

**ТЕОРИЯ ПРАКТИКИ АГРЕГИРОВАНИЯ ВЕКТОРНЫХ КРИТЕРИЕВ ПРИ
СИСТЕМНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ:
ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДНОСТЬ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
МОДЕЛИРОВАНИЯ****А.В. Алексеев (Санкт-Петербург)**

В развитие проблематики квалитетического обеспечения конкурентной способности и перспективности развития объектов морской техники и морской инфраструктуры (ОМТИ), создания автоматизированных систем в защищенном исполнении (АСЗИ), возникающих и решаемых при этом проблем системного моделирования, проектирования и оптимизации [1 - 4], особое внимание уделяется теоретическим и практическим вопросам агрегирования векторных критериев. Включая при этом верификацию реализуемых моделей и оценку валидности получаемых результатов, качества и эффективности самого моделирования.

Еще большую актуальность данные аспекты имеют при переходе к концепции полимодельного представления, имитационного моделирования сложных организационно-технических систем, обоснования системных требований и характеристик, системной оптимизации и системотехнической оценки перспективности развития (ПР) и конкурентной способности (КС) создаваемых образцов новой техники и их систем [2 - 5].

Боле того, наметилась тенденция отставания теории и практики оценивания и анализа погрешностей моделирования от темпов развития технологий и практики моделирования современных сложных систем, включая ОМТИ [6-8], что неизбежно приводит к снижению качества и практической значимости результатов моделирования.

В этой связи возникает актуальная задача создания и активного развития теории практики квалитетического обеспечения качества и эффективности моделирования, обоснования их квалитетического сравнения (ранжирования) и оценки перспективности развития моделей соответствующих классов и предназначения, а в части подготовки специалистов – создания центров компетенции по освоению технологий квалитетического сравнения, оценки и анализа их КС и ПР моделей различных классов.

Рассматривая создаваемые модельные комплексы как результат и вид научно-технической продукции и соответствующих услуг по их использованию при создании и эксплуатации новой техники [3, 4], уместно, по нашему мнению, наряду с регистрацией результатов интеллектуальной деятельности в ФСИС ставить вопрос о создании системы сертификации разрабатываемых моделей. Например, сертификации качества по типу [9], соответствующими компетентными органами, в том числе в лице ведущих НИИ и научно-производственных организаций, а также лицензирования соответствующих видов деятельности.

При этом, сразу следует предусмотреть возможность публичного доступа к материалам соответствующих сертификационных испытаний модельных комплексов при «разумном» ограничении доступа к ним и недопустимость излишней формализации процедур сертификации, проявления коррупционных проявлений.

Постановка задачи исследования

В обеспечение перспективного направления квалитетрии (измерения качества) моделирования, включая имитационное, и модельных комплексов необходимо разработать методологические элементы теории и практики агрегирования векторных критериев при системном моделировании, в том числе на примере объектов морской техники. В части верификации (подтверждения соответствия заданным требованиям моделирования) и оценки валидности результатов моделирования (степени достижения целей моделирования), а также комплексной оценки качества (прогнозируемого показателя) и эффективности (меры реализации прогнозируемого качества) моделирования.

Для решения поставленной задачи рассмотрим одну из лучших практик квалитетического оценивания современных сложных систем.

Практика квалиметрического оценивания сложных систем

В обеспечение развития технологий оценки качества, КС и ПР современных сложных ОМТИ в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете (СПбГМТУ, «Корабелка») совместно со специалистами АО «Концерн «НПО «Аврора» в 2015 г. был разработан [1, 6, 7], а далее применительно к ОМТИ впервые внедрен метод системной оценки качества обеспечения безопасности эксплуатации судна типа танкер ледового класса. Позже этот метод был развит применительно к задаче квалиметрического анализа развития предприятия, других организационных структур и назван методом ОМКАР [9].

В основу метода положена количественная оценка агрегированного показателя качества (АПК) путем скаляризации по выбранному алгоритму частных показателей качества (ЧПК, множества прогнозируемых характеристик элементов системы) в групповые показатели качества (ГПК, характеризуют множество свойств элементов системы). ГПК, в свою очередь, сворачиваются в сводные показатели качества (СПК, характеризуют качество элементов системы) по соответствующим моделям критериальных предпочтений. Их свертка по всему множеству элементов системы с соответствующими СПК позволяет перейти к модельному показателю качества системы в целом (МПК) при соответствующей модели критериальных предпочтений.

