

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-831-841

MULTI-AGENT MODEL OF THE INTEGRATED SHIP CONTROL SYSTEM

Y. M. Iskanderov¹, V. D. Gaskarov², V. I. Doroshenko²

¹ — St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), St. Petersburg, Russian Federation

² — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russian Federation

In modern conditions, integrated automation of management is a promising and economically profitable direction of its development, and the intellectualization of management is becoming increasingly important. The construction of an integrated ship control system with a single control, carried out from an integrated central control post - the navigator's automated workplace in the ship's wheelhouse is a major urgent problem. To solve this problem, it is proposed to use a model of a distributed architecture system based on multi-agent technologies, the principle of which is based on the decomposition of the general task into a number of local tasks assigned to the agents of the system, the distribution of these tasks between agents, the planning of collective behavior of agents, coordination of agent interaction based on cooperation, reconfiguration, communication and conflict resolution.

A number of problems solved by an integrated ship control system is identified in the paper and the implementation of multi-agent technology using the processes of a ship's motion control system is considered as an example. The structure of the knowledge base of a multi-agent ship motion control system is presented. A knowledge base management system the key elements or the main agents of which are the coordinator of software agents, the ontology manager, and the communicator of software agents, is presented. The general scheme of the organization of interaction of agent platforms in the ship movement management is presented. The principles on the basis of which a multi-agent system for controlling the ship movement should be created are formulated. It is noted that it is advisable to use a model developed based on the requirements of the Federation of Intelligent Physical Agents, the standard that governs the development of multi-agent systems, and also defines the logical model of the agent platform and a set of services as the base model of the class of intelligent agent. It is proposed that further research will be directed to the formation of many ontologies that make up the knowledge base of the integrated ship control system, the construction of a relevant knowledge base management system that implements effective interaction of the main agents, as well as to the development of agent platforms that provide solutions to the ship control tasks.

Keywords: ship, integrated control system, motion control, multi-agent technology, multi-agent system, software agent, agent platform, knowledge base, ontology, decisions support.

For citation:

Iskanderov, Yurii M., Vagiz D. Gaskarov, and Viktor I. Doroshenko. "Multi-agent model of the integrated ship control system." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.5 (2019): 831–841. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-831-841.

УДК 004.89: 656.078

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

Ю. М. Искандеров¹, В. Д. Гаскаров², В. И. Дорошенко²

¹ — Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассмотрена комплексная автоматизация управления, являющаяся перспективным и экономически выгодным направлением развития с учетом того, что интеллектуализация управления приобретает все большее значение. Подчеркивается, что построение интегрированной системы управления судном с единым управлением, осуществляемым с комплексного центрального поста управления — ав-

томатизированного рабочего места судоводителя в ходовой рубке судна, является важнейшей актуальной проблемой. Для решения данной проблемы предлагается использовать модель системы с распределенной архитектурой на основе мультиагентных технологий, принцип действия которых основан на декомпозиции общей задачи на ряд локальных задач, возлагаемых на агентов системы, разделении этих задач между агентами, планировании коллективного поведения агентов, координации взаимодействия агентов на основе кооперации, реконфигурации, коммуникации и разрешении конфликтных ситуаций. Выделен ряд задач, решаемых интегрированной системой управления судном, и рассмотрена реализация мультиагентной технологии на примере процессов функционирования системы управления движением судна. Приведена структура базы знаний мультиагентной системы управления движением судна. Представлена система управления базы знаний, ключевыми элементами которой (главными агентами) являются: координатор программных агентов, менеджер онтологий и коммуникатор программных агентов. Представлена общая схема организации взаимодействия агентных платформ при управлении движением судна. Сформулированы принципы, на основании которых должна создаваться мультиагентная система управления движением судна. Отмечается, что в качестве базовой модели класса интеллектуального агента целесообразно использовать модель, разработанную на основе требований Federation of Intelligent Physical Agents — стандарта, регулирующего создание мультиагентных систем, а также определяющего логическую модель агентной платформы и набор служб. Предлагается направить дальнейшие исследования на формирование множества онтологий, составляющих базу знаний интегрированной системы управления судном, построение релевантной системы управления базы знаний, реализующей эффективное взаимодействие главных агентов, а также на разработку агентных платформ, обеспечивающих решение задач управления судном.

Ключевые слова: судно, интегрированная система управления, управление движением, мультиагентная технология, мультиагентная система, программный агент, агентная платформа, база знаний, онтология, принятие решений.

Для цитирования:

Искандеров Ю. М. Мультиагентная модель интегрированной системы управления судном / Ю. М. Искандеров, В. Д. Гаскаров, В. И. Дорошенко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 5. — С. 831–841. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-831-841.

Введение (Introduction)

Ключевым элементом в решении проблемы обеспечения эффективного управления судном является информационная инфраструктура, основанная на использовании достижений современных информационных технологий. Релевантная информация для таких структур является фактором, обеспечивающим выработку оптимальной стратегии управления. В связи с ростом сложности существующая структура управления не обеспечивает функционирование единого информационного пространства. Получение и переработка оперативной, полной и достоверной информации о состоянии судна затруднены вследствие невысокого уровня использования новых информационных технологий. Кроме того, существующие модели не позволяют в полной мере с достаточной степенью адекватности представить и оценить процессы управления судна с учетом таких особенностей, как огромное количество разнородных элементов и связей между ними, влияние природных и других условий и др.

