

Научная статья

УДК 004.896

<https://doi.org/10.23859/1994-0637-2022-1-106-6>

Проектирование мультиагентной системы разрешения межфункциональных конфликтов на предприятии

Анатолий Николаевич Швецов^{1✉}, Сергей Владимирович Дианов²,
Даниил Сергеевич Дианов³

¹Вологодский государственный университет,
Вологда, Россия,

¹smithv@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-7021-5184>

^{2,3}Вологодский научный центр РАН,
Вологда, Россия,

²dianov.sv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8297-8077>

³daniil.dianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4766-8801>

Аннотация. Авторы статьи рассматривают вопросы формирования подходов к созданию мультиагентных систем, обеспечивающих поддержку принятия решений в процессе возникновения межфункциональных конфликтов на предприятиях на основе анализа информационных потоков. В работе исследуется проблема появления межфункциональных конфликтов, находят отражение авторские подходы к описанию архитектуры мультиагентной системы разрешения данных конфликтов, технология ее проектирования, а также опыт реализации ее прототипа.

Ключевые слова: мультиагентные системы, межфункциональные конфликты, распределенные системы, интеллектуальные системы

Для цитирования: Швецов А. Н., Дианов С. В., Дианов Д. С. Проектирование мультиагентной системы разрешения межфункциональных конфликтов на предприятии // Вестник Череповецкого государственного университета. 2022. № 1 (106). С. 74–89. <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2022-1-106-6>.

Designing a multi-agent system for resolving interfunctional conflicts in an enterprise

Anatoly N. Shvetcov^{1✉}, Sergey V. Dianov², Daniil S. Dianov³

¹Vologda State University,
Vologda, Russia,

¹smithv@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-7021-5184>

^{2,3}Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Vologda, Russia,

²dianov.sv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8297-8077>

³daniil.dianov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4766-8801>

Abstract. The authors consider the approaches to developing multi-agent systems that provide decision support in the processes of interfunctional conflicts in enterprises based on the analysis of information flows. The paper considers the problem of the interfunctional conflicts, presents the approaches developed by the authors to describe the architecture of a multi-agent system for resolving interfunctional conflicts, the technology of its design, as well as the experience of implementing a prototype of a multi-agent system.

Keywords: multi-agent systems, interfunctional conflicts, distributed systems, intelligent systems

For citation: Shvetcov A. N., Dianov S. V., Dianov D. S. Designing a multi-agent system for resolving interfunctional conflicts in an enterprise. *Cherepovets State University Bulletin*, 2022, no. 1 (106), pp. 74–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2022-1-106-6>.

Введение

На крупных предприятиях создается множество подразделений, решающих отдельные задачи в рамках общего производственного процесса. У каждого из них есть свои цели и показатели оценки эффективности деятельности. Преследование подразделениями исключительно собственных целей ведет к возникновению межфункциональных конфликтов¹. Их отрицательная сторона заключается в том, что при высоких показателях эффективности одного отдела может недостаточно хорошо выполняться другая часть важных функций². Как правило, это приводит к снижению эффективности работы предприятия в целом. В качестве примеров сфер, где имеют место подобные противоречия, можно привести следующие:

– оформление продукции – конфликт возникает между отделом маркетинга и транспортным отделом из-за противоречий между предпочтительным для отдела маркетинга новым дизайном оформления продукции и требованиями к транспортировке данного товара;

– формирование сроков доставки – при согласовании временных рамок доставки продукции в конфликт вступают отдел маркетинга и транспортный отдел. Первый пытается добиться наиболее коротких сроков доставки товаров (производитель → склад → потребители) и стремится сохранять высокий уровень сервиса; второй с позиции своего функционального назначения склонен выбирать максимально экономичный маршрут с целью минимизации транспортных издержек³.

Возникновение противоречий между отделами предприятия зависит от таких факторов, как показатели качества работы отделов и связанная с ними система мотивации; осведомленность работников о принципах функционирования смежных отделов предприятия; общий уровень корпоративной культуры сотрудников; степень комплексности решаемых задач; динамичность внешней среды; степень взаимозави-

¹ Карташов Я. П. Конфликт в организации. Москва: Лаборатория книги, 2010. 69 с.

² Виноградов А. Б. Способы согласования позиций участников межфункциональных конфликтов, связанных с логистической деятельностью // *Логистика и управление цепями поставок*. 2013. № 2. С. 23–32.

³ Никифоров В. В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. Москва: ГроссМедиа, 2008. 192 с.; Моисеева Н. К. Экономические основы логистики. Москва: ИНФРА-М, 2008. 528 с.; Бердышев С. Н., Улыбина Ю. Н. Искусство управления складом. Москва: Ай Пи Эр Медиа, 2011. 304 с.

симости отделов; уровень информационного обеспечения выполнения бизнес-задач (недостаточное информационное обеспечение реализации бизнес-задачи, требующей взаимодействия нескольких отделов предприятия, приводит к нарушению коммуникации смежных служб и повышению вероятности появления межфункциональных конфликтов на почве дефицита информации, необходимой для качественного выполнения функций); наличие взаимного доверия между отделами (недоверие порождает неверные представления о деятельности других отделов, что увеличивает шансы возникновения противоречий и конфликтов интересов)¹.