Наконец, свертка МПК по всему множеству моделей предпочтений позволяет перейти к полимодельной оценке АПК, характеризующей соответствие ОМТИ своему предназначению, т.е. его прогнозируемое (проектное) системное качество Q .

В свою очередь, аналогичная оценка, но по фактическим значениям ЧПК в процессе эксплуатации Q_{Φ} , позволяет оценить эффективность системы $\Theta = Q_{\Phi}/Q$ как меру (степень)

реализации проектного качества системы, например, типа ОМТИ.

Моделирование качества различных систем с использованием данного метода позволяет практически сравнивать качество и эффективность различных систем с учетом согласованной между исследователями (заказчиками, разработчиками, эксплуатационщиками и другими экспертами) систем критериев, соответствующего множества ЧПК, моделей предпочтений и их параметров, в том числе при оценке, анализе ПР, КС. Понятно, что наличие аналитической связи между важнейшими системными показателями качества позволяет, в том числе с использованием методов имитационного моделирования, непосредственно перейти к оценке качества моделирования, верификации и оценке валидности [1, 6, 8].

Более того, инвариантность ОМКАР к специфике показателей качества позволяет перейти, даже, к анализу разнородных систем в едином поле оценок их качества, что заслуживает особого внимания.

Теория практики квалиметрического оценивания систем

Опыт многочисленных и многовариантных квалиметрических оценок различных типов ОМТИ и их комплексов позволил обобщить алгоритм агрегирования векторных критериев при системном моделировании и представить его в виде [5, 8]

$$Q = C_M^{t_M} \langle \delta_M, C_S^{t_S} \{ \gamma_S, C_G^{t_G} [\beta_g, C_N^{t_N} (\alpha_n, q_n)] \} \rangle, (1)$$

где $C_M^{t_M}, C_S^{t_S}, C_G^{t_G}, C_N^{t_N}$ - универсальные операторы свертки (convolution) соответственно:

при свертке по алгоритму типа $t_N \in [1; T_N]$ ЧПК q_n с номером $n \in [1; N]$ для каждого из N ЧПК и соответствующим индексом критериальной значимости n – го ЧПК α_n , его весом (weight) по отношению к другим ЧПК;

при свертке по алгоритму типа $t_G \in [1; T_G]$ ГПК Q_g с номером $g \in [1; G]$ для каждого из G ГПК и соответствующим индексам их критериальной значимости (ИКЗ) β_g ;

при свертке по алгоритму типа $t_S \in [1; T_S]$ СПК (при необходимости) Q_s с номером $s \in [1; S]$ для каждого из S СПК и соответствующим ИКЗ γ_s ;

при свертке по алгоритму типа $t_M \in [1; T_M]$ модельных показателей качества (МПК) Q_m с номером $m \in [1; M]$ для каждого из M СПК и их соответствующим ИКЗ δ_s .

Пример квалиметрической сравнительной оценки и анализа КС, ПР пяти вариантов объектов морской техники класса автоматизированных систем поддержки принятия решений судоводителя (АСППР) приведен на Рис. 1.

Верификация и валидность моделирования

Автоматизация алгоритма (1) с формированием соответствующих систем оценки погрешностей и качества моделирования, квалиметрических баз данных и знаний (КБДЗ) позволяет наряду с «прямым» его использованием, например, на основе целого арсенала методов имитационного моделирования, анализировать погрешности моделирования методом оценки соответствующих доверительных интервалов. Это позволит непосредственно верифицировать (по значениям соответствующих ЧПК оценивать соответствие требованиям) и оценивать валидность результатов моделирования качества (оценивать степень достижения целей моделирования по значениям соответствующих АПК).

Аналогично далее можно оценивать качество моделирования функционирования (как меру соответствия предназначению), структурного моделирования, динамического моделирования, например, в рамках исследовательского проектирования и оптимизации сложных систем типа ОМТИ.

Пример системы типовых критериев оценки качества процессов моделирования приведен на Рис. 2, агрегирование которых по алгоритму (1) позволяет перейти к его количественной оценке по аналогии с данными, приведенными на Рис. 1 и сравнительному анализу качества самих моделей.

Наличие и актуализация подобных оценок в КБДЗ, в свою очередь, позволит совершенствовать сам аппарат и технологию моделирования качества.

Алгоритмы агрегирования векторных критериев при системном моделировании

Существенное значение для обеспечения качества моделирования имеют алгоритмы агрегирования, среди которых преимущественно используется аддитивный алгоритм, что не всегда является достаточным.


