

Павленко М.А., Осієвський С.В. Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Золотухіна О.А. Державний університет телекомунікацій, Київ

МОДЕЛЬ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Анотація: Представлена модель підтримки процесів розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (ІСППР). Модель містить опис методів та засобів підтримки процесів розробки ІСППР, структуру сховища методів прийняття рішень, архітектуру і методіку розробки типової ІСППР. Методика ґрунтується на принципах: використання існуючих рішень, масштабованості, доступності, незалежності від предметної області, інформативності. Дотримання зазначених принципів забезпечується застосуванням онтологічного, мікросервісного та каркасного підходів, а також підходів швидкого прототипування та методології гнучкої розробки програмних додатків. В основу основних методологічних положень використання моделі покладено елементи технологій Web та розробки інформаційно-аналітичних ресурсів. Детально описано засоби підтримки процесів розробки ІСППР - онтологія галузі знань "Підтримка прийняття рішень", інформаційно-аналітичний ресурс, сховище методів підтримки прийняття рішень (ППР), методика розробки ІСППР. В якості каркасу ІСППР запропоновано використовувати інформаційно-аналітичний ресурс, який будується на основі онтології предметної області та методів використовуваної технології. За допомогою підключених до ресурсу сервісів, що реалізують збережені в сховищі методи ППР, забезпечується функціональність розроблюваної ІСППР. Для опису моделі комплексної підтримки використовується мова дескрипційної логіки. Наведені архітектурні рішення, для яких передбачено розгортання інтерфейсу розробника та користувача в окремому контейнері. Запропоновано рішення яке передбачає збереження контенту та онтологій предметної області у сховищі з організацією доступу через сервіси.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, модель, методика, онтологія.

Pavlenko M. A., Osieivskiy S.V. Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
Zolotukhina O. A. State University of Telecommunications, Kyiv

MODEL OF SUPPORT OF DEVELOPMENT PROCESSES OF INTELLIGENT DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEMS

Abstract: The model of support of processes of development of intelligent decision-making support systems (IDMSS) is presented. The model contains a description of methods and tools to support the processes of development of IDMSS, the structure of the repository of decision-making methods, architecture and methodology of development of a typical IDMSS. The methodology is based on such principles: use of existing solutions, scalability, accessibility, independence from the subject area, informativeness. Adherence to these principles is ensured by the use of ontological, microservice and framework approaches, as well as approaches to rapid prototyping and methodology of flexible software development. The main methodological provisions of using the model are based on elements of Web technologies and development of information and analytical resources. The means of support of IDMSS development processes are described in detail – ontology of the field of knowledge "Decision-making support", information-analytical resource, repository of decision-making support methods (DMS), methods of IDMSS development. As a framework of IDMSS it is offered to use an information-analytical resource which is constructed on the basis of ontology of subject area and methods of the used technology. With the help of services connected to the resource, which implement the stored DMS methods, the functionality of the developed IDMSS is provided. The language of descriptive logic is used to describe the model of complex support. Architectural solutions for which the developer and user interface are deployed in a separate container are presented. A solution for

storing content and ontologies of the subject area in the repository with the organization of access through services is proposed.

Keywords: *decision-making support system, model, methodology, ontology.*

Павленко М.А., Осиевский С.В. *Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

Золотухина О.А. *Государственный университет телекоммуникаций, Киев*

МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Аннотация: *Представлена модель поддержки процессов разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР). Модель содержит описание методов и средств поддержки процессов разработки ИСППР, структуру хранилища методов принятия решений, архитектуру и методика разрабатываемой типовой ИСППР. Методика базируется на принципах: использования существующих решений, масштабированности, доступности, независимости от предметной области, информативности. Соблюдение указанных принципов обеспечивается применением онтологического, микросервисного и каркасного подходов, а также подходов быстрого прототипирования и методологии гибкой разработки программных приложений. В основу методологических положений использования модели положены элементы технологий Web и разработки информационно-аналитических ресурсов. Детально описаны средства поддержки процессов поддержки процессов разработки ИСППР – онтология отрасли знаний “Поддержка принятия решений”, информационно-аналитический ресурс, хранилище методов поддержки принятия решений (ППР), методика разработки ИСППР. В качестве каркаса предложено использовать информационно-аналитический ресурс, который сформирован на основе онтологии предметной области и методов используемой технологии. При помощи подключенных к ресурсу микросервисов, реализующих сохраненные в хранилище методы ППР, обеспечивается функциональность разрабатываемой ИСППР. Для описания модели поддержки процессов разработки ИСППР используется язык дескрипционной логики. Приведены архитектурные решения разворачивания интерфейса разработчика и пользователя в отдельном контейнере. Предложено решение, в котором предусмотрено хранение контента и онтологий предметной области в хранилище с организацией доступа через сервисы.*

