

ние обоснованного механизма преобразования эвристических экспертных суждений в количественную форму.

С проблемой точности шкалирования связано также понятие согласованности мнений экспертов, оцениваемое, как правило, коэффициентами конкордации на основе коэффициентов ранговой корреляции Кендалла или Спирмена. Однако согласно эконометрической теории положительный результат проверки согласованности таким способом означает ни больше, ни меньше, как отклонение гипотезы о независимости и равномерного распределения мнений экспертов на множестве всех ранжировок [4].

В рамках проекта по повышению результативности деятельности по стандартизации были проведены комплексные исследования процесса экспертного оценивания альтернатив [3]. Результаты позволили сделать ряд выводов, которые были приняты во внимание при создании экспертной системы оценки и управления рисками разработки проектов государственных стандартов.

1. Несогласованность мнений экспертов вызвана двумя основными источниками: групповой вариацией мнений экспертов и персональной вариацией мнений отдельно взятого эксперта.

2. Составляющая суммарной несогласованности мнений вследствие персональной вариации отдельно взятого эксперта для класса задач экспертного оценивания предпочтений объектов в профессиональной сфере является доминирующей и имеет следующие свойства:

- внутренняя несогласованность оценок у каждого эксперта индивидуальна, причем диапазон различий несоизмеримо велик по отношению к различиям в профессионализме в рамках группы экспертов;
- персональная вариация оценок уменьшается с накоплением опыта экспертов, в процессе серии экспериментов, при этом каждый эксперт достигает необходимого уровня совершенства по-разному, то есть размер серии экспериментов сугубо индивидуален;
- эксперты теряют навыки экспертизы спустя достаточно короткий промежуток времени, и степень внутренней несогласованности опять возрастает;
- отсутствуют методы оценки (самооценки)

степени внутренней несогласованности эксперта, а также критерии ее соответствия установленным требованиям, что усугубляет ситуацию сбора и анализа экспертных данных.

3. Существующие подходы, методы, технологии нацелены на повышение точности и достоверности экспертных оценок главным образом за счет снижения групповой вариации мнений экспертов (разногласий в группе). Неявный для существующих методов источник несогласованности экспертных оценок – персональная вариация мнений экспертов – инициирует создание новых подходов к повышению точности и достоверности экспертизы за счет повышения объективности мнений каждого эксперта.

На этапах получения и проверки адекватности функций связи рассматривают два основных подхода к обоснованию функции полезности: эвристический и аксиоматический [3].

Эвристический подход заключается в том, что предлагается функция полезности того или иного вида без обоснования выбора вида функции. Среди наиболее известных эвристических подходов следует выделить два метода, реализующих линейную свертку: линейная квалиметрическая модель и аналитическая иерархическая процедура Саати [5].

Линейная квалиметрическая модель предполагает построение функции полезности как линейную комбинацию значений факторов, при условии, что факторы принимают положительные числовые значения, которые выражают степень проявления полезности [3].

Аналитическая иерархическая процедура Саати рассматривается как эвристический подход, моделирующий интуитивный способ оценки пользователем различных альтернатив. Модель также часто является аддитивной [5].

Методы линейной свёртки относятся к ряду не имеющих строгого обоснования эвристических подходов, которые в случае нелинейности действительной функции связи вносят существенную методическую погрешность и могут приводить к далеко не лучшим окончательным вариантам выбора [4]. Установлено, что в условиях неопределенности нельзя гарантировать пригодность фиксированных функций для конкретного случая. При моделировании такого рода задач самым уязвимым местом как раз яв-

ляется функция полезности, адекватно отражающая предпочтения отдельного эксперта.

Аксиоматический подход к построению функции полезности с позиций точности, обоснованности и достоверности экспертных оценок для решения поставленной задачи более привлекателен. Среди аксиоматических подходов следует отметить подход MAUT, предполагающий формулировку и проверку подробной системы аксиом относительно структуры функции полезности [3, 4]. Установлено, что при моделировании такого рода задач самым уязвимым местом как раз является функция полезности, адекватно отражающая предпочтения эксперта.

Подход, в рамках которого можно моделировать и решать задачу оценки результативности деятельности, исходя из обоснованной модели предпочтений человека и принимаемых им решений, называется объективным. В рамках этого подхода формируются цели и правила оценки проектов. Объективный подход обычно применяется на государственном уровне, а также на уровне крупных корпораций, когда речь идет о типичных, достаточно часто встречающихся рисках, решениях, ситуациях. Его часто применяют в компьютерных системах поддержки принятия решений.

В рамках количественного анализа рисков широкое распространение получила теория ожидаемой полезности Неймана – Моргенштерна [6], применимая для случайных событий. Суть ее состоит в том, что принятие рациональных решений в условиях неопределенности может быть увязано с максимизацией ожидаемой полезности. В рамках теории используется аксиоматический подход, который гарантирует квантификацию предпочтений, что, собственно, и позволяет построить функцию полезности.

Однако теория ожидаемой полезности, являясь базовой современной концепцией принятия решений в условиях неопределенности, часто не выдерживает экспериментальной проверки. Возникают несоответствия результатов экспериментов и теории, которые принято называть парадоксами, например парадокс Алле, парадокс Смита и др. [4].

В теории ожидаемой полезности при задании предпочтений используется понятие лотерей. Под влиянием работ Д. Канемана и А. Тверски их

называют перспективами – наборами возможных исходов и их вероятностей [7]. Поэтому для задач, где фигурируют неденежные ценности, применение теории лотерей выглядит сложным и искусственным приемом.

Тем не менее, в большинстве исследований подход фон Неймана – Моргенштерна выступает как концептуальный. Установлено, что на практике построение корректной функции полезности довольно сложно реализовать. Особенно в случаях, когда система поддержки принятия решений основана на данных экспертных суждений и должна реализовать основные функции эксперта. При его применении особое внимание следует уделять построению и анализу функции полезности, так как реализовать это на практике довольно сложно. Трудности, связанные с решением данной задачи, обусловлены двумя особенностями:

- недостаточным объемом данных;
- наличием взаимозависимости ряда переменных из общего набора x_1, x_2, \dots, x_N факторов.

Недостаточный объем данных может быть восполнен высокой степенью доверия к результатам экспертного оценивания методом альтернатив [3, 4], а также сужением области поиска функции.

Независимо от выбранного подхода модель функции потерь качества для предметной области типа бизнес-процесс в общем виде можно записать:

$$U = f(x_1, x_2 \dots x_m, a_1, a_2 \dots a_n), \quad (1)$$

где U – оцениваемый показатель результативности процесса; x_1, x_2, \dots, x_m – комплексные и элементарные факторы, влияющие на показатель результативности U ; f – функция связи; a_1, a_2, \dots, a_n – параметры функции связи, подлежащие определению.

Практика построения экспертных систем в рамках современных СМК показывает, что мы, как правило, сталкиваемся с нелинейным характером функции связи (1). Для обоснования приемлемого типа функции связи (1) была сформулирована задача минимизации потерь качества экспертной системы. Спланирован и реализован комплекс экспериментов в рамках проекта по созданию экспертной системы для менеджмен-

та рисков процесса разработки стандартов. Цель – оценка адекватности решаемой задаче математических функций различного типа: квалиметрическая модель, регрессионная линейная и нелинейная модели [8].

Результаты анализа и оценки адекватности исследованных моделей приведены на сравнительной диаграмме (рис. 1). Адекватность оценивалась через отношение числа совпадений оценок экспертов с оценками, полученными с помощью соответствующей модели с общим числом оценок. Очевидно, что адекватность модели для целей и задач проектируемой экспертной системы возрастает с повышением уровня функции связи. В большей степени несостоятельны методы квалиметрии – простейшая линейная свертка.

связи f должна быть увязана процедура входного шкалирования, так как не все методы математического анализа приемлемы для данных, представленных шкалой интервалов. При этом особое место независимо от выбранного метода должна занимать процедура статистического обоснования адекватности модели функции связи f . Установлено, что функция, корректно обеспечивающая доверительную взаимосвязь экспертных данных, есть функция распределения случайной величины. Сформулирована гипотеза об эквивалентном преобразовании экспертных оценок $\{x_1, x_2 \dots x_m\}$ в случайные величины $\{u_1, u_2 \dots u_m\}$ со значениями функции желательности $F(u_i)$, заданными на промежутке $[0, 1]$ значениями интегральной функцией равномерного

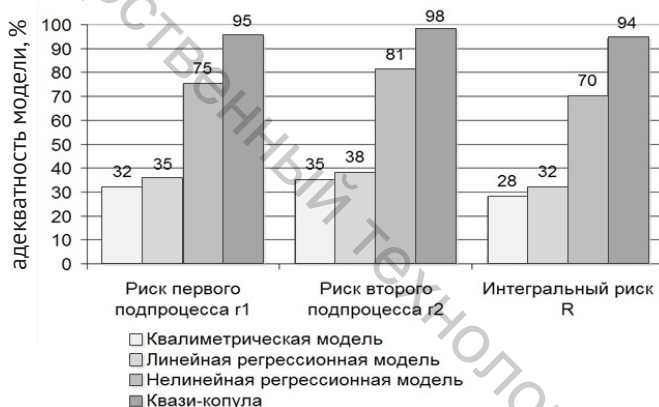


Рисунок 1 – Результаты анализа и проверки адекватности исследованных моделей

В свою очередь повышение уровня модели функции связи (1) экспертной системы вызывает необходимость повышения информативности шкал оценивания как факторов $\{x_1, x_2 \dots x_m\}$, так и показателя качества U , по крайней мере, до уровня шкалы интервалов. Следует иметь в виду, что повышение информативности шкалы фактора вызывает увеличение неопределенности оценки (дисперсии). В соответствии с этим следует разработать процедуру корректного перехода в общем случае от шкалы номиналов через шкалу рангов к шкале интервалов в условиях контролируемого роста неопределенности оценки, используя, например, метод функций желательности.

Очевидно также, что с выбором функции

распределения.

Тогда значение показателя качества U можно представить как интегральную функцию совместного распределения $U = F(u_1, u_2, \dots, u_n) = P(X_1 \leq x_1, X_2 \leq x_2, \dots, X_m \leq x_m)$ с одномерными маргинальными функциями распределения, вид которой определяется конкретной задачей.

В частности, в рамках упоминаемого выше проекта по созданию экспертной системы для менеджмента рисков процесса разработки стандартов предлагаемый подход был реализован в виде многокритериальной функции полезности с использованием квази-копулы полезности [3, 8].

Еще один аспект построения модели функ-

ции связи следует иметь в виду. Как уже отмечалось, особенностью эксперимента, в котором участвуют только экспертные данные, точность экспертной оценки отклика U падает с ростом количества одновременно учитываемых факторов, и при числе факторов $n > (5...7)$ эксперт уже не в состоянии адекватно оценить результат U . Основоположником метода анализа иерархий Саати установлено, что эксперту гораздо легче на каждом шагу сравнивать только два объекта [3]. Организация эксперимента (опроса) в виде попарного сравнения влияющих факторов, получившего название метода парных сравнений, существенно снижает «погрешность» оператора как вклад в суммарную погрешность оценки (1), выдаваемой экспертной системой.

Причем крайне важно для корректного получения и оценки адекватности модели функции связи (1) экспертной системы организовать эксперимент не просто по аналогии с методом парных сравнений, но и формировать каждый вопрос эксперту в соответствии с планом эксперимента таким образом, чтобы каждый раз у сравниваемых векторов $U = F(u_1, u_2, \dots, u_n)$ изменялись значения только по одному фактору x_i .

ВЫВОДЫ

В результате комплексного анализа функционирования экспертных систем в рамках СМК сформулированы источники потерь достоверности оценок, генерируемых системой: на этапе выявления и идентификации факторов x_i ; на этапах оцифровывания факторов X_i ; на этапах получения и проверки адекватности функций связи результативности СМК или отдельных бизнес-процессов с выявленными и идентифицированными факторами. Предложен комплекс подходов, методов и технологий, позволяющих минимизировать неочевидные, но весьма существенные «погрешности» оценивания показателей результативности СМК организации (бизнес-процесса).

Предлагаемая концепция совершенствования экспертных систем доказательна, так как основана на системном подходе, универсальна, так как ориентирована на наименее информативный тип данных (экспертные оценки), имеет большой потенциал для практического применения в организациях любого профиля. Подход апробирован в ходе создания экспертной системы менеджмента процесса разработки государственных стандартов по критерию допустимого риска [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Муратова, Е.А. (2004), *Алгоритм формирования знаний для экспертных систем в слабоструктурированных предметных областях*, Томск, 182 с.
2. Серенков, П.С., Соломахо, В.Л. (2008), Концепция инженерной составляющей систем менеджмента качества как организационно-технической основы их создания и совершенствования, *Методы менеджмента качества*, 2008, № 6, С. 16-21.
3. Серенков, П.С., Романчук, В.М., Гуревич, В.Л. (2011), Модуль экспертной системы оценива-

REFERENCES

1. Muratova, E.A. (2004), *Algoritm formirovaniya znaniy dlya ekspertnyih sistem v slabostruktirovannyih predmetnyih oblastyah* [The algorithm for generating knowledge for expert systems in the semi-domains], Tomsk, 182 p.
2. Serenkov, P.S., Solomaho, V.L. (2008), The concept of engineering component of quality management systems as the organizational and technical basis for their creation and improvement [Kontseptsiya inzhenernoy sostavlyayushey sistem menedzhmenta kachestva kak organizatsionno-tehnicheskoy

ния качества разработки стандарта по критерию допустимого риска, *Приборы и методы измерений*, 2011, № 2, с. 104-111.

4. Серенков, П.С., Романчак, В.М., Гуревич, В.Л., Янушкевич, А.В. (2013), Анализ источников неопределенностей экспертных оценок, используемых в процессе принятия решений в рамках СМК, *Методы менеджмента качества*, 2013, № 5, с. 8-14.
5. Саати, Т. (1989), *Принятие решений. Метод анализа иерархий*, Москва, Радио и связь, 316 с.
6. Нейман, Дж., Моргенштерн, О. (1970), *Теория игр и экономическое поведение*, Москва, Наука, 707 с.
7. Kahneman, D., Tversky, A. (1979), Prospect Theory: An analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, 1979, № 47, pp. 263–291.
8. Серенков, П.С., Гуревич, В.Л., Романчак, В.М., Янушкевич, А.В. (2014), *Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации*, Минск, Новое знание, 256 с.
3. Serenkov, P.S., Romanchak, V.M., Gurevich, V.L. (2011), The module of the expert system evaluating of the standard development quality on acceptable risk criteria [Modul ekspertnoy sistemyi otsenivaniya kachestva razrabotki standarta po kriteriyu dopustimogo riska], *Devices and methods of measurement*, № 2, pp. 104-111.
4. Serenkov, P.S., Romanchak, V.M., Gurevich, V.L., Yanushkevich, A.V. (2013), Analysis of the sources of expert assessments uncertainty used in the decision making process within the QMS [Analiz istochnikov neopredelennostey ekspertnykh otsenok, ispolzuemykh v protsesse prinyatiya resheniy v ramkah SMK], *Methods of Quality Management*, № 5, pp. 8-14.
5. Saati, T. (1989), *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy* [Making decisions. Hierarchies analysis method], Moscow, Radio and Communications, 316 p.
6. Neyman, Dzh., Morgenshtern, O. (1970), *Teoriya igr i ekonomicheskoe povedenie* [Theory of Games and Economic Behavior], Moscow, Science, 707 p.
7. Kahneman, D., Tversky, A. (1979), Prospect Theory: An analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, № 47, pp. 263–291.
8. Serenkov, P.S., Gurevich, V.L., Romanchak, V.M., Yanushkevich, A.V. (2014), *Metodyi menedzhmenta kachestva. Metodologiya upravleniya riskom standartizatsii* [Methods of Quality Management. The methodology of risk management of standardization], Minsk, New knowledge, 256 p.

Статья поступила в редакцию 02. 06. 2015 г.