

УДК 007: 681.518.2:65.01: 677.017

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В.А. УГЛОВ, А.В. УГЛОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, В.Г. МИТИХИН, Д.М. СЕМЕНОВЫХ

**(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности,
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

Анализ многих реальных проблем в области текстильных технологий приводит к многокритериальным, слабоструктурированным постановкам проблем, например, каждый выпуск журнала "Технологии текстильной промышленности" содержит обсуждение таких проблем (прежде всего в разделах "Экономика и организация производства", "Текстильное материаловедение" и других), которые характеризуются следующими особенностями.

1) Качество решения оценивается по многим критериям, среди которых имеются как количественные, так и качественные критерии. Для выбора наилучшего решения необходим компромисс между оценками по разным критериям. В постановке проблемы отсутствует информация, позволяющая найти такой компромисс. Следовательно, он не может быть определен на основе объективных расчетов.

2) Проблема имеет уникальный характер – нет надежных статистических данных, позволяющих обосновать соотношения между различными критериями.

3) На момент принятия решения отсутствует информация, позволяющая объективно оценить возможные последствия выбора того или иного варианта решения. Недостаток информации можно восполнить за счет экспертной информации.

Одним из современных методов решения подобных проблем является метод анализа иерархий (МАИ). Метод разрабо-

тан Т.Саати [1] и своим появлением обязан тому важному обстоятельству, что реальные сложные системы, в рамках которых возникают соответствующие проблемы, организованы по иерархическому принципу, а это, в свою очередь, ведет к иерархической структуре самих проблем и соответствующему аппарату анализа этих проблем.

Применение МАИ связано с реализацией следующих основных этапов.

I. Постановка проблемы и представление этой проблемы в виде некоторой иерархии (альтернативные решения проблемы, критерии оценки и т.д.).

II. Сбор исходной информации, предварительная оценка этой информации путем реализации процедур парного сравнения элементов каждого уровня с точки зрения элементов вышестоящего уровня иерархии.

III. Обработка результатов экспертного сравнения элементов иерархии: здесь в первую очередь необходимо оценить согласованность (непротиворечивость) полученной на этапе II информации. Вычисление весовости альтернатив решения поставленной проблемы, что позволяет принять обоснованное решение.

I. Переходя к реализации этапа I, рассмотрим, например, иерархию, представленную на рис.1 и соответствующую проблеме оценки некоторых образцов объектов текстильных технологий.

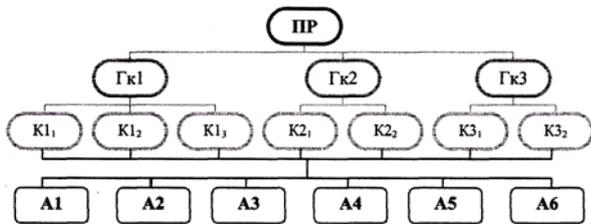


Рис. 1

Здесь элементы иерархии распределены по уровням:

1-й уровень (уровень альтернатив) – А1, А2, ... – оцениваемые альтернативы (образцы объектов текстильных технологий, также это могут быть альтернативные инвестиционные проекты, проекты конструкторских разработок, решений и т.д.);

2-й уровень (уровень отдельных критериев, показателей) – К11, К12, ... – выбранные критерии для оценки альтернатив;

3-й уровень (уровень групп критериев) – Гк1, Гк2, Гк3 – группы критериев, например, физико-механические, экономические, социальные, эстетические, гигиенические и т.д.;

4-й уровень (уровень принятия решения – ИР – фокус иерархии).

При построении такой иерархии желательно обеспечить наибольшую независимость элементов иерархии, расположенных на одном уровне, с точки зрения их дальнейшей оценки на основе парного сравнения по отношению к вышестоящим элементам иерархии, в противном случае объективность результатов парного сравнения может пострадать.

Представленная на рис.1 иерархия представляет собой пример 4-уровневой неполной иерархии. Число уровней (минимально их два), элементов и связей между ними зависит от поставленной проблемы и целей исследования.