Ключевые слова: *система поддержки принятия решений, модель, методика, онтология.*

1. Вступ

Система підтримки прийняття рішень – це сукупність інтелектуальних інформаційних застосувань та інструментальних засобів, які використовуються для маніпулювання даними, їхнього аналізу і надання результатів такого аналізу кінцевому користувачеві. Системи підтримки прийняття рішень є людино-машинними системами, які дають змогу дециденту використовувати дані, знання, об'єктивні і суб'єктивні моделі для аналізу і вирішення слабкоструктурованих проблем [1]. Саме питання вирішення слабкоструктурованих проблем, призвело до зростання затребуваності СППР. Незважаючи на досить великий обсяг накопичених знань та даних, для вирішення таких проблем, нагальною являється потреба в спеціальних (інтелектуальних) засобах для роботи з ними.

2. Аналіз досліджень і публікацій

Розробка СППР – важлива проблема, яка ускладнюється унікальністю об'єктів управління та відсутністю систематизованої інформації про методи і аспекти ППР в уніфікованому вигляді. Крім цього сам процес розробки СППР також потребує науково обґрунтованої всебічної підтримки, а розробка методів і засобів такої підтримки є актуальним завданням. На основі аналізу існуючих рішень та публікацій [2–6] в яких висвітлені питання підтримки процесів проектування програмних систем визначено ряд недоліків, що впливають на розуміння розробниками підходів до розробки СППР та, власне, безпеку самої СППР:

– існуючі моделі не розділяють поняття архітектурний підхід та методологія розробки

програмного забезпечення ставлячи їх на один рівень, що впливає на розуміння розробниками підходу до розробки СППР;

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

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

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

4. Результати дослідження

4.1 Формалізація системи

Модель підтримки процесів розробки (ППр) ІСППР враховує існуючі рішення щодо систем комплексної підтримки розробки СППР [5], сучасні підходи та методології розробки програмного забезпечення (включаючи гібридні) [7, 8] та містить підходи, принципи, технології [9-11], що використовуються для розробки ІСППР, методику розробки сховища ППР, архітектуру типової ІСППР (рис. 1).

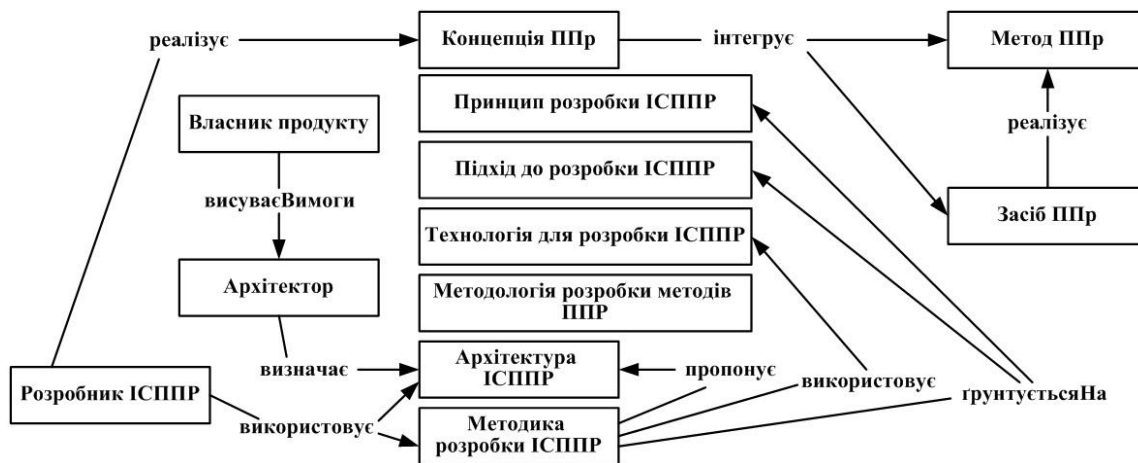


Рис. 1. Основні елементи моделі підтримки процесів розробки ІСППР

Для опису моделі ППр розглянемо формальну систему

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

де C – множина атомарних концептів ППр, R – множина атомарних ролей, що описують властивості концептів і відношення між ними, A – множина аксіом, що обмежують можливі інтерпретації концептів і ролей. Аксіоми містять описи концептів, складені з атомарних концептів і обмежень ролей з використанням синтаксичних правил дескрипційної логіки [12]. Множини C і R моделі FS включають наступні основні концепти і ролі:

$$C = \{ \text{Концепція_ППр, Принцип_розробки_ІСППР, Підхід_до_розробки_ІСППР, Технологія_розробки_ІСППР, Методика_розробки_сховища_методів_ППр, Архітектура_ІСППР, Методика_розробки_ІСППР, Розробник_ІСППР, Метод_ППр, Засоби_ППр} \};$$

$$R = \{ \text{пропонує, використовує, ґрунтується на, інтегрує, висуває Вимоги, реалізує} \}.$$

Опис концептів, ролей, аксіом та їх інтерпретацій в роботі виконується у відповідності до угод по іменуванню, що обґрунтовані в [5, 6]. Інтерпретація формальної системи FS буде

задавати модель ППр як множину об'єктів які належать відповідним класам та пов'язані відношеннями, що задовольняють аксіомам A . Слід зазначити, що термін «модель» можна розглядати не тільки в логічному або математичному сенсі, а й як спрощене інформаційне представлення сукупності об'єктів, явищ та процесів реального світу [13], в нашому випадку таких, що описують процес ППр.

4.2 Концепція ППр

У розробці ІСППР беруть участь фахівці різного профілю: експерти тієї предметної області (ПрО), для якої створюється ІСППР; інженери знань, які є фахівцями в області подання знань і підтримки прийняття рішень; програмісти. Тобто формально:

$$(\text{Розробник_ІСППР}) = \{\text{ІНЖЕНЕР_ЗНАНЬ, ЕКСПЕРТ, ПРОГРАМІСТ}\}.$$

Кожен з них під час розробки ІСППР формує системний образ на основі специфічної для нього термінології. Даний факт ставить додаткове завдання щодо формування єдиної системи понять та концептуального базису. Крім концептуального базису предметної області розробники забезпечуються інформацією про моделі знань та методи підтримки прийняття рішень, класи завдань, що вирішуються цими методами, обмеження застосування кожного з методів. Важливою складовою підтримки процесу розробки являється методична підтримка, основні положення якої відображаються в описі підходів і принципів розробки ІСППР, засобів розробки та методиці їх застосування.

Відповідно до запропонованої концепції концептуальна підтримка ППр забезпечується шляхом структуризації галузі знань “Підтримка прийняття рішень”, та формуванням на її основі відповідної онтології. Інформаційна підтримка здійснюється шляхом забезпечення цільового доступу (ЗЦД) до структурованих знань, інформаційних ресурсів та методів, що належать до галузі знань “Підтримка прийняття рішень”. Засобом такої підтримки є інформаційно-аналітичний ресурс (ІАР) ППр. Компонентна підтримка процесів розробки ІСППР здійснюється шляхом ЗЦД до реалізацій методів ППр і забезпечується методами ППр. Методична підтримка полягає в наданні інформації про підходи, принципи, методики розробки ІСППР та методики реалізації моделей. Таким чином методи та засоби ППр можуть бути формалізовані наступним чином:

$$\begin{aligned} f(\text{Метод_ППр}) = \{ & \text{СИСТЕМАТИЗАЦІЯ_ІНФОРМАЦІЇ, ЗЦД_ДО_ІНФОРМАЦІЇ_ПРО_МЕТОДИ_ППр,} \\ & \text{ЗЦД_ДО_РЕАЛІЗАЦІЙ_МЕТОДІВ_ППр,} \\ & \text{ЗЦД_ДО_ІНФОРМАЦІЇ_ПРО_ПІДХОДИ_МЕТОДИКИ_ПРИНЦИПИ_ТЕХНОЛОГІЇ}\}. \\ f(\text{Засіб_ППр}) = \{ & \text{ОНТОЛОГІЯ_ППр, ІАР_ППр, СХОВИЩЕ_МЕТОДОВ_ППр, МЕТОДИКА_} \\ & \text{РОЗРАБКИ_ІСППР, МЕТОДИКА_РЕАЛІЗАЦІЇ_МОДЕЛЕЙ}\}. \end{aligned}$$

