

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



660041, РОССИЯ, Красноярск, проспект Свободный, 79
телефон (391)2-44-82-13, тел./факс (391)2-44-86-25
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

№ _____
на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Сибирский федеральный
университет»,
к.ф.н. Р.А. Барышев

«24»

01. 2020 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Жуковой Наталии Александровны «Многоуровневый синтез автоматных моделей объектов мониторинга», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)»

Актуальность темы диссертации

Одной из ключевых характеристик современных информационных систем является уровень их интеллектуализации. Он определяется их возможностями использовать накопленные знания, а также формировать новые знания. К настоящему времени разработано значительное количество технологических решений, позволяющих эффективно работать со знаниями. Однако имеется целый ряд технических задач, требующих дальнейших исследований. Среди них можно выделить сложность выполнения запросов к базам знаний, отсутствие информативных подходов для представления знаний и другие. Вместе с тем, существуют определенные проблемы при построении интеллектуальных систем мониторинга и управления сложными динамическими объектами. В этом случае зачастую обеспечивается своевременная обработка данных, поступающих в реальном масштабе времени, что не позволяет оперативно вырабатывать обоснованные управляющие воздействия. В результате решения формируются с существенной задержкой и оказываются недостоверными.

Повышение уровня интеллектуализации систем мониторинга и управления позволяет решить многие из проблем. Однако, такие системы до сих пор находятся на начальных этапах своего развития. Требуются решения, которые в настоящее время позволяют решать актуальные задачи на практике.

В диссертации Жуковой Н.А. предложена новая теория многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, что позволяет перейти к автоматическому синтезу моделей наблюдаемых объектов по поступающим от них данным. Возможность применения синтеза на практике обеспечена за счет развития существующего аппарата и снижения его вычислительной сложности. Представленная теория позволяет сделать шаг для дальнейшего развития имеющихся систем мониторинга и управления, их перехода на качественно новый уровень. С учетом этого, актуальность темы диссертации не вызывает сомнений.

Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе предложено решение актуальной научной проблемы разработки основ теории и методов многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отвечающих современным потребностям практики по снижению вычислительной сложности этого синтеза.

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов состоит в следующем:

1. Разработаны основы новой теории многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отличающейся оригинальной концептуальной моделью синтеза многоуровневых перестраиваемых автоматных моделей. Это позволяет получить новые решения в процессе синтеза интеллектуальных информационных систем.

2. Разработаны новые методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга. Новые методы, в отличие от существующих, позволяют выполнять индуктивно - дедуктивный синтез моделей наблюдаемых объектов. Для них разработаны новые постановки задач и новые решения. Новизна решений состоит в возможности многоуровневого индуктивного синтеза по поступающим данным. Метод обеспечивает построение новых, ранее не рассматривавшихся моделей, за счет доказательства их существования в пространстве, построенном в результате индуктивного синтеза. Таким образом, впервые обеспечена возможность автоматического построения новых моделей объектов по исходным данным.

3. Для построения моделей объектов предложены новые методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей процессов и программ мониторинга, отличающиеся относительно низкой вычислительной сложностью. Метод, предложенный для построения процессов мониторинга, основан на доказательстве их существования с применением прямого нисходящего многоуровневого вывода. Основу предложенного метода синтеза программ мониторинга составляет обратный многоуровневый вывод. Таким образом, впервые обеспечена возможность автоматического синтеза многоуровневых моделей процессов мониторинга, представляемых в виде относительно-конечных операционных автоматных моделей, и соответствующих им программ.

4. Разработаны новые методы и модели многоуровневой трансформации данных, обеспечившие возможность контентно адаптивной обработки результатов мониторинга, что позволяет учитывать содержание данных и условия синтеза моделей объектов. Предложена модель, позволяющая описывать процессы обработки в общем виде, и метод для их поэтапной детализации до уровня программно-реализуемых. Таким образом, в рамках синтеза моделей объектов, процессов и программ мониторинга впервые сформулирована и решена задача контентно адаптивной обработки данных мониторинга, обеспечиваемой средствами информационных систем.

5. Предложены оригинальные методы и модели разработки проблемно- и предметно-ориентированных систем построения моделей объектов мониторинга. В отличие от существующих, новые системы имеют гибкую архитектуру, которая описывается в виде иерархии согласованных архитектурных и онтологических моделей. Для разработки систем предложены новые методы, включая методы для их проектирования и сопровождения, ориентированные на применение гибких методологий. Таким образом, разработан новый класс программных систем, а также обеспечено применение гибких методологий на всех этапах их жизненного цикла.

