр розглянемо формальну систему:

$$MP = \langle C, R, A \rangle,$$

де C - множина атомарних концептів ППр,

R - множина атомарних ролей, що описують властивості концептів і відношень між ними,

A - множина аксіом, що встановлюють зв'язок між концептами і ролями.

Аксіоми містять описи концептів (складених із атомарних концептів з атомарних концептів) і обмежень ролей з використанням конструкторів деякої логіки. В роботі система $MP = \langle C, R, A \rangle$ задається в рамках

дескрипційної логіки ALC (Attributive Language with Complement) [8]. Для опису елементів *МР* були введені додаткові символи $(,)$, $=$, $\{, \}$, $[,]$, що дозволить виконати опис елемент моделі ППр в компактному вигляді.

Множини *C* та *R* включають наступні основні концепти і ролі:

$C = \{\text{Розробник_ЗОІС}, \text{Підтримка_Розробника_ЗОІС}, \text{Архітектор_ЗОІС},$
 $\text{Підтримка_Архітектора_ЗОІС}, \text{Замовник_ЗОІС},$
 $\text{Підтримка_Замовника_ЗОІС}, \text{Метод_ППр}, \text{Засіб_ППр},$
 $\text{Методика_розробки_ППр}, \text{Принцип_розробки_ППр},$
 $\text{Підхід_до_розробки_ППр}, \text{Технологія_розробки_ППр},$
 $\text{Методика_розробки_репозиторія_методів_ППр},$
 $\text{Архітектура_ЗОІС}, \text{Алгоритм_розробки_ЗОІС}, \text{Дія},$
 $\text{Процес_рохробки_ЗОІС}, \text{Етап_розробки_ЗОІС}\};$

$R = \{\text{влаштовує}, \text{реалізує}, \text{запозичує}, \text{використовує}, \text{базуєтьсяНа},$
 $\text{пропонує}, \text{включає}\}.$

Множина *A* включає аксіоми, що задають відношення “загальне-часткове” між концептами, що визначають області дії аргументів бінарних відношень, відповідних ролей, які описують властивості концептів та ролей.

Аксіоми містять складові концепти і обмеження ролей, які визначаються відповідно *K* конструкторами логіки ALC.

Розглянемо аксіому, яка описує властивості концепту “Засіб_ППр”:

$\text{Засіб_ППр} \sqsubseteq \exists \text{базуєтьсяНа.} [\text{Принцип_розробки_ЗОІС} \sqcup$
 $\sqcup \text{Підхід_до_розробки_ЗОІС}] \sqcap \exists \text{використовує.} \text{Технологія_розробки_ЗОІС}.$

Інтерпретація *Int* формальної системи, що задає її семантику, представляється парою $\text{Int} = \langle \Delta, f \rangle$ де Δ - домен, множина всіх екземплярів (індивідів) моделі ППр, *f* - функція інтерпретації $f : C \cup R \rightarrow (2^\Delta) \cup (2^\Delta \times 2^\Delta)$ для якої введемо правила використання.

1. Правило співставлення множин:

$f(C_i) \subseteq \Delta, C_i \in C$ - кожному концепту співставляється множина його екземплярів (індивідів).

2. Правило співставлення відношень:

$f(R_i) \subseteq \Delta \times \Delta, R_i \in R$ - кожній ролі співставляється бінарне відношення, тобто множина пар пов'язаних з екземплярів.

Функція f розширюється для інтерпретації складових концептів відповідно до індуктивних правил логіки ALC.

Тоді інтерпретація формальної системи буде задавати модель ППр як множина конкретних об'єктів, що належать певним класам, пов'язаних певними відношеннями, які задовільняють аксіомам А. Тобто, термін «модель» можна розглядати як спрощене інформаційне представлення сукупності об'єктів і процесів реального світу, що описують процес ППр.

При описі концептів, ролей, аксіом та їх інтерпретацій використані угоди по іменуванню, що введені, запроваджені та обґрунтовані в [9].

ПРОЦЕС РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЗОІС ТА ЙОГО ПІДТРИМКА.

Модель ППр розглядає підтримку процесу розробки інтелектуальних ЗОІС як процес паралельно протікаючий з процесами власне розробки ЗОІС. В значній мірі реалізація елементів пропонуємої моделі направлені на виявлення помилок (явно виражених та скритих) та корегування дій групи розробників в залежності від ступеню зрілості програмного забезпечення, що реалізує функціонал ЗОІС.

У розробці ЗОІС беруть участь фахівці різного профілю – експерти тієї предметної області (ПрО), для якої створюється ЗОІС, інженери знань, які є фахівцями в області подання знань і підтримки прийняття рішень, програмісти та архітектори програмного забезпечення. Крім цього пропонується окремо включити в модель замовника ЗОІС, як потенційного власника програмного забезпечення та власне того функціонал ЗОІС має задовільнити. Враховуючи вищезазначене та проаналізувавши взаємний вплив вищезазначених осіб відобразимо в моделі три елементи: архітектор_ІСПР, що включає архітектора програмного забезпечення та експерта ПрО; розробник_ЗОІС – інженер зі знань та програміст; замовник. Тобто:

$$f(\text{Розробник_ЗОІС}) = \{\text{ІНЖЕНЕР_ЗНАНЬ, ПРОГРАМІСТ}\};$$

$$f(\text{Архітектор_ЗОІС}) = \{\text{АРХІТЕКТОР_ПЗ, ЕКСПЕРТ}\};$$

$$f(\text{Власник_ЗОІС}) = \{\text{ЗАМОВНИК}\}.$$

Кожен із концептів вищезазначених функцій володіє

індивідуальними формалізмами щодо предметної області ЗОІС, що пов'язано перш за все зі специфікою термінологічного представлення інформації про ПрО. Для їх успішної спільної роботи, особливо на початкових етапах розробки, необхідна єдина система понять та узгоджений концептуальний базис.

Крім цього концептам функції Розробник_ЗОІС крім загального розуміння про ПрО необхідна інформація про необхідна інформація про конкретні методи підтримки прийняття рішень (ППР), класи завдань, що вирішуються цими методами (можливості та обмеження кожного з них), про основні етапи прийняття рішень і використовуваних на кожному з них методах, а також про інструментальні засоби, що реалізують ці методи. Зазначена інформація по суті має бути сформована в результаті реалізації функції $f(\text{Архітектор_ЗОІС})$, яка безпосередньо залежить від $f(\text{Власник_ЗОІС})=\{\text{ЗАМОВНИК}\}$.

Слід зазначити, що навіть за умови успішного подання вищезазначеної інформації визначеним концептам нагальним питанням, що досить часто упускають з розгляду, являється компонентна підтримка $f(\text{Розробник_ЗОІС})$, оскільки розуміння власних можливостей щодо вибору та застосування готових програмних рішень, що реалізують необхідні методи підтримки прийняття рішень або організують інтерфейс користувача, який суттєво вплине на часові терміни та вартісні показники процесу створення ЗОІС.

Особливістю запропонованої моделі є розширення типових елементів підтримки процесу розробки ЗОІС за рахунок введення аналітичної підтримки, основним призначенням якої є виявлення типових та маскованих помилок, автоматична оцінка відповідності термінів розробки та фінансових витрат як за короткочасними беклогами так і за жорсткими вимогами (що надасть можливість усунути суб'єктивність думки розробника в оцінці зазначених характеристик).

І як узагальнення всього вищезазначеного слід розглядати питання методичної підтримки, що включає опис підходів і принципів розробки ЗОІС, засоби розробки та методику їх застосування (особливо в умовах застосування гнучких методологій де команди розробників можуть динамічно нарощуватися або зменшуватися).

