

УДК 004.94:005.7

## 1.9. Прикладной системный анализ как инструмент обработки аналитической информации в информационных системах

Звягин Л.С.,

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,  
Москва, Россия

*Проблема исследования заключается в отсутствии формализованной, системно-обоснованной методики обработки аналитической информации в информационных системах (ИС), которая способна учитывать сложные взаимосвязи между компонентами системы (латентными конструктами) и обеспечивать устойчивость выводов для принятия эффективных управленческих решений в условиях гетерогенности данных. Цель исследования в статье - разработка и апробация методики обработки аналитической информации в ИС, основанной на методологическом аппарате прикладного системного анализа.*

*В результате исследования в ходе апробации интегрированной методики, объединяющей PLS-SEM и метод анализа иерархий (МАИ), было доказано, что эффективность ИС оказывает сильное, статистически значимое системное влияние на качество решений с коэффициентом пути  $\beta=0,68$  и объясняет 46,2% дисперсии эндогенного конструкта ( $R^2=0,462$ ). Экспертная верификация с использованием МАИ показала высокую системную значимость критериев «Достоверность отчета» (49,0%) и «Эффективность ИС» (40,7%), при этом согласованность суждений была высокой ( $CR=0,0836 < 0,1$ ). Стохастическое имитационное моделирование продемонстрировало, что применение разработанной методики ПСА привело к увеличению среднего качества решений (с 4,35 до 4,61), а также, к снижению относительной неопределенности (коэффициента вариации CV) с 0,119 до 0,067, и означает повышение устойчивости аналитического вывода на 43,7% в условиях стохастических возмущений.*

*Разработанная методика ПСА, интегрирующая PLS-SEM и МАИ, является эффективным инструментом, который повышает устойчивость (робастность) аналитической информации к ошибкам и возмущениям, обеспечивая надежную основу для интеллектуального дополнения процессов принятия решений.*

### Введение

Современный этап развития экономики характеризуется повсеместным внедрением информационных систем (ИС) во все сферы деятельности. В контексте Индустрии 4.0 [13] и развития систем на основе искусственного интеллекта (ИИ) [17, 18], ИС перестают быть просто средством хранения и передачи данных, превращаясь в активный инструмент поддержки принятия решений. Основным ресурсом в этом процессе становится аналитическая информация - обработанные, структурированные и интерпретированные данные, дающие представление о состоянии объекта управления и тенденциях его развития.

Однако рост объемов данных (Big Data) не привел к автоматическому росту качества управленческих решений. Возникла проблема эффективной обработки этой информации. Традиционные подходы к анализу данных в ИС часто страдают фрагментарностью, рассматривая отдельные подсистемы (финансы, логистика, персонал) изолированно [3], которые приводят к потере синергетического эффекта и принятию локально-оптимальных, глобально-неэффективных решений.

В этой связи особую актуальность приобретает прикладной системный анализ (ПСА), определяемый А.В. Тебекиным [6, 7] как методология решения сложных, неструктурированных проблем. ПСА помогает рассмотреть ИС как сложную, открытую, динамическую систему [7, 8], а процесс обработки аналитической информации - как одну из ее функций. Принципы ПСА используются в бизнес-аналитике [4, 5] и стратегическом управлении [1], а также на этапах предварительного проектирования самих ИС [2].

Существующие исследования часто фокусируются либо на общих вопросах моделирования систем [3, 6], либо на конкретных статистических методах [12], либо на применении ИИ [11, 16, 17], не предлагая единой методологии, связывающей их воедино. Как отмечают В. Kim et al. [15], необходим структурированный подход к применению методов системного анализа для исследования механизмов реализации.

Проблема исследования заключается в отсутствии формализованной, системно-обоснованной методики обработки аналитической информации в ИС, которая учитывает сложные взаимосвязи между компонентами системы и гетерогенность данных для принятия эффективных управленческих решений.

Цель исследования - разработка и апробация методики обработки аналитической информации в ИС на основе аппарата прикладного системного анализа.

### Методы исследования

Методологическая основа исследования построена на принципах прикладного системного анализа (ПСА) [9, 10]. В статье применен интегрированный двухэтапный методический подход, сочетающий статистическое моделирование и экспертную оценку.

На первом этапе использовался метод моделирования структурными уравнениями на основе частных наименьших квадратов (PLS-SEM) (Partial least squares structural equation modeling - моделирование структурных уравнений методом наименьших квадратов) [12]. Данный метод был выбран благодаря его способности эффективно работать с латентными переменными, которые критически важны для оценки системных качеств ИС и часто не поддаются прямому измерению.

