

---

---

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

УДК 004.896

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Будыльский Александр Викторович*, аспирант, Астраханский государственный технический университет, 414025, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: alexandractor88@mail.ru

*Квятковская Ирина Юрьевна*, доктор технических наук, профессор, Астраханский государственный технический университет, 414025, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

В данной работе рассматривается агентный подход к разработке информационной системы для поддержки принятия решений менеджера проекта. На основе литературных данных приведена статистика успешности выполнения проектов по разработке программного обеспечения за последние 15 лет. Выделены основные проблемы, с которыми сталкивается менеджер проекта. Обосновывается целесообразность применения агентных технологий в информационной системе. Приводится описание основных свойств агента. Выделяются области свода знаний по управлению проектами, которые предполагается автоматизировать. Установлены показатели качества проекта: внутренние и внешние. Определены и описаны функции (без реализации поведения) агентов, которые будут задействованы в управлении проектом. Представлена общая архитектура, описывающая взаимодействие агентов. Описан процесс инициации проекта, а также реализации риска в проекте. Все описания взаимодействий агентов приведены с помощью нотации UML.

**Ключевые слова:** проект, управление проектом, качество, риск агент, автономный агент, агентные технологии

## PROJECT MANAGEMENT OF SOFTWARE DEVELOPMENT USING AGENT TECHNOLOGIES

*Budylskiy Aleksandr V.*, post-graduate student, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev St., Astrakhan, 414025, Russian Federation, e-mail: alexandractor88@mail.ru

*Kvyatkovskaya Irina Yu.*, D.Sc.(Engineering), Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev St., Astrakhan, 414025, Russian Federation

This article considers the agent-based approach to develop an information system for supporting project manager in decision-making. The work contains the statistics about projects development for the last 15 years. We discuss the main problems faced by the project manager. The agent technologies suitability is justified here. The work describes the main agent properties. We extract knowledge as that are supposed to automate. The study introduced quality indexes: external and internal. We identify agents and their actions (without behavior implementation) and show a common architecture which describe cooperation of agents. The article describes initiation process and risk triggering. We use the UML notation to describe all agent interactions.

**Keywords:** project, project management, quality, risk, agent, autonomous agent, agent technologies

Сегодня повсеместно возрастает сложность объектов автоматизации предприятий различных сфер деятельности. Это объясняется тем, что заказчики предъявляют все более

специфичные требования к информационным системам для удовлетворения потребностей организаций. При создании программных систем следует стремиться уменьшить или свести к минимуму риск неуспешного завершения проекта. Хотя к настоящему времени опубликовано уже много работ (учебников, научных статей, монографий) по управлению проектами, однако в условиях роста их сложности, дифференциации направлений применения целесообразно рассмотреть эффективность использования новых технологий. Целью настоящей работы был анализ потенциальных возможностей и преимуществ использования агентных технологий для совершенствования управления проектами, связанными с разработкой программного обеспечения.

Известно, что большинство проектов по разработке информационных систем сегодня не завершаются в срок, превышают запланированный бюджет или сдаются с недостаточной функциональностью для того, чтобы готовой системой можно было пользоваться. Согласно отчету Chaos Report (рис. 1) о положении дел с разработкой ИТ-проектов, выполненному компанией Standish Group [11], каждый пятый проект заканчивается неудачно, каждый второй – не укладывается в запланированный срок, либо выполняется с худшим качеством, либо неполным функционалом.

