

На правах рукописи



Соболевская Евгения Юрьевна

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ МОРСКИМИ ГРУЗОПЕРЕВОЗКАМИ  
В АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ РОССИИ  
НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Специальность 05.22.19 – Эксплуатация водного транспорта, судовождение

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Владивосток – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского».

**Научный руководитель:** Глушков Сергей Витальевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского», декан электромеханического факультета.

**Официальные оппоненты:** Эглит Ян Янович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», заведующий кафедрой управления транспортными системами;

Пятакович Валерий Александрович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова» Министерства обороны Российской Федерации, начальник научно-исследовательской лаборатории.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Мурманский государственный технический университет».

Защита состоится «11» марта 2021 года в 15.00 часов в ауд. 241 на заседании диссертационного совета Д 223.005.01 при ФГБОУ ВО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского» по адресу 690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая 50а, факс (423) 251-76-39, e-mail: office@msun.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского» <http://www.msun.ru/upload/dis/sobolevskaya.pdf>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Левченко Наталья Георгиевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В Арктике, Субарктике и на Дальнем Востоке России проходят перспективные транспортные коридоры, в том числе транзиты других стран, которые при условии эффективно выстроенной системы управления и современной модернизации инфраструктуры в ближайшее время будут ключевым звеном в обеспечении устойчивого и геополитически независимого развития России.

Климатические изменения в Арктической зоне России и Субарктическом поясе Дальнего Востока России привели к возможности увеличения морских грузоперевозок в данном регионе. Многократное увеличение морских грузоперевозок в арктических условиях требует повышения эффективности их организации.

В настоящее время происходит цифровизация и развитие интеллектуальных систем и технологий управления для массового применения в морской отрасли. Формализация знаний позволит автоматизировать сложные задачи в морской логистике и судоходстве.

Развитие интеллектуальных систем управления флотом, учитывающих особенности плавания во льдах, способствует освоению арктического шельфа за счет увеличения грузоперевозок по данному направлению и, как следствие, развитию экономики страны.

Разработка информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками (ИАС ОУМГ) с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике России позволит обеспечить руководство судоходной компании прогнозной аналитикой и схемами расчетов эффективного использования ледоколов, осуществить поддержку принятия решения, производить расчет оптимального пути и минимизировать стоимость доставки груза, время задержки в пути, снизить риски по сохранности груза и безопасности судоходства.

**Степень разработанности темы исследования.** Отечественная и зарубежная научная литература по теме диссертационного исследования обширна и многопланова. Проблемам развития транспортно-логистической системы Арктики посвящены исследования А.А. Луговца, А.И. Фисенко, А.-S. Milaković, N. D. Mulherin, H. Piehl, T. O. Proshutinsky, O. P. Smith. В трудах С. В. Глушкова, Н.Г. Левченко достаточно полно обоснована необходимость применения информационных систем в сложных условиях плавания. Особый интерес представляют исследования В.М. Гриняка, И.Б. Гарцева, В.М. Лохина, М.В. Кадочникова, И.М. Макарова, С.В. Манько, М.П. Романова, М.С. Ситникова, связанные с разработками информационных систем на базе искусственного интеллекта.

Однако, на наш взгляд, проблемам поиска оптимального маршрута в Арктических условиях уделено недостаточное внимание. Вне поля зрения остались вопросы расчета стоимости оптимального маршрута морских грузоперевозок в сложных условиях плавания в Арктике и Субарктике России, обработки и использования накопленных статистических данных, а также знания экспертов – специалистов в сфере судоходства и морских грузоперевозок в Арктике и Субарктике России.

Таким образом, результаты анализа отечественной и зарубежной литературы подтверждают актуальность темы диссертационного исследования, важность, своевременность и настоятельную необходимость разработки ИАС ОУМГ с учетом сложных условий плавания в арктической зоне и субарктическом поясе России.

**Цели и задачи исследования.** Цель исследования – разработка информационной аналитической системы (ИАС) определения оптимального маршрута морских грузоперевозок с применением аппарата нечёткой логики, позволяющей повысить эффективность организации и управления морскими грузоперевозками в сложных условиях плавания в Арктике и Субарктике России.

Учитывая сложные условия плавания в Арктике и Субарктике России, для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ современного состояния существующих информационных систем для морской логистики и возможности применения в них интеллектуальных систем;
- разработать алгоритм работы информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками на основе нечеткого моделирования;
- построить нечеткую модель информационной аналитической системы для расчета оптимального маршрута морских грузоперевозок;
- обучить разработанную нечеткую модель информационной аналитической системы на базе натуральных данных морских грузоперевозок;
- разработать математический метод определения оптимального маршрута грузоперевозок в выбранном регионе;
- выполнить верификацию адекватности модели информационной аналитической системы.

Цель и задачи исследования соответствуют паспорту специальности 05.22.19 «Эксплуатация водного транспорта», а именно, объекту данной специальности 1 и областям исследования 2, 8 и 10.

**Объектом исследования** являются технология, организация и управление морскими грузоперевозками.

**Предмет исследования** – информационные аналитические системы в организации и управлении морскими грузоперевозками в Арктике и Субарктике России.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в следующем:

- предложен метод применения аппарата нечёткой логики в построении модели для расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях;
- разработана архитектура информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками, учитывающая сложные условия плавания в Арктике и Субарктике России;
- определены основные классификационные факторы и их весовые коэффициенты в нечёткой модели для расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях;
- на базе математического аппарата нечёткой логики (НЛ) разработана модель расчета стоимости морских грузоперевозок с учетом ледовой обстановки в арктических и субарктических условиях плавания;
- разработана методика определения оптимального маршрута судна с применением генетического алгоритма для морских грузоперевозок между несколькими портами в арктических и субарктических условиях.

**Теоретическая и практическая значимость** исследования состоит в решении актуальной научно-технической задачи разработки информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками в условиях Арктики и Субарктики. Полученные результаты могут быть использованы для расчета стоимости оптимального маршрута морских грузоперевозок с применением аппарата нечёткой логики.

Модель ИАС для расчета стоимости оптимального маршрута морских грузоперевозок на основе нечеткого моделирования предоставляет для анализа адекватную картину процесса и информацию, достаточную для принятия решений, прогнозирования результатов и выработки схемы наиболее эффективного использования флота.

Особым достоинством ИАС на основе аппарата нечёткой логики является способность накапливать знания экспертов в данной области, что позволяет судходной

компания рационально выбирать оптимальный маршрут морских грузоперевозок, учитывая специфические факторы плавания в Арктике и Субарктике России.

**Методология и методы исследования.** В диссертации использованы положения методов системного анализа, теории систем, теории нечётких множеств и методы эмпирического исследования. Работа выполнена с применением математического и компьютерного моделирования.

**На защиту выносятся следующие положения:**

- 1) доказательство необходимости разработки информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками на базе ИЛ с применением модели Мамдани при их организации в арктических и субарктических условиях плавания;
- 2) метод формирования базы правил нечётких продукций (БПП) для ИАС расчета оптимального маршрута морских грузоперевозок на основе ИЛ с учетом арктических и субарктических условий плавания;
- 3) метод определения оптимального маршрута судна с применением генетического алгоритма для расчета эффективности организации морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях плавания;
- 4) проверка адекватности разработанной информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками сложным условиям плавания в Арктике и Субарктике.

