УДК 004.89:519.816:510.649

МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДДЕРЖКИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СППР

Г.Б. Загоруйко

*Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск, Россия
gal@iis.nsk.su*

Аннотация

Представлена модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР). Модель включает концепцию комплексной поддержки, описывающую потребности разработчиков, методы и средства поддержки разработки ИСППР, структуру репозитория методов принятия решений, архитектуру и методику разработки типовой ИСППР. Методика основывается на принципах: максимальное использование готовых решений, масштабируемость, доступность, открытость, простота использования, независимость от предметной области, информативность. Их соблюдение обеспечивается применением онтологического, фрактально-стратифицированного, сервис-ориентированного и каркасного подходов, а также подходов быстрого прототипирования и гибкой разработки. Методика основана на использовании технологии Semantic Web и технологии разработки интеллектуальных научных интернет-ресурсов. Подробно описаны средства комплексной поддержки разработки ИСППР – онтология области знаний «Поддержка принятия решений», информационно-аналитический интернет-ресурс, репозиторий методов поддержки принятия решений, методика разработки ИСППР. В качестве каркаса ИСППР предложено использовать информационно-аналитический интернет-ресурс, который строится на основе онтологии предметной области и оболочки используемой технологии. С помощью подключенных к ресурсу сервисов, реализующих хранимые в репозитории методы, обеспечивается функциональность разрабатываемой ИСППР. Для описания модели комплексной поддержки используется язык дескрипционной логики семейства SOIN(D).

Ключевые слова: *поддержка принятия решений, интеллектуальная СППР, поддержка разработки СППР, модель комплексной поддержки, дескрипционная логика.*

Цитирование: *Загоруйко, Г.Б. Модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР / Г.Б. Загоруйко // Онтология проектирования. – 2019. – Т. 9, №4(34). – С. 462-479. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-462-479.*

Введение

Термин «Система поддержки принятия решений» (СППР) был введен Скоттом-Мортоном в 1971 г. [1], хотя программные системы подобного назначения появились раньше. В настоящее время СППР активно используются во многих сферах человеческой деятельности. Массовая компьютеризация таких сфер жизни, как экономика, политика, здравоохранение, образование, юриспруденция и пр. слабоформализуемых областей, привела к росту востребованности СППР. Накопленные в этих областях знания и данные требуют специальных (интеллектуальных) средств для работы с ними. Владение этими средствами необходимо, поскольку растёт ответственность за последствия принимаемых решений. Поэтому так важны системы, способные оказать помощь лицам, принимающим решения.

Разработка СППР – важная проблема, которая осложняется отсутствием доступных инструментариев и систематизированной информации о методах и аспектах поддержки принятия решений (ППР), в особенности в слабоформализованных предметных областях (ПрО).

Процесс разработки СППР также нуждается во всесторонней (комплексной) поддержке, а создание методов и средств такой поддержки является актуальной задачей.

Известно множество определений и классификаций СППР. В работе принято, что СППР «являются человеко-машинными системами, которые позволяют лицам, принимающим решения, использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения слабоструктурированных проблем» [2]. Если в СППР для решения задач используются методы искусственного интеллекта, то такие системы называются интеллектуальными СППР (ИСППР).

Статья посвящена модели комплексной поддержки разработки ИСППР, которая описывает процесс удовлетворения потребностей разработчиков ИСППР, методы удовлетворения таких потребностей и средства реализации этих методов.

1 Формальная система

Модель комплексной поддержки разработки (КПР) ИСППР учитывает достоинства современных подходов и методологий разработки систем такого класса. Она включает концепцию КПР, подходы, принципы, технологии, используемые для разработки ИСППР, методику разработки репозитория методов ППР, архитектуру и методику разработки типовой ИСППР (рисунок 1).

Рисунок 1 – Основные элементы модели КПР

Для описания модели КПР рассмотрим формальную систему

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

где C – множество атомарных концептов КПР, R – множество атомарных ролей, описывающих свойства концептов и отношения между ними, A – множество аксиом, ограничивающих возможные интерпретации концептов и ролей (устанавливающих связь между концептами и ролями). Аксиомы содержат описания концептов, составленные из атомарных концептов и ограничений ролей с использованием синтаксических правил дескрипционной логики $SOIN(D)$ [3].

Множества C и R модели FM включают следующие основные концепты и роли:

$C = \{ \text{Концепция_КПР, Принцип_разработки_ИСППР,} \\ \text{Подход_к_разработке_ИСППР, Технология_для_разработки_ИСППР,} \}$

Методика_разработки_репозитария_методов_ППР,
Архитектура_ИСППР, Методика_разработки_ИСППР,
Разработчик_ИСППР, Потребность_разработчика_ИСППР, Метод_КПР,
Средство_КПР }.

$R = \{ \text{предлагает, использует, основываетсяНа, интегрирует, нуждаетсяВ, удовлетворяет, реализует} \}.$

Интерпретация I формальной системы FM , задающая семантику последней, представляется парой

$$I = \langle \Delta, f \rangle,$$

где Δ – домен, множество всех экземпляров (индивидов) модели КПР, f – функция интерпретации:

- $f: C \cup R \rightarrow (2^\Delta) \cup (2^\Delta \times 2^\Delta);$
- $f(C_i) \subseteq \Delta, C_i \in C$ – каждому концепту сопоставляется множество его экземпляров;
- $f(R_i) \subseteq \Delta \times \Delta, R_i \in R$ – каждой роли сопоставляется бинарное отношение – множество пар связываемых им индивидов.

Функция f расширяется для интерпретации составных концептов в соответствии с индуктивными правилами логики SOIN(D). В таблице 1 представлены конструкторы этой логики и правила интерпретации (семантика) составных концептов и ролей.