Из-за несогласованности работы подразделений компания может нести внушительные убытки². По этой причине в настоящее время нивелированию межфункциональных конфликтов на предприятиях уделяют особое внимание³. Одним из способов решения данной проблемы является создание автоматизированных интеллектуальных систем, анализирующих информационные потоки, с целью обнаружения возможных межфункциональных конфликтов и обеспечения поддержки принятия решений для их урегулирования. Среди всевозможных подходов к разработке интеллектуальных систем оптимальным вариантом может стать организация мультиагентной системы (далее – МАС). Использование мультиагентного подхода позволит возвращать распределенные системы, гармонично сочетающиеся с функциональной структурой предприятия; своевременно переназначать процессы обработки информации между системными элементами, что приведет к росту ее суммарной производительности; сокращать время реакции на необходимость совершения требуемых действий; ощутимо снижать степень человеческого вмешательства в цикл функционирования системы.

Основной целью данной работы является формирование общих подходов к созданию мультиагентных систем, обеспечивающих поддержку принятия решений по урегулированию межфункциональных конфликтов на предприятиях.

Основная часть

Мультиагентный подход к построению системы для разрешения межфункциональных конфликтов на промышленном предприятии

Для урегулирования межфункциональных конфликтов на предприятии необходимо оперативно выявлять потребности отдельных подразделений и способы их решения. В условиях наличия большого числа незапланированных операций, а также

¹ Майзнер Н. А. Основные причины возникновения межфункциональных конфликтов, связанных с логистикой // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. № 41 (134). С. 44–54.

² Виноградов А. Б. Способы оценки ущерба от межфункциональных конфликтов и несогласованности действий смежных служб организации // Логистика сегодня. 2009. № 6 (36). С. 366–373.

³ Ерастова К. О. Пути совершенствования производственной структуры промышленного предприятия // Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции (г. Новосибирск, 6 октября, 18 ноября, 15 декабря 2016 г.) / под редакцией С. С. Чернова. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2016. С. 131–135.

территориальной распределенности элементов предприятия эффективность системы управления резко снижается. Она не способна с требуемой быстротой реагировать на возникновение определенных ситуаций. В таком случае эффективным решением будет использование мультиагентного подхода¹. Агент – это программная сущность, перед которой поставлены определенные задачи; она способна воспринимать окружающую среду и совершать ряд действий для реализации данных целей². Вместе с тем агенты могут кооперироваться в рамках мультиагентных систем для выполнения общих задач³. Взаимодействующие программные агенты способны быстро реагировать на изменение среды и принимать оперативные решения по идентификации и урегулированию межфункциональных конфликтов.

Применительно к рассматриваемой проблеме задачу построения мультиагентной системы можно определить следующим образом. Известно, что существует несколько агентов со своими персональными целями. При возникновении противоречий по причине реализации целей они вступают в переговоры, которые и должны привести к выработке приемлемого для всех агентов варианта решения. Функционал каждого агента схож и включает сбор и хранение информации о работе отделов предприятия; обработку и анализ полученных сведений; сопоставление аналитических данных с системой задач и внутренних целей программы; общение с другими агентами для нахождения компромиссного или взаимовыгодного решения.

Система управления предприятием характеризуется наличием следующих составляющих:

- организационной – она определяет существующую организационную структуру компании (отделы, участки и т. д);
- функциональной – она обуславливает операционную структуру предприятия (выдача заготовки, изготовление детали и т. п.);

¹ Маркелов В. М. Применение мультиагентных систем для управления логистическими системами // Славянский форум: тезисы докладов VI Международной научно-практической конференции «Математические методы и модели анализа и прогнозирования развития социально-экономических процессов черноморского побережья Болгарии» (г. Святой Влас, 10–14 сентября 2014 г.) / под редакцией В. Я. Цветкова. Москва: ИИУ МГОУ, 2014. С. 82–87; Морозова Ю. А. Мультиагентные системы в логистике: анализ опыта и перспективы // Логистика и управление цепями поставок. 2015. № 2 (67). С. 69–76; Лычкина Н. Н. Применение методов и технологий искусственного интеллекта в цифровых цепях поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2020. № 4 (99). С. 23–29.

² Arcangeli J.-P., Noël V., Migeon F. Software Architectures and Multiagent Systems // Software Architecture 2 / edited by M. C. Oussalah. London; Hoboken: Wiley, 2014. P. 171–207. <https://doi.org/10.1002/9781118945087.ch5>; Безгубова Ю. О. Мультиагентное управление распределенными информационными потоками // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 1 (9). С. 113–119.

³ Шпилевой В. Ф., Скобелев П. О., Симонова Е. В., Царев А. В., Кожевников С. С., Кольбова Э. В., Майоров И. В., Шепилов Я. Ю. Разработка мультиагентной системы «Smart Factory» для оперативного управления ресурсами в режиме реального времени // Управление в социально-экономических системах. 2013. № 6 (67). С. 91–98.

– информационной – она включает данные предприятия (организационные, технологические сведения и др.)¹.

Подразделения предприятия постоянно осуществляют мониторинг своей информационной среды. Основным поставщиком информации служат SCADA-система² и базы данных предприятия, в которых отражаются различные аспекты производственной и иной деятельности.