Таким чином, узагальнена функція підтримки процесу розробки ЗОІС матиме вигляд:

$$f(\text{Підтримка}) = \{\text{КОНЦЕПТУАЛЬНА, ІНФОРМАЦІЙНА, КОМПОНЕНТНА, АНАЛІТИЧНА, МЕТОДИЧНА}\}$$

Обґрунємо елементи забезпечення вищезазначених концептів функції підтримки на основі онтології «Підтримка прийняття рішень».

Концептуальний базис ППр забезпечується шляхом систематизації інформації про область знань «Підтримка прийняття рішень», результатом якої є онтологія цієї ПрО. Інформаційна підтримка здійснюється шляхом забезпечення змістовного доступу (ЗЗД) до структурованих знань, інформаційних ресурсів, принципів та методів, що належать до області знань «Підтримка прийняття рішень». Засобом такої підтримки є спеціалізований інформаційно-аналітичний ресурс (СІАР) по ППр.

Компонентна підтримка процесу розробки ЗОІС здійснюється шляхом забезпечення безпосереднього змістовного доступу до реалізацій методів ППр і забезпечується репозиторієм методів ППр через відповідні мікросервіси.

Методична підтримка забезпечується наданням інформації про підходи, принципи, технології та алгоритми розробки ЗОІС.

Таким чином, основу методу ППр становлять способи роботи з інформацією про методи ППр та аспекти їх програмної реалізації, систематизація та забезпечення змістовного доступу до них, а також ЗЗД до існуючих реалізацій методів ППр та методика розробки ЗОІС.

$$f(\text{Метод_ППр}) = \{\text{СИСТЕМАТИЗАЦІЯ_ІНФОРМАЦІЇ, АНАЛІТИЧНІ_РОЗРАХУНКИ, ЗЗД_ДО_МЕТОДІВ_ППр_ТА_АСПЕКТІВ, ЗЗД_ДО_РЕАЛІЗАЦІЙ_МЕТОДІВ_ППр, ЗЗД_ДО_ПРИНЦИПІВ_ТА_ТЕХНОЛОГІЙ}\}.$$

Засобами ППр є онтологія відповідної області знань (ОЗ) ППр, спеціалізований інформаційно-аналітичний ресурс (СІАР) по ППр, аналітичний ресурс ППр, репозиторій методів ППр та методика розробки ЗОІС.

$$f(\text{Засіб_ППр}) = \{\text{ОНТОЛОГІЯ_ОЗ_ППр, СІАР_ППр, АР_ППр,}$$

РЕПОЗИТАРІЙ_МЕТОДІВ_ППР, МЕТОДИКА_РОЗРОБКИ_ЗОІС }.

Методи ППр забезпечують підтримку розробників ЗОІС та архітекторів ПЗ.

$$f(\text{забезпечує}) = \{ (\text{СИСТЕМАТИЗАЦІЯ_ІНФОРМАЦІЇ, КОНЦЕПТУАЛЬНА}, \\ (\text{АНАЛІТИЧНІ_РОЗРАХУНКИ, АНАЛІТИЧНА}, \\ (\text{ЗЗД_ДО_МЕТОДІВ_ППР_ТА_АСПЕКТІВ, ІНФОРМАЦІЙНА}, \\ (\text{РЕПОЗИТАРІЙ_МЕТОДІВ_ППР, ЗЗД_ДО_РЕАЛІЗАЦІЙ_МЕТОДІВ_ППР}, \\ (\text{ЗЗД_ДО_ПРИНЦИПІВ_ТА_ТЕХНОЛОГІЙ, МЕТОДИЧНА}) \}.$$

Засоби ППр реалізують методи ППр КПр.

$$f(\text{реалізує}) = \{ (\text{ОНТОЛОГІЯ_ОЗ_ППР, СИСТЕМАТИЗАЦІЯ_ІНФОРМАЦІЇ}, \\ (\text{АР_ПП, АНАЛІТИЧНІ_РОЗРАХУНКИ}, (\text{СІАР_ППР,} \\ (\text{ЗЗД_ДО_МЕТОДІВ_ППР_ТА_АСПЕКТІВ}, \\ (\text{ЗЗД_ДО_РЕАЛІЗАЦІЙ_МЕТОДІВ_ППР, КОМПОНЕНТНА}, \\ (\text{ЗЗД_ДО_ПРИНЦИПІВ_ТА_ТЕХНОЛОГІЙ,} \\ (\text{ЗЗД_ДО_ПРИНЦИПІВ_ТА_ТЕХНОЛОГІЙ}) \}.$$

Засоби підтримки процесів розробки ЗОІС (Рисунок 1), що є складовими моделі ППр, являються об'єктами для яких необхідна розробка підтримуючих підмоделей. В подальшому інформаційно-аналітичний ресурс пропонується розділити на дві складові (спеціалізований аналітичний ресурс (САР) та спеціалізований інформаційний ресурс (СІР).



Рис. 1. Засоби підтримки процесів розробки ЗОІС

ПІДХОДИ, ПРИНЦИПИ, ТЕХНОЛОГІЇ, ПРОПОНУЄМІ ДЛЯ РОЗРОБКИ ЗОІС.

Зрозуміло, що при формуванні стратегії підтримки процесу розробки ЗОІС необхідно обирати принципи, що найбільш адекватно описують функціонал Про.

В даний час в наукових і практичних цілях розроблено велику кількість методів прийняття рішень та програмних додатків, що їх реалізують – бібліотек, пакетів, додатків. Тож в більшій мірі актуальним є питання не розробки нових методів, а забезпечення ефективної реалізації існуючих та розробка підходів щодо їх комбінації. Тому при забезпеченні підтримки процесу розробки ЗОІС важливим є питання надання доступу до існуючих реалізацій цих методів з максимальним використанням готових рішень. Але дане рішення маючи ряд переваг потребує наявності структури, що забезпечить визначення власне оцінки якості отриманого рішення отриманого на основі існуючого програмного модулю. В зазначеній моделі дана функція покладається на структуру аналітичного забезпечення. Дотримання такого підходу дозволить легко підключати нові методи ППР та інтерфейсні компоненти, модифікувати наявні, вирішуючи проблему старіння розроблюваних систем.

З метою врахування кваліфікаційних вимог до розробників і користувачів ЗОІС засоби повинні бути простими у використанні і, по можливості, незалежні від предметної області.

$f(\text{Принцип_розробки_ЗОІС}) = \{\text{ГОТОВІ_РІШЕННЯ,}$
 $\text{МАСШТАБОВАНІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ, ПРОСТОТА_ВИКОРИСТАННЯ,}$
 $\text{ПЛАТФОРМОНЕЗАЛЕЖНІСТЬ}\}.$

Центральним елементом ЗОІС є бази знань (БЗн), роль яких в даний час грають онтології. При розробці методів і засобів ППР пропонується використовувати онтологічний підхід. Крім нього розробниками можуть розглядатися і інші підходи такі як фрактально-стратифікований, швидкого прототипування, гнучкої розробки та каркасний.

Фрактально-стратифікований підхід (ФС-підхід), базується на фрактальному підході, запропонованому в [9]. Даний підхід дозволяє врахувати подібність системи знань в цілому та її фрагментів, за рахунок чого можна досягти максимальної уніфікації застосовуваних методів при розробці ЗОІС. В свою чергу, як перспективний напрямок розширення проектних можливостей варто вести мову про модифікацію ФС та перехід

до ярусно-фрактально-стратифікованого підходу на основі рангів ЯФС(р) де кожен ярус являється формалізованим відображенням стратифікованого простору знань, а ранг його формалізованим описом в термінах теорії алгоритмів.