Таблица 1 – Конструкторы и правила интерпретации составных концептов и ролей логики SOIN(D)

Название	Синтаксис	Семантика	Описание
<i>Top</i>	$\top$	Δ	Универсальный класс (сущность) – множество всех индивидов
<i>Bottom</i>	$\perp$	$\emptyset$	Универсальный класс – пустое множество
<i>Complement</i>	$\neg C$	$\Delta \setminus f(C)$	Дополнение концепта
<i>Intersection</i>	$C \sqcap D$	$f(C) \cap f(D)$	Пересечение концептов
<i>Union</i>	$C \sqcup D$	$f(C) \cup f(D)$	Объединение концептов
<i>Value restriction</i>	$\forall R.C$	$\{ a \in \Delta \mid \forall b (a, b) \in f(R) \rightarrow b \in f(C) \}$	Ограничение значений концепта
<i>Limited Existential quantification</i>	$\exists R.C$	$\{ a \in \Delta \mid \exists b (a, b) \in f(R) \wedge b \in f(C) \}$	Ограничение значений концепта
<i>Number restrictions</i>	$\geq nR$	$\{ a \in \Delta \mid \{ b \in \Delta \mid (a, b) \in f(R) \} \geq n \}$	Ограничение значений концепта
	$\leq nR$	$\{ a \in \Delta \mid \{ b \in \Delta \mid (a, b) \in f(R) \} \leq n \}$	
	$= nR$	$\{ a \in \Delta \mid \{ b \in \Delta \mid (a, b) \in f(R) \} = n \}$	
<i>Complement</i>	$\neg R$	$\Delta \times \Delta \setminus f(R)$	Дополнение роли
<i>Inverse</i>	R^{-}	$\{ (b, a) \in \Delta \times \Delta \mid (a, b) \in f(R) \}$	Обратная роль
<i>Role restriction</i>	$R _C$	$f(R) \cap (\Delta \times f(C))$	Ограничение роли
<i>Nominal</i>	I	$f(I) \subseteq \Delta \wedge f(I) = 1$	Индивиды

При описании концептов, ролей, аксиом и их интерпретаций используются следующие соглашения по именованию [3].

- Имена концептов пишутся с прописной буквы, за которой следуют строчные. Если название состоит из нескольких слов, они соединяются символом подчеркивания (например, Концепция_КПР, Потребность_разработчика_ИСППР).
- Названия ролей пишутся строчными буквами. Если название состоит из нескольких слов, они «приклеиваются» друг к другу, и каждое слово, начиная со второго, пишется с прописной буквы (например, основываетсяНа, выполняетсяНаЭтапе).

- Имена объектов полностью состоят из прописных букв. Если имя состоит из нескольких слов, они соединяются символом подчеркивания (например, КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ_ПОДДЕРЖКА, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ_ИНФОРМАЦИИ).

Интерпретация формальной системы FM будет задавать модель КПП как множество конкретных объектов, принадлежащих определённым классам, связанных определёнными отношениями и удовлетворяющих аксиомам A .

Отметим, что термин «модель» можно рассматривать не только в логическом или алгебраическом смысле, но и как упрощённое информационное представление совокупности объектов, явлений и процессов реального мира [4], описывающих процесс КПП.

2 Концепция КПП

Концепция КПП интегрирует потребности разработчиков, методы и средства поддержки разработки ИСППР (рисунок 2).

Рисунок 2 – Концепция комплексной поддержки интеллектуальных СППР

(здесь: ОСД - обеспечение содержательного доступа; ИАИР – информационно-аналитический интернет-ресурс)

В разработке ИСППР участвуют специалисты разного профиля: эксперты той Про, для которой создается ИСППР; инженеры знаний, являющиеся специалистами в области представления знаний и поддержки принятия решений; программисты. Т.е. формально:

$$f(\text{Разработчик_ИСППР}) = \{ \text{ИНЖЕНЕР_ЗНАНИЙ}, \text{ЭКСПЕРТ}, \text{ПРОГРАММИСТ} \}.$$

Каждый из них говорит на своём профессиональном языке, использует свою терминологию. Для их успешной совместной работы, в особенности на начальных этапах разработки, необходима единая система понятий, общий концептуальный базис.

Помимо общих представлений об области знаний разработчикам необходима информация о конкретных методах ППР, о классах задач, решаемых этими методами, о возможностях и ограничениях каждого из них. Разработчикам должна быть доступна информация об основных этапах принятия решений и используемых на каждом из них методах, а также об инструментальных средствах, реализующих эти методы.

На этапе реализации ИСППР важную роль играет компонентная поддержка разработчиков. Возможность выбрать и опробовать готовые программные компоненты, реализующие необходимые методы поддержки принятия решений или организующие интерфейс с пользователями, может существенно облегчить и ускорить процесс создания ИСППР.

Важной потребностью разработчиков на этапе реализации является методическая поддержка, включающая описание подходов и принципов разработки ИСППР, средства разработки и методику их применения. Т.о.:

$$\mathcal{L}(\text{Потребность_разработчика}) = \{ \text{КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ_ПОДДЕРЖКА}, \\ \text{ИНФОРМАЦИОННАЯ_ПОДДЕРЖКА}, \\ \text{КОМПОНЕНТНАЯ_ПОДДЕРЖКА}, \\ \text{МЕТОДИЧЕСКАЯ_ПОДДЕРЖКА} \}.$$

Согласно предлагаемой концепции базис КПР обеспечивается путём структуризации области знаний «Поддержка принятия решений», результатом которой является онтология этой области. Информационная поддержка осуществляется путём обеспечения содержательного доступа (ОСД) к структурированным на основе онтологии знаниям, информационным ресурсам и методам, относящимся к области знаний «Поддержка принятия решений». Средством такой поддержки является специализированный информационно-аналитический интернет-ресурс (ИАИР) для ППР. Компонентная поддержка процесса разработки ИСППР осуществляется путём ОСД к реализациям методов ППР и обеспечивается репозиторием методов ППР. Методическая поддержка состоит в предоставлении информации о подходах, принципах, методиках разработки ИСППР, а также методики создания ИСППР. Формально имеем:

$$\mathcal{L}(\text{Метод_КПР}) = \{ \text{СИСТЕМАТИЗАЦИЯ_ИНФОРМАЦИИ}, \\ \text{ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_МЕТОДАХ_ППР}, \\ \text{ОСД_К_РЕАЛИЗАЦИЯМ_МЕТОДОВ_ППР}, \\ \text{ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_ПОДХОДАХ_ПРИНЦИПАХ_ТЕХНОЛОГИЯХ} \},$$

$$\mathcal{L}(\text{Средство_КПР}) = \{ \text{ОНТОЛОГИЯ_ППР}, \text{ИАИР_ППР}, \text{РЕПОЗИТОРИЙ_МЕТОДОВ_ППР}, \\ \text{МЕТОДИКА_РАЗРАБОТКИ_ИСППР} \}.$$