Источник проявления активности со стороны любого подразделения предприятия – трансформация его информационной среды. Трансформация, представляющая собой повод для совершения действий, должна содержать сведения об объекте управления, свидетельствующие о возникновении ситуации, при которой необходим перевод объекта управления в другое (желательное для элемента организационной структуры) состояние. Появление тех или иных обстоятельств может быть поводом для межфункционального конфликта. Если это происходит, то соответствующее подразделение предприятия инициирует процедуру его разрешения. В целом под ситуацией понимается некий общий тип состояния среды, имеющий вполне конкретные значения основных факторов. Это позволяет говорить о существовании однозначных сценариев действий, выполняемых в ответ на возникновение какой-либо ситуации. При реализации сценариев элементы организационной структуры определяются в совокупности с набором доступных им действий. Данная операция может быть связана с анализом информационной среды.

В ходе выполняемых действий информационная среда подвергается трансформации. Это, в свою очередь, может стать катализатором для запуска цепочки идентификации других сценариев элементами организационной структуры. Данный механизм обеспечивает связанность управленческого цикла.

Функциональное взаимодействие двух подразделений предприятия в каждом конкретном случае несет в себе необходимость для одного из них использовать функционал другого в целях решения задачи по урегулированию конфликтной ситуации. Очевидным условием при таком профессиональном контакте является возможность доступа одного отдела к определенной части информационной среды другого. Подразделение реализует свой функционал с помощью набора сценариев, которые идентифицируются посредством определенного логического вывода. В целом при взаимодействии двух компонентов происходит следующее: компонент-заказчик в результате выполнения своего конкретного сценария порождает или изменяет один или несколько информационных объектов, входящих в информационную среду ком-

¹ Швецов А. Н., Дианов С. В. Применение агентно-ориентированных технологий в проектировании информационных систем организационного управления // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2003. № 4. С. 23–28.

² Тарасов В. Б., Святкина М. Н. Интеллектуальные SCADA-системы: истоки и перспективы // Наука и образование. 2011. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-scada-sistemy-istoki-i-perspektivy/viewer> (дата обращения: 05.04.2021); Рындина А. С. SCADA-системы как средства автоматизирования систем управления // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 7–1. С. 120–124.

понента-исполнителя, а тот по результатам анализа произошедших изменений среды идентифицирует и совершает требуемые действия.

Технология проектирования мультиагентной системы

Технология проектирования МАС базируется на идентификации элементов трехуровневой структуры системы управления предприятием и их взаимосвязей, определении состава агентов и их модели поведения. В основе данной технологии лежит адаптированная методология проектирования мультиагентных интеллектуальных систем (далее – МАИС)¹. Создание МАС включает такие основные этапы, как концептуализация, формализация, разработка архитектуры, программная реализация.

На этапе концептуализации выполняется определение объектов предметной области предприятия и устанавливаются связи между ними. В методологии МАИС объекты предметной области представляются в виде фрейм-концептов. Понятие фрейм-концепта (далее – ФК) включает в себя определение основных атрибутов объекта, его структуры и сценариев поведения применительно к различным условиям среды функционирования системы. Конструкция фрейм-концепта состоит из следующих элементов:

- имя фрейма (далее – ИФ) – уникальный идентификатор, используемый в концептуальной модели предметной области;
- типы фрейма – фрейм-концепт и фрейм-экземпляр;
- информация о применении, содержащая описание возможных ситуаций использования ФК, сценариев поведения, особенностей выбора и т. п.;
- структура сценариев поведения (далее – ССП), описывающая то, как ведут себя соответствующие компоненты предметной области;
- блок выбора сценария, позволяющий формировать альтернативные варианты поведения фрейма;
- структура слотов, представляющая собой совокупность двух структур: структуры концептов (далее – СК) и структуры атрибутов (далее – СА); СК содержит список связанных с данным фрейм-концептом других фрейм-концептов, соответствующих некоторым объектам предметной области; СА – список атрибутов, присущих ФК.

На этапе концептуализации необходимо отобразить структуру и функции системы, а также потоки информации, преобразуемые этими функциями. Здесь идентифицируются основные функциональные и информационные концептуальные единицы предметной области предприятия в их взаимосвязи с существующей организационной структурой.

Определим организационные компоненты МАС в формате ФК. В качестве ИФ используем название соответствующего подразделения. ССП содержит сценарии потенциальных межфункциональных конфликтов, в которых участвует определенное подразделение предприятия. Они отображают функциональные концептуальные единицы предметной области. СК содержит ссылки на ФК объектов информации с

¹ Швецов А. Н. Агентно-ориентированные системы: методологии проектирования. Вологда: Вологодский государственный университет, 2016. 192 с.

типом концептуальных отношений «элемент информационной среды». СА данных ФК будет определяться применительно к каждой конкретной предметной области.

Информационная структура системы соответствует структуре информационных хранилищ предприятия. Она представляется в виде отдельных иерархий, на нижнем уровне которых находятся информационные ФК, являющие собой определенные понятия рассматриваемой предметной области.

Взаимосвязи фрейм-концептов системы определяют ФК-проекцию предметной области.

Этап концептуализации завершается выявлением структуры логических модулей (ФКМ-проекция). В них задаются логические связи между ФК: для ФК, которым свойственно собственное поведение, вводятся логические модули и устанавливаются их связи с остальными ФК системы. Согласно разработанным моделям МАС, поведение системы в целом определяется на уровне элементов организационной структуры. Следовательно, логические связи, обуславливающие поведение системы, в концептуальной модели рассматриваемой предметной области должны позиционироваться на уровне ФК организационной структуры. При этом на уровне каждого элемента определяется количество модулей, равное числу межфункциональных конфликтов, в которых участвует соответствующее подразделение. К ним добавляется модуль идентификации конфликтных ситуаций. Кроме того, каждый из модулей связывается с информационными ФК. Их атрибуты являются элементами, из которых строятся формулы реализации алгоритмов соответствующих сценариев.