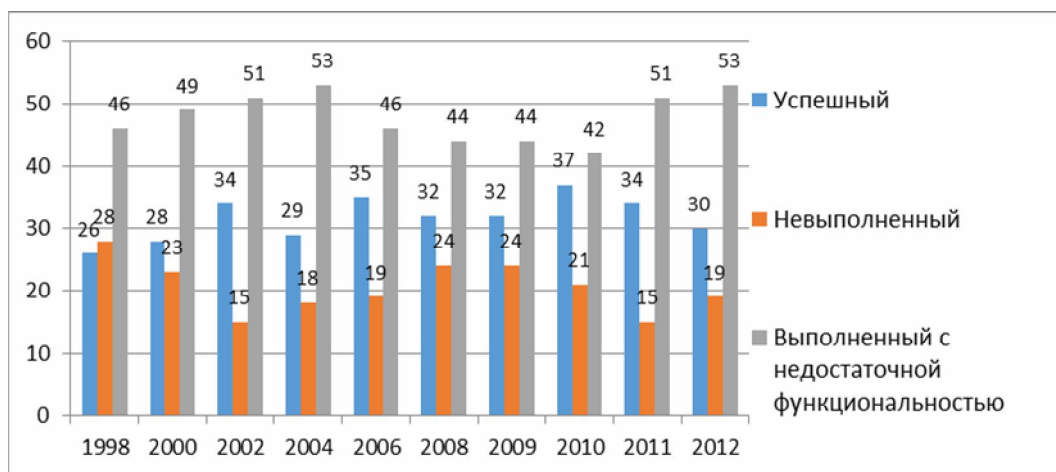


Рис. 1. Характеристика успешности выполнения ИТ-проектов

Одним из способов улучшения управления проектом разработки программного обеспечения (ПО) и как результат увеличения его шансов быть успешным является создание и использование информационной системы. Данная система должна быть способна автоматизировать некоторые рутинные операции, а также отслеживать состояние реализации проекта на различных этапах его исполнения, поддерживать принятие решений по нему.

Разработка ПО, позволяющего упростить управление проектом, стала одной из критических задач многих организаций. Сложность этой задачи вызвана постоянным увеличением сложности и размеров проектов, связанных с разработкой информационных систем. Раньше основная задача любых программ по автоматизации управления проектом сводилась к генерации расписания и управлению ресурсами. В наше время в связи с развитием вычислительных возможностей аппаратного обеспечения, повсеместном использовании Интернета, автоматизация охватывает все больше других областей управления проектом, такие как оценка трудозатрат, стоимости, планирование, управление рисками, качеством, распределение ресурсов, мониторинг исполнения проекта.

Системы, которые содержат более двух динамических компонент, способных взаимодействовать в своих собственных потоках с другими частями системы, используя при

этом различные сложные протоколы взаимодействия, тяжелее разрабатывать, и ими сложнее управлять.

Наличие более чем одной динамической компоненты в проекте приводит к их взаимодействию. Очевидно, что в процессе автоматизации процессов планирования ресурсов при управлении проектом будут происходить конфликты компонент, к примеру, конфликты в виде борьбы за ресурсы между задачами (работами) проекта. Формальное описание такого рода систем возможно при помощи агентных технологий. Повышенный интерес к данным технологиям обусловлен их ясной связью с программной реализацией, возможностью применять их в таких распределённых средах, как Интернет.

Программный агент – это программный и (или) аппаратный комплекс, который способен в автономном (или полуавтономном) режиме выполнять действия в соответствии с поставленной задачей [10]. Автономность является характеристикой, отличающей программных агентов от обычных программ. Автономность в агентах предполагает, что агент будет самостоятельно выполнять свои задачи без непосредственного влияния (управления) со стороны пользователя. Интеллектуальность агентов предполагает, по меньшей мере, наличие четырёх основных свойств: реактивность, проактивность, взаимодействие, адаптивность.

Каждого агента можно описать при помощи четырёх характеристик: показатели производительности (performance), среда (environment), исполнительные механизмы (actuators), датчики (sensors) [10]. Все вместе они объединены под названием проблемная среда (PLAS) получили широкое применение во многих областях [8]. Имеются многочисленные работы, в которых рассматривается применение агентных технологий [1, 4].

Согласно Project Management Book of Knowledge (PMBOK) [6], управление проектами – это приложение знаний, навыков, инструментов и методов к операциям проекта для удовлетворения требований, предъявляемых к проекту. Основными тремя ограничениями проекта являются стоимость, время и содержание. Управление проектами включает в себя различные процессы планирования, мониторинга, исполнения и инициации проекта. Всего, согласно указанному стандарту, выделяют 44 различных процесса, которые логически объединены в 9 областей знаний (рис. 2).

В настоящее время менеджер проекта сталкивается с множеством проблем. Наиболее частыми из них являются [3]:

- 1) некорректно составленное расписание;
- 2) некачественное распределение ресурсов;
- 3) плохие коммуникации в проекте;
- 4) слабый учёт рисков;
- 5) низкое качество разработанного ПО.