Оценка перспективности развития ОМТ класса "АСППР"								
Назначение ОМТ:		Автоматизированная поддержка принятия решений операторов						
Предназначение ОМТ класса "АСППР"		Цель: Повышение качества управления за счет минимизации негативного влияния ЧФ операторов			Вариант оценок: АСППР.2			
Конкурентная способность ОМТ класса "АСППР", вариант "РСПУ" (СТТ 2014 г.) 		15.1. ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ (боевая способность, качество достижения цели), определяемая: 1.Функциональность управления. 2.Оперативность. 3.Достоверность данных. 4.Устойчивость. 5.Скрытность. 6.Непрерывность. 10.Эксплуатационная эффективность.			190,1%			
		15.2. РОБАСТНОСТЬ, определяемая: 7.Эргономичность. 8.Интеллектуальность.			140,7%			
		15.3. ЭКОНОМИЧНОСТЬ, определяемая: 9.Ресурсоёмкость.			84,2%			
		15.4. КОНКУРЕНТНОСТЬ, определяемая: 12. Информационное превосходство			171,6%			
		15.5. ДРУГИЕ СВОЙСТВА, определяемые: 11.Другие неучтенные факторы качества			100,0%			
		12. Информационное превосходство, КСи, %			171,64			
		14.Перспективность развития, ПРИ, %			19,25			
Критерии оценки качества \ Варианты ОМТ		ИКС (вес)	Z	1.СТТ-2014	2.СИП КСТР-175	3.СПРУ КСТР-171	4.СОТ-МУ	5.РСПУ
Дата реализации проекта, технологической отработки:				19.05.2012	17.04.2014	14.04.2014	01.05.2017	01.07.2019
ГПК: 1. ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ИУ, КП, %		15%	1	100,0	111,8	237,3	238,0	263,0
1.1.Число решаемых задач и каналов ИУ, %		20%	1	100,0	107,5	146,9	146,9	165,6
1.2.Качество прогнозирования и сигнализации, %		15%	1	100,0	120,6	284,6	284,6	304,1
1.3.Качество синтеза ПУР и ПУ, %		20%	1	100,0	100,0	350,0	350,0	375,0
1.4.Качество мониторинга, %		20%	1	100,0	122,8	412,7	412,7	491,3
1.5.Качество ввода данных и УТР, %		15%	1	100,0	115,8	118,3	121,5	125,2
151.Качество ввода данных экипажем, %		65%	1	60,0	70,0	70,0	73,0	75,0
152.Качество обучения экипажа, УТР, %		30%	1	60,0	70,0	75,0	75,0	78,0
153.Другие факторы, %		5%	-1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
1.6.Контроль адекватности персонала,		10%	1	100,0	104,9	107,2	107,2	113,4
1.6.1.Качество ЭДО, %		65%	1	70,0	70,0	70,0	70,0	75,0
1.6.2.Качество контроля адекватности персонала, %		30%	1	60,0	70,0	75,0	75,0	78,0
153.Другие факторы, %		5%	-1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
2.ОПЕРАТИВНОСТЬ ИУ, КП, %		10%	1	100,0	101,0	205,2	205,2	226,2
2.1. Своевременность принятия решения по ПУР и ПУ, %		40%	1	100,0	100,0	128,8	128,8	169,1
211.Время принятия ПУР по ОБЭ, ЛА, БЖ, мин.		40%	-1	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0
212.Время принятия решения по ПУ, мин.		60%	-1	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0
213.Другие неучтенные факторы, %		0%	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
2.2.Время упреждения по АС, %		40%	1	100,0	100,0	750,0	750,0	800,0
221.Время упреждения по АС, мин		100%	1	4,0	4,0	30,0	30,0	32,0
226.Другие неучтенные факторы, мин		0%	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2.3.Быстродействие расчетных задач, сек		15%	-1	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0
2.4.Резерв, %		0%	-1	100,0	100,0	50,0	25,0	10,0
2.5.Другие неучтенные факторы, %		5%	1	50,0	60,0	70,0	70,0	75,0
3.ДОСТОВЕРНОСТЬ ДАННЫХ ИУ, КП, %		10%	1	100,0	100,0	191,2	191,2	267,1
4.УСТОЙЧИВОСТЬ ИУ, КП, %		10%	1	100,0	100,0	174,5	174,5	210,0
5.СКРЫТНОСТЬ ИУ, КП, %		5%	1	100,0	100,0	100,0	100,0	105,0
6.НЕПРЕРЫВНОСТЬ ИУ, КП, %		10%	1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
7.ЭРГОНОМИЧНОСТЬ ИУ, КП, %		10%	1	100,0	100,0	113,5	113,5	142,2
8.ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТЬ ИИ, КП, %		10%	1	100,0	100,0	126,3	126,3	139,2
9.РЕСУРСОЁМКОСТЬ ИУ, %		8%	-1	100,0	100,0	74,1	74,1	84,2
10.ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, %		10%	1	100,0	100,0	115,7	115,7	126,9
11.Другие факторы качества, %		2%	1	70	70	70	70	70
12. Информационное превосходство, КСи, %				100,00	101,83	152,30	152,39	171,64
13. Ранг вариантов, Ркс-и				5	4	3	2	1
14.Перспективность развития, ПРИ, %					1,83	50,47	0,09	19,25
15. Технологическое превосходство, КСт, %				100,0	101,1	127,4	127,4	145,2
16. Ранг вариантов, Ркс-т				5	4	3	2	1
17. Перспективность развития, ПРт, %					1,1	26,2	0,05	17,8
ПК "КСРП"		Эксперты:		Алексеев А.В., Петров А.А., Селиверстов С.				10.09.19