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к построению интегрированной системы управления судном (ИСУС) с единым управлением, осуществляемым с комплексного центрального поста управления — автоматизированного рабочего места судоводителя в ходовой рубке судна [1]. При этом часть задач, ранее решаемых на нижних уровнях иерархической структуры, поступает на верхний уровень, что чрезмерно увеличивает концентрацию задач автоматизированного рабочего места оставшихся судовых специалистов. В то же время усложняются и сами задачи, решаемые на судне. Например, особое положение среди судовых автоматических систем занимают системы управления движением, для которых управляемым объектом является судно в целом [2].

Автоматическое управление движением существенно повышает качество эксплуатации судна, позволяя при этом сокращать численность экипажа. Однако сокращение численности экипа-

жа приводит как к уменьшению общего потенциала знаний, накопленных интеллектом судовых специалистов, так и к перегрузке специалистов на верхних уровнях управления. Для достижения эффективного управления движением судна необходимо решение множества прикладных задач, включающих вопросы организации оптимального пути передачи сообщений и рационального использования ресурсов в процессе эксплуатации судна. Решение этих задач осуществляется системой управления путем контроля и наблюдения за соответствующими ее параметрами, ресурсами и изменением их в соответствии с заданными алгоритмами и программами. Система управления имеет свою внутреннюю архитектуру и ряд подсистем. В ней можно выделить две основные части: систему принятия и систему исполнения решений. Образно говоря, первая часть — это «мозг системы», ее интеллектуальная основа, реализуемая в виде операционной системы, вторая часть — ее «опорно-двигательный механизм», реализуемый в виде программно-технических средств технической эксплуатации. В свою очередь, в технической эксплуатации выделяют следующие подсистемы: контроля, измерений и резервирования, расчетов и др.

На уровне организационного управления осуществляется анализ состояния управления движением и выработка вариантов решения на этапах оперативного управления и планирования. К задачам технологического управления относятся задачи сбора и первичной обработки информации, доведения и реализации управляющих воздействий на исполнительные средства. При решении указанных задач, кроме требований, предъявляемых к оперативности, достоверности и надежности, к процессу автоматизированного управления предъявляются жесткие требования, учитывающие такие особенности управления движением судна, как сложность, большая размерность, территориальная распределенность, динамичность структуры [2]. Это общее понимание роли системы управления, ее взаимосвязи с инфотелекоммуникациями и технической эксплуатацией в последние годы получило новое развитие [3]–[8].

Для поддержания единого информационного пространства система управления движением должна обеспечивать взаимодействие с другими инфотелекоммуникационными системами, использующими различные телекоммуникационные, коммутационные, сетевые и информационные технологии. Все это резко усложняет решение вопросов контроля и управления движением судна. Таким образом, в современных условиях комплексная автоматизация управления является перспективным и экономически выгодным направлением ее развития, причем все большее значение приобретает интеллектуализация управления.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Известно, что особенностями управления судном являются иерархически-сетевой принцип организации управления и влияние различных факторов на качество его функционирования. В связи с этим развитие инфотелекоммуникационной инфраструктуры требует новых принципов построения информационных систем. Такими новыми принципами должны стать принципы распределенных способов обработки информации. Решением этой проблемы может быть использование систем с распределенной архитектурой на основе мультиагентных технологий [9]–[14]. Принцип действия мультиагентных управляющих систем основан на декомпозиции общей задачи на ряд локальных задач, возлагаемых на агентов системы, распределении этих задач между агентами, планировании коллективного поведения агентов, координации взаимодействия агентов на основе кооперации, реконфигурации, коммуникации и разрешения конфликтных ситуаций.

Особенность мультиагентных систем состоит в использовании *онтологий* — специализированных баз знаний о предметной области, используемых в процессе работы агентов. Онтология описывает классы объектов (например, ресурсы, проекты, задачи, заказы и планы) и их атрибуты, отношения и процессы. Отделяя знания о предметной области от системного кода, она не только позволяет вносить изменения в систему специалистам, не имеющим навыков программирования, но и дает возможность вносить эти изменения «на лету», без прерывания работы системы. Знания, содержащиеся в онтологии, используются программными агентами в процессе

переговоров и принятия решений. Именно умение пользоваться знаниями, описанными в онтологии, делает программных агентов интеллектуальными агентами.

Преимущество мультиагентных технологий заключается в принципиально новом методе решения задач. В отличие от классического способа, когда выполняется поиск некоторого четко определенного (детерминированного) алгоритма, позволяющего найти наилучшее решение проблемы, реализация мультиагентных технологий дает возможность получать решение автоматически в результате взаимодействия множества самостоятельных целенаправленных программных модулей — агентов. Программный агент (ПА) — ключевой элемент мультиагентных систем, который представляет собой специальный объект, способный анализировать ситуацию, принимать решения, коммуницировать с другими агентами, вести переговоры друг с другом для разрешения возникающих конфликтов и затем информировать систему и пользователя о результатах своих действий.

