

МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ МТМТС

М. А. Каганский (Санкт-Петербург)

Актуальность темы. Сегодня продолжает создаваться и совершенствоваться единое информационное пространство РФ, а также сеть распределенных ситуационных центров на всех уровнях государственного управления. При этом на первый план выходят системы поддержки принятия решений [1]. Данные системы позволяют формировать проекты управленческих решений с учётом предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР). Следовательно, учитывая важность поддержания высокого качества формируемых вариантов решений подобными системами, а также появления новых информационных технологий поддержки принятия решений, возникает необходимость проведения сравнительного оценивания качества таких систем, в том числе в рамках создания систем менеджмента качества (СМК).

Предложенная методика с учётом современных тенденций квалиметрического оценивания различных объектов позволяет сравнивать однотипные АСППР между собой (с эталоном; с самой системой на различных временных интервалах), используя единую систему свойств (критериев).

Формулировка проблемы. На сегодняшний день недостаточное внимание уделяется методикам комплексного оценивания качества. Необходимо применение методов минимизирующих погрешность (исходных данных, методов, измерительных инструментов, экспертов, округления и др.) оценивания на каждом этапе. В тоже время методика оценки качества должна быть проста в освоении и использовании. Ресурсные затраты на её реализацию должны быть оптимизированы.

Постановка задачи. Одним из основных элементов оценивания результатов создания и функционирования АСППР морской техники и морских транспортных систем (МТМТС) является определение меры соответствия своему назначению в виде совокупности соответствующих свойств и характеристик. Данная мера посредством квалиметрических методов выражается в виде агрегированного (интегрального, сводного, системного и т.п.) показателя качества (АПК).

Например, в формате функционирования СМК АСППР МТМТС должен быть решен ряд таких основных вопросов, как: планирование уровня качества; контроль значений показателей качества; эксплуатационный контроль заданного уровня качества; методическое руководство разработкой нормативно-технических документов по оценке качества и др [2].

Методика сравнительного оценивания выполняется в соответствии с квалиметрическим алгоритмом оценивания качества АСППР МТМТС, состоит из девяти основных этапов, показанных на рисунке 1 [3].

Первым этапом является формулирование целей сравнительного оценивания качества АСППР МТМТС.

Основные цели сравнительного оценивания качества АСППР МТМТС:

- выбор оптимального варианта АСППР по разработанной системе критериев;
- определение критериев (свойств, показателей), которые вносят наибольший вклад в итоговую оценку качества, с целью последующего улучшения АСППР МТМТС с минимальными ресурсными затратами;
- сравнение систем по определенному критерию (частному, групповому);
- сравнительный контроль уровня качества и определение динамики;
- обоснование необходимости использования АСППР для МТМТС;

- выработка рекомендаций по совершенствованию на основе анализа результатов оценивания;
- выбор определенного производителя или варианта реализации АСППР и др.



Рис. 1. Обобщенный квалиметрический алгоритм

Вторым этапом является определение исходной ситуации сравнительного оценивания качества АСППР МТМТС и определение перечня сравниваемых систем.

Для определения исходной ситуации необходимо отметить, что ряд важных вопросов создания и функционирования АСППР продолжает прорабатываться, в первую очередь, по организационной и правовой составляющей, а также по многим другим направлениям: методологическое, методическое, технологическое, эргономическое, техническое, стандартизации, унификации, сертификации и др.

Важный аспект – это то, что АСППР, по своей сути, являются самостоятельным классом систем, который обладает специфическим набором свойств с различной степенью важности для квалиметрического анализа, в тоже время, с точки зрения системного анализа, наследует основные свойства надсистемы управления (оперативность, достоверность, устойчивость, скрытность, непрерывность).

На данном этапе также определяется управляющий субъект, и другие пользователи, для которых система разрабатывается и максимально использующие её ресурсы. Производится анализ нормативной и справочной документации [4-7], регламентов использования и инструкций. Требования формируются также исходя из стадии (этапа) жизненного цикла.

Формируется перечень систем, функционирующих в рассматриваемой предметной области.

Третьим этапом является непосредственное построение системы критериев (структуры показателей качества или «дерева свойств») АСППР МТМТС.

Формирование варианта системы критериев АСППР МТМТС проводится с учетом уже существующих разработок в данной области и в соответствии с правилами, регламентирующими построение подобных структур [3].

Необходимо отметить, что важность (коэффициент весомости) каждой характеристики качества меняется в зависимости от принятых точек зрения [8].

