

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора кафедры компьютерного моделирования и многопроцессорных систем Санкт-Петербургского государственного университета Дегтярева Александра Борисовича на диссертационную работу Жуковой Наталии Александровны, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук, на тему «Многоуровневый синтез автоматных моделей объектов мониторинга» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)»

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Уровень развития технологий моделирования зеркально отражает уровень развития общества в целом, его отдельных отраслей. Формируемые модели должны быть способны описывать объекты реального мира, их структуру и поведение, функциональные возможности, а также происходящие в мире процессы, позволять решать актуальные теоретические и практические задачи.

Необходимость в наличии и активном использовании моделей определилась достаточно давно. В результате проведенных многочисленных научных исследований и разработок к настоящему времени в значительной степени решены задачи построения и применения частных моделей технических и природных объектов. Как правило, их построение и применение осуществляется при активном участии экспертов. Модели позволяют успешно формулировать и решать отдельные прикладные задачи. Однако, на сегодняшний день, таких моделей оказывается не достаточно для решения многих практических задач.

Одна из главных причин этого - появление новых систем, связывающих многие технические и природные объекты между собой, усложнение способов взаимодействия объектов между собой и с внешней средой, увеличение числа внутренних взаимосвязей между элементами внутри объектов, т.е. **усиление роли факторов связанности в моделируемых объектах и системах**.

В сложившихся условиях постановка и решение частных задач при моделировании объектов и систем может привести к формированию недостоверных решений. При постановке частных задач исследуются один или несколько элементов моделируемых объектов и их свойства, при этом сам объект, и, тем более, система, в состав которой он входит, из рассмотрения исключается. Моделирование вне объекта и вне системы не позволяет учитывать влияющие на состояние элементов и их поведение факторы.

Необходимость в привлечении экспертов также накладывает ограничения на возможности существующих подходов к моделированию. Эксперты не могут обеспечить обработку больших и очень больших объемов данных, поступающих от моделируемых объектов и систем, особенно, с учетом частого их изменения, необходимости использования сложных методов обработки и анализа данных.

Формируемые в настоящее время модели являются, в своем большинстве, предметно-ориентированными. Для их решения используются специализированные математические модели и методы. Это приводит к необходимости построения новых моделей при появлении новых задач.

Таким образом, имеется необходимость в новых подходах к моделированию, которые должны отвечать целому ряду новых требований, основными из которых являются следующие: модели должны позволять проводить системный анализ состояния и поведения объектов и систем реального мира, моделирование должно обеспечиваться средствами информационных систем, т.е. являться автоматическим; формируемые модели должны быть не только предметно - ориентированными, но и проблемно - ориентированными.

В диссертационной работе предлагается теория, направленная на решение проблемы разработки основ теории и методов многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отвечающих современным потребностям практики. С учетом современного состояния области моделирования и потребности в ее развитии **диссертационная работа является**

*актуальной*, так как позволяет строить модели объектов и систем путем их синтеза.

### **Научная новизна результатов работы**

В работе предложено оригинальное решение *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 диссертации Жуковой Н.А. результатов заключается в следующем:

1. Созданы *основы новой теории многоуровневого автоматического синтеза моделей объектов мониторинга в виде относительно конечных операционных автоматов (ОКА)*. До проведения автором научных исследований существовала только теория одноуровневого автоматического синтеза ОКА, как моделей процессов и программ мониторинга. Она обеспечивала возможности синтеза только одноуровневых ОКА. В рамках создания новой теории автором разработаны оригинальные концептуальная модель *многоуровневого синтеза автоматных моделей, иерархические ОКА*, система показателей и критериев эффективности многоуровневого синтеза моделей объектов мониторинга, даны формулировки общей и частных задач многоуровневого синтеза.

2. В состав предложенной теории включены *новые методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей* объектов мониторинга. Они позволяют синтезировать модели объектов по исходным данным на различных временных интервалах, а также синтезировать новые модели объектов опираясь на допустимые состояния, в которых могут находиться объекты, и допустимые переходы между ними. Допустимые множества состояний и переходов автоматически перестраиваются на каждом шаге синтеза с учетом новых данных, полученных от наблюдаемых объектов. До разработки предложенных методов, согласно проведенному анализу, синтез моделей объектов осуществлялся по известным шаблонам, перестройка допустимых множеств состояний и переходов могла выполняться при наличии соответствующих правил.