На этапе формализации определяется структура моделей поведения агентов. Для этого на уровне логических модулей формируются правила поведения агентов. При составлении содержания логических модулей происходит извлечение и представление знаний. На уровне каждого модуля повторяются этапы концептуализации и формализации в соответствии с установленными для него связями. При необходимости производится дальнейшая декомпозиция объектов, представляемых ФК.

Процесс наполнения внутреннего содержания модулей концептуальных графов непосредственным образом связан с проблемой идентификации и разрешения межфункциональных конфликтов на предприятии. Здесь целесообразно говорить о моделях предметной области, которые создаются экспертами. При этом выделяют следующие основные этапы построения модели предметной области: извлечение знаний, их структурирование и формализация.

Этап извлечения знаний связан с процессом практической реализации внутренних представлений эксперта об исследуемой предметной области (когнитивное пространство) в рамках модели предметной области путем вербализации и фиксации мысленных репрезентаций.

На этапе структурирования знаний на основе анализа полученных на этапе извлечения моделей формируется формализованная модель предметной области, в которой эксплицируются ключевые понятия, отношения и характеристики, необходимые для описания данной предметной области. Применительно к создаваемой МАС работа на этом этапе дополнительно включает соотнесение выделенных понятий с элементами информационной среды и выявление правил построения значимых для

отображения исследуемой предметной области состояний, находящихся отражение в данных элементах. Все ключевые понятия и отношения, введенные на этапе структурирования, выражаются на языке реализации сценариев (процедурные, декларативные и др.).

На основе результатов выполненных этапов концептуализации и формализации определяется архитектура проектируемой МАС, т. е. выявляются состав и взаимосвязи агентов системы.

На заключительном этапе осуществляется программная реализация МАС, для этого выбираются средства реализации и разрабатываются алгоритмы функционирования агентов.

Реализация прототипа мультиагентной системы

Авторами реализован прототип МАС, отражающий основные принципы работы проектируемой системы. В качестве примера решаемой задачи выбрано урегулирование конфликта составления плана производства¹. Конфликтная ситуация возникает между отделом продаж и отделом производства (при участии склада). Ее причиной является то, что отдел продаж стремится как можно быстрее получить товар, чтобы его продать. Для сотрудников данного подразделения план производства – это лишнее время задержки исполнения заказа. Для производства же, наоборот, любые изменения плана крайне нежелательны, поскольку под него уже осуществлены закупки сырья, распределены оборудование и люди, установлена последовательность действий. В результате весьма закономерно возникает конфликт подразделений – отдел продаж считает, что производство должно делать то, что они продают, а производство – что продажи должны реализовывать то, что производится. При этом требуется учитывать интересы и возможности склада по хранению готовой продукции в необходимый промежуток времени.

Проектирование прототипа МАС осуществлено в соответствии с представленной выше технологией проектирования. Разработанная FKM-проекция показана на рис. 1.

¹ Бухвалов О. Л., Городецкий В. И., Карсаев О. В., Кудрявцев Г. И., Самойлов В. В. Производственная логистика: стратегическое планирование, прогнозирование и управление конфликтами // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2012. № 3 (128). С. 209–218; Алтухова М. В. Разработка годового плана производства продукции // Справочник экономиста. 2012. № 4. URL: http://www.profiz.ru/se/4_2012/godovoj_plan/ (дата обращения: 05.04.2021); Акимова Е. В. Планирование производства – путь к успешному бизнесу // Планово-экономический отдел. 2016. № 5. URL: https://www.profiz.ru/peo/5_2016/planirovanie_proizvodstva/ (дата обращения: 05.04.2021); Яковлев А. В. Управление производством: планирование и диспетчеризация. Москва: ООО «1С-Паблишинг», 2018. 219 с.



Рис. 1. FKM-проекция

На основании полученной FKM-проекции была осуществлена программная реализация. В качестве инструментов реализации информационных фрейм-концептов использована реляционная база данных SQLite¹ под управлением ORM фреймворка SQLAlchemy², написанного на языке Python. На основе соответствующих информационных фрейм-концептов нами сформированы четыре таблицы (см. рис. 2).

¹ Шаякбаров Н. Ф., Зорин Д. С. Анализ производительности систем управления базами данных при работе с большим объемом информации // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2, ч. 2. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_82_shayakbarov.pdf_e69e73bceb.pdf (дата обращения: 05.04.2021); Васильева К. Н., Хусаинова Г. Я. Реляционные базы данных // Colloquium-journal. 2020. № 2 (54). С. 60–61. URL: <https://clck.ru/ZRrX5> (дата обращения: 05.04.2021).

² Неустроев А. В. Использование в фреймворке Flask библиотеки SQLAlchemy // Наука и образование сегодня. 2016. № 10 (11). С. 21–23; Copeland R. Essential SQLAlchemy. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2008. 240 p.

