

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ БЕЗ ВЫСТУПЛЕНИЙ

УДК 629.12.001

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТНОЙ СПОСОБНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

А.В. Алексеев (Санкт-Петербург)

Введение

Обобщение и развитие теоретических и прикладных вопросов обеспечения оценки конкурентной способности (КС), перспективности развития (ПР) сложных эргатических (человеко-машинных) систем (СЭС), а также качества управления ими в условиях цифровой трансформации государства, общества и личности, актуализированное принятием национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», представляет собой особый научный, практический и социально значимый интерес.

Состояние исследований в этой предметной области характеризуется тем, что:

- моделирование оценки, анализа и оптимизации КС и ПР связано и принципиально осложнено [1] необходимостью комплексного моделирования ожидаемой результативности создаваемой продукции и услуг, включая СЭС, что в теоретическом и прикладном аспектах сопряжено с необходимостью решения весьма сложных задач как вербального, так и формального представления структуры, функционала, алгоритмов функционирования СЭС;

- отсутствие длительное время системных моделей оценки ожидаемой результативности СЭС [2] сдерживало возможность перехода к производным понятиям КС (как меры сравнения ожидаемой результативности объекта анализа к его конкурента) и ПР (как меры сравнения ожидаемой результативности объекта анализа на текущем и предыдущем этапах его развития);

- тенденция роста сложности современных СЭС, в том числе обусловленная интенсивным развитием информационных технологий (ИТ), и необходимость моделирования интегральных (системных, агрегированных, обобщенных) оценок их качества (как меры соответствия объекта анализа своему предназначению) привели к необходимости поиска инвариантных подходов и моделей (обобщенных, принципиально не меняющихся при учете специфики разнородных объектов анализа), среди которых наиболее значимые базируются на современной квалиметрии (научной отрасли по разработке теоретических основ и методов количественной/цифровой оценки качества разнородных (любых) объектов, процессов и услуг);

- развитие цифровой квалиметрии (количественной оценки и анализа качества объектов) привело к рождению нового направления моделирования качества объектов анализа – их синтетической квалиметрии (научной отрасли по разработке теоретических основ и методов цифрового синтеза и оптимизации качества разнородных (любых) объектов, процессов и услуг), что для СЭС сегодня, пожалуй, является безальтернативным направлением поиска и научно-технологического обоснования системных направлений их развития;

- особая значимость и риски системного прогнозирования развития современных сложных объектов, включая их квалиметрическое моделирование, в свою очередь, актуализировали и предъявляют новые требования к оценке качества самих моделей и их полимодельных комплексов, что, естественно, в комплексе требует новых межпредметных исследований [5].

Актуальность темы анализа и обеспечения КС и ПР продукции и услуг обусловлена рядом факторов, включая:

- вопросы обеспечения конкурентной способности в названной выше национальной программе и ее дальнейшем развитии практически были определены впервые как главный вектор развития и технологического суверенитета; и одновременно – как конкретный критерий результативности технологического развития, качества выпускаемой продукции и предоставляемых услуг [7];
- отсутствие общепризнанных системных моделей оценки ожидаемой результативности объектов анализа, включая СЭС, не позволяет переходить к оценке КС и ПР широкого спектра объектов в контексте требований времени и страны, что, безусловно, сдерживает ее научно-технологическое развитие [8].

Используемый подход. В этой связи заслуживает определенного внимания разработанная концепция и реализующая его технология полимодельной квалитетрической системной оптимизации СЭС [9], суть которых сводится к использованию комплекса взаимно связанных принципов:

- принципа решения проблемы критической сложности СЭС за счет первоочередного формирования и использования системных критериев их качества;
- принципа использования инвариантных моделей квалитетрического анализа и синтетической квалитетрии СЭС путем синтеза и использования иерархической системы квалитетрических показателей свойств и качества СЭС, а также инвариантных моделей квалитетрического их анализа, синтеза и оптимизации;
- принципа системной оптимизации качества СЭС на основе анализа корневой чувствительности системного (агрегированного, обобщенного) показателя качества (АПК) и его параметрической максимизации при многокритериальной оптимизации;
- принципа научно-технологической интерпретации как результатов системного анализа, так и системного синтеза/обоснования вариантов проектного качества СЭС (при их исследовательском проектировании и создании) и эффективности эксплуатации СЭС (как меры реализации проектного качества при их эксплуатации);
- принципа ранжирования вариантов системно-технических, организационно-технических и управленческих решений при создании и эксплуатации СЭС по системным показателям КС и ПР с их визуализацией, мониторингом и интерпретацией, в том числе по технологии цифровых двойников и автоматической интеллектуальной поддержки принятия решений, а также верификацией и оценкой валидности, включая цифровую оценку, анализ и контроль качества использованных моделей с одновременным формированием и актуализацией квалитетрических баз данных и знаний для научно-технологического и научно-технического обоснования решений.

Новизна используемого подхода обеспечивается комплексным использованием названных новых и известных принципов в их новом сочетании и полноты их использования, а также практической реализацией названной технологии в ряде приложений, подтвердившей результативность и перспективность развития концепции.

Новизна рассматриваемой темы обусловлена необходимостью развития используемого авторами подхода, а также обобщения рассмотренных уже и перспективных в ближайшей перспективе прикладных задач оценки и анализа конкурентной способности СЭС в контексте перспективности развития сложных эргатических систем и качества управления ими.

Решение задачи исследования. На примере развития сложных эргатических систем класса систем комплексной автоматизации процессов управления борьбой за живучесть корабля, судна в информационно защищенном исполнении рассмотрены и исследованы следующие прикладные задачи:

1. задачи оценки и управления конкурентной способностью СЭС, перспективностью развития, включая анализ, синтез и оптимизацию проектных решений на примерах:

- технологии бинарной визуализации системных показателей эффективности эксплуатации при информационной поддержке безопасности и борьбы за живучесть корабля, судна [10];

- новой технологии имитации сигналов контроля состояния общесудовых систем по безопасности эксплуатации, локализации аварий и борьбе за живучесть корабля, судна [11];

- новой технологии адаптивного прогнозирования развития данных в каналах контроля технического состояния судовых систем по безопасности эксплуатации, локализации аварий и борьбе за живучесть корабля, судна [12];

- системного анализа и ранжирования качества вариантов интеллектуальной поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна [13];

2. задачи ранговой по агрегированному показателю качества сертификации перспективных технологий [14];

3. Задачи оценки перспективности алгоритмов информационно-аналитической и интеллектуальной поддержки решений администратора информационной безопасности ОМТИ [15].

4. задачи и методики оценки компетенций при подготовке и переподготовке кадров ВМФ [16];

5. задача теоретического обоснования возможности оптимизации информационной избыточности дискретного представления процессов [17];

6. задачи обоснования когнитивных технологий системы поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна [18];

7. задачи сравнительного анализа концепций, методов и технологий автоматизированных систем обеспечения безопасной эксплуатации, локализации аварийных ситуаций и борьбы за живучесть корабля, судна [19].

Среди прикладных задач моделирования оценки КС и ПР особое место занимают:

- задачи комплексного моделирования прогнозирования развития процессов по технологии цифровых двойников управления эффективностью эксплуатации, включая задачи квалиметрического обоснования технологий цифровых двойников систем автоматизации процессов борьбы за информационную живучесть корабля, судна цифровых двойников управления эффективностью эксплуатации СЭС [20];

- задачи сертификации качества моделей на примере цифровых двойников управления борьбой за живучесть корабля [22];

- задачи интеллектуализации поддержки принятия решений по технологии цифровых двойников систем борьбы за информационную живучесть судна [22].