6. Разработана новая система программно реализуемых методик построения моделей объектов мониторинга, отличающаяся от существующих тем, что обеспечивает полноту синтезируемых прикладных моделей и низкую вычислительную сложность их синтеза. Применение предложенной методики при решении практических задач позволяет учитывать классы решаемых задач, показатели и критерии эффективности формируемых решений, а также типы данных, формируемых и обрабатываемых в предметных областях. Таким

образом, обеспечено применение теоретического аппарата синтеза для решения практических задач с учетом их особенностей и особенностей предметных областей.

Теоретическая значимость

Теоретическая значимость результатов работы состоит в разработке теории, позволившей создать основу для автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отвечающих современным потребностям практики. В ходе разработки этой теории существенное развитие получили теория автоматического синтеза моделей объектов, процессов и программ мониторинга, а также аппарат относительно конечных операционных автоматов.

Кроме того, в работе предложены новая гибкая архитектура программных систем, а также новые методы их проектирования, построения и сопровождения, основанные на применении гибких методологий. Предложенные архитектурные решения определяют новые возможности в области разработки современных информационных систем. Следует отметить, что разработанный механизм синтеза позволяет усовершенствовать теоретические решения, применяемые в области мониторинга сложных технических и природных объектов.

Предложенная теория позволяет сделать дальнейшие шаги по развитию символического подхода к созданию систем искусственного интеллекта. Не вызывает сомнений, что положительный эффект, полученный в результате его развития, будет наблюдаться и в других смежных областях.

Практическая ценность и реализация результатов

Практическая ценность работы состоит в новых возможностях по построению моделей объектов при решении практических задач в различных предметных областях. Результаты эксплуатации разработанных систем в области объектов космического назначения, телекоммуникации, океанографии, исследовательской и практической медицины показали, что применение новых систем на практике позволяет существенно расширить состав решаемых задач, сократить время, затрачиваемое на их решение. Также предложенные системы обеспечивают повышение точности и достоверности формируемых решений значительной части прикладных задач по сравнению с существующими подходами.

В ходе апробации разработанных систем получены следующие практические результаты, подтвержденные актами о внедрении.

1. Область объектов космического назначения. Согласно оценкам специалистов космодромов и полигонов РФ, применение разработанных систем позволило повысить точность и достоверность результатов обработки данных, получаемых от наблюдаемых объектов, существенно сократить время их обработки. Приведены количественные оценки, полученные при обработке данных РКН семейства СОЮЗ (достоверные решения получены для 85%-95% прикладных задач, точность обработки составила 98%, время обработки составляло секунды, не превышало нескольких минут).

2. Область океанографии. Разработанные системы применялись и оценивались с привлечением специалистов Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ). Результаты обработки данных по Баренцеву морю показали, что достоверность получаемых решений была увеличена в среднем на 15-17%, точность повысилась на 8-15%. Также специалистами ААНИИ решались задачи обработки данных, поступающих от сети океанографических буев. Проведенные исследования показали, что применение новой системы позволило передавать потребителям порядка 85% данных практически без задержек. До разработки новых систем время передачи составляло от 12 до 24 часов.

3. Область практической и исследовательской медицины. Апробация новых систем проводилась специалистами ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова». По их оценкам применение предложенных систем позволило значительно увеличить число решаемых прикладных задач. Одной из таких задач является задача комплексной оценки состояния пациентов. Задача

решалась на данных о кардиологических больных, собранных более, чем за десятилетний период. Их обработка показала, что в 99% случаев формируемые системой решения точно отражают состояния пациентов и динамику их изменения. Также новые системы позволили на порядок повысить результативность назначения диагностических процедур. Для эхокардиографического исследования этот показатель достиг 98%.

4. Область телекоммуникаций. Оценки эффективности систем даны на основе обработки статистических данных об эксплуатации систем мониторинга, развернутых в нескольких крупных и средних сегментах сетей операторов кабельного телевидения Северной Америки и Канады. Общее число контролируемых пользовательских устройств составляло несколько миллионов. Результаты обработки данных об эксплуатации систем показали, что системы обеспечили своевременное выявление и устранение 98,5% всех ошибок. Кроме того, обеспечено существенное расширение области применения систем мониторинга за счет низкой стоимости их проектирования и сопровождения.

