

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Шевниной Юлии Сергеевны на тему

**«Информационно-измерительные и управляющие системы
производственными процессами для микро-и нанoeлектроники»**,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности

2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

Актуальность темы исследований. Диссертационная работа Шевниной Ю.С. посвящена решению актуальной научной проблемы, состоящей в разработке моделей, алгоритмов и методики повышения управляемости информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) производственными процессами для микро- и нанoeлектроники. Круг вопросов, рассматриваемых в работе, непосредственно связан с задачами эффективного управления производственными процессами на основе анализа и прогнозирования изменения состояния ИИУС; принятия решения в условиях неопределенности внешней среды, внутренних характеристик и целей ИИУС и учета ряда нелинейных факторов, в частности, состояние производственной среды, исполнительных механизмов и оборудования, персонала. В связи с вышеизложенным актуальность работы сомнений не вызывает.

Целью диссертационной работы Шевниной Ю.С. является повышение управляемости информационно-измерительных и управляющих систем производственными процессами для микро- и нанoeлектроники на основе применения формального аппарата нелинейной динамики.

Научные исследования диссертации построены на фундаментальных трудах отечественных и зарубежных ученых, что позволило автору продемонстрировать научную эрудицию и выбрать перспективный путь исследования задач управления производственными процессами.

В диссертации показана необходимость разработки новых моделей состояния, прогнозирования поведения управляемого процесса, новых методов принятия решения для построения эффективных ИИУС, сочетающих преимущества различных подходов, в том числе нелинейной динамики, повышающих устойчивость и управляемость ИИУС. Проведено качественное описание теории

нелинейных систем, которыми являются ИИУС. Проанализированы данные о современных методах, моделях и способах обработки информации в ИИУС. Сделаны выводы о сложностях их использования для моделирования ИИУС производственными процессами. Определены основные нелинейные факторы, влияющие на состояние ИИУС и его динамику.

Краткое содержание диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации - 355 страниц, из них - 303 страниц основного текста, в том числе 66 рисунков, 9 таблиц. Список источников содержит 268 наименований на 32 страницах.

Во введении проанализирована проблемная ситуация предметной области, выявлены ее причины, обоснована актуальность темы диссертационной работы; сформулированы цель и задачи исследования; приведены положения, выносимые на защиту; показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе представлен аналитический обзор существующих методов, моделей и средств обработки информации в современных ИИУС.

Во второй главе приводится описание разработанной концептуальной модели ИИУС, в которой иерархически построенные компоненты ИИУС представлены как объекты управления с определенными граничными условиями. Описывается разработка и свойства обобщенной математической модели ИИУС. Разработан алгоритм управления устойчивостью ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники.

В третьей главе разработана математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии. Описан разработанный алгоритм анализа и прогнозирования состояния ИИУС. Приводится описание разработанного алгоритма принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей информационно-измерительной и управляющей системы производственным процессом для микро- и нанoeлектроники.

В четвертой главе разработана методика построения ИИУС

производственными процессами для микро- и нанoeлектроники.

В пятой главе разработано новое техническое решение в виде смарт-компонента, входящего в состав ИИУС. Приводится архитектура ИИУС со смарт-компонентом в составе. Описан процесс оценки состояния ИИУС.

В шестой главе в качестве частного случая применения результатов диссертационной работы изложены особенности реализации в виде смарт-компонента в составе ИИУС для нанолитографии. Приводятся примеры практической реализации ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники. Представлена оценка эффективности результатов диссертации.

В заключении содержатся обобщающие выводы и результаты работы, подтверждающие теоретические положения, выносимые на защиту, а также результаты анализа характеристик разработанных моделей, алгоритмов и методики.

В приложении приводятся акты о внедрении результатов диссертационной работы, фрагменты листингов программного модуля анализа и прогнозирования состояния ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем.

1. Предложены новые теоретические подходы к техническим решениям создания ИИУС, отличающиеся научно обоснованным иерархическим построением компонентов системы как объектов управления с заданными граничными условиями, определением связей между ними и управляющих воздействий.