Уникальное место среди прикладных задач моделирования КС и ПР СЭС занимают задачи изыскания и аттестации путей внедрения в СЭС элементов искусственного интеллекта (ИИ) [23-27], в том числе с учетом следующих аспектов:

1. в соответствии с определением понятия «искусственный интеллект» [28, 29] его основными свойствами и отличительными признаками являются способность имитировать когнитивные функции человека (включая поиск решений без заранее заданного алгоритма), а также способность получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека или превосходящие их;

2. этот важный квалиметрический классификационный признак далеко не всегда учитывается при анализе различных вариантов реализации, что вносит много путаницы

и некорректности при оценке их КС и ПР, в том числе ошибочного отнесении известных альтернатив типа автоматизированных систем поддержки принятия решений (АСППР) к классу средств ИИ;

3. при этом часто «умалчиваются» два принципиальных недостатка часто популяризируемых вариантов ИИ и находящихся в полном противоречии с определением ИИ, а именно:

– необходимость обучать естественному интеллекту (ЕИ) средства с элементами ИИ тому, что сам ЕИ по определению не знает (иначе, зачем нужен ИИ);

– декларация принимаемых ИИ решений без их интерпретации (объяснений с соответствующей ответственностью за их правильность), чем никогда не может быть сопоставим ИИ по результатам интеллектуальной деятельности ЕИ, а, тем более, превосходить его.

Конечно, превосходство в скорости выдачи результатов интеллектуальной деятельности ИИ вне конкуренции, но при этом обязательно должно контролироваться качество решения задач и, даже, при обработке изображений, анализе текстов и т.д.

Так, даже, при вызывающем особое уважение решении задач перевода текстов с использованием дискреционных алгоритмов качество перевода текстов ИИ у специалистов вызывает ряд возражений, а нейро-сетевые алгоритмы по малообъяснимым причинам для решения этой актуальной задачи, даже в контексте обучения ИИ, не привлекаются.

Более того, толкование больших возможностей ИИ в качестве «помощника ЕИ» при принятии решений далеко не бесспорно, так как сравнение алгоритмов «ЕИ» и «ИИ» не имеет выигрышных областей применения при рассмотрении, например, следующих числовых примеров при рассмотрении задачи обнаружения.

Таблица 1. Пример числового моделирования решения задачи обнаружения

Показатель качества решения задачи	ЕИ	ИИ	ЕИ+ИИ (параллельный алгоритм принятия решений)	ЕИ+ИИ (последовательный алгоритм принятия решений)
Вероятность правильного обнаружения, Рпо	0,9	0,7	$1-(1-0,9)*(1-0,7) = 1-0,03=0,97$	$0,9*0,7=0,63$
Вероятность ложной тревоги, Рлт	0,01	0,1	$0,01+0,1=0,11$	$0,01*0,1=0,001$
Качество обнаружения, $Q=0,9*Рпо+0,1*(1-Рлт)$	0,909	0,64	0,884	0,667

Анализ представленных результатов показывает при использовании эвристического алгоритма оценки качества обнаружения Q данного вида и параллельный, и последовательный алгоритмы принятия решений уступают соответственно на 2,8% и на 26,6% качеству обнаружения ЕИ, а лишь повышают качество ИИ, что, естественно, не оправдывают необходимые затраты и не соответствует требованию ИИ по определению.

Единственным перспективным вариантом решения этой задачи, пожалуй, следует считать условие конкурентного превосходства ИИ по «собственным» показателям качества в сравнении ЕИ, что одновременно и соответствует определению.

Еще более наглядным в этом контексте является сравнение алгоритма «ЕИ+ИИ» с алгоритмом Вальда и другими известными в теории обнаружения и распознавания.

Выводы

Обобщение и развитие теоретических и прикладных вопросов обеспечения оценки КС и ПР современных СЭС с использованием системного показателя качества

типа АПК, а также качества управления ими в условиях цифровой трансформации государства, общества и личности подтверждает свою актуальность и практическую значимость.