При разработке новых методов были сформулированы новые постановки задач *многоуровневого* синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, решение которых основано на *индуктивно-дедуктивном* синтезе, направленном на построение многоуровневых автоматных моделей объектов. Индуктивный синтез обеспечивает построение моделей объектов по поступающим от них данным за счет многоуровневого связывания элементов данных между собой, дедуктивный синтез позволяет строить новые многоуровневые модели. При их построении делается предположение о существовании некоторой новой модели и выполняется доказательство ее существования.

3. Предложены ***новые методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей процессов и программ мониторинга***. Новые методы позволяют обеспечить сбор данных, необходимых для синтеза моделей объектов мониторинга. Состав собираемых данных определяется путем сопоставления параметров двух моделей: модели, синтезированной по имеющимся данным, и модели, которая нужна потребителям, по запросу которых осуществляется мониторинг. До настоящего времени, в основном, использовались фиксированные и настраиваемые процессы и программы мониторинга. Автоматическая перестройка процессов не выполнялась из-за большой размерности пространства возможных структур процессов и программ. Новые методы синтеза процессов и программ позволили *кратно снизить вычислительной сложность такого синтеза*. Для обеспечения низкой сложности автором предложено строить процессы мониторинга на основе доказательства их существования с применением прямого нисходящего многоуровневого вывода, программы мониторинга строятся на основе обратного многоуровневого вывода.

4. Обеспечена возможность *контентно адаптивной обработки данных*, поступающих от наблюдаемых объектов. При такой обработке учитывается смысловое содержание данных и условия, в которых она выполняется. Новые возможности обеспечиваются за счет разработки ***новых методов и моделей многоуровневой трансформации данных***. На верхних уровнях предложенной модели трансформации процессы обработки описываются в общем виде, а затем на более низких уровнях многократно уточняются. В результате всех уточнений формируются программно-реализуемые процессы, в которых учтены контент и контекст обработки. Существующие модели обработки данных имеют узкую

область применения или вызывают сложности при реализации. В диссертационной работе формальные модель и метод трансформации поддержаны системой обеспечивающих многоуровневых моделей, включающих информационные, функциональные, процессные и сервисные модели, а также управляющую модель. Каждый уровень формальной модели раскрывается в виде системы моделей соответствующего уровня. Управляющая модель обеспечивает возможность горизонтально-вертикального преобразования моделей, т.е. преобразования их в рамках одного уровня и между уровнями. В отличие от большинства существующих, управляющая модель представляет собой систему классификаторов, связывающих предметную область с областью обработки и анализа данных. Модель реализована в виде онтологии. Управляющие воздействия определяются путем построения запросов к онтологии.

5. Введен **новый класс проблемно- и предметно- ориентированных систем** (ППСМ), предложены **новые модели и методы для их разработки**. Новые ППСМ позволяют строить модели объектов мониторинга, востребованные в предметных областях. Ранее рассматривалось два отдельных класса систем: класс проблемно-ориентированных систем и класс предметно-ориентированных систем. Системы первого класса не учитывают особенности предметных областей, системы второго класса имеют узкую область применения. В обоих случаях системы требуют затрат значительных ресурсов на их проектирование, разработку и сопровождение. Предложенный новый класс систем обеспечивает использование общих решений для различных задач в различных предметных областях. Поддержка новых возможностей основана на использовании модельно-ориентированного подхода к разработке программных систем. Однако, в отличие от существующих систем, построенных на основе моделей, у ППСМ также имеются *собственные модели, модели наблюдаемых объектов и модели внешней среды*. Архитектура систем описывается в виде *иерархии согласованных архитектурных и онтологических моделей*, что обеспечивает ее гибкость. Такая архитектура позволяет применять *гибкие методологии при проектировании, создании и сопровождении систем*, т.е. на всех этапах их жизненного цикла. До предложенных автором новых решений гибкость обеспечивалась только на отдельных этапах.

6. Разработана **новая система программно реализуемых методик построения моделей объектов мониторинга**. Применение методик позволяет решать практические задачи в предметных областях с использованием нового аппарата многоуровневого синтеза. Это *позволяет обеспечить полноту синтезируемых прикладных моделей и низкую сложность их синтеза*. Система методик включает как общую, так и частные методики для предметных областей. В частных методиках учитываются классы решаемых задач, типы обрабатываемых данных и их особенности, показатели эффективности формируемых результатов и критерии для их оценки, применяемые в предметных областях, а также традиционно используемые в этих областях модели и методы обработки. Для построения моделей объектов разработано программное средство, которое позволяет адаптировать ППСМ для возможности работы с ним специалистов предметных областей. Сформулированы рекомендации по построению моделей объектов мониторинга, представленные в виде набора типовых решений. Одним из разработанных типовых решений является открытая программная платформа построения моделей объектов, которая может использоваться как готовая программная система или как база для разработки новых систем.

