

## Раздел III. Распределенные информационно-управляющие системы

УДК 004.896

**О.С. Ипатов, А.А. Кобяков, А.М. Федоров, К.В. Лапшин**

### **АРХИТЕКТУРА РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ**

*В области критических технологий весьма резко заявляет о себе проблема создания единого информационного пространства для разнородных объектов, оперирующих в этом пространстве. Возможность доступа подсистем комплекса к объединенным информационным ресурсам влечет за собой рост рисков возникновения конфликтов между объектами информационного пространства, что, безусловно, снижает эффективность управления. В статье предлагается концепция создания распределенного комплекса мониторинга и управления движением судов по Северному морскому пути. На основе представленной концепции предлагается архитектурное решение распределенного комплекса мониторинга и управления. Характерным отличием распределенного комплекса мониторинга и управления является необходимость выработки решений и выполнения процедур управления в условиях жесткого реального времени, когда промедление с реакцией может приводить к необратимому развитию событий и неприемлемым последствиям. В статье обозначены основные проблемы по рассматриваемой тематике с учетом особенностей комплекса. Рассматривается архитектура верхнего «интеллектуального» уровня комплекса, реализуемая на основе гибридной экспертной системы и темпоральной базы знаний. Привлечение сложных форм знаний и применение адекватного аппарата их представления и обработки служит основой интеллектуальной технологии проектирования комплекса, которая заключается не в последовательном наращивании возможностей путем подключения дополнительных программных модулей и создания баз данных, а в радикальном перераспределении вычислительных работ и концентрации проектных задач в гибридной экспертной системе, которая рассматривается, как особая комплексная подсистема со своей информационной базой и программным обеспечением общего и специального назначения. Предлагаемые в статье архитектурные решения позволяют спроектировать распределенный комплекс мониторинга и управления движением судов по Северному морскому пути и решить поставленные перед комплексом задачи. Разработанный на основе представленной концепции комплекс позволит обеспечить технологическую информационную независимость от зарубежной продукции (импортозамещение), а также сформировать единое информационное пространство Арктического морского судоходства Российской Федерации.*

*Интеллект; архитектура; мониторинг; знания; управление; экспертные системы; базы знаний; информация.*

**O.S. Ipatov, A.A. Kobayakov, A.M. Fedorov, K.V. Lapshin**

### **DISTRIBUTED ARCHITECTURE OF COMPLEX MONITORING AND TRAFFIC MANAGEMENT ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE**

*In the area of critical technologies rather rapidly declares itself the problem of creating a unified information space for different types of facilities operating in this space. Accessibility of complex subsystems to the combined information resources leads to an increase risk of conflicts between the objects of the information space, which certainly reduces the effectiveness of controls. In the article the concept of a distributed set of monitoring and traffic management along the Northern Sea Route. On the basis of the concept is proposed architectural solution complex distributed monitoring and management.*

*A characteristic feature of the distributed monitoring and management of the complex is the need for decision-making and performance management procedures in a hard real-time delay when the reaction could lead to irreversible developments and unacceptable consequences. The article outlines the key issues on the subjects taking into account features of the complex. Architecture of the top "intellectual" level complex, implemented on the basis of hybrid expert system and temporal knowledge. Bringing complex forms of knowledge and the application of adequate apparatus of representation and processing is the basis of intellectual technologies of designing of the complex, which is not sequential increase capacity by adding additional software modules and databases, and a radical redistribution of computing operations and the concentration of design problems in the hybrid expert system which is regarded as a special integrated subsystem with its information database and software for general and special purpose. The proposed in the article architectural solutions make it possible to design a distributed set of monitoring and traffic management along the Northern Sea Route and to solve the complex tasks. Designed on the basis of the concept, the complex will provide information technology independence from foreign products (import substitution), and form a unified information space of the Arctic sea navigation of the Russian Federation.*

*Intelligence; architecture; monitoring; knowledge; management; expert systems; knowledge base information.*

**Введение.** В соответствии со «Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», в целях обеспечения технологической независимости от зарубежных космических источников информации и для решения проблемы формирования единого информационного пространства в Арктической зоне Российской Федерации актуальной задачей является создание распределенного комплекса мониторинга и управления движением судов по Северному морскому пути.

Создание архитектуры распределенного комплекса мониторинга и управления в едином информационном пространстве (ЕИП) уже давно стало насущной потребностью и, как показывает практика, в настоящее время стало ясно, что, только интегрируя свои автоматизированные системы в ЕИП, можно получить наибольший эффект от их использования. Центральной задачей при разработке распределенного комплекса мониторинга и управления является создание интеллектуальной системы управления. Интеллектуальные системы управления представляют собой предельный по сложности класс систем автоматического управления, ориентированных на приобретение, обработку и использование информации не только в форме данных, но и в форме знаний [1].

