

Некоторые аспекты оценки эффективности информационных систем

А.А. Зацаринный¹, Ю.С. Ионенков¹

¹Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, ул. Вавилова, д.44, корп.2, г. Москва, 119333, Россия
e-mail: AZatsarinny@ipiran.ru, UIonenkov@ipiran.ru

Аннотация

Статья посвящена вопросу оценки эффективности информационных систем (ИС). Представлены общие подходы к оценке эффективности ИС. Рассмотрены существующие трактовки понятий эффективности, критериев и показателей эффективности. Сформулированы общие подходы к выбору показателей эффективности ИС. Разработаны предложения по перечням и методам расчета показателей эффективности для различных типов ИС с учетом особенностей систем и условий их функционирования. Отмечены особенности наиболее известных методов оценки эффективности ИС. Представлены подходы к оценке вклада ИС в эффективность соответствующих организационных систем (министерств, ведомств, организаций). Рассмотрен общий методический подход к оценке вклада ИС в эффективность организационных систем, учитывающий особенности, принципы и условия построения соответствующих организационных систем. Представлен перечень частных показателей эффективности для каждой из трех групп обобщенных показателей эффективности ИС (показатели рациональности организационной структуры ИС, показатели эффективности функционирования ИС и показатели организационно-технического уровня ИС).

Ключевые слова

Эффективность, критерий, показатель, метод, информационная система, организационная система

Введение

Информатизация общества – это глобальный социально-экономический процесс, особенность которого состоит в том, что определяющим видом деятельности в сфере общественного производства являются сбор, обработка, хранение, представление и использование информации, осуществляемые на основе современных информационных технологий. Существование информационного общества невозможно без эффективно функционирующих ИС.

Современные ИС характеризуются, как правило, следующими особенностями:

- сложностью построения;
- применением широкого спектра технологий и аппаратно-программных средств;
- необходимостью интеграции существующих и вновь разрабатываемых систем;
- существенными затратами на их создание и эксплуатацию.

В этой связи одним из важных направлений их развития и совершенствования является разработка методического аппарата, позволяющего производить оценку их технического уровня на всех стадиях жизненного цикла, от замысла и разработки до снятия с производства и утилизации. На стадиях замысла и разработки возникает необходимость анализа нескольких возможных вариантов системотехнических решений и выбора наилучшего из них с учетом имеющихся ограничений и условий функционирования. На стадиях производства и эксплуатации возникает задача оценки достигнутого уровня характеристик ИС и их соответствия заданным требованиям с целью выработки рекомендаций по совершенствованию и модернизации системы.

Технический уровень ИС характеризуется понятием эффективности, которая характеризует степень соответствия системы назначению и приспособленности к достижению целей, поставленных при ее создании [1].

В статье рассматриваются основные подходы к оценке эффективности ИС, отмечены основные особенности выбора показателей и методов оценки эффективности, а также подходы к оценке вклада ИС в эффективность соответствующих организационных систем (министерств, ведомств).

Общие подходы к оценке эффективности ИС

Анализ имеющихся стандартов и научно-технической литературы показывает, что в настоящее время нет единого взгляда на понятие эффективности систем.

В ГОСТ 34.003-90 [1] и технической литературе [2,3] эффективность системы трактуется как степень достижения целей, поставленных при ее создании.

В ГОСТ 24.702-85 [4] и экономической литературе [5,6] эффективность системы определяется как соотношение между достигнутыми при функционировании системы

результатами и затраченными на ее создание и функционирование ресурсами. При этом достигнутые при функционировании системы результаты, как правило, выражаются в стоимостной форме.

Кроме того, в технической литературе используется критерий эффективности как достижение максимального результата при заданных затратах, в то время как в экономической литературе основной формулировкой критерия является достижение наибольших результатов при наименьших затратах.

С учетом опыта разработки и эксплуатации информационных систем в интересах государственного управления, а также методического аппарата для оценки их эффективности представляется целесообразным использовать подход к оценке эффективности, принятый в технической литературе.

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 [2].