### **Теоретическая значимость и практическая ценность**

**Теоретическая значимость** диссертационного исследования состоит в создании новой теории многоуровневого синтеза моделей наблюдаемых объектов. Новая теория имеет важное значение для развития теории синтеза, так как обеспечивает возможность применения методов синтеза на практике за счет кратного снижения их вычислительной сложности. Для снижения сложности в новой теории задача синтеза модели объекта сводится к постановке и решению множества отдельных задач. Их решение требует существенно меньших вычислительных затрат, чем решение задачи синтеза модели объекта в ее исходной постановке.

Новая теория предназначена для моделирования объектов, имеющих многоуровневую структуру. Синтезируемые модели могут описывать объекты с изменяющимися структурами в дискретном времени и дискретном пространстве

состояний. С учетом того, что значительная часть существующих объектов отвечает этим требованиям, новая теория имеет широкую область применения.

Для формального описания синтезируемых моделей объектов разработаны иерархические относительно-конечные операционные автоматы (ОКА). Новые автоматы построены на основе ранее существовавших одноуровневых ОКА. Новые иерархические ОКА определяют новый класс автоматных моделей. Создание нового класса иерархических ОКА позволяет расширить возможности современной теории автоматов.

Теоретическую значимость также имеют предложенные методы и модели многоуровневой трансформации данных. Они разработаны в рамках существующей теории адаптивной обработки данных. Суть предлагаемых решений состоит в построении моделей трансформации исходя из контента полученных от объекта данных и контекста их обработки. Последовательности преобразований данных, которые описываются моделями трансформаций, позволяют определить процессы обработки данных.

Значительный интерес работа представляет с точки зрения развития теории информационных систем. Внесенный автором вклад состоит в следующем: разработан новый класс проблемно - и предметно - ориентированных программных систем, совместивший возможности существующих проблемно-ориентированных систем и предметно - ориентированных систем. Новые системы позволяют применять общие модели и методы многоуровневого синтеза для решения прикладных задач во многих предметных областях. Разработана новая гибкая архитектура для программных систем предложенного класса, а также методы, позволяющие расширить область применения гибких методологий, гибкие методологии стало возможным применять на всем протяжении жизненного цикла программных систем.

Работа имеет большую **практическую ценность**. Практическую ценность представляют: разработанные информационные, архитектурные и программные компоненты, позволяющие строить проблемно- и предметно- ориентированные программные системы; созданные и внедренные системы построения моделей объектов для четырех предметных областей (области объектов космического назначения, области океанографии, области исследовательской и практической медицины, области телекоммуникаций); методики построения моделей объектов

по данным мониторинга, средства для их построения, а также сформулированные рекомендации для решения прикладных задач.

Оценки эффективности применения разработанных систем на практике были даны предметными специалистами по результатам эксплуатации систем. Согласно экспертным заключениям применение многоуровневого синтеза позволяет расширить состав решаемых прикладных задач, сократить время, затрачиваемое на их решение, повысить точность и достоверность формируемых результатов. Экспертами были даны качественные и количественные оценки эффективности предложенных решений. Представленные в тексте диссертации оценки подтверждены актами о внедрении.

С учетом большого объема исследований, проведенных в предметных областях, в тексте диссертации представлены только результаты построения моделей объектов, полученные в каждой из предметных областей. Подробное описание практических работ, проведенных автором в предметных областях, содержится в двух монографиях автора, выпущенных в соавторстве с предметными специалистами в 2017 ("Когнитивные информационные системы") и 2018 ("Когнитивный мониторинг телекоммуникационных сетей") гг.

#### **Степень обоснованности и достоверность научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

Достоверность и достаточная степень обоснованности научных положений подтверждаются следующим:

- полнотой и глубиной анализа отечественных и зарубежных источников, отражающих классические подходы и современное состояние областей моделирования объектов, синтеза моделей объектов, процессов и программ и других, связанных с темой исследования;
- использованием известного аппарата относительно конечных операционных автоматов, прошедшего апробацию, при разработке моделей объектов мониторинга;
- использованием классических методов индуктивного и дедуктивного синтеза в качестве основы при разработке методов многоуровневых синтеза автоматных моделей объектов мониторинга;



- применение предлагаемых методов синтеза не приводит к искажению информации о наблюдаемых объектах; это обеспечивается за счет формального доказательства обоснованности синтезируемых процессов и программ на каждом из шагов синтеза;

- результатами применения разработанного аппарата синтеза в предметных областях.