Обычно агент обладает следующими свойствами:

- *адаптивностью* — способностью к обучению;
- *автономностью* — способностью работы в качестве самостоятельной программы, ставя при этом цели и выполняя действия для их достижения;
- *коллаборативностью* — возможностью взаимодействия с другими агентами несколькими способами, например, играя роль поставщика / потребителя информации или одновременно обе эти роли;
- *способностью к рассуждениям* — наличием частичных знаний или механизмов вывода (например, знаний, как приводить данные из различных источников к одному виду);
- *коммуникабельностью* — способностью общения с другими агентами;
- *мобильностью* — способностью к передаче кода с одного сервера на другой.

На ИСУС возлагается реализация комплекса задач [15], в том числе:

- подготовка судна к выходу в море;
- подготовка экипажа к выходу в море;
- управление движением судна;
- поддержка принятия решений в различных ситуациях.

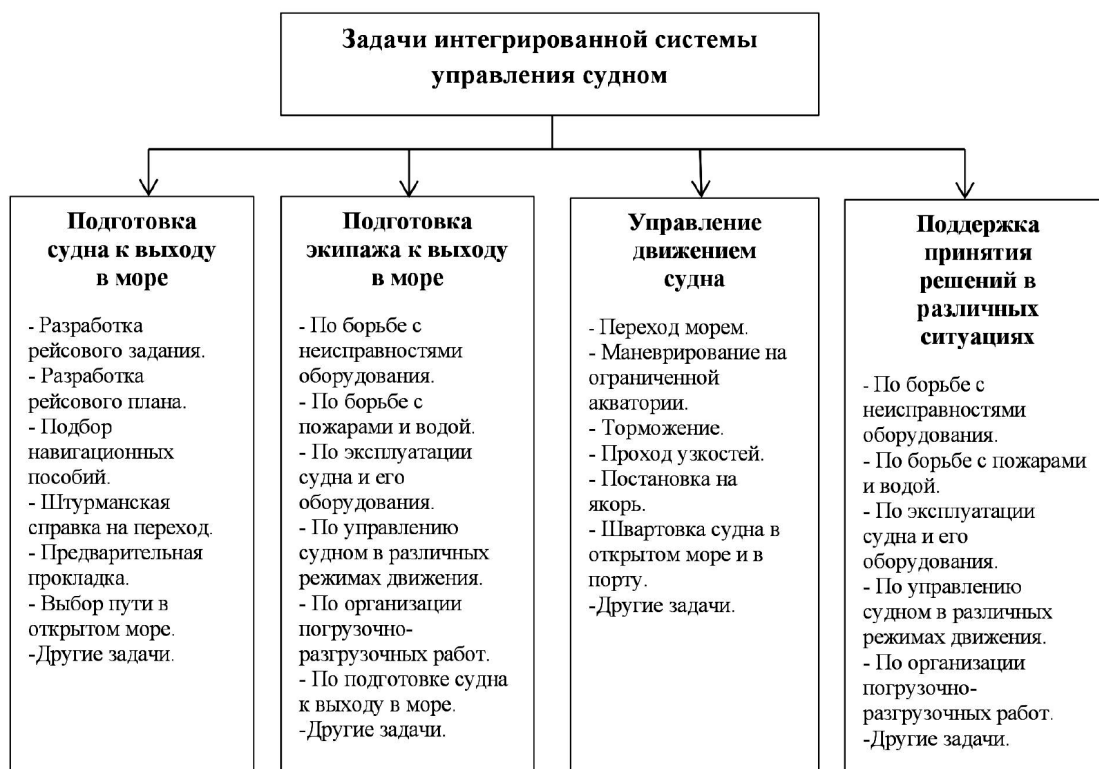


Рис. 1. Задачи, решаемые интегрированной системой управления судном

Содержательная структура указанных задач представлена на рис. 1. Очевидно, что выполнение такого значительного объема работ требует наличия соответствующих информационных ресурсов. Причем эти ресурсы должны быть организованы вполне определенным образом, чтобы обеспечить эффективность и качество функционирования ИСУС, что является чрезвычайно сложной задачей.

Рассмотрим реализацию мультиагентной технологии процессов функционирования системы управления движением судном (СУДС), которая должна решать множество задач для оптимального управления судном. В каждой отдельной ситуации система использует правила, предписанные именно для данного случая, не учитывая огромное число других факторов в постоянно меняющемся реальном мире. Мультиагентная система позволяет решить эту проблему. Знания предметной области управления движением судна представляют собой формализованные описания на естественном языке с помощью соответствующих понятий и отношений между ними, которые с использованием методов инженерии знаний могут быть сформированы в релевантную базу знаний (БЗ). Для построения такого рода БЗ разработан новый подход к созданию конструктивного формализма, основанного на семантических графах с оболочками [16], [17]. На рис. 2 представлена структура БЗ мультиагентной системы управления движением судна (МСУДС).