На примере развития сложных эргатических систем класса систем комплексной автоматизации процессов управления борьбой за живучесть корабля, судна в информационно защищенном исполнении подтверждает перспективность анализа, синтеза и оптимизации качества СЭС по системным показателям АПК, КС и ПР при решении широкого спектра прикладных задач.

Литература

1. **Васильев С. Н.** От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению // Теория и системы управления. 2001. № 1. С. 5-22; № 2. С. 5-21.
2. Технология системного моделирования / Е. Ф. Аврамчук, А. А. Вавилов, С.В., Емельянов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Емельянова [и др.] – М. : Машиностроение ; Берлин : Техника, 1988.
3. **Чуриков Ю.В.** Качество систем управления: концепция, модель, инструменты оценки. Самара, 2017
4. **Субетто А.И., Алексеев А.В.** Теория практики квалиметрического обеспечения развития морских автоматизированных систем / Актуальные проблемы морской энергетики: материалы седьмой Всероссийской межотраслевой научно-технической конференции в рамках Второго Всероссийского научно-технического форума «Корабельная энергетика: из прошлого в будущее». – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2018, с. 78-86.
5. **Микони С. В., Соколов Б. В. Юсупов Р. М.** Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов : монография С. В. Микони, Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов. М. : РАН, 2018. 314 с.
6. **Новосельцев В. И., Тарасов Б. В.** Теоретические основы системного анализа. – 2-е изд., испр. и перер. / под ред. Новосельцева В. И. М. : Майор : Осипенко, 2013. 536с.
7. **Алексеев А.В.** Системный мониторинг и поддержка принятия решений при ситуационном управлении объектами МТМТС // Шестая международная научно-практическая конференция «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС-2021, Международный военно-морской салон). Труды конференции. М. Изд. «Перо», 2021, с. 17-21.
8. **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.
9. **Алексеев А.В.** Модель инвариантной оценки качества и эффективности объектов морской техники / Морские интеллектуальные технологии/Marine intellectual technologies, № 2 том 2, 2020. С. 53-60/№ 2 part 2, 2020, pp. 53-60.
10. **Марченко А.В., Алексеев А.В., Максимова М.А.** Технология бинарной визуализации системных показателей эффективности эксплуатации при информационной поддержке безопасности и борьбы за живучесть корабля, судна/ Актуальные проблемы морской энергетики: материалы второй Всероссийской межотраслевой научно-технической конференции. СПб.: СПбГМТУ, 2013. С. 148-151.
11. **Смольников А.В., Мужиченко И.А., Алексеев А.В.** Программа имитации сигналов контроля состояния общесудовых систем по безопасности эксплуатации, локализации аварий и борьбе за живучесть корабля, судна (ИП.1). – Свидетельство о

