



УДК 004.891.2, 004.896

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ СОЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ

### DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EXPERT ASSESSMENT OF SOCIAL RISKS

**М.В. Лифиренко, В.В. Ломакин**  
**M.V. Lifirenko, V.V. Lomakin**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*  
*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: lifirenko@bsu.edu.ru, lomakin@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* Статья посвящена разработке системы поддержки принятия решений при экспертной оценке социальных рисков. Определен перечень основных социальных рисков, подверженных влиянию техносферы и факторы, которые воздействуют на них. Подготовлена иерархия для принятия решений, отражающая взаимосвязь социальных рисков и факторов, влияющих на них. Обоснован выбор метода принятия решений для реализации системы поддержки принятия решений, и разработана схема взаимодействия экспертной группы с системой. Предложена доработка существующего метода оценки согласованности, которая позволит улучшить обоснованность рекомендаций для повышения согласованности матриц парных сравнений. Предложенные подходы позволят реализовать систему поддержки принятия решений при экспертной оценке социальных рисков.

*Resume.* The article is devoted to the development of decision support systems for the expert assessment of social risks. A list of major social risks was made. This risks are exposed by the technosphere and the factors that effect on them were determined. The hierarchy for decision making was constructed that represents the relationship of social risks and the factors influencing on them. The choice of the decision-making method was substantiated for the implementation of decision support systems. The scheme of interaction between expert group and the system was developed. A revision of the existing method of coherence valuation was proposed, which will improve the validity of recommendations for increasing of the pairwise comparisons matrix coherence. The proposed approaches will enable to implement a decision support system for the expert assessment of social risks.

*Ключевые слова:* система поддержки принятия решений, экспертная система, согласованность матриц парных сравнений, социальные технологии, социальные риски.

*Keywords:* decision support system, expert system, coherence matrix of pairwise comparisons, social technology, social risks.

В современных условиях оценка риска является важным элементом теоретической базы принятия решений в политике и экономике. Установление причинно-следственных связей между параметрами, характеризующими неоднородность техногенных факторов и возможными негативными социальными последствиями, а также количественная оценка вероятности наступления последних позволяют организовать прогнозирование социальных рисков.

До сих пор несогласованность позиций специалистов в отношении сущности данного процесса порождает разрозненность и противоречивость подходов к его регулированию и совершенствованию. Разрозненность теоретических позиций в данной отрасли научных знаний порождает соответствующие проблемы в социальной практике. Поэтому в данной ситуации необходимы инструментальные средства, позволяющие проводить оценку социальных рисков и взаимосвязей между факторами по широкому кругу критериев. Также такие средства актуальны по причине того, что каждый риск должен оцениваться применительно к определенной сфере обитания человека.

Нами предлагается применение метода анализа иерархий, позволяющего проводить независимые экспертные оценки как численные, так и качественные и получать итоговый результат, учитывающий мнение всей группы экспертов. На практике для применения данного метода необходимо создание информационного обеспечения для принятия решений в форме иерархий целей, критериев и альтернатив. Система поддержки принятия решений (СППР)[1] позволяет производить многокритериальную оценку альтернатив на основании экспертного оценивания, эмпирических данных и статистических данных. Такие функциональные возможности обеспечиваются за счет применения метода анализа иерархий и его модификаций. Основная особенность данной системы состоит в том, что выходные результаты рассчитываются не только по объективным показателям, но и по субъективным (предпочтениям людей). Таким образом, в условиях отсутствия точных математических средств описания предлагаемая нами система оценки социальных рисков и выработки антирисковых управляющих решений главным образом основывается на формальном представлении человеческого опыта и интуиции.

В ходе анализа особенностей практического применения МАИ [2,3] в социально-экономической сфере нами предложена следующая схема взаимодействия экспертов с СППР и ее отдельными модулями (см. рис. 1).