**Степень достоверности и апробация результатов.**

Экспериментальная верификация доказала работоспособность разработанной информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками в арктических и субарктических условиях. Основные результаты диссертационного исследования изложены на научно-практических конференциях:

- Проблемы транспорта Дальнего Востока: материалы двенадцатой научно-практической конференции FEBRAT–17 (Владивосток, 2017);
- Молодежь. Наука. Инновации. (Владивосток, 2018, 2019);
- Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России: материалы IX межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов (СПб.: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2018);
- Третья всероссийская научно-практическая конференция «Морские исследования на Дальнем Востоке» (Владивосток, 2019);
- Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке (Хабаровск, 2019);
- Логистика: современные тенденции развития: материалы XVIII Международной научно-практической конференции (СПб.: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2019);
- VIII International Scientific Conference Transport of Siberia (Novosibirsk, 2020).

**Публикации.** По результатам диссертационных исследований опубликовано 12 работ, 7 из них – в рецензируемых изданиях, вошедших в Перечень ВАК РФ. Две работы индексированы в международной базе Web of Science и 3 работы индексированы в Международной базе Scopus.

Разработаны программные средства «Оптимальный маршрут судна с применением генетического алгоритма», «Визуализация нечеткого вывода типа Мамдани для расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических условиях плавания», «Расчет длительности маршрута между двумя портами с учетом ледовой обстановки» и зарегистрированы под номерами 2019619664, 2019618997, 2020617556 в реестре

Федеральной службы по интеллектуальной собственности, государственная регистрация программ для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 111 наименований, приложений. Работа изложена на 143 страницах и включает 30 рисунков и 35 таблиц.

### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследования, указаны научная новизна, практическая и теоретическая значимость исследования и положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** рассмотрено современное состояние информационных систем, используемых в морской логистике. Систематизация результатов анализа существующих программных средств позволила создать общую картину состояния информационных технологий в данной сфере, понять основные аспекты проблемной ситуации в организации морских грузоперевозок в целом, выделить существенные навигационные факторы судоходства в Арктике и Субарктике России.

Одним из главных факторов, влияющих на процесс морских грузоперевозок, является изменяющаяся ледовая обстановка, которую необходимо учитывать для обеспечения безопасного плавания в Арктике и Субарктике России и расчета оптимального маршрута.

Однако внимательное изучение процесса морских грузоперевозок, ледовых карт–схем, рейсовых донесений капитанов ледоколов показало, что процесс морских грузоперевозок с учетом плавания во льдах слабо формализован, так как вектор параметров ледовой обстановки (торосистость, форма льда, заснеженность и т. д.) крайне размыт, включает множество факторов и связь между ними неочевидна. Это затрудняет не только эффективное использование имеющейся информации о ледовой обстановке, но и ее анализ и накопление. Очевидно, что совершенствование процесса организации морских грузоперевозок настоятельно требует формализации данных на основе технологий искусственного интеллекта, а именно, аппарата нечёткой логики. Формализация откроет новые возможности использования информации: позволит обрабатывать и использовать накопленные статистические данные, знания экспертов — специалистов в сфере судоходства и морских грузоперевозок в Арктике и Субарктике России и, следовательно, учитывать опыт и изменчивость ледовой обстановки во времени. Более того, формализация знаний позволит автоматизировать процесс принятия решения.

Таким образом, необходимость разработки и внедрения информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике России не вызывает сомнений.

В связи с этим сформирована семантическая сеть для организации морских перевозок грузов на основе интеллектуальных систем. Разработаны архитектуры трех модулей, учитывающие специфику плавания в Арктике и Субарктике. Первый модуль — для расчета длительности маршрута между двумя портами с учетом ледовой обстановки. Второй модуль — для расчета стоимости и количества дней в пути морских грузоперевозок с учетом ледовой обстановки, и на основе этих расчетов третий модуль рассчитывает наиболее быстрый (дни в пути) или экономически выгодный (стоимость) маршрут в зависимости от периода плавания (времени года) с учетом ледовой обстановки.

Реализация информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками позволит осуществить поддержку принятия решения, расчет

оптимального пути доставки груза с учетом плавания во льдах, составление схем эффективного использования ледоколов.

**Во второй главе** сформулирована математическая постановка задача разработки информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками в арктических и субарктических условиях плавания и обосновано применение аппарата нечёткой логики в построении модели для расчета их стоимости.

Выделены ледовые классы судов в зависимости от периода навигации в данном регионе. Определены маршруты для построения модели расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях плавания. Маршрут для расчета включает порты Магадан, Петропавловск–Камчатский, Анадырь, Провидения, Певек в разных вариациях, то есть в разной очередности посещений.

Составлена сводная таблица ледовых классов судов и режимов плавания в зависимости от региона и периода навигации.

Выделены периоды навигации в морском порту для маршрута:

- Магадан и Петропавловск-Камчатский — круглогодичная;
- Анадырь — с 01.07. по 01.10;
- Провидения — с 01.06. по 01.12;
- Певек — с 03.07 по 25.10.

Определены входные параметры модуля расчета стоимости организации морских грузоперевозок в арктических условиях. Выделены основные классификационные признаки и их весовые коэффициенты для реализации системы нечеткого вывода (таблица 1). Основной входной параметр — ледовая обстановка — формируется для каждого фактора.

Таблица 1 – Классификационные признаки ледовых образований

Описание	Классификационные признаки	
Возраст льда	Начальные виды льдов менее 2 см	ледяные иглы
		ледяное сало
		снежура
		шуга
	Нилас	темный нилас менее 5 см
		светлый нилас 5–10 см
		склянка менее 5 см
		блинчатый лед 10– 15 см
	Молодые льды	серый лед 10–15 см
		серо–белый лед 15–30 см
	Однолетние льды	тонкий однолетний лед первой стадии 30–70 см
		тонкий однолетний лед второй стадии 50–70 см
		однолетний лед средней толщины 70– 120 см
		толстый однолетний лед более 120 см
	Старые льды	остаточный однолетний лед 50–180 см
двухлетний лед 180–280 см		
многолетний лед более 300 см		

Описание	Классификационные признаки
Торосистость	ровный лед – 0 баллов
	редкие торосы – 1 балл
	ровный, частично торосистый лед – 2 балла
	лед средней торосистости – 3 балла
	сильно торосистый лед – 4 балла
	сплошь торосистый лед – 5 баллов
Сплоченность льда	льда нет – 0 баллов
	отдельные льдины менее 1 балла
	редкий – 1–3 балла
	разреженный – 4–6 баллов
	сплоченный – 7–8 баллов
	очень сплоченный – 9–10 баллов
	сплошной – 10 баллов
Форма льда	блинчатый лед менее 3 м
	тертый лед, ледяная каша менее 2 м
	мелкобитый лед менее 20 м
	крупнобитый лед 20–100 м
	обломки ледяных полей 100–500 м
	большие ледяные поля 500 м – 2 км
	обширные ледяные поля 2–10 км
	гигантские ледяные поля более 10 км
	припай, куски айсбергов или несяки
	айсберги
Заснеженность	отсутствует – 0 баллов
	тонкий свежий покров менее 5 см – 1 балл
	снежный покров от 5 см до 20 см – 2 балла
	значительный снежный покров более 20 см – 3 балла
Сжатие	лед не сжат – 0 баллов
	слабое – 1 балл
	значительное – 2 балла
	сильный – 3 балла
Разрушенность	отсутствует – 0 баллов
	потемневшая поверхность льда – 2 балла
	проталины, лед в стадии обсыхания – 3 балла
	сильно разрушенный лед с промоинами – 4 балла
	преобладает битый обтаявший лед – 5 баллов

Периоды навигации в морском порту соотнесены с ледовыми классами судов. Выделена допустимая толщина льда для различных классов ледового усиления.

