

## МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 004.5;004.8

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-3-421-439

**Онтология паттернов человеко-машинного сотрудничества для поддержки принятия решений**

© 2024, А.В. Смирнов, Т.В. Левашова✉

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН (СПб ФИЦ РАН),  
Санкт-Петербург, Россия***Аннотация**

В процессе сотрудничества человека и машины часто возникают повторяющиеся проблемы, что мотивировало обращение к паттернам сотрудничества, которые содержат готовые схемы решения для многократно возникающих однотипных проблем. Целью исследований является разработка моделей, способствующих организации человеко-машинного сотрудничества при поддержке принятия решений на основе паттернов сотрудничества. В работе использованы методы концептуального, онтологического и сценарного моделирования. По описаниям паттернов сотрудничества, обнаруженным в различных проблемных областях, построены концептуальные модели, представляющие пять видов паттернов: организационные паттерны, когнитивные паттерны, паттерны информационного взаимодействия, паттерны процесса и паттерны совместной инженерии. Разработаны онтологическая модель паттерна сотрудничества и онтология паттернов человеко-машинного сотрудничества, объединяющая различные виды таких паттернов. Разработанные модели являются новым результатом, позволяющим унифицировать существующие подходы к описанию паттернов сотрудничества. Предложен вариант сценария, показывающий возможность использования разработанной онтологии для поддержки принятия решений. Разработанные модели для организации человеко-машинных коллективов и их деятельности могут способствовать повышению качества решений за счёт использования паттернов решений для однотипных проблем и обеспечению эффективного сотрудничества человека и машины.

**Ключевые слова:** паттерн сотрудничества, человеко-машинное сотрудничество, онтологическая модель, концептуальная модель, поддержка принятия решений.

**Цитирование:** Смирнов А.В., Левашова Т.В. Онтология паттернов человеко-машинного сотрудничества для поддержки принятия решений // Онтология проектирования. 2024. Т.14, №3(53). С.421-439. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-3-421-439.

**Финансирование:** исследование выполнено в рамках бюджетной темы FFZF-2022-0005.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение**

Благодаря росту числа функций, которые с большой эффективностью выполняются программными системами и робото-техническими устройствами, такие системы и устройства стали интенсивно вовлекаться в решение задач, ранее доступных только человеку [1]. При этом машины не способны заменить человека в части интуиции, эмпатии и других присущих ему индивидуальных особенностей. Поэтому сотрудничество человека и машины, когда они взаимно дополняют возможности друг друга, приобретает всё большую актуальность.

Подходы к разработке человеко-машинных (ЧМ) систем на основе использования онтологий как систем знаний, которые представлены в виде, понятном человеку и машине, в настоящее время широко распространены [2–5]. Отчасти это стало возможным благодаря со-

зданию семантической сети [6], содержащей технологии для представления, получения, передачи информации и знаний и управления ими.

В процессе сотрудничества часто возникают повторяющиеся проблемы, что мотивировало обращение к паттернам сотрудничества. Такие паттерны могут использоваться для типовых решений многократно возникающих проблем. Онтология, как средство, предоставляющее типовые решения для различных задач, используется, например, при: создании автоматически генерируемых адаптивных пользовательских интерфейсов редакторов баз знаний [7]; разработке онтологии, используя паттерны онтологического проектирования [8]; разработке программного обеспечения посредством генерации блоков из согласованной системы онтологических паттернов [9]; проверке правильности постановки типовых проектных задач и формулировок проектных решений при спецификации концептуализаций, используемых при проектировании автоматизированных систем [10].

Целью данной работы является разработка онтологии паттернов ЧМ сотрудничества (ЧМС). Под паттерном ЧМС понимается описание проблемы, которая решается в процессе сотрудничества, и типовой способ её решения. Онтология предназначена для использования при поддержке принятия решений (ППР) ЧМ средой.

В работе рассмотрены виды паттернов сотрудничества и выявлены их концептуальные модели (КМ). На основании данных моделей разработана онтологическая модель (ОМ) паттерна ЧМС и онтология паттернов ЧМС для ППР. Возможность использования данной онтологии рассмотрена на примере сценария ППР ЧМ средой.

## 1 Виды паттернов сотрудничества

Виды паттернов сотрудничества определены в результате анализа работ [11–23]. В разделе приведены сведения о целях, которые преследуют паттерны определённого вида, предлагаемых паттернами решениях и представлении их КМ. Анализируемые работы не содержат КМ паттернов, эти модели построены в результате изучения исходных моделей паттернов, их текстового описания и вариантов использования. Первоначально извлечённые КМ получились разнородными вследствие того, что каждый вид КМ отражал взгляд на сотрудничество, поддерживаемый областью применения разрабатываемых паттернов. Разнородность формулировок в определениях элементов паттернов рассмотрена в публикации [24]. В текущей работе данная разнородность устранена. Следует отметить, что для того, чтобы не усложнять КМ, в них не представлены временные характеристики, учитывающие сроки решения задач, возможные прерывания и т.п.

Все паттерны можно разделить на паттерны, которые направлены на решение проблемы, и паттерны, которые предназначены для организации сотрудничества с целью решения проблемы. В первом случае участники используют паттерн при совместном решении проблемы. Сюда относятся паттерны процесса и паттерны совместной инженерии. Во втором случае участники сотрудничества не обязательно должны быть вовлечены в решение проблемы. К этим паттернам относятся: организационные паттерны, когнитивные паттерны и паттерны взаимодействия.

### 1.1 Определения концептов

В данном разделе приводятся определения концептов, которые являются общими для ряда рассматриваемых ниже КМ паттернов сотрудничества. При описании КМ определения для таких концептов не даются, а приводятся только определения для концептов, которые являются специфическими для КМ паттернов определённого вида.

*Вид деятельности (ВД)* – работа, которую участник сотрудничества должен выполнить в рамках выполняемой им роли.

*Задача/Цель* – решение, которое требуется найти в конкретной ситуации, возникшей в процессе сотрудничества.

*Инструмент* – средство, поддерживающее определённый ВД.

*Решение* – результат деятельности, являющийся решением задачи.

*Роль* – положение, устанавливающее ограниченное множество ВД, которые участник, занимающий данное положение, может и должен уметь осуществлять.

*Средство коммуникации* – инструмент, поддерживающий взаимодействие участников в процессе сотрудничества.

*Участник* – человек или программный агент, вовлечённый в процесс сотрудничества.

## 1.2 Организационные паттерны

Организационные паттерны описывают решение проблемы в терминах характеристик сотрудничества [11], компонентов и принципов среды сотрудничества [12]. Данные паттерны определяют процесс сотрудничества как выполнение деятельности в соответствии с принципами и структурой среды сотрудничества. Паттерны предоставляют решение для задачи формирования среды сотрудничества. Предлагаемое паттернами решение – архитектура среды сотрудничества. КМ организационного паттерна представлена на рисунке 1. Для концептов, которые не определены в разделе 1.1, в модели использованы следующие определения.

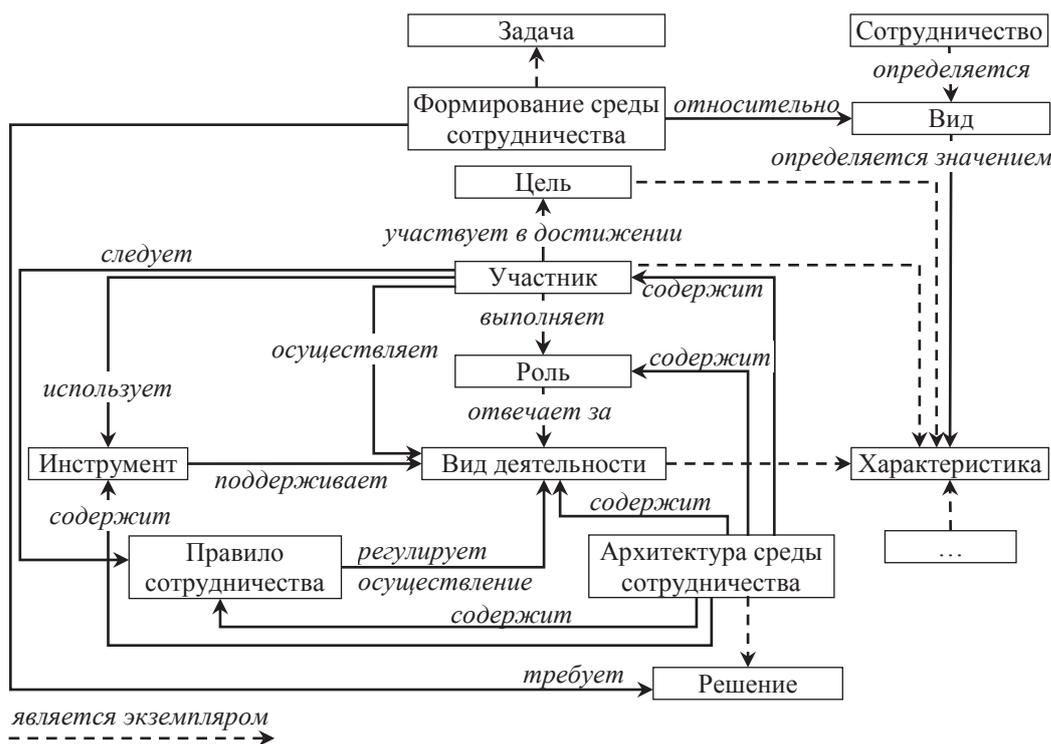


Рисунок 1 – Концептуальная модель организационного паттерна

*Архитектура среды сотрудничества* – (неупорядоченное) множество ВД, множество компонентов среды сотрудничества, множество взаимоотношений между компонентами и множество правил, которые регулируют деятельность участников с определенными ролями.