2. Разработана новая обобщенная математическая модель ИИУС на основе формального аппарата теории хаоса в приложении к состоянию процесса управления в терминах объектно-ориентированной парадигмы, которая отличается тем, что позволяет определять динамику поведения системы в любой момент времени.

3. Впервые разработан алгоритм управления устойчивостью ИИУС с предварительным анализом характеристик системы для инициации детерминированного хаоса с целью достижения состояния устойчивого, значительно повышающего управляемость системы.

4. Впервые разработана математическая модель граничных состояний ИИУС,

условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии, позволяющая оценить управляемость и наблюдаемость ИИУС как в целом, так и покомпонентно.

5. Предложен алгоритм анализа и прогнозирования изменения состояния ИИУС, отличающийся наличием условий формирования и корректировки управляющего воздействия, предусматривающий сопоставление текущих характеристик ИИУС с накопленными ранее характеристиками наблюдаемого или референтного процесса.

6. Впервые разработан алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС, который позволяет уменьшить количество альтернатив, снизить неопределенность и значительно повысить управляемость ИИУС.

7. На основе предложенных моделей и алгоритмов разработана методика построения ИИУС, отличающаяся учетом специфики конкретной ИИУС, а именно назначения, ограничений и нелинейности, что позволяет значительно упростить исследования характеристических свойств ИИУС.

8. Предложено новое техническое решение с применением методов нелинейной динамики на основе разработанных в диссертации моделей, алгоритмов и методики в виде смарт-компонента, входящего в состав ИИУС, отличающееся тем, что обеспечивает повышение управляемости системы, визуализацию характеристик и компонентов для оценки состояния системы и прогноза ее динамики.

Достоверность новых научных результатов подтверждается оценочными критериями, теоретическими расчетами, а также экспериментальными результатами. Достоверность подтверждается хорошим совпадением теоретически рассчитанных и практически полученных данных, что доказывает корректность предложенной автором теории.

Обоснованность научных результатов определена полнотой проведенного исследования существующих методов, моделей, средств обработки информации в ИИУС с учетом их нелинейности, использованием методов объектно-ориентированного анализа и проектирования, теории информации, теории множеств

и графов, системного анализа, теории автоматического управления, теории дифференциальных уравнений, дискретной математики, нелинейной динамики, теории хаоса и теории фракталов.

Для оценки точности разработанных моделей, алгоритмов и методики построения ИИУС производственными процессами использовались методы информационного поиска, имитационного моделирования, методы теоретического исследования и постановки эксперимента.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что основные положения, выводы и рекомендации ориентированы на широкое применение предложенных моделей, алгоритмов и методики для повышения управляемости ИИУС, а также для создания цифровых двойников, разработки интеллектуальных систем прогнозирования, рекомендаций и принятия решений в различных предметных областях. Результаты исследования доведены до конкретных алгоритмов, моделей и программного обеспечения.

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении ряда серьезных НИР и в учебном процессе вузов.

Практическая значимость подтверждена актами внедрения результатов диссертационной работы в АО «Микрон», НИУ МИЭТ, ООО «НМ-Тех», ООО «ИММЕРС», ООО «ЭВМКомплект», ООО «Просенсор Сервис», НОЧУ ВО МУПШИ.

Стиль и оформление работы. Диссертационная работа логично структурирована, написана грамотным техническим языком, снабжена достаточным количеством рисунков, таблиц и графиков. Текст диссертации оформлен в соответствии с требованиями Министерства высшего образования и науки РФ.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались автором и обсуждались на 30 всероссийских и международных конференциях. Материалы диссертации опубликованы в 79 печатных работах, из них 36 статей в рецензируемых журналах, в том числе индексируемых в Scopus, объектов интеллектуальной собственности - 16.

Личный вклад автора. Все основные результаты диссертационной работы получены автором лично. Все полученные результаты нашли свое отражение в публикациях, в том числе без соавторства. Диссертация представляет самостоятельный законченный научный труд. Все главы логически связаны, выводы в каждой главе корректны и убедительны. Поставленные задачи диссертационного исследования решены и практически реализованы.