Выделены суда с различными ледовыми классами, что позволило унифицировать информационную аналитическую модель.



В соответствии со справочниками и в зависимости от периода навигации соотнесены суда, ледовые классы судов и их скорости (фрагмент в таблице 2, знаком «\*» обозначена скорость судна в грузу при спецификационной осадке и эксплуатационной мощности на тихой воде или на чистой воде для ледоколов).

Таблица 2 – Ледовые классы судов и скорость плавания

Название / номер проекта	Характеристики	
	категория ледового усиления / ледовый класс	скорость, уз*
Ролкеры		
Капитан Смирнов/1609	Ice2	25
Лихтеровозы		
Алексей Косыгин/17502	Arc4	17,5
Рефрижераторные суда		
Академик Вавилов	Ice3	20,3
Сухогрузные суда универсального назначения грузоподъемностью более 5 тыс. тонн		
Парижская коммуна/567	Ice2	19,2
Сухогрузные суда универсального назначения грузоподъемностью менее 5 тыс. тонн и для перевозки тяжеловесных грузов		
Стахановец Котов/0217	Arc4	14,2
Сухогрузные суда ограниченного района плавания		
Виталий Дьяконов/15881	Arc4	11,5
Многоцелевые сухогрузные суда с комбинированной грузообработкой		
Астрахань-I/121	Ice3	16,7
Ледокольно-транспортные сухогрузные суда		
Норильск/SA-15	Arc7	17
Лесовозы и щеповозы		
Николай Новиков/В-436	Arc4	15,5
Суда для перевозки навалочных грузов		
Харитон Греку/15941	Ice2	14,2
Суда для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов		
Морис Бишоп (Людвиг Свобода)/2226А	Ice3	15,6
Судно обеспечения		
СКФ «Эндевор»	Arc6	15,0
Навалочники-танкеры		
Маршал Гречко/В-525	Ice2	14
Суда для перевозки пищевых продуктов и химических грузов		
Алиот	Ice2	14
Суда для перевозки сжиженных нефтяных газов		
Моссовет	Ice3	17,25
Ледоколы		
Россия/10521	Icebreaker9	21
Суда атомного технологического обслуживания		
ПТБ «Имандра»/1948	Arc5	15,4
Грузопассажирские суда		
Михаил Калинин/101	Arc4	17,4

Для расчета средней скорости судов одинакового ледового класса применена формула простой средней гармонической, составленной с учетом того, что судно проходило один и тот же путь(1).

$$\bar{x}_{\text{гарм}} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{x_i}} = \frac{1+1+\dots+1}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}, \quad (1)$$

где  $n$  — общее число вариантов;  $x$  — отдельные значения признака;  $1/x$  — отдельные варианты обратного признака, встречающиеся по одному разу.

Составлена таблица средней скорости судна каждого ледового класса на чистой воде (данные необходимы для составления базы правил нечётких продукций, таблица 3).

Таблица 3 – Средняя скорость на чистой воде с учетом ледового класса

Ледовый класс судна	Средняя гармоническая скорость, уз
Arc4	14,05255
Arc5	15,16577
Arc6	15,50139
Arc7	16,28203
Arc8	17,1453
Arc9	17,50601
Ice1	15,46477
Ice2	19,01009
Ice3	23,93693
Icebreaker6	15,36273
Icebreaker7	17,97144
Icebreaker8	18,18247
Icebreaker9	20,94964

Сформирована таблица, учитывающая скорость плавания в ледовых условиях (таблица 4), где знаком «\*» обозначена средняя гармоническая скорость, уз.

Таблица 4 – Скорость плавания в ледовых условиях плавания

Ледовый класс судна	Толщина льда, м	Сплоченность и тип льда	Под проводкой ледокола, уз	Допустимая скорость ледового плавания, уз	Скорость на чистой воде, уз*
Ice 1	0,40– 0,35	мелкобитый разреженный лед	не менее 5	3–5	15,46477
Ice 2	0,55– 0,50	Мелкобитый разреженный лед	не менее 5	3–5	19,01009
Ice 3	0,70– 0,65	мелкобитый разреженный лед	не менее 5	3–5	23,93693
Arc 4 –	0,6 – 0,8	разреженный однолетний	не менее 5	6–8	14,05255
Arc 5	0,8 – 1,0	разреженный однолетний	не менее 5	6–8	15,16577
Arc 6	1,1 – 1,3	разреженный однолетний	не менее 5	6–8	15,50139
Arc 7	1,4 – 1,7	сплоченный однолетний	не менее 5	6–8	16,28203
Arc 8	2,1 – 3,0	сплоченный двухлетний	не менее 5	10	17,1453

Ледовый класс судна	Толщина льда, м	Сплоченность и тип льда	Под проводкой ледокола, уз	Допустимая скорость ледового плавания, уз	Скорость на чистой воде, уз*
Arc 9	3,5 – 4,0	очень сплоченный и сплошной многолетний	не менее 5	12	17,50601
Icebreaker6	0,5–1,8	сплошной лед	–	2	15,36273
Icebreaker 7	1,4–2,5	битый лед	–	2	17,97144
Icebreaker 8	1,77–3	сплошное поле со снежным покровом 20 см	–	2	18,18247
Icebreaker 9	2,3–4	сплошной ровный припайный лед	–	2–4	20,94964

Выделена ледопроездимость ледоколов в соответствии с категорией ледового усиления (таблица 5).

Таблица 5 – Ледопроездимость ледоколов

Название/номер проекта	Категория ледового усиления	Скорость на чистой воде, уз	Ледопроездимость, м
Арктика/10520	Icebreaker8	21	2,3
Россия/10521	Icebreaker9	21	2,3
Таймыр/10580	Icebreaker8	18,5	1,77
Ермак/Р–1039	Icebreaker6	19,5	1,8
Капитан Драницын/1101	Icebreaker7	19,5	1,4
Капитан Николаев/1101	Icebreaker7	19,2	2
Диксон	Icebreaker6	16,5	0,9
Мудьюг	Icebreaker6	16,1	1,4
Василий Прончищев/97А	Icebreaker6	14,5	0,6
Капитан Измайлов/1108	Icebreaker6	13	0,5
Ямал (Октябрьская революция)/10521	Icebreaker9	21	2,8
Советский Союз/10521	Icebreaker9	20,8	2,3
Вайгач/10580	Icebreaker8	18,5	1,77
Капитан Сорокин/1101	Icebreaker7	19	1,8
Москва/21900	Icebreaker6	16	1,5
Санкт–Петербург/21900	Icebreaker6	16	1,5
Владивосток/21900М	Icebreaker6	17	1,5
Новороссийск/21900М	Icebreaker6	17	1,5
Мурманск/21900М	Icebreaker6	17	1,5
50 лет Победы (Урал)/10521	Icebreaker9	21	2,7

Данные таблицы 5 необходимы для формирования термов лингвистической переменной «Скорость», что позволит сформировать базу правил нечётких продукций, приближенную к реальным данным.