*Вид* – вид сотрудничества.

*Правило сотрудничества* – правило, которое определяет поведение участников при их взаимодействии друг с другом в процессе их деятельности.

*Сотрудничество* – выполнение участниками ВД в соответствии с принципами и структурой среды сотрудничества.

*Формирование среды сотрудничества* – вид задачи, направленный на определение компонентов среды, взаимоотношений между компонентами и принципов (правил), которые регулируют деятельность участников с определёнными ролями при конкретном виде сотрудничества.

*Характеристика* – признак, критерий вида сотрудничества.

Среда сотрудничества, создаваемая в соответствии с организационным паттерном, формируется под конкретный вид сотрудничества, который определяется значением характеристик сотрудничества. К таким характеристикам относятся цель сотрудничества, ВД, стороны-участники и другие (например, период сотрудничества – долгосрочное, краткосрочное); ожидаемое использование результатов сотрудничества (внутреннее, передача одной из сторон стороне, передача третьим лицам и т.п.); частота взаимодействий сторон и прочие характеристики). В рассматриваемом паттерне задача и цель разделены. Это отражает тот факт, что участники не вовлечены в решение задачи формирования среды сотрудничества, но они участвуют в достижении цели сотрудничества. Определение цели не противоречит определению, приведённому в разделе 1.1, но понимается более широко. Здесь цель – это итог, который должен быть получен от процесса сотрудничества. Архитектура среды сотрудничества включает участников, выполняемые ими роли, закреплённые за ролями ВД, инструменты, поддерживающие указанные ВД и другие элементы архитектур информационных сред (интерфейс, инфраструктура и т.п.), также она описывает отношения между элементами и определяет правила сотрудничества. Множество элементов архитектуры на рисунке 1 не приведено, чтобы не загромождать иллюстрацию, т.к. такая детализация не требуется для понимания общей концепции паттерна. Участники сотрудничества не осуществляют деятельность, связанную с разработкой архитектуры.

### 1.3 Когнитивные паттерны

Когнитивные паттерны описывают процессы мышления и аргументации человека-эксперта [16–18]. В этих паттернах сотрудничество определено как процесс выдвижения идей, предложений, гипотез и их согласование. Паттерны предлагают решение для задачи конфигурирования процесса решения интеллектуальной задачи (ИЗ). На рисунке 2 представлено предлагаемое паттернами решение – сценарий выполнения ИЗ – КМ когнитивного паттерна. Концепты, характерные для данной модели, определены следующим образом.

*Вид ИД* – конкретное интеллектуальное действие, осуществляемое участником (например, выдвижение идей, оценка гипотез и т.п.)

*Демонстрационное средство* – инструмент, поддерживающий наглядное представление информации, используемой и получаемой в процессе ИД (например, проектор, магнитно-маркерная доска, интерактивная доска, бумага для письма/рисования и другие).

*Интеллектуальная деятельность (ИД)* – когнитивная деятельность, требующая навыков критического мышления, логического рассуждения и решения проблем.

*ИЗ* – задача, которая решается экспертами, использующими критическое и аналитическое мышление.

*Помощник* – роль, в рамках которой множество действий связано с предоставлением сервисов эксперту.

*Предусловие* – условие, указывающее на целесообразность выполнения определенного вида ИД.

*Способ решения* – вариант конфигурации рабочего процесса решения ИЗ.

*Сценарий сотрудничества* – конкретный способ решения (конкретная конфигурация рабочего процесса), представляющий последовательность видов ИД, результатом выполнения которой является решение ИЗ участниками, осуществляющими различные ВД в соответствии с выполняемыми ими ролями и, при необходимости, использующими инструменты, поддерживающие эти ВД.

*Эксперт* – роль, в рамках которой множество действий ограничено видами ИД.

Когнитивный паттерн рассматривает решение ИЗ участниками ЧМС, которые могут выполнять роли эксперта и помощника. Роль экспертов закреплена за людьми. Они осуществляют ИД. Агентам отведена роль помощников. Они, при необходимости, поддерживают экспертов, предоставляя им требуемые сервисы (обработка информации, решение вычислительных задач и т.п.). При выполнении ИД эксперты могут использовать различные инструменты, в частности средства коммуникации и демонстрационные средства. ИД представлена различными видами, упорядоченное осуществление которых приводит к решению ИЗ. Множество предусловий определяет, какой вид ИД целесообразно выбрать на конкретном этапе решения задачи. Виды ИД; порядок выполнения видов ИД; участники, осуществляющие различные ВД в соответствии с выполняемыми ими ролями; инструменты, поддерживающие ИД экспертов, - формируют сценарий сотрудничества. Этот сценарий представляет собой способ решения ИЗ.

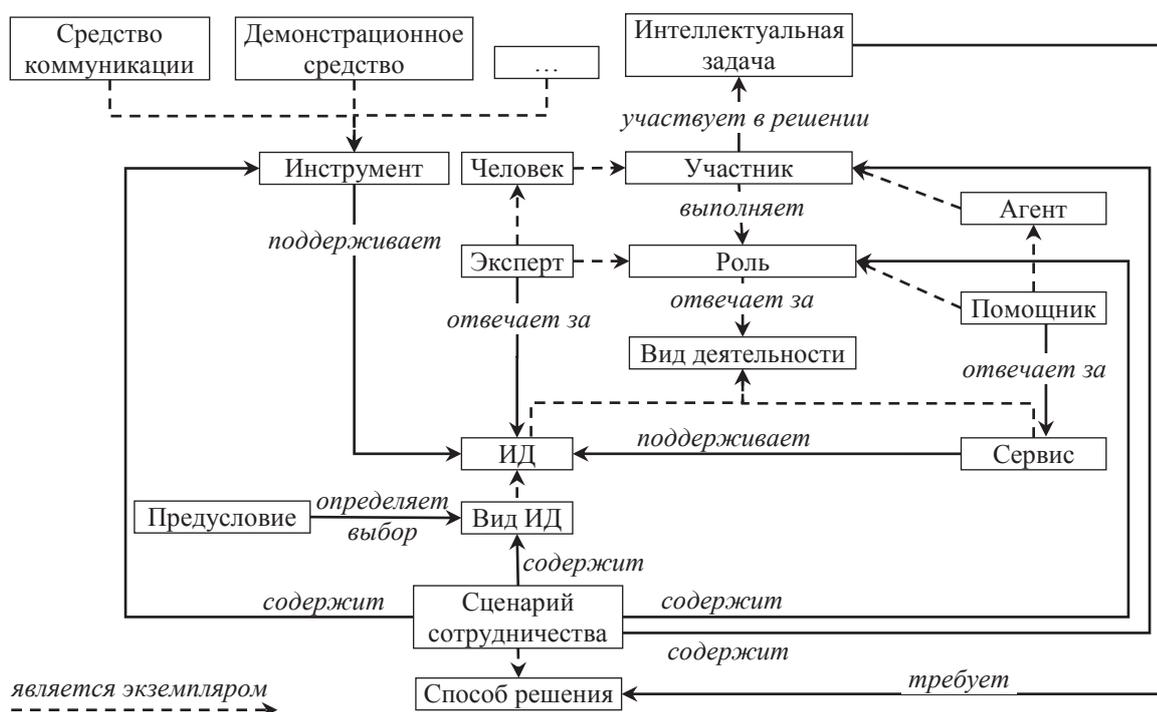


Рисунок 2 – Концептуальная модель когнитивного паттерна

#### 1.4 Паттерны взаимодействия

Паттерны взаимодействия [19–21] рассматривают сотрудничество, поддерживаемое информационными системами (приложениями, социальными сетями, системами онлайн-коммуникаций и т.д.). Они описывают решение проблемы в терминах компонентов процессов коммуникации и управления данными. Сотрудничеством считается обмен участниками информацией, совместное редактирование информации и выполнение процедур и задач, инициированных информационными сообщениями. Паттерны предлагают решение для задачи конфигурирования элементарных коммуникативных актов (запрос-ответ), поддерживающих сценарий взаимодействия участников. Предлагаемое паттернами решение – сценарий взаимодействия участников для реализации цели, возникшей в процессе их совместной деятельности.

КМ паттерна взаимодействия представлена на рисунке 3. Концепты в модели определены следующим образом.