Выбор совокупности показателей качества для оценки функционирования АСППР ВМФ зависит от функционального назначения программно-аппаратных компонентов, входящих в состав рассматриваемой автоматизированной системы. Кроме того, необходимо учитывать стоимостные показатели, субъективные свойства операторов системы, требования государственных стандартов по оцениванию качества [5,6,8,9], экспертные оценки и современные достижения в области оценивания качества.

При необходимости система критериев может дополняться новыми элементами, с обоснованием их включения.

Минимально достаточным является использование 4-х ярусной структуры системы свойств $\{Q_{АПК}, Q_{ГПК}, P_{ЧПК}, K_i\}$, выполняемой в виде «дерева».

– агрегированный (интегральный, сводный, системный, обобщенный) показатель качества (АПК): $\{Q_{АПК}\}$;

– групповой (сложный) показатель качества (ГПК): $\{Q_{ГПК}\}$;

– частный (единичный, простой) показатель качества (ЧПК): $\{P_{ЧПК}\}$;

K_i – коэффициент весомости (важности) показателя свойства при $i=1 \div N$,

где N – общее количество свойств.

Таким образом, на последнем ярусе (уровне) располагаются частные показатели качества (ЧПК). От правильности и точности определения значений которых зависит итоговая сравнительная оценка качества.

Четвёртым этапом является определение значений единичных показателей (свойств) качества АСППР МТМТС и сравниваемых систем.

Данный этап состоит из двух подэтапов, на каждом из которых учитывается погрешность и ограничения каждого метода.

Первый подэтап заключается в определении значений единичных показателей не экспертными методами: измерительными, расчётными (аналитическими), с использованием информации из различных источников и документации и т.д.

Второй подэтап заключается в определении значений единичных показателей разработанной системы экспертным методом «Дельфи» с приписыванием баллов и верификацией полученных результатов оценивания с использованием коэффициента вариации [10]. Применяется, при невозможности использования не экспертных методов.

Пятым этапом является приведение значений единичных показателей (свойств) качества АСППР МТМТС и сравниваемых систем к относительному виду (нормирование).

В целях получения результатов, характеризующихся минимальной погрешностью математического моделирования целесообразно использовать методы нормирования (шкалирования) учитывающие характер изменения каждого свойства системы.

Первый метод – определение нормированных значений показателей, вычисляемых по формуле (1) [11, 12], где в общем виде область определения функции нормирования задается длиной интервала значений, с учётом минимального и

максимального значения нормируемого показателя, а область значений функции всегда $f(p) \in [0;1]$:

$$f(P_i^s) = \left(\frac{(p_i^s - \min(p_i^s))^h \times (\max(p_i^s) - p_i^s)^{1-h}}{\max(p_i^s) - \min(p_i^s)} \right)^z, \quad (1)$$

где P_i^s – приведённое (нормированное) значение i -го свойства s -й системы из множества сравниваемых систем S , при $i=1 \div n$ и $s=1 \div S$, где n – количество учитываемых показателей свойств;

S – количество анализируемых объектов (систем);

p_i^s – количественное значение i -го показателя свойства s -й системы;

$\min p_i^s$ – минимальное количественное значение i -го показателя свойства s -й системы из всего исходного множества S показателей данного свойства;

$\max p_i^s$ – максимальное количественное значение i -го показателя свойства s -й системы из всего исходного множества S показателей данного свойства;

h – индекс, учитывающий характер связи качества с данным показателем.

z – степень нелинейности выбранной шкалы оценок показателей качества.

Примеры графиков функций нормирования для свойств, нормируемых линейными, нелинейными (показательными) отрезками функций с позитивным и негативным характером связи с длиной диапазона оценок $l=10$ показаны на рисунке 2.

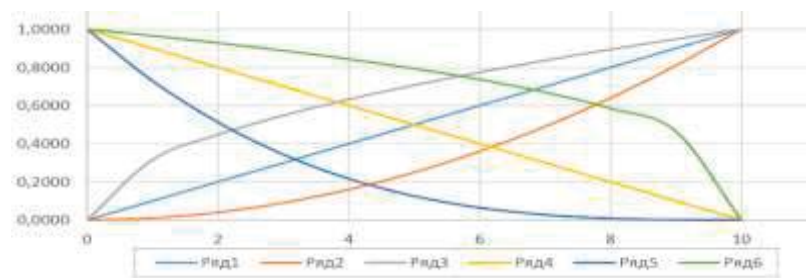


Рис.2. Примеры отрезков нормирующих функций

Второй метод – определение нормированных значений с использованием логистической функции (S -функции) [13].