Методы КПР удовлетворяют потребности разработчиков ИСППР:

$$\mathcal{L}(\text{удовлетворяет}) = \{ (\text{СИСТЕМАТИЗАЦИЯ_ИНФОРМАЦИИ}, \text{КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ_ПОДДЕРЖКА}), \\ (\text{ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_МЕТОДАХ_ППР}, \text{ИНФОРМАЦИОННАЯ_ПОДДЕРЖКА}), \\ (\text{ОСД_К_РЕАЛИЗАЦИЯМ_МЕТОДОВ_ППР}, \text{КОМПОНЕНТНАЯ_ПОДДЕРЖКА}), \\ (\text{ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_ПОДХОДАХ_ПРИНЦИПАХ_ТЕХНОЛОГИЯХ}, \\ \text{МЕТОДИЧЕСКАЯ_ПОДДЕРЖКА}) \}.$$

Средства КПР реализуют методы КПР:

$$\mathcal{L}(\text{реализует}) = \{ (\text{ОНТОЛОГИЯ_ППР}, \text{СИСТЕМАТИЗАЦИЯ_ИНФОРМАЦИИ}), \\ (\text{ИАИР_ППР}, \text{ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_МЕТОДАХ_ППР}), \\ (\text{РЕПОЗИТОРИЙ_МЕТОДОВ_ППР}, \text{ОСД_К_РЕАЛИЗАЦИЯМ_МЕТОДОВ_ППР}), \\ (\text{МЕТОДИКА_РАЗРАБОТКИ_ИСППР}, \\ \text{ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_ПОДХОДАХ_ПРИНЦИПАХ_ТЕХНОЛОГИЯХ}) \}.$$

3 Подходы, принципы, технологии, предлагаемые для разработки ИСППР

Рассматриваемая модель КПР включает ряд практических принципов, а также подходы и технологии, которые обеспечивают соблюдение этих принципов, упрощают и ускоряют разработку ИСППР, определяют свойства и функциональные возможности ИСППР, для разработки которых предназначена данная модель (рисунок 3).

3.1 Принципы разработки ИСППР

При обеспечении КПР необходимо предоставить доступ к имеющимся реализациям, и при разработке ИСППР обеспечить *максимальное использование готовых решений*. Важной задачей является *обеспечение масштабируемости и актуальности* предлагаемых средств и конкретных ИСППР. Соблюдение этих принципов позволит легко подключать новые методы ППР и интерфейсные компоненты, модифицировать имеющиеся. Используемые средства и

разрабатываемые системы должны быть *открыты* и *доступны*. В таком случае будет обеспечено их широкое использование. Для снижения квалификационных требований к разработчикам и пользователям ИСППР предлагаемые средства должны быть *просты в использовании* и, по возможности, *независимы от ПО*.

Реализация принципа *информативности* позволяет ОСД к информации о всех аспектах разработки и функционирования ИСППР. Итак:

$\{ \text{Принцип_разработки_ИСППР} \} = \{ \text{МАКСИМАЛЬНОЕ_ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_ГОТОВЫХ_РЕШЕНИЙ}, \text{МАСШТАБИРУЕМОСТЬ}, \text{ДОСТУПНОСТЬ}, \text{ОТКРЫТОСТЬ}, \text{ПРОСТОТА_ИСПОЛЬЗОВАНИЯ}, \text{НЕЗАВИСИМОСТЬ_ОТ_ПО}, \text{ИНФОРМАТИВНОСТЬ} \}.$

Рисунок 3 – Принципы, подходы и технологии, предлагаемые для разработки ИСППР (здесь ИНИР – интеллектуальный научный интернет-ресурс)

3.2 Подходы к разработке ИСППР

При разработке методов и средств КПР был использован *онтологический подход*. Онтология ППР является концептуальной основой КПР. Согласно предлагаемой модели, базы знаний ИСППР также должны разрабатываться на основе онтологии [5, 6].

Использование *фрактально-стратифицированного подхода* позволяет учесть подобие системы знаний в целом и её фрагментов и упрощает построение онтологий [7].

При разработке прикладных программных систем хорошо зарекомендовал себя *сервис-ориентированный* подход [8]. Все функциональные возможности ИСППР, методы, которые используются для решения поставленных задач, а также пользовательский интерфейс реализуются в виде сервисов.

Подходы *быстрого прототипирования* [9], *гибкой разработки* [10] и *каркасный подход* [11] являются универсальными при разработке широкого класса программных систем, что позволяет использовать их и для разработки ИСППР.

Фиксируя сказанное формально, имеем:

$f(\text{Подход_к_разработке_ИСППР}) =$
 $\{ \text{ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ_ПОДХОД}, \text{СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ_ПОДХОД},$
 $\text{ФРАКТАЛЬНО_СТРАТИФИЦИРОВАННЫЙ_ПОДХОД},$
 $\text{ПОДХОД_БЫСТРОГО_ПРОТОТИПИРОВАНИЯ},$
 $\text{ПОДХОД_ ГИБКОЙ_РАЗРАБОТКИ}, \text{КАРКАСНЫЙ_ПОДХОД} \}.$

Используемые подходы обеспечивают соблюдение упомянутых выше принципов, т.е.:

$\text{Подход_к_разработке_ИСППР} \sqsubseteq \exists \text{обеспечивает.Принцип_разработки_ИСППР}.$

3.3 Технологии для разработки ИСППР

Модель КПР включает две технологии, используемые для разработки ИСППР:

$f(\text{Технология_для_разработки_ИСППР}) =$
 $\{ \text{ТЕХНОЛОГИЯ_SEMANTIC_WEB}, \text{ТЕХНОЛОГИЯ_РАЗРАБОТКИ_ИНИР} \},$

где ИНИР - интеллектуальный научный интернет-ресурс [12, 13].

Технологии содержат набор средств, достаточный для того, чтобы процесс разработки был простым, понятным, удовлетворяющим рассмотренным выше принципам [12-14]. На рисунке 4 представлены их основные компоненты.

Рисунок 4 – Технологии, используемые для разработки ИСППР

Следующие аксиомы задают свойства понятий модели КПП, описывающих используемые технологии:

Технология_разработки_ИСППР $\sqsubseteq$

$\exists$ включает. [Средство_представления_знаний $\sqcap$ Средство_разработки_БЗ $\sqcap$
Хранилище_информации $\sqcap$ Сервис $\sqcap$ Машина_вывода $\sqcap$
Язык_запросов $\sqcap$ Оболочка_ИСППР],

Средство_представления_знаний $\sqsupseteq$ Язык_представления_знаний $\sqcap$ Онтология $\sqcap$ Язык_правил,

Средство_разработки_БЗ $\sqsupseteq$ Редактор_онтологии $\sqcap$ Редактор_данных $\sqcap$ Базовая_онтология $\sqcap$
Паттерн_онтологического_проектирования,

Хранилище_информации $\sqsupseteq$ RDF_хранилище $\sqcap$ Реляционная_БД,

Сервис $\sqsupseteq$ Сервис_пользовательского_интерфейса $\sqcap$ Аналитический_сервис $\sqcap$
Графический_сервис $\sqcap$ Сервис_реализующий_метод_ППР,

Аналитический_сервис $\sqsupseteq$ Сервис_поиска $\sqcap$ Сервис_навигации,

$f(\text{включает}) = \{ (\text{ТЕХНОЛОГИЯ_SEMANTIC_WEB},$
 $(\text{OWL, PROTÉGÉ, ONTOGRAF, OWLVIZ, FACT+, PELLET, HERMIT, SPARQL})) \}.$

Последняя запись указывает множество всех пар отношения «включает», первым элементом которых является технология Semantic Web, а вторым – та или иная компонента технологии.