Використання ФС-підходу регулює і спрощує систематизацію знань, дозволяє багаторазово використовувати раніше розроблені фрагменти знань.

При розробці прикладних програмних систем добре зарекомендував себе мікросервісний підхід [10, 11]. Всі функціональні можливості ЗОІС, методи, які будуть використовуватися для вирішення поставлених завдань, а також інтерфейс користувача пропонується реалізовувати у вигляді мікросервісівсервісів. Використання даного підходу створює передумови для забезпечення реалізації основних принципів ППр, згаданих вище.

Підходи швидкого прототипування [12] та каркасний підхід, зазначені підходи є універсальними при розробці широкого класу програмних систем і добре узгоджуються з принципами та іншими підходами, що запропоновані до використання в моделі ППр. Крім цього окремо слід розглядати методологію гнучкої розробки [13-18] (рис. 2).

Таким чином, функція опису підходів для розробки ЗОІС матиме наступний вигляд:

$$f(\text{Підхід_до_розробки_ЗОІС}) = \{\text{ОНТОЛОГІЧНИЙ, ФРАКТАЛЬНО_СТРАТИФІКОВАНИЙ, РАНГОВО_СТРАТИФІКОВАНИЙ, МІКРОСЕРВІСНИЙ, ШВИДКОГО_ПРОТОТИПУВАННЯ, КАРКАСНИЙ}\}.$$

$$f(\text{Методологія_гнучкої_розробки_ЗОІС}) = \{\text{AGILE}\}.$$

Використовувані підходи забезпечують дотримання згаданих вище принципів.

$$\text{Підхід_до_розробки_ЗОІС} \sqsubseteq \exists \text{забезпечує.Принцип_розробки_ЗОІС.}$$

$$\text{Методологія_гнучкої_розробки_ЗОІС} \sqsubseteq \exists \text{забезпечує.Принцип_розробки_ЗОІС.}$$

Модель ППр передбачає використання WEB, СІР, САР технологій: (рис. 2), а саме:

$$f(\text{Технологія_розробки_ЗОІС}) = \{\text{WEB, СІР, САР}\}.$$

Зазначені технології містять набір засобів, достатній для того, щоб процес розробки відповідав зазначеним принципам та був простим і інформативним. На рис. 3 представлені їх основні компоненти.

