

УДК 656:004.891

## **ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССАХ: ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

**Верескун В.Д.**

*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,  
Ростов-на-Дону, e-mail: inf-rgups@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию применимости экспертных оценок с учетом многофакторного анализа в решениях задач организации и управления производственными процессами на транспорте. Выполнен анализ экспертного подхода в процессе информационного и математического моделирования исследуемых процессов управления на железнодорожном транспорте. Дано обоснование необходимости математической формализации учета мнений экспертов в условиях неполноты и нечеткости исходной информации в системах поддержки принятия ответственных решений. Приведено соотношение множеств в кортеже, определяющем методы экспертных оценок. Предложена общая схема формирования экспертной группы. Сделан вывод о том, что учет многообразия признаков для формирования экспертной группы является ключевым фактором эффективности решений на уровне принятия решений. Предложено решение, выполненное в виде математической формализации на основе многокритериального выбора.

**Ключевые слова:** управление в технических системах, организация производства на транспорте, экспертные оценки, многофакторный анализ, системы поддержки принятия решений

## **EXPERT EVALUATION IN PRODUCTION AND TRANSPORT PROCESSES: ORGANIZATION, MODELING AND MANAGEMENT**

**Vereskun V.D.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Rostov State Transport University», Rostov-on-Don, e-mail: inf-rgups@yandex.ru*

This article investigates the applicability of expert estimates with regard to multivariate analysis in the solutions of the problems of organization and management of production processes in transport. The analysis of the expert approach in the process of information and mathematical modeling of the studied process management in railway transport. The substantiation of the need of a mathematical formalization of the opinions of experts in the conditions of incompleteness and fuzziness of the initial information in systems of support of making responsible decisions. Shows the relationship of the sets in the tuple that defines the methods of expert estimations. The proposed General scheme for the formation of an expert group. It is concluded that the diversity of signs for the formation of the expert group is a key factor in the effectiveness of decisions at the level of decision-making. The proposed solution, in the form of mathematical formalization based on multi-criteria choice.

**Keywords:** management in technical systems, the organization of production on transport, the expert assessment, multivariate analysis, decision support

В системах принятия решений, широко используемых в различных областях, в том числе в автоматизированных системах управления на транспорте, особое место занимают инструментари, использующие комбинированные количественные и качественные методы анализа и оценки исследуемых в статье процессов. При этом количественные методы используются преимущественно в системах операционного менеджмента, когда известна вся или почти вся информация о внешней и внутренней среде объекта исследования, в то время как методы качественного анализа преимущественно относятся к процессам стратегического уровня, либо к сфере операционного уровня с неформализуемой и количественно неизмеримой информацией. Особое место занимает анализ сложных систем, число элементов и связей между ними измеряется десятками и сот-

нями тысяч, а также объекты и процессы, имеющие большую волатильность внешних и внутренних параметров.

### **Анализ применимости экспертных оценок в производственно-транспортных процессах**

Производственно-транспортные процессы имеют сильные прямые и обратные связи на всех уровнях управления объектами, для которых количественные методы анализа не могут дать адекватные результаты для целей управления. В зависимости от полноты и достоверности информации руководители разных уровней принимают решения, зачастую опираясь на собственную интуицию. Вследствие этого использование экспертных методов в исследованиях производственно-транспортных систем объективно обусловлено.

Сложность и многоаспектность использования экспертных оценок требует рассмотрения: подходов формализации задач, подбора экспертов и процедур формирования их оптимального состава, разработки алгоритма проведения экспертных оценок, выбора методов анализа, отвечающих целям исследования, решения других задач.

Цель методов, связанных с экспертными оценками, заключается в получении аутентичной действительности данных об объекте и процессе с использованием информации, полученной от экспертов. Обобщенный вид проблем, связанных с экспертными оценками, определяется кортежами из множеств  $\langle E, W, S, A \rangle$ , где  $E$  – множество экспертов;  $W$  – предметные области (задачи), требующие использования методов качественного анализа,  $S$  – множество методов анализа экспертной информации,  $A$  – методы и модели исследования социально-экономических и технологических систем, методы моделирования (рис. 1).

Определение множества  $E$  для конкретного производственно-транспортного процесса может представлять самостоятельную задачу, включающую выявление компетенций экспертов в исследуемой предметной области, от постановки ключевых вопросов перед ними, до «отсеивания» тех, которые могут привести к заведомо ложной цели в силу их несостоятельности как экспертов. При этом кортеж, определяющий связь эксперта и предметной области, направлен на количественную оценку состоятельности эксперта в исследуемой области знаний.