Автор диссертации является лауреатом премии Правительства РФ в области образования за 2010 год за инновационную разработку «Программно-методический комплекс для создания электронных образовательных сред, управления учебным процессом и индивидуальной работой обучающихся». Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1868-р г. Москвы.

Замечания по диссертационной работе, не снижающие общего высокого уровня исследования.

1. При описании методики построения ИИУС не совсем понятен принцип, по которому отбираются объекты, функции и отношения между ними при построении обобщенной математической модели.

2. Заслуживает большего внимания описание требований и методики выбора программно-аппаратных средств для реализации смарт-компонента.

3. В тексте диссертации и автореферата имеются мелкие стилистические ошибки.

Общая оценка диссертационной работы.

В диссертационной работе решена актуальная научная проблема, весьма перспективная и имеющая прикладное значение в различных областях науки и техники. Судя по публикациям и апробации работы на научно-технических конференциях, Шевнина Ю.С. способна самостоятельно определять направления и стратегию научных исследований в области информационно-измерительных и управляющих систем, ставить и решать задачи исследования предметной области.

Диссертация Шевниной Ю.С. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-техническая проблема разработки теоретических положений, направленных на повышение управляемости

ИИУС производственными процессами для микро- и наноэлектроники. Диссертационная работа в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, согласно пунктам «Положения о присуждении ученых степеней». Отмеченные выше замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа «Информационно-измерительные и управляющие системы производственными процессами для микро- и наноэлектроники» выполнена на высоком научном уровне и удовлетворят требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по научной новизне, практической значимости и масштабам внедрения в промышленности, а ее автор – Шевнина Юлия Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Официальный оппонент

доктор технических наук,
профессор

Ромашкова Оксана Николаевна

23 октября 2024 года

Подпись доктора технических наук, профессора Ромашковой Оксаны Николаевны удостоверяю.

Заместитель директора
института ЭМИТ РАНХиГС



Маруев С.А.

Ромашкова Оксана Николаевна

Профессор кафедры системного анализа и информатики Факультета информационных технологий и анализа данных Института экономики, математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС)»

119571, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ
Тропарево-Никулино, пр-кт. Вернадского, д. 82, стр. 1
e-mail: ef@ranepa.ru
т. +7 (495) 933-80-04

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Шевниной Юлии Сергеевны «Информационно-измерительные и управляющие системы производственными процессами для микро- и нанoeлектроники», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

Актуальность работы. Диссертация направлена на развитие теоретических основ разработки моделей состояния, прогнозирования поведения управляемого процесса, новых методов принятия решения для построения эффективных информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС), которые основаны на сочетании преимуществ различных подходов и обеспечивают повышение устойчивости и управляемости ИИУС. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнения.

Целью диссертационной работы является повышение управляемости ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники на основе применения формального аппарата нелинейной динамики. Для достижения указанной цели в диссертации разработаны методика построения ИИУС и новые теоретические подходы к техническим решениям создания ИИУС, а также разработаны следующие математические модели и методы: обобщенная математическая модель ИИУС; математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния при внешнем управляющем воздействии; метод управления устойчивостью ИИУС; метод принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС. На основе экспериментальных данных показано, что разработанные методика, математические модели и методы позволяют примерно на 50% повысить управляемость операции совмещения и экспонирования элементов изделия при нанолитографии и на 40% - управляемость процессом нанолитографии по сравнению с традиционными методиками, моделями и методами. Разработанное в диссертации техническое решение (смарт-компонент ИИУС) обеспечивает не только повыше-

ние управляемости ИИУС, но и визуализацию ее характеристик с целью оценки состояния и прогнозирования динамики поведения системы.

Состав и содержание диссертации. Диссертация изложена на 355 страницах печатного текста, включая 66 рисунков и 9 таблиц, состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Список использованной литературы включает 268 наименований и представляется достаточным.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, выполнен анализ проблемной ситуации и ее причины, обоснована актуальность диссертационной работы. Сформулированы цель и задачи исследования. Приведены положения, выносимые на защиту, а также научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Обоснование актуальности и цели диссертационного исследования корректны и замечаний не вызывают.