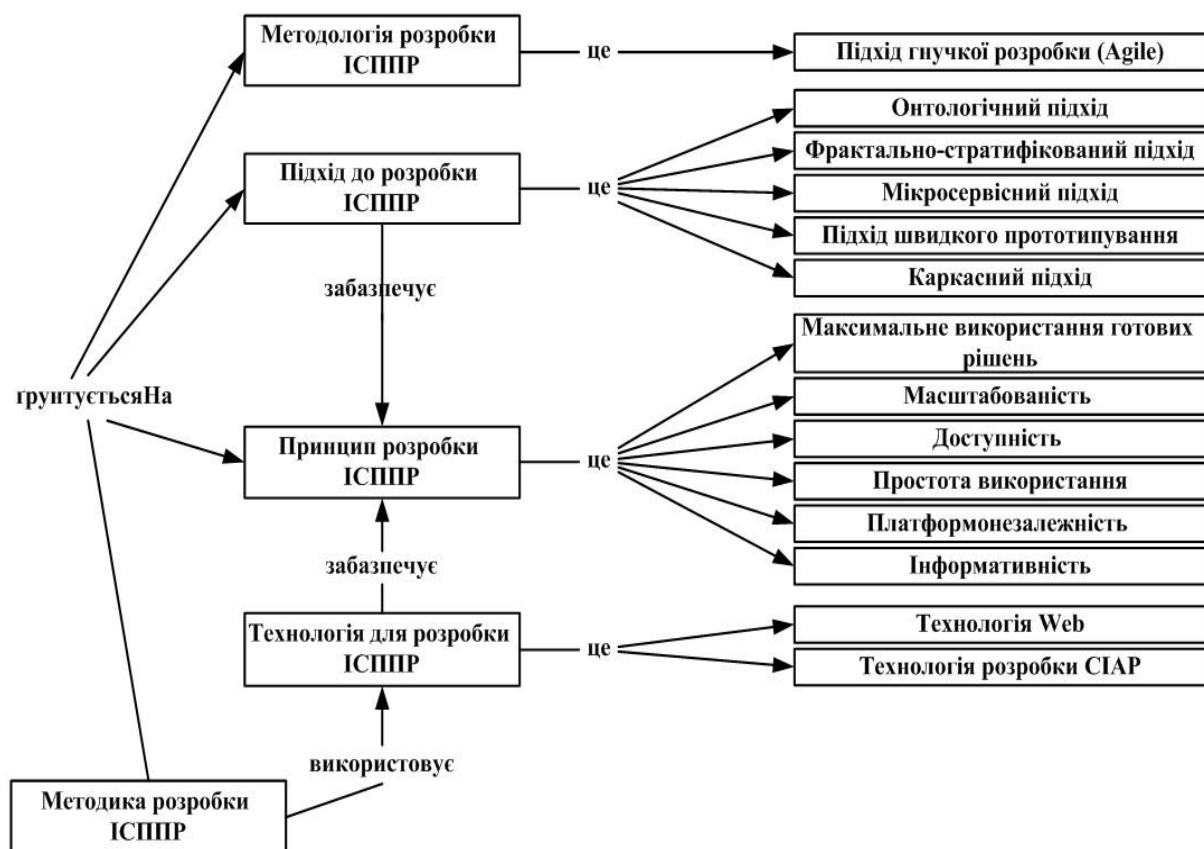


Рис. 2. Принципи та підходи розробки інтелектуальних ЗОІС

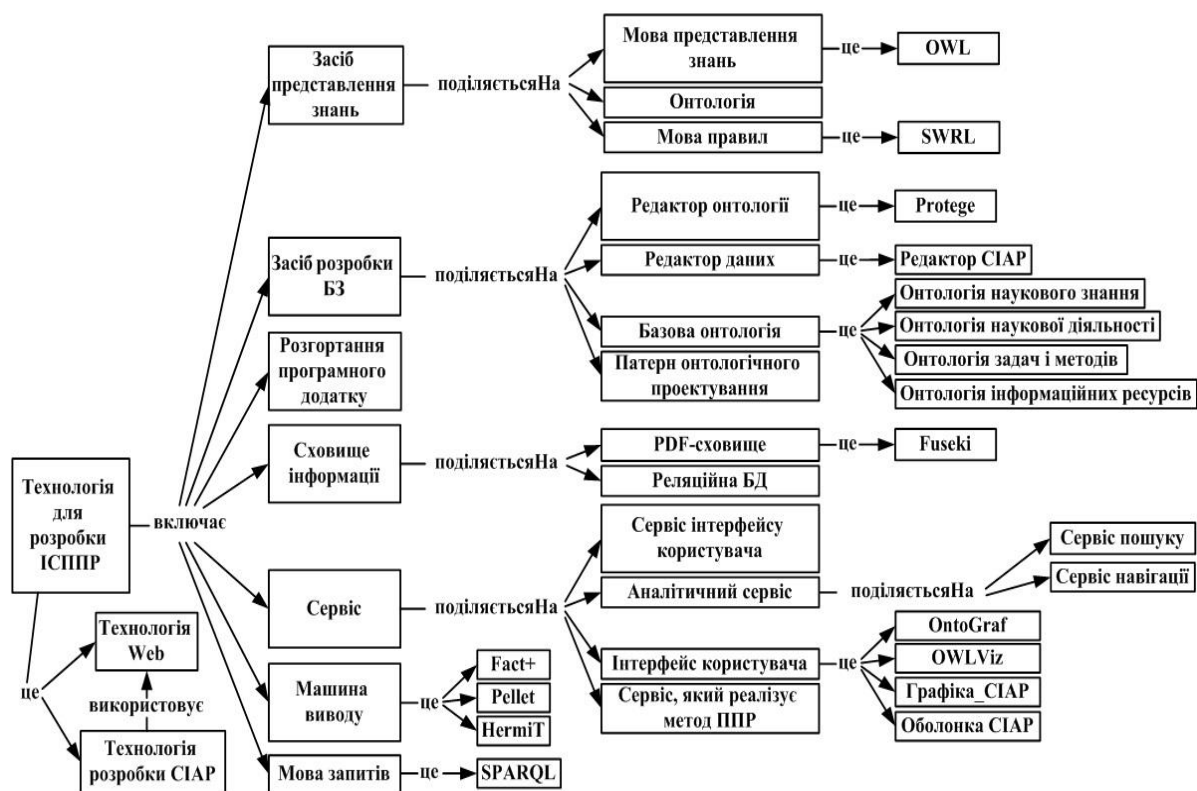


Рис. 3. Технології розробки ЗОІС та їх компоненти

Технологія_розробки_ЗОІС $\sqsubseteq$ $\exists$ включає.[Засіб_подання_даних $\sqcup$ Засіб_розробки_БЗ $\sqcup$ Розгортання_програмного_додатку $\sqcup$ Сховище_інформації $\sqcup$ Сервіс $\sqcup$ Машина_виводу $\sqcup$ Мова_запитів].

У сучасних інтелектуальних системах знання, як правило, представлені на основі онтологій та правил виведення, що дозволяють отримувати нові знання такі, що не містяться в явному вигляді, в БЗн. Враховуючи можливості сучасних середовищ розробки програмних додатків, логічно (з метою залучення експертів Про на будь-якому етапі розробки ЗОІС) передбачити використання редакторів онтологій та редакторів даних. Спрощення розробки також може бути досягнуто за рахунок використання базових онтологій. Для збереження інформації можуть використовуватися різні типи сховищ. Функціональні можливості тієї чи іншої технології визначаються набором надаваних нею мікросервісів. Це можуть бути мікросервіси інтерфейсу користувача (введення даних/виведення результатів роботи ЗОІС); інформаційні мікросервіси, такі, що дозволяють здійснювати пошук необхідної інформації, навігацію по інформаційному наповненню ЗОІС, аналітичні мікросервіси, такі, що дозволяють отримати оцінку зрілості програмного забезпечення, отримати оцінку гарантоздатності програмних модулів; графічні мікросервіси; мікросервіси реалізації методів ППР. Для організації логічного виведення в онтології на основі аксіом та правил, а також перевірки онтології на несуперечливість, пропонується використовувати машини виведення.

Наступні аксіоми задають ієрархію понять моделі ППр, що описують зазначені технології:

Засіб_подання_даних $\sqsupseteq$ Мова_подання_даних $\sqcup$ Онтологія $\sqcup$ Мова_правил;
 Засіб_розробки_БЗн $\sqsupseteq$ Редактор_онтології $\sqcup$ Редактор_даних $\sqcup$
 $\sqcup$ Базова_онтологія $\sqcup$ Патерн_онтологічного_проектування;
 Сховище_інформації $\sqsupseteq$ RDF_сховище $\sqcup$ реляційна_БД;
 Сервіс $\sqsupseteq$ Сервіс_інтерфейсу_користувача $\sqcup$ Аналітичний_сервіс $\sqcup$
 Інтерфейс_користувача $\sqcup$ Сервіс_реалізації_методу_ППР $\sqcup$ Інформаційний_сервіс;
 Інформаційний_сервіс $\sqsupseteq$ Сервіс_пошуку $\sqcup$ Сервіс_навігації;
 Аналітичний_сервіс $\sqsupseteq$ Сервіс_оцінки_зрілості_ПЗ $\sqcup$
 $\sqcup$ Сервіс_виявлення_маскованих_помилоч.

Змістова функція технології Web може бути представлена наступним

чином:

$$f(\text{включає}) = \{ \text{WEB}, (\text{OWL}, \text{PROTEGE}, \text{ONTOGRAF}, \text{OWLVIZ}, \text{FACT+}, \text{PELLET}, \text{HERMIT}, \text{SPARQL}) \}.$$

Такий скорочений запис слід трактувати наступним чином: множина усіх пар відношень “включає”, першим елементом технологію Web, а другим - одну з компонент цієї технології, перерахованих в круглих дужках.

Змістові функції технологій СІР та САР можуть бути представлені наступним чином:

$$f(\text{включає}) = \{ \text{СІР}, (\text{РЕДАКТОР_СІР}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗНАНЬ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ДІЯЛЬНОСТІ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗАВДАНЬ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_МЕТОДІВ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ІР}, \text{FUSEKI}, \text{ІНТЕРФЕЙС_СІР}) \}.$$

$$f(\text{включає}) = \{ \text{САР}, (\text{РЕДАКТОР_САР}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ППКП}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ПЗВЗ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗАВДАНЬ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_МЕТОДІВ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_АР}) \},$$

де ППКП – помилка “Перетин критичних подій” та усі її модифікації,
ПЗВЗ – помилка “Забування відкладеного запису” та усі її модифікації.

При цьому технологія розробки СІР використовує компоненти і засоби Web.

$$f(\text{використовує}) = \{ (\text{СІР}, \text{WEB}) \}.$$

Технологія розробки САР використовує компоненти і засоби технології інформаційних систем.

$$f(\text{використовує}) = \{ (\text{САР}, \text{ТЕХНОЛОГІЇ_ІНФОРМАЦІЙНИХ_СИСТЕМ}) \}.$$

Змістовно конкретні компоненти даних технологій будуть застосовані при описі тих засобів ППр, для розробки яких вони використовуються.

ОНТОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

Як було зазначено вище, засобом концептуальної підтримки розробки ЗОІС є онтологія ППр. На рисунку 4. показані основні компоненти онтології ППр та наведена їх деталізація, а також підходи, технології та конкретні компоненти технологій, що використовувалися для її розробки.