Характерным отличием распределенного комплекса мониторинга и управления является необходимость выработки решений и выполнения процедур управления в условиях жесткого реального времени, когда промедление с реакцией может приводить к необратимому развитию событий и неприемлемым последствиям. Специфика систем жесткого реального времени состоит в том, что время в таких системах является основным фактором, обуславливающим неполноту используемых знаний и данных. [2] Проблемы создания и использования интеллектуальных систем управления относятся к общемировым научным приоритетам в области высоких технологий.

Основные проблемы по рассматриваемой тематике:

- ◆ Несовершенство существующих автоматизированных систем оперативного управления рисками нештатных ситуаций в условиях неопределенности.
- ◆ Неполнота моделей учета разнородных факторов влияния и потоков оперативной информации на формирование прогнозных моделей управления рисками нештатных и чрезвычайных ситуаций.
- ◆ Отсутствие необходимых вычислительных мощностей оперативной обработки больших потоков комплексной текущей информации о всех факторах влияния.
- ◆ Неэффективность существующей системы мониторинга прибрежной 200-мильной зоны.

**Основные подходы.** В отличие от традиционных систем, реализующих директивно-критериальное или аналитико-механистическое управление и работу с описывающей систему моделью, когда система известна с точностью до модельной структуры и передаточных характеристик, интеллектуальная система управления обеспечивает системное руководство и организацию взаимодействия с управляемой системой как с субъектом [3]. При этом управляемая система известна с точностью до ответной реакции на языке диалога, сообщающем о контекстном понимании заданного управления, оценке ресурсов и возможности реализации новой целевой установки. Для восприятия управления как осмысленного потока информации необходимо использование базы данных в случае, если контекст и отношения сообщений постоянны и могут быть заданы конечным набором записей. Если же семантика информации сложна, контекст переменен, цель управления корректируется, что, как минимум, требует реструктуризации внутренних связей базы данных при обработке информационного потока, то необходима база знаний. Требование реструктуризации, обеспечивающее возможность активного отношения к информации, является отличительным признаком возникновения интеллектуального управления [4].

На рис. 1 представлена общая схема распределенного комплекса мониторинга и управления.

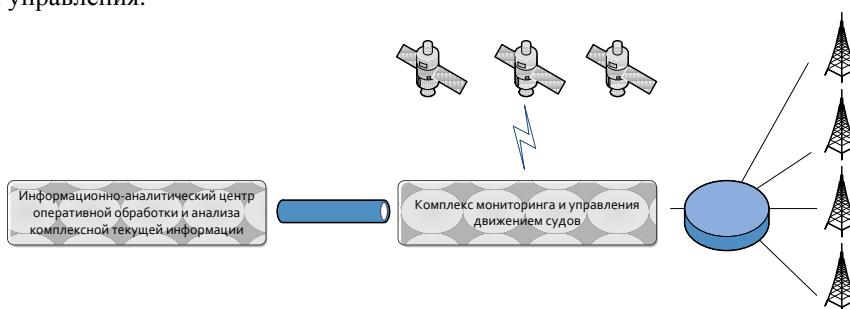


Рис. 1. Общая схема распределенного комплекса мониторинга и управления

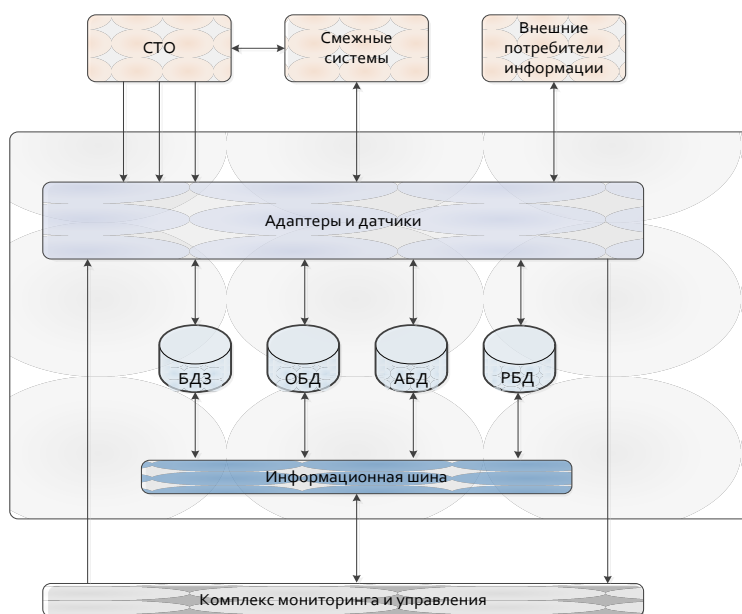


Рис. 2. Информационная модель комплекса мониторинга и управления

Информационная модель комплекса мониторинга и управления отображена на рис. 2, где

- ЕИП – единое информационное пространство;
- БДЗ – базы данных и знаний;
- АБД – архивные базы данных;
- СТО – сложные технические объекты и системы;
- ОБД – оперативные базы данных;
- РБД – распределенные базы данных.