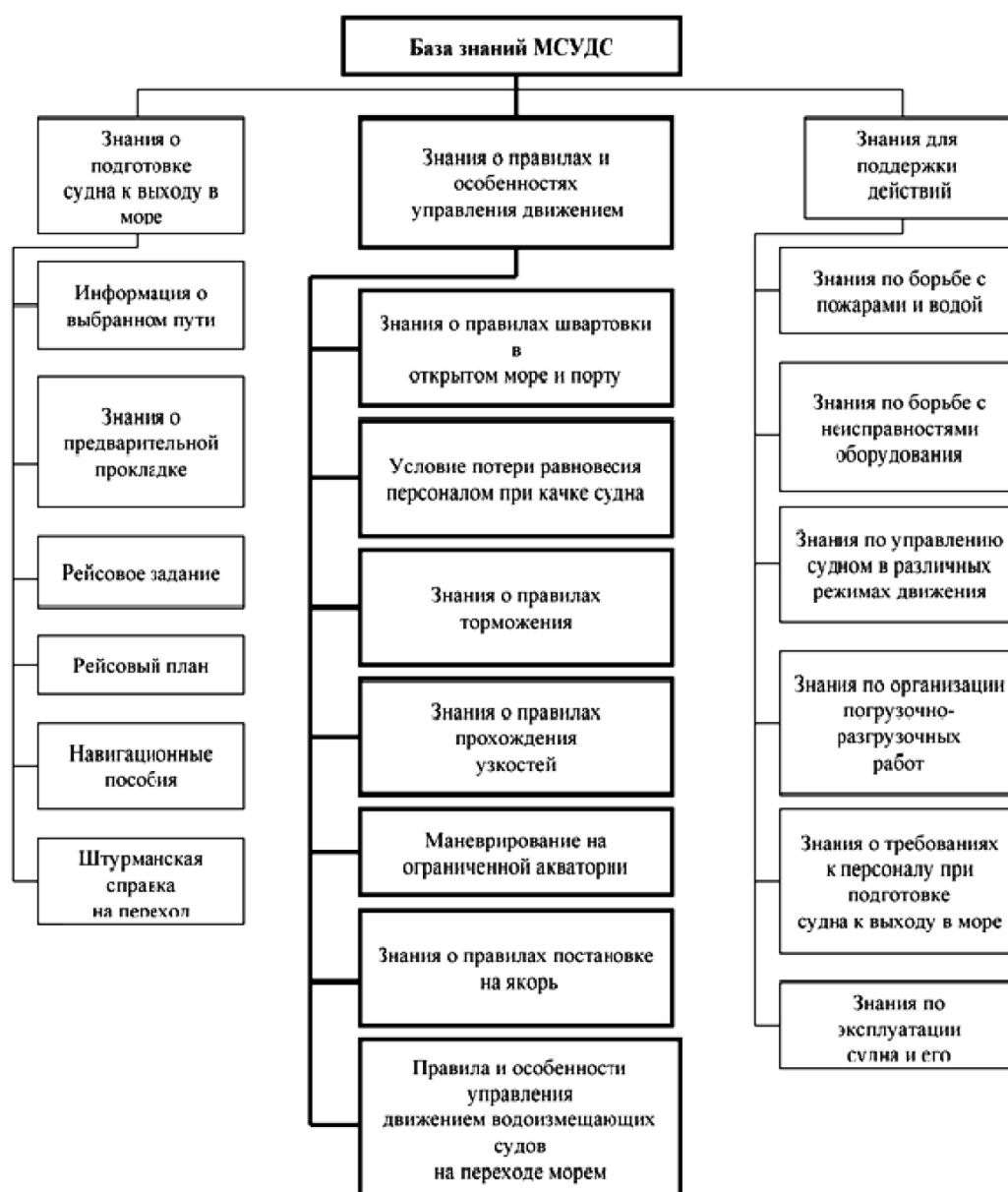


Рис. 2. Структура базы знаний мультиагентной системы управления движением судна

Очевидно, что процесс решения указанных задач имеет определенную структуру, характер которой зависит от функционирования системы управления БЗ (СУБЗ). Поэтому каждой задаче в МСУДС присваиваются программные агенты, которые общаются между собой. На рис. 3 представлен верхний уровень структуры перспективной МСУДС. Ключевыми элементами СУБЗ, или ее главными агентами, являются: координатор ПА, менеджер онтологий и коммуникатор ПА. Функционирование этих главных агентов и их взаимодействие при реализации алгоритмов ПА будут характеризовать качество и эффективность СУБЗ и МСУДС в целом.