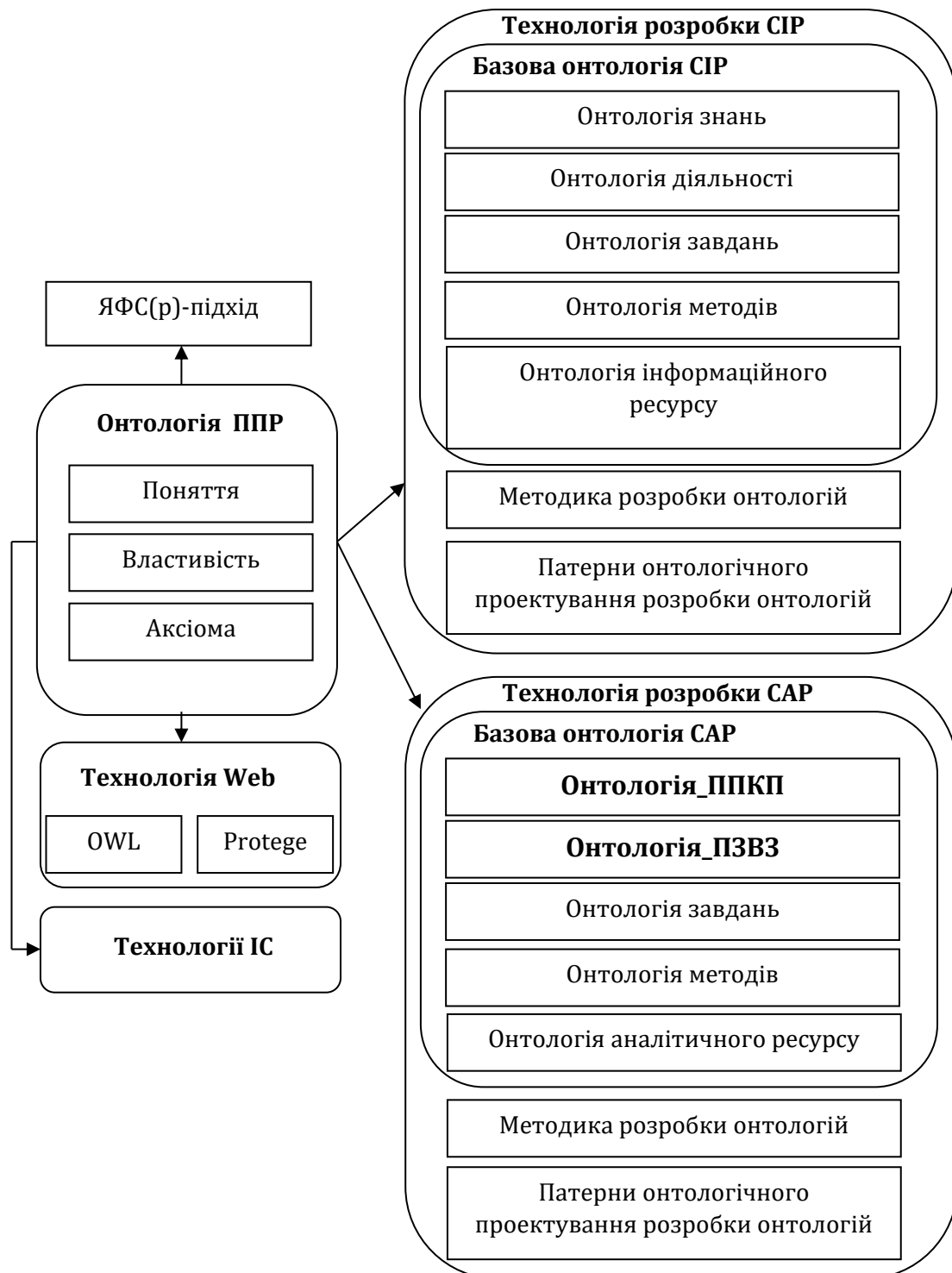


Рис. 4. Модель онтології ППР

Онтологія_ППР $\sqsubseteq$ $\exists$ включає. Елемент_онтології $\sqcap$
 $\sqcap$ будується на основі. Базова_онтологія_CIR $\sqsubset$ Базова_онтологія_SAR;
 Елемент_онтології $\sqsupseteq$ Поняття $\sqsubset$ Символ $\sqsubset$ Аксиома.
 ОНТОЛОГІЯ_ППКП, ОНТОЛОГІЯ_ПЗВЗ, ОНТОЛОГІЯ_ЗАДАЧ, ОНТОЛОГІЯ_МЕТОДІВ, ОНТОЛОГІЯ_АР)), ОНТОЛОГІЯ_ПРО_ППР)).

Функція опису методів, підходів та принципів, які використовуються матиме наступний вигляд:

$$f(\text{використовуєтьсяДляРозробки}) = \{(((\text{ЯСФ}(P), \text{МЕТОДИКА_РОЗРОБКИ_ОНТОЛОГІЙ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗНАНЬ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ДІЯЛЬНОСТІ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗАДАЧ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_МЕТОДІВ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ІР}), \text{ЯСФ}(P), \text{МЕТОДИКА_РОЗРОБКИ_ОНТОЛОГІЙ},$$

Такий скорочений запис формалізовано описує множину всіх пар відношення “використовуєтьсяДляРозробки”, першим елементом якого є підхід, або компонент технологій, що використовується при розробці онтології, а другим - онтологія Про ППР.

В свою чергу, базові онтології СІР та САР матимуть формалізований вигляд:

$$\begin{aligned} f(\text{Базова_онтологія_СІР}) &= \{ \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗНАНЬ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ДІЯЛЬНОСТІ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗАВДАНЬ}, \\ &\quad \text{ОНТОЛОГІЯ_МЕТОДІВ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ІНФОРМАЦІЙНОГО_РЕСУРСУ} \}; \\ f(\text{Базова_онтологія_САР}) &= \{ \text{ОНТОЛОГІЯ_ППКП}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ПЗВЗ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_ЗАВДАНЬ}, \\ &\quad \text{ОНТОЛОГІЯ_МЕТОДІВ}, \text{ОНТОЛОГІЯ_АНАЛІТИЧНОГО_РЕСУРСУ} \}. \end{aligned}$$

СПЕЦІАЛІЗОВАНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

Засобом інформаційної підтримки процесів розробки ЗОІС є спеціалізований інформаційний ресурс по ППР.

Інформаційна підтримка полягає в наданні користувачам змістовного доступу до онтології ППР і до систематизованої відповідно до онтології інформації про розглядаємо Про для забезпечення доступу до методів обробки інформації і вирішення завдань (з відкритим кодом).

На рисунку 5 представлена модель СІР. Ресурс будується на основі оболонки інформаційного ресурсу (ІР), що надається технологією розробки ІР.

$$f(\text{будуєтьсяНаоснові}) = \{ \text{СІЗ_ППР}, \text{ОБОЛОНКА_ІР} \}$$

Компоненти СІР діляться на три основних типи:

$\{ \text{СІР_ППР} \} \sqsubseteq \exists$ включає. Компонент_СІР;

Компонент_СІР $\sqsupseteq$ База_знань $\sqcup$ Контент $\sqcup$ Сстемний_сервіс;

База_знань $\sqsubseteq \exists$ містить. [Онтологія $\sqcup$ Правило_виведення].

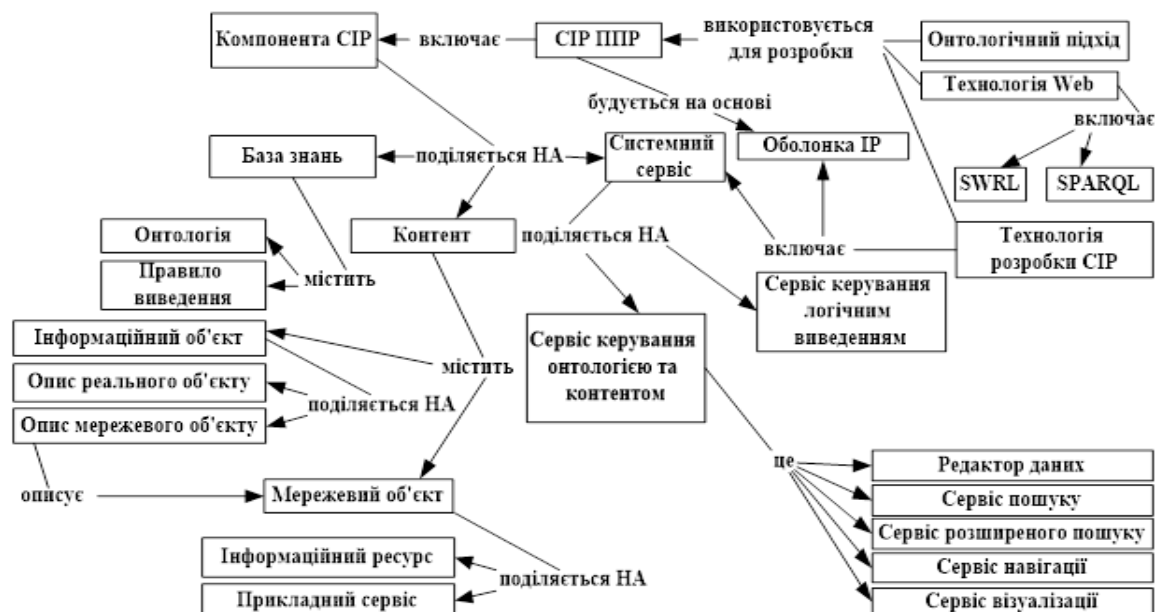


Рис. 5. Модель спеціалізованого інформаційного ресурсу (CIP)

Інформаційне наповнення ресурсу, його контент, утворюють об'єкти двох видів - інформаційні та мережеві.