Для реализации предлагаемого метода экспериментальным путем с использованием численного моделирования были вычислены коэффициенты a и b для формулы (2) с привязкой к длине интервала и начальным ненулевым значением в точке $[0; 0,001]$.

$$f(p_i^s) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{a p_i^s + b}{l}}}, \quad (2)$$

где p – значение показателя свойства;

a – фиксированное число, удовлетворяет условию задачи при $a = 14$.

b – фиксированное число, удовлетворяет условию задачи при $b = 7$

l – длина интервала значений показателя свойства. Определяется как разность между начальным и конечным значением диапазона оценок.

Примеры графиков функций показаны на рисунке 3.

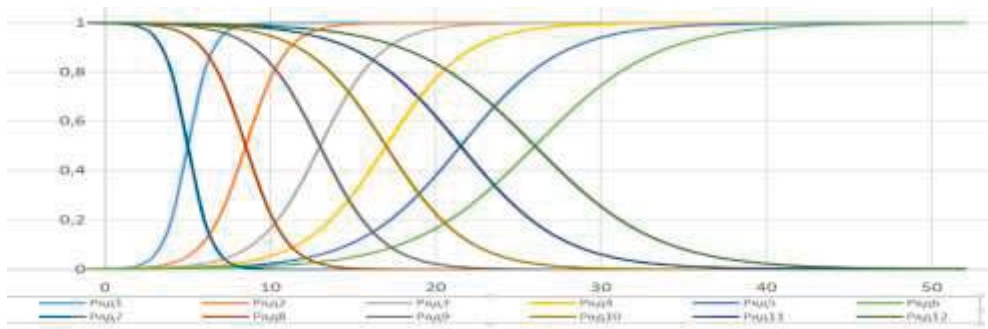


Рис.3. Примеры графиков функций нормирования с S-функцией

Шестым этапом является определение значений коэффициентов весомости (важности) оцениваемых показателей АСППР МТМТС и сравниваемых систем методом анализа иерархий.

Использование метода анализа иерархий для определения весовых коэффициентов обуславливается его более высокой точностью с переходом от качественных оценок к количественным.

Вариант метода анализа иерархий Томаса Саати повышенной точности, может применяться даже для несогласованной матрицы парных сравнений [14].

Седьмым этапом является сравнительное оценивание уровня качества. В рамках оценивания качества по единичному, групповому, агрегированному и (или) интегральному показателю качества.

Математические модели агрегирования показателей качества Q формируются по группам: агрегированный, групповой и частный показатели качества. В рамках реализации полимодельного подхода к оцениванию АПК АСППР используется комплекс методов (аддитивный, мультипликативный, гармонический) с соответствующими ограничениями.

Первый метод – метод аддитивной свёртки (равномерной оптимальности) значений показателей свойств для определения значения показателя качества Q^A [15].

Второй метод – метод мультипликативной свёртки (справедливого компромисса) значений показателей свойств для определения значения показателя качества Q^M [15, 16].

Заключительный, третий метод – метод гармонической свёртки значений показателей свойств для определения значения показателя качества Q^G по формуле (3) [15, 16]:

$$Q^G = \left[\sum_{i=1}^n (K_i \times P_i) \times \prod_{i=1}^n P_i^{K_i} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

где n – количество показателей свойств; K_i – коэффициент весомости показателя свойства, удовлетворяющий условию $\sum_{i=1}^n K_i = 1$; P_i – показатель свойства.

Применение такого подхода носит широко апробированный в различных исследованиях и работах характер [16-20].

Восьмым этапом является определение (анализ) влияния единичных показателей качества на итоговый результат.

Выявление показателей, оказывающих наибольшее влияние на итоговую сравнительную оценку позволяет экономить ресурсы при повышении общего качества посредством улучшения ЧПК.

Для определения основных направлений улучшения конкретных показателей качества используется анализ влияния (чувствительности).

Анализ влияния к изменению показателей качества проводится в виде детерминированного однофакторного анализа чувствительности [21], при таком анализе одновременно варьируется только одна рассматриваемая (ключевая) переменная.

В общем виде значение коэффициента чувствительности $k_{чувств}$ к изменению определяется по формуле (4) [21]:

$$k_{чувств} = \frac{\Delta Q^Г}{\Delta P_i}, \quad (4)$$

где $\Delta Q^Г$ – изменение значения выходного параметра, рассчитанное гармоническим методом при изменении одного из входных параметров (P_i).

ΔP_i – изменение значения входного параметра с шагом 5%.

Данные расчёты проводятся последовательно для всех исходных показателей свойств, позволяя выделить наиболее оптимальные для общего развития качества АСППР. При этом шаг изменения 5% но не более 100%.