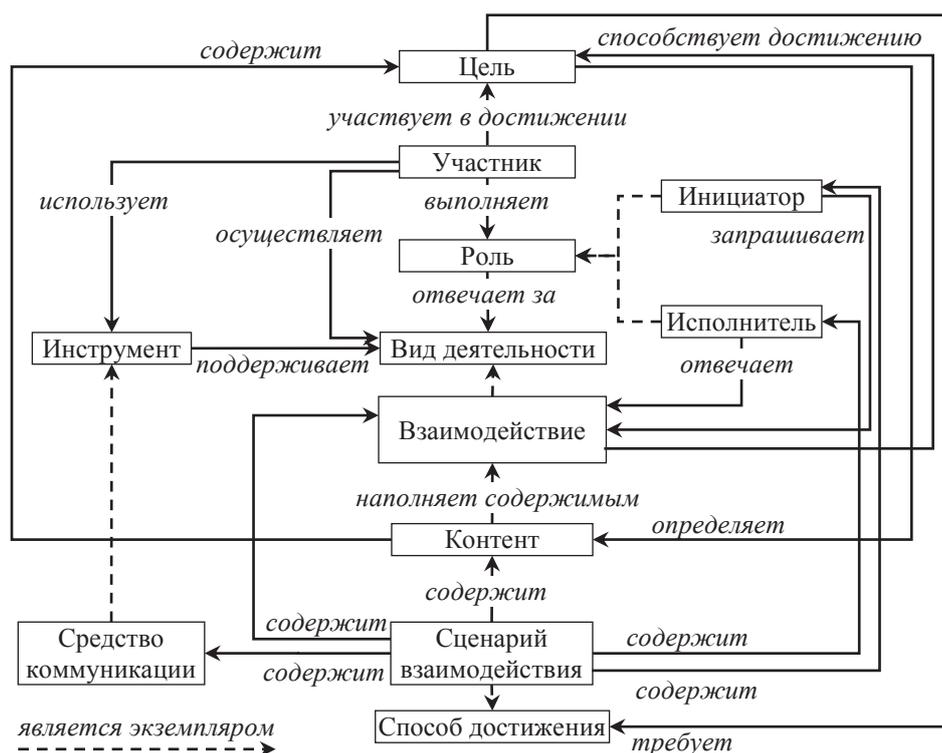


Рисунок 3 – Концептуальная модель паттерна взаимодействия

**Взаимодействие – ВД**, предусматривающий коммуникацию участников или действие участника в ответ на коммуникационное сообщение.

**Инициатор** – роль, в рамках которой действия ограничены отправлением сообщений, инициирующих взаимодействие.

**Исполнитель** – роль получателя сообщения, в рамках которой действия связаны с отправкой ответных сообщений или выполнением ВД, инициированных сообщением.

**Контент** – информация, наполняющая коммуникативные акты содержанием.

**Способ достижения** – вариант конфигурации коммуникативных актов.

**Сценарий взаимодействия** – конкретный способ, способствующий достижению цели и предлагающий последовательность коммуникативных актов между участниками в соответствии с выполняемыми ими ролями и с использованием при необходимости средств коммуникации.

В паттерне взаимодействия участники сотрудничества (люди и агенты) взаимодействуют для реализации цели, которая появилась в процессе их совместной деятельности. Участники, выполняющие роль инициатора, отправляют сообщения участникам, выполняющим роль исполнителя. Исполнители отвечают инициаторам или выполняют действия, инициированные сообщениями. Исполнитель может переслать сообщение другому участнику, инициируя его действия. В этом случае его роль меняется с исполнителя на инициатора. Контент сообщений определяется целью и содержит описание этой цели. Сценарий взаимодействия, предлагаемый паттерном в качестве решения, представляет конфигурацию коммуникативных актов, которыми обмениваются участники для реализации цели; контент этих актов; роли участников и используемые средства коммуникации.

**1.5 Паттерны процесса**

Паттерны процесса [13, 14, 22, 23] описывают решение проблемы в терминах ВД и рабочих задач, которые участники сотрудничества должны предпринять или выполнить, чтобы прийти к этому решению, а также инструментов, которые они могут использовать. Эти паттерны ориентированы на сотрудничество, под которым понимается выполнение участниками действий, ведущих к решению задачи или достижению цели. Паттерны предлагают решение для проблемы планирования процесса сотрудничества. Предлагаемое паттернами решение – спецификация рабочего процесса решения задачи или достижения цели.

КМ паттерна процесса представлена на рисунке 4. Эта модель содержит только один ранее не определённый концепт:

**Рабочий процесс** – последовательность ВД, которую требуется выполнить, чтобы получить решение задачи, а также совокупность участников, выполняемых ими ролей и инструментов, поддерживающих эти ВД.

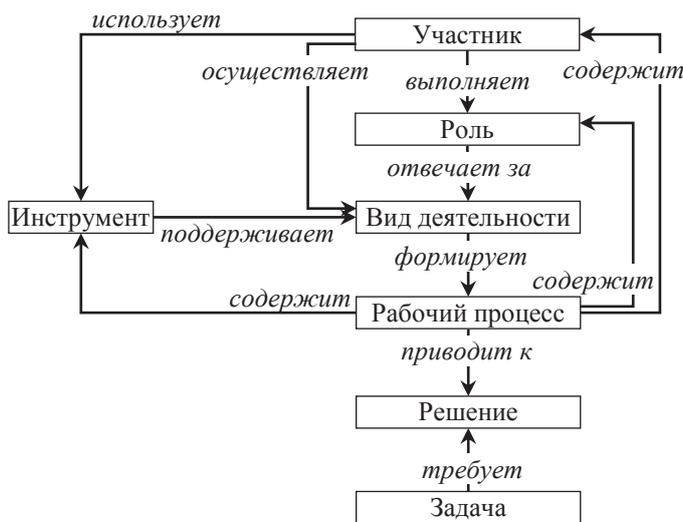


Рисунок 4 – Концептуальная модель паттерна процесса

описывают решение проблемы в терминах правил принятия решений участниками сотрудничества [17, 24]. Данные паттерны определяют процесс сотрудничества как процесс принятия решений. Паттерны предлагают решение для задачи установки правил коллективного принятия решений. Предлагаемое паттернами решение – процедура выбора и согласования участниками сотрудничества правил принятия коллективных решений. КМ паттерна совместной инженерии представлена на рисунке 5. В ней определены нижеприведённые концепты.

*Выбор правила принятия решений* – ВД, заключающийся в применении участниками типовой процедуры выбора правила коллективного принятия решений из набора правил.

*Набор правил принятия решений* – множество правил принятия коллективных решений.

*Правило* – принцип или условие, которому следуют участники и которое регулирует их поведение при выполнении определенных ВД.

### 1.6 Паттерны совместной инженерии

Паттерны совместной инженерии

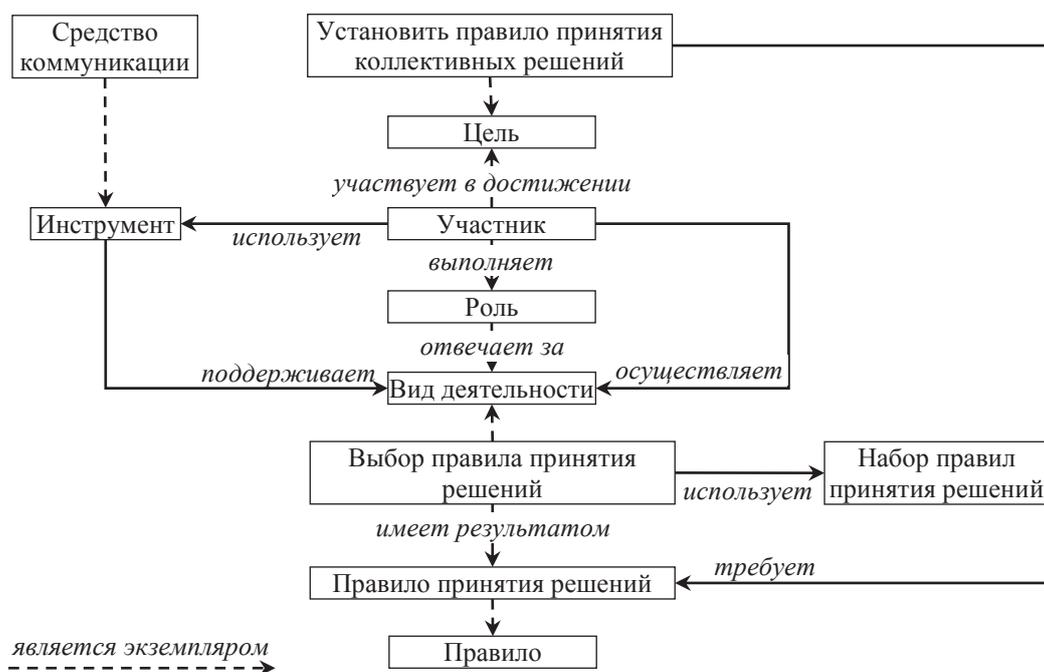


Рисунок 5 – Концептуальная модель паттерна совместной инженерии

*Правило принятия решений* – правило коллективного принятия решений.

*Установить правило принятия коллективных решений* – конкретная цель, возникшая в процессе сотрудничества.

В КМ паттерна совместной инженерии участники сотрудничества в соответствии с выполняемыми ими ролями осуществляют деятельность, заключающуюся в применении типовой процедуры выбора правила коллективного принятия решений. Правило выбирается из набора правил принятия решений применительно к конкретному вопросу, по которому требуется решение. При необходимости участники используют средство коммуникации, поддерживающее взаимодействие участников в процессе их деятельности. Результатом деятельности участников является правило принятия решений, которое определяет, как будет приниматься решение по рассматриваемому вопросу. Данное правило фиксирует достижение цели.