Принципы построения комплекса мониторинга и управления [5]:

1. Использование предметно-ориентированного подхода работы с данными и знаниями.
2. Единая модель данных для всего состава программных средств.
3. Комплексный состав программных средств.
4. Доступ к информационным ресурсам с помощью сервисов ЕИП.
5. Модифицируемость, расширяемость и адаптивность компонентов к решаемым задачам.
6. Возможность расширения внутрисистемных и внешних интерфейсов взаимодействия.

Функции комплекса:

- ◆ сбор и обработка данных;
- ◆ организация вычислений;
- ◆ моделирование;
- ◆ оценивание;
- ◆ прогнозирование.

Компоненты распределенного комплекса мониторинга и управления представлены на рис. 3, где

- РЛК – радиолокационный комплекс;
- ЛВС – локальная вычислительная сеть.

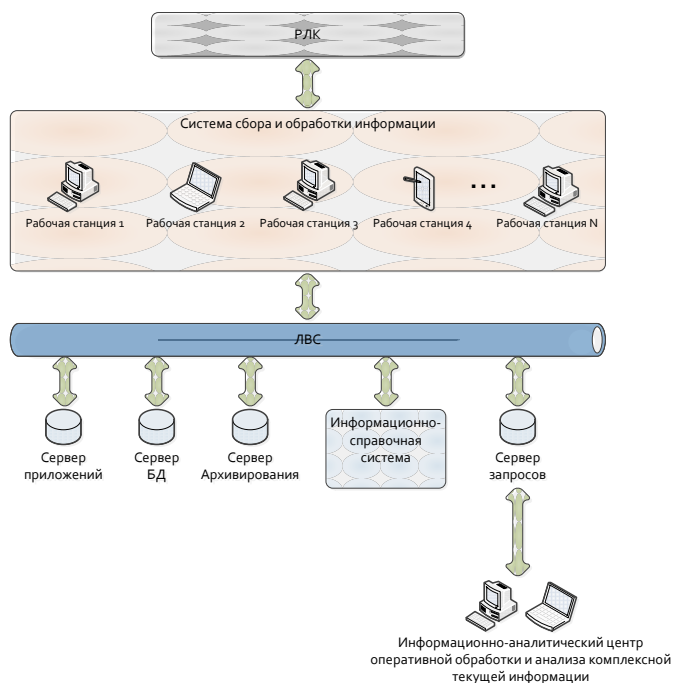


Рис. 3. Компоненты распределенного комплекса мониторинга и управления

Рассмотрим более подробно архитектуру интеллектуальной системы управления распределенного комплекса мониторинга и управления движением судов.

**Архитектура интеллектуальной системы управления.** Отличительной чертой интеллектуальной системы управления является ее ориентация на приобретение, обработку и использование информации не только в форме данных, но и в форме знаний [6]. Подобные системы предназначены для работы в условиях невозможности точного математического описания среды функционирования объекта управления [7].

В настоящее время исследователи и разработчики столкнулись с тем, что проектирование систем управления большими сложными объектами, в нашем случае – распределенного комплекса мониторинга и управления, на основе традиционного кибернетического подхода редко приводит к желаемым результатам. Развитие методов и средств искусственного интеллекта в области управления, приведшее к появлению многочисленных и разнообразных экспертных систем, также не смогло решить всех проблем [8]. Объясняется это следующим: при традиционном кибернетическом подходе система управления объектом строится на основании фиксированной формальной системы, объединяющей в себе математические описания управляемого объекта, окружающей среды, самой системы управления и их взаимодействия. Все эти составляющие создаются на основании априорных представлений об управляемом объекте, его взаимодействии с окружающей средой и характере решаемых объектов задач. При этом прикладной смысл методов воплощается в конкретных инженерно-конструкторских (жестких) решениях, закладываемых в реализацию системы управления и управляемого объекта. Как показывает практика, априорные представления часто оказываются далеко неполными, а иногда и неверными [9]. Учет же новых знаний, появляющихся в процессе проектирования объекта, часто требует переделки системы управления, т.е. адаптивность и, как следствие, эффективность таких систем управления недостаточно высока.

