

УДК 681.518

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ЦИФРОВИЗАЦИИ КАЧЕСТВА МОДЕЛЕЙ, ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В СУДОСТРОЕНИИ

А.В. Михальчук, А.В. Алексеев, В.К. Дригола (Санкт-Петербург),
В.Е. Бондырев (Тула), В.Н. Мариян, Ю.В. Корнева (Санкт-Петербург)

Введение

Методика исследования и цифровизация качества моделей класса «Цифровых двойников» (ЦД) в судостроении среди многочисленных направлений совершенствования технологий и систем управления, интеллектуальной поддержки принятия решений, в том числе объектов морской техники (ОМТ) [1-7], сегодня только начинает свое развитие, упреждая неконтролируемый процесс сопоставления и конкурирования «разнокачественных» моделей.

Именно развитие методики и цифровизация качества моделей типа ЦД является одним из ресурсов повышения их качества и эффективности управления в целом, так как мониторинг и контроль качества моделей является одним из главных факторов качества принимаемых управленческих решений.

Более того, верификация и оценка валидности [8-13], например, ЦД ОМТ (по сути – моделей ОМТ) следует считать обязательным элементом проектирования и использования ЦД ОМТ, что одновременно будет «мотивационным рычагом» и неизбежностью при выходе на конкурентно способные позиции.

К сожалению, эти аспекты в литературе практически не встречаются и, особенно, на хорошо представляемом *прикладном уровне* типа программной поддержки решения задач цифровой оценки качества моделей, оценки их валидности.

Более того, представляется перспективным эти оценки включать в аппарат оценки качества управления, в систему цифровых показателей результативности и эффективности функционирования систем управления объектами в целом.

Цели исследования

1. Разработка базовых положений методологии цифровизации анализа, синтеза и оптимизации качества моделей с переходом к критерию качества решения задач моделирования по технологии ЦД на примере ОМТ (верификации моделей), а также критерию оценки степени достижения целей функционирования ОМТ и использования при этом ЦД (оценки валидности моделей).

2. Оценка возможности и разработка прототипа (пилотного проекта) по реализации методологии верификации и оценки валидности моделей в классе автоматизированных систем поддержки принятия решений (АСППР-КМцд) по верификации и оценке валидности моделей с их анализом, синтезом, оптимизацией, а также практической апробацией АСППР-КМцд на моделях класса ЦД ОМТ.

3. Выявление перспективных направлений развития технологий АСППР-КМцд.

Задачи исследования

1. С учетом ранее известных данных и знаний по квалиметрии моделей [14-17] разработать «полномасштабную» систему критериев оценки качества моделей (КМ), которая бы учитывала множество критических (существенно влияющих на КМ) факторов и возможность их цифровизации при моделировании объектов и процессов.

2. Обосновать выбор среды моделирования и разработать математический аппарат оценки КМ, их верификации и оценки валидности.

3. Разработать пилотный проект программного комплекса (макетно-

демонстрационный образец ПК) АСППР-КМцд с формированием соответствующей базы данных и знаний (БДЗ) по известным примерам ЦД в области судостроения [1-7].

Метод достижения целей

В отличие от известных ранее решений задачи моделирования ОМТ для достижения названных целей был выбран аппарат синтетической квалиметрии [18-19] на основе многокритериальной оптимизации систем измерения (оценки) качества моделей ОМТ, позволяющей всесторонне за счет выбранной системы критериев учитывать **функциональные особенности и свойства** ОМТ, адаптировать технологии автоматизированного сбора, экспресс-обработки, анализа и ранжирования данных исходной обстановки в контексте решения задач по технологии ЦД, оценивать при интеграции с ПК типа «КСПР-23» [2, 3] чувствительность целевой функции к специфическим условиям решения задач моделирования в целом, учитывать динамику развития обстановки в предлагаемом решении среди анализируемых факторов в модель оптимизации управления, соответственно структуры ЦД ОМТ, алгоритма их функционирования путем оценки и учета:

1. системы факторов и соответствующих групповых показателей качества: **моделируемости ОМТ**, отражающей степень научной обоснованности ее модельного представления и компьютерной реализации; **результативности моделирования ОМТ**, отражающей степень информативности, наблюдаемости и т.п. процессов моделирования; **доступности модели** в части сложности процессов оценивания, ресурсной доступности, развиваемости и т.п.;

2. системной целостности решения названных задач моделирования с оценкой интегрального показателя качества оцениваемых моделей и возможности решения задач параметрической оптимизации их качества;

3. инвариантности к специфике объектов моделирования и перспективности развития выбранного аппарата моделирования (синтетической квалиметрии) с развитием алгоритмов агрегирования показателей качества по гармонической модели [12], доступности и удобства интерпретации получаемых результатов моделирования.