## 2 Ом паттернов сотрудничества

На основании анализа различных видов паттернов сотрудничества, описанных в предыдущем разделе, разработана Ом паттерна ЧМС. Её концептуальная структура представлена на рисунке 6. ЧМС в данной модели поддерживается за счёт той её части, где определена

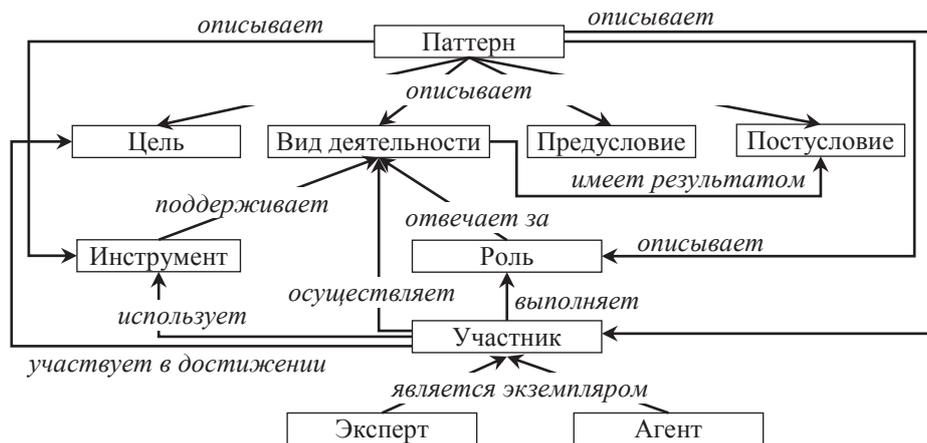


Рисунок 6 – Концептуальная модель паттерна человеко-машинного сотрудничества

привязка участников сотрудничества к ролям и их специализация. Если эту часть модели убрать, то данная модель может использоваться для моделирования различных видов рабочих процессов при любой форме организации труда.

В рассматриваемой Ом определены концепты, приведённые в разделе 1.1, дополнены следующими определе-

ниями.

*Агент* – роль, в рамках которой множество ВД выполняют интеллектуальные агенты.

*Паттерн* – описание проблемы, многократно возникающей в процессе ЧМС, и типовой способ её решения.

*Постусловие* – результат, достигнутый при выполнении определённого ВД.

*Предусловие* – условие, при котором паттерн может или должен быть использован.

*Эксперт* – роль, в рамках которой множество ВД выполняет человек.

Ом, реализующая КМ (рисунок 6) приведена на рисунке 7.

Модель реализована в редакторе онтологий *Protégé* [25]. Эта модель представляет концепты верхнего уровня. На рисунке 8 показана специализация модели, ограниченная примерами концептов, которые используются в описанных в предыдущем разделе КМ, и деятельностью, связанной с ППР. Сами КМ в своем неизменном виде в Ом (рисунок 8) не входят. В действительности, Ом паттернов ЧМС может представлять значительно больше концептов. В частности, в приведённой модели не представлено разнообразие ВД (соответственно, постусловий), инструментов и ролей. Определения для концептов, которые не даны в модели верхнего уровня, следующие.



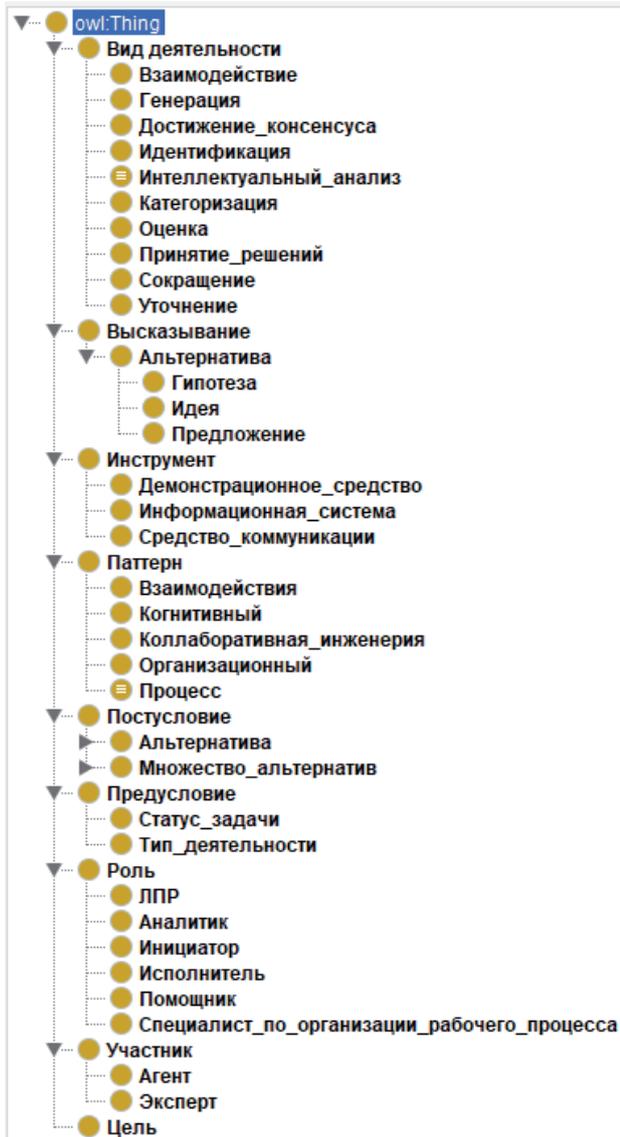


Рисунок 8 – Онтологическая модель паттернов человеко-машинного сотрудничества

Далее приведены некоторые используемые в ОМ паттернов ЧМС аксиомы, которые поясняют связь этой модели с задачами ППР.

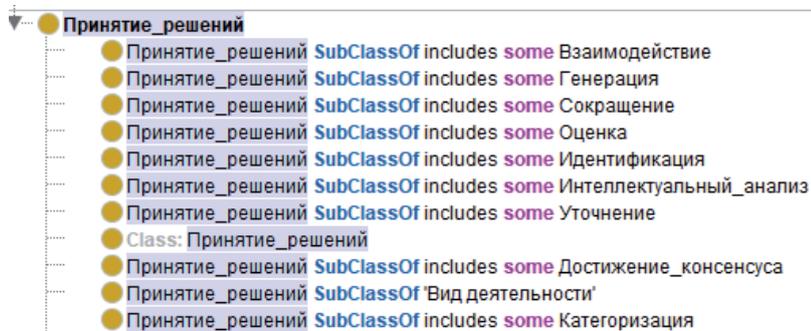


Рисунок 9 – Аксиомы принадлежности видов деятельности процессу принятия решения

*Идея* – вид высказывания, описывающий воображаемый подход к решению задачи (достижению цели) и выделяющий его основные и существенные черты.

*Гипотеза* – вид высказывания, выдвигаемого для объяснения каких-либо явлений.

*Предложение* – вид высказывания, в котором что-либо выдвигается на рассмотрение, обсуждение.

*Альтернатива* – вид высказывания, содержащий результат, полученный после выполнения деятельности по выбору одной альтернативы из множества альтернатив, посредством их оценки.

*Информационная система* – прикладная система, поддерживающая деятельность в организации или проблемно-ориентированном сообществе, предоставляя возможности обмена информацией между участниками.

*Множество альтернатив* – результат, полученный после выполнения деятельности по генерации (высказываний).

*Статус задачи* – степень выполнения конкретной задачи, решаемой участниками ЧМС. Может иметь значения: новая, намечена, запланирована, назначена, в работе, завершена.

*ЛПР* – участник, принимающий решения.

*Аналитик* – роль, в рамках которой деятельность связана с аналитическими исследованиями, систематизацией и обобщением информации и данных с целью решения задач, создания прогнозов, выработки рекомендаций.

*Инициатор* – роль, в рамках которой действия ограничены отправлением сообщений, инициирующих взаимодействие.

*Исполнитель* – роль получателя сообщения, в рамках которой действия связаны с отправкой ответных сообщений или выполнением ВД, инициированных сообщением.

*Помощник* – роль, в рамках которой деятельность связана с предоставлением сервисов для эксперта.

*Специалист по организации рабочего процесса* – роль, в рамках которой деятельность связана с проектированием процесса совместной работы участников при решении ими ИЗ.

ВД, из которых может быть сформирован процесс принятия решений, представлены на рисунке 9. Принадлежность этих ВД классу «Принятие решений» задается при помощи отношения “includes”.