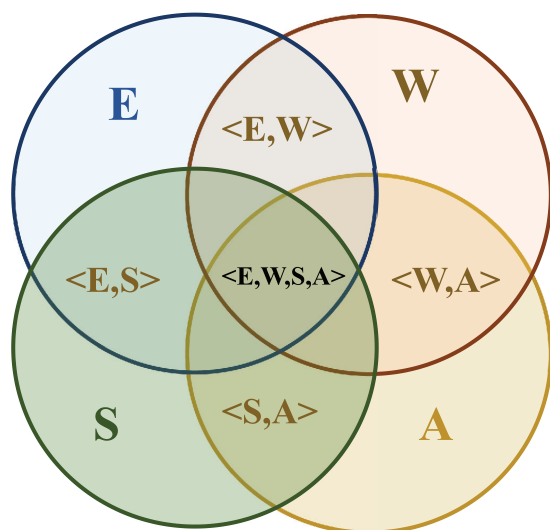


Рис. 1. Отношение множеств в кортеже, определяющем методы экспертных оценок

Например, для решения проблем оценки качества транспортных услуг выделяются представители поставщика транспортных

услуг [1], хотя больший интерес, на наш взгляд, должны представлять потребители услуг. В этой связи оценки, в которых отсутствуют потребители услуг в качестве экспертов, могут ограничить проблему в узко корпоративных или отраслевых рамках. Поэтому предлагаемый в [1] алгоритм преследует целью развитие внутрикорпоративной политики по обеспечению качества транспортных услуг, т.е. цель определяет задачи, а задачи – множество экспертов и их компетенции. Другими словами, одна и та же предметная область (качество транспортных услуг) может определить разные множества экспертов для решения поставленных задач.

Другой важной особенностью использования экспертных оценок является соотношение количественного и качественного методов анализа. Относительная простота экспертных методов анализа приводит к уходу от количественных методов анализа в пользу качественных. Примером могут послужить решения в области выбора стратегии развития предприятия, которые принимаются экспертными методами. Одним из основных аргументов в этом случае являются неполнота информации внешней среды (рынка, спроса). Утверждение, что экспертные оценки могут «быть применены для разработки любого элемента грузовых железнодорожных тарифов» [2], с аргументацией сложности расчета тарифа (а лучше сказать себестоимости) в изменяющихся условиях, есть не что иное, как стремление заменить количественные методы анализа и принятия решения качественными. Мера неопределенности получаемого решения при использовании экспертных оценок должна быть меньше, чем при использовании количественных методов. Например, стратегические решения в условиях стационарности (стабильности) эффективнее принимать на базе количественных методов оценки трендов и динамики процессов, нежели использовать мнения экспертов. В силу этого кортежи  $\langle E, S \rangle$ , определяющие множество экспертов и их оценки для принятия решения, обеспечивают снижение энтропии в управлении производственно-транспортными процессами, которые могут относиться к разным отраслям экономики.

#### Практические аспекты применения экспертных оценок для моделирования и управления транспортными процессами

Эффективность экспертных оценок зависит от методов анализа экспертных оценок, от процедур организации работы с экспертами. В большинстве практических

применений экспертных оценок рекомендуется использовать многоэтапные алгоритмы согласования мнений экспертов, их обучение и отсеивание с учетом выбросов в ответах. Использование двух и более этапов, «поскольку результаты первого этапа... неудовлетворительные и вариабельность большая» [5], имеет большое распространение. В последнем случае может быть изменен состав экспертов на базе анализа коротких видов:  $\langle E, W, S \rangle$  – соответствие экспертов предметной области и задачам исследования на основе анализа результатов опроса (анкетирования).