II. Переходя к центральной части иерархического анализа, а именно к процедурам экспертного парного сравнения элементов одного уровня иерархии по отношению к элементам вышестоящего уровня, приведем основную шкалу измерения результата парного сравнения элементов иерархии, принятую в анализе иерархий [1]:

1 – равенство сравниваемых элементов по отношению к вышестоящему; 3 – предпочтение; 5 – выраженное предпочтение; 7 – сильное предпочтение; 9 – абсолютное предпочтение.

Эта шкала была разработана в результате серьезных междисциплинарных исследований: математических, статистических, психофизиологических и апробирована в разнообразных по сфере приложениях [1] метода МАИ к проблемам принятия решений.

Отметим одно из важнейших достоинств такой шкалы – возможность ее использования для сравнения как количественных, так и качественных элементов иерархии. Например, это касается парного сравнения критериев физико-механических, экономических и т.д.

Естественно, что информация, полученная в ходе подобных экспертных парных сравнений в рамках указанной шкалы, может содержать рассогласованные оценки результатов парных сравнений. Но замечательной особенностью аппарата иерархического анализа является то обстоятельство, что эти погрешности обнаруживаются в ходе предварительного математического анализа полученной информации и далее могут быть скорректированы.

III. Заключительная часть иерархического анализа связана с обработкой матриц парных сравнений и формированием итоговых весовых оценок альтернатив. На основе точных алгоритмов метода МАИ это производится в следующей последовательности:

1) оценивается согласованность (степень непротиворечивости) матриц парных сравнений и в случае их приемлемой согласованности переходят к оценке весомости элементов иерархии на основе этих матриц. Для случая плохой согласованности какой-то из матриц парных сравнений возвращаются на этап формирования этой матрицы и стараются устранить плохую согласованность элементов матрицы. Практически это всегда можно сделать, улучшив качество экспертной работы, в крайнем случае, можно рассмотреть несколько вариантов парных оценок.

2) Вычисление весов для элементов иерархии на основе матриц парных сравнений и итоговый расчет весов альтернатив, представляющих информационную базу для принятия обоснованного оптимального решения, в качестве которого может быть или одна из рассматриваемых альтернатив, или новый, уточненный список альтернатив, для проведения более углубленного исследования в рамках МАИ.

Применение МАИ в рамках научно-практических исследований в области текстильных технологий (как и других технологий), на наш взгляд, сдерживается из-за:

1) отсутствия доступной для практиков литературы, содержащей изложение МАИ на высоком научно-методическом уровне (здесь можно указать ряд работ [2...4], изданных в течение последних лет, но в них рассматриваются известные, классические примеры на основе только приближенных методов МАИ с методическими погрешностями изложения, осложняющими понимание и внедрение метода);

2) отсутствия доступного программного обеспечения, реализующего точные и приближенные алгоритмы МАИ (здесь можно назвать компьютерную систему поддержки принятия решений Expert Choice [5]). Система предлагается как коммерческий продукт, ориентирована на зарубежного пользователя, имеющего представление о возможностях МАИ. Кроме того, в этой системе реализованы только приближенные алгоритмы оценки согласованности матриц парных сравнений и оценки весов элементов иерархии, что в некоторых важных практических ситуациях приводит к неверным выводам.

Приведем основные соотношения метода МАИ:

$$\begin{aligned} AW &= \lambda_{\max} W, \\ \text{ИС} &= (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), \\ \text{ОС} &= \text{ИС} / \text{СИ}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь A – обратносимметричная матрица (размера n) экспертных оценок результатов парных сравнений элементов выбранного уровня рассматриваемой иерархии относительно некоторого вышестоя-

щего элемента (критерия) иерархии; $W = (w_1, w_2, w_3)$ – вектор нормированных весов сравниваемых элементов (собственный вектор матрицы A); λ_{\max} – максимальное собственное число матрицы A ; ИС – индекс согласованности матрицы A ; СИ – случайный индекс для матрицы парных сравнений размера n , берется из таблицы индексов СИ (например, [1]); ОС – отношение согласованности для матрицы парных сравнений, то есть свернутая оценка качества экспертной информации, содержащейся в матрице A .