Выделены основные классификационные признаки и их весовые коэффициенты, необходимые при формировании диапазона значений для терм лингвистических переменных.

Анализ описания и классификационных признаков показал, что признаки являются лингвистическими переменными, это подтверждает правильность использования математического аппарата нечёткой логики. Аппарат нечёткой логики позволяет строить логико–лингвистические модели, используя формы представления знаний, рассуждений и принятия решений на их основе.

Например, для лингвистической переменной с именем «Сплоченность льда» терм имеет такой вид:

- $T = \{\text{«очень низкий»}, \text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«высокий»}, \text{«очень высокий»}\};$
- $X$  примет диапазон значений  $[0;10];$
- $G$  — правила формирования новых термов с помощью логических связок «И», «ИЛИ»;

Система нечеткого вывода преобразовывает значения входных переменных в выходные переменные на основе правил нечеткого условного вывода, тогда процесс перехода включает:

- 1) формирование базы знаний, в том числе с использованием знаний экспертов в данной области;
- 2) фаззификацию;
- 3) формирование правил для базы знаний;
- 4) дефаззификацию.

В результате анализа «природы» входных переменных был выбран нечёткий вывод Мамдани. В системах типа Мамдани значения выходной переменной задают нечеткими термами, нечёткий вывод Мамдани выполняют по базе знаний (2):

$$(x_1 = \tilde{a}_{1j} \text{ и } x_2 = \tilde{a}_{2j} \text{ и } \dots \text{ и } x_n = \tilde{a}_{nj} \text{ с весом } w_j) \Rightarrow y = \tilde{d}_{1j}, j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где  $\tilde{a}_{ij}$  — нечёткий терм, которым оценивается переменная  $x_i$  в  $j$ -м правиле,  $i = 1, n$ ;  $\tilde{d}_j$  — нечеткое заключение  $j$ -го правила;  $m$  — количество правил в базе знаний;  $w_j \in [0,1]$  — весовой коэффициент, отражающий адекватность  $j$ -го правила. Все значения входных и выходных переменных заданы нечеткими термами.

Выделены термы лингвистических переменных «Период», «Горосистость», «Сплоченность льда», «Возраст льда», «Форма льда», «Сжатие», «Заснеженность», «Разрушенность», «Судно», «Расстояние» и «Скорость», необходимые для перехода к нечеткому выводу (некоторые термы представлены в таблицах 6, 7).

Лингвистическая переменная «Период» имеет универсальное множество  $[0;11]$ , терм «S\_1» данной лингвистической переменной имеет диапазон значений  $[0;5]$ , а терму «S\_2» принадлежит диапазон значений  $[5;11]$ . Остальные термы лингвистических переменных сформированы по такому же принципу: из универсального множества, принадлежащего лингвистической переменной, выделены термы. Выяснив, например, что «Период» делится на летне–осенний (июнь — ноябрь) и зимне–весенний (ноябрь — июнь), разделили диапазон значений в соответствии с количеством месяцев в каждом периоде.

Таблица 6 – Термы лингвистической переменной «Период»

Диапазон значений	Характеристика терма	Обозначение терма
[0;5]	Летне–осенний	S_1
[5;11]	Зимне–весенний	S_2

Таблица 7 – Термы лингвистической переменной «Горосистость»

Диапазон значений	Характеристика терма	Обозначение терма
[0;1]	низкий	L_H
[1;3]	средний	M_H
[3;5]	высокий	H_H

Термы входных и выходной лингвистических переменных заданы функциями принадлежности (рисунок 1).

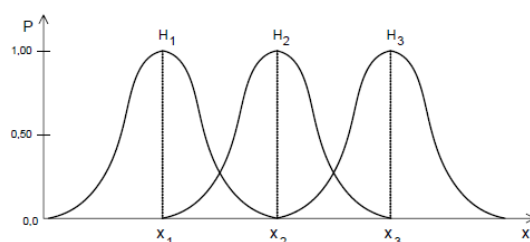


Рисунок 1 – Графическое представление функций принадлежности нечётких переменных

Для лингвистической оценки переменной использованы термы с гауссовой функцией принадлежности, так как она достаточно гибкая, что позволяет сократить размерность задачи оптимизации, возникающей на этапе настройки модели типа Мамдани.

Использована параметрическая гауссова функция принадлежности (3):

$$\mu(u) = \exp\left(-\frac{(u-b)^2}{2c^2}\right), \quad (3)$$

где  $u$  — вектор, для координат которого необходимо рассчитать степени принадлежности;  $b$  — координата максимума функции принадлежности;  $c$  — коэффициент концентрации функции принадлежности.

Графически форма гауссовой функции принадлежности представлена на рисунке 2, где параметр  $b$  обозначает центр нечеткого множества,  $2c^2$  — параметр ширины функции принадлежности.

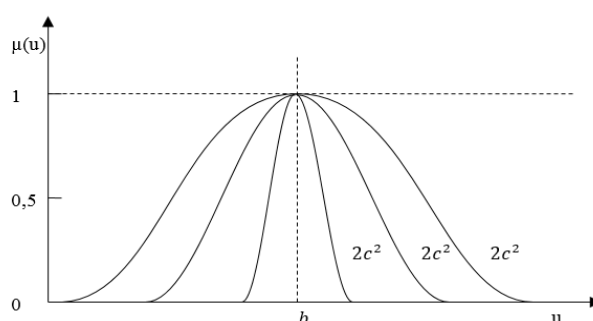


Рисунок 2 – Форма гауссовой функции принадлежности

По такому же принципу сформированы термы для остальных лингвистических переменных навигации: сезона, сплоченности льда, формы льда, возраста льда и т. д.

Сформулирован и описан принцип составления правил нечётких продукций, например:

ЕСЛИ «Период» = «S\_1» И «Возраст льда» = «M\_IA» И «Торосистость» = «L\_IA»,  
ТО «Дни в пути» = «M\_Da».

По такому же принципу составлены и все остальные правила, количество входных переменных варьирует в зависимости от ледовой обстановки на маршруте следования.

На этапе дефаззификации использован один из распространенных методов — метод центра тяжести (Center of Gravity) (4).

$$y = \frac{\int_{\min}^{\max} x * \mu(x) dx}{\int_{\min}^{\max} \mu(x) dx}, \quad (4)$$

где  $y$  — результат дефаззификации;  $x$  — выходная лингвистическая переменная,  $\mu(x)$  — функция принадлежности нечеткого множества.

Составлена обобщенная схема системы нечеткого вывода. Проработка каждого шага процесса нечёткого условного вывода позволила перейти к формированию структуры нечеткого регулятора и разработке Matlab–модели системы нечеткого управления.

**В третьей главе**, имеющей прикладной характер, выполнена разработка математической модели информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике России. Определены основные блоки процесса расчета оптимального маршрута морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях плавания.

Для реализации ИАС ОУМГ, состоящей из трех модулей, разработан алгоритм работы ИАС ОУМГ, учитывающий сложные условия плавания в Арктике и Субарктике (рисунок 3).