Технология экспертных систем использует логико-лингвистические модели объекта и окружающей среды, поэтому адаптивность экспертных систем к решаемым задачам весьма высока [10]. Однако, в качестве методов решения задач формирования управления в таких системах используются различные методы логического вывода на основе знаний опытных экспертов-практиков о целях функционирования управляемого объекта и способах управления им. Взаимопроникновение идей и методов прикладной математики и технологии экспертных систем, послужившее импульсом к развитию прикладной семиотики в области управления, привносит в технологию проектирования и построения систем управления: методы формирования логико-лингвистических моделей предметной области, т.е. того фрагмента реального мира, в котором функционируют управляемый объект и система управления; методы адаптации этих систем к реальным условиям на основании информации о реальных ситуациях, в том числе в условиях ее неполноты, неточности и возможной противоречивости; механизмы адаптации объекта, системы управления, окружающей среды и их взаимодействие друг с другом, направленной на повышение адекватности новым знаниям о предметной области и реальных ситуациях в процессе проектирования и функционирования управляемого объекта и системы управления [11].

Основные задачи, поставленные перед разрабатываемым комплексом мониторинга и управления движением судов по Северному морскому пути:

- ♦ управление с помощью информационно-аналитического центра оперативной обработки и анализа комплексной текущей информации;

- ♦ обработка и анализ оперативной информации, обеспечивающей прогнозирование и предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- ♦ отработка сложных моделей оперативного контроля и управления многомерными объектами;
- ♦ создание эффективной системы мониторинга прибрежной 200-мильной зоны в Арктической зоне Российской Федерации.

Архитектурное решение интеллектуальной системы управления представлено на рис. 4, на котором ЛПП – лицо, принимающее решения.



Рис. 4. Архитектурное решение интеллектуальной системы управления

Основными компонентами такой архитектуры являются:

- ♦ гибридная экспертная система;
- ♦ подсистема извлечения знаний из наборов диагностических данных;
- ♦ база знаний;
- ♦ подсистема подготовки вариантов решений;
- ♦ подсистема анализа решений;
- ♦ источник динамических данных и знаний.

Источниками приобретения знаний в интеллектуальной системе управления в данном случае являются автоматизированные способы извлечения знаний из массивов динамических данных [12]. Подсистема извлечения знаний реализует накопление, хранение, выдачу по запросам и коррекцию декларативных, продукционных и процедурных знаний, а также обеспечение целостности базы знаний и защиту от несанкционированного доступа [13]. Подсистема включает: языки описания и манипулирования знаниями и данными, трансляторы указанных языков, системы управления базами данных и знаний, средства тестирования базы знаний и базы данных (непротиворечивости, целостности). Внешнее (на уровне пользователя) представление информации реализуется на основе фреймового и продукционного подходов [14].

В качестве основных способов представления знаний в инвариантном ядре интеллектуальной системы управления использованы:

- ♦ ассоциативные правила (правила продукции);
- ♦ понятийные механизмы (кластеры);

- ◆ деревья решений;
- ◆ многофакторные методы и модели;
- ◆ нечеткие модели.

На гибридную экспертную систему, помимо традиционных задач, ложится ряд дополнительных функций:

- ◆ Предупреждение, нивелирование и устранение конфликтов, вызванных разноуровневостью данных, поступающих от разных подсистем [15].
- ◆ Установление устойчивых корреляций и структурирование данных в объединенной информационной среде [16].
- ◆ Морфологическая селекция и агрегирование данных при их движении вверх по системе (под агрегацией понимается процесс обобщения и выделения данных из первичного множества с целью формирования групповых концентрированных характеристик, отражающих существенные признаки его поведения и состояния) [17].
- ◆ Вычленение, актуализация и координация времени автоматического принятия решения системами разного уровня, так как продолжительность периода принятия решений растет при повышении уровня иерархии системы. С одной стороны, это определяется большей значимостью цели подсистемы верхнего уровня, но, с другой стороны, оно может быть не востребовано в данный момент времени или ситуации [18].

Верхний уровень стратифицированной структуры системы управления является интеллектуальным ядром управления и включает в себя:

- ◆ оболочку экспертной системы реального времени;
- ◆ базу данных и базу знаний;
- ◆ систему управления базой данных и базой знаний.

Структурная схема гибридной экспертной системы приведена на рис. 5.