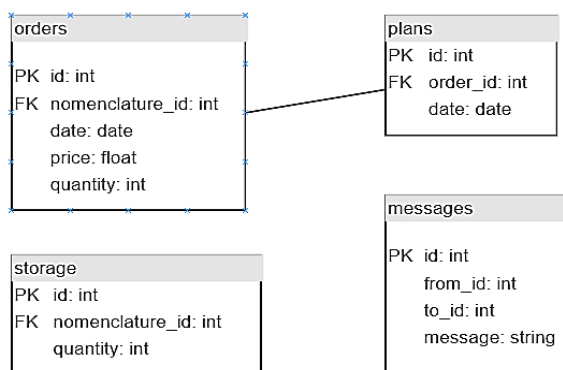


Рис. 2. Структура таблиц базы данных

В соответствии со спроектированными организационными фрейм-концептами были созданы три агента: агент отдела продаж, агент отдела производства и агент склада. В качестве инструмента их реализации нами выбран язык общего назначения Python.

В рамках создания агента отдела продаж были реализованы следующие функции:

- 1) получение списка незапланированных заказов – из базы данных запрашивается список заказов, ссылок на которые нет в таблице плана производства;
- 2) создание заказа – новый заказ заносится в соответствующую таблицу базы данных. В качестве входных параметров выступают идентификатор товара, цена товара и его количество. Функция возвращает идентификатор созданного заказа;
- 3) отправка запроса на добавление заказа в план производства – формирует запрос на добавление заказа в план производства и помещает его в таблицу базы данных, хранящую сообщения;
- 4) проверка наличия новых сообщений – функция проверяет таблицу сообщений и возвращает все новые сообщения, адресованные отделу продаж;
- 5) чтение сообщения – функция читает сообщение и запускает соответствующий инструмент (в зависимости от содержания сообщения). В качестве входного аргумента принимается объект сообщения;
- 6) дробление заказа – незапланированный заказ делится на несколько частей, исходя из входного параметра – максимального размера партии товара в заказе;
- 7) получение списка неприоритетных запланированных заказов – возвращает список запланированных заказов, который отсортирован по количеству прибыли;
- 8) запрос на пересмотр плана производства – добавляет запрос, адресованный отделу производства, в таблицу сообщений. В запросе содержится идентификатор незапланированного заказа и запланированного заказа, которым возможно пожертвовать ради сокращения сроков выполнения;
- 9) создание сообщения о согласовании плана производства – в таблицу сообщений добавляется запись, адресованная отделу производства, о согласовании включения заказа в план производства.

В рамках создания агента отдела производства были реализованы следующие функции:

- 1) проверка наличия новых сообщений – функция проверяет таблицу сообщений и возвращает все новые сообщения, адресованные отделу производства;
- 2) чтение сообщения – функция читает сообщение и запускает соответствующий инструмент (в зависимости от содержания сообщения). В качестве входного аргумента принимается объект сообщения;
- 3) запрос доступного места на складе – в таблицу сообщений добавляется запрос, адресованный складу, о количестве свободного места для размещения заданного товара;
- 4) формирование ответа отделу продаж о сроках и статусе выполнения заказа;
- 5) вычисление измененного плана производства – рассчитываются сроки исполнения заказа, исходя из указанного идентификатора, а также идентификатора заказа, которым отдел продаж готов пожертвовать. В результате отделу продаж направляется сообщение о новых сроках выполнения;
- 6) изменение плана производства – на основе новых соглашений с отделом продаж формируется план производства;
- 7) добавление незапланированного заказа в план производства.

В рамках создания агента склада были реализованы следующие функции:

- 1) проверка наличия новых сообщений – функция проверяет таблицу сообщений и возвращает все новые сообщения, адресованные складу;
- 2) чтение сообщения – функция читает сообщение и запускает соответствующий инструмент (в зависимости от содержания сообщения). В качестве входного аргумента принимается объект сообщения;
- 3) информирование отдела производства о том, какое количество товара можно разместить.

Мы провели полнофункциональный тест работы системы, заключающийся в создании конфликтной ситуации и наблюдении за ее разрешением. Консольный вывод, демонстрирующий работу прототипа МАС, представлен на рис. 3.

```
Добавлен новый заказ: Order(id=1, date=2020-06-22, nomenclature_id=1,  
price=2.0, quantity=3)  
Отправлено сообщение from sales to production: {"action": "add_to_plan",  
"order_id": 1}  
Отправлено сообщение from production to storage: {"action": "volume_request",  
"order_id": 1}  
Отправлено сообщение from storage to production: {"action": "volume_response",  
"nomenclature": 1, "volume": 3}  
Отправлено сообщение from production to sales: {"action":  
"add_to_plan_response", "order_id": 1, "date": "21.06.2020", "quantity": 3}  
Отправлено сообщение from sales to production: {"action": "apply_add_to_plan",  
"order_id": 1}
```

Рис. 3. Консольный вывод, демонстрирующий работу прототипа МАС

Выводы

В ходе работы нами были получены следующие основные результаты:

– проведен анализ способов урегулирования межфункциональных конфликтов. Его итоги свидетельствуют о том, что на современном этапе развития производственных систем необходимо использование автоматизированных средств для решения данных задач. Показана эффективность применения мультиагентного подхода, позволяющего создавать автоматизированную систему для оперативного планирования распределения ресурсов в соответствии с динамически изменяющимися требованиями рынка;

– выстроена общая архитектура мультиагентной системы разрешения межфункциональных конфликтов на производственном предприятии. Она основана на выделении организационной, функциональной и информационной составляющих предметной области;