Множество аксиом, представленных на рисунке 10, постулируют предусловия использования паттернов на примере

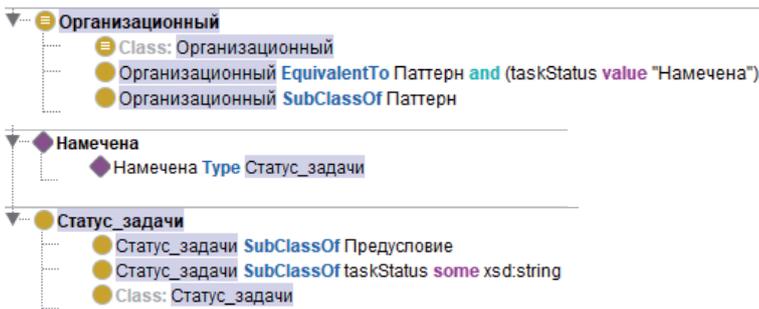


Рисунок 10 – Аксиомы организационного паттерна

примера использован класс «Интеллектуальный анализ». Для этого ВД определено (левая часть рисунка), что он носит интеллектуальный характер (значение свойства «intellectual» истинно) и, что результатом этой деятельности является множество альтернатив (на рисунке Рисунок этот результат определен в классе «Постусловия»). На правой части рисунка показано, что в классах Аналитик и Помощник (подклассы класса Роль) определено, что Аналитик осуществляет «Интеллектуальный анализ», а Помощник поддерживает Аналитика в этом процессе.

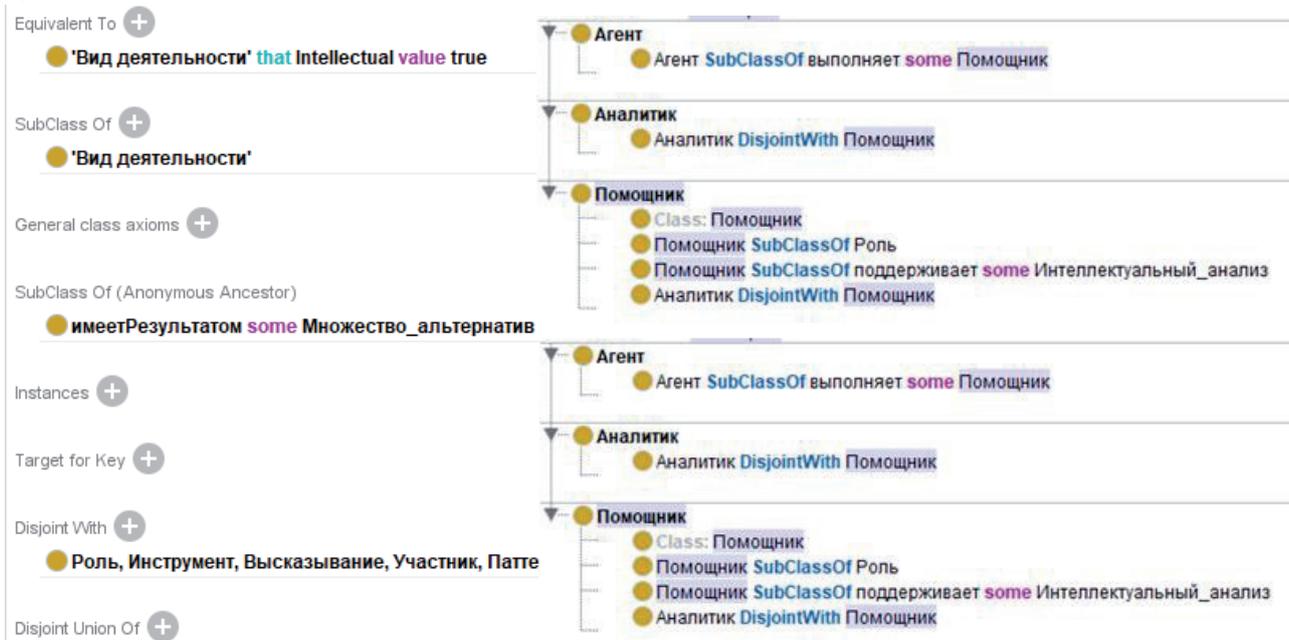


Рисунок 11 – Аксиомы, связанные с классом «Интеллектуальный анализ»

### 3 Сценарий ППР ЧМ средой

Сценарий ППР ЧМ средой основан на КМ использования паттернов ЧМС при ППР [24].

#### 3.1 КМ использования паттернов ЧМС при ППР

КМ использования паттернов ЧМС при ППР (рисунок 12) включает в подмножество концептов, которые определены в паттернах сотрудничества, и концепты «Проблема», «Статус», «Ресурс» и «Контекст». Концепт «Цель» в данной модели соответствует цели паттерна, а концепт «Задача» определён в соответствии с задачей ППР. Ниже приводятся определения для упомянутых концептов.

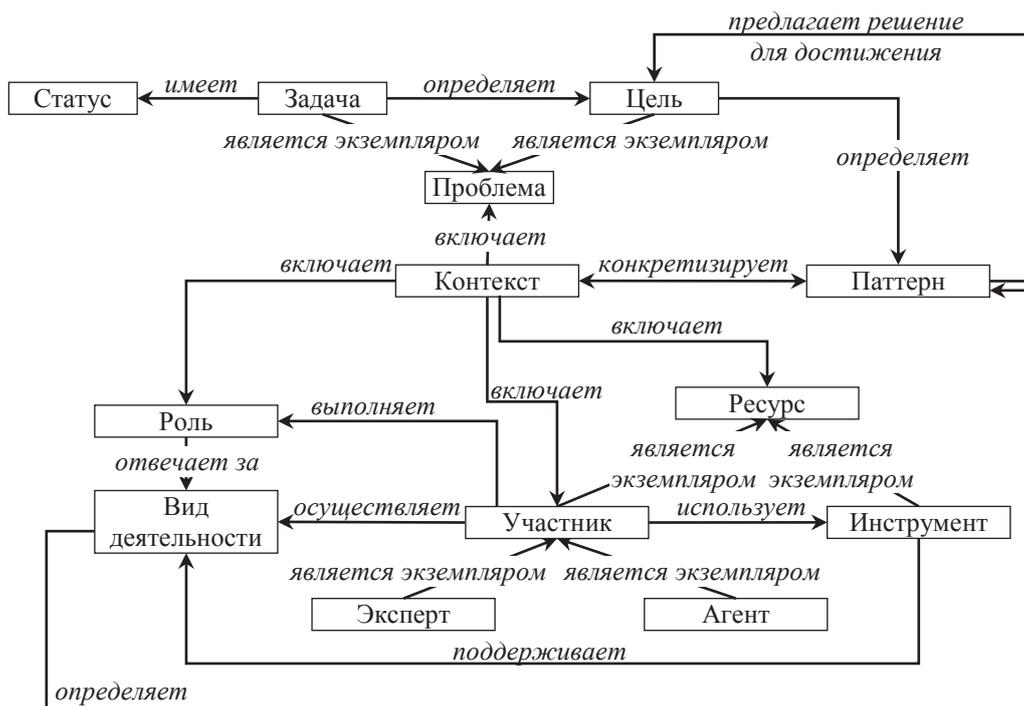


Рисунок 12 – Концептуальная модель использования паттернов человеко-машинного сотрудничества при поддержке принятия решений

*Задача* – вид проблемы: решение, которое должно найти ЛПР для рассматриваемой им конкретной задачи и для поиска которого формируется коллектив участников.

*Контекст* – информация о ситуации, в которой может быть использован паттерн сотрудничества. Контекст описывает текущую информацию о задаче, ресурсах (включая выполняемые участниками роли и осуществляемые ими ВД) и текущей цели сотрудничества. На основе данной информации выбираются паттерны ЧМС.

*Проблема* – решение для задачи (цели), появившейся в процессе сотрудничества.

*Ресурс* – доступный источник чего-либо, который можно использовать в случае необходимости для помощи или поддержки. Ресурсами являются участники ЧМС и инструменты.

*Статус* – степень выполнения задачи, совместно решаемой участниками ЧМС.

*Цель* – вид проблемы: решение для проблемы, появившейся в процессе решения задачи.

КМ поддерживает следующую семантику. ЛПР в некотором контексте формулирует задачу, которую требуется решить участникам ЧМ среды. Вся информация о текущей информации, включая информацию об имеющихся ресурсах и поступившей задаче, представлена в контексте. Совместно или по-отдельности статус задачи и выполняемые ВД определяют текущую цель сотрудничества, в соответствии с которой выбирается тот или иной паттерн. Паттерны предлагают решение, как текущая цель может быть достигнута. В процессе реализации решения, которое предложено паттернами, контекстная информация обновляется. Предназначение рассматриваемой КМ для ППР определяется спецификацией ВД, составляющих деятельность по ППР (детализация данных видов приведена на рисунках 8 и 9).

### 3.2 Сценарий ППР на основе паттернов ЧМС

При ЧМ сотрудничестве ВД, предусмотренные процессом принятия решений, не предполагают обязательного назначения экспертам или агентам. Распределение этих видов определяется наличием в контексте участников, способных их выполнить. В связи с этим типовой сценарий, в котором жёстко задано распределение работ между различными участниками,

невозможен. Поэтому в данном разделе рассмотрен пример возможного сценария. В этом примере один из ВД запланирован как ИЗ.

Сценарий начинается с обращения ЛПР к ЧМ среде (рисунок 13). При поступлении задача имеет статус «Новая». Этот статус означает, что текущей целью является определение ВД, требующихся для решения задачи. В данной работе к таким ВД относятся типовые этапы модели принятия решений [26, 27]: идентификация цели, генерация альтернатив, оценка альтернатив, выбор альтернативы (принятие решения). Этап идентификации цели в сценарии соответствует этапу формализации задачи, сформулированной ЛПР. Данный этап в сценарии не рассматривается, поскольку паттернов для этого процесса не выявлено.