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].

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 [7]:

- 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 ФИЦ ИУ РАН [8-11], были разработаны перечни показателей эффективности для различных типов ИС. В частности, это перечни показателей эффективности для типовой ИС на основе доработанных и расширенных требований ГОСТ РВ 51987-2002, обоснованные в [8], для ИС на основе применения облачных технологий [9], для системы распределенных ситуационных центров органов государственной власти (СРСЦ) [10], а также для ведомственной системы ситуационных центров [11].

В качестве примера ниже приведен перечень показателей эффективности для ИС на основе применения облачных технологий (таблица 1).

Таблица 1. Перечень показателей эффективности для ИС на основе применения облачных технологий

Обобщенные показатели	Частные показатели
Технический	- Уровень надежности - Скорость обмена информацией - Масштабируемость ресурсов - Дополнительное пространство хранения - Резервное копирование информации
Технологический	- Возможности интеграции приложений - Развитие среды работы приложений - Развитие системы мониторинга - Удобство пользовательского интерфейса
Экономичность	- Расходы на внедрение

Обобщенные показатели	Частные показатели
	- Экономия средств - Выгодность использования облачных технологий
Степень риска	- Нормативно-правовые вопросы - Реагирование провайдера на инциденты - Совместимость - Восстановление данных и их конфиденциальности
Информационная безопасность	- Криптографическая защита данных - Аутентификация пользователей - Разграничение прав пользователей - Антивирусная защита
Организационный	- Готовность сотрудников к внедрению новых технологий - Уровень подготовки сотрудников - Способность сотрудников к обучению - Уровень мотивации сотрудников

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

Наиболее известными методами оценки эффективности систем являются [12-16]:

- метод среднего взвешенного;
- метод Парето;
- метод последовательных уступок;
- метод анализа иерархий;
- метод анализа среды функционирования (DEA-АСФ).

Каждому из рассмотренных методов присущи свои достоинства и недостатки.

В частности, к достоинствам метода среднего взвешенного относятся: простота формализации; ясный физический смысл; учет индивидуальных представлений лица, принимающего решение. К числу недостатков относятся: субъективность мнений экспертов при выборе весовых коэффициентов; неявная взаимная компенсация показателей; использование постоянных весовых коэффициентов, не зависящих от значения показателей.

Достоинствами метода Парето являются: математическая строгость и понятность для пользователя; возможность для лица, принимающего решение, сосредоточить внимание на множестве меньшего объема и выбрать решение субъективно наилучшее. Недостатком является то, что применимость метода ограничивается множеством с числом элементов не более 7–10.

Достоинства метода последовательных уступок: сравнительная простота; учет всех компонентов векторного критерия. Недостатки: необходимость предварительного ранжирования показателей по важности; трудность определения величин уступок; практическая нереализуемость при большом числе показателей.

Главной положительной стороной метода анализа иерархий является его системность, позволяющая в максимальной степени учесть все влияющие на проблему выбора факторы. Недостатком метода анализа иерархий является необходимость получения большого объема информации от экспертов.

Преимущество метода АСФ состоит в том, что данный метод позволяет оценивать эффективность функционирования системы не по какому-то одному выбранному критерию или искусственно созданному коэффициенту, а по всем факторам, влияющим на систему в совокупности. К недостаткам метода относятся его высокая трудоемкость и то, что метод позволяет получить показатель только относительной эффективности объектов, поскольку они оцениваются друг относительно друга.

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.

Для расчета интегрального показателя эффективности ИС при применении метода среднего взвешенного используется математическое выражение в виде средневзвешенной суммы обобщенных показателей эффективности их отдельных сторон (факторов):

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \mathcal{E}_i, \quad (1)$$

где α_i и $\mathcal{E}_i$ – весовые коэффициенты и показатели эффективности обобщенных показателей.