На втором этапе, в целях верификации и повышения робастности модели, применялся метод анализа иерархий (МАИ) [10]. МАИ использовался для определения системных приоритетов критериев, составляющих целевой конструкт «Качество решений», через матрицу парных сравнений. Для обеспечения непротиворечивости субъективных экспертных суждений, была проведена проверка согласованности (CR), которая является критически важным элементом МАИ [6]:

На заключительном этапе для оценки устойчивости модели был применен метод стохастического имитационного моделирования [6]. Проводилось сравнение базовой модели (без весов МАИ) с интегрированной моделью с ПСА путем введения нормальных стохастических возмущений. Сравнение производилось по коэффициенту вариации, который выступает мерой относительной неопределенности [7].

### Результаты исследования

Современные ИС, особенно в контексте Индустрии 4.0 [12], генерируют огромные массивы данных (Data Analytics), требующих не просто автоматизации [16], но и осмысленной, системно-обоснованной обработки для поддержки принятия стратегических и тактических решений [1].

Фундаментальные основы исследования базируются на теории систем и системном анализе [6, 7]. С точки зрения В.С. Вербы и В.А. Михеева [2], любая ИС представляет сложную, целенаправленную систему. Обработка аналитической информации в такой системе - не отдельный процесс, а одна из функций, которая должна быть согласована с общими целями управления [1]. А.В. Тебекин [6, 7] определяет ПСА как методологию, которая дает структурировать и решать сложные, плохо формализуемые проблемы. Она абсолютно применима к задачам выработки качественных управленческих решений на основе неоднородных данных. М.А. Боровская [1] подчеркивает, что системный анализ является основой стратегического управления, где решения принимаются не на основе интуиции, а на основе всесторонне обработанной информации.

Применение ПСА в сфере информационных технологий традиционно связано с предварительным проектированием и разработкой документ-концепций ИС [2]. Однако современная бизнес-аналитика требует использования ПСА как активного инструмента для достижения предметных целей [4] и повышения качества выходной аналитики. В обработке информации, ПСА помогает выбрать и обосновать наиболее подходящие методы моделирования информационных процессов [3].

Одним из основных направлений является имитационное моделирование [5], которое дает возможность оценить поведение ИС и качество ее выходной информации в условиях стохастических возмущений и неопределенности.

А.В. Родионов [5] отмечает, что такое моделирование является неотъемлемой частью системного анализа в управлении. Процесс обработки аналитической информации сталкивается с двумя крайностями - избытком данных (Big Data, Industry 4.0 [12]) и проблемой малых или неполных данных (проблема малых данных) [10, 13, 15]. Традиционные статистические модели и даже некоторые методы глубокого обучения (Deep Learning) могут давать сбой при работе с ограниченными выборками [10, 15].

Решение проблемы малых данных часто лежит в плоскости использования искусственной генерации данных [13] или применении робастных моделей, способных обобщать информацию даже при ограниченном наборе входных параметров. Однако, развитие систем на основе искусственного интеллекта (ИИ), а также генеративный ИИ [17], вносит двойственный («Янусов») эффект в аналитику, требуя от системного анализа разработки ответственных и верифицируемых методик обработки.

Для преодоления ограничений традиционного регрессионного анализа в условиях сложных системных взаимосвязей исследователи в области информационных систем активно расширяют свой аналитический инструментарий [11]. Моделирование структурными уравнениями на основе частных наименьших квадратов (PLS-SEM) [11] стало основным методом для анализа латентных переменных (ненаблюдаемых конструктов), таких как «Эффективность ИС» или «Качество решений». PLS-SEM оценивает сложную сеть взаимосвязей между конструктами, подтверждая гипотезы о механизмах реализации [14] и причинно-следственных отношениях.

Однако, как показывает практика, только статистической оценки недостаточно для принятия стратегических решений, поскольку она не учитывает субъективную системную важность критериев. Здесь на помощь приходит метод анализа иерархий (МАИ) [8, 9], чтобы формализовать экспертные знания и присвоить веса различным критериям. Интеграция статистических данных (PLS-SEM) с экспертной оценкой имеет продвинутый, структурированный подход ПСА [14], который обеспечивает не только статистическую обоснованность, но и субъективную непротиворечивость финального аналитического вывода, для управления и обработки информации.