Поскольку данные проблемы имеют место в областях знаний, связанных с управлением интеграцией, содержанием, сроками, качеством, человеческими ресурсами, коммуникациями, рисками, то в данной работе будут рассмотрены лишь области и процессы, выделенные черным цветом на рис. 2.

Согласно [9], качество ПО включает в себя внутренние и внешние характеристики. Внешние осознает конечный пользователь. Они включают: корректность, практичность, эффективность, надежность, целостность, адаптируемость, правильность, живучесть. Внутренние характеристики прежде всего важны для разработчиков – тем не менее они оказывают влияние и на внешние характеристики. К внутренним характеристикам относят: удобство сопровождения, гибкость, портируемость, возможность повторного использования, удобочитаемость, тестируемость, понятность.

<p style="text-align: center;"><b>Управление интеграцией проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработка устава проекта</li> <li>• Разработка предварительного описания содержания проекта</li> <li>• <u>Разработка плана управления проектом</u></li> <li>• <u>Руководство и управление исполнением проекта</u></li> <li>• <u>Мониторинг и управление работами проекта</u></li> <li>• <u>Общее управление изменениями</u></li> <li>• Закрытие проекта</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Управление содержанием проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Планирование содержания</li> <li>• Определение содержания</li> <li>• Создание ИСР</li> <li>• Подтверждение содержания</li> <li>• <u>Управление содержанием</u></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Управление сроками проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Определение состава операций</li> <li>• Определение взаимосвязей операций</li> <li>• Оценка ресурсов операций</li> <li>• Оценка длительности операций</li> <li>• <u>Разработка расписания</u></li> <li>• <u>Управление расписанием</u></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Управление стоимостью проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Стоимостная оценка</li> <li>• Разработка бюджета расходов</li> <li>• Управление стоимостью</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Управление качеством проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Планирование качества</u></li> <li>• <u>Процесс обеспечения качества</u></li> <li>• Процесс контроля качества</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Управление человеческими ресурсами проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Планирование человеческих ресурсов</li> <li>• <u>Набор команды проекта</u></li> <li>• <u>Развитие команды проекта</u></li> <li>• <u>Управление командой проекта</u></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Управление коммуникациями проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Планирование коммуникаций</u></li> <li>• <u>Распространение информации</u></li> <li>• <u>Отчетность по исполнению</u></li> <li>• Управление участниками проекта</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Управление рисками проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Планирование управление рисками</u></li> <li>• <u>Идентификация рисков</u></li> <li>• <u>Качественный анализ рисков</u></li> <li>• <u>Количественный анализ рисков</u></li> <li>• <u>Планирование реагирования на риски</u></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Управление поставками проекта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Планирование покупок и приобретений</li> <li>• Планирование контрактов</li> <li>• Запрос информации у продавцов</li> <li>• Выбор продавцов</li> <li>• Администрирование контрактов</li> <li>• Закрытие контрактов</li> </ul>

Рис. 2. Области знаний, связанные с управлением проектами

На основании выделенных 7 областей знаний можно выделить 7 видов агентов для управления проектами.

1. Управление интеграцией.
2. Управление содержанием.
3. Управление сроками.
4. Управление человеческими (трудовыми) ресурсами.
5. Управление коммуникациями.
6. Управление рисками.
7. Управление качеством.

Каждый агент способен выполнять функции, содержащиеся в соответствующей области. Кроме того, он способен взаимодействовать с другими агентами. В качестве среды для каждого агента выступает проект.

Агент управления интеграцией следит за исполнением проекта, а также именно данный агент инициирует запуск проекта, он же его и завершает. В процессе исполнения проекта, данный агент способен получать информацию от агента управления рисками в связи с реализацией рисков. Агент данного вида является автономным. Описание проблемной среды агента управления интеграцией приведено в табл. 1.