Контент $\sqsubseteq \exists$ містить. [Інформаційний_об'єкт $\sqcup$ Мережевий_об'єкт]

Інформаційні об'єкти - це конкретні екземпляри понять онтології. Вони надають систематизовану інформацію відповідно до онтології розглядаємої ПрО. Інформаційні об'єкти можуть описувати як реальні об'єкти (наприклад, літак), так і об'єкти, що являються мережевими об'єктами (наприклад, веб-сервіс).

Інформаційний_об'єкт $\sqsubseteq$ Опис_реального_об'єкта $\sqcup$
 $\sqcup$ Опис_мережевого_об'єкта.

Мережеві об'єкти можуть бути як інтегровані в CIP, тобто міститися в його контенті, так і розташовуватися в іншому місці (за умови застосування розподіленої системи). Кожен інтегрований мережевий об'єкт обов'язково повинен описуватися відповідним інформаційним об'єктом.

Мережевий_об'єкт $\sqsubseteq$ IP $\sqcup$ Прикладний_сервіс;

Мережевий_об'єкт $\sqsubseteq \exists$ описується. Опис_мережевого_об'єкта.

Під інформаційними ресурсами розуміються довільні ресурси, доступні архітектору, інженерам зі знань та програмістам через комп'ютерні засоби зв'язку (бази даних, текстові або мультимедіа

документи і т.д). Всі інформаційні об'єкти СІР можуть бути пов'язані з інформаційними ресурсами різних типів.

$$IP \sqsubseteq \exists \text{маєТип. Тип_IP}$$

$$f(\text{Тип_IP}) = \{ \text{БАЗА_ДАННИХ, ДОКУМЕНТ} \}$$

Прикладні сервіси призначені для вирішення завдань Про. Наявність таких сервісів в контенті є особливістю СІР ППР. Користувач не просто отримує інформацію про методи реалізації або посилання на власне на реалізацію методу іншою групою розробників. Програміст має можливість безпосередньо на ресурсі застосовуючи можливості аналітичного сервісу виконати аналіз його роботи з різними вхідними даними. СІР ППР надає також доступ до сервісів, які мають програмні інтерфейси з відкритим кодом. Семантичні описи цих сервісів суттєво спрощують їх використання в прикладних ЗОІС.

Системні сервіси визначають базову функціональність СІР ППР, характерну для подібних ресурсів.

$$\text{Системний_сервіс} \sqsubseteq \text{Сервіс_керування_логічним_виведенням} \sqcap$$

$$\text{Сервіс_керування_онтологією_та_контентом}$$

Сервіс керування логічним виведенням дозволяє отримувати інформацію, не представлену в явному вигляді в контенті СІР, за рахунок інтерпретації аксіом і правил виведення, що містяться в БЗн. Сервіси керування онтологією і контентом здійснюють перевірку онтології і контенту на сумісність, дозволяють вводити і редагувати інформаційні та мережеві об'єкти, надають можливість пошуку, навігації по онтології і контенту СІР. Сервіси візуалізації дозволяють відображати дані в табличному або графічному вигляді [15]. Сервіси візуалізації, відображаючи інформацію у вигляді графіків і діаграм та сприяють підвищенню її наочності і дозволяють провести більш якісний її аналіз.

Для розробки СІР ППР пропонується використовувати наступні підходи і технології:

$$f(\text{використовуєтьсяДляРозробки}) = \{ \text{ОНТОЛОГІЧНИЙ_ПІДХІД, МІКРОСЕРВІСНИЙ_ПІДХІД, WEB, SWRL, ТЕХНОЛОГІЇ_РОЗРОБКИ_СІР, ОБОЛОНКА_СІР, IP_ППР ДОКУМЕНТ} \}.$$

МОДЕЛЬ СХОВИЩА МЕТОДІВ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

Засобом компонентної підтримки архітектора, інженера зі знань та програміста є сховище методів ППР. Модель сховища представлена на рисунку 6 та описується наступним чином:

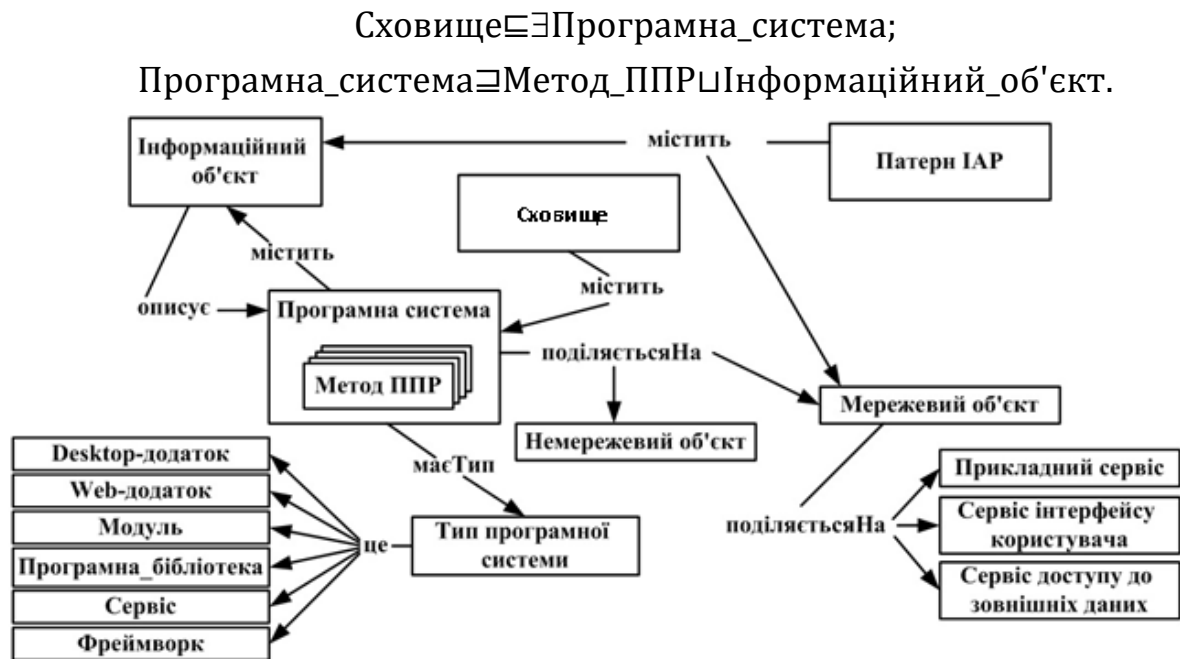


Рис. 6. Модель сховища методів ППР

Наступні аксіоми описують підкласи і ролі компонентів сховища, а також їх зв'язок з контентом СІР:

$\text{Програмна_система} \sqsubseteq \exists \text{поділяєтьсяНа}.[\text{Мережевий_об'єкт} \sqcup \text{Немережевий_об'єкт}]$

$\text{Програмна_система} \sqsubseteq \exists \text{маєТип}.\text{Тип_програмної_системи} \sqcap \exists \text{реалізує}.\text{Метод_ППР} \sqcap \exists \text{містить}.\text{Інформаційний_об'єкт};$

$\text{Інформаційний_об'єкт} \sqsubseteq \exists \text{описує}.\text{Метод_ППР};$

$f(\text{Тип_програмної_системи}) = \{\text{DESKTOP_ДОДАТОК}, \text{WEB_ДОДАТОК}, \text{МОДУЛЬ}, \text{ПРОГРАМНА_БІБЛІОТЕКА}, \text{СЕРВІС}, \text{ФРЕЙМВОРК}\}$

Початкове наповнення сховища методів ППР та вихідного коду, що їх реалізує може бути представлено наступним чином:

$f(\text{Метод_ППР}) = \{\text{АНКЕТУВАННЯ}, \text{ЙМОВІРНІСНЕ_МОДЕЛЮВАННЯ}, \text{КОГНІТІВНЕ_МОДЕЛЮВАННЯ}, \text{НЕДОВИЗНАЧЕНІ_ОБЧИСЛЕННЯ}, \text{ОНТОЛОГІЧНЕ_МОДЕЛЮВАННЯ}, \text{СУДЖЕННЯ_НА_ОСНОВІ_ПРЕЦЕДЕНТОВ},$

СУДЖЕННЯ_НА_ОСНОВІ_ПРАВИЛ};

$f(\text{Програмна_система}) = \{\text{CMAP_TOOLS, COLIBRI, GOOGLE_FORMS, SEMP_TAO, NETICA, NEMO +, PROTEGE, CLIPS, GRM_ONTO_MAP, GRM_COG_MAP, GRM_EVENT_MAP, WEB, SEMP_NEMO, UNICALC}\}.$

Для розробки сховища пропонується використати наступні технології:

$f(\text{використовуєтьсяДляРозробки}) = \{((\text{ОНТОЛОГІЧНИЙ_ПІДХІД, МІКРОСЕРВІСНИЙ_ПІДХІД, ТЕХНОЛОГІЯ_WEB}), \text{СХОВИЩЕ})\}.$

Доступ до сховища, до опису методів та вихідного коду, надається через СІР ППР:

$f(\text{забезпечуєДоступ}) = \{(\text{СІР_ППР, СХОВИЩЕ})\}.$

Розробка сховища полягає в розробці нових методів ППР та мікросервісів, що забезпечують їх реалізацію, інтеграцію цих методів і програмних систем, а також знаходяться узгодження з готовими програмними рішеннями з ІР ППР. Інтеграція кожного реалізованого методу, в свою чергу, полягає в створенні в контенті СІР ППР інформаційного об'єкта, що описує його програмну реалізацію, його тип, зв'язки з іншими об'єктами, інструкціями щодо застосування, формат використовуваних даних, порядок доступу.

$\{\text{МЕТОДИКА_РОЗРОБКИ_СХОВИЩА_МЕТОДІВ_ППР}\} \sqsubseteq \exists \text{пропонує.}$
 $\{\text{АЛГОРИТМ_РОЗРОБКИ_СХОВИЩА}\} \sqcap \exists \text{базуєтьсяНа.} [\text{Принцип_розробки_ЗОІС}] \sqcap \{\text{МІКРОСЕРВІСНИЙ_ПІДХІД}\} \sqcap \exists$
 використовує. $\text{Технологію_мікросервісів} \{\text{АЛГОРИТМ_РОЗРОБКИ_СХОВИЩА}\} \sqsubseteq \exists \text{включаєДію. Дія;}$

$\text{Дія} \sqsubseteq \text{Розробка_методу_ППР} \sqcap \text{Розробка_мікросервісу} \sqcap \text{Інтеграція_методу_з_ІР_ППР.}$

АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ ЩОДО РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ЗОІС.

Відповідно до запропонованої моделі основним компонентом для будь-якої ЗОІС являються СІР та САР на які у вигляді мікросервісів будуть нарощуватися інтерфейсні та функціональні компоненти у відповідності до ПрО. База знань будується на основі онтології ПрО. Мікросервіси, що включаються в архітектуру ЗОІС, вибираються із сховища методів ППР, а

інформаційні об'єкти, що їх описують – з онтології ППР і контенту СІР ППР (для програмних додатків з відкритим кодом) та з САР ППР (для програмних додатків з закритим кодом).

На рисунку 7 показані архітектурне рішення щодо реалізації інформаційно – аналітичної підтримки процесу розробки ЗОІС та схема взаємодії елементів запропонованого рішення.