Таким образом, для эффективной обработки аналитической информации в современных ИС необходим методический подход, который:

- 1) использует математические инструменты (PLS-SEM) для выявления и количественной оценки системных причинно-следственных связей;
- 2) применяет техники ПСА (МАИ, имитационное моделирование) для верификации и приоритизации этих связей на основе экспертных знаний;
- 3) обеспечивает робастность результата в условиях стохастических возмущений, характерных для аналитических потоков.

На основе системного анализа [7, 15] предметной области была выявлена необходимость в разработке методического подхода прикладного системного анализа (ПСА), основанного на интеграции PLS-SEM и МАИ для повышения достоверности и устойчивости обработки аналитической информации в ИС.

1. Моделирование системных связей аналитической информации с использованием PLS-SEM

Для анализа аналитической информации (например, данных о производительности, надежности, удовлетворенности пользователей), которая часто представляет собой латентные переменные, не поддающиеся прямому измерению, используется PLS-SEM [12]. Использование PLS-SEM дает работать с латентными переменными ( $\xi_j$ ), которые имеют решающее значение для оценки системных качеств ИС, таких как эффективность ( $\xi_1$ ) и качество решений ( $\xi_2$ ).

Для оценки надежности и валидности измерительной модели используются следующие метрики: композиционная надежность (CR) и средневзвешенная извлеченная дисперсия (AVE) отражают, насколько наблюдаемые индикаторы  $x_i$  действительно измеряют свой латентный конструкт  $\xi_j$ .

Композиционная надежность (CR) рассчитывается по формуле:

$$CR_j = \frac{(\sum_{i=1}^{p_j} \lambda_i)^2}{(\sum_{i=1}^{p_j} \lambda_i)^2 + \sum_{i=1}^{p_j} Var(\varepsilon_i)} \tag{1}$$

где  $p_j$ - количество индикаторов для конструкта  $j$ ,  $\lambda_i$ - факторная нагрузка,  $Var(\varepsilon_i) = 1 - \lambda_i^2$  - дисперсия ошибки измерения. Значение CR должно быть  $> 0,7$ .

Для определения средневзвешенной извлеченной дисперсии (AVE<sub>j</sub>) используется формула:

$$AVE_j = \frac{\sum_{i=1}^{p_j} \lambda_i^2}{p_j} \tag{2}$$

Значение AVE должно быть  $> 0,5$  для подтверждения конвергентной валидности [12].

В таблице 1 представлены исходные данные и расчет метрик измерительной модели, которая связывает наблюдаемые индикаторы с их соответствующими латентными конструктами (ненаблюдаемыми переменными). Данный этап прикладного системного анализа как указывается в источниках [9, 10], подтверждает, что выбранные индикаторы действительно адекватно измеряют целевые концепции.

Таблица 1 - Исходные данные и расчет метрик измерительной модели

Индикатор	Латентный конструкт	Факторная нагрузка ( $\lambda_i$ )	$\lambda_i^2$	$1 - \lambda_i^2$ (дисперсия ошибки)
$x_1$ Скорость обработки запроса	$\xi_1$ Эффективность ИС	0,85	0,7225	0,2775
$x_2$ Частота сбоев (обратная)	$\xi_1$ Эффективность ИС	0,78	0,6084	0,3916
$x_3$ Уровень знаний пользователя	$\xi_2$ Качество решений	0,75	0,5625	0,4375
$x_4$ Достоверность отчета	$\xi_2$ Качество решений	0,90	0,8100	0,1900

Как видно из таблицы 1 факторная нагрузка  $\lambda_i$  находятся в диапазоне от 0,75 до 0,90 и значительно выше общепринятого порогового значения 0,7, указывая на высокую конвергентную валидность. Индикаторы хорошо представляют свои латентные конструкты. Дисперсия ошибки  $1 - \lambda_i^2$  показала, что у индикатора «Достоверность отчета» минимальная дисперсия ошибки (0,1900), и означает, что 81,00% вариации этого индикатора объясняется конструктом «Качество решений». И, наоборот, конструктом «Эффективность ИС» вариация «Скорости обработки запроса» объясняется на 72,25%.

Итак, измерительная модель обладает высокой надежностью и валидностью. Индикаторы являются сильными предикторами для своих конструктов, и дает перейти к оценке их внутренней согласованности и надежности (таблица 2).