Обобщенные показатели эффективности для большинства факторов определяются путем аддитивной свертки частных показателей K_{ji} , выбранных для каждого фактора:

$$\mathcal{E}_i = \sum_{j=1}^{n_i} \alpha_{ij} \times K_{ij}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_i$ – показатель эффективности i -го фактора; n_i – число показателей i -го фактора; α_{ij} – весовые коэффициенты соответствующих показателей, $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$, $\sum_{j=1}^{n_i} \alpha_{ij} = 1$; K_{ij} – частные показатели эффективности.

Для расчета обобщенного показателя эффективности в части информационной безопасности используется мультипликативная свертка:

$$\mathcal{E}_i = \prod_{j=1}^{n_i} K_{ji}^{\alpha_{ji}}. \quad (3)$$

Применение мультипликативной модели обосновывается тем, что низкая оценка даже по одному показателю в данном случае неприемлема. Аддитивная свертка здесь не подходит, так как частные показатели в данном случае не компенсируют друг друга.

При использовании метода анализа иерархий задача представляется в виде иерархической структуры с несколькими уровнями. Верхний уровень иерархий представляет собой цель исследования. На следующем уровне иерархии расположены компоненты, которые представляют собой составляющие цели. Каждый следующий уровень позволяет декомпонировать элементы предыдущего уровня, предлагая тем самым внутреннее строение каждого компонента предыдущего уровня иерархии. В случае решения проблемы выбора на последнем уровне размещаются непосредственно альтернативы, используемые в процессе выбора. При этом каждая составляющая процесса характеризуется двумя параметрами: важностью и степенью выраженности.

Определение весов вхождения элементов нижней иерархии в предыдущую производится на основании экспертного оценивания методом попарного сравнения. Для такого сравнения предназначена шкала нечетких определений сравнений [17].

Заполнение сравнительных матриц происходит следующим образом: на основании степени сравнения p объектов i и j из допустимых значений в таблицу сравнения помещается: $a_{ij} = p$ и $a_{ji} = 1/p$. При этом $\forall i$ $a_{ii} = 1$.

Заполненные матрицы позволяют рассчитать коэффициенты важности соответствующих элементов иерархического уровня. Для этого нужно вычислить собственные векторы матриц, а затем пронормировать их. Для вычисления собственных векторов извлекается корень n -й степени (n – размерность матрицы) из произведений элементов каждой строки. Далее производится нормирование критериев

$$w_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \quad (4)$$

где w_i – вес критерия; W_i – собственный вектор; N – число критериев.

Синтез полученных коэффициентов важности и определение показателя качества соответствующей альтернативы осуществляется по формуле

$$V_j = \sum_{i=1}^N w_i \times V_{ij}, \quad (5)$$

где V_j – показатель качества j -й альтернативы; w_i – вес i -го критерия; V_{ij} – коэффициент важности j -й альтернативы по i -му критерию.

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.

Весовые коэффициенты определяются экспертным путем с использованием математических методов [15, 18, 19].

- 1) метод ранжирования;
- 2) метод приписывания баллов;
- 3) методы парного сравнения:

- классический;
- на основе фиксированного предпочтения;
- на основе плавающего предпочтения.

Для выбора весовых коэффициентов и отдельных показателей эффективности широко используются методы экспертной оценки.

Экспертные оценки представляют собой точки зрения (мнения, суждения) квалифицированных специалистов в определенных предметных областях – экспертов, сформулированные в виде оценок объекта в содержательной, качественной или количественной форме.

Экспертная оценка включает:

- выбор критериев оценки решений;
- построение групповой обобщенной оценки решений на основе индивидуальных оценок экспертов;
- определение согласованности мнений экспертов.

Качественный и количественный состав экспертной комиссии должен формироваться с учетом широты проблемы, достоверности оценок, затрат ресурсов и компетентности экспертов. К экспертам предъявляются следующие требования: глубокие знания в оцениваемой области; наличие научного интереса к оцениваемым аспектам проблемы; наличие производственного или исследовательского опыта по оцениваемой проблеме.