– разработаны общие подходы к созданию мультиагентной системы разрешения межфункциональных конфликтов, базирующиеся на теории мультиагентных интеллектуальных систем. В соответствии с данной теорией определены методы концептуализации и формализации предметной области;

– на основе предложенных подходов осуществлена программная реализация прототипа мультиагентной системы урегулирования конфликта составления плана производства на языке Python. Проведено тестирование функционирования указанного прототипа.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

– при создании автоматизированной системы разрешения межфункциональных конфликтов на производственном предприятии использован мультиагентный подход;

– разработана архитектура данной МАС, основанная на выделении организационной, функциональной и информационной составляющих;

– определены подходы к созданию мультиагентной системы урегулирования межфункциональных конфликтов на производственном предприятии, в основе которых лежит интерпретация теории МАИС под рассматриваемую предметную область;

– на основе предложенных подходов осуществлена практическая реализация прототипа данной МАС.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что использование выбранных подходов позволит создавать автоматизированные системы, благодаря которым появится возможность эффективно решать межфункциональные конфликты, затрагивающие логистическую систему современных промышленных предприятий, на основе анализа оперативной информации.

Список источников

Акимова Е. В. Планирование производства – путь к успешному бизнесу // Планово-экономический отдел. 2016. № 5. URL: https://www.profiz.ru/peo/5_2016/planirovanie_proizvodstva/ (дата обращения: 05.04.2021).

Алтухова М. В. Разработка годового плана производства продукции // Справочник эконо-

миста. 2012. № 4. URL: http://www.profiz.ru/se/4_2012/godovoj_plan/ (дата обращения: 05.04.2021).

Безгубова Ю. О. Мультиагентное управление распределенными информационными потоками // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 1 (9). С. 113–119.

Бердышев С. Н., Улыбина Ю. Н. Искусство управления складом. Москва: Ай Пи Эр Медиа, 2011. 304 с.

Бухвалов О. Л., Городецкий В. И., Карсаев О. В., Кудрявцев Г. И., Самойлов В. В. Производственная логистика: стратегическое планирование, прогнозирование и управление конфликтами // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2012. № 3 (128). С. 209–218.

Васильева К. Н., Хусаинова Г. Я. Реляционные базы данных // Colloquium-journal. 2020. № 2 (54). С. 60–61. URL: <https://clck.ru/ZRxxX5> (дата обращения: 05.04.2021).

Виноградов А. Б. Способы оценки ущерба от межфункциональных конфликтов и несогласованности действий смежных служб организации // Логистика сегодня. 2009. № 6 (36). С. 366–373.

Виноградов А. Б. Способы согласования позиций участников межфункциональных конфликтов, связанных с логистической деятельностью // Логистика и управление цепями поставок. 2013. № 2. С. 23–32.

Ерастова К. О. Пути совершенствования производственной структуры промышленного предприятия // Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции (г. Новосибирск, 6 октября, 18 ноября, 15 декабря 2016 г.) / под редакцией С. С. Чернова. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2016. С. 131–135.

Карташов Я. П. Конфликт в организации. Москва: Лаборатория книги, 2010. 69 с.

Лычкина Н. Н. Применение методов и технологий искусственного интеллекта в цифровых цепях поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2020. № 4 (99). С. 23–29.

Майзнер Н. А. Основные причины возникновения межфункциональных конфликтов, связанных с логистикой // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. № 41 (134). С. 44–54.

Маркелов В. М. Применение мультиагентных систем для управления логистическими системами // Славянский форум: тезисы докладов VI Международной научно-практической конференции «Математические методы и модели анализа и прогнозирования развития социально-экономических процессов черноморского побережья Болгарии» (г. Святой Влас, 10–14 сентября 2014 г.) / под редакцией В. Я. Цветкова. Москва: ИИУ МГОУ, 2014. С. 82–87.

Моисеева Н. К. Экономические основы логистики. Москва: ИНФРА-М, 2008. 528 с.

Морозова Ю. А. Мультиагентные системы в логистике: анализ опыта и перспективы // Логистика и управление цепями поставок. 2015. № 2 (67). С. 69–76.

Неустроев А. В. Использование в фреймворке Flask библиотеки SQLAlchemy // Наука и образование сегодня. 2016. № 10 (11). С. 21–23.

Никифоров В. В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. Москва: ГроссМедиа, 2008. 192 с.

Рындина А. С. SCADA-системы как средства автоматизирования систем управления // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 7–1. С. 120–124.

Тарасов В. Б., Святкина М. Н. Интеллектуальные SCADA-системы: истоки и перспективы // Наука и образование. 2011. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-scada-sistemy-istoki-i-perspektivy/viewer> (дата обращения: 05.04.2021).

Шаякбаров Н. Ф., Зорин Д. С. Анализ производительности систем управления базами данных при работе с большим объемом информации // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2, ч. 2.

URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_82_shayakbarov.pdf_e69e73bceb.pdf (дата обращения: 05.04.2021).

Швецов А. Н. Агентно-ориентированные системы: методологии проектирования. Вологда: Вологодский государственный университет, 2016. 192 с.

Швецов А. Н., Дианов С. В. Применение агентно-ориентированных технологий в проектировании информационных систем организационного управления // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2003. № 4. С. 23–28.