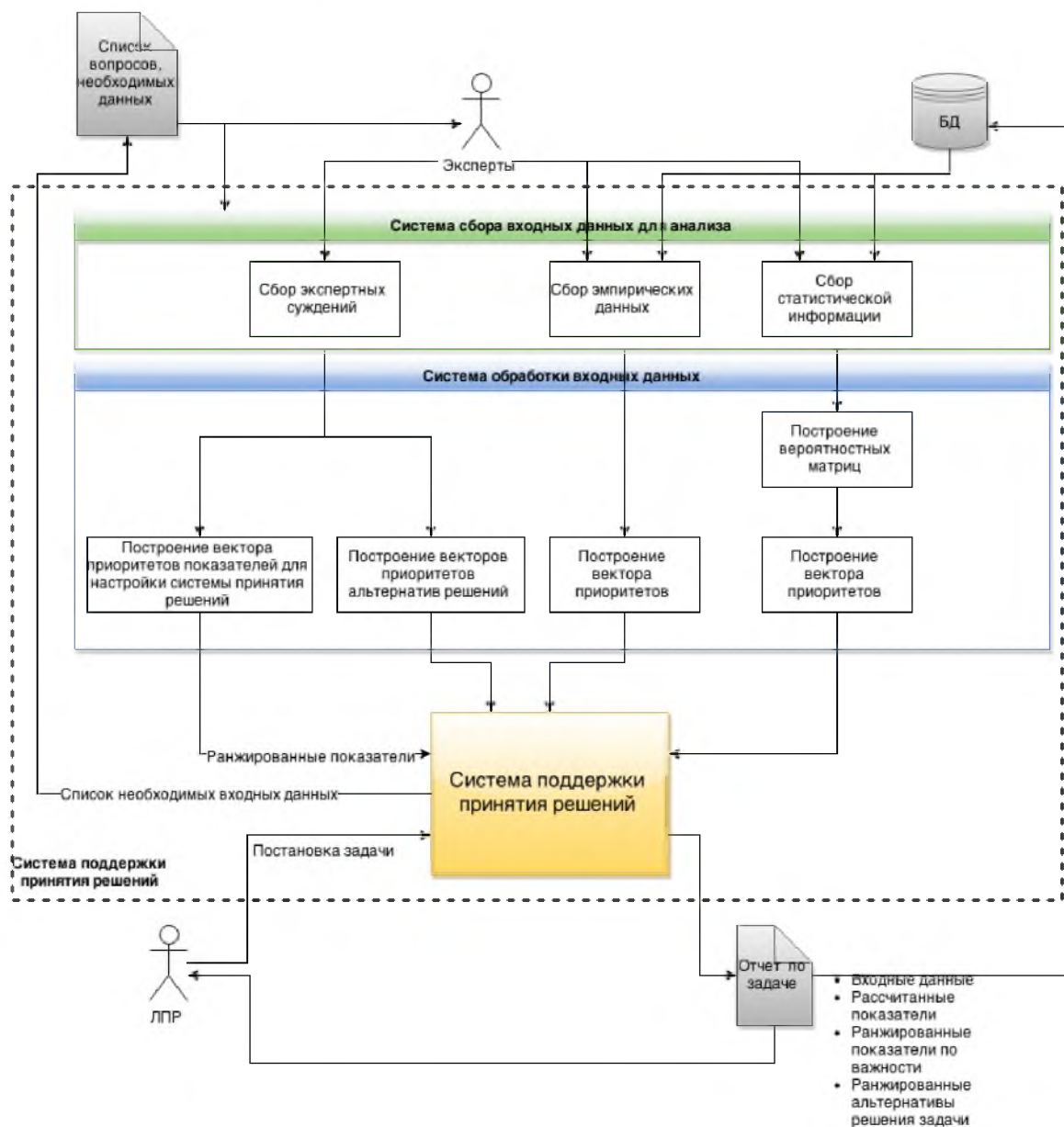


Рис. 1. Схема взаимодействия экспертов с системой поддержки принятия решений  
Fig. 1. Scheme of interaction expert decision support system