Таблица 1

**Описание агента управления интеграцией**

<b>Показатели производительности</b>	Исполнение проекта в рамках запланированных сроков
<b>Исполнительные механизмы</b>	Ничего не делать, переназначить ресурсы, добавить ресурсы, убрать менее приоритетные задачи, изменить расписание, изменить назначение, начать проект, завершить проект, оценить качество
<b>Датчики</b>	Информация о реализации риска, получаемая от агента «Управление рисками», запрос от пользователя на запуск проекта, таймер
<b>Тип среды</b>	Полностью наблюдаемая, стохастическая, последовательная, динамическая, непрерывная

Агент управления содержанием отвечает за хранение информации по задачам (работам) и их приоритетам. Данный агент используется в случае, если на этапе исполнения проекта становится понятно, что завершить проект в запланированный срок с использованием всех возможных ресурсов невозможно и единственным способом является сокращение некоторых спецификаций (требований). Также агент способен выполнять реприоритезацию задач. Данный агент не является автономным. Описание агента приведено в табл. 2.

Таблица 2

**Описание агента управления содержанием**

<b>Показатели производительности</b>	Выбрать наиболее подходящую задачу для перемещения или удаления из проекта
<b>Исполнительные механизмы</b>	Выбрать задачу, отказать
<b>Датчики</b>	Запрос от агента «Управление интеграцией» на внесение изменений
<b>Тип среды</b>	Полностью наблюдаемая, детерминированная, эпизодическая, динамическая, дискретная

Агент управления сроками осуществляет контроль над расписанием (временным планом) проекта. Данный агент не является автономным, он инициируется по запросу от агента управления интеграцией. Описание агента приведено в табл. 3.

Таблица 3

**Описание агента управления сроками**

<b>Показатели производительности</b>	Получить наиболее подходящее расписание
<b>Исполнительные механизмы</b>	Составить (изменить) расписание, изменить назначение
<b>Датчики</b>	Запрос от агента «Управление интеграцией» на составление, изменение расписания
<b>Тип среды</b>	Полностью наблюдаемая, стохастическая, последовательная, динамическая, дискретная

Агент управления качеством осуществляет контроль качества исполнения проекта. Данный агент постоянно осуществляет мониторинг качества выполнения задач или их групп в соответствии с заданными критериями качества. В случае если качество выполненной задачи не соответствует заданному значению, агент уведомляет об этом агента управления интеграцией. При завершении проекта агент инициируется агентом управления интеграцией для проверки качества всего программного продукта. Описание агента приведено в табл. 4.

Таблица 4

**Описание агента управления качеством**

<b>Показатели производительности</b>	Исполнение проекта в рамках планового срока
<b>Исполнительные механизмы</b>	Оценить качество выполненной задачи или группы, уведомить агента управления интеграцией в случае ненадлежащего качества выполненной задачи
<b>Датчики</b>	Таймер, запрос от агента «Управление сроками» на завершение задачи
<b>Тип среды</b>	Полностью наблюдаемая, стохастическая, последовательная, динамическая, непрерывная

Агент управления трудовыми ресурсами осуществляет выбор наиболее подходящего ресурса для конкретной задачи и хранит информацию об используемых ресурсах. Данный агент не является автономным, он инициируется при запросе от агента управления сроками. Описание агента приведено в табл. 5.

Таблица 5

**Описание агента управления человеческими ресурсами**

<b>Показатели производительности</b>	Выбрать наиболее подходящий ресурс для данной задачи
<b>Исполнительные механизмы</b>	Выбрать ресурс, отказать
<b>Датчики</b>	Запрос от агента «Управление сроками» на назначение ресурсу задачи
<b>Тип среды</b>	Полностью наблюдаемая, стохастическая, последовательная, динамическая, дискретная

Агент управления коммуникациями отвечает за отправку уведомлений ресурсам о задачах (работах), которые необходимо будет в скором времени выполнять, а также за сбор и хранение информации по текущему положению дел в проекте. Данный агент является автономным. Описание агента приведено в табл. 6.

Таблица 6

**Описание агента управления коммуникациями**

<b>Показатели производительности</b>	Своевременное уведомление ресурсов о задачах. Внесение данных об исполнении проекта
<b>Исполнительные механизмы</b>	Ничего не делать, отправить уведомление ресурсу о приближающейся задаче, внести информацию о начале-завершении задачи, сформировать прогноз на дату завершения проекта
<b>Датчики</b>	Таймер, информация от ресурсов о работе над задачами (пользователь), информация об изменении расписания, получаемая от агента «Управление интеграцией», запрос на прогноз о дате исполнения проекта
<b>Тип среды</b>	Полностью наблюдаемая, стохастическая, последовательная, динамическая, непрерывная

Агент управления рисками хранит информацию о рисках проекта, а также отслеживает их возникновение (реализацию). Для простоты предлагается рассматривать лишь два вида рисков проектов: низкая производительность и некачественное расписание [2]. В случае реализации первого риска имеет смысл пересмотреть оценки длительности задачи, для

которой реализовался риск, или же назначить данной задаче другой ресурс. Данный агент является автономным. Описание агента приведено в табл. 7.

