

Рокотянская Виолетта Валерьевна

ассистент кафедры организации
производства и управления
Южно-Российского государственного
университета экономики и сервиса
тел.: (928) 106-36-88

**ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯМИ
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Аннотация:

В статье рассматривается сущность и понятие метода анализа иерархий, этапы и структура данного метода, а также определяются альтернативы по каждому из критериев методом анализа иерархий для крупнейших предприятий легкой промышленности Ростовской области.

Ключевые слова:

метод анализа иерархий, эколого-экономические стратегии, математическое моделирование, легкая промышленность региона.

Rokotyanskaya Violetta Valeryevna

assistant of the chair of organization of
manufacture and management
South Russian State University of
Economy And Service
tel.: (928) 106-36-88

**OPTIMIZATION OF USING OF
REGIONAL NATURAL RESOURCES
BY ENTERPRISES OF
LIGHT INDUSTRY OF
ROSTOV REGION**

The summary:

In the article the essence and concept of a method the analysis of hierarchies, stages and structure of the given method is considered, and also alternatives on each of criteria by a method of the analysis of hierarchies for the largest enterprises of light industry of the Rostov region are defined.

Keywords:

method of analysis of hierarchies, ecological and economic strategy, mathematical modeling, light industry of region.

Одной из основных проблем устойчивого сбалансированного развития Ростовской области является нерациональное использование ресурсной базы социально-экономической системы. Особой ценностью в свете данной проблемы обладают методы оптимизации стратегических управленческих решений, приводящие к повышению эффективности использования ресурсного потенциала региона.

Использование метода анализа иерархий позволяет оценить стратегические альтернативы и выбрать стратегию развития предприятий легкой промышленности Ростовской области с учетом имеющихся природных ресурсов и экологических ограничений [1].

Основное применение метода анализа иерархий – поддержка принятия решений посредством иерархической композиции задачи и рейтингования альтернатив. Метод позволяет провести анализ проблемы, осуществить сбор данных по проблеме, оценить и минимизировать противоречивость данных, организовать обсуждение проблемы, оценить важность учета каждого решения и важность учета каждого фактора, влияющего на принятие решений, оценить устойчивость принимаемого решения.

В работе В.В. Рокотянской, М.В. Россинской [2] проанализированы существующие стратегии развития промышленных предприятий, предложены эколого-экономические стратегии для предприятий легкой промышленности, рассчитана социально-экономическая эффективность от внедрения проекта комплексной переработки отходов предприятий легкой промышленности. Доказано, что данный проект позволит не только развить базу производства удобрений, изоляторов и утеплителей, но также повысить эффективность использования природных ресурсов предприятиями легкой промышленности Ростовской области и значительно улучшить экологическую обстановку в регионе.

Для построения математической модели принятия решения о внедрении предложенного проекта переработки отходов предприятий легкой промышленности на основе метода анализа иерархий сделаем небольшой теоретический экскурс.

Пусть n видов действия или объектов рассматриваются лицом, принимающим решения (ЛПР). Предположим, что цели следующие: высказать суждения об относительной важности предложенных объектов или видов действия; гарантировать такой процесс получения суждений, который позволит качественно интерпретировать суждения по каждому из входящих объектов.

Пусть P_1, P_2, \dots, P_n – данная совокупность объектов (или видов возможных действий). Количественные суждения о парах объектов $C(P_i, P_j)$, входящих в рассматриваемую систему S , представим матрицей размера $n \times n$, имеющей вид: $A = (a_{ij}), (i, j = \overline{1, n})$.

Элементы $A = (a_{ij}), (i, j = \overline{1, n})$ матрицы A зададим по следующим правилам:

Правило 1: Если $a_{ij} = \alpha$, то элемент $a_{ji} = 1/\alpha$, где $\alpha \neq 0$;

Правило 2: Если суждения (относительно рассматриваемых объектов) таковы, что объект P_i имеет одинаковую с объектом P_j относительную важность, то элемент $a_{ij} = 1$ и элемент $a_{ji} = 1$. В частности, $a_{ii} = 1$ для всех номеров $i = \overline{1, n}$.

Матрица A , отвечающая правилам 1,2, называется идеальной матрицей сравнения объектов (P).

Очевидно, что для любых номеров i, k и l справедливо равенство $a_{ik} \cdot a_{kl} = a_{ij}$ (вытекает из правила 1), но лишь для некоторых матриц.