На схеме (рис. 1) выделены отдельные блоки системы:

- 1) База данных – хранит накопленную информацию в ходе работы системы (оценки, утверждения, правила, взаимосвязи между сущностями и данными);
- 2) Система сбора входных данных для анализа – позволяет собирать данные из трех источников: экспертные оценки, эмпирические данные и статистика;
- 3) Система обработки входных данных – подготавливает входные данные для расчетов и приводит их к унифицированному виду;
- 4) Ядро системы поддержки принятия решений – производит построение взаимосвязей располагаемой информации между собой и осуществляет расчет вероятности или приоритетности того или иного варианта.

В ходе проведенных исследований [5] был получен перечень основных социальных рисков, подверженных влиянию техносферы:

- ухудшение демографической ситуации;
- безработица;
- маргинализация населения;
- вынужденная миграция;
- дезадаптация;

- снижение качества жизни;
- рост преступности;
- рост социальной напряженности;
- рост протестной активности;
- рост терроризма.

Предложенная нами иерархия оценки социальных рисков согласно методу анализа иерархий выглядит следующим образом [1] (см. рис. 2).

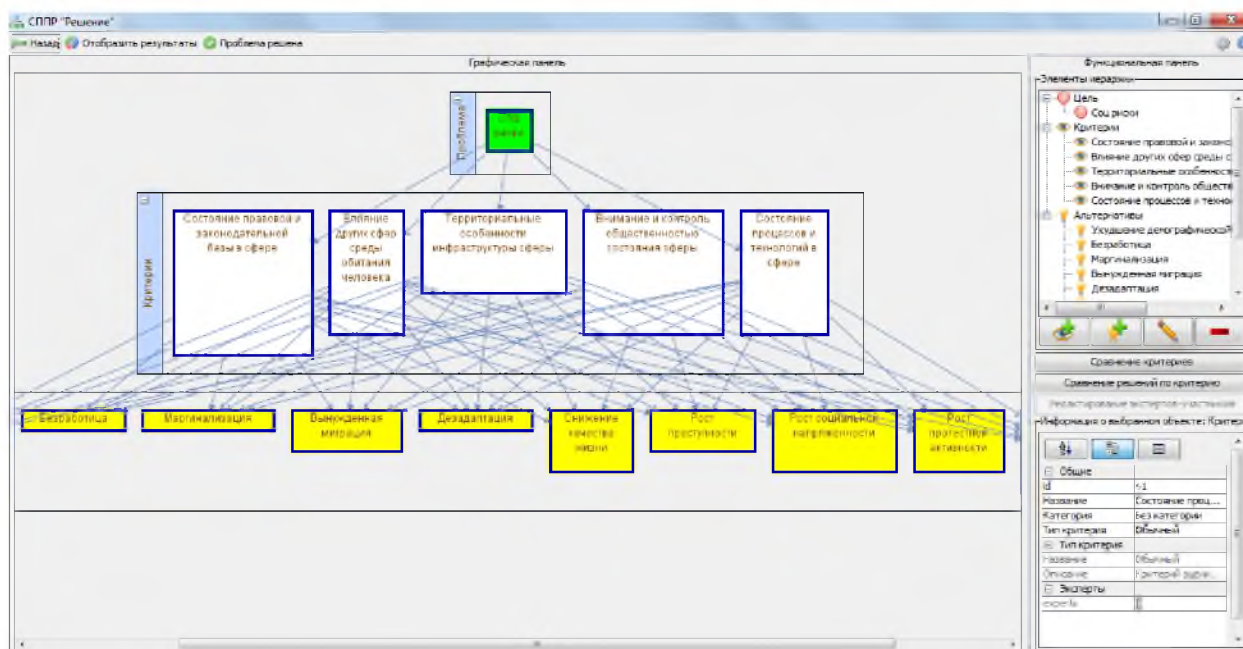


Рис. 2. Иерархия оценки социальных рисков в СППР «Решение»

Fig. 2. Hierarchy of social risks in the DSS "Decision"

При практическом применении метода анализа иерархий с большим количеством критериев и альтернатив, как в представленном нами случае, имеют место сложности в получении согласованных матриц парных сравнений (МПС), что может повлиять на точность вычисляемых весомостей.