Шпилевой В. Ф., Скобелев П. О., Симонова Е. В., Царев А. В., Кожевников С. С., Кольбова Э. В., Майоров И. В., Шпилов Я. Ю. Разработка мультиагентной системы «Smart Factory» для оперативного управления ресурсами в режиме реального времени // Управление в социально-экономических системах. 2013. № 6 (67). С. 91–98.

Яковлев А. В. Управление производством: планирование и диспетчеризация. Москва: ООО «1С-Публишинг», 2018. 219 с.

Arcangeli J.-P., Noël V., Migeon F. Software Architectures and Multiagent Systems // Software Architecture 2 / edited by M. C. Oussalah. London; Hoboken: Wiley, 2014. P. 171–207. <https://doi.org/10.1002/9781118945087.ch5>.

Copeland R. Essential SQLAlchemy. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2008. 240 p.

References

Akimova E. V. Planirovanie proizvodstva – put' k uspešnomu biznesu [Production planning is the path to successful business]. *Planovo-ekonomicheskii otdel* [Planning and Economic Department], 2016, no. 5. Available at: https://www.profiz.ru/peo/5_2016/planirovanie_proizvodstva/ (accessed: 05.04.2021).

Altukhova M. V. Razrabotka godovogo plana proizvodstva produktsii [Development of the annual production plan]. *Spravochnik ekonomista* [Economist's Handbook], 2012, no. 4. Available at: http://www.profiz.ru/se/4_2012/godovoj_plan/ (accessed: 05.04.2021).

Bezgubova Iu. O. Mul'tiagentnoe upravlenie raspredelennymi informatsionnymi potokami [Methodology temporal analysis of information systems]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii* [Educational Resources and Technologies], 2015, no. 1 (9), pp. 113–119.

Berdyshev S. N., Ulybina Iu. N. *Iskusstvo upravleniia skladom* [The art of warehouse management]. Moscow: Ai Pi Er Media, 2011. 304 p.

Bukhvalov O. L., Gorodetskii V. I., Karsaev O. V., Kudriavtsev G. I., Samoilov V. V. Proizvodstvennaia logistika: strategicheskoe planirovanie, prognozirovaniye i upravlenie konfliktami [Production logistics: strategic planning, prediction and conflict management]. *Izvestiia Iuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering sciences], 2012, no. 3 (128), pp. 209–218.

Vasil'eva K. N., Khusainova G. Ia. Reliatsionnye bazy dannykh [Relational database]. *Colloquium-journal* [Colloquium-journal], 2020, no. 2 (54), pp. 60–61. Available at: <https://clck.ru/ZRxx5> (accessed: 05.04.2021).

Vinogradov A. B. Sposoby otsenki ushcherba ot mezhfunktsional'nykh konfliktov i nesoglasovannosti deistvii smezhnykh sluzhb organizatsii [Ways to assess the damages from cross-functional conflicts and lack of coordination among related services of the organization]. *Logistika segodnia* [Logistics today], 2009, no. 6 (36), pp. 366–373.

Vinogradov A. B. Sposoby soglasovaniia pozitsii uchastnikov mezhfunktsional'nykh konfliktov, svyazannykh s logisticheskoi deiatel'nost'iu [Ways to coordinate the positions of participants in cross-functional conflicts related to logistics activities]. *Logistika i upravlenie tsepiami postavok* [Logistics and supply chain management], 2013, no. 2, pp. 23–32.

Erastova K. O. Puti sovershenstvovaniia proizvodstvennoi struktury promyshlennogo predpriiatiia [Ways to improve the production structure in an industrial enterprise]. *Proizvodstvennyi menedzhment: teoriia, metodologiia, praktika: sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Novosibirsk, 6 oktiabria, 18 noiabria, 15 dekabria 2016 g.)* [Production management: theory, methodology, practice: Proceedings of the VIII International research and practice conference (Novosibirsk, October 6, November 18, December 15, 2016); ed. by S. S. Chernov]. Novosibirsk: Izdatel'stvo TsRNS, 2016, pp. 131–135.

Kartashov Ia. P. *Konflikt v organizatsii* [Conflict in the organization]. Moscow: Laboratoriia knigi, 2010. 69 p.

Lychkina N. N. Primenenie metodov i tekhnologii iskusstvennogo intellekta v tsifrovyykh tsepiakh postavok [Application of artificial intelligence methods and technologies in digital supply chains]. *Logistika i upravlenie tsepiami postavok* [Logistics and supply chain management], 2020, no. 4 (99), pp. 23–29.

Maizner N. A. Osnovnye prichiny vozniknoveniia mezhfunktional'nykh konfliktov, svyazannykh s logistikoi [The main causes of cross-functional conflicts related to logistics]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security], 2011, no. 41 (134), pp. 44–54.

Markelov V. M. Primenenie mul'tiagentnykh sistem dlia upravleniia logisticheskimi sistemami [Application of multiagent systems for the management of logistics systems]. *Slavianskii forum: tezisy dokladov VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Matematicheskie metody i modeli analiza i prognozirovaniia razvitiia sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov chernomorskogo poberezh'ia Bolgarii"* (g. Sviatoi Vlas, 10–14 sentiabria 2014 g.) [Slavic Forum: Proceedings of the VI International research and practice conference "Mathematical methods and models for the analysis and prediction of developing socio-economic processes of the Black Sea coast in Bulgaria" (Saint Vlas, September 10–14, 2014); ed. by V. Ia. Tsvetkov]. Moscow: IIU MGOU, 2014, pp. 82–87.