Рассмотрим теперь произвольную квадратную положительную матрицу $A = (a_{ij})$ порядка n . Назовем матрицу обратно-симметричной (ОСМ), если для любых номеров i и j выполняется соотношение $a_{ji} = 1/a_{ij}$; в частности, $a_{ii} = 1$ для всех номеров $i = \overline{1, n}$. Назовем матрицу A согласованной, если для любых номеров i, k и l выполняется равенство $a_{ik} \cdot a_{kl} = a_{ij}$. Видно, что идеальная матрица сравнений включает в себя обратно-симметричные и согласованные матрицы. Упомянем без доказательства, что положительная обратно-симметричная матрица A является согласованной тогда и только тогда, когда порядок n матрицы A равен ее наибольшему собственному значению, то есть $\lambda_{\max} = n$. В частности, для таких матриц ее норма $\|A\|_3 = \sqrt{n}$.

Изменим незначительно элементы ОСМ $A = (a_{ij})$. Можно заметить, что и ее максимальное собственное значение изменится незначительно.

Рассмотрим теперь положительную обратно-симметричную матрицу A . Как известно, она согласованная лишь тогда, когда для произвольной матрицы A ясно, что n не обязательно равно n_{\max} , но можно видеть, что

$$n \leq \lambda_{\max}$$

В качестве степени согласованности матрицы A возьмем отношение $\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$. Это отно-

шение называется индексом согласованности (ИС) матрицы A . В современной литературе считается, что если ИС не превосходит 10 %, то можно быть удовлетворенным степенью высказываемых в дальнейшем суждений об относительной важности объектов P_i системы S .

Описываемые ниже способы нахождения ИС ОСМ A являются эффективными лишь для обратно-симметричных матриц, достаточно близких к согласованным. При любом подходе к суждениям об эксперименте особое значение имеет выбор шкалы сравнений. Главное требование – шкала сравнений должна быть простой и естественной. Обычно в качестве чисел шкалы берут числа от 1 до 9, так как способность человека представлена, как правило, пятью определениями для проводимых разграничений: слабо разграничиваются, равные, сильно разграничиваются, очень сильно, абсолютно разграничиваются.

При анализе интересующей нас структуры экономического объекта-системы число участвующих в ней элементов и взаимосвязей между элементами настолько велико, что превышает возможности ЛПР воспринять информацию в полном объеме. В таком случае, как уже отмечалось, система делится на подсистемы с помощью так называемого иерархического деления.

При этом иерархия представляет собой определенный вид системы, основанный на предположении, что все ее элементы могут группироваться во внешне не связанные множества так, что элементы каждой группы находятся под определенным влиянием элементов некоторой другой вполне определенной группы и в то же время оказывают влияние на элементы третьей группы.

Элементы в каждой группе иерархии, называемой уровнем, являются как бы независимыми друг от друга в этой группе.

Два требования:

1. При анализе функционирования системы необходимо построить иерархию, воспроизводящую функциональные отношения. Для этого сначала перечисляются все элементы, относящиеся к иерархии. Затем они распределяются по группам в соответствии с влиянием между группами. Получаются уровни иерархии. Определяются цели, ради которых ставится и изучается задача объекта, строится иерархия.

2. После того, как уровни иерархии нами получены, составляются матрицы попарных сравнений между этими элементами относительно каждого элемента следующего, более высокого уровня, который будет служить критерием при сравнении.

Задача системного анализа иерархий заключается в определении точного влияния целей $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$ на уровень А через цели промежуточного второго уровня иерархии B_1, B_2, B_3, \dots , поэтому приоритеты целей С относительно каждой из целей В второго уровня иерархии получаются из матриц попарных сравнений относительно этих целей В. Полученные столбцы приоритетов этих целей взвешиваются затем при помощи столбца приоритетов второго уровня (целей В). Это позволяет нам получить в итоге искомым составной столбец приоритетов целей С, влияющих на цель А.

Подход аналитической иерархии предложен Т.Л. Саати для структурирования и анализа сложных ситуаций, а также подготовки решений проблем с несколькими целевыми функциями [3].

Метод анализа иерархий состоит из совокупности этапов.

1. Первый этап заключается в структуризации задачи в виде иерархической структуры с несколькими уровнями: цели – критерии – альтернативы.

2. На втором этапе ЛПР выполняет попарные сравнения элементов каждого уровня. Результаты сравнений переводятся в числа.

3. Вычисляются коэффициенты важности для элементов каждого уровня. При этом проверяется согласованность суждений ЛПР.

4. Подсчитывается количественный индикатор качества каждой из альтернатив и определяется наилучшая альтернатива.

Метод анализа иерархий – метод принятия решений, позволяющий определить некоторые количественные показатели, обеспечивающие числовую шкалу предпочтений для возможных альтернативных решений.

Общая структура метода анализа иерархий может включать несколько иерархических уровней со своими критериями. Сложность этого метода состоит в определении относительных весовых коэффициентов для оценки альтернатив.