Аналогично представлены экземпляры данного отношения для технологии разработки ИНИР:

$f(\text{включает}) = \{ (\text{ТЕХНОЛОГИЯ_РАЗРАБОТКИ_ИНИР},$
 $(\text{РЕДАКТОР_ИНИР, ОНТОЛОГИЯ_НАУЧНОГО_ЗНАНИЯ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_НАУЧНОЙ_ДЕЯТЕЛЬНОСТИ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_ЗАДАЧ_МЕТОДОВ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_ИНФОРМАЦИОННЫХ_РЕСУРСОВ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_МЕДИЦИНСКОЙ_ДИАГНОСТИКИ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_ТЕХНИЧЕСКОЙ_ДИАГНОСТИКИ},$
 $\text{FUSEKI, ГРАФИКА_ИАИР, ОБОЛОЧКА_ИНИР})) \}.$

При этом технология разработки ИНИР использует компоненты и средства Semantic Web:

$f(\text{использует}) = \{ (\text{ТЕХНОЛОГИЯ_РАЗРАБОТКИ_ИНИР, ТЕХНОЛОГИЯ_SEMANTIC_WEB}) \}.$

Использование базовых онтологий не является обязательным при разработке онтологии ПрО создаваемой ИСППР. Однако, оно может существенно снизить трудоёмкость этого процесса, предлагая основные понятия (концепты) и отношения между ними для структуризации рассматриваемой области [12].

4 Средства КПП

Средства КПП (см. рисунок 2) являются сложными объектами, интерпретации которых состоят только из этих объектов:

Онтология_ППР $\equiv \{ \text{ОНТОЛОГИЯ_ППР} \},$

ИАИР_ППР $\equiv \{ \text{ИАИР_ППР} \},$

Репозиторий $\equiv \{ \text{РЕПОЗИТОРИЙ} \},$

Методика_разработки_ИСППР $\equiv \{ \text{МЕТОДИКА_РАЗРАБОТКИ_ИСППР} \}.$

4.1 Онтология ППР

Средством концептуальной поддержки разработки ИСППР является онтология ППР. На рисунке 5 показаны основные компоненты онтологии ППР.

Рисунок 5 – Основные компоненты онтологии ППР

Формально имеем:

Онтология_ППР $\sqsubseteq$ $\exists$ включает.Компонента_онтологии $\sqcap$ $\exists$ строитсяНаОснове.Базовая_онтология,
Компонента_онтологии $\sqsupseteq$ Понятие $\sqcup$ Свойство_понятия $\sqcup$ Аксиома,

$f(\text{используетсяДляРазработки}) \supset$

$\{ ((\text{ФРАКТАЛЬНО_СТРАТИФИЦИРОВАННЫЙ_ПОДХОД},$
 $\text{МЕТОДИКА_РАЗРАБОТКИ_ОНТОЛОГИЙ_НАУЧНЫХ_ОБЛАСТЕЙ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_НАУЧНОГО_ЗНАНИЯ}, \text{ОНТОЛОГИЯ_НАУЧНОЙ_ДЕЯТЕЛЬНОСТИ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_ЗАДАЧ_МЕТОДОВ}, \text{ОНТОЛОГИЯ_ИНФОРМАЦИОННЫХ_РЕСУРСОВ}),$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_ППР}) \}$.

Последнее выражение описывает множество всех пар отношения «используетсяДляРазработки», первым элементом которых является подход или компонента технологии, которые использованы при разработке онтологии, а вторым – онтология области знаний ППР.

$f(\text{Базовая_онтология}) = \{$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_НАУЧНОГО_ЗНАНИЯ}, \text{ОНТОЛОГИЯ_НАУЧНОЙ_ДЕЯТЕЛЬНОСТИ},$
 $\text{ОНТОЛОГИЯ_ЗАДАЧ_И_МЕТОДОВ}, \text{ОНТОЛОГИЯ_ИНФОРМАЦИОННЫХ_РЕСУРСОВ}\}.$

Содержательно онтология ППР описана в работе [13].

4.2 Информационно-аналитический ресурс по ППР

Средством информационной поддержки разработки ИСППР является ИАИР ППР. Информационная поддержка заключается в предоставлении пользователям содержательного доступа к онтологии ППР и к систематизированной в соответствии с онтологией информации о рассматриваемой ПрО. Помимо оказания информационной поддержки ИАИР ППР предназначен для обеспечения доступа к методам обработки информации и решения задач.

На рисунке 6 представлена онтологическая модель ИАИР ППР.

ИАИР строится на основе оболочки ИНИР, предоставляемой технологией разработки ИНИР [12]:

$f(\text{строитсяНаОснове}) = \{ (\text{ИНИР_ППР}, \text{ОБОЛОЧКА_ИНИР}) \}.$

Компоненты ИАИР делятся на три основных типа:

ИАИР_ППР $\sqsubseteq$ $\exists$ включает.Компонента_ИАИР,

Компонента_ИАИР $\sqsupseteq$ База_знаний $\sqcup$ Контент $\sqcup$ Системный_сервис,

База_знаний $\sqsubseteq$ $\exists$ содержит.[Онтология $\sqcup$ Правило_вывода],

Контент $\sqsubseteq$ $\exists$ содержит.[Информационный_объект $\sqcup$ Сетевой_объект].