В методе МАИ принят следующий критерий оценки согласованности матрицы A по значению величины ОС:

$\text{ОС} = 0$ – матрица идеально согласована; $\text{ОС} \leq 0,1$ – хорошо согласована.

Если $\text{ОС} > 0,1$ – то имеется рассогласование элементов матрицы, то есть желательно вернуться к этапу экспертных парных сравнений и постараться устранить или уменьшить рассогласование за счет более тщательной оценки результатов процедур парных сравнений.

Подводя итоги, можно кратко описать особенности и перспективы применения метода анализа иерархий в области текстильных технологий.

1. Иерархическая композиция является индуктивным обобщением следующей идеи. Заданы веса независимых элементов некоторого уровня иерархии. По отношению к каждому элементу этого уровня формируется матрица собственных векторов (столбцов) элементов уровня, расположенного ниже заданного. Затем вектор весов элементов этого уровня используется для взвешивания соответствующих (ниже расположенных) собственных векторов-столбцов. Умножая матрицу собственных векторов на вектор-столбец весов, получаем составной вектор весов элементов нижнего уровня. Спуск по уровням иерархии приводит к итоговым весам альтернатив.

2. Способы получения информации от эксперта в рамках МАИ соответствуют психологически комфортным условиям,

соответствующим возможностям человека перерабатывать информацию.

3. Имеется возможность проверки экспертной информации на непротиворечивость как для отдельных уровней иерархии, так и для всей иерархии, а также и выявления наиболее несогласованных экспертных суждений.

4. Любые соотношения между вариантами решений в рамках МАИ легко интерпретируются на основе информации, полученной от экспертов. Метод позволяет группе экспертов взаимодействовать по интересующей их проблеме, модифицировать свои суждения и в результате объединять групповые суждения в соответствии с выбранным критерием. Для сложных проблем с наличием конфликтных ситуаций в группе экспертов возможно использование построения двух иерархий для отображения выгод и издержек, связанных с рассматриваемыми альтернативами по проблеме.

5. Метод может использоваться при решении следующих типовых проблем с учетом их локальных особенностей:

- оценка сырья, продуктов и оборудования в текстильных технологиях;
- оценка качества работы предприятий и определение политики инвестиций;
- выбор мест размещения предприятий (социо-эколого-экономические аспекты);
- распределение материальных ресурсов с анализом по методу стоимость-эффективность;
- оценка качества организационных, проектных и конструкторских решений;
- оценка качества специалистов, методов и средств их подготовки.

В настоящее время в РосЗИТЛП и МГТУ им. А.Н. Косыгина на основе МАИ проводится научно-методическая разработка конкретных научно-практических проблем из числа вышеуказанных, а также разработка программного обеспечения, ориентированного на использование МАИ:

А) в рамках стандартного программного обеспечения на базе офисных приложений (VBA и MS Excel), что представляет

особые удобства для внедрения МАИ в учебный процесс подготовки кадров и повышения их квалификации, особенно в рамках технологических дисциплин (например, [6...8]);

Б) оригинальной системы поддержки принятия решений в диалоговом режиме, ориентированной на грамотных пользователей, представляющих возможности МАИ и особенности использования метода в конкретных ситуациях.

ВЫВОДЫ

1. Проанализированы информационно-аналитические возможности и перспективы использования метода анализа иерархий для решения многокритериальных, слабоструктурированных проблем текстильных технологий.

2. Указаны конкретные области приложения МАИ и основные направления разработки программного обеспечения алгоритмов метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
2. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. – М.: Дело, 2000.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2002.
4. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
5. www.expertchoice.com.
6. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
8. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбыт-издат, 1989.

Рекомендована кафедрой информационных технологий МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.02.06.