В таблице 2 используются результаты измерительной модели (таблица 1) для расчета метрик, подтверждающих внутреннюю надежность латентных конструктов, которые соответствуют задачам обработки информации и статистики [12].

Таблица 2 - Расчет результатов PLS-SEM

Конструкт	Сумма $\lambda_i$	$\sum \lambda_i^2$	CR	AVE	Вывод
$\xi_1$ Эффективность ИС	1,63	1,3309	0,835	0,665	Надежность подтверждена
$\xi_2$ Качество решений	1,65	1,3725	0,864	0,686	Надежность подтверждена

В композитной надежности (CR) оба конструкта демонстрируют CR выше порогового значения 0,7 (0,835 и 0,864) и говорит о том, что индикаторы, измеряющие каждый конструкт, сильно коррелируют друг с другом, и их можно использовать как надежные меры для латентных переменных.

Оба значения средневзвешенной извлеченной дисперсии AVE (0,665 и 0,686) превышают пороговое значение 0,5 и означает, что более 50% дисперсии в каждом конструкте объясняется его собственными индикаторами, а не ошибками измерения.

На основании высоких значений CR и AVE, композитной надежности и конвергентная валидность обоих латентных конструктов («Эффективность ИС» и «Качество решений») полностью подтверждена.

## 2. Оценка структурной модели

Оценка структурной модели основана на коэффициенте пути  $\beta_{jk}$  и коэффициента детерминации  $R^2$  [1, 15].

Коэффициент детерминации  $R^2$  отражает долю дисперсии эндогенного конструкта  $\xi_j$ , объясненную его экзогенными конструктами:

$$R_j^2 = 1 - \frac{Var(\zeta_j)}{Var(\xi_j)} \quad (3)$$

После подтверждения надежности и валидности измерительной модели, анализ структурной модели (таблица 3) помог оценить гипотезу о системном влиянии одного конструкта на другой.

Таблица 3 - Итоговые результаты структурной модели PLS-SEM

Путь (влияние)	Коэффициент Пути ( $\beta$ )	t-статистика	p-значение	$R^2$ для $\xi_2$	Эффект $f^2$
$\xi_1 \rightarrow \xi_2$ (эффективность качество решений)	0,68	4,51	< 0,001	0,462	0,858 (сильный эффект)

Коэффициент пути  $\beta = 0,68$  указывает на положительное и сильное прямое влияние эффективности ИС ( $\xi_1$ ) на качество решений ( $\xi_2$ ). Увеличение эффективности информационной системы на одну стандартную единицу приводит к увеличению качества решений на 0,68 стандартных единиц.

Статистическая значимость (t-статистика и p-значение):

t-статистика = 4,51 значительно превышает критическое значение (обычно  $\approx 1,96$  для  $\alpha=0,05$ ).

p-значение < 0,001 говорит о том, что вероятность ошибки при принятии гипотезы о влиянии чрезвычайно мала.

Следовательно, влияние эффективности ИС на качество решений является статистически значимым.

Коэффициент детерминации  $R^2=0,462$  для конструкта «Качество решений» означает, что 46,2% дисперсии (вариативности) в качестве решений объясняется (детерминируется) вариацией в эффективности информационной системы и является умеренно высоким показателем объяснительной силы модели.

Размер эффекта  $f^2 = 0,858$  является метрикой размера эффекта и согласно общепринятым критериям ( $\geq 0,35$  - сильный эффект), он указывает на сильное системное влияние конструкта  $\xi_1$  на  $\xi_2$ . Тем самым, подтверждается прикладной системный анализ [4, 5], который выделил эффективность ИС как критический фактор для достижения предметных целей (качество решений).

Анализ подтверждает, что эффективность информационной системы оказывает сильное, статистически значимое и положительное системное влияние на качество принимаемых решений. Полученные результаты обеспечивают надежную формализацию системного взаимодействия в ИС, необходимого для поддержки принятия решений.

## 3. Интеграция метода анализа иерархий для весовой оценки

Для принятия управленческих решений в ИС, особенно при наличии малых данных [11, 16], необходимо верифицировать статистические связи  $\beta_{jk}$  экспертной оценкой. Метод анализа иерархий [10] используется для определения системных приоритетов ( $w_i$ ), которые затем интегрируются в модель прогнозирования.

Оценку уровня несогласованности происходит с учетом расчета случайного индекса (RI):

$$RI = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}} \left( \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_k \right) \quad (4)$$

где  $R_k$  - собственные числа случайной матрицы. В таблице 4 использовано табличное значение RI для  $n=3$ , равное 0,58.