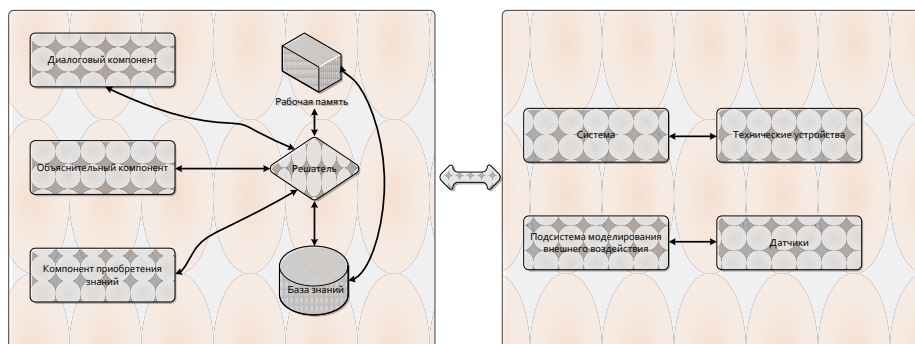


Рис. 5. Структура гибридной экспертной системы

Основными проблемами создания и эксплуатации распределенного комплекса в пространстве интегрированного информационного поля являются, во-первых, низкая эффективность внедряемых в одну информационную систему разнородных систем, так как они создаются на различных программно-аппаратных платформах [19]; а также в связи с тем, что они слабо взаимодействуют между собой и не включены в единый цикл подготовки и пуска, а также не образуют комплексную систему. Во-вторых, низкая эффективность и оперативность принятия решений в реальном масштабе времени, особенно в критических ситуациях, так как отсутствует «прямой» доступ ко всем видам информации, циркулирующей в локальных системах и всей системы в целом [20].

Основные элементы интеллектуальной информационной технологии при разработке архитектуры распределенного комплекса мониторинга и управления:

1. Использование интеллектуального интерфейса при решении задач проектирования архитектуры распределенного комплекса мониторинга и управления.
2. Использование унифицированной программной платформы при проектировании архитектуры распределенного комплекса мониторинга и управления.
3. Использование оперативной распределенной базы данных реального времени для создания единого информационного пространства проектирования архитектуры распределенного комплекса мониторинга и управления.

Использование интеллектуального интерфейса при решении задач проектирования архитектуры распределенного комплекса мониторинга и управления приведено на рис. 6.



Рис. 6. Использование интеллектуального интерфейса при проектировании распределенного комплекса мониторинга и управления

Сокращения на рисунке:

ОБДИ – объединенная база данных поступающей информации;

ОБДВ – объединенная база данных управляющих воздействий;

ЦБД – центральная база данных;

ИДЗ – информационные данные и знания;

ОИ – оперативная информация.

Предложенное архитектурное решение распределенного комплекса мониторинга и управления обеспечивает:

- ◆ Круглосуточное и всепогодное наблюдение за воздушным и надводным пространством с автоматическим обнаружением объектов различных классов.



- ◆ Сопровождение обнаруженных объектов с выработкой параметров их движения.
- ◆ Централизованную обработку информации по району наблюдения.
- ◆ Навигационное обеспечение судовождения.
- ◆ Распознавание типов обнаруженных объектов и выдачу данных средствам оперативного реагирования.
- ◆ Внедрение технологии оперативного контроля, планирования и управления рисками нештатных (чрезвычайных) ситуаций на основе новых (ресурсоемких) методов и моделей глубокого анализа рисков.

**Заключение.** Центральной задачей при разработке распределенного комплекса мониторинга и управления является создание интеллектуальной системы управления. Характерным отличием распределенного комплекса мониторинга и управления является необходимость выработки решений и выполнения процедур управления в условиях жесткого реального времени, когда промедление с реакцией может приводить к необратимому развитию событий и неприемлемым последствиям. Дефицит времени в таких событиях является одним из основных факторов, обуславливающих неполноту используемых знаний и данных.