В развитие выполненных исследований и реализации концепции полимодельного анализа, синтеза и оптимизации ОМТ и соответствующих их моделей [2, 4, 14, 16] в условиях тенденции роста сложности ОМТ представляется целесообразным **оценку валидности моделей** (как степени достижения цели, годности, действительности, достоверности, правдоподобия) V производить путем сопоставления агрегированного показателя (АПК) «Качество модели, Q » с его заданным значением Q_3 в виде отношения $V=Q/Q_3$, а **верификацию моделей** (как степень правильности решения задач моделирования) – аналогично по соответствию результатов оценки для каждого частного показателя качества (ЧПК) ожидаемым значениям.

Понятно, что с ростом сложности современных объектов моделирования в целом аналитически развернуть функцию КМ практически весьма сложно, но реально реализовать ее, как можно показать, методом компьютерного моделирования в соответствующем варианном и технологическом исполнении, в том числе при варианном анализе и варианном исследовательском синтезе, оптимизации при проектировании ОМТ, их модернизации и т.п. [2, 16, 17, 19].

Методика исследования, оценки валидности и верификации моделей

Методика исследования, оценки валидности и верификации моделей в этом контексте сводится с учетом выбранного аппарата моделирования качества (синтетической квалиметрии) к инструментальной (преимущественно путем измерения ЧПК, либо, что менее желательно, экспертным способом) оценке единого для каждого

объекта анализа интегрального (системного, обобщенного) АПК «Качество модели, Q », с последующей верификацией результатов моделирования (ВрМ) по ЧПК и оценкой валидности (ВдМ) в сопоставлении с установленным Заказчиком значением АПК Q_3 .

Программная поддержка

Программная поддержка оценки валидности и верификации качества моделей в ходе проведенных исследований была реализована на базе программного комплекса «КМ.4» [20] с формированием БДЗ (тестирования ПК, его апробацией) из состава представленных в открытых источниках примерах реализации технологии ЦД ОМТ.

Главная экранная форма ПК «КМ.4» приведена на рис. 1 в соответствии с представленными выше пояснениями в части системы показателей качества и т.п.

В основу программной реализации ПК был положен принцип среды открытого программирования на базе пакета программ MS Office (Excel) и принцип максимизации ценности визуализируемых данных при минимизации их избыточности.

i	СПбГМУ, ИАП БЖКС		Эксперты: Алешин А.В., Дронов В.К., Михайлов А.В., Шумов В.В.		ПК "КМ.4": Качество Модели = 47,6										M4	Результат	Фиксация		10.09.25 22:20		
Свойства Модели, ПК	Моделируемость Объекта (M) = 47,3						0,4	Результативность моделирования (P) = 49,0						0,3	Доступность Модели (Д) = 46,5						0,3
Групповые показатели качества Модели, ПК	М1.Адекватность	2.Функциональность	3.Конечность	4.Чувствительность	5.Витальность	6.Управляемость	7.Универсальность	Р1.Информативность	2.Визуализация	3.Наблюдимость	4.Безыбачность	5.Надежность	6.Адаптивность	7.Ремонтопригодность	8.Устойчивость	Д1.Сложность	2.Открытость/доступность	3.Ресурсная доступность	4.Развиваемость	5.Финансирование	6.Другие ЧПК
Частные показатели качества Модели	0,300	0,210	0,150	0,074	0,080	0,074	0,060	0,100	0,091	0,082	0,074	0,067	0,061	0,055	0,470	0,200	0,174	0,152	0,132	0,115	0,100
Точность отображения свойств Объекта	Возможность воспроизведения всех свойств Объекта	Число отображенных элементов	К критическим внутренним факторам	Способность представлять исходные данные по условиям	Доля управляемых исходных данных по условиям	Универсальность представления исходных данных по условиям	Полнота гипотез, принятых при построении	Полнота визуализации результатов	Удобство наблюдения динамики процессов	Безыбачность отображения свойств Объекта	Восстановимость исходных данных	Гибкость по свойствам моделирования	Устойчивость модели к сбросам ИД	Возвращаемость модели к ИД	Сложность модели по ИД	Финансовая доступность модели и ПК реализации	Допустимая трудоемкость времени разработки Модели	Перспективность моделирования	Полнота реализации	Тип широты распространения, исполнения	
Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	Другие ЧПК	
14.ЦД-АП БЖКС, ИАП БЖКС, 2024, [17]	46	49	46	47	48	49	48,5	49	48,5	49	49	49	49,5	48,5	49	15,1	49	50	50	49,5	50