Moiseeva N. K. *Ekonomicheskie osnovy logistiki* [Economic fundamentals of logistics]. Moscow: INFRA-M, 2008. 528 p.

Morozova Iu. A. Mul'tiagentnye sistemy v logistike: analiz opyta i perspektivy [Multiagent systems in logistics: analysis of experience and prospects]. *Logistika i upravlenie tsepiami postavok* [Logistics and supply chain management], 2015, no. 2 (67), pp. 69–76.

Neustroev A. V. Ispol'zovanie v freimvorke Flask biblioteki SQLAlchemy [Using the SQLAlchemy library in the Flask framework]. *Nauka i obrazovanie segodnia* [Science and education today], 2016, no. 10 (11), pp. 21–23.

Nikiforov V. V. *Logistika. Transport i sklad v tsepi postavok* [Logistics. Transportation and warehouse in the supply chain]. Moscow: GrossMedia, 2008. 192 p.

Ryndina A. S. SCADA-sistemy kak sredstva avtomatizirovaniia sistem upravleniia [SCADA-systems as a means of automating control systems]. *Sovremennye tendentsii razvitiia nauki i tekhnologii* [Modern trends in the development of science and technology], 2016, no. 7–1, pp. 120–124.

Tarasov V. B., Sviatkina M. N. Intellektual'nye SCADA-sistemy: istoki i perspektivy [Intelligent SCADA systems: origins and perspectives]. *Nauka i obrazovanie* [Science and Education], 2011, no. 10. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-scada-sistemy-istoki-i-perspektivy/viewer> (accessed: 05.04.2021).

Shaiakbarov N. F., Zorin D. S. Analiz proizvoditel'nosti sistem upravleniia bazami dannykh pri rabote s bol'shim ob'emom informatsii [Analyzing database management performance with large amounts of information]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2015, no. 2, part 2. Available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_82_shayakbarov.pdf_e69e73bceb.pdf (accessed: 05.04.2021).

Shvetsov A. N. *Agentno-orientirovannye sistemy: metodologii proektirovaniia* [Agent-oriented

systems: design methodologies]. Vologda: Vologodskii gosudarstvennyi universitet, 2016. 192 p.

Shvetsov A. N., Dianov S. V. Primenenie agentno-orientirovannykh tekhnologii v proektirovanii informatsionnykh sistem organizatsionnogo upravleniia [Application of agent-oriented technologies in the design of organizational management information systems]. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information technology of CAD/CAM/CAE], 2003, no. 4, pp. 23–28.

Shpilevoi V. F., Skobelev P. O., Simonova E. V., Tsarev A. V., Kozhevnikov S. S., Kol'bova E. V., Maiorov I. V., Shepilov Ia. Iu. Razrabotka mul'tiagentnoi sistemy "Smart Factory" dlia operativnogo upravleniia resursami v rezhime real'nogo vremeni [Development of the multi-agent system "Smart Factory" for operative resource management in real time]. *Upravlenie v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh* [Management in economic and social systems], 2013, no. 6 (67), pp. 91–98.

Iakovlev A. V. *Upravlenie proizvodstvom: planirovanie i dispetcherizatsiia* [Production management: planning and dispatching]. Moscow: ООО "1S-Publishing", 2018. 219 p.

Arcangeli J.-P., Noël V., Migeon F. Software Architectures and Multiagent Systems. *Software Architecture 2*; ed. by M. C. Oussalah. London; Hoboken: Wiley, 2014, pp. 171–207. <https://doi.org/10.1002/9781118945087.ch5>.

Copeland R. *Essential SQLAlchemy*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2008. 240 p.

Сведения об авторах

Анатолий Николаевич Швецов – доктор технических наук, профессор; <https://orcid.org/0000-0002-7021-5184>, smithv@mail.ru, Вологодский государственный университет (д. 15, ул. Ленина, 160000 г. Вологда, Россия); **Anatoly N. Shvetsov** – Doctor of Technical Sciences, Professor; <https://orcid.org/0000-0002-7021-5184>, smithv@mail.ru, Vologda State University (15, ul. Lenina, 160000 Vologda, Russia).

Сергей Владимирович Дианов – кандидат технических наук; <https://orcid.org/0000-0001-8297-8077>, dianov.sv@mail.ru, Вологодский научный центр РАН (д. 56а, ул. Горького, 160014 г. Вологда, Россия); **Sergey V. Dianov** – Candidate of Technical Sciences; <https://orcid.org/0000-0001-8297-8077>, dianov.sv@mail.ru, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (56a, ul. Gorkogo, 160014 Vologda, Russia).

Даниил Сергеевич Дианов – аспирант; <https://orcid.org/0000-0003-4766-8801>, daniil.dianov@gmail.com, Вологодский научный центр РАН (д. 56а, ул. Горького, 160014 г. Вологда, Россия); **Daniil S. Dianov** – Postgraduate student; <https://orcid.org/0000-0003-4766-8801>, daniil.dianov@gmail.com, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (56a, ul. Gorkogo, 160014 Vologda, Russia).

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.05.2021; одобрена после рецензирования 29.09.2021; принята к публикации 06.10.2021.

The article was submitted 17.05.2021; Approved after reviewing 29.09.2021; Accepted for publication 06.10.2021.