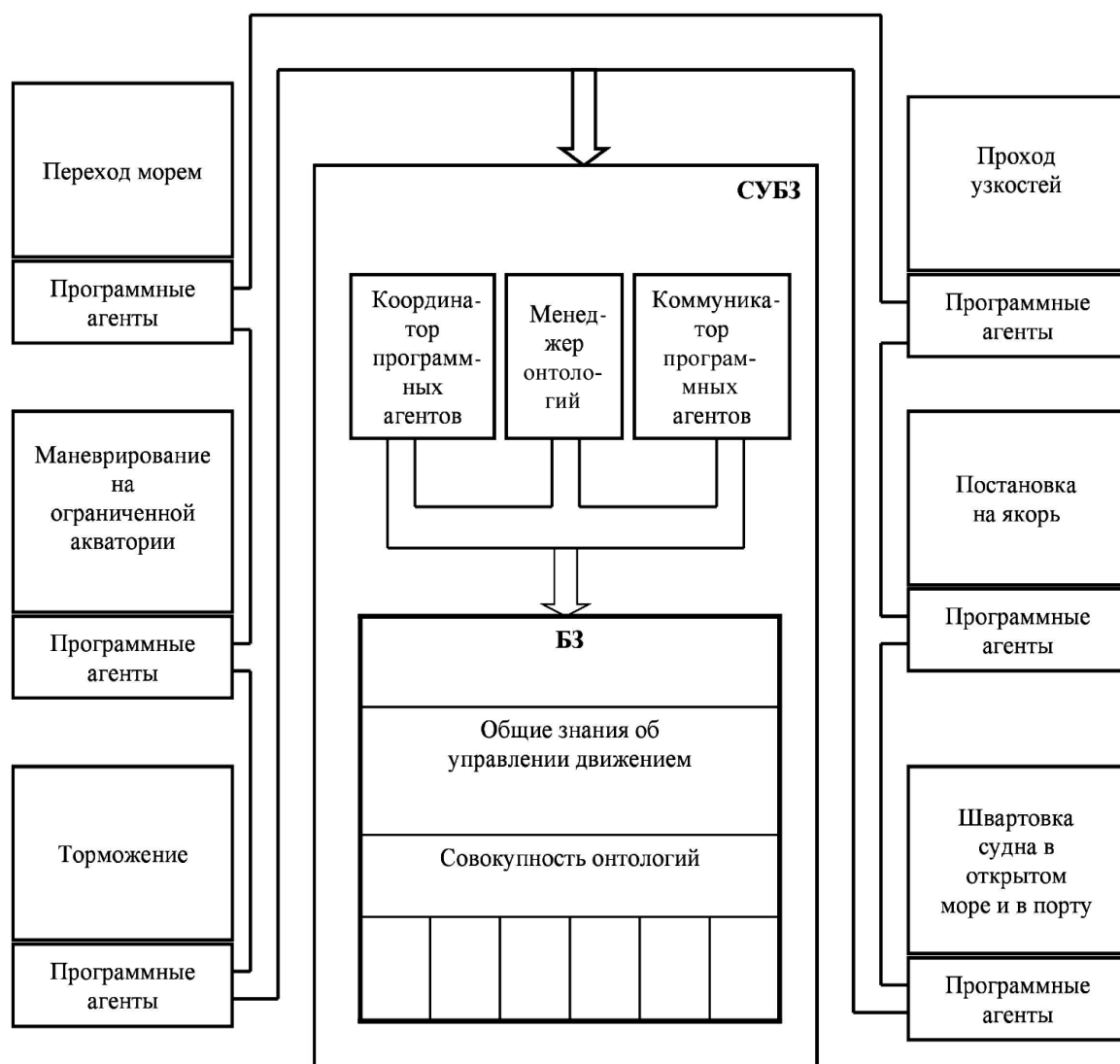


Рис.3. Верхний уровень структуры перспективной мультиагентной системы управления движением судна

С помощью главных агентов СУБЗ агенты обращаются непосредственно к базе знаний, где отыскивают необходимую онтологию. Знания, предписания и правила, хранящиеся в онтологии, позволяют ПА принять правильное решение. Координатор ПА обеспечивает общение агентов, что позволяет без возникновения конфликтов из-за приоритета ситуации учесть все влияния внешних и внутренних факторов для принятия оптимального решения. Используя постоянно пополняющуюся БЗ и удобное «общение» с агентами, мультиагентная система поможет судовым специалистам обеспечить принятие наилучшего решения и в нестандартных ситуациях.

На рис. 4 приведена общая схема организации взаимодействия агентных платформ при управлении движением судна. Например, ПА безопасного маневрирования получает радиолока-

ционные данные о скорости и курсе, обрабатывает информацию, моделирует текущую ситуацию, прогнозирует движение судов, выполняет результирующую оценку и выдает рекомендации курса и скорости для безопасного маневрирования. В качестве варианта указанного ПА может быть использован алгоритм, изложенный в источнике [8].