Рис. 1. Пример оценок по варианту 14 с использованием ПМ «КМ.4» (главная экранная форма)

Примеры использования пилотного образца

Разработанный в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете пилотный образец АСППР-КМцд типа ПК «КМ.4». [20] использован в ходе исследований применительно к 6 вариантам моделей класса «Цифровые двойники» и включает (исходные данные – экспертные, могут уточняться):

- «9.ЦД-РСУ ТП, ИАП, 2024 [12]» - цифровой двойник распределенной системы управления технологическими процессами разработки НП «ИАП БЖКС» в 2024 г. с описанием в [12] (по базе данных). Цифра в начале сокращенного названия соответствует порядковому номеру варианта в базе данных и знаний ПК «КМ.4»;

- «10.ЦД-БЖКС, СПБГМУ, 2024, [14]» - цифровой двойник автоматизации процессов борьбы за живучесть корабля, судна разработки СПБГМУ в 2024 г. с описанием в [14];

- «11.ЦД-КиБ, ФИЦ, 2023, [15]» - цифровой двойник системы кибербезопасности разработки ФИЦ с описанием в [15];

- «12.ЦД-СКЗИ, СПБГМУ, 2023, [16]» - цифровой двойник системы комплексной защиты информации разработки СПБГМУ в 2023 г. с описанием в [16];

- «13.ЦД-ИИ, СПБГМУ, 2025, [17]» - цифровой двойник автоматизации процессов борьбы за живучесть корабля, судна разработки СПБГМУ в 2025 г. с использованием элементов искусственного интеллекта [17];

- «14.ЦД-АП БЖКС, ИАП БЖКС, 2024, [17]» – цифровой двойник автоматизации процессов борьбы за живучесть корабля, судна разработки НП «ИАП БЖКС» в 2024 г., описание которого приведено в [17].

Полученные результаты

На базе накопленного опыта и ранее полученных результатов, прежде всего, обобщена типовая система свойств, соответствующих критериев и показателей оценки качества моделей, их валидности, как меры соответствия своему предназначению. В данной системе оценки валидности в целом в первую очередь учитываются ключевые требования и групповые свойства анализируемых моделей – моделируемость ОМТ (М), результативность моделирования ОМТ (Р), доступность модели ОМТ (Д).

Вместе с тем сегодня с учетом резкого возрастания сложности объектов моделирования, появлением новых технологий моделирования, в том числе технологий типа «Цифровые двойники», «Искусственный интеллект», возникает необходимость расширения требований к КМ по таким свойствам, как научно-технологическая возможность моделирования обстановки, степень интеллектуальности принимаемых решений, а, тем более, ресурсная обеспеченность управления и СУ в целом и т.п.

Использованные исходные (для иллюстрации) данные и полученные результаты оценки по 6 названным вариантам моделей класса «Цифровые двойники» приведены на рис. 1 главной экранной формы ПК «КМ.4» применительно к варианту «14.ЦД-АП БЖКС, ИАП БЖКС, 2024, [17]» подтверждают возможность цифровизации качества создаваемых моделей и их использования, а также сравнительного цифрового сопоставления между собой как по ЧПК, так и по системным показателям качества – М, Р, Д, КМ, ВрМ, ВдМ.