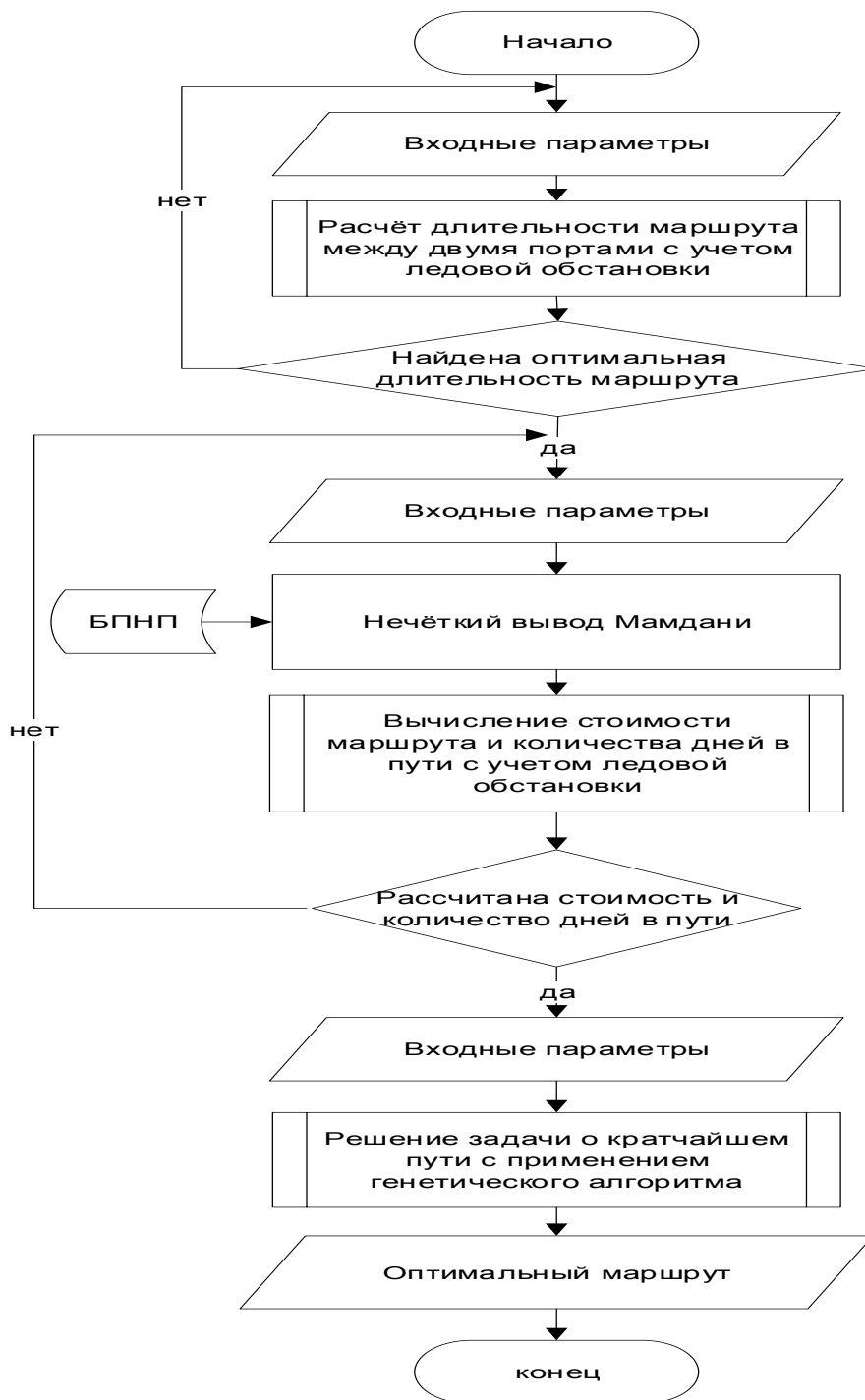


Рисунок 3 – Алгоритм работы ИАС ОУМГ

Алгоритм работы с разработанным программным модулем ИАС ОУМГ включает три этапа.

На первом этапе работы алгоритма производится запуск модуля расчета длительности оптимального маршрута между двумя портами с учетом ледовой обстановки (учитывается возможность прохождения судна через ледовое поле, обход ледового поля). Модуль позволяет выбрать необходимую карту, далее необходимо на карте указать порт отправки и порт назначения, обозначить ледовую обстановку. После задания необходимых параметров, класса используемого судна, происходит процесс вычисления с визуальным просчетом оптимального маршрута, выводом расстояния от порта отправки к порту прибытия с учетом ледовой обстановки. Полученные данные могут использоваться для расчёта оптимального расстояния морских грузоперевозок в арктических условиях плавания.

На втором этапе производится запуск модуля нечёткого вывода типа Мамдани для расчета стоимости морских грузоперевозок с учетом ледовой обстановки. При запуске файла программы подгружается система нечёткого вывода типа Мамдани и сформирована БПНП, реализованная посредством Fuzzy Logic Toolbox математического пакета Matlab. Изменяя входные параметры передвижением ползунка или вводом четких (введя четкие значения необходимо нажать кнопку ЗАПУСК) значений, вычисляем количество дней в пути. Введя стоимость эксплуатационных расходов судна в день, стоимость ледовой проводки в акватории Российской Арктики или Субарктики, количество рассчитанных дней пути и нажав кнопку РАССЧИТАТЬ, получаем стоимость маршрута.

На третьем этапе загружается форма программы для определения оптимального маршрута судна с учетом стоимости между портами на маршруте. Модуль на основе первого и второго модуля рассчитывает более быстрый или экономически выгодный маршрут в зависимости от сезона с учетом текущей ледовой обстановки. При нажатии на кнопку КАРТА открывается дочерняя форма «Мар», где необходимо задать маршрут с указанием точек на карте, и матрица стоимости между портами, либо открыть файл с координатами и стоимостью. На главной форме после задания маршрута заданы размер популяции, число портов–соседей, мутация, поколения и все другие необходимые параметры для работы генетического алгоритма. После ввода параметров нажимаем ПУСК, и происходит процесс вычисления с визуальным просчетом маршрута, выводом стоимости маршрута и оптимальной очередности посещения портов.

Интерфейс первого модуля (рисунок 3) рассчитывает длительность оптимального маршрута между двумя портами с учетом ледовой обстановки. Определяется возможность прохождения судна через ледовое поле или в обход его. Интерфейс модуля предоставляет выбор необходимой карты, на которой необходимо указать порт отправки и порт назначения и обозначить ледовую обстановку (препятствия). Задать параметры класса используемого судна и запустить процесс вычисления с визуализацией оптимального маршрута и выводом расстояния от порта отправки к порту прибытия с учетом ледовой обстановки. Можно, визуальное для одного маршрута и ледовых условий построить три маршрута для разных классов судов и по расчетам выбрать оптимальный по минимальной стоимости маршрута или минимальному риску нарушения графика поставки груза при дальнейшем расчете в модуле два.

Основой программы является алгоритм A-star для поиска кратчайшего пути между двумя портами с учетом препятствий между ними. Реализована программа посредством математического пакета Matlab. Полученные данные используются как входные для второго модуля, что дает возможность более точно рассчитать длительность маршрута с учетом ледовой обстановки на основе БПНП, обученной на знаниях экспертов.