Таблица 7

**Описание агента управления рисками проекта**

<b>Показатели производительности</b>	Своевременное обнаружение возникновения рисков
<b>Исполнительные механизмы</b>	Ничего не делать, уведомить агента «Управление интеграцией» о возникновении риска (низкая производительность, некачественное расписание)
<b>Датчики</b>	Таймер, информация о текущем положении дел (сравнение состояния проекта по плану и на самом деле)
<b>Тип среды</b>	Полностью наблюдаемая, стохастическая, эпизодическая, динамическая, непрерывная

Для описания зависимостей между агентами, а также их взаимодействия предлагается воспользоваться нотацией UML, поскольку в отличие от графовой модели [7] она удачно отображает объектно-ориентированный характер агентов.

Диаграмма вариантов использования агентов представлена на рис. 3.

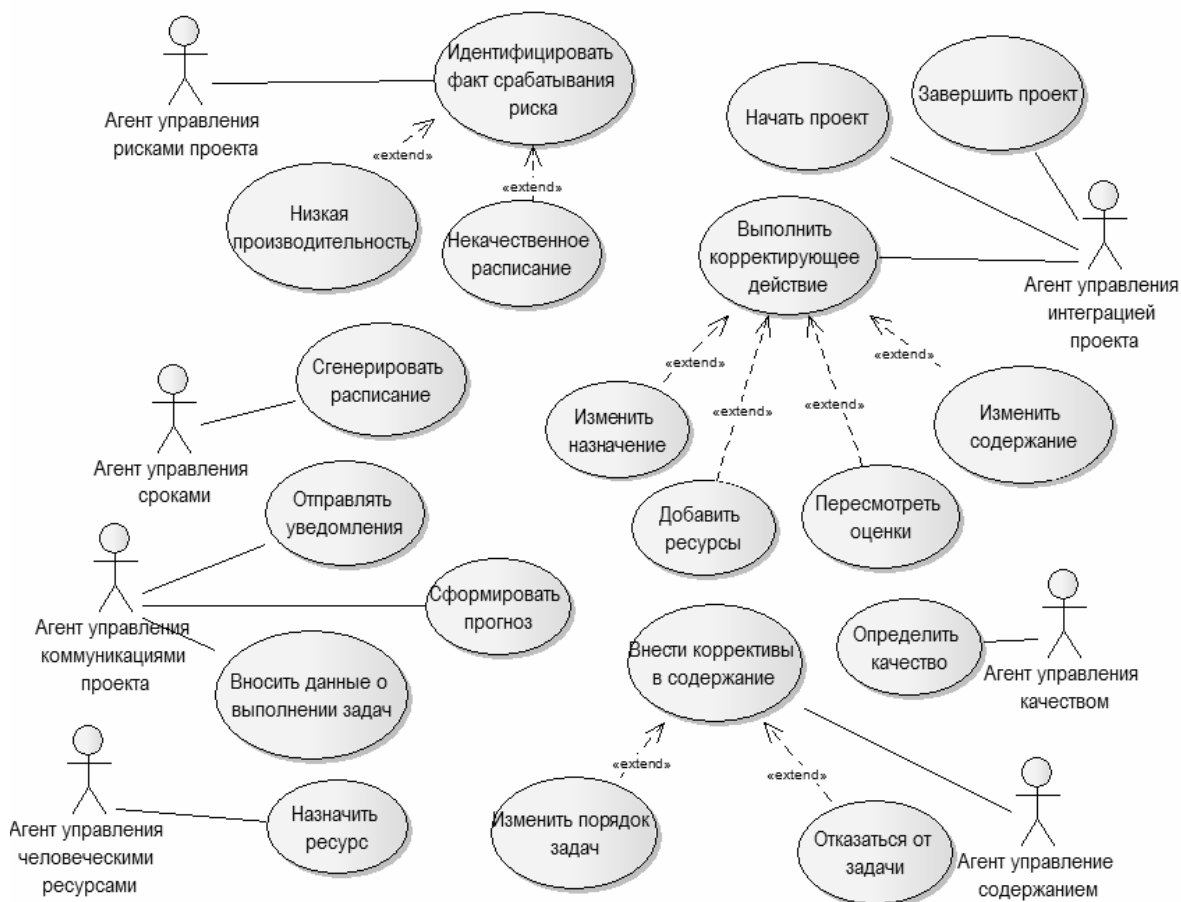


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования системы

Диаграмма последовательности действий, отображающая процесс запуска проекта, представлена на рис. 4. Управляющий проектом (пользователь) изначально вводит данные о ресурсах, задачах и рисках в соответствующие агенты. Каждая задача представлена кортежем <Название, Длительность, Приоритет (важность), Требования к навыкам, Связи>. Ресурсы описываются кортежем <Имя, Навыки, Занятость (рабочий график)>, риски – кортежем <Описание, Вероятность реализации, последствия реализации риска>.