Если имеется n критериев на заданном уровне иерархии, соответствующая процедура создает матрицу A размерности $n \times n$, которая называется матрицей парных сравнений и отражает суждение лица, принимающего решение, относительно важности разных критериев. Парное сравнение выполняется таким образом, что критерий в i -ой строке ($i=1,2,\dots,n$) оценивается относительно каждого из критериев, представленных n столбцами.

Согласованность таких обозначений обеспечивается условием: если $a_{ij} = k$, то автоматически следует $a_{ji} = 1/k$. Все диагональные элементы a_{ij} матрицы A должны быть равны 1, так как они выражают оценку критерия относительно себя.

Относительные веса критериев могут быть определены путем деления элементов каждого столбца на сумму элементов этого же столбца. Относительные веса критериев вычисляются в виде средних значений элементов соответствующих строк нормализованной матрицы A . Грубые оценки вектора приоритетов можно получить четырьмя способами:

1. Просуммировать элементы каждой строки и нормализовать делением каждой суммы на сумму всех элементов. Сумма полученных результатов равна единице. Первый элемент результирующего вектора будет приоритетом первого объекта, второй – второго и т.д.

2. Просуммировать элементы каждого столбца и получить обратные величины этих сумм. Нормализовать их так, чтобы их сумма была равна единице, разделить каждую обратную величину на сумму всех обратных величин.

3. Разделить элементы каждого столбца на сумму элементов этого столбца, затем сложить элементы каждой полученной строки и разделить эту сумму на число элементов строки.

4. Умножить n элементов каждой строки и извлечь корень n -ого порядка. Нормализовать полученные числа.

Согласованность означает, что решение будет согласовано с определениями парных сравнений критериев или альтернатив. Свойство согласованности требует линейной зависимости столбцов и строк матрицы A . В частности, столбцы любой матрицы сравнений являются зависимыми, следовательно, такая матрица всегда является согласованной. Так как матрицы

строятся на основе человеческих суждений, то может возникнуть некоторая степень несогласованности, которая должна укладываться в определенные допустимые пределы.

Для выяснения допустимого уровня согласованности необходимо определить соответствующую количественную меру для матрицы сравнений A . Идеально согласованная матрица A порождает нормализованную матрицу N , в которой все столбцы одинаковы.

$$N = \begin{pmatrix} w_1 & w_1 \dots w_1 \\ w_2 & w_2 \dots w_2 \\ \dots & \dots \dots \dots \\ w_n & w_n \dots w_n \end{pmatrix}$$

Следовательно, матрица сравнений A может быть получена из матрицы N путем деления i -го столбца на w_i :

$$A = \begin{pmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} \dots \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 \dots \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots \dots \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} \dots 1 \end{pmatrix}$$

Используя приведенное определение матрицы A , имеем

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} \dots \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 \dots \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots \dots \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} \dots 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \dots \\ nw_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix}$$

Условие согласованности матрицы A : матрица A будет согласованной тогда и только тогда, когда будет выполняться условие $Aw = n w$, где w – вектор столбец относительных весов.

Когда матрица A не является согласованной, относительный вес w_i аппроксимируется средним значением n элементов i -ой строки нормализованной матрицы N . Пусть \bar{w} – вычисленная оценка (среднее значение), можно показать, что $A\bar{w} = n_{\max} \bar{w}$, где n_{\max} в этом случае, чем ближе n_{\max} к n , тем более согласованной является матрица сравнения A .

Значение n_{\max} вычисляется на основе матричного уравнения $A\bar{w} = n_{\max} \bar{w}$, при этом ясно, что i -ое уравнение этой системы имеет вид:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{w}_j = n_{\max} \bar{w}_i, i = 1, 2, \dots, n.$$

Так как $\sum_{i=1}^n \bar{w}_i = 1$, то выполняется

$$\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{w}_j) = n_{\max} \sum_{i=1}^n \bar{w}_i = n_{\max}.$$

Таким образом, величину n_{\max} можно определить путем вычисления вектор-столбца $A\bar{w}$ с последующим суммированием его элементов.

Поставим задачу принятия решения о внедрении проекта переработки отходов легкой промышленности на каждом из исследуемых хозяйствующих субъектов в предположении, что решение принимает руководство предприятий, состоящее из главных специалистов. Данная комиссия определила три основных критерия для оценки альтернатив: R – экономический эффект от внедрения проекта, L – социальный эффект, P – экологический эффект.

Выберем оптимальную альтернативу из таких альтернатив: A – внедрить проект, B – есть сомнения, C – не внедрять проект.