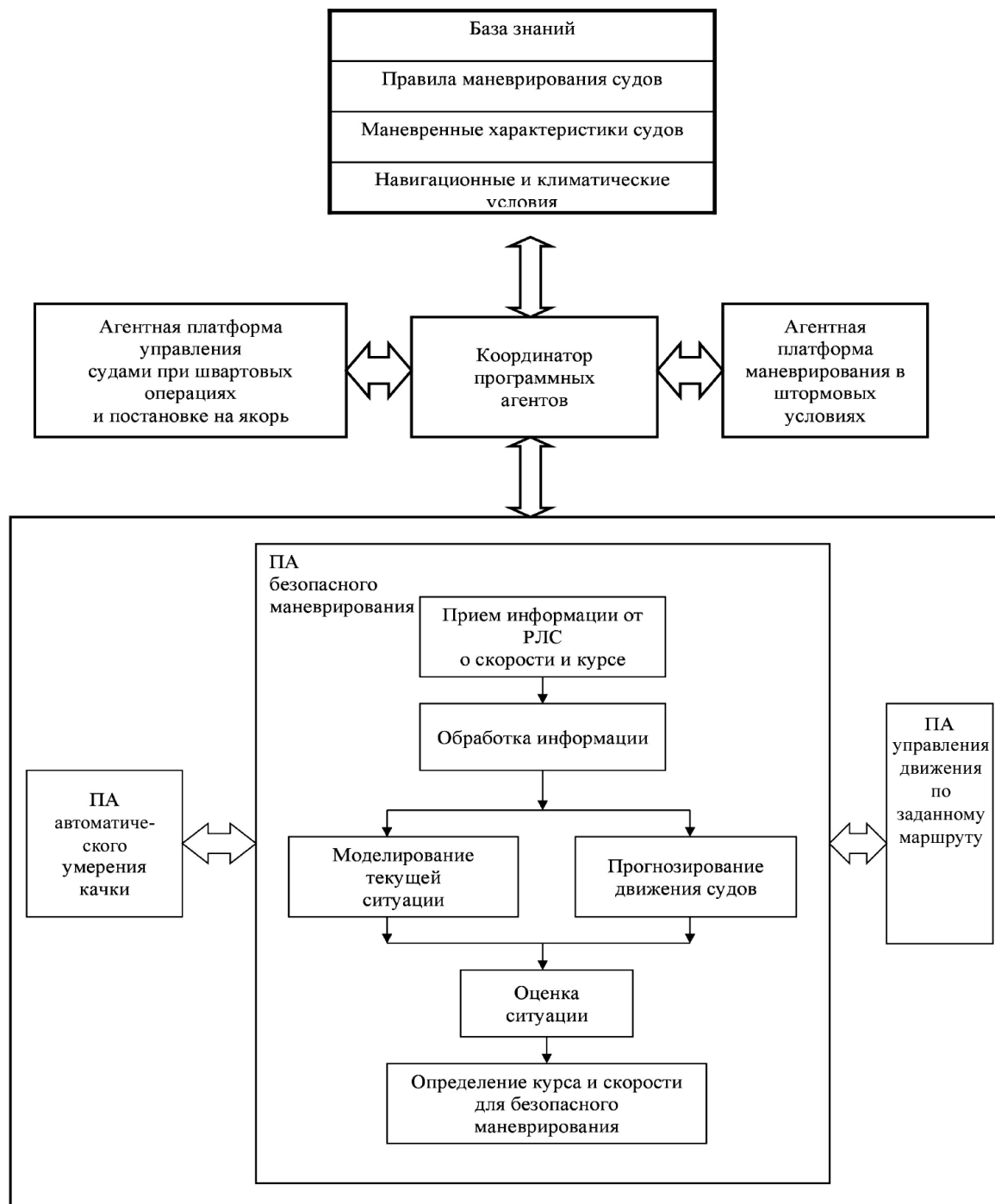


Рис.4. Общая схема организации взаимодействия агентных платформ при управлении движением судна

Обсуждение (Discussion)

Для эффективного решения задач МСУДС должна строиться на основе принципов, реализованных и опробованных на ее модели. Выполненные ранее исследования [12] показали, что данными принципами должны являться следующие:

- применение международных стандартов для всех стадий жизненного цикла системы;
- использование адекватной методологии для построения моделей организационных процессов транспортных систем;
- компонентное построение прикладных и инструментальных средств;
- мультиагентная реализация механизмов взаимодействия инструментальных и прикладных средств.

Основополагающей характеристикой мультиагентной системы является мобильность. В конечном итоге, мобильные информационные системы обладают способностью функционировать в гетерогенном окружении, эволюционно развиваться и адаптироваться к окружающей обстановке и изменениям в структуре и составе объекта управления.

Таким образом, МСУДС должна обладать следующими свойствами:

- структура сообщества агентов является динамической относительно типов и количества членов сообщества;
- сообщество агентов основывается на принципах кооперации;
- структура сообщества агентов подразумевает распределенность, что позволяет эффективно организовать доступ к различным источникам данных;
- агенты используют вполне определенную предметную область для решения поставленных задач;
- агенты обеспечивают работу в асинхронном режиме;
- появление новых членов сообщества агентов или изменение функций некоторых агентов не требует перезагрузки всей информационной системы.

В качестве базовой модели класса интеллектуального агента IA целесообразно использовать модель, разработанную на основе требований FIPA (Federation of Intelligent Physical Agents) — стандарта, регулирующего разработку МАС, а также определяющего логическую модель агентной платформы и набор служб [18]:

$$IA = \langle LA, CM, BM, O \rangle,$$

где LA — множество информационных атрибутов (идентификатор, местоположение и т. д.);

CM — коммуникационная модель (язык и методы для общения);

BM — поведенческая модель (способы обработки сообщений);

O — множество онтологий.

Выводы (Summary)

1. Развитие информационных технологий позволяет совершить качественный скачок в области создания ИСУС с большими сложными динамическими системами. Очевидно, что использование мультиагентных технологий позволит обеспечить переход на новый уровень качества и эффективности функционирования указанных систем. Применение принципа действия мультиагентных управляющих систем позволяет выполнить декомпозицию сложнейшей задачи управления судном на множество локальных задач, возлагаемых на агентов, распределение этих задач между агентами, планирование коллективного поведения агентов, координацию их взаимодействия на основе кооперации, реконфигурации, коммуникации и разрешения конфликтных ситуаций, а также использовать онтологии — специализированные БЗ о предметной области в работе агентов.