Предложенное в статье архитектурное решение позволяет спроектировать распределенный комплекс мониторинга и управления движением судов по Северному морскому пути и решить поставленные перед комплексом задачи.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Васильевский А.С., Лапшин К.В.* Вариационный метод синтеза облика интеллектуальной системы управления сложного динамического объекта // Наука и технологии: Материалы XXXV Всероссийской конференции, посвященной 70-летию Победы. – М.: РАН, 2015. – Т. 4. – С. 76-79.
2. *Кондратьев Д.А., Лапшин К.В.* Задача синтеза однородного информационного пространства при его формировании различными источниками данных // Сборник трудов Международной конференции «Системный анализ, комплексное моделирование и технологии аэрокосмического мониторинга». – Санкт-Петербург, 2013.
3. *Никольцев В.А., Васильевский А.С.* Проектирование систем управления – новая идеология // Сб. «Ведомости судостроения». – Т. 1. Системы управления. – СПб.: Судостроение, 1998.
4. *Luger G.* Artificial Intelligence Structures and Strategies for Complex Problem Solving. – Addison Wesley. Boston, 2002.
5. *Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов // Серия: Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения. – М.: Наука, 2006. – 410 с.
6. *Гаврилова и др.* Базы знаний интеллектуальных систем: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
7. Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. Макарова И.М., Лохина В.М. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.
8. *Ярушкина Н.Г.* Основы теории нечетких и гибридных систем: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.
9. *Гелеверя Т.Е., Лапшин К.В., Марков М.М., Францев И.Р.* Морфологический подход к решению задачи синтеза облика корабельной интеллектуальной системы управления // Научно-техн. Сб. ФНПЦ ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» «Корабельные и бортовые многоканальные информационно-управляющие системы». – СПб., 2013. – Вып. № 19. – С. 81-94.
10. *Никольцев В.А., Васильевский А.С., Николаев О.А.* Интеллектуальные технологии в проектировании систем управления // Материалы III Международной конференции ISC'2002. – СПб., 2002.

11. *Perlis D., Purang K., Purushothaman D., Andersen C., Traum D.* Modeling time and meta-reasoning in dialog via active logic // Working Notes of AAAI Fall Symposium on Psychological Models of Communication. – 2005.
12. *Ямицков Ю.А.* Онтология проектирования корабельных информационно-управляющих систем // Научно-техн. сб. ФНПЦ ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» «Корабельные и бортовые многоканальные информационно-управляющие системы». – 2014. – Вып. № 21. – С. 98-107.
13. *Russel S., Norvig P.* Artificial Intelligence. A Modern Approach. – Prentice Hall. New Jersey, 2005.
14. *Коржавин Г.А., Васильевский А.С., Лапшин К.В., Селивохин О.С.* Архитектура интегрирующего ядра распределенной информационной среды испытаний радиоэлектронных систем корабля // Научно-техн. сб. ФНПЦ ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» «Корабельные и бортовые многоканальные информационно-управляющие системы». – 2013. – Вып. № 19. – С. 190-195.
15. *Марков М.М., Лапшин К.В., Селивохин О.С.* Метод разрешения конфликтов в информационной среде проектирования сложного динамического объекта // Научная сессия ГУАП: сб. докл.: в 3 ч. Ч. 2. Технические науки. – СПб.: ГУАП, 2014. – С. 230-234.
16. *Васильевский А.С., Подоплекин Ю.Ф., Ямицков Ю.А.* Принцип «облачного» архитектурного решения проектирования корабельных интегрированных многофункциональных информационно-управляющих систем // Научно-технический журнал судостроительной промышленности РФ «Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования». – 2014. – № 3. – С. 78-82.
17. *Лапшин К.В.* Многоуровневые модели распределенных комплексов проектирования сложных технических систем // Труды XX научно-технической конференции ОАО «Концерн «Гранит-Электрон».
18. *Мальцев В.Б.* Анализ состояния технических систем. – М., 1992. – 181 с.
19. *Форсайт Р.* Экспертные системы. Принципы работы и примеры. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.
20. *Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шанот М.Д.* Статические и динамические экспертные системы. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.

#### REFERENCES

1. *Vasil'evskiy A.S., Lapshin K.V.* Variatsionnyy metod sinteza oblika intellektual'noy sistemy upravleniya slozhnogo dinamicheskogo ob'ekta [The variational method for the synthesis image of the intellectual management system of complex dynamic object], *Nauka i tekhnologii: Materialy XXXV Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu Pobedy* [Science and Technology. Materials XXXV-Russia conference on the 70th anniversary of the Victory]. Moscow: Russian Academy of Sciences, 2015, Vol. 4, pp. 76-79.
2. *Kondrat'ev D.A., Lapshin K.V.* Zadacha sinteza odnorodnogo informatsionnogo prostranstva pri ego formirovaniy razlichnymi istochnikami dannykh [The problem of synthesis of uniform information space at its formation a variety of data sources], *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy konferentsii «Sistemnyy analiz, kompleksnoe modelirovanie i tekhnologii aerokosmicheskogo monitoringa»* [Proceedings of the international conference «System analysis, modeling of complex technology and aerospace monitoring»]. St. Petersburg, 2013.
3. *Nikol'tsev V.A., Vasil'evskiy A.S.* Proektirovanie sistem upravleniya – novaya ideologiya [Design management systems – a new ideology], *Sb. «Vedomosti sudostroeniya». Vol. 1. Sistemy upravleniya.* [Coll. «Vedomosti shipbuilding»], Vol. 1. Control systems. St. Petersburg: Shipbuilding, 1998.
4. *Luger G.* Artificial Intelligence Structures and Strategies for Complex Problem Solving. Addison Wesley. Boston, 2002.
5. *Okhtilev M.Yu., Sokolov B.V., Yusupov R.M.* Intellektual'nye tekhnologii monitoringa i upravleniya strukturnoy dinamiko slozhnykh tekhnicheskikh ob'ektov [Intelligent technologies for monitoring and management of the structural dynamics of complex technical objects], *Seriya: Informatika: neogranichennye vozmozhnosti i vozmozhnye ogranicheniya* [Series: Information: unlimited possibilities and possible limitations]. Moscow: Nauka, 2006, 410 p.
6. *Gavrilova i dr.* Bazy znaniy intellektual'nykh sistem: Uchebnik dlya vuzov [Knowledge Base intelligent systems: The tutorial for high schools]. St. Petersburg: Piter, 2000, 384 p.