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждается следующим:

- новый аппарат многоуровневого автоматического синтеза основан на известной теории относительно конечных операционных автоматов;
- синтез многоуровневых моделей объектов мониторинга опирается на классические методы индуктивного и дедуктивного синтеза;
- синтезируемые процессы и программы не приводят к искажению информации о наблюдаемых объектах за счет формального доказательства обоснованности этих процессов и программ на каждом из шагов синтеза;
- результатами проведенного моделирования и результатами опытной эксплуатации внедренных систем в нескольких предметных областях.

5. Полнота опубликованных результатов и соответствие паспорту специальности

По теме диссертации опубликовано более 180 работ, в том числе, 5 монографий, 36 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 20 статей в изданиях, индексируемых в SCOPUS и Web of Science, 3 программы для ЭВМ, 3 учебных пособия.

Основные результаты обсуждались на 28 международных, национальных и региональных научных конференциях.

Результаты диссертационного исследования соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 05.13.01 (технические системы):

1. Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
7. Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем.
9. Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов.

Предложения по дальнейшему использованию результатов работы

Проведенные в диссертации исследования могут быть продолжены по следующим направлениям.

Разработка аппарата синтеза для решения задач управления. Его можно разработать на основе предложенных в работе иерархических относительно-конечных автоматов и методов их многоуровневого синтеза. Для решения задач управления требуется разработать

новые модели для описания поведения наблюдаемых объектов, а также методы их синтеза. Управляющие воздействия должны определяться управляющими моделями и вырабатываться с опорой на результаты прогнозирования состояния управляемых объектов. Создание такого аппарата позволит разрабатывать новые предметно-ориентированные информационно-управляющие системы.

Предложенные методы индуктивного и дедуктивного синтеза предлагается адаптировать для решения задач синтеза интегральных схем, в том числе, сверх больших интегральных схем. Разработка и применение методов индуктивно - дедуктивного синтеза интегральных схем позволит повысить эффективность их построения и модернизации.

В области онтологического инжиниринга требуют решения задачи построения и применения контекстных онтологий на основе имеющихся доменно-независимых, а также проблемно- и предметно- ориентированных онтологий и их фрагментов. Существующие решения предполагают применение операций интеграции онтологий, их слияния и других, которые имеют высокую сложность, требуют определения условий и правил их выполнения и т.д. Решение таких задач может быть найдено за счет разработки новых методов трансформации онтологий и технологических решений, обеспечивающих их эффективную реализацию.

Разработанный аппарат многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга целесообразно применять при решении практических задач в существенно большем числе предметных областей, чем он применяется в настоящее время. Не вызывает сомнений эффективность его применения в таких областях, как городское хозяйство, сельское хозяйство, область образования и других. Следует отметить, что для применения предложенного аппарата в новых предметных областях нет необходимости его дорабатывать.

Рекомендуется

- внедрить программные системы, разработанные для области объектов космического назначения, в организации, где решаются задачи мониторинга и управления сложными техническими объектами, не ограничиваться рамками предприятий военно-космической отрасли;

- программные системы, используемые в области океанографии, также применять в научно-исследовательских центрах и организациях, решающих задачи мониторинга атмосферы;

- программные системы, предназначенные для решения научных и практических задач в области медицины, использовать в различных медицинских учреждениях, специализирующихся на лечении кардиологических больных, а также медицинских учреждениях других профилей;

- программные системы, созданные для мониторинга телекоммуникационных сетей, следует использовать при мониторинге сетей Интернета вещей. Для этого необходимо интегрировать системы, разработанные для области телекоммуникаций, и существующие платформы Интернета вещей.

Результаты диссертационного исследования также будут полезны при выполнении перспективных НИР и ОКР. Перспективным представляется применение идей, положенных в основу теории многоуровневого автоматического синтеза, в рамках проведения фундаментальных исследований. Результаты многоуровневого синтеза могут быть также реализованы при проведении прикладных исследований, в том числе, при разработке новых робототехнических комплексов, программного обеспечения беспилотных летательных аппаратов и других. В частности, результаты могут быть использованы в следующих организациях:

- в Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» (Госкорпорация «Роскосмос»);

- в Публичном акционерном обществе «Информационные телекоммуникационные технологии» (ПАО «Интелтех»);

- в Федеральном государственном учреждении «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова» (ФГУ «ГОИН»)
- в Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова (ВМА им. С. М. Кирова).

