

Председателю диссертационного совета  
Д 002.199.01, созданного на базе  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Санкт-Петербургского  
института информатики и автоматизации  
Российской академии наук  
Юсупову Р. М.  
199178, Санкт-Петербург, 14 линия В.О., д. 39

### **Отзыв**

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Страбыкина Дмитрия Алексеевича  
на диссертационную работу 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)

#### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

В настоящее время при решении значительного числа теоретических и практических задач возникает необходимость в методах автоматического синтеза моделей различных объектов. Потребность в применении автоматического синтеза вызвана увеличением уровня сложности, на котором рассматриваются объекты и процессы реального мира, а также изменением условий их применения. В современных условиях множество состояний объектов и реализуемых ими процессов не является конечным и может быть описано лишь частично на фиксированные моменты времени. При этом применение известных методов ручного синтеза приводит к снижению точности и достоверности решений, невозможности их использования на практике.

Автоматический синтез предоставляет качественно другие возможности для построения решений, которые обеспечиваются за счет формирования новых

структур путем доказательства их существования. В тоже время, несмотря на перспективность данного подхода, на практике он применяется достаточно ограниченно. Классические модели и методы синтеза позволяют строить модели объектов, процессов и программ. Однако, они имеют целый ряд ограничений, в частности, высокую вычислительную сложность, необходимость формального описания пространства синтеза.

В последние годы активно ведется поиск новых моделей и методов синтеза. В первую очередь, такой поиск ведется в области синтеза моделей программ. Это направление активно поддерживается ведущими мировыми компаниями по разработке программного обеспечения, заинтересованными в реализации возможностей синтеза при создании новых программных продуктов и сопровождении существующих. Вопросы синтеза моделей программ рассматриваются на многих международных конференциях, им ежегодно посвящаются десятки научных статей, публикуемых ведущими исследовательскими центрами в различных странах. К настоящему времени значительная часть результатов получена, в первую очередь, в рамках развития индуктивного синтеза. В других областях, несмотря на высокую потребность моделей и методов синтеза, их развитие происходит значительно более медленно, что связано с большими объемами данных, разнородностью объектов и процессов, сложностью их формализации.

В целом, характеризуя текущее состояние области синтеза моделей объектов, процессов и программ, можно сказать, что уровень развития существующего аппарата автоматического синтеза не позволяет применять его для построения моделей объектов, процессов и программ при решении современных теоретических и практических задач вследствие многих ограничений.

С учетом изложенного тема диссертационной работы Жуковой Н. А. «Многоуровневый синтез автоматных моделей объектов мониторинга» является актуальной.



## 2. Научная новизна результатов работы

1. Разработаны основы новой теории, впервые позволившей выполнять автоматический синтез многоуровневых автоматных моделей объектов мониторинга. Новые модели позволяют формально описывать многоуровневые объекты в дискретном времени и дискретном пространстве состояний. Предложенная теория позволила осуществлять автоматический синтез моделей объектов, используя собираемые с наблюдаемых объектов данные и результаты их обработки. Основы теории составляют:

- концептуальная модель синтеза многоуровневых перестраиваемых автоматных моделей. Новая модель определяет полный цикл синтеза моделей наблюдаемых объектов, включающий синтез процессов и программ мониторинга для сбора данных о необходимых объектах, необходимых для синтеза их моделей;

- система показателей и критериев эффективности, предусматривающая оценку полноты синтезируемых моделей и сложности их построения. В новой системе определены ключевые показатели многоуровневого синтеза, а также связанные с ними показатели, включая показатели эффективности обработки данных и показатели эффективности решения прикладных задач;

- формализмы математического описания иерархических относительно-конечных автоматов. Предложенные иерархические автоматные модели являются новыми полностью перестраиваемыми автоматными моделями, которые развивают существующие одноуровневые модели. Новые модели позволяют описывать структуры многоуровневых объектов и их изменения, вызванные воздействиями внутренних и внешних влияющих факторов;

- математические формулировки задач многоуровневого синтеза. Представленные формулировки отражают состав новых задач, решение которых обеспечивается за счет многоуровневого синтеза моделей объектов.