И наконец, заключительным этапом является интерпретация и оценка валидности полученных научно-технических результатов в виде определённых рекомендаций и выводов.

Данный этап выполняется в соответствии с поставленными целями сравнительного оценивания. Результаты визуализируются в виде необходимых графиков, схем, таблиц, диаграмм и т.д.



Рис.4. Фрагменты основных экранных форм программной реализации методики

Практическая реализация. Выше описанная методика сравнительного оценивания качества АСППР и её математическая модель реализованы в виде комплекса компьютерных программ и инструментальных средств. С использованием языка программирования С# – программы «Эксперт» (метод «Дельфи») и «Матрица» (расчёт коэффициентов весомости); общий комплекс расчетов и элементов визуализации методики сравнительного оценивания качества реализован в MS Excel. Основные экранные формы показаны на рисунке 4.

Вариант частной сравнительная оценка качества показан на рисунке 5.

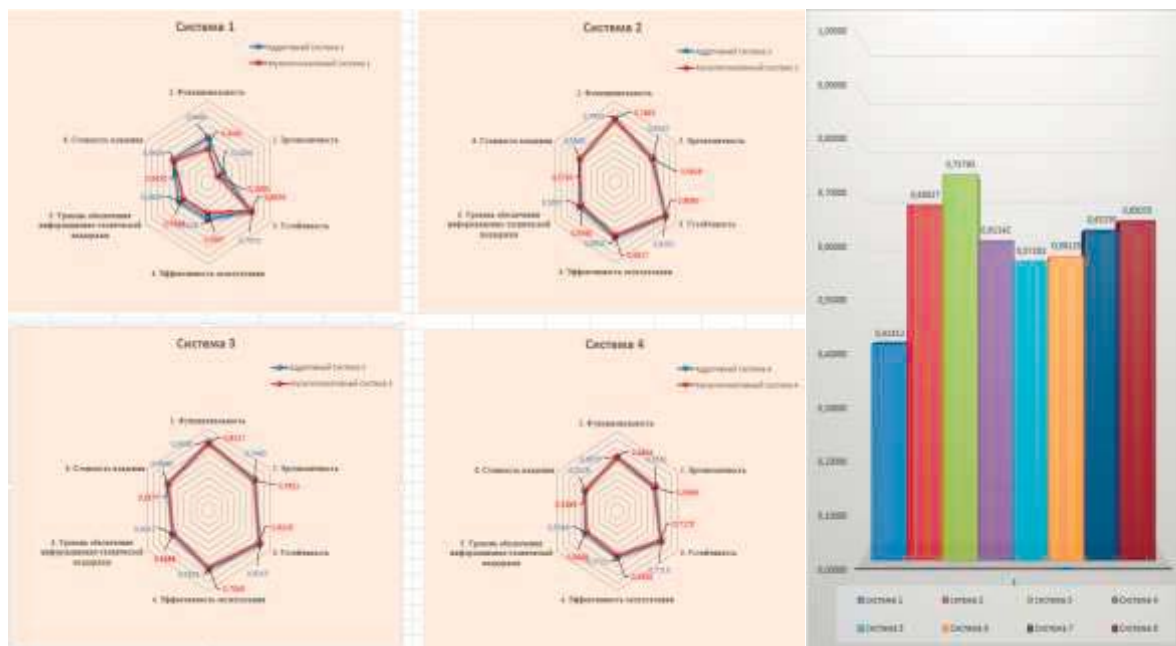


Рис.5. Фрагмент варианта сравнительной оценки качества

Новизна предложений. Таким образом, в интересах комплексного исследования качества в виде совокупности свойств и характеристик АСППР МТМТС, разработана обобщенная методика с использованием аналитических функций на этапе шкалирования и этапе определения значений частных показателей качества. В основу методики положены известные принцип и технология интегрированной оценки качества на основе агрегирования показателей качества.

Произведен многовариантный численный эксперимент по сравнительному оцениванию перспективности компьютерной технологии интеллектуальной АСППР при решении задач операторов МТМТС, анализ влияния и формирования первоочередных направлений повышения значений показателей качества и эффективности применения АСППР. Данный эксперимент подтвердил универсальность, эффективность и инвариантность программной реализации методики сравнительной оценки качества АСППР МТМТС.