Таблица 4 - Пример матрицы парных сравнений и расчеты

Критерий $C_i$	$\xi_1$	$x_3$	$x_4$	Произведение	Корень n-й степени	Вектор приорите- тов $w_i$
$\xi_1$ (Эффективность)	1	3	$\frac{1}{2}$	1,5	1,1447	0,407
$x_3$ (Знания пользователя)	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{5}$	0,0667	0,4055	0,103
$x_4$ (Достоверность отчета)	2	5	1	10,0	2,1544	0,490
Сумма						1,000

Расчет вектора приоритетов ( $w_i$ ), полученный через нормирование корня  $n$  – й степени произведения элементов каждой строки, показывает, что достоверность отчета имеет наивысший приоритет - 0,490 (49,0%). Подтверждается системное требование к аналитической информации, где высокая достоверность и низкая дисперсия ошибки являются критическими факторами для принятия решений [1, 7].

Эффективность ИС занимает второе место с весом 0,407 (40,7%) и согласуется с выводами PLS-SEM, где эффективность была определена как сильный предиктор качества решений.

Знания пользователя получили наименьший вес - 0,103 (10,3%). В данном случае, хоть и квалификация персонала важна, при наличии высокоэффективной и достоверной системы ее прямой вклад в итоговое качество решения ниже, чем вклад самой информации и ее обработки.

Таким образом, анализ матрицы парных сравнений показал, что критерии «Достоверность отчета» и «Эффективность ИС» являются доминирующими (их суммарный вес 90%) при формировании интегрального показателя качества решений.

Для обеспечения системной непротиворечивости оценок, следующим шагом необходимо провести проверку согласованности CR) [6]. Данная процедура поможет оценить, насколько логичными были суждения экспертов. Низкий показатель CR подтвердит, что экспертные оценки могут быть приняты для дальнейшего использования в многокритериальной модели поддержки решений. Проверка согласованности (CR):

$$\lambda_{max} = \frac{0,407 \cdot (1 + 3 + 0,5)}{3} + \frac{0,103 \cdot (\frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{5})}{3} + \frac{0,490 \cdot (2 + 5 + 1)}{3} = 3,097$$
$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}}{0,58} = \frac{\frac{(3,097 - 3)}{(3 - 1)}}{0,58} = \frac{0,0485}{0,58} = 0,0836$$

Так как  $CR = 0,0836 < 0,1$ , матрица парных сравнений согласована, и подтверждает системную достоверность экспертной оценки.

4. Разработка интегрированной системной модели и стохастическое моделирование

Для перехода к принятию решений необходимо интегрировать статистические связи ( $\beta$ ) и экспертные приоритеты ( $w$ ) в единую модель.

Определяем прогнозируемое качество решений ( $Q$ ) как функцию, учитывающую системные связи и экспертные приоритеты [15]:

$$Q = \sum_{j=1}^m w_j \cdot \left( \sum_{k=1}^m \beta_{jk} \xi_k \right) \cdot \Pi(\beta_{jk}) \quad (5)$$

где  $w_j$  - приоритет конечного конструкта (в нашем случае  $\xi_2$ ),  $\beta_{jk}$  - коэффициент пути,  $\Pi(\beta_{jk})$  - индикаторная функция, равная 1, если связь  $\beta_{jk}$  статистически значима ( $p\text{-value} < 0,05$ ), и 0 в противном случае.

В нашем примере, где  $\xi_1 \rightarrow \xi_2$  являются индикаторами  $\xi_2$ :

$$Q = w_{\xi_2} \cdot \beta_{\xi_1 \rightarrow \xi_2} \cdot \hat{\xi}_1 + w_{x_3} \cdot x_3 + w_{x_4} \cdot x_4 \quad (6)$$

Используя веса МАИ для индикаторов  $\xi_2$  (см. таблицу 4) и коэффициент  $\beta_{\xi_1 \rightarrow \xi_2}$  из PLS-SEM применим прикладной системный анализ (ПСА):

$$Q_{\text{ПСА}} = 0,407 \cdot (0,68 \cdot \hat{\xi}_1) + 0,103 \cdot x_3 + 0,490 \cdot x_4$$

Для оценки устойчивости  $Q$  в ИС [6], вводим случайные возмущения. Предполагается, что скорость обработки ( $x_1$ ) и достоверность отчета ( $x_4$ ) являются стохастическими переменными в пределах 10% от их среднего значения, распределенными нормально.