После того, как ВД определены, статус задачи приобретает статус «Намечена», что означает, что текущей целью становится формирование среды сотрудничества. Для достижения этой цели может быть использован организационный паттерн:

```
Организационный EquivalentTo (предусловие some Предусловие)
and (taskStatus value "Намечена")
```

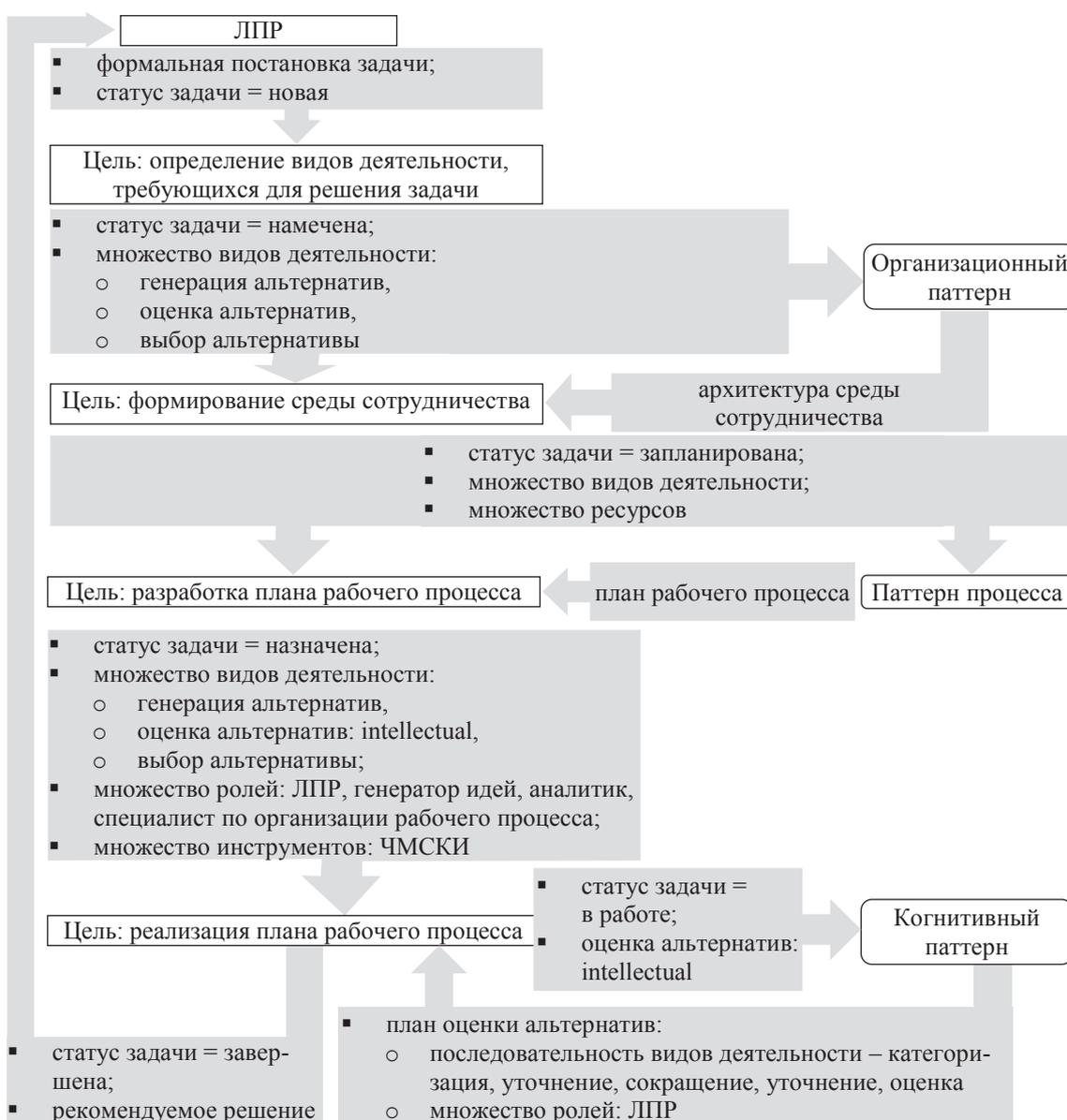


Рисунок 13 – Пример сценария поддержки принятия решений

Результатом (постусловием) формирования среды сотрудничества является архитектура такой среды, включающая множество ресурсов, ролей участников и набор функций, которые представлены видами деятельности. Статус задачи обновляется значением «Запланирована». Упомянутый статус указывает на наличие цели, связанной с разработкой плана рабочего процесса, для чего может быть использован паттерн процесса. Помимо того, что предусловием применения паттерна является статус задачи «Запланирована», в онтологии указано, что

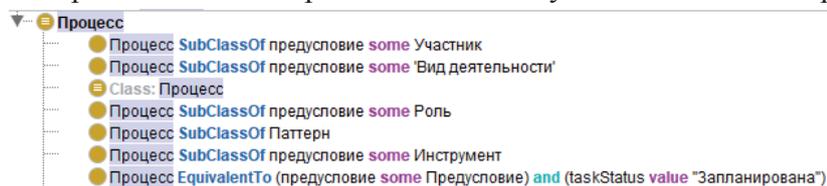


Рисунок 14 – Предусловия применения паттерна «Процесс»

существует ещё ряд предусловий, которые являются спецификацией исходных данных для применения данного паттерна (рисунок 14).

Эти предусловия выполняются за счёт применения организационного паттерна. Посту-

словием использования паттерна процесса является план рабочего процесса, который участники совместно разрабатывают, пользуясь знаниями об архитектуре среды сотрудничества. План рабочего процесса представляет собой последовательность ВД, результатом выполнения которой является решение задачи ЛПР, и включает множество участников, множество выполняемых участниками ролей и множество инструментов, поддерживающих запланированные ВД, а также содержит распределение ролей и инструментов по ВД. На рисунке 13 инструмент ЧМСКИ означает ЧМ среда коллективного интеллекта [28]. Данная среда оказывает технологическую поддержку, обеспечивая возможность взаимодействия участников, их интероперабельность и предоставляя механизмы самоорганизации. После того, как план рабочего процесса создан, статус задачи обновляется значением «назначена». Когда участники приступают к реализации плана, статус задачи приобретает значение «в работе».

В рассматриваемом примере сценария предполагается, что оценка альтернатив является ИЗ (на рисунке 13 «оценка альтернатив: intellectual»). Способ решения ИЗ предлагает когнитивный паттерн. Специалист по организации рабочего процесса предложил следующую последовательность действий: категоризация, уточнение, сокращение, уточнение, оценка (определения для этих видов действий даны при описании ОМ (рисунок 8)). Данные действия осуществляют эксперты, выполняющие роль ЛПР (эта роль отличается от роли ЛПР, который ставит задачу ЧМ среде, и которая в ОМ не представлена). В результате осуществления указанных действий формируется небольшое множество альтернатив, оценённых относительно одного или нескольких критериев, с которым согласны все эксперты.

Дальнейшее использование паттернов зависит от того, какие цели возникают в процессе выполнения участниками запланированных ВД. В ходе этого процесса участники взаимодействуют и принимают локальные решения (отличные от решения для задачи ЛПР). Решения для достижения этих целей предлагают паттерны взаимодействия и совместной инженерии.

Сценарий завершается предоставлением ЛПР рекомендуемого решения для его задачи (ВД «выбор альтернативы» в рабочем процессе). Статус задачи приобретает значение «Завершена».

Предложенный сценарий не является типовым. В частности, даже для решения ИЗ оценки альтернатив возможны разные планы процесса её решения. Если в этот план ввести вид действия «Интеллектуальный анализ», то в плане появится роль «Помощник», которую выполняет агент. Этот агент будет помогать отсеивать экспертам «непродуктивные» альтернативы. Методы решения задач [29] могут быть использованы как основа для планирования процессов решения ИЗ. Эти методы показывают, что для решения ИЗ, как частного случая задачи, можно построить множество сценариев.

## Заключение

В работе предложен набор моделей, способствующих организации ЧМ сотрудничества при ППР на основе паттернов сотрудничества. Рассмотрены КМ паттернов сотрудничества различных видов. На основе этих моделей разработана ОМ паттерна, являющаяся формальным унифицированным средством описания паттернов сотрудничества. Отличительной особенностью модели является то, что она может применяться для моделирования различных видов рабочих процессов при любой форме организации труда. Разработана онтология паттернов, объединяющая различные виды паттернов сотрудничества. Данная онтология поддерживает вывод, позволяющий рекомендовать паттерны в зависимости от контекста. Потенциал онтологии и, соответственно, различных видов паттернов сотрудничества для ППР рассматривается на примере возможного сценария ППР ЧМ средой.

Разработаны модели для организации ЧМ коллективов и их деятельности, которые могут способствовать повышению качества решений за счёт использования паттернов решений для однотипных проблем и обеспечению эффективного сотрудничества человека и машины.