В первой главе представлен аналитический обзор существующих методов, моделей и средств обработки информации в современных информационно-измерительных и управляющих системах. Обозначены их достоинства и недостатки, а также сложности использования для описания нелинейных факторов ИИУС производственными процессами. Поставлены задачи диссертационного исследования.

Во второй главе приводится описание разработанной концептуальной модели ИИУС, в которой иерархически построенные компоненты ИИУС представлены как объекты управления с определенными граничными условиями. Представлены разработка и свойства обобщенной математической модели ИИУС. Здесь же разработан алгоритм управления устойчивостью ИИУС, приведено его подробное описание.

В третьей главе представлена разработанная в диссертации математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии. Дано описание разработанного алгоритма анализа и прогнозирования состояния ИИУС, который обеспечивает условия формирования и корректировки управляющего воздействия. Приводится описание разработанного алгоритма принятия решения в условиях не-

определенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС.

В четвертой главе на основе предложенных в диссертации моделей и алгоритмов, направленных на повышение управляемости ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники, представлена разработанная в диссертации методика построения ИИУС.

В пятой главе приводится описание разработанного в диссертации нового технического решения в виде смарт-компонента, который входит в состав ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники. Показано, что этот смарт-компонент в составе ИИУС позволяет эффективно управлять производственным процессом за счет высокой точности оценки состояния системы и прогноза ее динамики.

В шестой главе представлены примеры практической реализации информационно-измерительных и управляющих систем производственными процессами для микро- и нанoeлектроники, которые используют результаты диссертационного исследования. В частности, представлены результаты практической апробации предложенных решений в виде смарт-компонента в составе ИИУС для нанолитографии. Приводится расчет эффективности использования разработанных в диссертации методики, моделей и алгоритмов.

В заключении содержатся обобщающие выводы и результаты работы, подтверждающие теоретические положения, выносимые на защиту, а также результаты анализа характеристик разработанных методики, моделей и алгоритмов.

В приложении приводятся акты о внедрении результатов диссертационной работы, фрагменты листингов программного модуля анализа и прогнозирования состояния ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники.

Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе.

1) Теоретические подходы к построению ИИУС на основе иерархического построения компонентов системы как объекта управления с заданными граничными условиями, связями и управляющими воздействиями.

2) Обобщенная математическая модель ИИУС с применением математического аппарата теории хаоса, рассматривающая процесс управления в терминах объектно-ориентированной парадигмы.

3) Новый метод управления устойчивостью ИИУС путем генерирования элементов детерминированного хаоса в случае предполагаемых отклонений системы от стационарного состояния.

4) Математическая модель определения граничных состояний ИИУС с учетом динамики изменения общего состояния системы при внешнем управляющем воздействии, позволяющая осуществлять оценку управляемости и наблюдаемости как всей системы, так и ее компонентов.

5) Метод прогнозирования состояния ИИУС, обеспечивающий точность прогнозирования более 90%.

6) Алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды, внутренних характеристик и целей ИИУС.

7) Методика построения ИИУС на основе предложенных теоретических подходов, позволяющая на примерно 50% повысить ее эффективность.

8) Новое техническое решение на основе методов нелинейной динамики и разработанных в диссертации методики, математических моделей и методов – использование в составе ИИУС смарт-компонента.

Общая характеристика работы. Работа написана научно-техническим языком, снабжена необходимым числом поясняющих рисунков и таблиц. Материалы работы изложены последовательно и логично. Основные положения диссертации аргументированы и раскрыты. По всем главам диссертации сделаны исчерпывающие выводы. Результаты, представленные в диссертации, визуализированы в виде большого числа таблиц, графиков и схем. Все выводы подкреплены формулами. Методика экспериментальных исследований описана в тексте диссертации и проиллюстрирована схемами и диаграммами, что позволяет при необходимости воспроизвести результаты исследований.

Автором диссертации опубликовано 79 печатных работ, из них 36 статей в рецензируемых журналах, получено 16 объектов интеллектуальной собственности. Публикации в полной мере отражают содержание диссертации.