В частности, в работе [20] предложена следующая формула для определения требуемого числа экспертов:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2 N}{\Delta^2 N + t^2 \sigma^2}, \quad (6)$$

где n – число экспертов; t – нормированное отклонение, соответствующее принятому уровню доверительной вероятности; Δ – предельная ошибка выборки; σ^2 – дисперсия исследуемого признака в генеральной совокупности; N – объем генеральной совокупности.

Описанный выше методический аппарат позволяет провести количественную оценку эффективности ИС на различных стадиях их жизненного цикла. При этом для каждой из стадий жизненного цикла ИС характерны отличия в целях оценки эффективности и в составе выбираемого набора показателей эффективности.

Следует отметить, что известные зарубежные подходы к оценке технологической и производственной готовности разработок, в частности, уровни готовности продукта/технологии по основным составляющим проекта: технологическая готовность (TRL), производственная готовность (MRL) и готовность к выходу на рынок (CRL) содержат только качественную шкалу требований (9 уровней по каждой из составляющих проекта).

Подходы к оценке вклада ИС в эффективность организационных систем

Роль современных ИС заключается в повышении эффективности функционирования соответствующей организационной системы (министерства, ведомства, организации) за счет

улучшения качества и своевременности принятия управленческих решений, повышения уровня доступности информации, сокращения сроков обработки различных документов, расширения внутриведомственного и межведомственного взаимодействия, внедрения систем электронного документооборота и т.д.

При оценке вклада ИС в эффективность организационных систем необходимо учитывать особенности, условия и ограничения, характеризующие соответствующую организационную систему, ее функции, структуру и состав, связи между объектами системы и с взаимодействующими системами, потребности в автоматизации функций, применении современных информационно-аналитических технологий.

При этом целесообразно оценить прирост эффективности организационной системы за счет внедрения новых ИС либо модернизации существующих для различных вариантов реализации ИС.

Оценка вклада ИС в эффективность организационной системы представляет собой процесс, состоящий из нескольких этапов:

- анализ особенностей, целей развития и задач организационной системы;
- обоснование и выбор групп показателей (обобщенных показателей) эффективности ИС, учитывающих различные аспекты деятельности организационной системы и ее особенности;
- определение частных показателей эффективности для каждой из групп;
- разработка методов расчета частных и обобщенных показателей эффективности, а также интегрального показателя эффективности системы;
- оценка влияния ИС на эффективность функционирования организационной системы, изменение целевых показателей системы.

Представляется целесообразным выделить несколько групп показателей, характеризующих различные аспекты функционирования ИС в организационной системе, в частности: показатели рациональности организационной структуры ИС; показатели эффективности функционирования ИС; показатели организационно-технического уровня ИС [21].

Необходимо отметить, что некоторые из указанных показателей могут быть комплексными, то есть включать несколько частных показателей, что увеличивает число уровней иерархии показателей в системе. Например, уровень экономичности структуры управления зависит от удельного веса численности руководителей в общей численности персонала, удельного веса затрат на содержание руководителей, а также соотношения управленческих расходов и объема выпускаемой продукции. Уровень надежности управления характеризуется степенью контроля функций и операций, удельным временем ожидания документа либо решения и уровнем надежности принятых решений.

Возможный вариант с тремя группами показателей эффективности сведен в таблицу 2.

Таблица 2. Показатели, характеризующие влияние ИС на эффективность организационной системы

Обобщенные показатели	Частные показатели
Показатели рациональности организационной структуры ИС	- Соответствие числа и организационной структуры ИС задачам организационной системы и перспективам ее развития.
	- Соответствие численности обслуживающего персонала объему задач системы.
	- Уровень использования современных инфокоммуникационных технологий в ИС.
	- Полнота обеспечения ИС требуемой информацией.
	- Стоимостные показатели действующих и внедряемых ИС.
	- Экономичность структуры управления
Показатели эффективности функционирования ИС	- Уровень автоматизации функций (процессов) организационной системы.
	- Уровень реализации задач (услуг, проектов) организационной системы с помощью ИС.
	- Сокращение времени на принятие управленческих решений.
	- Сокращение времени на сбор, обработку и доступ к информации.
	- Повышение доступности информации.

