ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, профессора и главного научного сотрудника Высшей школы технологий искусственного интеллекта, Института компьютерных наук и кибербезопасности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Уткина Льва Владимировича на диссертационную работу

Шилова Николая Германовича,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук,
на тему «Контекстно-ориентированная поддержка принятия решений при конфигурировании производственных систем»
по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность темы диссертации

Современные производственные системы, охватывающие как производство физических продуктов, так и предоставление сервисов, сталкиваются с постоянно растущей сложностью и многоуровневостью. Эти системы характеризуются наличием многочисленных подсистем и перекрывающихся компонентов, включающих широкий спектр элементов и взаимосвязей, различающихся по своей природе (физические, информационные, социальные связи и др.). Углубляется взаимозависимость компонентов: изменение параметров или структуры одного компонента неизбежно влияет на другие компоненты и связи производственной системы. Дополнительное усложнение вносит динамичность среды, в которой функционируют эти системы, и стремительный рост требований к их адаптации. Всё это приводит к ситуации, в которой традиционные подходы к конфигурированию оказываются недостаточными.

Особое значение для повышения актуальности рассматриваемой диссертации приобретают такие современные вызовы, как появление новых типов производственных систем — киберфизических и социо-киберфизических. Помимо этого, накопление больших объёмов доступных данных, предоставляемых как самими системами, так и окружающей средой, создает предпосылки для более глубокого изучения взаимосвязей и принятия решений. Однако, вместе с этими возможностями возрастает и необходимость разработки инструментов, способных эффективно справляться с возросшей вычислительной сложностью многосвязанных и многомерных систем.

Актуальность исследуемой в диссертации проблемы (создание основ прикладной теории поддержки принятия решений при конфигурировании производственных систем высокой сложности на этапе их проектирования или перепроектирования с учетом текущей

ситуации) обусловлена острой необходимостью автоматизации процессов конфигурирования производственных систем на этапе их проектирования или перепроектирования. В условиях растущей динамичности и неопределённости внешней среды, зависимость качества управленческих решений от интуиции и опыта лица, принимающего решения, становится всё менее оправданным. Современные производственные системы требуют новых подходов, методов и моделей для поддержки принятия решений, способных учитывать как внутреннюю сложность систем, так и изменчивость их окружения.

В настоящее время существующие системы поддержки принятия решений при конфигурировании производственных систем часто основываются на решении частных задач — таких как конфигурирование отдельных производственных процессов или подразделений, — и для этого накоплены значительные объемы данных и разработаны успешные математические методы. Однако, проблема конфигурирования производства в целом, со всеми его многоуровневыми связями и сложной взаимосвязью компонентов, по-прежнему остается малоизученной. Одной из ключевых проблем является то, что традиционные подходы к построению моделей часто предполагают, что конфигурируемая система является единым объектом, что не учитывает сложную иерархическую структуру современных производственных систем. Даже те исследования, которые делают акцент на многоуровневости, редко уделяют должное внимание интеграции применяемых моделей и алгоритмов в общий процесс конфигурирования.

Таким образом, существует несоответствие между уровнем теоретических исследований в области методов поддержки принятия решений для конфигурирования сложных производственных систем и практическими потребностями. Потребность в интегральных подходах, моделях и инструментах, способных охватить многосложность объектов и окружения, на сегодняшний день остается чрезвычайно высокой. Это противоречие подчёркивает как научную, так и практическую актуальность проведения исследований в области разработки новых методов конфигурирования производственных систем.

Все изложенное позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационной работы Шилова Н.Г., которая посвящена повышению эффективности принятия решений при конфигурировании производственных систем посредством создания новых теоретических инструментов, учитывающих контекстную информацию о самих системах и их окружении и позволяющих повысить уровень автоматизации и интеллектуализации процессов принятия решений, является, ***несомненно, актуальной*** и имеет важное научно-практическое значение.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Полученные в диссертационной работе основные положения, выводы и рекомендации являются обоснованными и аргументированными. Проблема, решению которой посвящена диссертация, была исследована и решена должным образом с использованием методов системного анализа, онтологического моделирования и управления знаниями, теории принятия решений и машинного обучения.

Достоверность полученных результатов обеспечивается глубоким анализом состояния исследований, согласованностью теоретических выводов с результатами их экспериментальной проверки, успешной апробацией основных положений диссертации в рецензируемых изданиях и на многочисленных конференциях разного уровня, согласованностью результатов, получаемых с применением разработанных методов, с результатами опроса экспертов в области моделирования предприятий и производственных систем, получением положительного эффекта от внедрения основных положений диссертации в работу производственных и научно-иследовательских организаций.