Процедура принятия решений на основе МАИ подразумевает проведение достаточно большого числа парных сравнений. Количество парных сравнений зависит от числа выбранных лицом принимающим решение (ЛПР) критериев и альтернатив и числа участвующих в опросе экспертов. Общее количество парных сравнений  $N$  может достигать достаточно большого значения, и его можно рассчитать по формуле:

$$N = \frac{e \cdot k \cdot n \cdot (n-1) + k \cdot (k-1)}{2}, \quad (1)$$

где  $e$  – общее количество экспертов, которое оценивает альтернативы решений по всем критериям,

$k$  – количество критериев, по которым производится сравнение альтернатив,

$n$  – количество альтернатив решений рассматриваемой проблемы.

Так как предлагаемая нами иерархия достаточно объемна ( $N \geq 470$ ), то целесообразно в процессе опроса применять новые методы оценки согласованности суждений эксперта и методы повышения степени согласованности.

В статье [4] были предложены алгоритмы, позволяющие осуществлять поддержку эксперта при повышении степени согласованности МПС. Практика использования данного подхода позволяет проводить оценку согласованности отдельных парных сравнений, но такой подход не всегда приводил к верным результатам. Анализ выявленных проблем показал, что вычисление матрицы косинусов углов по векторам, составленным только лишь из строк МПС, дает менее точный результат, так как имеют место парные сравнения. В связи с этим предлагается расчет среднего косинуса угла для пар векторов, составленных из строк и столбцов элементов МПС. Представим матрицу парных сравнений следующим образом:



$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

При расчете среднего косинуса угла для пар векторов предложенная в [4] формула расчета косинуса угла  $\psi_{ij}$  изменится:

$$\psi_{ij} = \frac{\psi_{ij}^{line} + \psi_{ij}^{column}}{2} = \frac{\frac{\sum_{k=1}^n a_{ik} \cdot a_{kj}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n a_{ik}^2 \sum_{k=1}^n a_{kj}^2}} + \frac{\sum_{k=1}^n a_{ki} \cdot a_{kj}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n a_{ki}^2 \sum_{k=1}^n a_{kj}^2}}}{2} \quad (3)$$

Изменение формулы не повлияет на последовательность дальнейших вычислений, описанных в [4].

Проиллюстрируем применение предложенного подхода на примере конкретной МПС. Предположим, что при оценке альтернатив эксперт получил МПС  $A_1$ . Здесь допущена ошибка:  $a_{13} = 1/8$ , хотя должно быть  $a_{13} = 8$ :

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 1/8 & 2 \\ 1/4 & 1 & 2 & 1/2 \\ 8 & 1/2 & 1 & 1/4 \\ 1/2 & 2 & 4 & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где ОС=1,045.

Перед экспертом возникает задача корректировки матрицы, так как имеет место высокое ОС. Рассчитаем матрицы косинусов углов и сравним скорректированные МПС, получаемые с их помощью по описанному алгоритму автоматической корректировки [4]:

$$\Psi^{line} = \begin{pmatrix} 1 & 0,52 & 0,287 & 0,52 \\ 0,52 & 1 & 0,248 & 1 \\ 0,287 & 0,248 & 1 & 0,248 \\ 0,52 & 1 & 0,248 & 1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$\Psi^{column} = \begin{pmatrix} 1 & 0,248 & 0,287 & 0,248 \\ 0,248 & 1 & 0,52 & 1 \\ 0,287 & 0,52 & 1 & 0,52 \\ 0,248 & 1 & 0,52 & 1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$\Psi^{total} = \frac{\Psi^{line} + \Psi^{column}}{2} = \begin{pmatrix} 1 & 0,384 & 0,287 & 0,384 \\ 0,384 & 1 & 0,384 & 1 \\ 0,287 & 0,384 & 1 & 0,384 \\ 0,384 & 1 & 0,384 & 1 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Получим на основе матриц косинусов углов  $\Psi^{line}$ ,  $\Psi^{column}$ ,  $\Psi^{total}$ , соответствующие скорректированные МПС  $A^{line}$ ,  $A^{column}$ ,  $A^{total}$ :