Информационные объекты – это конкретные экземпляры понятий онтологии. Они представляют систематизированную в соответствии с онтологией информацию о рассматриваемой

Сервис управления логическим выводом позволяет получать информацию, не представленную в явном виде в контенте ИАИР, за счет интерпретации аксиом и правил вывода, содержащихся в БЗ. Сервисы управления онтологией и контентом осуществляют проверку онтологии и контента на совместность, позволяют вводить и редактировать информационные и сетевые объекты, предоставляют возможность поиска, навигации по онтологии и контенту ИАИР. Сервисы визуализации позволяют отображать данные в табличном [15] или графическом виде [16]. Сервисы визуализации, отображая информацию в виде графиков и диаграмм, способствуют повышению наглядности и позволяют провести более качественный её анализ. Т.о., имеем:

$f(\text{Сервис_управления_онтологией_и_контентом}) =$
 $\{ \text{РЕДАКТОР_ДАННЫХ}, \text{СЕРВИС_ПОИСКА}, \text{СЕРВИС_РАСШИРЕННОГО_ПОИСКА},$
 $\text{СЕРВИС_НАВИГАЦИИ}, \text{СЕРВИС_ВИЗУАЛИЗАЦИИ} \}.$

Для разработки ИАИР ППР использованы следующие подходы и технологии:

$f(\text{используетсяДляРазработки}) =$
 $\{ ((\text{ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ_ПОДХОД}, \text{ТЕХНОЛОГИЯ_SEMANTIC_WEB}, \text{SWRL}, \text{SPARQL},$
 $\text{ТЕХНОЛОГИЯ_РАЗРАБОТКИ_ИНИР}, \text{ОБОЛОЧКА_ИНИР}), \text{ИАИР_ППР}) \}.$

4.3 Репозиторий методов ППР

Средством компонентной поддержки разработчиков является репозиторий методов ППР. Модель репозитория представлена на рисунке 7.

Рисунок 7 - Модель репозитория методов ППР

Репозиторий включает три основных типа компонентов:

Репозиторий $\sqsubseteq$ $\exists$ включает . Компонента_репозитория,

Компонента_репозитория $\sqsupseteq$ Метод_ППР $\sqcup$ Информационный_объект $\sqcup$ Программная_система.

Следующие аксиомы описывают подклассы и роли компонентов репозитория, а также их связи с контентом ИАИР:

Программная_система $\sqsupseteq$ Сетевой_объект $\sqcup$ Несетевой_объект,

Программная_система $\sqsubseteq$ $\exists$ имеетТип.Тип_программной_системы $\sqcap$ $\exists$ реализует.Метод_ППР,

Информационный_объект $\sqsubseteq$ $\exists$ описывает.[Метод_ППР $\sqcap$ Программная_система],

Контент_ИАИР $\sqsubseteq$ $\exists$ содержит.[Информационный_объект $\sqcap$ Сетевой_объект],

$f(\text{Тип_программной_системы}) = \{ \text{DESKTOP_ПРИЛОЖЕНИЕ, WEB_ПРИЛОЖЕНИЕ, МОДУЛЬ, ПАКЕТ,}$
 $\text{ПРОГРАММНАЯ_БИБЛИОТЕКА, СЕРВИС, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ_КОМПЛЕКС, ФРЕЙМВОРК} \}.$

Репозиторий включает набор методов и реализующих их программных систем, который может быть дополнен:

$f(\text{Метод_ППР}) =$

$\{ \text{ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ,}$
 $\text{РАССУЖДЕНИЯ_НА_ОСНОВЕ_ПРЕЦЕДЕНТОВ,}$
 $\text{РАССУЖДЕНИЯ_НА_ОСНОВЕ_ПРАВИЛ, ВЕРОЯТНОСТНОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ,}$
 $\text{МЕТОД_НЕДООПРЕДЕЛЕННЫХ_ВЫЧИСЛЕНИЙ,}$
 $\text{КОГНИТИВНОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ, СОБЫТИЙНОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ,}$
 $\text{ЭКСПЕРТНОЕ_ОЦЕНИВАНИЕ, АНКЕТИРОВАНИЕ} \},$

$f(\text{Программная_система}) =$

$\{ \text{СМАР_TOOLS, COLIBRI, GOOGLE_FORMS, SEMP_TAO, NETICA, NEMO+, ИНТЕГРА,}$
 $\text{PROTEGE, CLIPS, КО_МОД, GRM_ONTO_MAP, GRM_COG_MAP, GRM_EVENT_MAP,}$
 $\text{СИСТЕМА_ЭКСПЕРТНЫЕ_ОЦЕНКИ, SEMP_NEMO, UNICALC,}$
 $\text{СЕРВИС_АНАЛИЗА_ЧИСЛОВЫХ_РЯДОВ,}$
 $\text{СЕРВИС_ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ_С_ВНЕШНИМИ_ДАННЫМИ} \},$

$f(\text{реализует}) =$

$\{ ((\text{СМАР_TOOLS, PROTEGE, GRM_ONTO_MAP}),$
 $\text{ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ}),$
 $(\text{COLIBRI, РАССУЖДЕНИЯ_НА_ОСНОВЕ_ПРЕЦЕДЕНТОВ}),$
 $((\text{SEMP_TAO, CLIPS}), \text{РАССУЖДЕНИЯ_НА_ОСНОВЕ_ПРАВИЛ}),$
 $(\text{NETICA, ВЕРОЯТНОСТНОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ}),$
 $((\text{GRM_COG_MAP, КО_МОД}), \text{КОГНИТИВНОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ}),$
 $(\text{GRM_EVENT_MAP, СОБЫТИЙНОЕ_МОДЕЛИРОВАНИЕ}),$
 $((\text{NEMO+, ИНТЕГРА, SEMP_NEMO, UNICALC}),$
 $\text{МЕТОД_НЕДООПРЕДЕЛЕННЫХ_ВЫЧИСЛЕНИЙ}),$
 $(\text{СИСТЕМА_ЭКСПЕРТНЫЕ_ОЦЕНКИ, ЭКСПЕРТНОЕ_ОЦЕНИВАНИЕ}),$
 $(\text{GOOGLE_FORMS, АНКЕТИРОВАНИЕ}) \}.$

Для разработки репозитория использованы следующие подходы и технологии:

$f(\text{используетсяДляРазработки}) =$

$\{ ((\text{ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ_ПОДХОД, СЕРВИС_ОРИЕНТИРОВАННЫЙ_ПОДХОД,}$
 $\text{ТЕХНОЛОГИЯ_SEMANTIC_WEB, SWRL, SPARQL}), \text{РЕПОЗИТОРИЙ}) \}.$

Доступ к репозиторию, к описанию методов и реализующим их программным системам, предоставляется через ИАИР ППР:

$f(\text{обеспечиваетДоступ}) = \{ (\text{ИАИР_ППР, РЕПОЗИТОРИЙ}) \}.$

4.4 Методика разработки репозитория

Разработка репозитория предусматривает обоснование новых методов ППР, их реализацию в виде сервисов/программных систем и интеграцию реализованных методов, находящихся в свободном доступе, с ИАИР ППР. Интеграция каждого реализованного метода состоит в создании в контенте ИАИР ППР информационного объекта, описывающего реализующую метод программную разработку, её тип, связи с другими объектами, с инструкциями по применению, IP-адрес, по которому можно запустить сервис или скачать программную систему. Т.е. формально имеем:

Методика_разработки_репозитория_методов_ППР $\sqsubseteq$

$\exists$ предлагает.Алгоритм_разработки_Репозитория $\sqcap$

$\exists$ основываетсяНа.Подход_к_разработке_ИСППР $\sqcap$
 $\exists$ использует.Технологии_реализации_сервиса,
 Алгоритм_разработки_Репозитория $\sqsubseteq \exists$ включает.Действие.Действие,
 Действие $\sqsubseteq$ Разработка_метода_ППР $\sqcup$ Разработка_сервиса $\sqcup$ Интеграция_метода_с_ИАИР_ППР.