2. На примере формирования модели МСУДС предлагаемый подход показал перспективность изложенных исследований. Использование МСУДС позволит значительно уменьшить затраты на сетевое взаимодействие, сократить время решения задач, обеспечить простоту и удобство использования системы за счет автономности, мобильности и интеллектуальности программных агентов.

3. Дальнейшие исследования необходимо направить на формирование множества онтологий, составляющих БЗ ИСУС, построение релевантной СУБЗ, реализующей эффективное взаимодействие главных агентов, т. е. координатора ПА, менеджера онтологий и коммуникатора ПА, а также на разработку агентных платформ, обеспечивающих решение задач управления судном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интегрированные системы автоматизации — новое слово в современном судоходстве. 27 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://satprocom.ru/dokumentacija/11979/> (дата обращения: 25.09.2019).
2. *Лукомский Ю. А.* Навигация и управление движением судов : учеб. / Ю. А. Лукомский, В. Г. Пешехонов, Д. А. Скороходов. — СПб.: «Элмор», 2002. — 360 с.
3. *Искандеров Ю. М.* Мультиагентная система управления движением судна / Ю. М. Искандеров, М. В. Яковченко // Транспорт России : проблемы и перспективы : труды всероссийской научно-практической конференции. — СПб., 2007. — С. 27–28.
4. *Каретников В. В.* Совершенствование системы управления судами с использованием автоматизированных идентификационных систем на внутренних водных путях / В. В. Каретников, А. А. Сикарев // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — № 3. — С. 93–96.
5. *Павлыгин Э. Д.* Многоагентное моделирование и визуализация окружающей обстановки морского судна / Э. Д. Павлыгин, П. И. Соснин // Автоматизация процессов управления. — 2010. — № 2. — С. 3–12.
6. *Сазонов А. Е.* Прогнозирование траектории движения судна при помощи нейронной сети / А. Е. Сазонов, В. В. Дерябин // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 3 (22). — С. 6–13.
7. *Смоленцев С. В.* Концепция автоматизированной интеллектуальной системы расхождения судов / С. В. Смоленцев, Б. В. Афанасьев, А. Е. Филяков, Д. В. Куниц // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. — № 4 (70). — С. 11–14.
8. *Смоленцев С. В.* Кооперативное маневрирование безэкипажных судов для безопасного расхождения в море / С. В. Смоленцев, А. Е. Сазонов, Ю. М. Искандеров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 687–695. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-687-695.
9. *Скобелев П. О.* Мультиагентные технологии для управления распределением производственных ресурсов в реальном времени / П. О. Скобелев, А. В. Иващенко, М. В. Андреев, И. О. Бабанин // Механика, управление и информатика. — 2011. — № 5. — С. 110–122.
10. *Скобелев П. О.* Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития / П. О. Скобелев // Информационные технологии. — 2013. — № S1. — С. 1–32.
11. *Городецкий В. И.* Многоагентные технологии для промышленных приложений: реальность и перспектива / В. И. Городецкий, П. О. Скобелев // Труды СПИИРАН. — 2017. — № 6 (55). — С. 11–45. DOI: 10.15622/sp.55.1.
12. *Искандеров Ю. М.* Построение моделей интегрированной информационной системы транспортной логистики на основе мультиагентных технологий / Ю. М. Искандеров // «Новая экономика» и основные направления ее формирования: междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст.; под общ. ред. А. В. Яковлевой. — СПб.: СПб. политехн. ун-т Петра Великого, 2016. — С. 62–69.
13. *Искандеров Ю. М.* Организация транспортно-технологических процессов на основе интегрированных информационных систем / Ю. М. Искандеров, В. И. Дорошенко // Там же; под общ. ред. А. В. Яковлевой. — СПб.: СПб. политехн. ун-т Петра Великого, 2016. — С. 53–62.
14. *Gorodetskii V. I.* Applied multiagent systems of group control / V. I. Gorodetskii, O. V. Karsayev, V. V. Samoylov, S. V. Serebryakov // Scientific and Technical Information Processing. — 2010. — Vol. 37. — Is. 5. — Pp. 301–317. DOI: 10.3103/S0147688210050060.
15. *Ермолаев Г. Г.* Основы морского судоходства / Г. Г. Ермолаев, Е. С. Зотеев. — М.: Транспорт, 1988. — 258 с.
16. *Искандеров Ю. М.* Технология создания базы знаний для автоматизированной системы управления корпоративной сетью связи морского порта: дис. ... д-ра техн. наук: 05.12.13 / Ю. М. Искандеров. — СПб., 2005. — 243 с.
17. *Искандеров Ю. М.* Формирование безопасной базы знаний интеллектуальной системы проектирования АСУ на транспорте / Ю. М. Искандеров, А. А. Ершов // Информационная безопасность регионов

России (ИБРР-2017): материалы конф. — СПб.: СПб. о-во информатики, вычислительной техники, систем связи и управления, 2017. — С. 277–278.

18. The Foundation for Intelligent Physical Agents [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fipa.org/> (дата обращения: 25.09.2019).