В работе «Методика оценки устойчивого развития промышленных предприятий» [4] определены интегральные показатели экономической, социальной, экологической устойчивости предприятий легкой промышленности Ростовской области: «Глория», «Донецкая мануфактура М», «Дон-Текс». Значения этих показателей дают базу для построения матриц сравнений для крите-

риев и альтернатив. Создаются матрицы сравнения для критериев, которые соответствуют предпочтениям лица, принимающего решение (комиссия) по каждому предприятию типа:

Таблица 1 – Матрица сравнений для критериев – К

Критерий	R	L	P
	Экономический эффект	Социальный эффект	Экологический эффект
R экономический эффект	1	k_{12}	k_{13}
L социальный эффект	$1/k_{12}$	1	k_{23}
P экологический эффект	$1/k_{13}$	$1/k_{23}$	1

На нижнем уровне иерархической схемы сравниваются заданные альтернативы А, В, С по каждому критерию отдельно и по каждому предприятию типа:

Таблица 2 – Матрица сравнений для альтернативы по каждому критерию

Альтернатива	A	B	C
A	1	a_{12}	a_{13}
B	$1/a_{12}$	1	a_{23}
C	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1

По этим матрицам А, В, С, К проводятся расчеты коэффициентов важности соответствующих элементов иерархического уровня: вычисляются собственные векторы матрицы, они нормируются, определяются коэффициенты важности критериев и альтернатив. Таким же способом на основе таблицы 2 можно рассчитать важность каждой альтернативы по каждому из критериев.

Затем определяется наилучшая альтернатива на основе синтеза полученных коэффициентов важности:

$$S_j = \sum_{i=1}^N w_i V_{ji},$$

где S_j – показатель качества j-й альтернативы;

w_i – вес i-го критерия;

V_{ji} – важность j-й альтернативы по i-му критерию.

Альтернатива с наибольшим значением показателя качества считается лучшей, по этим результатам принимается соответствующее решение. Достоинством метода анализа иерархий, привлекающим внимание многих пользователей, является направленность на сравнение реальных альтернатив.

Результаты расчетов, выполненных в математическом пакете MAPLE, сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение альтернативы по каждому из критериев методом анализа иерархий

Альтернатива	ООО ПТФ «Глория»	ОАО «Донецкая мануфактура М»	ЗАО «Дон-Текс»
Внедрить проект	0,703	0,679	0,571
Есть сомнения	0,221	0,252	0,261
Не внедрить проект	0,076	0,067	0,172

Результаты расчетов позволяют сделать выводы о том, что альтернатива А является лучшей для всех 3 исследуемых предприятий, то есть следует внедрить предложенный нами проект комплексной переработки отходов производства легкой промышленности для данных хозяйствующих субъектов.

Ссылки:

1. Россинская М.В., Рокотянская, В.В. Направления повышения устойчивости функционирования предприятий легкой промышленности за счет их экологизации // Инженерный вестник Дона: электронный научно-инновационный журнал. 2010. № 3.
2. Рокотянская В.В., Россинская М.В. Анализ влияния антропогенных факторов промышленного производства на окружающую среду (на материалах легкой промышленности) // Вестник Адыгей-

References (transliterated):

1. Rossinskaya M.V., Rokotyanskaya, V.V. Napravleniya povysheniya ustoychivosti funktsionirovaniya predpriyatii legkoy promyshlennosti za schet ikh ekologizatsii // Inzhenerniy vestnik Dona: elektronniy nauchno-innovatsionniy zhurnal. 2010. No. 3.
2. Rokotyanskaya V.V., Rossinskaya M.V. Analiz vliyaniya antropogennykh faktorov promyshlennogo proizvodstva na okruzhayushchuyu sredu (na materialakh legkoy promyshlennosti) // Vestnik Ady-

- ского государственного университета. Серия «Экономика». 2011. № 2. С. 245–253.
3. Таха А., Хемди. Введение в исследование операций / пер. с англ. М., 2007.
 4. Рокотьянская В.В. Методика оценки устойчивого развития промышленных предприятий (на материалах легкой промышленности Ростовской области) // Развитие современного сервиса: сборник научных трудов по материалам Межвуз. науч.-практ. конф. Проблемы экономики и технологии сервиса. Шахты, 2011. С. 77–83.
3. Takha A., Khemdi. Vvedenie v issledovanie operatsiy / transl. from English. M., 2007.
 4. Rokotyanskaya V.V. Metodika otsenki ustoychivogo razvitiya promyshlennykh predpriyatiy (na materialakh legkoy promyshlennosti Rostovskoy oblasti) // Razvitiye sovremennogo servisa: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhvuz. nauch.-prakt. konf. Problemy ekonomiki i tekhnologii servisa. Shakhty, 2011. P. 77–83.