2. Разработаны новые методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга. В отличие от существующих методов, они предусматривают автоматический многоуровневый индуктивно-дедуктивный синтез. Совместное использование индуктивного и дедуктивного синтеза позволяет строить новые модели объектов, основываясь на собираемых о

них данных. В состав разработанных методов входят новый метод многоуровневого индуктивного синтеза и новый метод многоуровневого дедуктивного синтеза. Методы базируются на новых постановках задач и новых решениях. При индуктивном синтезе выполняется обработка поступающих от объектов данных, предусматривающая выделение из них информационных элементов и их связывание. В результате формируются модели объектов, которые отражают структуры наблюдаемых объектов и их изменения во времени и пространстве. Дедуктивный многоуровневый синтез обеспечивает построение новых, ранее не рассматривавшихся структур, за счет доказательства их существования в пространстве, построенном на основе структур, которые получаются в результате многоуровневого индуктивного синтеза.

3. Разработаны новые методы многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей процессов и программ мониторинга, позволяющие получать данные, необходимые для синтеза моделей объектов. Новизна методов состоит в выполнении синтеза на различных уровнях, которые определяются структурами синтезируемых моделей объектов, что позволяет обеспечить низкую вычислительную сложность синтеза. Синтез основан на доказательстве существования процессов с применением прямого нисходящего многоуровневого вывода и программ на основе обратного многоуровневого вывода. Синтез выполняется начиная с верхних уровней, где число элементов в моделях объектов является наименьшим и, соответственно, построение моделей процессов и программ требует меньшего числа операций. При успешном доказательстве на верхних уровнях, переход на более низкие уровни не выполняется.

4. Разработаны новые методы и модели многоуровневой трансформации данных. Новизна методов и моделей состоит в том, что они, в отличие от большинства существующих моделей и методов, позволяют описывать процессы обработки в общем виде, а затем поэтапно детализировать их до уровня программно-реализуемых. Детализация осуществляется, исходя из содержания данных и с учетом условий, в которых выполняются трансформации. В результате новые модели и методы обеспечивают возможность контентно адаптивной обработки результатов мониторинга. Разработанные методы и модели могут



применяться как при подготовке данных для синтеза моделей объектов, так и для решения широкого круга других практических задач.

5. Предложены оригинальные методы и модели разработки проблемно- и предметно- ориентированных систем. Разработанные системы определяют новый подкласс адаптивных интеллектуальных систем, обладающих способностями к перестройке. Эти системы предназначены для решения различных задач, относящихся к различным предметным областям, но использующих похожие решения. Системы отличаются наличием у них собственных моделей, моделей наблюдаемых объектов и моделей внешней среды, способностью работать с этими моделями. Реализуется модельный подход, позволяющий создавать системы с гибкой архитектурой, которая описывается в виде иерархии согласованных архитектурных и онтологических моделей. Для преобразования систем достаточно преобразовать их модели. Это позволяет применять гибкие методологии не только при создании систем, как в настоящее время, но также при их проектировании и сопровождении, обеспечивая применение гибких методологий на всех этапах их жизненного цикла.

6. Разработана новая система программно реализуемых методик построения моделей объектов мониторинга. Предложенная система методик, в отличие от существующих, обеспечивает полноту синтезируемых прикладных моделей и низкую сложность их синтеза за счет использования разработанных новых моделей и методов многоуровневого синтеза. Методики обеспечивают возможность при решении практических задач учитывать особенности предметных областей. В частности, учитываются классы решаемых задач, показатели и критерии эффективности, используемые для оценки формируемых результатов, а также типы данных, обрабатываемых в предметных областях.

### **3. Теоретическая значимость и практическая ценность**

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования Жуковой Н. А. состоит в создании новой теории многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга. Новая теория построена в результате развития существующего аппарата индуктивного и

дедуктивного синтеза. В рамках создания новой теории разработаны ее основы, а также методы многоуровневого синтеза моделей объектов, процессов и программ мониторинга.