Обобщенные показатели	Частные показатели
	- Повышение надежности управления. - Сокращение времени представления отчетности и трудозатрат на ее подготовку. - Прямые доходы либо экономический эффект, получаемые при внедрении системы.
Показатели организационно-технического уровня ИС	- Наличие и укомплектованность подразделений эксплуатации ИС. - Уровень организации рабочих мест. - Уровень профессиональной подготовки персонала. - Уровень готовности сотрудников организации к внедрению и применению новых технологий. - Способность сотрудников к обучению

Представляется, что предлагаемый набор показателей достаточно универсален. Естественно, что для каждой конкретной организационной системы этот набор показателей должен уточняться с учетом специфики ее построения и функционирования.

В качестве источников информации для расчета показателей могут использоваться: принятая структура организационной системы; положение о соответствующей организационной системе; штатное расписание; нормативы и стандарты, принятые в системе; различные виды отчетности; показатели деятельности за соответствующие периоды и т. п.

В качестве методического аппарата для оценки вклада ИС в эффективность организационных систем могут быть использованы описанные выше методы среднего взвешенного и анализа иерархий.

Заключение

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

Сопоставление показателей эффективности 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 ИС, представлены предложения по перечням показателей эффективности и качества для конкретных систем. Представлены особенности различных методов оценки эффективности ИС, отмечены методы, наиболее пригодные для практических целей. Предложены подходы к оценке вклада ИС в эффективность соответствующих организационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Автоматизированные системы. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2005. 14 с.
2. Надежность и эффективность в технике: справочник. В 10 томах. / Т.3. Эффективность технических систем. / Под ред. В.Ф. Уткина. – М.: Машиностроение, 1988.– 328 с.
3. Соломонов Ю. С., Шахтарин Ф. К. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность.– М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.
4. ГОСТ 24.702-85. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2003. 6 с.
5. Кузовкова Т.А., Володина Е.Е. Кухаренко Е.Г. Экономика отрасли инфокоммуникаций. Учебное пособие для вузов. – М. Горячая линия – Телеком, 2014.- 190 с.
6. Кузовкова Т.А., Шаравова О.И. Принципы взаимоувязанного управления развитием инфокоммуникаций и цифровой экономики на основе измерения синергии эффективности. – М. Горячая линия – Телеком, 2021.- 170 с.
7. А. А. Зацаринный, Ю. С. Ионенков. Некоторые методические аспекты выбора показателей эффективности информационных систем// Системы высокой доступности. М.: Радиотехника, 2019, № 4. с. 19-26.

8. 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.
9. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С., Сучков А.П. Некоторые аспекты оценки эффективности облачных технологий // Системы и средства информатики, 2018. Том 28, № 3. с.104-117.
10. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. К вопросу оценки эффективности автоматизированных систем с использованием метода анализа иерархий // Системы и средства информатики, 2015. Том 25, № 3. с. 162–179.
11. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С., Шабанов А.П. К вопросу о сравнительной оценке эффективности ситуационных центров // Системы и средства информатики, 2013. Том 23, № 2. с. 155–171.
12. Окунев Ю. Б., Плотников В. Г. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи. – М.: Связь, 1976. -183 с.
13. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 256 с.
14. Подиновский В.В., Гаврилов В. М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. М., «Сов. радио», 1975.- 192 с.
15. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. - 278 с.
16. Charnes, A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units// European Journal of Operational Research.-1978. - Vol.2. – P. 429-444.
17. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. – М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
18. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. М.: Знание, 1985. -32 с.
19. Ларичев О.И., Теория и методы принятия решений. М.: Университетская книга, Логос, 2006.- 392 с.
20. Кузовкова Т.А., Салютин Т.Ю., Шаравова О.И. Статистика инфокоммуникаций. Учебник для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2019. – 548 с.
21. А.А. Зацаринный, Ю.С. Ионенков. Методический подход к оценке вклада информационных систем в эффективность организационных систем// Системы и средства информатики, 2020. Том 30, № 2. с.137-145.