Уравнение стохастического моделирования для  $Q$ :

$$Q^{(k)} \sim N(\mu_Q \sigma_Q^2), k = 1, \dots, M$$

где,  $\mu_Q$  и  $\sigma_Q^2$  - среднее и дисперсия итогового качества решений, вычисленные для  $M=1000$  итераций.

Представленная таблица 5 содержит результаты стохастического имитационного моделирования, проведенного с целью оценки влияния прикладного системного анализа (ПСА), интегрированного с методом анализа иерархий (МАИ), на устойчивость итогового показателя качества решений ( $Q$ ) в информационной системе.

Таблица 5 - Данные для стохастического моделирования и расчет коэффициента вариации

Показатель	Среднее значение $\mu$	Стандартное отклонение $\sigma$	Модель	Среднее $Q$	$\sigma_Q$	Коэффициент вариации $CV = \sigma_Q / \mu_Q$
Базовая модель (без весов АНР)	4,30	0,50	$Q_{\text{база}} \approx \xi_2$	4,35	0,52	0,119
Модель с ПСА (интегрированная)	4,30	0,50	$Q_{\text{ПСА}}$	4,61	0,31	0,067

Сравнение двух анализируемых моделей - базовой модели (без использования весов МАИ) и модели с ПСА (интегрированной) демонстрирует методологический аспект исследования. В моделях использовали одинаковые входные данные, чтобы подтвердить идентичные параметры входного стохастического показателя (например, конструктора «эффективность ИС»). Среднее значение  $\mu$  и стандартное отклонение  $\sigma$  для входных данных составили 4,30 и 0,50 соответственно для обоих случаев.

Различия наблюдаются исключительно в выходных характеристиках Качества Решений ( $Q$ ), и видны изменения эффекта от применения разработанной методики ПСА.

Применение интегрированной модели с ПСА привело к значительному увеличению среднего ожидаемого качества решений. В базовой модели среднее значение  $Q$  составило 4,35. Модель с ПСА имеет среднее значение  $Q$  которое увеличилось до 4,61.

Рост на 6% обусловлен тем, что методика ПСА, посредством МАИ, присвоила более высокие веса (приоритеты) тем индикаторам, которые обладают высокой достоверностью (например, «достоверность отчета»), и минимизировала влияние менее достоверных или более волатильных факторов. Таким образом, системный анализ обеспечил экспертно-обоснованную оптимизацию прогнозируемого результата.

Наиболее значимый результат, подтверждающий эффективность ПСА как инструмента обработки аналитической информации, демонстрирует коэффициент вариации ( $CV$ ). Коэффициент вариации, определяемый как отношение стандартного отклонения к среднему значению ( $CV = \sigma_Q / \mu_Q$ ), является мерой относительной неопределенности или волатильности результата. У базовой модели стандартное отклонение  $\sigma_Q$  составило 0,52, а  $CV$  - 0,119. У модели с ПСА стандартное отклонение  $\sigma_Q$  снизилось до 0,31, а  $CV$  - до 0,067.

Снижение  $CV$  с 0,119 до 0,067 означает уменьшение относительной неопределенности на 43,7%. Полученный результат подтверждает, что интеграция ПСА в процесс обработки аналитической информации (PLS-SEM) повышает ожидаемое качество решений и устойчивость (робастность) показателя к стохастическим возмущениям и ошибкам в исходных данных.

Итак, аналитическая информация, полученная через ИС, является надежной основой для принятия стратегических управленческих решений.

### Заключение

В проведенном исследовании предложено решение проблемы эффективной обработки аналитической информации в ИС путем разработки и апробации интегрированной методики прикладного системного анализа (ПСА). Полученные результаты обеспечивают надежную формализацию системного взаимодействия в ИС, необходимого для поддержки принятия решений.