В диссертационной работе содержатся необходимые обязательные ссылки на используемые источники. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

Структура и логика изложения материала соответствует поставленной в диссертации цели и сформулированным задачам исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций является высокой и подтверждается корректным применением математического аппарата, которое согласуется с результатами известных отечественных и зарубежных исследований.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, позволяют повысить управляемость информационно-измерительных и управляющих систем производственными процессами для микро- и нанoeлектроники.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается теоретическими и совпадающими с ними экспериментальными результатами, полученными при использовании разработанных теоретических положений. Полученные результаты диссертационной работы внедрены в АО «Микрон», ООО «НМ-Тех», ООО «ИММЕРС», ООО «ЭВМКомплект», ООО «Просенсор Сервис», НИУ МИЭТ, НОЧУ ВО МУППИ, что подтверждено соответствующими актами о внедрении.

Недостатки.

1) При описании методики построения ИИУС недостаточное внимание уделено вопросам реализации аппаратной части смарт-компонента, что является важным, поскольку связано, в частности, с проблемами масштабируемости предложенного архитектурного решения.

2) Недостаточно детально представлены выделенные программные модули разработанного смарт-компонента.

3) В тексте диссертации имеются опечатки и погрешности в оформлении, не препятствующие, однако, пониманию смысла изложения.

Указанные недостатки не снижают теоретической и практической значимости диссертации.

Выводы. На основе публикаций, результатов внедрения, а также апробации работы на конференциях и семинарах, можно сделать вывод, что Шевнина Ю.С. способна самостоятельно определять направления и стратегию научных исследований в области информационно-измерительных и управляющих систем.

Диссертационная работа Шевниной Ю.С. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по научной новизне, практической значимости и масштабам внедрения в промышленности. Автор работы Шевнина Юлия Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой РК-6 «Системы автоматизированного проектирования» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,

Адрес: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

тел.: +7 (499) 263 63 91

e-mail: arkarpenko@mail.ru

Подпись Карпенко Анатолия Павловича заверяю

12.11.2024



(печать, дата)

Специалист по персоналу
отдела кадрового сопровождения
Министерства образования
и науки Российской Федерации
Иванова О.В.
Тел: 8-499-203-60-48

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук Сеницына В.И.

на диссертацию Шевниной Ю.С.

«Информационно-измерительные и управляющие системы

производственными процессами для микро- и нанoeлектроники»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

В настоящее время существует устойчивая тенденция к усложнению производственных процессов, увеличению точности и скорости выполняемых технологических операций, что требует особых подходов к управлению производством, эффективному решению стратегических задач. В связи с этим весьма **актуальной** является тема исследования, рассматриваемая в диссертационной работе, посвященная созданию теоретических положений, направленных на повышение управляемости информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) для микро- и нанoeлектроники, позволяющих учитывать нелинейные факторы производства.

При разработке моделей, алгоритмов и методики построения представления ИИУС производственными процессами для микро- и нанoeлектроники Шевнина Ю.С. использовала оригинальный подход на основе нелинейной динамики, теории фракталов и объектно-ориентированной парадигмы, построив свои научные исследования на фундаментальных трудах отечественных и зарубежных ученых, внесших значительный вклад в теорию нелинейных систем и математическое моделирование.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Предложены новые теоретические подходы к техническим решениям создания ИИУС, отличающиеся научно обоснованным иерархическим построением компонентов системы как объектов управления с заданными граничными условиями, определением связей между ними и управляющих воздействий.

2. Разработана новая обобщенная математическая модель ИИУС на основе формального аппарата теории хаоса в приложении к состоянию процесса управления в терминах объектно-ориентированной парадигмы, которая отличается тем, что позволяет определять динамику поведения системы в любой момент времени.

3. Впервые разработан алгоритм управления устойчивостью ИИУС с предварительным анализом характеристик системы для инициации детерминированного хаоса с целью достижения состояния устойчивого, значительно повышающего управляемость системы.

4. Впервые разработана математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии, позволяющая оценить управляемость и наблюдаемость ИИУС как в целом, так и покомпонентно.