REFERENCES

1. Integrirovannye sistemy avtomatizatsii – novoe slovo v sovremennom sudokhodstve. Web. 25 Sept. 2019 <<https://satprocom.ru/dokumentacija/11979/>>.

2. Lukomskii, Yu. A., V. G. Peshekhonov, and D. A. Skorokhodov. *Navigatsiya i upravlenie dvizheniem sudov. Uchebnik*. SPb.: «Elmor», 2002.

3. Iskanderov, Yu. M., and M. V. Yakovchenko. “Mul’tiagentnaya sistema upravleniya dvizheniem sudna.” *Transport Rossii: problemy i perspektivy. Nauchnoe izdanie: trudy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. SPb., 2007. 27–28.

4. Karetnikov, V. V. and A. A. Sikarev. “System development for ships control by using automated authentication systems on inland waterways.” *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsii* 3 (2010): 93–96.

5. Pavlygin, E. D., and P. I. Sosnin. “Mnogoagentnoe modelirovanie i vizualizatsiya okruzhayushchei obstanovki morskogo sudna.” *Avtomatizatsiya protsessov upravleniya* 2 (2010): 3–12.

6. Sazonov, A. E., and V. V. Deryabin. “Forecasting to paths of the motion ship with the help of neyronnoy network.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 3(22) (2013): 6–13.

7. Smolentsev, S. V., B. V. Afanasiev, A. E. Filyakov, and D. V. Kunits. “Concept of automated intelligent system for ships collision avoidance.” *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 4(70) (2012): 11–14.

8. Smolentsev, Sergey V., Anatolii E. Sazonov, and Yurii M. Iskanderov. “Cooperative maneuvering of unmanned ships for collision avoidance at sea.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.4 (2018): 687–695. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-687-695.

9. Skobelev, P. O., A. V. Ivaschenko, M. V. Andreev, and I. O. Babanin. “Multi-agent technology for real time manufacturing resources management.” *Mechanics, Control and Informatics* 5 (2011): 110–122.

10. Skobelev P. O. “Intelligent Systems for Real Time Resource Management: Principles, Experience and Perspectives.” *Information Technologies* S1 (2013): 1–32.

11. Gorodetsky, Vladimir Ivanovich, and Petr Olegovich Skobelev. “Industrial applications of multi-agent technology: reality and perspectives.” *SPIIRAS Proceedings* 6(55) (2017): 11–45.

12. Iskanderov, Yu. M. “Postroenie modelei integrirovannoi informatsionnoi sistemy transportnoi logistiki na osnove mul’tiagentnykh tekhnologii.” *«Novaya ekonomika» i osnovnye napravleniya ee formirovaniya. Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Edited by A. V. Yakovleva. SPb.: Sankt-Peterburgskii politehnicheskii universitet Petra Velikogo, 2016. 62–69.

13. Iskanderov, Yu. M., and V. I. Doroshenko. “Organizatsiya transportno-tekhnologicheskikh protsessov na osnove in-tegrirovannykh informatsionnykh system.” *«Novaya ekonomika» i osnovnye napravleniya ee formirovaniya. Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Edited by A. V. Yakovleva. SPb.: Sankt-Peterburgskii politehnicheskii universitet Petra Velikogo, 2016. 53–62.

14. Gorodetskii, V. I., O. V. Karsayev, V. V. Samoylov, and S. V. Serebryakov. “Applied multiagent systems of group control.” *Scientific and Technical Information Processing* 37.5 (2010): 301–317. DOI: 10.3103/S0147688210050060.

15. Ermolaev, G. G., and E. S. Zoteev. *Osnovy morskogo sudovozhdeniya*. M.: Transport, 1988.

16. Iskanderov, Yu. M. *Tekhnologiya sozdaniya bazy znaniy dlya avtomatizirovannoi sistemy upravleniya korporativnoi set’yu svyazi morskogo porta*. Dr. diss. Sankt-Peterburg, 2005.

17. Iskanderov, Yu. M., and A. A. Ershov. “The formation of the safe knowledge base of the intelligent system of designing ACS on transport.” *Informatsionnaya bezopasnost’ regionov Rossii (IBRR-2017): Materialy konferentsii*. SPb.: Sankt-Peterburgskoe Obshchestvo informatiki, vychislitel’noi tekhniki, sistem svyazi i upravleniya, 2017. 277–278.

18. The Foundation for Intelligent Physical Agents. Web. 25 Sept. 2019 <<http://www.fipa.org/>>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Искандеров Юрий Марсович —

доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский институт информатики
и автоматизации Российской академии наук
199178, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
14-я линия В. О., 39
e-mail: iskanderov_y_m@mail.ru

Гаскаров Вагиз Диляурович —

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_koib@gumrf.ru

Дорошенко Виктор Иванович —

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_rmfs@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Iskanderov, Yurii M. —

Dr. of Technical Sciences, professor
St. Petersburg Institute for Informatics
and Automation of the Russian Academy of Sciences
39 14-th Liniay of V.I. Str., St. Petersburg, 199178,
Russian Federation
e-mail: iskanderov_y_m@mail.ru

Gaskarov, Vagiz D. —

Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: kaf_koib@gumrf.ru

Doroshenko, Viktor I. —

Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: kaf_rmfs@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2019 г.

Received: September 30, 2019.