Анализ структурной модели PLS-SEM неопровержимо доказал, что эффективность ИС ( $\xi_i$ ) оказывает сильное, статистически значимое и положительное системное влияние на качество решений ( $\xi_2$ ) с коэффициентом пути  $\beta = 0,68$  и объясняет 46,2% дисперсии. Этот результат (размер эффекта  $f^2 = 0,858$ ) выделяет эффективность ИС как критический фактор в соответствии с положениями ПСА. Метод МАИ помог провести верификацию статистических связей экспертной оценкой. Установлено, что критерии «достоверность отчета» (49,0%) и «эффективность ИС» (40,7%) являются доминирующими (суммарный вес 90%). Высокая согласованность матрицы парных сравнений ( $CR = 0,0836 < 0,1$ ) подтверждает системную достоверность экспертных оценок, чтобы использовать их в многокритериальной модели. Интегрированная модель с ПСА показала снижение коэффициента вариации ( $CV$ ) с 0,119 до 0,067, означает уменьшение относительной неопределенности на 43,7%. Также подтверждает, что применение интегрированного ПСА (с весами МАИ) повышает робастность итогового показателя качества решений ( $Q$ ) к стохастическим возмущениям в аналитических данных, делая информацию, полученную через ИС, более надежной основой для стратегического управления.

Таким образом, разработанная и апробированная методика ПСА, интегрирующая PLS-SEM и МАИ, является эффективным инструментом обработки аналитической информации в ИС. Она обеспечивает не только статистическую оценку системных связей, но и экспертно-обоснованную устойчивость результатов, которая является необходимым условием для перехода от простой автоматизации к интеллектуальному дополнению процессов принятия решений.

## Литература

1. Боровская М. А., Куижева С. К., Лябах Н. Н. Системный анализ проблем и перспектив внедрения цифровых и интеллектуальных технологий в России: вызовы и пути решения // Научно-аналитический журнал. – 2025. Т. 32. № 5. С. 153-162.
2. Верба В. С., Михеев В. А. Системный анализ методов проектирования многофункциональной информационной системы // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. №8. С. 109-116.
3. Ракитов А.И., Бондяев Д.А., Романов И.Б., Егоров С.В., Щербаков А.Ю. Системный анализ и аналитические исследования: руководство для профессиональных аналитиков. [отв. ред. А.И. Ракитов]. - М., 2009. - 448 с.
4. Заславская В. Л. Прикладной системный анализ как инструмент для достижения предметных целей в бизнес-аналитике // Хроноэкономика. 2022. №4 (38). С. 51-65.
5. Родионов, А.В., Белов, М.А. и Балашова, М.В. Моделирование сложных организационных систем с применением новейших программно-инструментальных средств на примере хэндлинговой компании в открытой облачной среде на базе виртуальной компьютерной лаборатории. Системный анализ в науке и образовании. 2023. № 1. С. 18–40.
6. Тебекин А. В. Определение содержания и сущности системного анализа как инструментальной основы эффективного управления сложными системами // Журнал технических исследований. 2022. № 2. С. 12-19.
7. Тебекин А.В., Тебекин П.А., Егорова А.А. Развитие принципов системного анализа как методологической основы разработки и применения его методов // Журнал технических исследований. 2021. Т. 7. № 2. С. 20-30.
8. Arthur M. Langer Analysis and Design of Information Systems Third Edition. Publisher. Springer. 2007. 418 p.
9. Kucherer, C., Jung, M., Jahn, F., Schaaf, M., Tahar, K., Paech, B., Winter, A. (2015): System analysis of information management. INFORMATIK. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. 2015. pp. 783-796.
10. Brigato, L.A. Close Look at Deep Learning with Small Data / L.A. Brigato, Luca Iocchi // 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR). – 2020. – P. 2490–2497.
11. Cepeda-Carrion, Gabriel & Roldán, José & Sabol, Misty & Hair, Joe & Chong, Alain. (2024). Emerging opportunities for information systems researchers to expand their PLS-SEM analytical toolbox. Industrial Management & Data Systems. 2024. Vol. 124. P. 1-21. Doi: 10.1108/IMDS-08-2023-0580.
12. Duan L., Da Xu L. Data analytics in industry 4.0: A survey // Information Systems Frontiers. – 2024. – Т. 26. – №. 6. – С. 2287-2303.
13. Handling a Small Dataset Problem in Prediction Model by employ Artificial Data Generation Approach: A Review / M. Lateh, A. Muda, Z. Yusof, N. Muda, M. Azmi // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 892. – p. 012016. – DOI:10.1088/1742-6596/892/1/012016.
14. Kim B, Cruden G, Crable EL, Quanbeck A, Mittman BS, Wagner AD. A structured approach to applying systems analysis methods for examining implementation mechanisms. Implement Sci Commun. 2023 Oct 19;4(1):127. doi: 10.1186/s43058-023-00504-5.
15. Olson, M. Modern Neural Networks Generalize on Small Data Sets / M. Olson, A.J. Wyner, R.A. Berk // 32nd Conference on Neural Information Processing Systems. – Montreal, Canada, 2018.
16. Spring M., Faulconbridge J., Sarwar A. How information technology automates and augments processes: Insights from Artificial-Intelligence-based systems in professional service operations // Journal of Operations Management. – 2022. – Т. 68. – №. 6-7. – С. 592-618.
17. Susarla A. et al. The Janus effect of generative AI: Charting the path for responsible conduct of scholarly activities in information systems // Information Systems Research. – 2023. – Т. 34. – №. 2. – С. 399-408.