5 Архитектура и методика разработки ИСППР

5.1 Архитектура ИСППР

Основным компонентом разрабатываемой ИСППР, её каркасом, на который в виде сервисов будут «нанезаны» интерфейсные и функциональные компоненты, является тематический ИАИР выбранной ПрО. Он разрабатывается по той же технологии, что и ИАИР ППР, с использованием предлагаемой ею оболочки ИНИР. База знаний строится на основе онтологии ПрО. Сервисы, включаемые в архитектуру ИАИР, заимствуются из репозитория методов ППР, а описывающие их информационные объекты – из онтологии ППР и контента ИАИР ППР. Формально имеем:

$f(\text{включает}) = \{ (\text{ИСППР}, (\text{ОНТОЛОГИЯ_ПРО}, \text{ИАИР_ПРО}, \text{РЕПОЗИТОРИЙ_МЕТОДОВ_ППР})),$
 $(\text{ИАИР_ПРО}, (\text{ОНТОЛОГИЯ_ПРО}, \text{КОНТЕНТ_ИАИР_ПРО})) \},$

$f(\text{заимствуетИз}) = \{ (\text{ОНТОЛОГИЯ_ПРО}, \text{ОНТОЛОГИЯ_ППР}),$
 $(\text{КОНТЕНТ_ИАИР_ПРО}, \text{КОНТЕНТ_ИАИР_ППР}),$
 $(\text{БИБЛИОТЕКА_СЕРВИСОВ}, \text{РЕПОЗИТОРИЙ}) \}.$

На рисунке 8 показаны архитектурные компоненты типовой ИСППР и схема их взаимодействия.

Рисунок 8 – Архитектура типовой ИСППР

5.2 Методика разработки типовой ИСППР

Методика разработки ИСППР включает архитектурное решение (см. рисунок 8) и алгоритм разработки ИСППР, основывается на рассмотренных принципах, подходах, технологиях. Формально это фиксируется следующим образом:

Методика_разработки_ИСППР $\sqsubseteq$
 $\exists$ предлагает.[{ АРХИТЕКТУРА_ИСППР } $\sqcup$
{ АЛГОРИТМ_РАЗРАБОТКИ_ИСППР }] $\sqcap$
 $\exists$ основываетсяНа.[Принцип_разработки_ИСППР $\sqcup$
Подход_к_разработке_ИСППР] $\sqcap$
 $\exists$ использует.Технология_для_разработки_ИСППР $\sqcap$
 $\exists$ реализует.Метод_КПР.

Алгоритм разработки ИСППР включает следующий набор действий:

Алгоритм_разработки_ИСППР $\sqsubseteq$ $\exists$ регламентирует.Процесс_разработки_ИСППР $\sqcap$
 $\exists$ включает.Действие.Действие

$f(\text{Действие}) =$
{ ОПРЕДЕЛИТЬ_ЦЕЛЬ, ПОСТАВИТЬ_ЗАДАЧИ,
ОПРЕДЕЛИТЬ_НАЗНАЧЕНИЕ_ИСППР, ОПРЕДЕЛИТЬ_КРУГ_ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ,
ОПРЕДЕЛИТЬ_ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ_ЛИЦ, ПРИВЛЕЧЬ_ЭКСПЕРТОВ,
СОБРАТЬ_ИНФОРМАЦИЮ, ВЫПОЛНИТЬ_АНАЛИЗ_ПРО,
ОПРЕДЕЛИТЬ_МЕТОДЫ_РЕШЕНИЯ_ЗАДАЧ, ОПРЕДЕЛИТЬ_ГРАНИЦЫ_ПРО,
ВЫБРАТЬ_СРЕДСТВА_ПРЕДСТАВЛЕНИЯ_ЗНАНИЙ,
ВЫБРАТЬ_СРЕДСТВА_ИНТЕРПРЕТАЦИИ_ЗНАНИЙ, ВЫБРАТЬ_БАЗОВЫЕ_ОНТОЛОГИИ,
РАЗРАБОТАТЬ_МОДЕЛЬ_РЕШЕНИЯ_ЗАДАЧ,
СПРОЕКТИРОВАТЬ_ЭЛЕМЕНТЫ_ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО_ИНТЕРФЕЙСА,
РАЗРАБОТАТЬ_ОНТОЛОГИЮ_ПРО, КОНКРЕТИЗИРОВАТЬ_ПОНЯТИЯ_БАЗОВЫХ_ОНТОЛОГИЙ,
ОПИСАТЬ_НЕДОСТАЮЩИЕ_ПОНЯТИЯ,
ВЫРЕЗАТЬ_ИЗ_ОНТОЛОГИИ_ППР_ФРАГМЕНТ_С_ВЫБРАННЫМИ_МЕТОДАМИ,
СКЛЕИТЬ_ОНТОЛОГИЮ_ПРО_И_ФРАГМЕНТ_ОНТОЛОГИИ_ППР,
НАСТРОИТЬ_РАЗРАБОТАТЬ_СЕРВИСЫ_РЕАЛИЗУЮЩИЕ_ВЫБРАННЫЕ_МЕТОДЫ,
НАСТРОИТЬ_РАЗРАБОТАТЬ_СЕРВИСЫ_ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО_ИНТЕРФЕЙСА,
СОЗДАТЬ_АНКЕТЫ_ОПРОСНИКИ, ПОДГОТОВИТЬ_ДАННЫЕ,
СОЗДАТЬ_ИАИР_ПРО, СОЗДАТЬ_КОПИЮ_ОБОЛОЧКИ_ИАИР_ПРО,
ЗАГРУЗИТЬ_ОНТОЛОГИЮ_ПРО_В_ОБОЛОЧКУ_ИАИР,
НАПОЛНИТЬ_КОНТЕНТ_ИАИР_ПРО,
ОПИСАТЬ_НОВЫЕ_РЕАЛИЗОВАННЫЕ_МЕТОДЫ, ОПИСАТЬ_МОДЕЛИ_ЗАДАЧ,
ПОДКЛЮЧИТЬ_СЕРВИСЫ_МЕТОДОВ_ИНТЕРФЕЙСА,
СОСТАВИТЬ_СЦЕНАРИИ_РЕШЕНИЯ_ЗАДАЧ,
СОЗДАТЬ_ИНСТРУКЦИИ_ДЛЯ_ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ,
ПРОВЕСТИ_ТЕСТИРОВАНИЕ_ИСППР }.