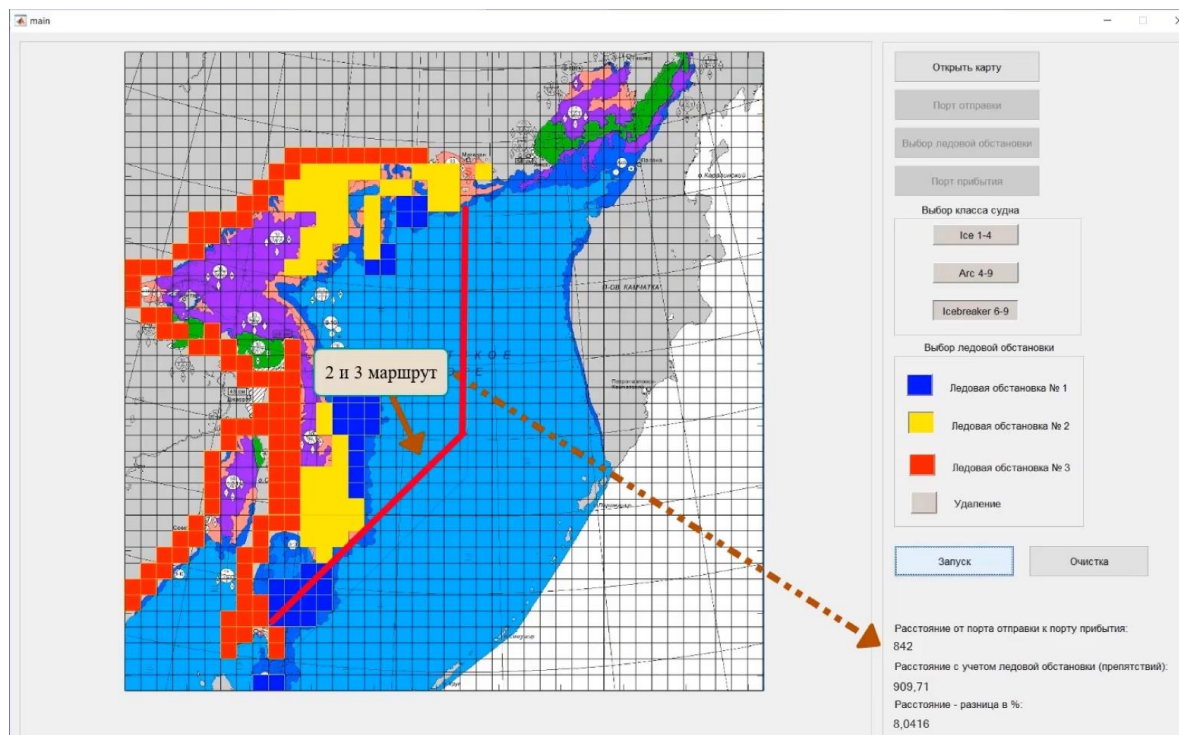


Рисунок 3 – Интерфейс программы расчета длительности оптимального маршрута между двумя портами с учетом ледовой обстановки

Второй модуль для расчета стоимости и количества дней в пути морских грузоперевозок с учетом ледовой обстановки разрабатывался на базе нечёткой логики с применением модели нечёткого вывода типа Мамдани.

Разработана модель в среде Matlab Fuzzy Logic Toolbox с выбором алгоритма нечеткого вывода типа Мамдани. База знаний Мамдани задается нечеткими термами и может трактоваться как разбиение пространства влияющих факторов на подобласти с размытыми границами, внутри которых функция отклика принимает нечеткое значение.

Все значения входных и выходных переменных системы заданы нечеткими термами.

На базе нечёткой логики с применением модели Мамдани разработана модель расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях плавания.

Для составления БПНП сформирована выборка, основой которой послужили данные проанализированных карт–схем ледовой обстановки по выбранному маршруту следования судов. Проанализировано 445 карт–схем с 2004 по 2019 год.

Сформирована БПНП для системы нечёткого вывода типа Мамдани и реализована посредством Fuzzy Logic Toolbox математического пакета Matlab.

Реализована программа нечёткого вывода типа Мамдани на высокоуровневом языке программирования MATLAB с помощью интерактивного инструмента GUIDE (интерфейс представлен на рисунке 4).

Данная программа — часть ИАС ОУМГ, учитывающей сложные условия плавания в Арктике и Субарктике. Программа реализует работу нечёткого вывода типа Мамдани и позволяет рассчитать стоимость затрат на маршрут и количество дней в пути.

Программа обеспечивает:

- подключение БПНП;
- вычисление количества дней в пути с учетом входных параметров;
- расчет стоимости маршрута.

Результатом работы программы является количество дней в пути и стоимость маршрута.



Рисунок 4 – Интерфейс ввода данных программы расчёта количества дней в пути и стоимости морских грузоперевозок

Сформирована БПНП, содержащая 864 правил нечётких продукций, на основе расчетных данных. Воспользовавшись правилами комбинаторики и знаниями экспертов исключили правила, которые невозможны ни при каких условиях, например, судно категории ледового усиления Ice1 не сможет преодолеть толщину льда более 3 метров.

Для настройки модели нечеткого вывода типа Мамдани сформирована выборка данных из документов:

- Рейсовое донесение капитана ледокола «Адмирал Макаров»;
- Рейсовое донесение капитана ледокола «Магадан»;
- Рейсовое донесение капитана ледокола «Ермак»;
- Отчет о зимней навигации ледокола «Ленинград»;
- Рейсовое донесение капитана ледокола «Красин».

Реализована настройка нечёткой модели на основе обучающей выборки из натуральных данных. Настроенная нечёткая модель адекватно отражает поведение идентифицируемой зависимости, что подтверждает и малое значение  $RMSE=3.190$ .

В результате настройки модели типа Мамдани получена новая нечёткая модель, которая является основным компонентом информационной аналитической системы для расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических условиях.

Разработан метод определения оптимального маршрута судна с применением генетического алгоритма для организации и управления морскими грузоперевозками с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике.

Реализована программа для определения оптимального маршрута судна с учетом стоимости между портами на маршруте. В основе данной программы лежит решение задачи оптимизации (задача о кратчайшем пути) с применением алгоритма прямого поиска — генетического алгоритма. Суть алгоритма программы в том, что на карте точками задают порты и указывают стоимость / количество дней в пути между портами на маршруте. В процессе работы программа генерирует маршруты, к которым применяется операция мутации и скрещивания. Результаты работы программы — оптимальный маршрут с указанием очередности посещения портов и оптимальная стоимость всего маршрута (рисунок 5). Программа реализована на высокоуровневом языке программирования MATLAB с помощью интерактивного инструмента GUIDE.