Важное теоретическое значение имеют предложенные в работе новые иерархические относительно-конечные операционные автоматы. Новые автоматные модели построены на основе существующих автоматов, имеющих одноуровневую структуру. Новые модели определяют новый класс полностью перестраиваемых автоматных моделей, способных описывать реальные объекты, которые имеют многоуровневую изменяющуюся структуру; множества состояний новых автоматных моделей конечны только на ограниченных интервалах времени.

Предложенный аппарат многоуровневого синтеза автоматных моделей дает возможность автоматически строить модели наблюдаемых объектов по данным мониторинга. Новые модели позволяют решать в прикладных предметных областях задачи прогнозирования, управления и другие. Для построения моделей объектов на практике предложены новые модели и методы, позволяющие разрабатывать проблемно- и предметно- ориентированные программные системы, определены методики построения моделей объектов для предметных областей.

Практическая ценность работы состоит в новых возможностях по построению моделей объектов при решении практических задач прикладными специалистами в предметных областях. Результаты эксплуатации разработанных новых систем в четырех различных предметных областях показали, что их применение позволяет существенно расширить состав решаемых задач, сократить время, затрачиваемое на их решение. Новые системы также обеспечивают повышение точности и достоверности результатов решения значительной части прикладных задач по сравнению с существующими подходами.

#### **4. 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, пять монографий, 36 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 20 статей в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, три программы для ЭВМ, три учебных пособия.

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

Результаты диссертационного исследования соответствуют паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы) по следующим пунктам (областям исследований):

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.

### Замечания по диссертации и автореферату

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

1. В диссертационной работе осуществляется автоматический многоуровневый синтез иерархических относительно-конечных автоматных моделей объектов мониторинга по поступающим от них данным. Сформулированное автором название диссертационной работы не отражает всех особенностей предлагаемого подхода. При такой формулировке темы следовало бы во введении привести необходимые уточнения. Однако автором этого сделано не было.

2. В диссертационной работе, в разделе 1.5 «Анализ существующих методов синтеза моделей объектов мониторинга», описание полученных другими исследователями результатов заменено ссылками на публикации автора, в которых этот вопрос рассмотрен. Это затрудняет изучение первой главы, так как требует обращения к печатным трудам автора.

3. В главе 2 представлена обобщенная структурная схема концептуальной модели многоуровневого синтеза автоматных моделей объектов мониторинга. Поскольку модель является ключевым элементом предлагаемой автором концепции, следовало привести ряд дополнительных, детализирующих схем, уточняющих концептуальную модель и ее особенности.

4. Постановка задачи синтеза процессов мониторинга, приведенная в главе 3, предполагает, что должны быть известны исходная и целевая модели. Кем и каким образом определяются целевые модели?

5. В разделе 5.2 приведено описание средства для построения моделей объектов мониторинга, при этом отмечается, что в данном средстве используется работа с онтологиями. Однако, автор не указывает, какие преимущества имеет такой способ представления знаний? Какие технологии используются при работе с онтологическими моделями?

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку представленной Жуковой Н. А. диссертационной работы, которая характеризуется высоким научным уровнем.



## Заключение

Диссертационная работа Жуковой Н. А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой представлены результаты, полученные автором в ходе проведения научных исследований. Представленные результаты имеют важное теоретическое и практическое значение.

В диссертации решена важная научная проблема разработки теории многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отвечающих современным потребностям практики по снижению вычислительной сложности этого синтеза, обеспечена возможность применения новой теории при решении практических задач. Цель исследования достигнута.

Содержание автореферата соответствует тексту диссертации. Диссертация и реферат удовлетворяют требованиям п. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 1 октября 2018 г. № 1168), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Жукова Н. А. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы).

### Официальный оппонент

заведующий кафедрой  
электронных вычислительных машин  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Вятский государственный университет»  
доктор технических наук, профессор

Дмитрий  
Алексеевич  
Страбыкин

«10» февраля 2020 г.

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36  
Телефон: 8-833-74-24-20  
Email: [strabykin@vyatsu.ru](mailto:strabykin@vyatsu.ru)

Собственноручную подпись  
Страбыкина Д. А. заверяю.  
Ведущий специалист по кадрам  
Лакшина О. М.