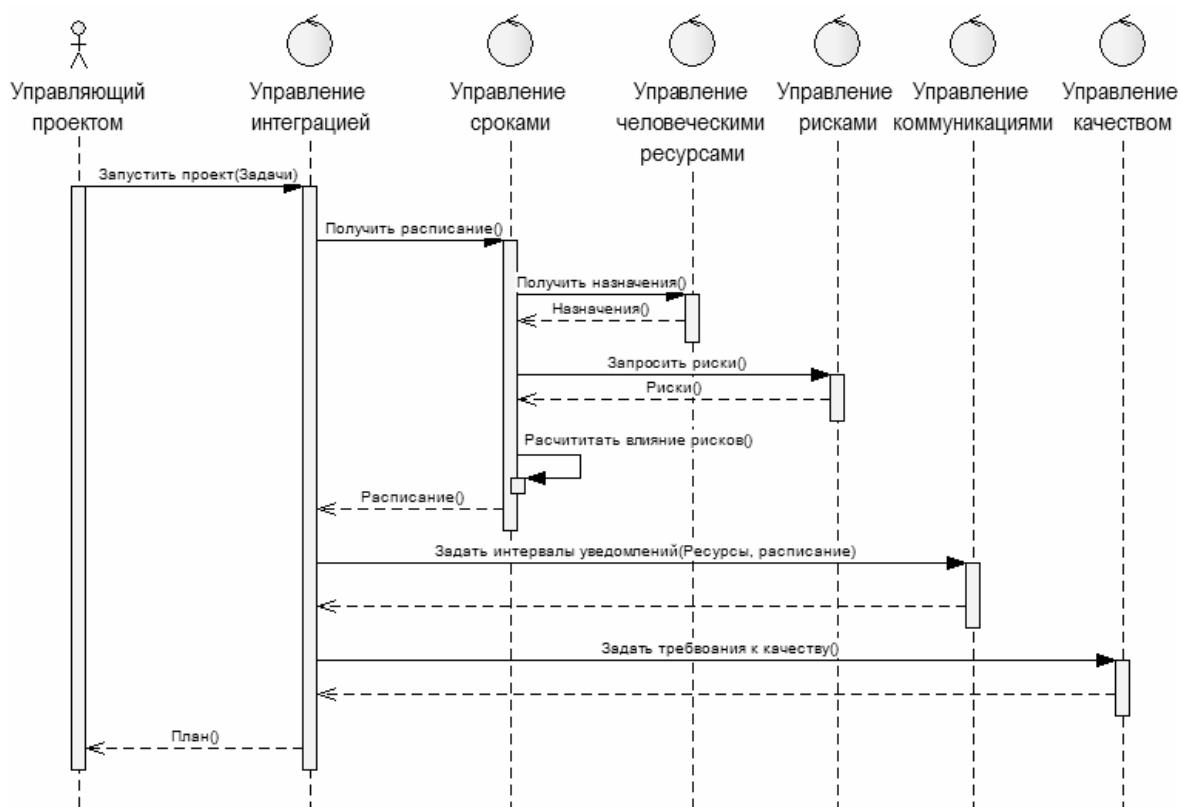


Рис. 4. Действия, связанные с запуском проекта

Сначала составляется план проекта, затем пользователь инициирует агента управления интеграцией. Далее этот агент отправляет запрос на составление расписания агенту управления сроками. Составление расписания происходит по некоторому алгоритму, например по методу критической цепи [5]. Задачу составления расписания можно решать как задачу однокритериальной оптимизации, так и многокритериальной в случае конфликтных ситуаций. Критериями оптимальности расписания могут выступать как минимальное время выполнения проекта, так и его минимальная стоимость или использование минимального количества ресурсов в проекте. На основании выбранных критериев планируются наиболее подходящие трудовые ресурсы. Этот выбор осуществляет агент управления трудовыми ресурсами. После того как было сгенерировано расписание, агент управления интеграцией вносит информацию о рисках в план проекта, эту информацию предоставляет ему агент управления рисками. На основании полученного расписания, агенту управления коммуникациями сообщаются интервалы уведомлений для ресурсов. После выполнения описанных действий начинается исполнение проекта.