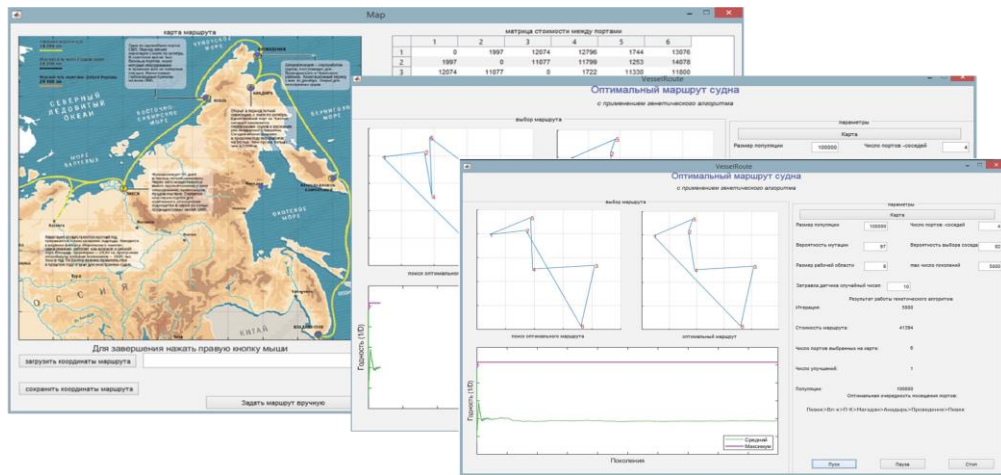


Рисунок 5 – Поиск оптимального маршрута

Работа программы проиллюстрирована на примере поиска оптимального маршрута с использованием данных карт–схем о ледовой обстановке (рисунок 6).

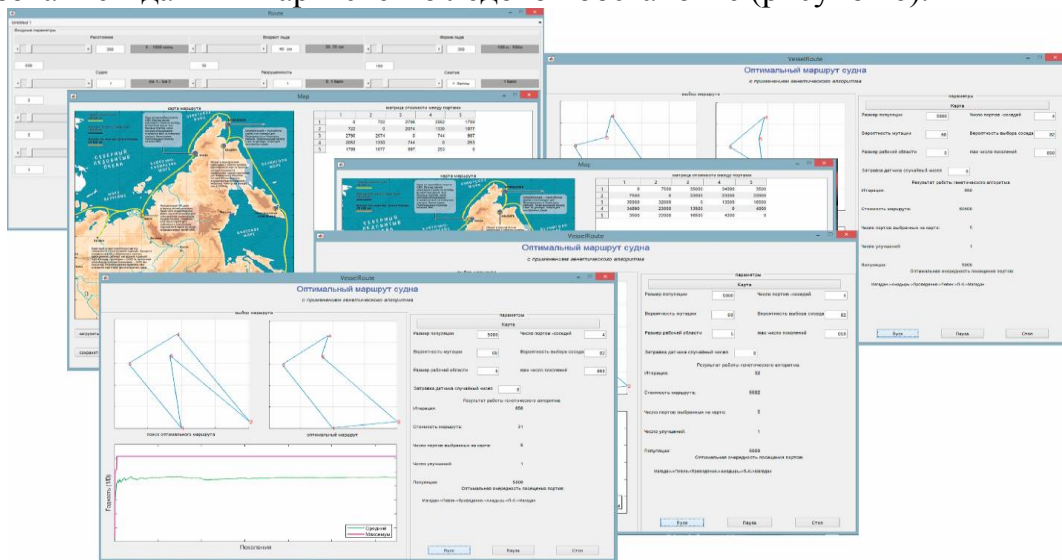


Рисунок 6 – Оптимальный маршрут, разработанный на основе данных карт–схем о ледовой обстановке

В результате работы информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике России при одинаковых ледовых условиях плавания могут быть получены оптимумы двух целевых функций:

1. Минимальная стоимость маршрута — получить оптимальное использование флота с учётом выбора судна, более низкого по себестоимости в эксплуатации, для каждого этапа по маршруту следования (от порта до порта) (5).

$$I_1 = \min_{Z \in D} t, \quad (5)$$

где  $Z = \{\bar{V}, \bar{K}, \bar{L}, \bar{S}\}$ ;  $V$  — маршруты;  $K$  — типы судов;  $L$  — ледоколы;  $D$  — область возможных ресурсов;  $t$  — время;  $S$  — стоимость.

2. Минимальный риск нарушения графика поставки груза с учетом количества дней в пути, выбрав различные классы судов для каждого этапа (от порта до порта) (6).

$$I_2 = \min_{Z \in D} |t_{zi} - t_r|, \quad (6)$$

где  $i=1, n$ ;  $n$  — количество портов;  $t_{zi}$  — заданное время;  $t_r$  — расчетное время прибытия;  $Z = \{\bar{V}, \bar{K}, \bar{L}, \bar{S}\}$ ;  $V$  — маршруты;  $K$  — типы судов;  $L$  — ледоколы;  $D$  — область возможных ресурсов;  $t$  — время;  $S$  — стоимость.

Программа «Оптимальный путь судна» и результат блока Fuzzy logic предоставит возможность не просто выяснить, какой тип судна лучше использовать и в какой сезон, но и позволит судоходной компании правильно использовать суда с учетом сезона и навигации, что, с одной стороны, сократит расходы судоходной компании, а с другой — обеспечит более эффективную доставку груза.

**В четвертой главе** проведен множественный регрессионный анализ для построения прогнозной модели, которая вычисляет количество дней в пути. Множественный регрессионный анализ позволяет выявить факторы, действующие на отклик, и ранжировать их по степени влияния на отклик, прогнозировать значение отклика при различных факторах.

Для множественной регрессии использовали программное обеспечение STATISTICA. Представлен результат множественного регрессионного анализа.

Верифицирована адекватность модуля расчета стоимости морских грузоперевозок арктическим и субарктическим условиям плавания.

Для проверки адекватности модели нечеткого вывода типа Мамдани сформирована выборка данных из рейсовых донесений капитанов ледоколов. Проверка модели показала, что количество дней в пути, согласно рейсовым донесениям капитанов, и результат работы программы приблизительно равны (наибольшая ошибка 8,67%), это подтверждает адекватность настроенной модели типа Мамдани.

Для проверки возможности применения данной модели в другом регионе проанализированы рейсовые отчеты капитанов другой Арктической зоны России и сформирована проверочная выборка. Данные анализа рейсовых отчетов и результаты работы программы приблизительно равны (наибольшая ошибка 4,07 %), что убедительно свидетельствует о возможности использования данной модели при прогнозировании арктического плавания в любом регионе Арктики и Субарктики.

Проведен сравнительный анализ результатов моделирования настроенной нечеткой модели типа Мамдани и прогнозной регрессионной модели. Анализ данных показал, что результаты нечеткой модели типа Мамдани точнее, чем результаты регрессионной модели. Поэтому целесообразно использовать в работе нечеткую модель типа Мамдани, так как она показала не только более точный результат, но и учитывает все факторы. Консультации с экспертами в данной области подтвердили важность всех факторов при ледовом плавании и практическую значимость выводов, полученных в процессе диссертационного исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе диссертационного исследования решены следующие задачи:

1. Проведен анализ современного состояния существующих информационных систем морской логистики для организации и управления морскими грузоперевозками в Российской Арктике.

2. Обоснована необходимость разработки информационной аналитической системы для морской логистики на основе искусственного интеллекта, а именно, аппарата нечёткой логики с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике России.

3. Разработана архитектура информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками в арктических и субарктических условиях и архитектуры трех модулей.

4. Обоснована необходимость применения аппарата нечеткой логики в построении модели для расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях.

5. Выделены основные классификационные признаки и их весовые коэффициенты для построения модели расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях плавания с применением аппарата нечёткой логики.

6. Разработан алгоритм расчета оптимального маршрута морских грузоперевозок в арктических и субарктических условиях.

7. Разработана база правил нечётких продукций для реализации информационной аналитической транспортно–логистической системы управления на базе системы нечёткого вывода типа Мамдани.