Методи ППр інтегрують концепцію ППр що реалізується розробником ІСППР:

$$\begin{aligned} f(\text{інтегрує}) = \{ & (\text{СИСТЕМАТИЗАЦІЯ_ІНФОРМАЦІЇ, КОНЦЕПТУАЛЬНА ПІДТРИМКА}), \\ & (\text{ЗЦД_ДО_ІНФОРМАЦІЇ_ПРО_МЕТОДИ_ППр, ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА}), \\ & (\text{ЗЦД_ДО_РЕАЛІЗАЦІЙ_МЕТОДІВ_ППр, КОМПОНЕНТНА ПІДТРИМКА}), \\ & (\text{ЗЦД_ДО_ІНФОРМАЦІЇ_ПРО_ПІДХОДИ_МЕТОДИКИ_ПРИНЦИПИ_ТЕХНОЛОГІЇ,} \\ & \text{МЕТОДИЧНА ПІДТРИМКА})\}. \end{aligned}$$

4.3 Підходи, принципи та технології моделі ППр

Запропонована модель ППр включає ряд практичних принципів, підходів та технологій, що забезпечують дотримання принципів, водночас спрощуючи розробку ІСППР із забезпеченням рівня якості програмного забезпечення, що вимагається. Крім цього, використані в процесі розробки технології програмування та мікросервісного проектування визначають властивості і функціональні можливості ІСППР (рис. 2).

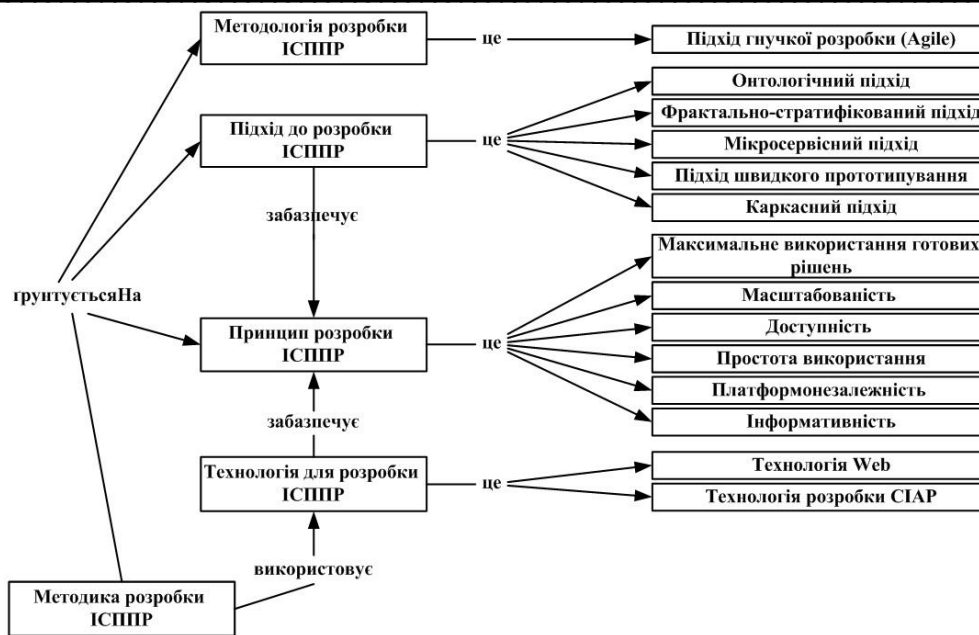


Рис. 2. Принципи, підходи, технології та методологія, що використовуються в процесі розробки ІСППР

Всебічне забезпечення підтримки процесів розробки ІСППР передбачає наявність доступу до існуючих програмних рішень, реалізацій, релізів тобто ІСППР забезпечити максимальне використання готових рішень. Важливим завданням є забезпечення масштабованості та актуальності пропонованих засобів та розробляємих ІСППР. Дотримання цих принципів дозволить нарощувати сукупність методів ППР та удосконалювати інтерфейсні компоненти за рахунок модифікації існуючих. Використовувані засоби та розробляемі системи повинні володіти властивістю доступності. З погляду на невизначеність рівня зрілості проектної організації, передбачається, що пропонуємі засоби повинні бути прості у використанні та являтися платформи незалежними.