В процессе исполнения за мониторинг рисков отвечает агент управления рисками. В случае отклонения проекта от составленного плана, агент регистрирует факт реализации



риска (рис. 5). Если имеет место единичный факт реализации рисков, то агент управления рисками вызывает агента управления интеграцией и сообщает, что возник риск «низкая производительность», если же имеет место множественное возникновение рисков в проекте, то это скорее уже говорит о возникновении риска «некачественное расписание». Далее агент управления интеграцией получает от агента управления коммуникациями прогнозируемую дату завершения проекта и на основании того, «покрывают» ли резервы, заложенные в план проекта, реализовавшийся риск, принимает соответствующее решение. Если заложенные резервы не способны защитить проект от нарушения графика, то происходит изменение плана проекта. Данную функцию выполняет агент управления рисками при помощи агентов управления трудовыми ресурсами и управления содержанием. Если же нет (т.е. резервы по проекту достаточны для компенсации риска), то агент управления рисками не предпринимает никаких действий.

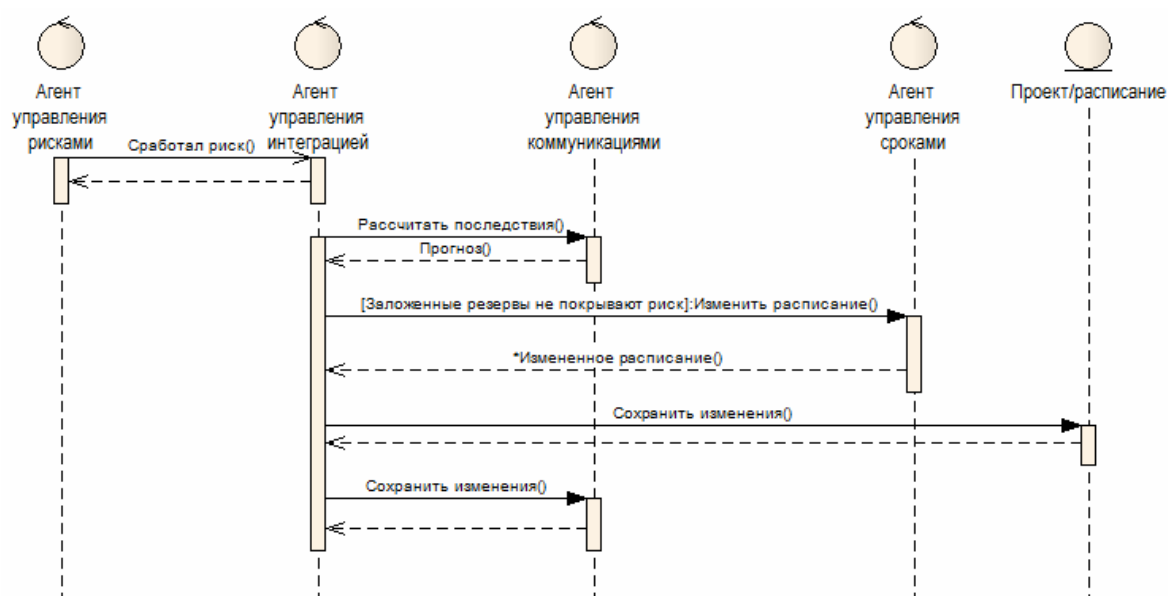


Рис. 5. Схема взаимодействия агентов при реализации факторов риска

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующие выводы.