Результаты комплексной цифровой оценки и анализа качества для 6 вариантов ЦД с использованием данных SWOT-анализа приведены на рис. 2.

Обсуждение результатов

Может показаться, что представленное множество свойств, критериев (меры выражения свойств) и показателей (численного/цифрового выражения критериев) не может быть одновременно учтено и сведено к единому (обобщенному, интегральному) критерию и соответствующему показателю.

Вместе с тем, рис. 1 и рис. 2 иллюстрируют такую возможность, полезность и целесообразность при сопоставлении разнородных, а, тем более, однородных моделей по интегральному показателю качества.

Да, действительно, методом аналитического моделирования в силу сложности написания аналитических зависимостей это практически не достижимо. Однако, используя технологию масштабирования и компьютерного моделирования, это вполне реализуемо.

Более того, за счет использования метода вариантного исследовательского проектирования может весьма успешно решаться задача вариантной оптимизации, а задача синтеза на основе метода анализа корневой чувствительности, использования технологии цифровых двойников, в том числе по технологии [2, 3, 7, 16, 19].

С другой стороны, отсутствие исходных данных, либо их низкая точность и нецелесообразность использования при оценке КМ, может быть учтена в данной типовой системе путем соответствующих весов с нулевыми значениями.

Наконец, матрица индексов критериальной значимости должна формироваться (например, с использованием известных ПК «ASPID» профессора Н.В. Хованова, «MPRIORITY» по методу анализа иерархий Т. Саати) и утверждаться исключительно заказчиками, как лучше, чем кто-либо другой, знающих свойства ОМТ и какой должна быть ее модель.

Важно подчеркнуть, что именно оперативный учет на основе достоверных и актуализируемых с интервалом управления порядка (1...2) минут множества данных (получаемых инструментально и, в отдельных случаях, экспертным путем) позволяет эффективно мониторить обстановку и контролировать функционирование элементов

ОМТ и их групп в целом для принятия и реализации соответствующих решений.

Результаты комплексной цифровой оценки качества моделей						
Название модели	Автор	Качество	Сильное внутреннее свойство, S	Слабое внутреннее свойство, W	Перспективность развития, O	Проблемы развития, T
Дополнительные данные по условиям проведения оценок: отсутствуют. Результаты анализа полученных оценок: 1. Соответствуют экспертным ожиданиям в части сопоставления. 2. Данные SWOT-анализа - предварительные. 3. Рекомендуется расширить состав Экспертной группы для уточнения использованных исходных данных.						
14.ЦД-АП БЖКС, ИАП БЖКС, 2024, [17]	ИАП БЖКС, [17]	47,6	Высокая системная моделируемость и результативность за счет кибернетического подхода	Высокие требования к ИКС по надежности и уйойчивости по ВПРБ.	Роботизация большинства процессов ИСППР.	Нерешаемых проблем не выявлено.
14.ЦД-АП БЖКС, ИАП БЖКС, 2024, [17]	СПБГМТУ, [16]	47,6	Высокая системная моделируемость и результативность за	Высокие требования к ИКС по надежности и уйойчивости по ВПРБ.	Роботизация большинства процессов ИСППР.	Нерешаемых проблем не выявлено.
13.ЦД-ИИ, СПБГМТУ, 2025, [17]	СПБГМТУ, [17]	34,0	Декларируемая всевозможность	Неинтерпретируемость, непредсказуемость результатов	При наличии подтвержденной ИИ-результативности	Требуется квалиметрия результативности
12.ЦД-СКЗИ, СПБГМТУ, 2023, [16]	СПБГМТУ, [16]	45,6	Впервые решена задача цифровизации К, Д, Ц, ИБ	Требуется широкое внедрение	Роботизация КЗИ	В явном виде не выявлены
11.ЦД-КиБ, ФИЦ, 2023, [15]	ФИЦ, [15]	44,3	Высокая моделируемость и	Высокие требования к модели по исходным	Универсальность модели	Обоснование исходных данных
10.ЦД-БЖКС, СПБГМТУ, 2024, [14]	ИАП БЖКС, СПБГМТУ, [14]	45,4	Высокая моделируемость и результативность за счет синтеза проектов решений	Высокие требования к ИКС по надежности и уйойчивости по ВПРБ.	Роботизация основных процессов АСППР.	Нерешаемых проблем не выявлено.
9.ЦД-РСУ ТП, ИАП, 2024, [12]	СПБГМТУ, ИАП БЖКС, [12]	40,3	Высокая устойчивость и оперативность за счет распределенности органов управления	Высокие требования к ИКС по надежности и уйойчивости.	Наиболее перспективны для развития и роботизации.	Нерешаемых проблем не выявлено