7. Intellektual'nye sistemy avtomaticheskogo upravleniya [Intelligent automatic control system], Ed. Makarova I.M., Lokhina V.M. Moscow: Fizmatlit, 2001, 576 p.
8. *Yarushkina N.G.* Osnovy teorii nechetkikh i gibridnykh sistem: Uchebnoe posobie [Fundamentals of the theory of fuzzy and hybrid systems: Tutorial]. Moscow: Finansy i statistika, 2004, 320 p.
9. *Geleverya T.E., Lapshin K.V., Markov M.M., Frantsev I.R.* Morfologicheskii podkhod k resheniyu zadachi sinteza oblika korabel'noy intellektual'noy sistemy upravleniya [The morphological approach to the problem of image synthesis ship intelligent control system], *Nauchno-tekhn. Sb. FNPTs OAO «Kontsern «Granit-Elektron» «Korabel'nye i bortovye mno-gokanal'nye informatsionno-upravlyayushchie sistemy»* [JSC «Concern «Granit-Electron» Naval and airborne multi-channel information management systems], St. Petersburg, 2013, Issue 19, pp. 81-94.
10. *Nikol'tsev V.A., Vasil'evskiy A.S., Nikolaev O.A.* Intellektual'nye tekhnologii v proektirovanii sistem upravleniya [Intelligent technologies in the design of control systems], *Materialy III Mezhdunarodnoy konferentsii ISC'2002* [Proceedings of the III International Conference ISC'2002]. St. Petersburg, 2002.
11. *Perlis D., Purang K., Purushothaman D., Andersen C., Traum D.* Modeling time and meta-reasoning in dialog via active logic, *Working Notes of AAAI Fall Symposium on Psychological Models of Communication*, 2005.
12. *Yamshchikov Yu.A.* Ontologiya proektirovaniya korabel'nykh informatsionno-upravlyayushchikh sistem [Ontology design shipboard information-control systems], *Nauchno-tekhn. sb. FNPTs OAO «Kontsern «Granit-Elektron» «Korabel'nye i bortovye mnogokanal'nye informatsionno-upravlyayushchie sistemy»* [JSC «Concern «Granit-Electron» Naval and airborne multi-channel information management systems], 2014, Issue 21, pp. 98-107.
13. *Russel S., Norvig P.* Artificial Intelligence. A Modern Approach. Prentice Hall. New Jersey, 2005.
14. *Korzhavin G.A., Vasil'evskiy A.S., Lapshin K.V., Selivokhin O.S.* Arkhitektura integrirovannogo yadra raspredelennoy informatsionnoy sredy ispytaniy radioelektronnykh sistem korablya [Architecture integrating core distributed information environment testing of electronic vehicle systems], *Nauchno-tekhn. sb. FNPTs OAO «Kontsern «Granit-Elektron» «Korabel'nye i bortovye mnogokanal'nye informatsionno-upravlyayushchie sistemy»* [JSC «Concern «Granit-Electron» Naval and airborne multi-channel information management systems], 2013, Issue 19, pp. 190-195.
15. *Markov M.M., Lapshin K.V., Selivokhin O.S.* Metod razresheniya konfliktov v informatsionnoy srede proektirovaniya slozhnogo dinamicheskogo ob"ekta [The method of conflict resolution in the information environment design of complex dynamic object], *Nauchnaya sessiya GUAP: sb. dokl. [Scientific Session GUAP. Part 2. Engineering]*. St. Petersburg: GUAP, 2014, pp. 230-234.
16. *Vasil'evskiy A.S., Podoplekin Yu.F., Yamshchikov Yu.A.* Printsip «oblastnogo» arkhitekturnogo resheniya proektirovaniya korabel'nykh integrirovannykh mnogofunktsional'nykh informatsionno-upravlyayushchikh sistem [The principle of «cloud» of architectural design solutions ship multifunction integrated management information systems], *Nauchno-tekhnicheskii zhurnal sudostroitel'noy promyshlennosti RF «Problemy razvitiya korabel'nogo vooruzheniya i sudovogo radioelektronnoy oborudovaniya»* [Scientific and Technical Journal of the ship-building industry of the Russian Federation «Problems of the ship's weapons and shipboard electronic equipment»], 2014, No. 3, pp. 78-82.
17. *Lapshin K.V.* Mnogourovnevye modeli raspredelennykh kompleksov proektirovaniya slozhnykh tekhnicheskikh sistem [Multilevel model of distributed systems design of complex technical systems], *Trudy XX nauchno-tekhnicheskoy konferentsii OAO «Kontsern «Granit-Elektron»* [Proceedings of the twentieth scientific conference JSC «Concern «Granit-Electron»].
18. *Mal'tsev V.B.* Analiz sostoyaniya tekhnicheskikh sistem [Analysis of the technical systems]. Moscow, 1992, 181 p.
19. *Forsayt R.* Ekspertnye sistemy. Printsipy raboty i primery [Expert systems. Principles and example]. Moscow: Radio i svyaz', 1987, 224 p.
20. *Popov E.V., Fominykh I.B., Kisel' E.B., Shapot M.D.* Sticheskie i dinamicheskie ekspertnye sistemy [Static and dynamic expert systems]. Moscow: Finansy i statistika, 1996, 320 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. В.И. Пименов.