Литература

1. **Трахтенгерц Э.А.** Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений / Э. А. Трахтенгерц // Проблемы управления. 2003. № 1. С. 13-27. Библиогр.: 27.
2. ГОСТ 28195–89 Межгосударственный стандарт. Оценка качества программных средств. Общие положения. Введ. 1990–07–01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. 31 с.
3. **Азгальдов Г.Г.** Квалиметрия для всех: Учеб. Пособие / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. М. : ИД ИнформЗнание, 2012. 165 с. : ил.

4. **Башмаков А.И.** Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 304 с.: ил.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015 Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования к оценке качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов. Введ. 2015–05–29. М.: Стандартиформ, 2015. 30 с.
6. ГОСТ 28195–89 Межгосударственный стандарт. Оценка качества программных средств. Общие положения. Введ. 1990–07–01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. 31 с.
7. ГОСТ 24.104–85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. Введ. 1987–01–01. М. : Стандартиформ, 2009. 12 с.
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. Введ. 1994–07–01. М. : Госстандарт России, 1993 . 10 с.
9. ГОСТ 34.003–90 Межгосударственный стандарт. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. Введ. 1992–01–01. М. : Стандартиформ. 15 с.
10. **Анфилатов В.С.** Системный анализ в управлении: Учебное пособие / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин ; под общ. ред. А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2002. 368 с. : ил.
11. **Астратова Г.В.** Квалиметрия: методы количественного оценивания качества различных объектов (курс лекций и практических занятий): учеб. пособие. Направление подготовки 222000.68 Инноватика, 221400.62 Управление качеством / Г. В. Астратова [и др.] / под общ. и науч. ред. д.э.н., профессора Г. В. Астратовой ; ГОУ ВПО ХМАО – Югры «Сургут. гос. пед. ун-т». Сургут : РИО СурГПУ, 2014. – 160 с.
12. **Алексеев А.В.** Квалиметрический SWOT-анализ и его применение в задачах управления развитием критических морских объектов / А. В. Алексеев, Е. Н. Удодова // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т.1, № 1 (31). С. 38-48. Библиогр.: с. 48.
13. Электронная энциклопедия Википедия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/сигмоида> (Дата обращения 15.02.2019).
14. **Саати Т.** Принятие решений. Метод / Т. Саати ; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
15. **Алексеев А.В.** Концептуальные аспекты управления развитием критических объектов морской техники и морской инфраструктуры / А. В. Алексеев // Морские интеллектуальные технологии. 2015. Т.1, № 2 (28). С. 48–58. Библиогр. : с. 58.
16. **Алексеев А.В.** Оценка конкурентной способности риск-ориентированных технологий обеспечения безопасности объектов морской техники / А. В. Алексеев, М. А. Каганский, Р. И. Мусатенко // Актуальные проблемы защиты и безопасности (АПЗБ-2017). Материалы XX Всероссийской науч.-производственной конф. СПб., 2017. С. 43-48. Библиогр.: с. 48.
17. **Алексеев А.В.** Реализация обобщенного метода квалиметрического анализа факторов развития и технология обеспечения управления развитием критических морских объектов / А. В. Алексеев, В. В. Антипов, В. Ю. Бобрович, С. М. Евсеенко // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т.1, № 1 (31). С. 27–37. Библиогр. : с. 37.

18. **Алексеев А.В.** Оптимизация процессов управления качеством и конкурентной способностью объектов морской техники и инфраструктуры / А. В. Алексеев, А. А. Равин, С. А. Согонов, О. В. Хруцкий // *NAOE2016*, 6-8 июня 2016, СПбГМТУ. – СПб, 2016. С. 1–9. Библиогр. : с. 9.
19. **Алексеев А.В.** Мониторинг процессов и информационная поддержка обеспечения безопасности объектов морской техники / А. В. Алексеев, С. Н. Соловьёв, В. А. Москаленко, Г. Н. Сус, Н. П. Ушакова, М. А. Каганский // Четвертая междунар. науч.-практическая конф. (ИКМ МТМТС-2017). Тр. конф. СПб., 2017. С. 23-30. Библиогр.: с. 30.
20. **Каганский М.А.** Вариантная полимодельная многокритериальная математическая модель оценивания качества автоматизированной системы поддержки принятия решений / М. А. Каганский // XVI Санкт-Петербургская междунар. конф. «Региональная информатика (РИ-2018)». Материалы конф. СПб., 2018. С. 476-478. – Библиогр.: с. 478.
21. **Ягудина Р.И.** Современная методология анализа чувствительности в фармаэкономических исследованиях / Р. И. Ягудина, А. Ю. Куликов, И. В. Новиков // *Фармаэкономика. ИРБИС*, 2010. № 4. Т. 3. С. 8–12. Библиогр с. 11-12.