Реалізація принципу інформативності дозволяє ЗЦД до інформації щодо усіх аспектів розробки та деплою ІСППР. Формалізація зазначених положень може бути виконана наступним чином:

$$f(\text{Принцип_розробки_ІСППР}) = \{\text{ВИКОРИСТАННЯ_ІСНУЮЧИХ_РІШЕНЬ, МАСШТАБОВАНІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ, ПРОСТОТА_ВИКОРИСТАННЯ, ПЛАТФОРМОНЕЗАЛЕЖНІСТЬ, ІНФОРМАТИВНІСТЬ}\}.$$

При розробці методів і засобів ППР пропонується використовувати онтологічний підхід. Онтологія ППР є концептуальною основою ППР, тобто, база знань ІСППР, як програмна компонента також може бути розроблена на основі онтологій [13, 14].

При розробці прикладних програмних систем добре зарекомендував себе мікросервісний підхід [15]. Зазначений підхід дозволить реалізувати функціональні можливості ІСППР, методи, що використовуються для вирішення поставлених завдань, а також інтерфейс користувача у вигляді сервісів. Підходи швидкого прототипування [16], гнучкої розробки [17] та каркасний підхід [18] є універсальними при розробці широкого класу програмних систем, що також дозволяє використовувати їх і для розробки ІСППР. Виходячи з наведеного опису підходів сформуємо формалізований опис:

$$f(\text{Підхід_до_розробки_ІСППР}) = \{\text{ОНТОЛОГІЧНИЙ, МІКРОСЕРВІСНИЙ, ШВИДКОГО_ПРОТОТИПУВАННЯ, ГНУЧКОЇ_РОЗРОБКИ, КАРКАСНИЙ}\}.$$

Передбачається, що використання зазначених підходів забезпечить дотримання

згаданих вище принципів, тобто

Підхід_до_розробки_ІСППР \subseteq Принцип_розробки_ІСППР

Модель ППР передбачає, в найгіршому випадку, застосування двох технологій, що можуть використовуватися для розробки ІСППР:

$f(\text{Технологія_розробки_ІСППР}) = \{\text{WEB, РОЗРОБКИ_ІАР}\}$.

Зазначені технології містять набір засобів, достатній для того, щоб процес розробки був простим, зрозумілим та задовільняв розглянутим принципам.

Засобом компонентної підтримки процесів розробки ІСППР являється сховище методів ППР (рис. 3).

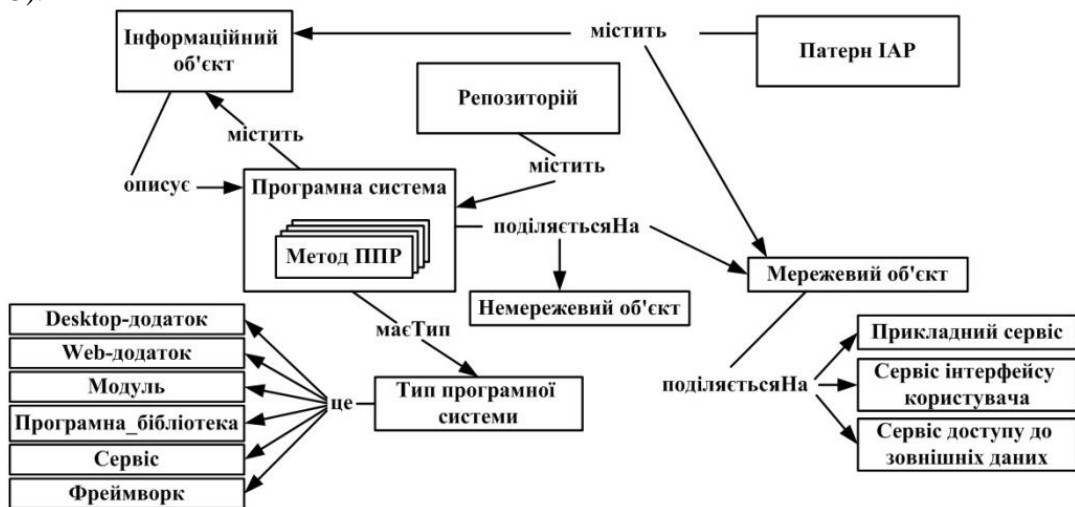


Рис. 3. Модель сховища методів ППР

Сформуємо аксіоми, що описують підкласи та ролі компонент сховища, а також їх зв'язок з патерном ІАР:

Програмна_система \supseteq Мережевий_об'єкт \cup Немережевий_об'єкт,
 Програмна_система $\subseteq \exists$ маєТип.Тип_програмної_системи $\cap \exists$ реалізує.Метод_ППР,
 Інформаційний_об'єкт $\subseteq \exists$ описує.[Програмна_система],
 Патерн_ІАР $\subseteq \exists$ містить.[Інформаційний_об'єкт \cup Мережевий_об'єкт],
 $f(\text{Тип_програмної_системи}) = \{\text{DESKTOP, WEB, МОДУЛЬ, ПРОГРАМНА_БІБЛІОТЕКА, СЕРВІС, ФРЕЙМВОРК}\}$.

Репозиторій включає набір методів та є елементом програмної системи:

$f(\text{Метод_ППР}) = \{\text{ОНТОЛОГІЙ, СУДЖЕНЬ_ЗА_ПРАВИЛАМИ, СУДЖЕНЬ_ЗА_ПРЕЦЕДЕНТАМИ, ЙМОВІРНІСНОГО_МОДЕЛЮВАННЯ, КОГНІТИВНОГО_МОДЕЛЮВАННЯ, ПОДІЙНОГО_МОДЕЛЮВАННЯ, ЕКСПЕРТНОЇ_ОЦІНКИ, АНКЕТУВАННЯ}\}$,

Для розробки сховища методів ППР можуть бути використані наступні підходи та технології:

$f(\text{ВикористовуєтьсяДляРозробки}) = \{\{\text{ОНТОЛОГІЧНИЙ_ПІДХІД, МІКРОСЕРВІСНИЙ_ПІДХІД, ТЕХНОЛОГІЯ_WEB, SWRL, SPARQ}\}\}$.

Доступ до сховища методів ППР та програмних систем, надається через патерн ІАР ППР: $f(\text{забезпечуєДоступ}) = \{\text{ПАТЕРН_ІАР}\}$.

Розробка сховища методів ППР передбачає обґрунтування власне самих методів ППР

(у відповідності до ПрО), їх реалізацію у вигляді мікросервісів/програмних систем та інтеграцію уже існуючих програмних рішень. Інтеграція кожного з існуючих рішень полягає в створенні в патерні ІАР ППР інформаційного об'єкта, що описує реалізацію методу, тип, зв'язки з іншими об'єктами, спосіб запуску сервісу або програмної системи.

5. Обговорення результатів проведеного дослідження. Отримані в ході дослідження результати базуються на детальному дослідженні множин атомарних ролей та атомарних концептів, що дозволило формалізувати структуру процесів проектування ІСППР та усунути неузгодженість щодо репозитарію як елемента програмної системи. На підставі реалізації принципів гнучкої розробки програмного забезпечення запропоновано, в рамках методики ІСППР окремо розглядати методологію ІСППР як вчення про метод застосування підходу гнучкої розробки (Agile), що дозволило усунути проблему розуміння підходу до розробки ІСППР. Запропоновані архітектурні рішення передбачають збереження контенту та онтологій предметної ПрО у сховищі з організацією доступу через сервіси, інтерфейси розробника ІСППР та користувача передбачається розгортати в окремому контейнері чим унеможливити здійснення атак. Отримані рішення можуть бути застосовані для типової архітектури ІСППР, що наведена на рисунку 4 та не обмежуватися вимогами ПрО.