Процесс разработки ИСППР включает те же этапы, что и разработка любых интеллектуальных систем [17]. На множестве всех действий определено отношение, определяющее порядок следования действий алгоритма, а также отношение, сопоставляющее этапам разработки ИСППР набор действий, выполняющихся на этих этапах, и отношение, сопоставляющее действию тип разработчика, ответственного за выполнение этого действия (рисунок 9):

Процесс_разработки_ИСППР $\sqsubseteq \exists$ включает.Этап.Этап_разработки_ИСППР,
 $f(\text{Этап_разработки_ИСППР}) =$
{ ИДЕНТИФИКАЦИЯ, КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ, ФОРМАЛИЗАЦИЯ,
РЕАЛИЗАЦИЯ, ТЕСТИРОВАНИЕ, ОПЫТНАЯ_ЭКСПЛУАТАЦИЯ },
Действие $\sqsubseteq \exists \leq$.Действие,
Действие $\sqsubseteq \exists$ выполняетсяНаЭтапе.Этап_разработки_ИСППР,
Разработчик $\sqsubseteq \exists$ отвечаетЗа.Действие.

Рисунок 9 – Этапы разработки ИСППР

Заключение

Предложена модель КПР, которая включает концепцию КПР, методику разработки репозитория методов ППР, архитектуру и методику разработки типовой ИСППР, а также зарекомендовавшие себя на практике принципы, подходы, технологии разработки ИСППР:

- Концепция КПП интегрирует потребности разработчиков ИСППР, методы и средства всесторонней поддержки разработчиков на всех этапах создания ИСППР. Основными методами КПП являются способы работы с информацией о методах и аспектах ППР – их систематизация и ОСД к ним, а также к реализациям методов ППР и методике разработки ИСППР. Средствами концептуальной, информационной, компонентной и методической поддержки являются, соответственно, онтология ППР, ИАИР ППР, репозиторий методов ППР и методика разработки ИСППР.
- Методика разработки репозитория основывается на сервис-ориентированном подходе и принципе максимального использования готовых решений. Для включения метода ППР в репозиторий необходимо найти готовую, либо разработать реализующую его программную систему, создать в контенте ИАИР ППР информационные объекты, описывающие метод и программную систему, а также все аспекты их взаимодействия и использования.
- Методика разработки ИСППР включает архитектуру и алгоритм разработки типовой ИСППР и обуславливает следующие её основные особенности: нацеленность на слабоформализованные ПрО; независимость от ПрО; нацеленность на максимальное использование готовых разработок; использование технологий Semantic Web и сервис-ориентированного подхода, технологии разработки ИАИР; использование оболочки ИАИР в качестве каркаса будущей ИСППР; открытость и масштабируемость предлагаемых средств; удобство использования предлагаемых средств.

Благодарности

Статья подготовлена по итогам исследования, проведённого в рамках проекта РФФИ №16-07-00569, проекта программы Президиума Российской академии наук №15/10 и базового проекта ИСИ СО РАН IV.39.1.4.

Список источников

- [1] *Goiry, A.* A framework for information systems / A. Goiry, M.S. Scott-Morton // Sloan Management Review. - 1971. - 13(1). - P.56-79.
- [2] *Ларичев, О.И.* Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы развития / О.И. Ларичев, А.Б. Петровский // Итоги науки. Техническая кибернетика. Т. 21. – М.: ВИНТИ, 1987. - С.131-164.
- [3] *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.
- [4] *Горшков, С.* Введение в онтологическое моделирование / С. Горшков // ООО «ТриниДата», 2016. - <http://trinidata.ru>.
- [5] *Черняховская, Л.Р.* Онтологический подход к разработке систем поддержки принятия решений / Л.Р. Черняховская, Р.А. Шкундина, К.Р. Нугаева // Вестник УГАТУ. - 2006. - Т. 8, №1(17). - С.68-77.
- [6] *Виттих, В.А.* Онтологический подход к построению информационно-логических моделей в процессах управления социальными системами / В.А. Виттих, П.В. Ситников, С.В. Смирнов // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2009. - №5. - С.45-53.
- [7] *Массель, Л.В.* Фрактальный подход к структурированию знаний и примеры его применения / Л.В. Массель // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №2(20). – С.149-161. - DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.
- [8] *MacKenzie, C.M.* Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0 / C.M. MacKenzie, K. Laskey, F. McCabe, P.F. Brown, R. Metz. // Committee Specification 1, 2 August 2006. - <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>.
- [9] *Power, D.J.* Decision Support Systems Hyperbook / D.J. Power // Cedar Falls, IA: DSSResources.COM, HTML version, 2000. - <http://dssresources.com/subscriber/password/dssbook>.

- [10] **Garaibeh, N.K.** DSS Development and Agile Methods: Towards a new Framework for Software Development Methodology / N.K. Garaibeh // International Journal of Machine Learning and Computing. – 2012. – Vol. 2, No. 4.
 - [11] **Судаков, В.А.** Унификация разработки программного обеспечения прикладных СППР / В.А. Судаков, В.П. Осипов // Материалы XII Всероссийского совещания по проблемам управления. – 2014. – М.: ИПУ РАН. – С.8855-8863.
 - [12] **Загорулько, Ю.А.** Технология создания тематических интеллектуальных научных интернет-ресурсов, базирующаяся на онтологии / Ю.А. Загорулько, Г.Б. Загорулько, О.И. Боровикова // Программная инженерия. – 2016. – Т. 7, № 2. – С.51-60.
 - [13] **Загорулько, Г.Б.** Разработка онтологии для интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях / Г.Б. Загорулько // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С.485-500. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500.
 - [14] **Hitzler, P.** Foundations of Semantic Web Technologies / P. Hitzler, V. Krötzsch, S. Rudolph // Chapman & Hal I CRC, 2009. – 455 p.
 - [15] **Загорулько, Г.Б.** Систематизация знаний по теплофизическим свойствам веществ / Г.Б. Загорулько, Ю.И. Молородов, А.М. Федотов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2014. – Том 12, выпуск № 3. – С.48-56.
 - [16] **Molorodov, Yu.I.** Tools for integrating intelligent scientific internet resources with distributed data sources / Yu.I. Molorodov, G.B. Zagorulko, K.E. Vishnev // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2018. – Vol.6. – Is.3. – P.45-52.
 - [17] **Попов, Э.В.** Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. – М.: Наука. 1987. – 288 с.
-