- государственной регистрации программ для ЭВМ (Реестр программ Федеральной службы по интеллектуальной собственности) № 2013612363, 26.02.2013.
12. **Смольников А.В., Алексеев А.В., Марченко А.В.** Адаптивное прогнозирование развития данных в каналах контроля технического состояния судовых систем по безопасности эксплуатации, локализации аварий и борьбе за живучесть корабля, судна (АПД)». Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ (Реестр программ Федеральной службы по интеллектуальной собственности) № 2014613624, 01.04.2014.
 13. **Алексеев А.В., Сус Г.Н., Ушакова Н.П.** Системный анализ и ранжирование качества вариантов интеллектуальной поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна / Материалы 9-й конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2016). – СПб.: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 4-6.10.2016 г. Спб., ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016. С. 786-790.
 14. **Алексеев А.В., Антипов В.В., Бобрович В.Ю., Смольников А.В.** Практика ранговой партнерской сертификации перспективных технологий / Региональная информатика (РИ-2014). XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2014)». Санкт-Петербург, 29-31 октября 2014 г.: Материалы конференции. \ СПОИСУ. СПб, 2014. С.436-437.
 15. **Алексеев А.В., Ливанов И.В., Тюрин И.С., Потехин В.С.** Перспективный алгоритм информационно-аналитической и интеллектуальной поддержки решений администратора информационной безопасности ОМТИ / Региональная информатика (РИ-2014). XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2014)». Санкт-Петербург, 2014 г.: Материалы конференции. \ СПОИСУ. – СПб, 2014. С. 438-439.
 16. **Алексеев А.В., Мусатенко Р.И., Михальчук А.В.** Методика оценки компетенций при подготовке и переподготовке кадров ВМФ / Региональная информатика (РИ-2014). XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2014)». Санкт-Петербург, 29-31 октября 2014 г.: Материалы конференции. \ СПОИСУ. – СПб, 2014. С. 439-440.
 17. **Алексеев А.В.** Современная теория оптимизации информационной избыточности дискретного представления процессов при мониторинге и управлении информационной безопасностью объектов морской техники / Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015). IX Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 28-30 октября 2015 г.: Материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2015. С 259-260.
 18. **Алексеев А.В., Смольников А.В., Сус Г.Н., Ушакова Н.П.** Когнитивные технологии системы поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб, 2019. Вып. 3(46). С. 18-27.
 19. **Губанов Ю.А., Ковтун Л.И., Москаленко В.А., Лобанов С.Л., Зайнуллин О.Ф., Алексеев А.В.** Сравнительный анализ концепций, методов и технологий автоматизированных систем обеспечения безопасной эксплуатации, локализации аварийных ситуаций и борьбы за живучесть корабля, судна / Региональная информатика (РИ-2020). XVII Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2020)». Санкт-Петербург, 28-30 октября 2020 г.: Материалы конференции. СПОИСУ. СПб, 2020. С.162-164.
 20. **Алексеев А.В., Антипов В.В., Смольников А.В.** Цифровой двойник систем автоматизации процессов борьбы за информационную живучесть корабля, судна / Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2023). XIII Санкт-

- Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 25-27 октября 2023 г.: Материалы конференции / СПОИСУ. СПб, 2023. С. 226-228.
21. **Алексеев А.В., Антипов В.В., Смольников А.В.** Сертификация качества моделей на примере цифровых двойников управления борьбой за живучесть корабля, судна / Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (СПбГМТУ). Выпуск 5 (9), 2025. С. 5-14.
22. **Михальчук А.В., Алексеев А.В., Антипов В.В., Смольников А.В.** Интеллектуализация поддержки принятия решений по технологии цифровых двойников систем борьбы за информационную живучесть корабля, судна / Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2025). XIV Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 29-31 октября 2024 г.: Материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2024. С. 227-228.
23. **Алексеев А.В., Михальчук А.В.** Перспективные направления развития технологии полимодельного квалитетического анализа, синтеза и оптимизации организационных и технических решений / Перспективные направления развития отечественных информационных технологий: материалы VII межрегиональной научно-практической конф. Севастополь, 21-25 сентября 2021 г. / Севастопольский государственный университет; науч.ред. Б.В.Соколов. – Севастополь: СевГУ, 2021. С. 40-41.
24. **Алексеев А.В., Евсеенко С.М.** Об искусственной интеллектуализации и определении степени интеллектуализации продукции и деятельности приборостроительного предприятия / Морские интеллектуальные технологии / Marine intellectual technologies, № 4 (54), том 2, 2021. С.140-150.
25. **Бондырев В.Е., Дригола В.К., Устинович Е.С., Алексеев А.В.** Принятие управленческих решений с использованием элементов искусственного интеллекта в системах критической инфраструктуры / 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. 312-314.
26. **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. С.415-420.
27. **Согонов С.А., Алексеев А.В., Евсеенко С.М. Михальчук А.В., Пшеничная К.В.** Обоснование инновационной и инвестиционной привлекательности технологических предложений по использованию элементов искусственного интеллекта в системах автоматизации / Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (СПбГМТУ). Выпуск 5 (9), 2025. С.15-24.
28. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».
29. Постановление Правительства РФ от 09.06.2025 «О Центре развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации».