

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН

Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д.44, корп.2

AZatsarinny@ipiran.ru, Ulonenkov@ipiran.ru

*Аннотация: Статья посвящена вопросу оценки эффективности и качества информационных систем (ИС). Даны отличия понятий «качество» и «эффективность». Рассмотрены наиболее известные методы оценки эффективности ИС и сформулированы общие подходы к выбору показателей эффективности ИС. Разработаны предложения по перечням показателей эффективности для различных типов ИС с учетом особенностей систем и условий их функционирования. Приведены наиболее распространенные в модели качества ИС. Отмечено, что большинство из них относится к оценке качества программных средств, в то время как нормативная база оценки качества ИС в целом развита недостаточно. Сформулированы предложения по совершенствованию нормативной базы в области оценки качества ИС.*

Ключевые слова: эффективность, качество, информационная система, показатель эффективности, модель качества.

## Введение

В настоящее время информационные системы (ИС) во многом определяют научно-технический потенциал страны, уровень развития ее народного хозяйства, образ жизни и деятельности человека. При этом ИС относятся к классу сложных больших систем с длительным сроком эксплуатации. Одним из важных направлений их развития и совершенствования является разработка методического аппарата, позволяющего производить оценку их технического уровня на всех стадиях жизненного цикла, от разработки до снятия с производства и утилизации.

Технический уровень ИС может характеризоваться двумя понятиями – «эффективность» и «качество». Отметим соотношение понятий «качество» и «эффективность»: если эффективность характеризует степень соответствия системы назначению и приспособленности к достижению целей, поставленных при ее создании, то качество представляется как совокупность свойств системы, обуславливающих ее пригодность для использования по назначению [1,2].

В статье рассматриваются основные методы оценки эффективности и качества ИС, основные проблемы развития и совершенствования нормативной базы и методического аппарата в данной области, сформулированы предложения по их совершенствованию.

## 1 Общие подходы к оценке эффективности ИС

Под эффективностью системы понимается степень достижения целей, поставленных при ее создании [1].

Для принятия решения о степени достижения требуемой цели необходим критерий эффективности – правило, позволяющее сопоставлять стратегии, характеризующиеся различной степенью достижения цели и осуществлять их выбор из множества допустимых [3].

Критерий эффективности системы (изделия) определяют на множестве показателей. Под показателем понимается характеристика, описываемая количественно и позволяющая оценить свойство этой системы с какой-либо одной стороны [4].

Наиболее известными методами оценки эффективности систем являются [5-8]: метод среднего взвешенного; метод Парето; метод последовательных уступок; метод анализа иерархий; метод анализа среды функционирования (DEA-АСФ).

Описанные выше методы можно разделить на две группы. Одна из групп использует свертку критериев для сведения многокритериальной задачи оптимизации к соответствующей скалярной, другая опирается на непосредственное исследование множества оптимальных решений с введением некоторых дополнительных критериев выбора. К первой группе относятся методы среднего взвешенного и анализа иерархий, ко второй – методы Парето, последовательных уступок и анализа среды функционирования.

Используемые методы оценки эффективности должны, с одной стороны, позволять производить оценку эффективности как вариантов реализации ИС относительно друг друга (на стадиях замысла и разработки), так и отдельных систем (на стадиях производства, применения и поддержки применения), а с другой стороны, быть пригодными для практического использования и понятными для лиц, производящих такую оценку. Анализ научно-технической литературы, а также опыта работ по созданию ИС различного назначения показывает, что наибольшее применение нашли методы

среднего взвешенного и анализа иерархий. Для этих методов характерны простота и возможность работы с большой размерностью данных. Кроме того, они хорошо апробированы. При этом метод анализа иерархий ориентирован на нечеткие оценки, что более просто для экспертов, чем точные количественные оценки.

Одной из важных задач при оценке эффективности ИС является выбор и обоснование номенклатуры показателей эффективности, наиболее полно характеризующих конкретную систему. Выбор показателей эффективности целесообразно осуществлять исходя из следующих соображений [9]: соответствие показателей целям разработки и назначению системы; измеримость с помощью существующих физических величин (желательно выбирать показатели, которые могут быть выражены количественно); выбор оптимального числа показателей, так как при их малом числе не в полной мере учитываются целевые функции системы, а с ростом числа показателей возрастает трудоемкость оценки; показатели эффективности по возможности должны учитывать требования, регламентируемые действующими нормативно-техническими документами в области ИС.

Конкретный перечень показателей эффективности зависит от типа и задач ИС. При этом выделяются: интегральный показатель эффективности системы; обобщенные и частные показатели эффективности. Интегральный показатель характеризует эффективность системы в целом, обобщенные показатели эффективности отражают различные стороны функционирования системы: техническую; технологическую; организационную и др., частные показатели эффективности включают конкретные характеристики системы по каждой из групп обобщенных показателей.

В ряде публикаций [10-13], были разработаны перечни показателей эффективности для различных типов ИС. В частности, это перечни показателей эффективности для типовой ИТКС на основе доработанных и расширенных требований ГОСТ РВ 51987-2002, обоснованные в [10], для ИТКС на основе применения облачных технологий [11], для системы распределенных ситуационных центров органов государственной власти (СРСЦ) [12], а также для ведомственной системы ситуационных центров [13].

Для вычисления обобщенных показателей эффективности и интегрального показателя эффективности систем используются существующие методы решения многокритериальных задач.

Частные показатели эффективности определяются следующим образом:

- по типовым формулам (например, коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности и др.);
- путем нормирования показателей относительно их максимальных и минимальных значений;
- как отношение реального значения показателя к требуемому либо максимально (минимально) возможному;
- экспертным путем по соответствующей шкале и приводятся к значениям от 0 до 1.

Для каждой из стадий жизненного цикла ИС характерны отличия в целях оценки эффективности и в составе выбираемого набора показателей эффективности (частных и обобщенных).

На стадии формирования замысла целью оценки эффективности является степень соответствия предъявляемых к системе требований, с одной стороны, организационно-техническому замыслу системы в рамках соответствующей организационной системы, а с другой – соответствия современному уровню развития информационных систем и технологий. При этом надо основываться на опыте использования ИС предыдущего поколения, ИС аналогичного назначения других организационных структур, а также зарубежных ИС подобного назначения. Выбираемый набор показателей должен быть минимально достаточным для оценки эффективности системы и при этом должен обеспечивать условия этой оценки с наибольшей простотой.

На стадии разработки системы оценка эффективности производится с целью проверки качества предлагаемых к реализации системотехнических решений, а также выбора наиболее целесообразного варианта построения системы для достижения характеристик, определенных требованиями ТТЗ. Оценка проводится разработчиком системы на разных стадиях ее разработки, в первую очередь на этапах эскизного и технического проектирования. В этом случае используется более широкий набор показателей эффективности, чем на стадии формирования требований. Должны учитываться показатели, характеризующие все наиболее существенные свойства системы: ее развитие, технические, технологические, эксплуатационные, конструктивные, организационные, экономические характеристики, а также показатели информационной безопасности.

В ходе эксплуатации системы оценка эффективности проводится для оценки качества ее функционирования, анализа характеристик в различных условиях и выработки соответствующих рекомендаций по обеспечению требуемых условий функционирования, в том числе и для обоснования необходимости модернизации системы. При выборе перечня показателей

эффективности на этой стадии целесообразно в первую очередь учитывать показатели, характеризующие функциональные возможности системы, ее техническое состояние, условия ее эксплуатации, качество технической документации, уровень развития систем технического обслуживания и ремонта, наличие систем диагностики и мониторинга, а также человеческий фактор, включая подготовку обслуживающего персонала, его профессионализм, действия в различных ситуациях.

## **2 Основные методы оценки качества ИС**

Качество ИС является комплексной характеристикой совокупности технических, технологических, эксплуатационных, экономических и других показателей и требует постоянного совершенствования подходов к ее оценке. Необходимо определить перечень показателей качества, по которым будут оцениваться системы, а также произвести обобщенную оценку по всем выбранным показателям. Оценка качества ИС производится на всех стадиях их жизненного цикла.

Качество ИС - совокупность свойств системы, обуславливающих возможность ее использования для удовлетворения определенных в соответствии с ее назначением потребностей. Требования к качеству могут быть выражены структурированной системой характеристик (показателей) качества. Такая система показателей называется моделью качества.

Наиболее распространенными моделями качества ИС в настоящее время являются модели МакКола, Боэма, Гилба и созданные на их основе модели, закрепленные нормативными документами - ГОСТ 28195-89, ГОСТ ИСО/МЭК 9126-2008, ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 и ГОСТ РВ 51987-2002.

Модель МакКола классифицирует все требования к программному обеспечению по 11 показателям качества программного обеспечения. Эти 11 факторов сгруппированы в три категории — использование, модификация и переносимость. Критерии качества - это числовые уровни факторов, поставленные в качестве целей при разработке. Всего введено 22 критерия качества. Каждый критерий качества зависит от одного или нескольких факторов качества.

Боэм предложил свою модель, представляющую, по существу, расширение модели МакКола. В ней атрибуты качества подразделяются по способу использования программной системы. Определено 19 промежуточных атрибутов, в которые входят все 11 факторов качества модели МакКола. Эти промежуточные атрибуты представляют собой группы так называемых примитивных атрибутов, которые оцениваются с помощью определенных для них метрик. По сравнению с моделью МакКола в модели Боэма дополнительно введен ряд атрибутов качества.

Модель Гилба соответствует общей концепции предыдущих моделей, но имеет несколько отличий. Модель качества встраивается в проектную спецификацию, а каждый атрибут должен быть измеримым и детализироваться в процессе жизненного цикла программной системы. Помимо атрибутов качества, в модель входят атрибуты ресурсов. Модель основана на четырех качественных (применимость, полезность, приспособляемость, удобство использования) и четырех ресурсных (время, бюджет, исполнители, средства разработки) атрибутах, которые можно расширять.

Необходимо отметить, что модели МакКола, Боэма, Гилба носят концептуальный характер; реальных систем, которые полностью соответствовали бы этим моделям, нет. Вместе с тем, существующие стандарты, разработанные с учетом имеющихся моделей качества, учитывают особенности реальных ИС.

ГОСТ 28195-89 включает в себя общие положения по оценке качества программных средств, описывает процессы планирования уровня качества, а также процессы контроля значений показателей качества в процессе разработки и испытаний. Показатели качества разбиты на 6 групп и 19 комплексных показателей. Группы определяют пользовательские свойства программных средств, комплексные показатели - программные свойства, от значений которых зависит значение пользовательских свойств.

В ГОСТ ИСО/МЭК 9126-2001 оценка качества программных систем основана на трехуровневом рассмотрении. Уровень цели - то, что пользователь желает видеть в программном обеспечении. Уровень атрибутов – свойства, отражающие приближение к целям. Уровень метрик - количественные характеристики степени наличия атрибутов. В модели выделено 6 целей: функциональность, надежность, практичность или удобство использования, эффективность, сопровождаемость, переносимость или мобильность. Цели подразделяются на атрибуты качества.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 уточняет ряд положений предыдущего стандарта и в целом включает те же характеристики качества программного обеспечения с некоторыми дополнениями.

Подавляющее большинство моделей качества и стандартов посвящены оценке качества только программных средств. В то же время, оценка качества ИС должна охватывать все ее элементы: технические средства; программное обеспечение; другие виды обеспечения, включая организационное; подсистему эксплуатации и др.

Перечень требований и показателей качества ИС в целом содержит лишь один стандарт - ГОСТ РВ 51987-2002 [14]. Положения этого стандарта могут применяться при формировании требований технического задания, при сравнительном анализе, оценке и обосновании технических решений, при проведении испытаний (в том числе сертификационных), при контроле качества функционирования создаваемых, модернизируемых и эксплуатируемых информационных систем, то есть практически на всех этапах жизненного цикла современных систем. Стандарт содержит 10 характеристик качества функционирования ИС (надежность, своевременность, полнота, актуальность, безошибочность, конфиденциальность и др.) и 16 основных показателей качества функционирования ИС, для которых задаются конкретные значения. Вопросы применения данного стандарта достаточно подробно рассмотрены в [15, 16]. Вместе с тем, по большинству обобщенных показателей качества данный стандарт предлагает всего один-два частных показателя качества, что недостаточно для объективной и всесторонней оценки системы. Кроме того, данный документ разработан около двух десятков лет назад и не в полной мере учитывает особенности современных информационных систем. Целесообразна разработка аналога данного стандарта, содержащего новый расширенный перечень обобщенных и частных показателей качества для современных информационных систем.

В ряде работ ФИЦ ИУ РАН сделаны попытки доработать единственный стандарт, относящийся к информационным системам в целом (ГОСТ РВ 51987-2002), в направлении учета особенностей современных ИС, включая вопросы информационной безопасности, организационного обеспечения и др. [10, 17]. В частности, предложен перечень показателей качества для типовой ИС на основе доработанных и расширенных требований этого стандарта, в котором увеличено число обобщенных и частных показателей качества, а также введены показатели, учитывающие особенности современных ИС. Данный перечень показателей качества ИС может служить основой для разработки стандарта в данной области.

Согласно [2] оценка уровня качества – это совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение этих показателей и сопоставление их с базовыми.

Выделяются три основных метода оценки качества систем: дифференциальный; комплексный; смешанный.

Дифференциальный метод основан на использовании единичных показателей качества оцениваемого и базового образцов. При этом определяют, достигнут ли уровень базового образца в целом, по каким показателям он достигнут, какие показатели существенно отличаются от базовых.

Выбор номенклатуры единичных показателей для оценки качества системы проводится с учетом требований заказчика, условий разработки, производства и эксплуатации и т. д.

Комплексный метод оценки основан на применении обобщенного показателя качества, который представляет собой функцию от единичных показателей. При этом производится сопоставление обобщенных показателей качества оцениваемого и базового образцов. Обобщенный показатель может быть средневзвешенным или интегральным.

Средневзвешенный показатель применяют, если нельзя установить функциональную зависимость обобщенного показателя от единичных показателей качества, но возможно с приемлемой точностью установить веса единичных показателей. Весовые коэффициенты определяются экспертным путем с использованием математических методов (метод ранжирования, метод приписывания баллов, метод парного сравнения и т. п.).

Интегральный показатель применяется тогда, когда можно установить суммарный полезный эффект от использования системы и суммарные затраты на ее создание и эксплуатацию.

Смешанный метод основан на одновременном использовании единичных и комплексных показателей качества. Он применяется тогда, когда совокупность единичных показателей является весьма большой и анализ каждого из них дифференциальным методом не позволяет сделать аргументированных выводов, или когда обобщенный показатель при комплексном методе недостаточно полно учитывает все характеристики системы.

Опыт работ ФИЦ ИУ РАН по созданию и эксплуатации сложных крупномасштабных территориально-распределенных информационных систем показывает, что при оценке их качества наиболее целесообразно использовать комплексный метод на основе средневзвешенного показателя качества. Для данного метода характерны простота формализации и возможность работы с большой

размерностью данных, к тому же он достаточно апробирован. Кроме того, к достоинствам данного метода можно отнести ясный физический смысл, а также учет индивидуальных представлений лица, принимающего решение.

## Заключение

На современном этапе создания и совершенствования высокотехнологичных ИС одним из инструментов повышения их технического и технологического уровня является оценка эффективности и качества на всех стадиях жизненного цикла.

Сопоставление показателей эффективности и качества ИС с отечественными и зарубежными системами-аналогами позволяет понять их сильные и слабые стороны и принять соответствующие меры по повышению технического уровня.

В статье рассмотрены основные подходы к оценке эффективности и качества ИС, основные проблемы в данной области, разработаны предложения по перечням показателей эффективности и качества для конкретных систем.

Показано, что существует необходимость развития и совершенствования существующей нормативной базы в области требований и показателей эффективности и качества функционирования ИС, а также методического аппарата, позволяющего производить оценку их эффективности и качества на всех стадиях жизненного цикла.

## Литература

1. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Автоматизированные системы. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2005. 14 с.
2. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2009. 21 с.
3. Надежность и эффективность в технике: справочник. В 10 томах. / Т.3. Эффективность технических систем. / Под ред. В.Ф. Уткина. – М.: Машиностроение, 1988.– 328 с.
4. ГОСТ 24.702-85. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2003. 6 с.
5. Окунев Ю. Б., Плотников В. Г. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи. – М.: Связь, 1976. 183 с.
6. Соломонов Ю. С., Шахтарин Ф. К. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность.– М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.
7. Буренок В. М., Лавринов Г. А., Хрусталева Е. Ю. Механизмы управления производством продукции военного назначения. – М.: Наука, 2006.– 303 с.
8. Бомас В. В., Судаков В. А., Афонин К. А. Поддержка принятия многокритериальных решений по предпочтениям пользователя. СПИР DSS/UTES/ Под общей редакцией В. В. Бомаса. -М.: Изд-во МАИ, 2006.– 172 с.
9. А. А. Зацаринный, Ю. С. Ионенков. Некоторые методические аспекты выбора показателей эффективности информационных систем// Системы высокой доступности. М.: Радиотехника, 2019, № 4. с. 19-26.
10. Ионенков Ю. С. Научно-практические аспекты оценки эффективности информационно-телекоммуникационных систем// Радиолокация, навигация, связь: Сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции (17-19 апреля 2018 г.). Том 1. – Воронеж: ООО «Вэлберн», 2018, с. 140-149.
11. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С., Сучков А.П. Некоторые аспекты оценки эффективности облачных технологий // Системы и средства информатики – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2018, Том 28, № 3. с.104-117.
12. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. К вопросу оценки эффективности автоматизированных систем с использованием метода анализа иерархий // Системы и средства информатики, 2015. Т. 25. № 3. С.162–179.
13. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С., Шабанов А.П. К вопросу о сравнительной оценке эффективности ситуационных центров // Системы и средства информатики, 2013. Т. 23. № 2. С. 155–171.
14. ГОСТ РВ 51987-2002 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Требования и показатели качества функционирования информационных систем. – М.: Стандартинформ, 2003. 52 с.
15. Методическое руководство по оценке качества функционирования информационных систем (в контексте стандарта ГОСТ РВ 51987 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Требования и показатели качества функционирования информационных систем. Общие положения») – М.: Изд-во 3 ЦНИИ МО РФ, 2003. - 352 с.
16. Костокрызов А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем – М.: ВПК, 2008.- 404 с.
17. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. Оценка эффективности информационно-телекоммуникационных систем / Под ред. д.т.н. А. А. Зацаринного. – М.: НИПКЦ Восход-А, 2020. – 120 с.