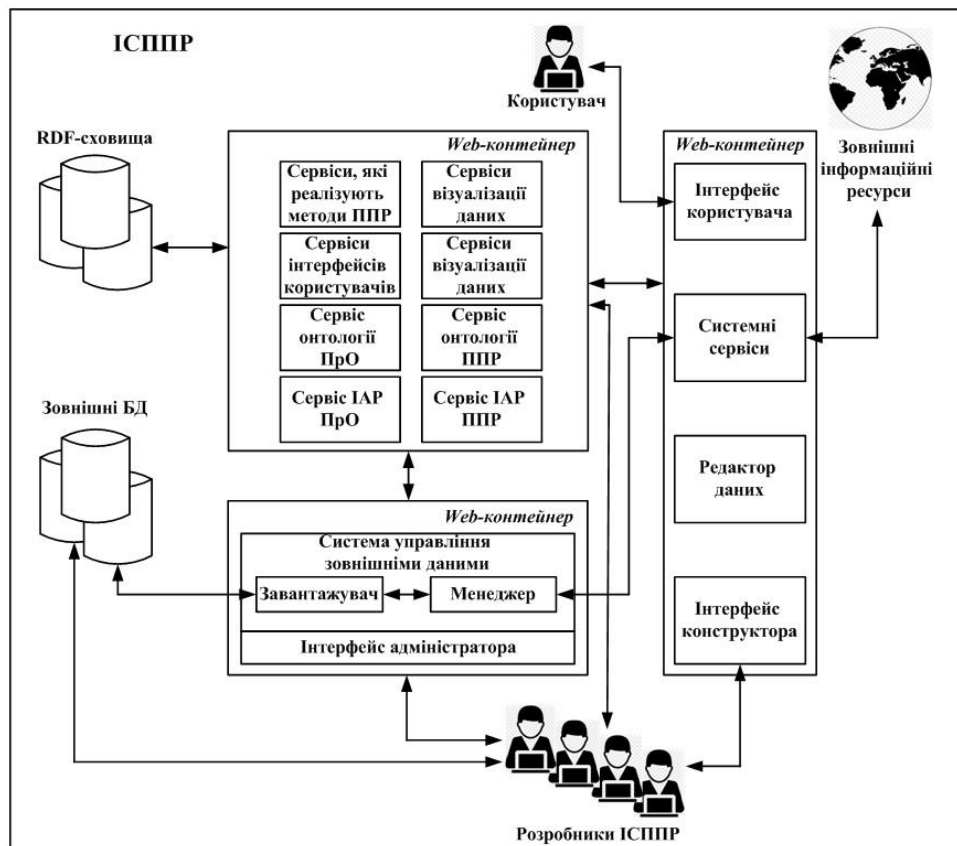


Рис. 4. Архітектура типової ІСППР

6. Висновки

Запропоновано модель ППР ІСППР, що включає концепцію ППР, методіку розробки сховища методів ППР, архітектуру та методіку розробки типової ІСППР. Отримані рішення враховують вимоги та обмеження, що накладає типова архітектура ІСППР та мають наступні особливості: націленість на слабоформалізовані ПрО та слабкоструктуровані проблеми; незалежність від ПрО; націленість на використання готових рішень; використання технологій Web і мікросервісного підходу, доступність і масштабованість запропонованих засобів; зручність використання.

Список використаної літератури

1. Верес О. М. Аспекти прояву невизначеності в процесах розроблення систем підтримки прийняття рішень. Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія : Інформаційні системи та мережі. 2015. № 829. С. 58 – 75.
2. Manuel Mora, Guisseppi A. Forgionne, Jatinder N. D. Gupta. Decision-Making Support Systems: Achievements and Challenges for the New Decade. Idea Group Publishing. 2002. 437 p.
3. Power D. J. A Brief History of Decision Support Systems. <http://dssresources.com/history/dsshhistory.html>
4. Пушкар О. І. Системи підтримки рішень слабоформалізованих задач розвитку підприємств. Харків. РВВ ХДЕУ. 2014. 140 с.
5. Загорулько Г.Б. Модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР. Онтология проектирования. 2019. Т. 9. №4(34). С. 462 – 479.
6. Ларичев О. И., Петровский А. В. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы их развития. Итоги науки и техники. Техническая кибернетика. 1987. Т.21. С. 131 – 164.
7. Alter S. L. Decision support systems: current practice and continuing challenges. Addison-Wesley Pub., 1980.
8. Mashkov O.A., Sobchuk V.V., Barabash O.V., Dakhno N.B., Shevchenko H.V. and Maisak T.V. (2019), “Improvement of variational-gradient method in dynamical systems of automated control for integro-differential models”. Mathematical Modeling and Computing. Vol. 6. No. 2. P. 344 – 357.
9. Машков О.А., Барабаш О.В. Оцінка функціональної стійкості розподілених інформаційно-керуючих систем. Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології: Збірник наукових праць. Львів, Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2005. Вип. 1. С. 159 – 165.
10. Барабаш О.В. Дурняк Б.В., Машков О.А., Обідін Д.М. Забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем. Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. пр. Київ, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2012. Вип. 64. С. 36 – 41.
11. Barabash O.V., Dakhno N.B., Shevchenko H.V. and Majsak T.V. (2017), “Dynamic Models of Decision Support Systems for Controlling UAV by Two-Step Variational-Gradient Method”. Proceedings of 2017 IEEE 4th International Conference “Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)”, October 17-19, 2017, Kyiv, Ukraine. National Aviation University. P. 108 – 111.
12. Конверський А. Є. Логіка. ВПЦ "Київський університет". 2017. 391 с.
13. Горшков С. В. Онтологическое моделирование предприятий: методы и технологии: монография. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2019. 236 с.
14. Виттих В.А., Ситников П.В., Смирнов С.В. Онтологический подход к построению информационно-логических моделей в процессах управления социальными системами. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. №5. С. 45 – 53.
15. Martin Fowler and James Lewis. Microservices. <http://martinfowler.com/articles/microservices.html>
16. Power D.J. Decision Support Systems Hyperbook. Cedar Falls. <http://DSSResources.COM>
17. Garaibeh N.K. DSS Development and Agile Methods: Towards a new Framework for Software Development Methodology. International Journal of Machine Learning and Computing. 2012. Vol. 2.
18. Табунщик Г.В., Каплієнко Т.І., Петрова О.А. Проектування та моделювання програмного забезпечення сучасних інформаційних систем. Запоріжжя: Дике Поле. 2016. 250 с.