Рис. 1. Пример анализа качества АСППР

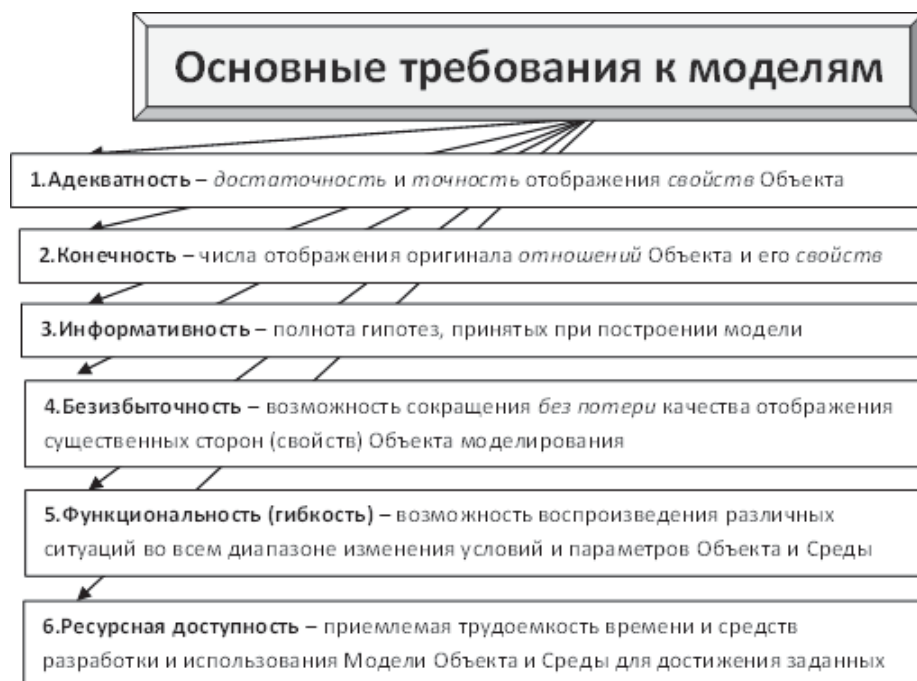


Рис. 2. Система критериев оценки качества моделирования

Сравнительный анализ используемых сегодня в практике моделирования алгоритмов приведен в таблице на Рис. 3 из [8], среди которых наиболее востребованным следует считать частный случай (1) - гармонический алгоритм вида

$$Q^{\Gamma} = (Q^A \times Q^M)^{0,5} = \left[\sum_{n=1}^N (\alpha_n \times q_n) \times \prod_{n=1}^N q_n^{\alpha_n} \right]^{0,5}, \quad (2)$$

где: Q^A , Q^M , Q^{Γ} – АПК (МПК, ГПК) соответственно по аддитивной, мультипликативной и гармонической моделям агрегирования МПК, ГПК и/или ЧПК q_n при соответствующих ИКЗ (предпочтений, весовых коэффициентах) α_n и общем числе критериев оценивания N .