5. Предложен алгоритм анализа и прогнозирования изменения состояния ИИУС, отличающийся наличием условий формирования и корректировки управляющего воздействия, предусматривающий сопоставление текущих характеристик ИИУС с накопленными ранее характеристиками наблюдаемого или референтного процесса.

6. Впервые разработан алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС, который позволяет уменьшить количество альтернатив, снизить неопределенность и значительно повысить управляемость ИИУС.

7. На основе предложенных моделей и алгоритмов разработана методика построения ИИУС, отличающаяся учетом специфики конкретной ИИУС, а именно назначения, ограничений и нелинейности, что позволяет значительно упростить исследования характеристических свойств ИИУС.

8. Предложено новое техническое решение с применением методов нелинейной динамики на основе разработанных в диссертации моделей, алгоритмов и методики в виде смарт-компонента, входящего в состав ИИУС, отличающееся тем, что обеспечивает повышение управляемости системы, визуализацию характеристик и компонентов для оценки состояния системы и прогноза ее динамики.

Достоверность новых научных результатов подтверждается оценочными критериями, теоретическими расчетами, а также экспериментальными результатами, полученными при использовании разработанных моделей, алгоритмов и методики построения ИИУС с применением аппарата нелинейной динамики на предприятиях микро- и нанoeлектроники.

Считаю необходимым отметить **основные результаты исследований**, подтверждающие вышесказанное.

1. Предложены теоретические подходы к новым принципам построения ИИУС.

2. Впервые предложена обобщенная математическая модель ИИУС с применением формального аппарата теории хаоса, рассматривающая процесс управления в терминах объектно-ориентированной парадигмы.

3. Разработан и исследован новый алгоритм управления устойчивостью ИИУС путем генерирования элементов детерминированного хаоса в случае предполагаемых отклонений от стационарного состояния.

4. Впервые разработана и исследована математическая модель определения граничных состояний ИИУС с учетом динамики изменения общего состояния системы при внешнем управляющем воздействии.

5. Предложен и исследован алгоритм прогнозирования состояния ИИУС с точностью более 90%.

6. Впервые разработан алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС.

7. Разработана и исследована методика построения ИИУС, которая позволяет на 50% повысить эффективность разработки конкретной ИИУС по сравнению с существующими решениями.

8. Впервые предложено и исследовано новое техническое решение на основе методов нелинейной динамики и разработанных в диссертации моделей, алгоритмов и методики – наличие в составе ИИУС смарт-компонента.

9. Результаты экспериментальных исследований и верификации предложенных принципов построения ИИУС.

10. Результаты практической апробации программной реализации в виде смарт-компонента в составе ИИУС в области нанолитографии, подтверждающие повышение управляемости на 48% операции совмещения и экспонирования элементов изделия и на 36% - управляемость процессом по сравнению с традиционными методами.

Судя по публикациям автора, все результаты диссертационной работы получены лично автором. Разработка и программная реализация моделей и алгоритмов, полученных в диссертации, проводились при непосредственном участии автора.

Диссертация насыщена таблицами и графиками, построенными на основе результатов экспериментальных исследований и имитационного моделирования. Полученные автором результаты могут быть воспроизведены на основании приведенных в диссертации методики и алгоритмов, и представленных описаний математических моделей.

Практическая значимость исследований, проведенных Шевниной Ю.С., заключается в том, что основные положения, выводы и рекомендации ориентированы на широкое применение предложенных моделей, алгоритмов и методики построения ИИУС производственными процессами для микро- и наноэлектроники, а также для создания цифровых двойников, разработки интеллектуальных систем прогнозирования, рекомендаций и принятия решений в различных предметных областях.