References

1. Veres O. M. (2015), "Aspects of uncertainty in the development of decision support systems". *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*. № 829. P. 58 – 75.
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 razrobotky yntellektualnikh SPPR." *Ontolohyia proektyrovanyia*. 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 kybernetyka*. Vol.21. P. 131 – 164.
7. Alter S. L. (1980) "*Decision support systems: current practice and continuing challenges.*" Addison-Wesley Pub.
8. Mashkov O.A., Sobchuk V.V., Barabash O.V., Dakhno N.B., Shevchenko H.V. and Maisak T.V. (2019), "Improvement of variational-gradient method in dynamical systems of automated control for integro-differential models". *Mathematical Modeling and Computing*. Vol. 6. No. 2. P. 344 – 357.
9. Mashkov O.A. and Barabash O.V. (2005), "Assessment of functional stability of distributed information and control systems". *Physical and mathematical modeling and information technology: Collection of scientific works*. Lviv, Center for Mathematical Modeling of the Institute of Applied Problems of Mechanics and Mathematics named after Ya.S. Pidstryhach of the NAS of Ukraine. Issue. 1. P. 159 – 165.
10. Barabash O.V. Durniak B.V., Mashkov O.A., Obidin D.M. (2012), "Ensuring the functional stability of complex technical systems". *Modeling and information technology: Coll. Science*. Kyiv, Institute of Modeling Problems in Energy named after G. Pukhov NAS of Ukraine. Issue 64. P. 36 – 41.
11. Barabash O.V., Dakhno N.B., Shevchenko H.V. and Majsak T.V. (2017), "Dynamic Models of Decision Support Systems for Controlling UAV by Two-Step Variational-Gradient Method". *Proceedings of 2017 IEEE 4th International Conference "Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)"*, October 17-19, 2017, Kyiv, Ukraine. National Aviation University. P. 108 – 111.
12. Konverskyi A. Ye. (2017) "*Logic.*" VPTs "Kyivskiy universytet". 391 p.
13. Horshkov S. V. (2019) "*Ontological modeling of enterprises: methods and technologies: monograph.*" Ekaterynburh. 236 p.
14. Vytykh V.A., Sytnykov P.V., Smyrnov S.V. (2009), "Ontological approach to the construction of information-logical models in the processes of social systems management". *Bulletin of Computer and Information Technologies*. №5. P. 45 – 53.
15. Martin Fowler and James Lewis. "Microservices." <http://martinfowler.com/articles/microservices.html>
16. Power D.J. Decision Support Systems Hyperbook. Cedar Falls. <http://DSSResources.COM>
17. Garaibeh N.K. (2012) DSS Development and Agile Methods: Towards a new Framework for Software Development Methodology. *International Journal of Machine Learning and Computing*. Vol. 2.
18. Tabunshchyk H.V., Kapliienko T.I., Petrova O.A. (2016) "*Design and modeling of software for modern information systems.*" Zaporizhzhia: Dyke Pole. 250 p.