

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01

по диссертации Селеткова Илья Павловича

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Диссертация «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений на основе матричного представления нечеткой логики (на примере обслуживания технологического оборудования нефтедобычи)» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические и информационные системы) принята к защите «29» апреля 2021 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.01, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от «28» мая 2018 г. № 46-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым - четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. N 1792-р.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Ясницкий Леонид Нахимович, профессор кафедры прикладной математики и информатики Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (до июня 2017 года научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, Марценюк Михаил Андреевич).

Официальные оппоненты:

1. *Борисов Вадим Владимирович*, доктор технических наук (05.13.05), профессор, профессор кафедры вычислительной техники филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»» в г. Смоленске.
2. *Хижняков Юрий Николаевич*, доктор технических наук (05.13.06), доцент, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Ведущая организация: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», г. Курск* (отзыв ведущей организации утвержден ректором, доктором технических наук, профессором, членом-корреспондентом Российской академии архитектуры и строительных наук Емельяновым Сергеем Геннадьевичем, заслушан на заседании кафедры «Биомедицинская инженерия» и подписан профессором кафедры, доктором технических наук, профессором Филистом Сергеем Алексеевичем и заведующим кафедрой, доктором технических наук, профессором Кореневским Николаем Алексеевичем).

По теме диссертации соискателем опубликовано 12 научных трудов, в том числе 3 работы – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени, из них 1 работа – в издании, индексируемом в международной базе цитирования Scopus, соискателем получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

- 1) **Seletkov, I. P.** Application of Matrix Fuzzy Logic in Machine Independent Temperature Controller = Применение матричной нечеткой логики в аппаратно-независимом регуляторе температуры / I. P. Seletkov, L. N. Yasnitsky // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2019. – Vol. 850. – P. 443–449. – Ст. на англ. языке. (**Scopus**)

В данной работе производится обзор матричного представления нечеткого вывода, методов фаззификации и дефаззификации с использованием нечетких векторных предикатов. Предлагается модель нечеткого логического автомата в виде нечеткой комбинационной схемы, анализирующей внешний блок памяти.

Описываются алгоритмы управления и результаты проведенного эксперимента по управлению температурой жидкости с различными параметрами самой жидкости и нагревающего элемента, и показывается возможность применения разработанных подходов для построения универсальных контроллеров, не требующих предварительной калибровки. (Вклад соискателя 80%)

2) Марценюк, М. А. Нечеткий алгоритм многофакторной оценки рейтинга студента / М. А. Марценюк, В. Б. Поляков, **И. П. Селетков** // Прикладная информатика. – 2014. – № 5 (53). – С.41–49. **(из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук)**

В данной работе производится обзор матричного представления нечетких логических операций, нечеткого логического вывода для высказываний. Предлагаются способ формализации лингвистических правил и способы проведения нечеткого логического вывода с использованием нечетких векторных предикатов, развиваемые в качестве основного математического подхода в диссертационной работе.

Корректность, адекватность и применимость предлагаемых методов показывается на решении задач из нескольких предметных областей, в частности оценки рейтинга студента по различным несвязанным друг с другом критериям. (Вклад соискателя 70%)

3) **Селетков, И.П.** Применение матричного аппарата нечеткой логики для поддержки принятия решений в процессе обслуживания технологического оборудования нефтедобычи / И. П. Селетков // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2020. – №4. – С.65–88. **(из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук)**

В данной работе производится обзор предметной области обеспечения процесса добычи нефти: основные виды применяемого оборудования, используемые информационные системы, потоки и источники данных, знаний, проблемы, с которыми сталкиваются операторы оборудования. Делается вывод о необходимости разработки системы поддержки принятия решений, использующей в своей основе аппарат нечеткой логики.

Далее дается обзор матричного аппарата нечеткой логики, приводится подробное описание предлагаемого матричного представления алгоритма нечеткого логического вывода с использованием нечетких векторных предикатов.

Для анализа истории изменения параметров оборудования предлагаются модели нечеткого автомата с памятью и аналогичной комбинационной схемы, анализирующей внешний блок памяти, работающие на основе новой матричной реализации алгоритма нечеткого логического вывода с использованием нечетких векторных предикатов.