8. Реализована программа для определения оптимального маршрута судна «от порта до порта» с учетом ледовых условий плавания.

9. Разработана информационно–аналитическая система организации и управления морскими грузоперевозками в Арктике и Субарктике России, которая позволяет рассчитать количество дней в пути и стоимость затрат на маршрут.

10. На натуральных данных проведена экспериментальная апробация информационной аналитической системы организации и управления морскими грузоперевозками с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике России.

11. С использованием натуральных данных проведена верификация адекватности информационной аналитической системы расчета стоимости организации морских грузоперевозок арктическим и субарктическим условиям плавания.

Разработанная информационная аналитическая система организации и управления морскими грузоперевозками с учетом сложных условий плавания в Арктике и Субарктике России обеспечит руководство судоходных компаний прогнозной аналитикой, позволяющей своевременно принимать эффективные решения.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

### Публикации в научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Соболевская Е.Ю. Анализ информационных систем для морской логистики / С. В. Глушков, Н. Г. Левченко, О.В. Карпец, В.Ф. Рычкова // Транспортное дело России. – 2017. – № 6. – С. 99–100.

2. Соболевская Е.Ю. Формирование параметров базы знаний характеристик ледовых условий плавания с использованием аппарата нечёткой логики / Е.Ю. Соболевская, Н.Г. Левченко, А.М. Коваленко, С.В. Глушков // Морской вестник. – 2019. – № 2 (70). – С. 117–119.

3. Соболевская Е.Ю. Разработка информационной интеллектуальной системы для организации и управления морскими грузоперевозками в арктических условиях – настройка нечёткого вывода типа Мамдани / Е.Ю. Соболевская, С.В. Глушков, Н.Г. Левченко // Эксплуатация морского транспорта. – 2019. – № 2 (91). – С. 68–73.

4. Соболевская Е.Ю. Верификация разрабатываемой информационной интеллектуальной системы организации и управления морскими грузоперевозками в арктических условиях / Е.Ю. Соболевская // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2019. – № 3 – С. 16–24.

5. Соболевская Е.Ю. Разработка интеллектуальной системы морских грузоперевозок в арктических условиях – формирование базы правил нечётких продукций на базе системы нечёткого вывода типа Мамдани / Е.Ю. Соболевская, С.В. Глушков, Н.Г. Левченко // Транспортное дело России. – 2019. – № 2 – С. 154–158.

6. Соболевская Е.Ю. Информационная интеллектуальная система организации и управления арктическими морскими грузоперевозками — модуль расчета маршрута между двумя портами с учетом ледовой обстановки / Е.Ю. Соболевская, Н.Г. Левченко, С.В. Глушков // Транспортное дело России. – 2020. – № 3 – С. 117–119.

### Публикации в журналах, включенных в международную реферативную базу данных Scopus и Web of Science

1. Sobolevskaya E.Y. Development of efficiency module of organization of Arctic sea cargo transportation with application of neural network technologies / E.Y. Sobolevskaya, S.V. Glushkov, N.G. Levchenko, A.P. Orlov // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – T. 1015. – P. 042057.

2. Levchenko N.G. Application of fuzzy neural network technologies in management of transport and logistics processes in Arctic / N.G. Levchenko, S.V. Glushkov, E.Yu. Sobolevskaya, A.P. Orlov // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – T. 1015. – P. 032085.

3. Соболевская Е.Ю. Метод оценки эффективности арктических морских грузоперевозок с использованием нечётких нейросетевых технологий / Е.Ю. Соболевская, С.В. Глушков, Н.Г. Левченко // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – № 5–4 (42). – С. 176–182.

4. Глушков С.В. Формирование обучающей выборки для информационной интеллектуальной системы организации и управления арктическими морскими грузоперевозками / С.В. Глушков, Е.Ю. Соболевская, Н.Г. Левченко // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 1–2 (47). – С. 230–235.

5. Sobolevskaya, E. Yu. Information intelligent system of organization and management of arctic sea cargo transportation / E.Y. Sobolevskaya, N.G. Levchenko, S.V. Glushkov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 918, VIII International Scientific Conference Transport of Siberia - 2020 22-27 May 2020, Novosibirsk, Russia

### Прочие публикации

1. Соболевская Е. Ю. Архитектура интеллектуальной системы организации арктических морских грузоперевозок / С. В. Глушков, Н. Г. Левченко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2017. – № 4 (19). – С. 27 – 38.
2. Соболевская Е.Ю. Разработка архитектуры модуля интеллектуальной информационной системы для расчета стоимости морских грузоперевозок в арктических условиях / Е.Ю. Соболевская, С.В. Глушков, Н.Г. Левченко // Проблемы транспорта Дальнего Востока: материалы двенадцатой научно-практической конференции FEBRAT–17. – Владивосток, 2017. – № 2 (2). – С. 518–522.
3. Соболевская Е.Ю. Разработка интеллектуального модуля эффективной организации арктических морских грузоперевозок / Е.Ю. Соболевская // МОЛОДЕЖЬ. НАУКА. ИННОВАЦИИ. 66-ая международная молодежная научно-техническая конференция – Владивосток, 2018. – С. 255–260.
4. Соболевская Е.Ю. Разработка модуля расчета эффективности организации арктических морских грузоперевозок с применением нейросетевых технологий / Е.Ю. Соболевская // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России: материалы IX межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2018. – С. 550–553.
5. Levchenko, N.G. Development of intellectual system for managing the arctic and sub-arctic sea freight /N.G. Levchenko, E.Yu. Sobolevskaya, S.V. Glushkov // Asia–Pacific Journal of Marine Science & Education. – 2018. – Т. 8. № 1 – С. 10–22.
6. Соболевская Е.Ю. Этапы разработки интеллектуальной транспортно–логистической информационной системы управления с учетом суровых климатических условий плавания / Е.Ю. Соболевская // Третья всероссийская научно-практическая конференция «Морские исследования на Дальнем Востоке» – Владивосток, 2019. – С. 42–47.
7. Соболевская Е.Ю. Разработка интеллектуального модуля эффективной организации арктических морских грузоперевозок / Е.Ю. Соболевская., Левченко Н.Г.// МОЛОДЕЖЬ. НАУКА. ИННОВАЦИИ. 67-ая международная молодежная научно-техническая конференция – Владивосток, 2019. – С. 139–145.
8. Соболевская Е.Ю. Составление таблиц основных термов для разработки интеллектуальной транспортно-логистической информационной системы управления / Е.Ю. Соболевская, С.В. Глушков // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – Хабаровск, 2019. –Т. 1. – С. 71–76.
9. Соболевская Е.Ю. Определение термов для формирования базы знаний с учетом ледовых условий плавания для интеллектуальной транспортно-логистической информационной системы управления / Е.Ю. Соболевская // Логистика: современные тенденции развития: материалы XVIII Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2019. – С. 110–116.

Соболевская Евгения Юрьевна

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ МОРСКИМИ ГРУЗОПЕРЕВОЗКАМИ  
В АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ РОССИИ  
НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Специальность 05.22.19 – Эксплуатация водного транспорта, судовождение

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 30.12.2020 г. Бумага  
писчая Уч-изд. л. 1,0 Заказ №205  
Формат 60×84/16 Тираж 100 экз

Отпечатано в МГУ им. адм. Г. И. Невельского  
690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а