3. Научная новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

1. Разработана методология контекстно-ориентированной поддержки принятия решений при конфигурировании производственных систем высокой сложности, учитывающая контекст конфигурирования и предпочтения ЛПР. Предложенная методология использует широкий спектр методов и технологий искусственного интеллекта и интегрирует все результаты диссертационного исследования.

2. Разработана модель представления знаний с помощью мультиаспектных онтологий, а также нотация для ее описания и методология построения соответствующих онтологий. Особенностью предложенной модели является возможность интеграции описания системы с различных точек зрения (аспектов) при сохранении независимости этих описаний. Кроме того, с использованием предложенной модели могут быть взаимоувязаны описания аспектов, выполненные с использованием различных формализмов.

3. Разработана онтологическая модель конфигурации производственной системы, основанная на аппарате мультиаспектных онтологий и обеспечивающая поддержку механизмов конфигурирования.

4. Разработан оригинальный метод учета предпочтений ЛПР, основанный на гранулярном представлении информации и позволяющий количественно оценивать надежность предпочтений в зависимости от ситуации. Одной из отличительных черт разработанной модели профиля пользователя является наличие в нем информации о

предпосылках и последствиях принятых решений, а также предпринятых действий, что позволяет осуществлять функциональный анализ поведения пользователя.

5. Разработан метод поддержки принятия решений при конфигурировании производственных систем с применением нейросетевого подхода, основанный на использовании графовых нейронных сетей и нейросимволического интеллекта. Перспективное сочетание априорных знаний (символьных моделей) и нейросетевых (субсимвольных) моделей позволяет повысить качество получающихся моделей, в том числе при недостаточном для обучения классических нейронных сетей количестве обучающих данных.

6. Разработан оригинальный метод формирования альтернативных конфигураций производственных систем на основе генеративного дизайна, основанный на использовании генеративной нейросетевой модели и отличающийся наличием композитного дискриминатора, объединяющего свойства нейросетевого и аналитического подходов.

7. Предложена сервис-ориентированная технологическая структура рекомендательной системы для поддержки принятия решений при конфигурировании производственных систем, отличающаяся возможностью использования сторонних сервисов, предоставляющих различную информацию и методы решения типовых задач, а также способностью формировать персонализированные рекомендации проактивно.

4. Практическая значимость результатов исследования

Практическая значимость определяется экспериментально подтвержденными результатами, полученными под руководством и с участием автора, при реализации 14 НИР и НИОКР, а также ряда коммерческих проектов для компаний – как российских (АО «Майнинг Элемент»), так и зарубежных (Festo SE&Co. KG, Ford Motors, Nokia). Использование результатов, полученных автором, позволило повысить эффективность поддержки принятия решений при конфигурировании производственных систем за счет как сокращения времени работы ЛПР, так и повышения качества принимаемых решений, что подтверждается как содержимым диссертации, так и актами о реализации результатов диссертации.

5. Апробация работы, публикации и соответствие паспорту специальности

Основные положения диссертации опубликованы в 48 научных трудах, в том числе 11 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук, и 37 статей в изданиях, индексируемых международными системами цитирования (Web of Science и Scopus). Получен 1 международный патент и 4 свидетельства о государственной регистрации программ для

ЭВМ. Полученные автором основные результаты также обсуждались более чем на 25 международных научных конференциях (International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K), International Conference on Product Lifecycle Management (PLM), Joint Ontology Workshops (JOWO), International Conference on Decision Support System Technology, IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling (PoEM), International Conference on Business Information Systems (BIS), Deep Learning Theory and Applications (DeLTA) и др.).

Результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»:

П. 2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 8. Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем.

П. 9. Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов.

П. 10. Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах.

П. 13. Методы получения, анализа и обработки экспертной информации, в том числе на основе статистических показателей.

6. Недостатки работы

1. В качестве одной из целей работы указано, что разрабатываемые методы поддержки принятия решений должны сохранять (или повышать) качество решений. Однако не совсем понятно, как именно измеряется качество конфигураций производственных систем в общем и за счет каких именно механизмов (являющихся частью предложенных методов) обеспечивается (или гарантируется) сохранение этого качества.

2. В выводах к главе 1 в качестве одного из пунктов критики существующих решений указано, что для большинства из них «требуется наличие некоторого центрального вычислительного модуля с централизованным информационным репозиторием, организация которого в большинстве случаев весьма сложна» (стр. 33). Не совсем понятно, каким образом

эта проблема решена в данной работе, потому что большинство предлагаемых методов предполагают именно централизованное конфигурирование на основе полной информации о системе.