В заключительной части работы описывается процесс разработки и опытной эксплуатации системы поддержки принятия решений, и приводятся основные результаты тестирования. (Вклад соискателя 100%)

4) Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613226 Программа «Мобильное информационное рабочее место оператора» (МИРМ оператора) / **И. П. Селетков**; правообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «СВИФТ». Заявка № 2016662870; поступл. 24.11.2016., опубл. 14.03.2017. – 1 с.

В данной программе реализована система поддержки принятия решений на основе предложенных способа формализации лингвистических правил, способа проведения нечеткого логического вывода с использованием нечетких векторных предикатов, модели нечеткого логического автомата в виде нечеткой комбинационной схемы, анализирующей внешний блок памяти. (Вклад соискателя 100%)

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен способ формализации лингвистических правил, отличающийся использованием нечетких векторных предикатов, позволяющий численно

обрабатывать эти правила с применением матричного аппарата нечеткой логики;
предложена матричная реализация алгоритма нечеткого логического вывода, отличающаяся использованием векторных нечетких предикатов, применимая для решения широкого круга прикладных задач принятия решений;
предложена алгоритмическая модель работы нечеткого логического автомата с конечной памятью, отличающаяся использованием для вычислений модифицированной нечеткой комбинационной схемы;
доказана эффективность использования разработанных моделей и методов для решения практических задач поддержки принятия решений, в частности, при обслуживании технологического оборудования;
введены понятия степени неопределенности нечетких предикатов, корреляции нечетких предикатов, степени неопределенности лингвистической переменной.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

проведена модернизация существующего матричного аппарата нечеткой логики, позволяющая применять аппарат для решения прикладных задач принятия решений;
изложены модели, методы и алгоритмы, представляющие собой новые способы интеллектуальной обработки текущей и ретроспективной информации, представления экспертных знаний, поддержки принятия решений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

определено, что алгоритмы нечеткого логического вывода с использованием векторных предикатов позволят применить матричное представление нечеткой логики для решения прикладных задач, в т.ч. поддержки принятия решений, что, в свою очередь, позволит сделать принимаемые решения более адекватными и точно соответствующими знаниям экспертов;

разработана система поддержки принятия решений **и внедрена** в программное обеспечение для мобильных устройств «Мобильное информационное рабочее место оператора (МИРМ Оператора)» (автор: Селетков И.П., правообладатель: ООО «Свифт»), позволяющая сократить время выработки оператором и повысить качество и адекватность управляющих воздействий на технологическое оборудование добычи нефти и газа. В свою очередь, использование Программы «МИРМ Оператора» на пилотном проекте на 588 технологических объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» позволило:

- повысить коэффициент эксплуатации добывающих скважин на 1%;
- снизить количество недоборов нефти по непредвиденным причинам на 50%;
- повысить производительности труда операторов на 10%.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на проверяемых данных, а также не противоречит известным результатам исследований, в части численного сравнения результатов нечетких логических операций, нечетких комбинационных схем и логических автоматов с памятью;

идея базируется на анализе и обобщении опыта применения теории нечетких множеств в других предметных областях, опыта применения теории автоматов;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках информации;

использованы современные методы сбора и обработки экспертной информации.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке и алгоритмической реализации нечеткого логического вывода в матричном представлении с использованием нечетких векторных предикатов;
- участии в разработке и численной реализации модели модифицированной нечеткой комбинационной схемы, анализирующей внешний блок памяти, работа которой аналогична заданному нечеткому автомату с конечной памятью;
- сборе и анализе данных о предметной области обслуживания технологического оборудования;
- разработке экспертной системы поддержки принятия решений для исследуемой предметной области;
- сборе данных и оценке эффективности работы построенной экспертной системы;
- участии в подготовке публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к **выводу** о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 января 2018 г. № 1-О: в ней изложены новые научно

обоснованные теоретические и программные решения, позволяющие повысить качество принимаемых оператором решений при обслуживании технологического оборудования нефтедобычи с учетом текущей, ретроспективной и экспертной информации.

На заседании «30» июня 2021 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.01 принял решение присудить Селеткову Илье Павловичу ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 12).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 12, против присуждения ученой степени – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01,

д-р техн. наук, профессор

Столбов Валерий Юрьевич /

Ученый секретарь диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01,

канд. экон. наук

Алексеев Александр Олегович /

«13» июля 2021