Замечания по диссертации и автореферату

При изучении представленной диссертационной работы и автореферата Жуковой Н.А. возникли следующие замечания:

1. В первой главе диссертации не приведены результаты анализа современных интеллектуальных систем. Хотелось бы видеть основные классы систем, их ключевые параметры, имеющиеся ограничения с точки зрения решаемых практических задач и других характеристик.

2. При построении моделей наблюдаемых объектов решаются две задачи - задача анализа данных и задача синтеза многоуровневых структур. При построении процессов мониторинга решается задача управления мониторингом. Эти задачи в работе не сформулированы. Приведены только постановки более узких задач индуктивного и дедуктивного синтеза. Это не позволило полностью раскрыть возможности предлагаемой теории.

3. Отсутствует развернутое описание предложенного метода многоуровневой трансформации данных. Оно ограничивается только перечислением основных шагов. Частично это компенсируется за счет подробного описания модели трансформации данных.

4. При описании метода многоуровневой трансформации указано, что управление осуществляется в соответствии с выбранной стратегией. При этом ни одной конкретной стратегии не приведено. Необходимо было определить возможные стратегии управления для различных условий мониторинга.

5. При разработке проблемно- и предметно-ориентированных систем не рассмотрены возможности применения геоинформационных технологий несмотря на то, что геоинформационные системы широко используются для сбора и обработки данных мониторинга. В работе имеется единственное упоминание геоинформационной платформы как одной из возможных платформ, входящих в состав предложенных систем мониторинга. С учетом задач, которые должны решаться новыми системами, этого недостаточно.

6. В главе 5 приводятся практические результаты применения разработанного аппарата синтеза. Результаты, полученные в различных предметных областях, представлены в отдельных разделах. Все разделы имеют одинаковую структуру. Однако, форма представления результатов выбрана не вполне удачно. С учетом большого объема представляемого материала желательно было использовать не текстовое описание, а табличные и графические представления данных.

7. В приложении к диссертационной работе приводится пример применения моделей и методов синтеза при решении задач в области телекоммуникации. При этом пояснений к содержанию таблиц практически не дается (Таблицы П.1 - П.3 и др.), надписи на многих графиках не видны (Рисунок П.2 - П.4 и др.), приводятся фрагменты программного кода на языках представления сценариев (Рисунок П.13 и др.), однако, структуры записей и используемые операторы не описываются. Имеется много нераскрытых англоязычных специализированных обозначений и терминов (Таблица П.8. и другие). Такое описание ориентировано на специалистов в области телекоммуникаций. Необходимо было его упростить, исключив несущественные детали.

В целом указанные замечания не снижают общей научной ценности представленного исследования.

Заключение

Диссертация Жуковой Наталии Александровны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные результаты, позволившие решить актуальную научную проблему разработки основ теории и методов многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отвечающих современным требованиям к снижению вычислительной сложности этого синтеза в автоматизированных системах управления и мониторинга сложных объектов,

имеющую существенное значение для развития народно-хозяйственной и оборонной отраслей.

В ходе работы над диссертацией Жуковой Н.А. разработаны основы теории и методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга. Для построения моделей объектов разработаны методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей процессов и программ мониторинга, а также методы и модели многоуровневой адаптивной трансформации данных мониторинга. Предложены методы и модели разработки проблемно- и предметно-ориентированных систем построения моделей объектов по данным мониторинга и система методик, обеспечивающая возможность решения прикладных задач с их использованием.

Работа выполнена на высоком научном уровне. Поставленная цель достигнута, все задачи решены. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Основные этапы работы, полученные результаты и выводы представлены в автореферате. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации. Заключение антиплагиата позволяет сделать вывод о том, что работа выполнена автором самостоятельно.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям п. 9-14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 01.10.2018), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Жукова Наталия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)».

Диссертация и отзыв на нее обсуждены и одобрены на заседании кафедры вычислительной техники, института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета, протокол № 6 от 23 января 2020 года. Присутствовал 21 человек, «за» 21, «против» 0, воздержавшиеся 0.

Профессор, руководитель научно-учебной
лаборатории систем автоматизированного
проектирования кафедры вычислительной
техники Сибирского федерального
университета, доктор технических наук, доцент

Бронов Сергей Александрович

Профессор, руководитель научно-учебной
лаборатории технологии программирования
кафедры вычислительной техничеки
Сибирского федерального университета,
доктор технических наук, профессор

Легалов Александр Иванович

Адрес: 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79/10
Электронная почта: office@sfu-kras.ru
Телефон/факс: +7 (391) 244-86-25