3. Во второй главе диссертации определяется система показателей и критериев эффективности поддержки принятия решений, однако фактически конкретным показателям и критериям эффективности поддержки принятия решений уделяется относительно мало внимания, в частности, упомянутой системы показателей явным образом не вводится.

4. Раздел 2.2 посвящен разработке методологии поддержки принятия решений, однако, в нем, в первую очередь, рассматривается задача автоматического поиска новых конфигураций (решения задачи конфигурирования). В задаче поддержки принятия решений представляется важным учет позиции и возможностей субъекта, осуществляющего конфигурирование (ЛПР), однако этот субъект оказывается, по большей части, за пределами методологии (используется только как источник предпочтений и ограничений). Кроме того, в работе не содержится конкретизации или какого-то перечня решений, поддержкой принятия которых занимается автор работы.

5. Раздел 3.3.2 упоминает «человеко-машинный коллективный интеллект», однако специфика этого понятия и его отношение к конфигурированию производственных систем не показаны в тексте диссертации.

6. Автором предлагаются методы для описания предпочтений ЛПР и учета их при формировании рекомендаций. Однако уделяется очень мало внимания вопросам оценки эффективности разработанных методов профилирования и учета предпочтений. Было бы желательно видеть результаты сопоставления с другими методами (ранжирования альтернатив) и/или ablation study (исследование вклада каждого из компонентов предлагаемого метода в общее качество ранжирования решений). Также, не очень понятно, формируются ли описываемые «гранулы предпочтений» алгоритмически или задаются вручную; если формируются алгоритмически, то было бы целесообразно описать эти алгоритмы.

7. Использование машинного обучения для помощи в построении моделей предприятий (и производственных систем) и, в частности, использование графовых нейронных сетей, предполагает, что существует достаточно большое (представительное) множество таких моделей, которое можно использовать для обучения и валидации моделей машинного обучения. С учетом того, что процессы на предприятиях могут быть достаточно специфичны (учитывают ненаблюдаемые характеристики предприятий) и могут представлять собой коммерческую тайну, как предполагается формирование подобного множества? Как оценивается необходимый объем обучающего множества для достижения качественных результатов с применением вышеупомянутых графовых нейронных сетей (раздел 4.2)?

Рассматривалось ли применение механизмов, которые могли бы повысить качество работы используемых нейросетевых моделей, таких как механизм внимания?

8. Из текста диссертации не совсем понятно, что именно выполняет роль критериев оценки качества конфигураций в методе генерации альтернативных конфигураций производственных систем на основе генеративного дизайна (раздел 4.5). В тексте диссертации речь идет, в первую очередь, об оценке валидности генерируемых конфигураций. В этом случае не очень понятно, в чем состоит принципиальное отличие генеративно-состязательной модели от предложенной автором же схемы аугментации (которая также обеспечивает формирование валидных конфигураций, отличающихся от данной)? Неясно также, какие именно нейросетевые решения использовались для обработки графоподобных структур конфигураций (вероятно, какая-то из разновидностей графовых нейронных сетей, но деталей этого в диссертации нет).

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

7. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа Шилова Н.Г. на тему «Контекстно-ориентированная поддержка принятия решений при конфигурировании производственных систем» по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» является законченной научно-квалификационной работой. Автореферат в полной мере отражает основные положения и результаты диссертационной работы.

Диссертация Шилова Н.Г. характеризуется новизной, теоретической и практической значимостью и ценностью полученных результатов. Результаты являются научно-обоснованными и достоверными.

Исходя из содержания диссертации и автореферата, можно сделать вывод, что работа Шилова Н.Г. является самостоятельно выполненным, завершенным научно-квалификационным трудом, содержащим решение актуальной научной проблемы создания основ прикладной теории поддержки принятия решений при конфигурировании производственных систем высокой сложности на этапе их проектирования или перепроектирования с учетом текущей ситуации, и удовлетворяет требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 16.10.2024 № 1382), а ее автор, Шилов Николай Германович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по

специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика согласно приказу Минобрнауки России № 118 от 24.02.2021 г.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, профессор и главный научный сотрудник Высшей школы технологий искусственного интеллекта, Института компьютерных наук и кибербезопасности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

E-mail: utkin_lv@spbstu.ru

Телефон: 8(812) 775-05-30

Дата: 11.03.2025

Уткин Лев Владимирович

Подпись доктора технических наук, профессора Уткина Л.В. заверяю.

Почтовый адрес: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29В,