Рис. 2. Результаты комплексной цифровой оценки с данными SWOT-анализа для разных вариантов ЦД

Предложения по практическому использованию

Понятно, что без использования современных средств автоматизации и информатизации, даже, при высоко классной подготовке персонала, высокое качество моделирования, а, тем более, оптимизацию достигнуть весьма проблематично.

Вместе с тем, без верификации и оценки валидности разрабатываемых, а, тем более, используемых моделей сегодня практически не допустимо, так как риски ошибок «безмодельного проектирования», без квалиметрического прогнозирования развития исключительно высоки и не допускаются в современных условиях тенденции роста сложности организационно-технических комплексов и их систем.

Заключение

Еще более значима необходимость мониторинга и контроля валидности управления объектами морской техники не только для отдельных элементов ОМТ, но для их систем в целом, так как резко возрастает число учитываемых факторов, факторов меэлементного взаимодействия и т.п.

Это только еще более актуализирует задачу цифрового анализа, контроля и оптимизации качества моделей, необходимости его оценки и нормирования, сертификации и аттестации моделей, верификации моделей и оценки валидности.

Предложения по направлению будущих исследований

Именно для подобных системно сложных задач переход к качественно новому «пространству управления качеством моделей исследований» на основе мониторинга и контроля валидности моделей позволяет существенно сократить избыточность данных и реализовать возможности проактивного (упреждающего) управления ОМТ в целом и их системами.

Литература

1. **Прохоров А., Лысачев М.** Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое / научн. ред. А. Боровиков. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
2. **Алексеев А.В.** Теория практики цифровых двойников в судостроении /Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023): сборник трудов одиннадцатой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности / Под науч. ред. В.В.Девяткова. – Казань: Изд-во АН РТ, 2023, с. 78-90.
3. **Алексеев А.В., Максимова М.А., Согонов С.А., Михальчук А.В.** Модель и технология цифровых двойников систем автоматизации судов / Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (СПбГМТУ). Выпуск 4 (8), 2023. С. 5-14. Материалы 7 Всероссийского научно-технического форума «Корабельная энергетика: из прошлого в будущее», 12-16 февраля 2024 г. НТК «Актуальные проблемы морской энергетики» /Материалы одиннадцатой международной научно технической конференции.
4. **Согонов С.А., Максимова М.А., Равин А.А., Хруцкий О.В.** Прорывные технологии морских автоматизированных систем в защищенном исполнении / Актуальные проблемы морской энергетики: материалы одиннадцатой международной научно технической конференции. СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2022. С. 69-77.
5. **Дригола В.К., Алексеев А.В., Степанян М.В.** Цифровой двойник распределенной системы управления морскими объектами. постановка задачи / Региональная информатика (РИ-2024). XIX Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2024)». Санкт-Петербург, 23-25 октября 2024 г.: Материалы конференции / СПОИСУ. СПб, 2024, с. 314-316.
6. **Бондырев В.Е., Дригола В.К., Устинович Е.С., Алексеев А.В.** Применение искусственного интеллекта в ВМФ при разработке и принятии управленческих решений / Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 13 / СПОИСУ. СПб., 2024, 415-420.
7. Цифровой двойник системы комплексной защиты информации в инвариантном исполнении (ЦД СКЗИ) /Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ (Реестр программ Федеральной службы по интеллектуальной собственности) № 2023662162, 06.06.2023.
8. **Мухаев Р.Т., Абрамова О.Г.** Утентичность и валидность интегральных показателей оценки эффективности современного государственного управления /