$$A^{line} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1/9 & 1 \\ 3 & 9 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$A^{column} = \begin{pmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 & 1/9 \\ 5 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 1/2 \\ 9 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad (9)$$



$$A^{total} = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 9 & 2 \\ 1/4 & 1 & 2 & 1/2 \\ 1/9 & 1/2 & 1 & 1/4 \\ 1/2 & 2 & 4 & 1 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Сравнив полученные МПС  $A^{line}$ ,  $A^{column}$ ,  $A^{total}$ , мы убеждаемся в том, что подход оценки согласованности на основе векторов из элементов строк МПС и векторов из элементов столбцов работает эффективнее, так как матрица  $A^{total}$  исправляет ошибочное парное сравнение матрицы  $A_1$ . Таким образом, данный подход позволит экспертам контролировать процесс оценивания и повышать степень доверия к получаемым результатам.

Разрабатываемая СППР позволит проводить многокритериальный анализ социальных рисков, что предоставит возможность получить более точные результаты по сравнению с известными применяемыми в этой сфере декларативными методами. Предложенные информационные средства позволят автоматизировать процесс получения входной информации (экспертной, статистической и эмпирической), при этом участникам опроса доступны только свои данные. Кроме того, в системе используется оценка меры противоречивости введенных данных и возможно произвести численную оценку логической достоверности получаемого результата. СППР можно использовать через интернет, что позволяет значительно увеличить количество участников анализа социальных рисков, а также проводить опросы удаленно.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №14-38-00047 «Прогнозирование и управление социальными рисками развития техногенных человекомерных систем в динамике процессов трансформации среды обитания человека»*

#### Список литературы References

1. Ломакин, В.В. Система поддержки принятия решений с автоматизированными средствами корректировки суждений экспертов / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2014. - №1(172) выпуск 29/1. – С. 114–120.

Lomakin, V.V. Sistema podderzhki prinjatija reshenij s avtomatizirovannymi sredstvami korektirovki suzhdenij jekspertov / V.V. Lomakin, M.V. Lifirenko // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika - 2014. - №1(172) vypusk 29/1. – S. 114–120.

2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – Москва: Радио и связь, 1993.– 278 с.

Saati, T. Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij / T. Saati. – Moskva: Radio i svjaz', 1993.– 278 s.

3. Lomakin V.V., Lifirenko M.V., Supporting tools for decision making in the outdoor lighting control systems, Research Journal of Applied Sciences, vol. 9, issue 12, pp. 1185-1190, 2014.

Lomakin V.V., Lifirenko M.V., Supporting tools for decision making in the outdoor lighting control systems, Research Journal of Applied Sciences, vol. 9, issue 12, pp. 1185-1190, 2014.

4. Ломакин, В.В. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко // Фундаментальные исследования. –2013. – №11.– С.1798-1803.

Lomakin, V.V. Algoritm povyshenija stepeni soglasovannosti matricy parnyh sravnenij pri provedenii jekspertnyh oprosov / V.V. Lomakin, M.V. Lifirenko // Fundamental'nye issledovanija. –2013. –№11.– S.1798-1803.

5. Асадуллаев, Р.Г. Формальные средства прогнозирования и управления социальными рисками / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2015. - №13(210) вып. 35/1. – С. 150–156.

Asadullaev, R.G. Formal'nye sredstva prognozirovanija i upravlenija social'nymi riskami / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika - 2015. - №13(210) vyp. 35/1. – S. 150–156.