**Кобяков Александр Алексеевич** – ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»; e-mail: cri-granit@peterlink.ru; 191014, Санкт-Петербург, ул. Госпитальная, 3; зам. генерального директора.

**Лапшин Кирилл Владимирович** – e-mail: kir\_i\_k@mail.ru; начальник научно-исследовательской лаборатории.

**Ипатов Олег Сергеевич** – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; e-mail: ipatov\_os@spbstu.ru; 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; помощник ректора; зав. кафедрой; д.т.н.; профессор.

**Федоров Александр Михайлович** – ОАО «Концерн «Океанприбор»; 197376, Санкт-Петербург, пр. Чкаловский, 46; зам. генерального директора.

**Kobyakov Aleksandr Alekseevich** – JSC «Concern «Granit-Electron»; e-mail: cri-granit@peterlink.ru; 3, Gospitalnaya street, St. Petersburg, 191014, Russia; deputy general director.

**Lapshin Kirill Vladimirovich** – e-mail: kir\_i\_k@mail.ru; head of the research laboratory.

**Ipatov Oleg Sergeevich** – St. Petersburg Peter the Great Polytechnic University; e-mail: ipatov\_os@spbstu.ru; 29, Polytechnicheskaya street, St. Petersburg, 195251, Russia; head of software and hardware real time complexes; dr. of eng. sc.; professor.

**Fedorov Aleksandr Mikhailovich** – JSC «Concern «Oceanpribor»; 46, Chkalovskii pr., St. Petersburg, 197376, Russia; deputy general director.

УДК 004.054; 519.81

**А.Е. Колоденкова, В.В. Коробкин, А.П. Кухаренко**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ  
И ОЦЕНКИ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ  
СИСТЕМ МЕХАТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ\***

*Рассматриваются ключевые понятия, используемые при моделировании процесса формирования требований к созданию информационно-управляющих систем (ИУС) мехатронных комплексов. Отмечено, что формирование требований к созданию ИУС мехатронных комплексов является сложной задачей, качественное решение которой обеспечивает основу управления процессом проектирования и гарантирует, что после завершения разработки система будет полностью удовлетворять потребностям заказчика. Представлена и описана обобщенная схема процесса формирования требований к созданию ИУС, позволяющая увидеть взаимосвязи каждого из подэтапов (выявление требований, анализ требований, документирование требований, проверка правильности требований и утверждение) данного процесса, а также влияние внешней среды на данный процесс, что особенно важно в предпроектных исследованиях. Для моделирования процесса формирования требований в условиях неопределенности предлагается использовать нечеткие временные сети Петри. Для снижения рисков, возникающих на начальных этапах жизненного цикла проекта по созданию ИУС, проводится многокритериальная оценка его реализуемости. Однако такая оценка затруднена наличием большого количества критериев, характеризующих технические, финансовые, экономические и коммерческие показатели разрабатываемого проекта по созданию ИУС. В связи с этим проблема многокритериальной оценки реализуемости проекта на сегодняшний день является актуальной. Анализ различных подходов к построению моделей многокритериального оценивания альтернатив проектов в условиях неопределенности показал, что параметры моделей достаточно часто*

---

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-06129 А.