- Проблемы и механизмы оценки эффективности системы государственного и муниципального управления: теория и практика. сборник тезисов докладов и статей международной научно-практической конференции российских и зарубежных университетов и РЭУ им. Г.В. Плеханова при участии представителей государственных и муниципальных органов власти, 2016. СПб: РЭУ, 2016. С. 201-212.
9. **Алексеев А.В., Карпов А.Е., Александров В.Л.** Оценка валидности системного имитационного моделирования сложных процессов организационно-технического управления критическими объектами морской техники / Имитационное моделирование. Теория и практика. Восьмая Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. 2017. С. 72-77.
 10. **Астахова Л.В.** Валидность методик оценки угроз информационной безопасности организации // Научно-техническая информация. Серия 1: Организация и методика информационной работы. 2020. СПб: РЭУ, 2020, № 11. С. 1-8.
 11. **Гурина Р.В., Морозова Е.В., Кошева В.В.** Ранговый анализ в оценке валидности олимпиадных заданий // Профессиональное образование в современном мире. 2020. Т. 10. № 4. С. 4302-4309.
 12. **Каримова В.** Оценка валидности и надежности результатов анкетирования - Science and Innovation. 2022. Т. 1. № 5. С. 118-124.
 13. **Эргешов М.Б., Владимирский А.В.** Научное обоснование индекса цифровой зрелости здравоохранения для обеспечения эффективной борьбы с хроническими неинфекционными заболеваниями в Туркменистане // Врач и информационные технологии. 2022. № 4. С. 64-75.
 14. **Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. М.: РАН, 2018. 314 с.
 15. **Соколов Б.В., Охтилев М.Ю.** Модель и алгоритм мониторинга обстановки при ситуационном управлении критическими объектами / XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019: труды [Электронный ресурс] 17-20 июня 2019 г. М.: ИПУ РАН, 2019. 3272 с.
 16. **Алексеев А.В., Михальчук А.В., Карпов А.Е., Орлов К.М., Каганский М.А.** Практика реализации полимодельного квалиметрического метода системной инвариантной оценки качества и эффективности объектов морской техники / Перспективные направления развития отечественных информационных технологий: материалы IX Всероссийской научно-практической конф. Севастополь, 19-23 сентября 2023 г. /Севастопольский государственный университет; науч. ред. : Б.В. Соколов. – Севастополь: СевГУ, 2023. С. 258-261.
 17. **Алексеев А.В., Антипов В.В., Бобрович В.Ю., Смольников А.В.** Методика и технология оценки качества моделей // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2024. Вып. 4(67). С. 54-60.
 18. **Субетто А.И.** Сочинения. Ноосферизм : В 13 томах. Том девятый : Синтетическая квалиметрия. Книга 1 / Под ред. Л.А. Зеленова. С.-Петербург – Кострома: КГУ им. Н.А.Некрасова, 2011. 620 с.
 19. **Бобрович В.Ю., Алексеев А.В., Антипов В.В., Смольников А.В.** Синтетическая квалиметрия: метод и технология поиска конкурентно способных решений в классе систем борьбы за живучесть корабля / Актуальные проблемы морской энергетики: материалы одиннадцатой международной научно технической конференции. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2022, с. 290-299.

20. Программный модуль комплексной оценки качества моделей для научно-производственной и образовательной деятельности (ПМ «КМ.4») /Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ (Реестр ФСИС) № 2025611402, 20.01.2025.
21. **Дригола В.К., Алексеев А.В., Михальчук А.В., Прокофьева О.Е.** О возможности количественной оценки валидности управления объектами морской техники // Новые технологии в судостроении. НТС-2024: сборник трудов отраслевой научно-технической конференции / АО «ЦТСС», 2024, с. 98-101.
22. **Дригола В.К., Алексеев А.В.** Технология оптимизации принятия решений и распределенного управления сложными организационно-техническими системами / III Всероссийская научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Информационные технологии в Вооруженных силах Российской Федерации» - Анапа, 2024.03.21-22.
23. **Блинов С.С.** Формирование системы контроля валидности стратегии, основанной на показателях интеллектуального капитала // Финансы и кредит. 2012. № 26 (506). С. 51-60.