Методы агрегирования векторных критериев	Математическая модель алгоритмов агрегирования и оптимизации решений	Сравнительные свойства, рекомендации
1. Методы свертки ЧПК в АПК: 1.1. Метод равномерной оптимальности АПК по ЧПК (МРО)	Аддитивный алгоритм свертки k ЧПК ω_k с весовыми коэффициентами q_k вида: $W_j^A = \sum_k q_k \times \omega_k, \quad j_{Opt}^A = \text{Max}W_j^A$	Определение весовых коэффициентов методом сводных (МСП) или рандомизированных (МРСП) показателей
1.2. Метод справедливого компромисса по ЧПК (МСК)	Мультипликативный алгоритм свертки k ЧПК ω_k с весовыми коэффициентами q_k вида: $W_j^M = \prod_k \omega_k^{q_k}, \quad j_{Opt}^M = \text{Max}W_j^M$	Определение весовых коэффициентов по МСП или МРСП
1.3. Метод среднестепенной функции оптимальности (МСФ)	Среднестепенной алгоритм свертки вида: $W_j^C = (1/K) \times \sum_{k=1}^K [W_k^p(\omega_k)]^{1/p}, \quad j_{Opt}^C = \text{Max}W_j^C$	Проблема обоснования параметра $p \in (-\infty, +\infty)$
1.4. Метод гармонической оптимальности (МГО)	Гармонический алгоритм свертки вида: $W_j^G = (W_j^A \times W_j^M)^{1/2}, \quad j_{Opt}^G = \text{Max}W_j^G$	Одновременное сочетание преимуществ МРО и МСК
2. Методы граничных оценок АПК: 2.1. Метод пессимистической оценки ЧПК и гарантированного результата АПК (МГР)	Алгоритм максимизации минимальной (гарантированной) эффективности вида: $W_j^{GP} = \text{Max}[W_j(\omega_{k_Min})], \quad j_{Opt}^{GP} = \text{Max}W_j^{GP}$	Тактика «замораживания» (пессимистического) резервов развития
2.2. Метод максималь-	Алгоритм максимизации максимальной	Тактика «фиктивной»
6. Методы интерактивного программирования: 6.1. Метод анализа и синтеза при информационном дефиците (АСПИД)	На основе алгоритма равномерной оптимальности с использованием метода имитационного моделирования для оценки весовых коэффициентов при введении отношений попарного предпочтения ЧПК. Прямое и обратное решение задачи выбора решений.	Интерактивное использование программного комплекса реализации метода АСПИД: «ASPID-W», «APIS»
6.2. Метод анализа иерархий (МАИ)	На основе алгоритма равномерной оптимальности с использованием 9-уровневой модели предпочтений для оценки весовых коэффициентов, их структуризацией и визуализацией	Интерактивный вариант программного реализации МАИ: «MPRIORITY»
7. Полимодельный метод: 7.1. Метод отношений критериев (по ЧПК, ГПК)	Алгоритм максимизации (минимизации) отношения отдельных m, n ЧПК вида: $W_j^{ox} = \text{Exch}(\omega_m / \omega_n)$	Проблема интерпретации отношения критериев, их выбора, получаемых оценок
7.2. Метод модельных предпочтений и качественной ранговой оптимизации (КРОПУР)	Одновременное использование нескольких методов, моделей предпочтений, вариантов условий и оценивания с агрегированием получаемых оценок АПК и их ранжированием	Взаимная верификация и актуализация моделей, условий и оценок АПК, решений
7.3. Метод анализа, синтеза и оптимизации решений (АСОР)	Многовариантная КРОПУР с синтезом решений на основе метода корневой чувствительности и их многомерной визуализацией, ранжированием, интерпретацией и оптимизацией	Типизация моделей предпочтений с ранжированием оценок АПК и решений
7.4. Метод ранговой партнерской сертификации качества (РПС)	Минимизация негативного влияния субъективных факторов экспертов за счет учета их компетенции, автоматического формирования результатов обработки и их групповой оценки	Повышение точности оценивания за счет автоматизации процедур оценки и выбора

Рис. 3. Система алгоритмов агрегирования критериев качества (фрагмент [8])

Алгоритм (2) обладает наименьшей погрешностью оценивания [8] в области малых значений ЧПК в сравнении, например, с широко распространенным аддитивным алгоритмом оценки Q^A (называемым часто «оптимистическим») и мультипликативным алгоритмом Q^M (называемым «пессимистическим»).

Тем самым, переход от ЧПК к ГПК, МПК и АПК ОМТИ позволяет обоснованно перейти к задаче их ранжирования и выбора оптимального варианта проектных решений, к лучшему из возможных альтернативных вариантов при решении задачи управления развитием или их исследовательского вариантного проектирования.

Подобные количественные оценки имеют определяющее значение для обоснования перспектив развития разрабатываемых средств и систем, обеспечения конкурентной способности разрабатываемой и производимой продукции.