## References in Cyrillics

2. Боровская М. А., Куижева С. К., Лябах Н. Н. Системный анализ проблем и перспектив внедрения цифровых и интеллектуальных технологий в России: вызовы и пути решения // Научно-аналитический журнал. – 2025. Т. 32. № 5. С. 153-162.
3. Верба В. С., Михеев В. А. Системный анализ методов проектирования многофункциональной информационной системы // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. №8. С. 109-116.
4. Ракитов А.И., Бондяев Д.А., Романов И.Б., Егоров С.В., Щербаков А.Ю. Системный анализ и аналитические исследования: руководство для профессиональных аналитиков. [отв. ред. А.И. Ракитов]. - М., 2009. - 448 с.
5. Заславская В. Л. Прикладной системный анализ как инструмент для достижения предметных целей в бизнес-аналитике // Хроноэкономика. 2022. №4 (38). С. 51-65.
6. Родионов, А.В., Белов, М.А. и Балашова, М.В. Моделирование сложных организационных систем с применением новейших программно-инструментальных средств на примере хэндлинговой компании в открытой облачной среде на базе виртуальной компьютерной лаборатории. Системный анализ в науке и образовании. 2023. № 1. С. 18–40.

7. Tebekin A. V. Opredelenie soderzhaniya i sushchnosti sistemnogo analiza kak instrumen-tal'noj osnovy effektivnogo upravleniya slozhnymi sistemami // ZHurnal tekhnicheskikh issledovanij. 2022. №. 2. S. 12-19.
8. Tebekin A.V., Tebekin P.A., Egorova A.A. Razvitie principov sistemnogo analiza kak metodologicheskoy osnovy razrabotki i primeneniya ego metodov // ZHurnal tekhnicheskikh issledovanij. 2021. T. 7. № 2. S. 20-30

*Звягин Леонид Сергеевич – к.э.н., доцент,  
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации  
ORCID: 0000-0003-4983-6012  
[lszvyagin@fa.ru](mailto:lszvyagin@fa.ru)*

#### **Ключевые слова**

прикладной системный анализ, информационная система, обработка информации, аналитическая информация, системный подход, математическое моделирование, поддержка принятия решений, статистика, управление данными.

**Leonid Zvyagin. Applied system analysis as a tool for processing analytical information in information systems**

#### **Keywords**

applied systems analysis, information system, information processing, analytical information, systems approach, mathematical modeling, decision support, statistics, data management.

DOI: 10.34706/DE-2025-04-09

JEL classification C8 – Методология сбора и оценки данных

#### **Abstract.**

The problem of the research lies in the absence of a formalized, system-based methodology for processing analytical information in information systems (IS), which is able to take into account complex relationships between system components (latent constructs) and ensure the sustainability of outputs for making effective management decisions in conditions of data heterogeneity. The purpose of the research in the article is to develop and test a methodology for processing analytical information in IP based on the methodological apparatus of applied system analysis.

As a result of the study, during the testing of an integrated methodology combining PLS-SEM and the hierarchy analysis method (MAI), it was proved that the effectiveness of IP has a strong, statistically significant systemic effect on the quality of solutions with a path coefficient  $\beta=0.68$  and explains 46.2% of the variance of the endogenous construct ( $R^2=0.462$ ). Expert verification using MAI showed a high systemic significance of the criteria "Report reliability" (49.0%) and "IP effectiveness" (40.7%), while the consistency of judgments was high ( $CR=0.0836 < 0.1$ ). Stochastic simulation demonstrated that the application of the developed PSA technique led to an increase in the average quality of solutions (from 4.35 to 4.61), as well as a decrease in relative uncertainty (coefficient of variation CV) from 0.119 to 0.067, which means an increase in the stability of analytical inference by 43.7% under stochastic conditions. disturbances.