MODEL OF COMPREHENSIVE SUPPORT OF INTELLIGENT DSS DEVELOPMENT

G.B. Zagorulko

*A.P. Ershov Institute of Informatics Systems Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
gal@iis.nsk.su*

Abstract

The paper presents a model of comprehensive support for the development of intelligent DSS. The model includes the concept of comprehensive support that describes the needs of developers, methods and means for supporting the development of systems of this class, the structure of the repository of decision-making methods, the architecture of a typical DSS and the methodology for their development. The methodology is based on such principles as the maximum use of ready-made solutions, scalability, accessibility, openness, usability, independence from subject domain, and self-descriptiveness. These principles have proven themselves in practice. Abidance of these principles is ensured by the use of ontological, fractal-stratified, service-oriented and wire-frame approaches, as well as rapid prototyping and flexible development approaches. The methodology involves the use of Semantic Web technology and technology for the development of intelligent scientific Internet resources. Such means of comprehensive support for the development of intelligent DSS as the ontology of the knowledge area "Decision-making Support", the information and analytical Internet resource, the repository of decision-making support methods, and the methodology for developing intelligent DSS are described in detail. It is proposed to use information and analytical Internet resource, which is built on the basis of the ontology of the subject area and the shell proposed by the technology as a framework of future intelligent DSS. The functionality of the DSS under development is provided by using services that are connected to the resource and implement methods stored in the repository. The language of description logics of the SOIN (D) family is used to describe the model of comprehensive support.

Key words: *decision-making support, intelligent DSS, DSS development support, weakly formalized domain, comprehensive support model, description logics.*

Citation: *Zagorulko G.B. Model of comprehensive support of intelligent DSS development [In Russian]. Ontology of designing. 2019; 9(4): 462-479. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-462-479.*

Acknowledgments

This article was carried out as part of the RFBR project No. 16-07-00569, the draft program of the Presidium of the RAS No. 15/10 and the basic project of the Institute of Informatics Systems of the SB RAS IV.39.1.4.

References

- [1] **Goiry A, Scott-Morton MS.** A framework for information systems. *Sloan Management Review*. 1971; 13(1): 56-79.
- [2] **Larichev OI, Petrovskij AB.** Decision support systems. Current status and development prospects [In Russian]. *Itogi nauki. Tekhnicheskaya kibernetika*; 21. Moscow: VINITI, 1987: 131-164.
- [3] **Baader F, Calvanese D, McGuinness DL, Nardi D, Patel-Schneider PF.** The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, Applications. Cambridge, 2003.
- [4] **Gorshkov S.** Introduction to ontology modeling [In Russian]. ООО «TriniData», 2016. - <http://trinidata.ru>.
- [5] **Chernyahovskaya LR, Shkundina RA, Nugaeva KR.** Ontological approach to the development of decision support systems [In Russian]. // *Vestnik UGATU* 2006; 8(1): 68-77.
- [6] **Vittikh VA, Sitnikov PV, Smirnov SV.** Ontological approach to the construction of information-logical models in the management processes of social systems // *Herald of computer and information technologies* 2009; 5: 45-53.
- [7] **Massel' LV.** Fractal approach to knowledge structuring and examples of its application [In Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(2): 149-161. - DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.
- [8] **MacKenzie CM, Laskey K, McCabe F, Brown PF, Metz R.** Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0. Committee Specification 1, 2006. - URL: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf> (access date: 14.10.2019).
- [9] **Power DJ.** Decision Support Systems Hyperbook. Cedar Falls, IA: DSSResources.COM. HTML version. 2000. - URL: <http://dssresources.com/subscriber/password/dssbook> (access date: 14.10.2019).
- [10] **Garaibeh NK.** DSS Development and Agile Methods: Towards a new Framework for Software Development Methodology. *International Journal of Machine Learning and Computing* 2012; 2(4).
- [11] **Sudakov VA, Osipov VP.** Unification of software development of applied DSS [In Russian]. *Proc. of the XII All-Russian meeting on management problems*. Moscow: 2014: 8855-8863.
- [12] **Zagorulko YuA, Zagorulko GB, Borovikova OI.** Technology for building subject-based intelligent scientific internet resources based on ontology [In Russian]. *Software Engineering* 2016, 7(2): 51-60.
- [13] **Zagorulko GB.** Development of ontology for intelligent scientific internet resource decision-making support in weakly formalized domains [In Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(22): 485-500. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500.
- [14] **Hitzler P, Krötzsch V, Rudolph S.** Foundations of Semantic Web Technologies. Chapman & Hal I. CRC, 2009.
- [15] **Zagorulko GB, Molorodov YuI, Fedotov AM.** Systematization of knowledge on thermophysical properties of substances [In Russian]. *Novosibirsk State University Journal of Information Technologies* 2014; 12(3): 48-56.
- [16] **Molorodov YuI, Zagorulko GB, Vishnev KE.** Tools for integrating intelligent scientific internet resources with distributed data sources. *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*, 2018, 6(3):45-52.
- [17] **Popov EV.** Expert systems: Solving nonformalized tasks in a dialogue with a computer [In Russian]. Moscow: Nauka, 1987.

Сведения об авторе

Загорулько Галина Борисовна, 1963 г. рождения. Окончила Новосибирский государственный университет в 1985 г. Научный сотрудник Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, старший преподаватель кафедры программирования Новосибирского государственного университета. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 100 публикаций в области искусственного интеллекта, разработки интеллектуальных систем, инженерии знаний, онтологического моделирования, поддержки принятия решений.

Galina Borisovna Zagorulko (b.1963) graduated from the Novosibirsk State University in 1985. She is researcher at A.P. Ershov Institute of Siberian Branch of Informatics Systems of Russian

Academy of Science (Novosibirsk city), senior lecturer at Novosibirsk State University. She is member of Russian Association of Artificial Intelligence. She is author of more than 100 publications in the field of AI, intelligent system development, knowledge engineering, ontological modeling and decision-making support.