

Асоян Мария Вачагановна, студент бакалавриата

Самарский государственный социально – педагогический университет

(г. Самара)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье разработана математическая модель выбора корпоративной информационной системы. Модель сочетает метод анализа иерархий, нормирование показателей и аддитивную свертку. На расчетном примере выполнены ранжирование альтернатив, сценарный анализ и определение порогового значения приоритета стоимости, при котором изменяется итоговый выбор.

Ключевые слова: *цифровое предприятие, информационная система, многокритериальный выбор, метод анализа иерархий, математическая модель.*

Цифровая трансформация предприятия требует обоснованного выбора информационной системы. Альтернативы различаются функциональностью, стоимостью владения, интеграционными возможностями, надежностью и масштабируемостью. Эти показатели имеют разную размерность и могут противоречить друг другу, поэтому решение по одному критерию является недостаточным. Формализовать выбор позволяют методы многокритериального анализа [1, 2].

Пусть $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ — множество альтернатив, $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ — множество критериев, а x_{ij} — оценка j -й альтернативы по i -му критерию. Для сопоставимости исходные данные нормируются:

$r_{ij} = x_{ij} / \max_j x_{ij}$ — для критериев максимизации; $r_{ij} = \min_j x_{ij} / x_{ij}$ — для критериев минимизации.

Веса критериев определяются методом анализа иерархий. Эксперт формирует обратно-симметричную матрицу парных сравнений $A = (a_{kl})$, где a_{kl}

$= 1/a_{lk}$. Вектор приоритетов рассчитывается через нормированные средние геометрические строк [1]:

$$w_k = (\prod_{l=1}^m a_{kl})^{1/m} / \sum_{p=1}^m (\prod_{l=1}^m a_{pl})^{1/m}, \quad \sum_{k=1}^m w_k = 1.$$

Суждения принимаются согласованными при $CR \leq 0,10$ [1]. Интегральная оценка j-й системы представляет собой взвешенную сумму нормированных значений:

$$S_j = \sum_{i=1}^m w_i r_{ij}.$$

В расчетном примере сравниваются три системы. Критерии сформированы с учетом задач цифрового предприятия и модели качества ISO/IEC 25010:2023 [3]. Получены веса: функциональная полнота — 0,31; стоимость владения — 0,18; интеграция — 0,22; надежность и безопасность — 0,17; масштабируемость — 0,12. Результаты приведены в таблице 1.

При построении исходной матрицы важно разделять количественные и качественные показатели. Стоимость владения может задаваться в денежных единицах за выбранный период, надежность — через коэффициент доступности, а функциональная полнота, интеграция и масштабируемость — через экспертные оценки по единой шкале. До нормирования необходимо проверить полноту данных и исключить дублирование критериев, поскольку взаимозависимые показатели способны искусственно увеличить вклад одного свойства системы.

Таблица 1

Нормированные оценки альтернатив и веса критериев

Критерий	Вес	Система А	Система В	Система С
Функциональная полнота	0,31	0,92	0,78	0,84
Стоимость владения	0,18	0,55	0,85	0,65
Интеграционные возможности	0,22	0,80	0,74	0,91
Надежность и безопасность	0,17	0,88	0,82	0,79
Масштабируемость	0,12	0,76	0,70	0,89
Интегральная оценка S_j	—	0,801	0,781	0,819

Расчет показывает, что максимальное значение $S = 0,819$ получает система С. Ее преимущество обусловлено высокими оценками

интеграционных возможностей и масштабируемости, которые компенсируют менее высокий показатель стоимости владения. Система А занимает второе место с оценкой 0,801, а система В — третье место с оценкой 0,781. Рейтинг представлен на рис. 1.

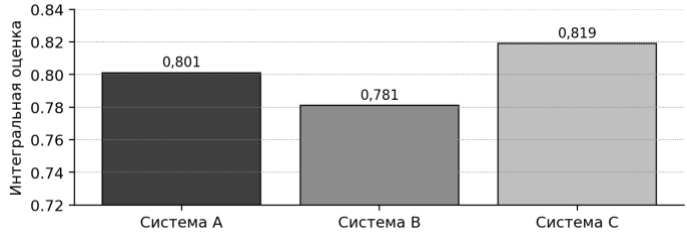


Рис. 1. Интегральные оценки информационных систем

Анализ чувствительности показывает зависимость результата от управленческих приоритетов. В базовом сценарии система С опережает систему А лишь на 0,018 балла, поэтому небольшое изменение весов способно изменить порядок альтернатив. При увеличении веса стоимости с 0,18 до 0,35 остальные веса пропорционально уменьшаются; оценки становятся равными 0,749 для А, 0,795 для В и 0,784 для С. Лидером становится система В, имеющая наилучшую оценку стоимости владения.

Для проверки устойчивости решения рассмотрены три сценария. В базовом сценарии используются исходные веса, в затратном вес стоимости увеличивается до 0,35, а в сценарии масштабирования веса интеграции и масштабируемости составляют 0,30 и 0,20. Итоги расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты сценарного анализа

Сценарий	Приоритет	Система А	Система В	Система С
Базовый	Баланс	0,801	0,781	0,819
Затратный	Стоимость	0,749	0,795	0,784
Рост	Интеграция	0,809	0,765	0,844

Сценарный расчет показывает, что система С сохраняет первое место при ориентации на развитие: ее интегральная оценка возрастает до 0,844. Одновременно система В оказывается чувствительной к увеличению роли стоимости и становится лидером только в затратном сценарии. Следовательно,

универсально лучшей альтернативы нет: итоговый выбор определяется стратегией предприятия и допустимым соотношением текущих расходов и будущих цифровых возможностей.

Пороговый анализ показывает, что при пропорциональном сокращении остальных весов оценки систем В и С сравниваются при весе стоимости около 0,31. При меньшем значении предпочтительнее система С, при большем — система В. Следовательно, доля стоимости в совокупной значимости критериев является ключевой границей смены решения.

Модель обеспечивает сопоставимость разнородных показателей, учет экспертных приоритетов и сценарную проверку решения. Она может быть реализована в электронной таблице или модуле поддержки принятия решений и дополнена оценками рисков и бюджетными ограничениями. Подход не только формирует рейтинг, но и выявляет условия смены лидера, повышая прозрачность управления информационными системами цифрового предприятия.

Литература:

1. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process // International Journal of Services Sciences. — 2008. — Vol. 1, No. 1. — P. 83–98. — DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
2. Keeney R. L., Raiffa H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs. — Cambridge : Cambridge University Press, 1993. — 588 p.
3. ISO/IEC 25010:2023. Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model. — Geneva : International Organization for Standardization, 2023.