### **Общая оценка содержания диссертации, полнота опубликованных результатов и соответствие паспорту специальности**

Научные положения диссертации Жуковой Н.А. опубликованы более, чем в 180 научных трудах, в том числе: 36 статьях в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 20 статьях в изданиях, индексируемых в SCOPUS и Web of Science, 5 монографиях, где соискатель является одним из соавторов, 3 программах для ЭВМ, 3 учебных пособиях; остальные публикации - в научно-технических журналах и сборниках научных трудов. Полученные автором основные результаты также обсуждались на 28 международных, национальных и региональных научных конференциях.

Результаты работы соответствуют паспорту специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы) по пунктам:

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.

Текст диссертации оформлен аккуратно, удовлетворяет требованиям к оформлению научных рукописей, представляемых в печать.

Автореферат диссертации правильно передает основное содержание работы. Автореферат составлен в соответствии с требованиями "Положения ...", предъявляемыми к авторефератам диссертаций.

### **Недостатки и замечания по диссертационной работе**

Наряду с отмеченными положительными сторонами работы, диссертация Жуковой Н.А. не лишена ряда недостатков. Ниже отмечены основные из них:

1. При рассмотрении иерархии моделей мониторинга логично предположить многоканальное поступление информации от разнородных распределенных источников, как формируемой, так обрабатываемой и ассимилируемой в распределенной вычислительной среде (иначе иерархическая система мониторинга не обязательна). Однако в работе этот факт не обсуждается, хотя в этом случае мы имеем ряд принципиальных особенностей, в том числе порождаемых CAP теоремой. Предлагаемые подходы для распределенной среды, основанные на сервисах, сервис-ориентированной архитектуре и многоагентных системах, с моей точки зрения, не эффективны для целей мониторинга и могут использоваться только как вспомогательные средства, поскольку ориентированы на слабо связанные приложения.
2. Предложенная иерархия моделей мониторинга, по умолчанию, может быть реализована на одном вычислительном ресурсе с очень большим числом каналов связи, с очень высокой производительностью вычислительного узла, безграничной памятью и т.д. В реальности это не так. Все предложенные модели необходимо отобразить на ту или иную из имеющихся компьютерных архитектур. Особенности такого отображения на параллельную, гибридную, распределенную и прочие архитектуры в работе отсутствуют. Поэтому реализуемость предложенных решений не доказана.
3. В работе приведены примеры практической реализации различных систем мониторинга. Однако видится некоторая оторванность защищаемых теоретических положений и практических результатов. Все рассмотренные системы мониторинга реализовывались и ранее. Чем

предложенный подход лучше? В работе много говорится о метриках оценки качества мониторинга, однако, не приводится в явном виде сравнение предложенных практических решений с конкурирующими решениями.

Приведенные недостатки и замечания в целом не снижают научный уровень представленного материала, не опровергают и не ставят под сомнение достоверности и значимости основных научных результатов, полученных автором рассматриваемой диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Жуковой Н.А. на тему "Многоуровневый синтез автоматных моделей объектов мониторинга", представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)» является законченной научно-квалификационной работой.

Диссертация Жуковой Н.А. характеризуется новизной, теоретической значимостью и практической ценностью результатов. Результаты являются достоверными и научно обоснованными. Соискателем успешно решена актуальная научная проблема разработки основ теории и методов многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отвечающих современным потребностям практики по снижению вычислительной сложности этого синтеза.

Считаю, что диссертационная работа Жуковой Наталии Александровны по содержанию, научному уровню и степени завершенности исследования соответствует критериям пп. 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)».

**Официальный оппонент**

Профессор кафедры

Компьютерного моделирования

и многопроцессорных систем

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Доктор технических наук, доцент

Дегтярев  
Александр  
Борисович

20 февраля 2020 года

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9

Телефон: 8 812 428-47-83

E-mail: [a.degtyarev@spbu.ru](mailto:a.degtyarev@spbu.ru)

Подпись        заверяю,  
начальник отдела кадров

*Машкина И.И.*  
*20.02.2020*

Документ подготовлен  
в порядке исполнения  
трудовых обязанностей