## Список источников

- [1] *Боргест Н.М.* Стратегии интеллекта и его онтологии: попытка разобраться // Онтология проектирования. 2019. Т.9. №4. С.407–428. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-407-428.
- [2] *Семенова В.А., Смирнов С.В.* Функциональное наполнение и архитектура программной лаборатории для онтологического анализа данных // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. 2023. Т.31. №2. С.85–100. DOI: 10.14498/tech.2023.2.7.
- [3] *Кудряцев Д.В., Гаврилова Т.А., Смирнова М.М., Головачева К.С.* Построение онтологии знаний потребителя в маркетинге: кросс-дисциплинарный подход // Искусственный интеллект и принятие решений. 2021. №3. С.19–32. DOI: 10.14357/20718594210302.
- [4] *Боргест Н.М.* Границы онтологии проектирования // Онтология проектирования. 2017. Т.7. №1. С.7–33. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [5] *Смирнов С.В.* Среда моделирования для построения инженерных теорий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 1999. № 2. С.277–285. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [6] W3C Data activity building the web of data. Official site. W3C, 2021. URL: <https://www.w3.org/2001/sw/>.
- [7] *Грибова В.В., Паикова С.В., Федорищев Л.А.* Онтологии для разработки и генерации адаптивных пользовательских интерфейсов редакторов баз знаний // Онтология проектирования. 2022. Т.12. №2. С.200–217. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-200-217.
- [8] *Загорюлько Ю.А., Сидорова, Е.А., Загорюлько Г.В., Ахмадеева И.Р., Серый А.С.* Автоматизация разработки онтологий научных проблемных областей на основе паттернов онтологического проектирования // Онтология проектирования. 2021. Т.11. № 4. С.500–520. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-4-500-520.
- [9] *Хорошевский В.Ф.* Проектирование систем программного обеспечения под управлением онтологий: модели, методы, реализации // Онтология проектирования. 2019. Т 9. №4. С 429–448. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-429-448.
- [10] *Соснин П.И., Маклаев В.А.* Инструментальные средства для спецификации концептуализаций в проектировании автоматизированных систем // Онтология проектирования. 2012. Вып. 3, № 1. С.39–52.
- [11] *Смирнов А.В., Левашова Т.В.* Паттерны человеко-машинного сотрудничества в системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2024. № 2. С.3–17. DOI: 10.14357/20718594240201.
- [12] *Eoyang G.* Patterns of collaboration [Electronic resource]. Human Systems Dynamics Institute, 2018. <https://www.hsdinstitute.org/resources/patterns-of-collaboration.html>.
- [13] *Schmeil A., Eppler M.J.* Formalizing and promoting collaboration in 3D virtual environments – a blueprint for the creation of group interaction patterns // In: F. Lehmann-Grube, J. Sablatnig (eds.): Facets of Virtual Environments. FaVE 2009. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol. 33. Berlin Heidelberg: Springer, 2010. P.121–134. DOI: 10.1007/978-3-642-11743-5\_10.
- [14] *Vreede G.J. De, Kolfshoten G.L., Briggs R.O.* ThinkLets: a collaboration engineering pattern language // Int. J. Comput. Appl. Technol. 2006. Vol. 25(2/3). P. 140–154. DOI: 10.1504/IJCAT.2006.009064.

- [15] **Deokar A.V., Kolfshoten G.L., de Vreede G.-J.** Prescriptive workflow design for collaboration-intensive processes using the collaboration engineering approach // *Glob. J. Flex. Syst. Manag.* 2008. Vol.9(4). P.11–20. DOI: 10.1007/BF03396547.
- [16] **Toniolo A.** [et al.] Human-machine collaboration in intelligence analysis: An expert evaluation // *Intell. Syst. with Appl.* 2023. Vol.17. P.200151. DOI: 10.1016/j.iswa.2022.200151.
- [17] **Barchetti U., Antonio C., Guido A.L., Mainetti L.** Modelling collaboration processes through design patterns // *Comput. Informatics.* 2011. Vol.30(1). P.113–135.
- [18] **de Moor A.** Community memory activation with collaboration patterns // In: L. Stillman, G. Johanson (eds.): *Proc. of the 3rd Prato Int. Community Informatics Conf. (CIRN 2006)*. Melbourne: Centre for Community Networking Research, 2006. 1 CD. File: 2006\prato2006\demoorfina.zip.
- [19] **Dorn C., Edwards G., Medvidovic N.** Analyzing design tradeoffs in large-scale socio-technical systems through simulation of dynamic collaboration patterns // In: R. Meersman [et al.]: *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol.7565. Berlin Heidelberg: Springer, 2012. P.362–379. DOI: 10.1007/978-3-642-33606-5\_22.
- [20] **Papageorgiou N., Verginadis Y., Apostolou D., Mentzas G.** A collaboration pattern model for virtual organisations // In: L.M. Camarinha-Matos, I. Paraskakis, H. Afsarmanesh (eds.): *Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks. PRO-VE 2009. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. 307. Berlin Heidelberg: Springer, 2009. P.61–68. DOI: 10.1007/978-3-642-04568-4\_7.
- [21] **Verginadis Y., Apostolou D., Papageorgiou N., Mentzas G.** An architecture for collaboration patterns in agile event-driven environments // In: 2009 18th IEEE Int. Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises. IEEE, 2009. P.227–230. DOI: 10.1109/WETICE.2009.12.
- [22] **Vo T.T., Coulette B., Tran H.N., Lbath R.** Defining and using collaboration patterns for software process development // In: *Proc. of the 3rd Int. Conf. on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD 2015) - CMDD*. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2015. P.557–564. DOI: 10.5220/0005338705570564.
- [23] **van Diggelen J., Johnson M.** Team Design Patterns // In: *Proc. of the 7th Int. Conf. on Human-Agent Interaction*. New York: ACM, 2019. P. 118–126. DOI: 10.1145/3349537.3351892.
- [24] **Gottesdiener E.** Decide How to Decide [Electronic resource] // *Software Development Magazine*. 2001. No. 1. <https://www.ebgconsulting.com/Pubs/Articles/DecideHowToDecide-Gottesdiener.pdf>.
- [25] **Musen M.A.** The Protégé project // *AI Matters*. 2015. Vol.1(4). P.4–12. DOI: 10.1145/2757001.2757003.
- [26] **Simon H.** *The New Science of Decision-Making*. New York: Harper and Row, 1960.
- [27] **Simon H.** Rational Decision Making in Business Organizations // *Am. Econ. Assoc.* 1979. Vol. 69(4). P.493–513.
- [28] **Smirnov A., Ponomarev A., Levashova T., Shilov N.** Conceptual framework of a human-machine collective intelligence environment for decision support // *Proc. Bulg. Acad. Sci.* 2022. Vol.75(1). P.102–109. DOI: 10.7546/CRABS.2022.01.12.
- [29] **Фаянс А.М., Кнеллер В.Ю.** Об онтологии видов задач и методов их решения // *Онтология проектирования*. 2020. Т. 10, №3(37). С. 273–295. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-273-295.

## Сведения об авторах



**Смирнов Александр Викторович**, 1956 г. рождения. Окончил Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина в 1979 г., д.т.н. (1996) профессор. Главный научный сотрудник лаборатории интегрированных систем автоматизации СПб ФИЦ РАН. Член IEEE с 2002 г. В списке научных трудов более 400 работ в области многоагентных систем, интеллектуальных систем поддержки принятия решений, человеко-машинных сред. Author ID (РИНЦ): 7968; Author ID (Scopus): 55725403900; Researcher ID (WoS): A-7557-2012. [smir@iias.spb.su](mailto:smir@iias.spb.su).

**Левашова Татьяна Викторовна**, 1962 г. рождения. Окончила Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина) в 1986 г., к.т.н. (2009). Старший научный сотрудник лаборатории интегрированных систем автоматизации СПб ФИЦ РАН. В списке научных трудов более 200 работ в области управления знаниями, интеллектуальной поддержки принятия решений, контекстно-управляемых систем. Author ID (РИНЦ): 124630; Author ID (Scopus): 6603894696; Researcher ID (WoS): E-3643-2012. [tatiana.levashova@iias.spb.su](mailto:tatiana.levashova@iias.spb.su). ✉



Поступила в редакцию 26.04.2024, после рецензирования 22.07.2024. Принята к публикации 26.07.2024.



# Ontology of human-machine collaboration patterns for decision support

© 2024, A.V. Smirnov, T.V. Levashova✉

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

## Abstract

In the process of human-machine collaboration, recurring problems often arise, prompting the use of collaboration patterns that offer ready-made solution schemes for similar recurring issues. The aim of the research is to develop models that facilitate the organization of human-machine collaboration while supporting decision-making based on collaboration patterns. The paper employs methods of conceptual, ontological, and scenario modeling. Based on the descriptions of collaboration patterns found in various problem areas, conceptual models were constructed representing five types of patterns: organizational patterns, cognitive patterns, information interaction patterns, process patterns, and joint engineering patterns. An ontological model of a collaboration pattern and an ontology of human-machine collaboration patterns were developed, integrating various types of such patterns. The developed models represent a new result that unifies existing approaches to the description of collaboration patterns. A scenario variant is proposed, demonstrating the possibility of using the developed ontology to support decision-making. The developed models for organizing human-machine teams and their activities can enhance the quality of decisions by using solution patterns for similar problems and ensuring effective cooperation between humans and machines.