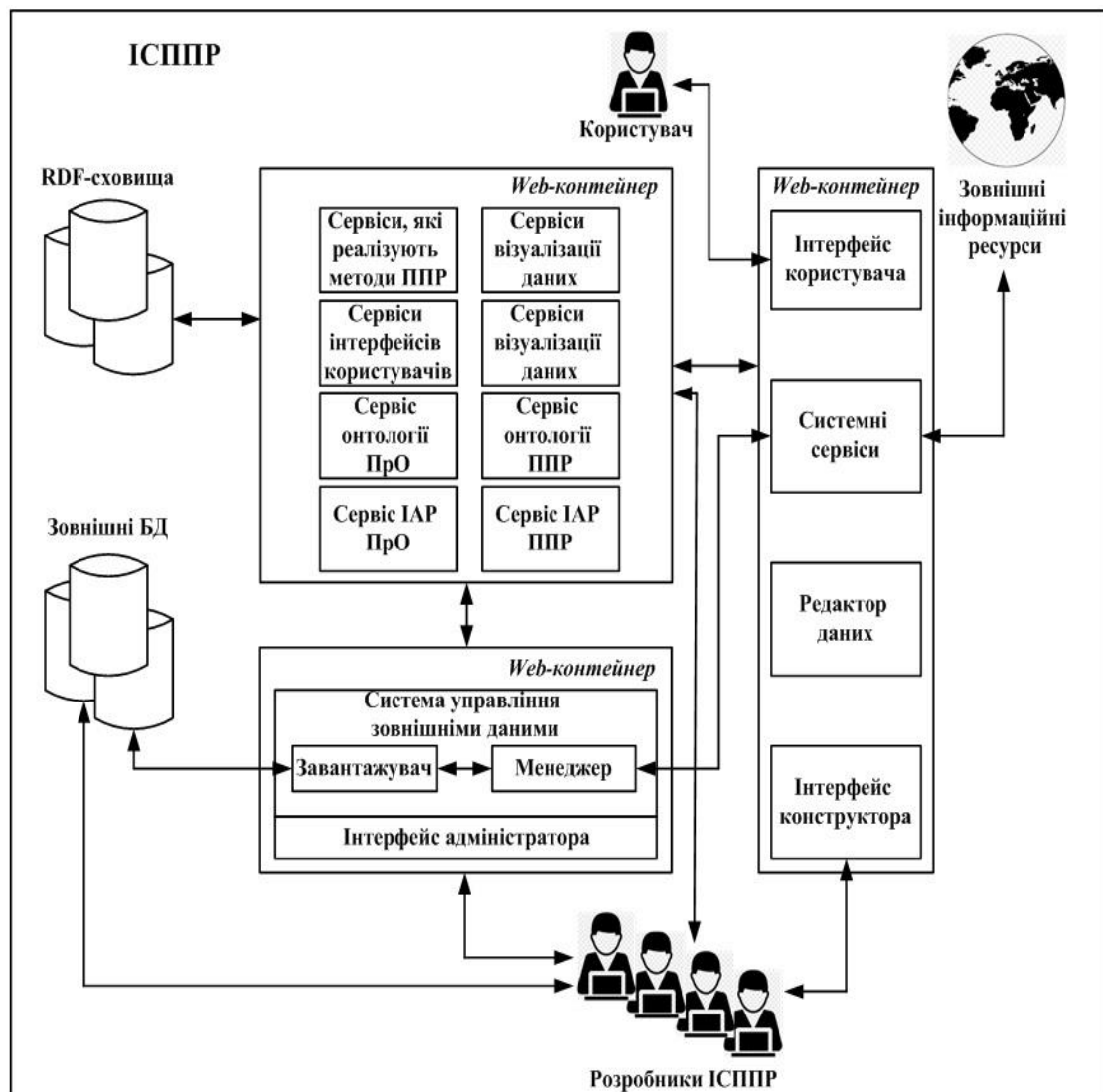


Рис. 7. Архітектурне рішення щодо реалізації інформаційно – аналітичної підтримки процесу розробки ЗОІС

ВИСНОВКИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Модель інформаційно – аналітичної підтримки процесів розробки ЗОІС - це сукупність методів, засобів, принципів, підходів, технологій, та алгоритмів, призначених для забезпечення усіх стейкхолдерів

зазначеного процесу актуальними в будь який момент часу аналітичними, методичними та програмними ресурсами.

Основними методами ППр є способи роботи з інформацією про методи і аспекти ППр – їх систематизація та забезпечення змістовного доступу до них, а також до реалізацій методів ППр та методик розробки ЗОІС. Засобами, що реалізують методи концептуальної, інформаційної, компонентної і методичної підтримки є, відповідно, онтологія ППр, СІР ППр, САР ППр, сховище методів ППр та методика розробки ЗОІС.

Онтологія систематизує інформацію про ПрО «Підтримка прийняття рішень» і забезпечує розробників ЗОІС єдиним концептуальним базисом.

Спеціалізований інформаційний ресурс, який базується на онтології ППр, є засобом змістовного доступу як до інформації про ПрО, так і до сховища методів ППр.

Методика розробки сховища базується на мікросервісному підході та принципі використання готових рішень. Принципи та підходи покладені в основу методики, обумовлюють наступні її основні особливості: націленість на слабоформалізовані ПрО; незалежність від ПрО; націленість на використання готових розробок (як авторських, так і сторонніх); використання технологій Web і мікросервісного підходу, технологій розробки СІР та САР; використання оболонок СІР та САР в якості каркаса ЗОІС; масштабованість пропонованих засобів; зручність і адаптивний поріг щодо кваліфікаційних вимог при використанні пропонованих засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Павленко М.А., Осієвський С.В., Золотухіна О.А., Модель підтримки процесів розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2020. № 4 (69) 130 – 139 с. DOI: 10.31673/2412-4338.2020.045051
- [2] Manuel Mora, Guisseppi A. Forgionne, Jatinder N. D. Gupta (2002), Decision-Making Support Systems: Achievements and Challenges for the New Decade. Idea Group Publishing. 437 p.
- [3] Power D. J. A Brief History of Decision Support Systems. <http://dssresources.com/history/dsshhistory.html>
- [4] Pushkar O. I. (2014) Support systems for solutions of weakly formalized problems of enterprise development. Kharkiv. RVV KhDEU. 140 p.
- [5] Zahorulko H.B. (2019) "Model kompleksnoi podderzhky razrabotky yntellektualnikh SPPR. Ontologiya proektyrovaniya". Vol. 9. №4(34). P. 462 – 479.
- [6] Larychev O. Y., Petrovskiy A. V. (1987), " Decision support systems: current status and prospects for their development". Ytohy nauky y tekhniky. Tekhnicheskaya kybernetika. Vol.21. P. 131 – 164.
- [7] Schmidt-Schau, M.; Smolka, G. (1991). Attributive concept descriptions with complements. Artificial Intelligence 48 (1): 1–26. Baader F. The Description Logic Handbook: Theory,

- Implementation, Applications / F. Baader, D. Calvanese, D.L. McGuinness, D. Nardi, P.F. Patel-Schneider. Cambridge, 2003. 574 P. Массель Л.В. Фрактальный подход к структурированию знаний и примеры его применения // *Онтология проектирования*. 2016. Т. 6. № 2 (20). С. 149-161.
- [8] Carnell J. *Spring Microservices in Action* / John Carnell., 2017. – 384 с.
- [9] Fowler M. *Microservices. a definition of this new architectural term* [Електронний ресурс] / Martin Fowler. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>.
- [10] Power D J., *Decision Support Systems Hyperbook*. Cedar Falls, IA:DSSResources.COM, HTML version, 2000. URL: <http://dssresources.com/subscriber/password/dssbook>
- [11] Garaibeh N.K. *DSS Development and Agile Methods: Towards a newFramework for Software Development Methodology* // *International Journal of Machine Learning and Computing*, Vol. 2, No. 4, August 2012 URL: https://www.researchgate.net/publication/267625331_Survey_of_DSS_Development_Methodologies
- [12] Zagorulko Yu., Borovikova O., Zagorulko G. *Pattern-Based Methodology for Building the Ontologies of Scientific Subject Domains*. In: *New Trends in Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques. Proceedings of the 17th International Conference SoMeT_*
- [13] H. Fujita and E. Herrera-Viedma (Eds.). *Series: Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 303. Amsterdam: IOS Press, 2018. P. 529–542. DOI 10.3233/978-1-61499-900-3-529. (Scopus)
- [14] Голубничий, Д., Третьак, В., Костенко, І., Поляцко, В., Апполонов, О., Крук, Б., & Закіров, З. (2021). Експериментальне дослідження алгоритмів рішення задач дискретної оптимізації на основі рангового підходу та принципу оптимізації за напрямком. *InterConf*, (58), 324-337. <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.05.2021.034>
- [15] Третьак, В., Голубничий, Д., Коломійцев, О., Мегельбей, Г., Возний, О., & Філіпенков, О. (2020). Математична модель рангового підходу. *Збірник наукових праць ЛОГОС*, 116-122. <https://doi.org/10.36074/25.12.2020.v1.40>
- [16] Третьак, В., & Пашнєва, А.(2017) Оптимізація структури сховища даних у вузлах інфокомунікаційної мережі хмарного середовища. *Системи управління, навігації та зв'язку*. № . 4 (44). – С. 122-128.
- [17] *Третьак В.Ф., Осієвський С.В., Лук'янчук В.В., Власов А.В., Крук Б.М., Савельєв А.М. & Авдєєв В.Ф.* (2020). Спосіб оптимального розподілу засобів захисту інформації на основі рангового підходу до рішення задачі цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними. *Scientific Collection «InterConf»*, (38): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Science, Education, Innovation: Topical Issues and Modern Aspects» (December 16-18, 2020) in Tallinn, Estonia; pp. PP. 1309-1317. Available at: <https://www.interconf.top/archive.html>
- [18] Патент на корисну модель № 9 2959, Україна, МПК G06 F15/00. Спосіб динамічного кодування та захисту інформаційного ресурсу в інфокомунікаційних системах / В.Ф. Третьак, В.В. Бараннік та ін. – № u201403988; заяв. 14.04.2014; опубл. 10.09.2014; Бюл. № 17. – 5 с.