Результаты исследования доведены до конкретных алгоритмов, моделей и программного обеспечения. Самостоятельное практическое значение имеют:

- концептуальная модель ИИУС, позволяющая получить иерархическое представление системы с выделением управляющих, основных, обеспечивающих и развивающих компонентов;

- обобщенная математическая модель ИИУС, позволяющая выделить основные характеристики системы и их влияние друг на друга, и как следствие, на динамику изменения ее состояния;

- алгоритм управления устойчивостью ИИУС;

- математическая модель граничных состояний ИИУС, условий их наступления и динамики изменения состояния системы при внешнем управляющем воздействии;

- алгоритм анализа и прогнозирования состояния ИИУС, позволяющий повысить эффективность принимаемых решений и проектировать эффективные кортежи характеристик ИИУС для получения требуемых результатов с точностью более 90%;

- алгоритм принятия решения в условиях неопределенности внешней среды с учетом внутренних характеристик и целей ИИУС. Алгоритм позволяет в 3 раза повысить управляемость ИИУС;

- методика построения ИИУС, которая позволяет на 50% эффективнее разрабатывать и исследовать конкретные ИИУС различной сложности по сравнению с существующими решениями;

- архитектура ИИУС со смарт-компонентом в составе;

- ИИУС в составе облика отечественного нанолитографа, позволившая повысить управляемость совмещения и экспонирования элементов изделия на 48%, а управляемость процессом на 36%.

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении ряда НИР, в том числе 1) «Разработка и создание универсальной открытой программно-аппаратной платформы для проектирования устройств обработки потокового видео для беспилотных летающих аппаратов мониторинга экологической ситуации и состояния природных объектов» в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2021 годы»; 2) проекта «Приоритет 2030»; 3) «Разработка установки безмасочной рентгеновской нанолитографии на основе МЭМС динамической маски для формирования наноструктур с размерами от 13 нм и ниже на базе синхротронного и/или плазменного источника», 4) «Выполнение работ по подготовке документации эскизно-технического проекта на операционную систему защищенной микросхемы для SIM-карты».

Практическая значимость подтверждена актами внедрения результатов диссертационной работы в АО «Микрон», ООО «НМ-Тех», ООО «ИММЕРС», ООО «ЭВМКомплект», ООО «Просенсор Сервис», НОЧУ ВО МУППИ, НИУ МИЭТ.

К **недостаткам** диссертации следует отнести следующие:

1. Не достаточно полно в аналитическом обзоре приведено описание современных способов представления состояния нелинейных систем, однако выделены их достоинства и недостатки.

2. В работе не представлено обоснование выбора инструментальных средств реализации полученных в диссертации алгоритмов.

3. В тексте диссертации и в автореферате имеются отдельные негрубые стилистические и синтаксические ошибки, затрудняющие восприятие работы.

Данные замечания не касаются основных научных положений и результатов, выносимых на защиту, и не снижают теоретической и практической значимости проведенного исследования.

Основные результаты диссертации достаточно широко представлены в периодических научно-технических изданиях.

Диссертационная работа и автореферат Шевниной Ю.С. соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» и формируют впечатление об авторе, как о зрелом ученом с широким кругом научных интересов, свободно владеющим предметом исследования, математическим, методологическим и системно-техническими аппаратами.

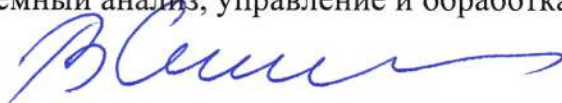
Все главы диссертации системно взаимосвязаны, выводы лаконичны и понятны, строгое оформление формульного и иллюстративного материала облегчает понимание излагаемых положений.

В целом работа представляет собой самостоятельный и законченный научный труд, имеющий несомненную научную ценность.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что содержание диссертации и автореферата соответствует специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы, а ее автор Шевнина Ю.С., заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по данной специальности.

Официальный оппонент:

Руководитель Отделения ФИЦ ИУ РАН,
главный научный сотрудник,
доктор физико-математических наук
(05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации)



Синицин Владимир Игоревич

« 21 » 11 2024 г.

Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук" (ФИЦ ИУ РАН)
Адрес: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, 44, к.2.
Сайт: <https://www.frccsc.ru/>
Тел.: +7(499) 135-62-60
Эл.почта: frccsc@frccsc.ru

Подпись Синицина Владимира Игоревича удостоверяю

Заместитель директора ФИЦ ИУ РАН
по научной работе



Р.В.Разумчик