Теория практики квалиметрического обоснования развития

Ключевыми элементами теории практики квалиметрического обоснования развития современных сложных объектов, в том числе ОМТИ, с учетом опыта проведенных исследований [1, 5 - 9], по нашему мнению, следует считать теорию практики:

- 1) принятия системных решений;
- 2) системного анализа и синтеза;
- 3) управления системной избыточностью;
- 4) квалиметрического управления качеством систем и ОМТИ в целом;
- 5) автоматизированного и автоматического управления ОМТИ;
- 6) оптимизации процессов и технологий системного управления ОМТИ.

При этом, каждый из названных аспектов с учетом результатов многочисленных исследований и накопленного опыта имеет, бесспорно, междисциплинарный характер. Это предполагает, прежде всего, необходимость систематизации, интеграции накопленных данных и знаний с целью синтеза конкретных прикладных решений, их аттестации в системном контексте и ранговой сертификации качества [8, 9].

Важным когнитивным источником теории практики квалиметрического обоснования развития ОМТИ следует считать результаты сравнительного (сопоставительного) анализа достигаемого качества и эффективности (как меры реализации проектного качества) ОМТИ. Как бы это трудно не сочеталось с корпоративными и ведомственными интересами авторов, исследователей, разработчиков, производителей, правообладателей и разного рода пользователей.

Выводы

Актуальной проблемой системного обоснования, развития современных сложных автоматизированных комплексов и систем, в том числе на основе современных методов моделирования объектов морской техники и морской инфраструктуры, следует считать дальнейшее развитие и активное внедрение квалиметрического агрегирования векторных критериев. Причем, как для оценки качества и эффективности ОМТИ, так и для оценки при этом качества моделирования, сравнительного анализа используемых методов.

Представленные подходы, методы, алгоритмы и практика агрегирования векторных критериев при системном моделировании на примере объектов морской техники и морской инфраструктуры могут быть практически использованы при верификации и оценке валидности результатов, качества и эффективности моделирования, в том числе имитационного, а также при сравнительной оценке и квалиметрическом ранжировании используемых методов моделирования, при оценке их конкурентной способности и перспективности развития.

Литература

1. Александров В.Л., Алексеев А.В. Теория практики квалиметрического обеспечения конкурентной способности и перспективности развития объектов морской техники и морской инфраструктуры / Восьмая Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017). 18-20 октября 2017 г. Труды конференции – СПб.:НОИМ, 2017, с. 74.
2. Захаров И.Г. Обоснование выбора. Теория практики. – СПб.: Судостроение, 2006. – 528 с.
3. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. – М.: РАН, 2018. – 314 с.
4. Васильев А.А., Долматов М.А., Плотников А.М., Федотов Д.О. Опыт применения программных средств имитационного моделирования при разработке технологических проектов модернизации корпусостроительных производств судостроительных предприятий / ИММОД, 2009, Санкт-Петербург.

5. Алексеев А.В. Концептуальные аспекты управления развитием критических объектов морской техники и морской инфраструктуры / Морские интеллектуальные технологии. Научный журнал № 2 (28) Т.1, 2015, с. 47 - 57.
6. Алексеев А.В. Оперативная оценка конкурентной способности объектов морской техники в условиях национального и мирового рынка / Актуальные проблемы морской энергетики: материалы пятой Всероссийской межотраслевой научно-технической конференции. – СПб.: СПбГМТУ, 2016, с. 20 - 23.
7. Alexeev A.V., Ravin A.A., Sogonov S.A., Khrutsky O.V. Optimization of the processes of management of quality and competitiveness of objects of marine technique and infrastructure / St-Petersburg State Marine Technical Society Shipbuilders of the Russian federation Naoe2016 International Conference on Naval Architecture and Ocean Engineering 6-8 June, 2016, St-Petersburg, Russia. Programme, s. 429-430 University Science & Technology.
8. Алексеев А.В. Технология и программный комплекс квалиметрической ранговой оценки качества сложных информационно-аналитических систем / Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции МОРИНТЕХ-ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении–2008». – СПб., ОАО «Северные верфи», 19.06.2008, с.110 - 118.
9. Алексеев А.В., Антипов В.А., Бобрович В.Ю., Евсеенко С.М. Реализация обобщенного метода квалиметрического анализа факторов развития и технология обеспечения управления развитием критических морских объектов // Морские интеллектуальные технологии. Научный журнал № 1 (31) Т.1, 2016 (ISSN 2073-7173), с. 27 – 37.