Применение агентных технологий способно упростить управление проектами. В рамках этих технологий агенты могут использоваться для поддержки менеджера проекта, членов команды разработчиков (консультантов) по принятию решений, мониторингу и координации задач и пр. Для каждого проекта может быть запущен отдельный пул агентов. Разделение функциональных обязанностей между агентами облегчает их дальнейшую модификацию.

Также преимуществом использования агентов является их возможность изменять (адаптировать) своё поведение в условиях изменяющейся среды. В рамках данной работы было рассмотрено лишь часть процессов, связанных с управлением проектами. В дальнейшем предполагается добавление в систему управления проектами новых агентов, увеличение числа функций рассмотренных агентов, усложнение их поведения, добавление им интеллектуальности. При этом указанные изменения не будут нарушать выработанной архитектуры системы управления.

**Список литературы**

1. Бабкина Т. С. Задача составления расписаний: решение на основе многоагентного подхода / Т. С. Бабкина // Бизнес-информатика. – 2008. – № 1. – С. 23–28.
2. ДеМарко Т. Вальсируя с медведями / Т. ДеМарко, Т. Листер. – Компания p.m.Office, 2005. – С. 99–111.
3. ДеМарко Т. Deadline. Роман об управлении проектами / Т. ДеМарко. – Москва : Вершина, 2006.
4. Приходько М. А. Мультиагентные технологии в системах дистанционного обучения / М. А. Приходько // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2011. – № 3. – С. 113–117.
5. Элияху М. Голдратт. Критическая цепь / Элияху М. Голдратт. – Москва : Центр, 2006.
6. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. – 5-th ed. – Project management institute, 2013.
7. Jaime Simao Sichman. Multi-Agent dependence by dependence graphs / Jaime Simao Sichman, Rosaria Conte. – Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=544855> (accessed 15 June 2013).
8. Luck M. Agent technology: Computing as interaction, 2005 / M. Luck, P. McBurney, O. Shehory, S. Willmott. – Available at: <http://www.agentlink.org/roadmap/al3rm.pdf> (accessed 15 June 2013).
9. McConnell S. Complete code / S. McConnell. – Microsoft press, 2012. – P. 456–467.
10. Russell S. J. Artificial Intelligence Modern Approach / S. J. Russell, P. Norvig. – 3-rd ed. – Williams, 2010. – P. 75–90.
11. The Standish Group. Available at: <http://blog.standishgroup.com/> (accessed 15 June 2013).

**References**

1. Babkina T. S. Zadacha sostavleniya raspisaniy: reshenie na osnove mnogoagentnogo podkhoda [Scheduling problem: multi-agent-based approach]. *Biznes-informatika* [Business-informatics], 2008, no. 1, pp. 23–28.
2. DeMarko T., Lister T. *Valsiruya s medvedyami* [Waltzing with Bears]. Company p.m.Office, 2005, pp. 99–111.
3. DeMarko T. *Deadline. Roman ob upravlenii proektami* [Deadline. A novel about project management]. Moscow, Peak, 2006.
4. Prikhodko M. A. Multiagentnye tekhnologii v sistemakh distantsionnogo obucheniya [Multi-agent technologies in distance learning systems]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2011, no. 3, pp. 113–117.
5. Eliyakhu M. Goldratt. *Kriticheskaya tsep* [Critical chain]. Moscow, Center, 2006.
6. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. 5-th ed. Project management institute, 2013.
7. Jaime Simao Sichman, Rosaria Conte. Multi-Agent dependence by dependence graphs. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=544855> (accessed 15 June 2013).
8. Luck M., McBurney P., Shehory O., Willmott S. Agent technology: Computing as interaction, 2005. Available at: <http://www.agentlink.org/roadmap/al3rm.pdf> (accessed 15 June 2013).
9. McConnell S. *Complete code*. Microsoft Press, 2012, pp. 456–467.
10. Russell S. J., Norvig P. *Artificial Intelligence Modern Approach*. 3-rd ed. Williams, 2010, pp. 75–90.
11. The Standish Group. Available at: <http://blog.standishgroup.com/> (accessed 15 June 2013).