**Keywords:** *collaboration patterns, human-machine collaboration, ontological model, conceptual model, decision support.*

**For citation:** *Smirnov AV, Levashova TV. Ontology of human-machine collaboration patterns for decision support [In Russian]. Ontology of designing. 2024; 14(3): 421-439. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-3-421-439.*

**Financial Support:** The research is due to the State Research Project no. FFZF-2022-0005.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

## List of figures

- Figure 1 – Conceptual model of organizational pattern
- Figure 2 – Conceptual model of cognitive pattern
- Figure 3 – Conceptual model of interaction pattern
- Figure 4 – Conceptual model of process pattern
- Figure 5 – Conceptual model of joint engineering pattern
- Figure 6 – Conceptual model of human-machine collaboration pattern
- Figure 7 – Top level of ontological model for human-machine collaboration pattern
- Figure 8 – Ontological model of human-machine collaboration patterns
- Figure 9 – Axioms of activity type belonging to the decision-making process
- Figure 10 – Axioms for organizational pattern
- Figure 11 – Axioms related to the “Intelligent analysis” class
- Figure 12 – Conceptual model of using human-machine collaboration patterns in decision-making support
- Figure 13 – Decision-making support scenario
- Figure 14 – Preconditions for process pattern usage

## References

- [1] **Borgest NM.** Strategies of intelligence and its ontology: an attempt to understand [In Russian]. *Ontology of Designing.* 2019; 9(4): 407–428. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-407-428.
- [2] **Semenova VA, Smirnov SV.** Functional content and architecture of software laboratory for ontological data analysis [In Russian]. *Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series.* 2023; 31(2): 85–100. DOI: 10.14498/tech.2023.2.7.

- [3] **Kudryavtsev DV, Gavrilova TA, Smirnova MM, Golovacheva KS.** Building ontology of consumer knowledge in marketing: cross-disciplinary approach [In Russian]. *Artificial Intelligence and Decision Making*. 2021; 3: 19–32. DOI: 10.14357/20718594210302.
- [4] **Borgest NM.** Boundaries of the ontology of designing [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2017; 7(1): 7–33. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [5] **Smirnov SV.** Modeling workbench for development of engineering theories [In Russian]. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 1999; 2: 277–285. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [6] W3C Data activity building the web of data. Official site. W3C, 2021. URL: <https://www.w3.org/2001/sw/>.
- [7] **Gribova VV, Parshkova SV, Fedorischev LA.** Ontologies for development and generation adaptive user interfaces of knowledge base editors [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2022; 12(2): 200–217. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-200-217.
- [8] **Zagorulko YuA, Sidorova EA, Zagorulko GB., Akhmadeeva IR, Sery AS.** Automation of the development of ontologies of scientific subject domains based on ontology design patterns [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2021; 11(4): 500–520. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-4-500-520.
- [9] **Khoroshevsky VF.** Ontology driven software engineering: models, methods, implementations [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2019; 9(4): 429–448. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-429-448.
- [10] **Sosnin PI, Maklaev VA.** Instrumental means for specification of conceptualizations in designing of automated systems [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2012; 1(3): 39–52.
- [11] **Smirnov AV, Levashova TV.** Patterns of human-machine collaboration in decision support systems [In Russian]. *Artificial Intelligence and Decision Making*. 2024; 2: 3–17. DOI: 10.14357/20718594240201.
- [12] **Eoyang G.** Patterns of collaboration [Electronic resource]. Human Systems Dynamics Institute, 2018. URL: <https://www.hsdinstitute.org/resources/patterns-of-collaboration.html> (accessed: 10.07.2024).
- [13] **Schmeil A, Eppler MJ.** Formalizing and promoting collaboration in 3D virtual environments – a blueprint for the creation of group interaction patterns. In: F. Lehmann-Grube, J. Sablatnig (eds.): *Facets of Virtual Environments. FaVE 2009. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol. 33. Berlin Heidelberg: Springer, 2010: 121–134. DOI: 10.1007/978-3-642-11743-5\_10.
- [14] **Vreede GJ, De, Kolfshoten GL, Briggs RO.** ThinkLets: a collaboration engineering pattern language. *Int. J. Comput. Appl. Technol.* 2006; 25(2/3): 140–154. DOI: 10.1504/IJCAT.2006.009064.
- [15] **Deokar AV, Kolfshoten G., de Vreede GJ.** Prescriptive workflow design for collaboration-intensive processes using the collaboration engineering approach. *Glob. J. Flex. Syst. Manag.* 2008; 9(4): 11–20. DOI: 10.1007/BF03396547.
- [16] **Toniolo A.** et al. Human-machine collaboration in intelligence analysis: An expert evaluation. *Intell. Syst. with Appl.* 2023; 17: 200151. DOI: 10.1016/j.iswa.2022.200151.
- [17] **Barchetti U, Antonio C, Guido AL, Mainetti L.** Modelling collaboration processes through design patterns. *Comput. Informatics*. 2011; 30(1): 113–135.
- [18] **de Moor A.** Community memory activation with collaboration patterns. In: L. Stillman, G. Johanson (eds.): *Proc. of the 3rd Prato Int. Community Informatics Conf. (CIRN 2006)*. Melbourne: Centre for Community Networking Research, 2006. 1 CD. File: 2006prato2006demoorfinal.zip.
- [19] **Dorn C, Edwards G, Medvidovic N.** Analyzing design tradeoffs in large-scale socio-technical systems through simulation of dynamic collaboration patterns. In: R. Meersman: *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7565. Berlin Heidelberg: Springer, 2012: 362–379. DOI: 10.1007/978-3-642-33606-5\_22.
- [20] **Papageorgiou N, Verginadis Y, Apostolou D, Mentzas G.** A collaboration pattern model for virtual organisations In: L.M. Camarinha-Matos, I. Paraskakis, H. Afsarmanesh (eds.): *Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks. PRO-VE 2009. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. 307. Berlin Heidelberg: Springer, 2009: 61–68. DOI: 10.1007/978-3-642-04568-4\_7.
- [21] **Verginadis Y, Apostolou D, Papageorgiou N, Mentzas G.** An architecture for collaboration patterns in agile event-driven environments. In: 2009 18th IEEE Int. Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises. IEEE, 2009: 227–230. DOI: 10.1109/WETICE.2009.12.
- [22] **Vo TT, Coulette B, Tran H., Lbath R.** Defining and using collaboration patterns for software process development. In: *Proc. of the 3rd Int. Conf. on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD 2015) - CMDD*. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2015: 557–564. DOI: 10.5220/0005338705570564.
- [23] **van Diggelen J, Johnson M.** Team Design Patterns. In: *Proc. of the 7th Int. Conf. on Human-Agent Interaction*. New York: ACM, 2019: 118–126. DOI: 10.1145/3349537.3351892.
- [24] **Gottesdiener E.** Decide How to Decide [Electronic resource] // *Software Development Magazine*. 2001; 1: URL: <https://www.ebgconsulting.com/Pubs/Articles/DecideHowToDecide-Gottesdiener.pdf>.
- [25] **Musen MA.** The Protégé project. *AI Matters*; 2015: 1(4): 4–12. DOI: 10.1145/2757001.2757003.

- [26] **Simon H.** The New Science of Decision-Making. New York: Harper and Row, 1960.
- [27] **Simon H.** Rational Decision Making in Business Organizations. *Am. Econ. Assoc.* 1979; 69(4): 493–513.
- [28] **Smirnov AV, Ponomarev AV, Levashova TV, Shilov NG.** Conceptual Framework of a Human-Machine Collective Intelligence Environment for Decision Support. *Proc. Bulg. Acad. Sci.* 2022; 75(1): 102–109. DOI: 10.7546/CRABS.2022.01.12.
- [29] **Fayans AM, Kneller VYu.** About the ontology of task types and methods of their solution [In Russian]. *Ontology of Designing.* 2020; 10(3): 273–295. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-273-295.
- 

## About the authors

**Alexander Smirnov** (b. 1956) graduated from the Leningrad Polytechnic Institute named after M.I. Kalinin (Leningrad, USSR) in 1979, Dr. of sci. (1996), and professor. He is a chief researcher at the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. He is an IEEE member from 2002. He is the author and a co-author of more than 400 scientific works in the areas of multi-agent systems, intelligent decision support system, and human-machine environments. Author ID (RSCI): 7968; Author ID (Scopus): 55725403900; Researcher ID (WoS): A-7557-2012. [smir@iias.spb.su](mailto:smir@iias.spb.su).

**Tatiana Levashova** (b. 1962) graduated from the Leningrad Electrotechnical Institute named after V.I. Ulyanov (Lenin) (Leningrad, USSR) in 1986, PhD (2009). She is a senior researcher at the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. She is the author and a co-author of more than 200 scientific works in the areas of knowledge management, intelligent decision support, and context-aware systems. Author ID (RSCI): 124630; Author ID (Scopus): 6603894696; Researcher ID (WoS): E-3643-2012. [tatiana.levashova@iias.spb.su](mailto:tatiana.levashova@iias.spb.su). ✉.

---

*Received April 26, 2024. Revised July 22, 2024. Accepted July 26, 2024.*

---