Большую сложность представляет оценка экспертов в стратегическом планировании и прогнозировании, использующие инновационные технологии [3, 4], поскольку эффективные решения могут податься в области несогласуемых с мнением большинства. То есть «в оценивании альтернатив могут участвовать несколько экспертов, расхождения в их мнении интерпретируются как случайные ошибки» и «экспертные оценки интерпретируются как реализации некоторых случайных, нормально распределенных величин» [6]. Другими словами, большие вариации в оценках экспертов рассматриваются как недостаток выбранной группы экспертов из  $E$ . Высокую степень неопределенности в целях и функционале инновационных программных продуктов

портных систем требуют генерации системы целевых экономических, технологических и социальных индикаторов, обеспечивающих устойчивое развитие отрасли. При этом к сфере экспертного оценивания относятся определение величин индикаторов, в то время как их достижение и достижимость является расчетной задачей [3]. Таким образом, к факторам, влияющим на качество экспертных оценок, относятся внешние факторы (уровень принятия решений, измеримость процессов, устойчивость внешней среды, наличие экспертов, способных элиминировать неопределенность внешней среды) и внутренние факторы (соответствие экспертов поставленной цели и задачам исследования, наличие процедур оценки компетентности экспертов, алгоритмы самоорганизации экспертных оценок). Так, экспертная система, базирующаяся на анализе внутренних факторов, должна включать не только технологические и экономические параметры, но и психологические [10], позволяющие повысить адекватность принимаемых решений.

В общем виде процесс формирования экспертных оценок имеет вид, представленный на рис. 2, причем получение экспертной группы может носить итерационный процесс, связанный анализом, оценкой, обучением и элиминацией неэффективных экспертов.

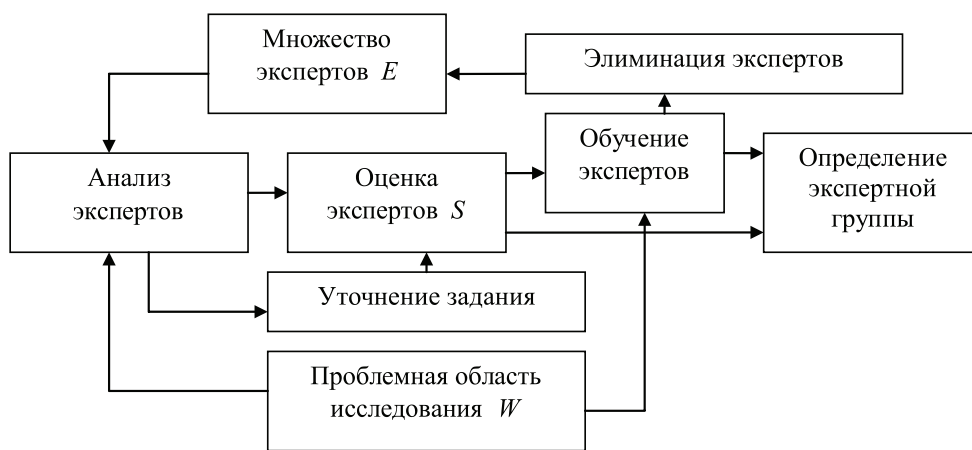


Рис. 2. Общая схема формирования экспертной группы

(ИПП) требуют рассмотрения в таких экспертных системах баз знаний об аналогичных системах (депозитарий ИПП), используемый экспертами для их «обучения» и их оценки в системах поддержки принятия решений (СППР). В результате формируется экспертная система, генерирующая и поддерживающая некий «эталон» ИПП [9].

Формирование стратегических программ развития производственно-транс-

Методы оценки экспертов носят количественный характер, использующие их абсолютные, балльные (рейтинговые) и релейные («есть/нет», «да/нет») показатели, определяемые целями исследования. «Классическим» примером показателей для формирования экспертов в сфере научно-технического развития отраслей являются количественные показатели (стаж работы, образования, работы – труды по направлениям исследований),

рейтинговые (индексы цитирования работ, эффективность проектов, в которых участвовал эксперт), релейные (наличие сертификатов признания эксперта, опыт работы в данной области).

Учет многообразия признаков для формирования экспертной группы является ключевым фактором эффективности решений на данном уровне. В [11] предлагается выделить три последовательных уровня в процессе реализации экспертных оценок: проблемная область, задачи (решения) и объект оценки. Реализация каждого уровня имеет иерархическую структуру диссипации целей в процессе принятия решения. Реализация иерархической структуры принятия решений в экспертных оценках может иметь гибридную реализацию, использование знаний экспертов и статистической базы и базы знаний для формирования иерархической структуры причинно-следственных связей в СППР [12].

#### **Информационное и математическое обеспечение реализации экспертных оценок**

Информационное и математическое обеспечение реализации экспертных оценок базируется на методах корреляционного, кластерного, регрессионного и факторного анализа, теории нечетких множеств и распознавания образов, методов сравнительного и когнитивного анализа, имитационного и статистического моделирования, анализа временных рядов и другие.

Методы статистического и корреляционного анализа используются, как правило, для получения экспертной группы, или решения на базе анализа соответствия выбора цели исследования, например, «Эксперты – Задачи», «Задачи – Решения». В общем виде, проблема относится к области многокритериального выбора: дано множество элементов  $v_i \in V$ , множество признаков-характеристик  $p_j \in P$ , множество критериев  $k_l \in K$ . Целью выбора является получение

$$v^* = \arg \text{opt} \{ v | v \in V, F(v^*, P(v^*), K(v^*, p)) > F(v, P(v), K(v, p)) \},$$

где  $P(v)$  – вектор-функция характеристик выбранного подмножества;  $K(v, p)$  – вектор-функция обобщенных оценок критериев выбора для выбранного подмножества  $v \in V$  и  $p \in P$ .

$F(v, P(v), K(v, p))$  – функционал, определяющий рациональный выбор  $v \in V$  на основе парного сравнения элементов.

В качестве  $P(v)$  на практике определяют измеримые показатели-индикаторы объекта, рейтинговые (балльные) оценки объекта, в качестве  $K(v, p)$  принимают взвешенные «рейтинговые оценки элемента выбора».  $F(v, P(v), K(v, p))$  представляется «сверткой критериев» оценки значимости объекта выбора для достижения поставленной цели.

Например, в [5] за  $P(v)$  приняты причинные факторы для построения диаграммы Исикавы, за  $K(v, p)$  – количественная (балльная) оценка первичных и вторичных факторов в диаграмме Исикавы, а также оценки причин в диаграмме Парето.  $F(v, P(v), K(v, p))$  представляется выбором ключевых факторов по принципу Парето.

В [7] приводится методика количественной меры влияния сложноформализуемого «человеческого фактора» в СППР, на примере отказов технических устройств. При узком подходе к рассмотрению вопроса отказа технических устройств следует исходить из их технологических и технических особенностей. В то же время, как указывается в [7, с. 35], человеческий фактор занимает существенную долю в отказах, что приводит к его учету в системе управления (рисками) предприятия.

#### **Выводы**

В стратегическом планировании деятельности транспорта экспертные оценки могут эффективно применяться в балансировании инвестиций в разные направления его развития (инфраструктура, подвижной состав, организационная структура управления и социальное обеспечение). Причем на разных этапах развития транспорта приоритетными могут стать разные направления. Например, в условиях кризиса, на наш взгляд, приоритетом являются вопросы сохранения кадрового потенциала и системы управления, в условиях

роста оптимизации инвестиций в развитие инфраструктуры и подвижного состава. В [8] авторы приводят вариант ранжирования приоритетов в методологии развития транспортного пространства для железнодорожного транспорта, выделение ключевых индикаторов развития, включая его пространственное развитие.

Таким образом, экспертные системы в производственно-транспортных процессах имеют громадное значение, эффективность которых зависит от выбора адекватного инструментального и методического аппарата исследования.

### Список литературы

1. Демьянович И.В. Экспертные методы решения проблем качества транспортных услуг // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 1. – С. 342–346.
2. Егоров Ю.В. Использование экспертных оценок для формирования оптимальных грузовых тарифов на железнодорожном транспорте // Экономика железных дорог. – № 9. – 2013. – С. 49–56.
3. Колесников В.И. Модернизация транспортной системы России и перспективы развития железнодорожного транспорта / В.И. Колесников, В.Д. Верескун, В.С. Воробьев // Вестник РГУПС. – № 2. – 2008. – С. 76–84.
4. Лapidус Б.М. Повышение производительности и эффективности железнодорожного транспорта на инновационной основе // Вестник ВНИИЖТ. – № 5. – 2012. – С. 3–6.
5. Лыпко Н.П. Разработка метода экспертной оценки качества проведения аттестации рабочих мест на предприятиях железнодорожного транспорта / Н.П. Лыпко, Н.Г. Лосавио // Наука и техника транспорта. – № 1. – 2011. – С. 15–23.
6. Бугаев Ю.В. Приближенный метод синтеза моделей выбора на основе экстраполяции экспертных оценок / Ю.В. Бугаев, И.Е. Медведкова, Б.Е. Никитин, А.С. Чайковский // Вестник ТГТУ. – 2009. – № 4. – Т. 15. – С. 766–776.
7. Воробьев В.С. Оценка отказов технических систем железнодорожного транспорта с учетом влияния человеческого фактора / В.С. Воробьев, В.Д. Верескун, И.Б. Репина // Вестник РГУПС. – 2014. – № 3. – С. 32–40.
8. Лapidус Б.М. Экономика транспортного пространства: методологические основы / Б.М. Лapidус, Д.А. Мачерет // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – № 2. – С. 3–10.
9. Ларин С.Н., Использование функциональных схем процессов управления производством для экспертной оценки качества инновационных программных продуктов / С.Н. Ларин, В.В. Юдинова, Н.Н. Юратина // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2015. – № 8–7. – С. 71–76.
10. Urrea C., Henriquez G., Jamett M. Development of an expert system to select materials for the main structure of a transfer crane designed for disabled people // Expert Systems with Applications. – 2015. – № 42. – P. 691–697.
11. Fiannaca A. An expert system hybrid architecture to support experiment management / Massimo La Rosa, Rizzo R., Urso A., Gaglio S // Expert Systems with Applications. – 2014. – № 41. – P. 1609–1621.

12. Yin J., Chen D., Li Y. Smart train operation algorithms based on expert knowledge and ensemble CART for the electric locomotive // Knowledge-Based Systems. – 2016. – № 92. – P. 78–91.

### References

1. Demjanovich I.V. Jekspertnye metody reshenija problem kachestva transportnyh uslug // Problemy sovremennoj jekonomiki. 2011. no. 1. pp. 342–346.
2. Egorov Ju.V. Ispolzovanie jekspertnyh ocenok dlja formirovanija optimalnyh gruzovyh tarifov na zheleznodorozhnom transporte // Jekonomika zheleznyh dorog. no. 9. 2013. pp. 49–56.
3. Kolesnikov V.I. Modernizacija transportnoj sistemy Rossii i perspektivy razvitija zheleznodorozhnogo transporta / V.I. Kolesnikov, V.D. Vereskun, V.S. Vorobev // Vestnik RGUPS. no. 2. 2008. pp. 76–84.
4. Lapidus B.M. Povysenie proizvoditelnosti i jeffektivnosti zheleznodorozhnogo transporta na innovacionnoj osnove // Vestnik VNIIZhT. no. 5. 2012. pp. 3–6.
5. Lypko N.P. Razrabotka metoda jekspertnoj ocenki kachestva provedenija attestacii rabochih mest na predpriijatjah zheleznodorozhnogo transporta / N.P. Lypko, N.G. Losavio // Nauka i tehnika transporta. no. 1. 2011. pp. 15–23.
6. Bugaev Ju.V. Priblizhennyj metod sinteza modelej vybora na osnove jekstrapoljicii jekspertnyh ocenok / Ju.V. Bugaev, I.E. Medvedkova, B.E. Nikitin, A.S. Chajkovskij // Vestnik TGTU. no. 4. Tom 15. 2009. pp. 766–776.
7. Vorobev V.S. Ocenka otkazov tehniceskikh sistem zheleznodorozhnogo transporta s uchedom vlijanija chelovecheskogo faktora / V.S. Vorobev, V.D. Vereskun, I.B. Repina // Vestnik RGUPS. no. 3. 2014. pp. 32–40.
8. Lapidus B.M. Jekonomika transportnogo prostranstva: metodologicheskie osnovy / B.M. Lapidus, D.A. Macheret // Vestnik VNIIZhT. no. 2. 2012. pp. 3–10.
9. Larin S.N., Ispolzovanie funkcionalnyh shem processov upravlenija proizvodstvom dlja jekspertnoj ocenki kachestva innovacionnyh programmnyh produktov / S.N. Larin, V.V. Judinova, N.N. Jurjatina // Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoj nauki. no. 8 7. 2015. pp. 71–76.
10. Urrea C., Henriquez G., Jamett M. Development of an expert system to select materials for the main structure of a transfer crane designed for disabled people // Expert Systems with Applications. no. 42. 2015. pp. 691–697.
11. Fiannaca A. An expert system hybrid architecture to support experiment management / Massimo La Rosa, Rizzo R., Urso A., Gaglio S // Expert Systems with Applications. no. 41. 2014. pp. 1609–1621.
12. Yin J., Chen D., Li Y. Smart train operation algorithms based on expert knowledge and ensemble CART for the electric locomotive // Knowledge-Based Systems. no. 92. 2016. pp. 78–91.