

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2020. - №4 (107). – С.177-191

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ВЫБОРА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АГРОПРЕДПРИЯТИЙ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

*Г.М.¹ Мауина, докторант
Е.А.² Черткова, д.т.н., профессор
С.А.¹ Нукушева, к.т.н.
У.Ж. Айтимова¹, к.ф.-м.н.*

*¹Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина
пр. Жеңіс, 62, г. Нур-Султан, 010011, Казахстан*

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Покровский бульвар, д. 11, г. Москва, 109028, Россия

Аннотация

В статье рассматривается проблема принятия управленческих решений по сценариям производства агропредприятий Северного Казахстана. Проблема обусловлена наличием множества критериев (параметров) производственно-рыночных условий, корректность учета которых предопределяет качество принятия решения по предпочтительному сценарию функционирования сельскохозяйственного объекта. Целью исследования является структурирование проблемы и формализация задачи принятия решения по выбору сценария производства на агропредприятиях Северного Казахстана в условиях многокритериальности факторов влияния. Методологию исследования составляет системный подход, позволяющий рассматривать систему взаимозависимых компонент (ресурсы, сценарии производства) как замкнутую логическую конструкцию, обеспечивающую с помощью правил анализ сложной проблемы. В качестве математического инструмента системного подхода для решения многокритериальной задачи выбора предпочтительного сценария принят эвристический метод анализа иерархий. На основе этого метода проблема принятия управленческих решений по сценариям производства агропредприятий структурирована в виде доминантной иерархии четырех уровней. Идентифицированы группы критериев, характеризующих условия производства агропредприятия. Для определения степени влияния (приоритетов) критериев рекомендовано введение экспертных оценок критериев с переходом от качественных характеристик к количественным на основе вербально-числовой единой шкалы. Технология расчета приоритетов критериев основана на базе матриц парных сравнений и их собственных векторов. Практическое применение экспертно-статистического метода на основе анализа иерархий взаимозависимых критериев позволяет получить управленческое решение по выбору оптимального сценария производства на агропредприятиях Северного Казахстана в условиях многокритериальности факторов влияния.

Ключевые слова: эвристические методы, многокритериальные задачи; метод анализа иерархий; иерархия систем; векторы приоритетов; принятие решений.

Введение

Развитие аграрного сектора Северного Казахстана является одной из важнейших и приоритетных государственных задач. При рассмотрении проблем прогнозирования и планирования рациональной организации производства и растениеводства необходимо учитывать наличие множества параметров (критериев) производственно-рыночных условий, например, затраты, прибыль, риски и т.п., которые определяют сценарии функционирования сельскохозяйственного объекта. Это обуславливает сложность выбора предпочтительного сценария производства сельскохозяйственной продукции для лица, принимающего решения (ЛПР) по конкретной проблеме прогнозирования и планирования. Высокие требования, предъявляемые к содержанию принимаемых решений, на предприятиях аграрного сектора Северного Казахстана, обуславливают необходимость представления ЛПР оперативной и обоснованной информации. Кроме информационного обеспечения целесообразно применение специальных математических методов, которые относятся к теории принятия решений.

Для решения таких задач выделяют два основных вида: строгие и эвристические методы. Эвристические методы для

решения экономических и научно-технических задач основаны, главным образом, на ряде допущений, упрощающих представления о моделируемых реальных процессах. Такое абстрагирование позволяет подобрать для рассматриваемого процесса адекватную математическую модель, разработать на этой основе соответствующие алгоритмы, составить программу и с помощью компьютера получить приемлемое решение.

Следует отметить, что в случае сложности корректно формализованной модели именно применение эвристической процедуры – с точки зрения ЛПР – столь же приемлемо, а иногда даже предпочтительнее (в смысле затрат), чем более точный алгоритм поиска оптимального решения.

В процессе анализа задачи принятия решений предполагается использование математической модели проблемной ситуации [1]. В качестве модели проблемной ситуации принимается совокупность множества вариантов решений и набор критериев для характеристики последствий их реализации. Для проблемной ситуации конкретного объекта задача принятия решений заключается в поиске оптимального (наилучшего) или допустимого решения. Допустимое решение (или допустимая

альтернатива) должно удовлетворять всем заданным ограничениям (ресурсным, временным и т.п.).

Анализ источников по данной предметной тематике – принятие управленческих решений в сельскохозяйственной индустрии – выявил преимущественные тенденции применения эвристических методов из группы методов многокритериального анализа (Multiple Criteria Decision Analysis — MCDA) [2-4].

Эти методы предназначены для структурирования и решения проблем принятия решений и планирования, связанных с несколькими критериями. Цель состоит в том, чтобы поддержать лиц, принимающих решения, сталкивающихся с такими проблемами. Как правило, не существует единственного оптимального решения для таких задач, и для дифференциации решений необходимо использовать предпочтения лица, принимающего решение.

Множество проблем в условиях многокритериальности задач в зарубежных сельскохозяйственных отраслях исследуется с применением метода анализа иерархии (МАИ). Этот метод, разработанный американским математиком Томасом Саати [5] в 1970-х гг. (Analytic hierarchy process – (АНП)), является структурированным методом организации и анализа сложных решений, основанный на математике и психологии. Следует отметить, что основы этого метода были заложены российскими

учеными Б. Н. Бруком и В. Н. Бурковым в 1972 г. [6].

Применение метода анализа иерархии для принятия решений по конкретным проблемам на агропредприятиях многих стран сочетается с другими аналитическими методами. Для принятия решений по оценке влияния проекта консолидации земель на качество обрабатываемых земель применялся метод анализа иерархий в сочетании с методом корреляционного анализа для определения поправочных коэффициентов землепользования и методы регрессионного анализа [7].

Заслуживающим внимания является применение МАИ с вероятностным подходом к измерению информации для количественной оценки и диагностика устойчивости региона к сельскохозяйственной засухе [8]. Этот подход обусловлен различной вероятностью событий и количеством информации, полученной при совершении событий. Для принятия решений по оценке пропускной способности сельскохозяйственных водных и земельных ресурсов в Казахстане с 2001 по 2017 годы были объединены с процессом аналитической иерархии метод энтропийного веса и нечеткая комплексная модель иерархии [9].

Особая модификация анализа иерархий – нечеткая аналитическая иерархия (Fuzzy АНП) повсеместно применяется в последние годы для решения задач принятия решений в сельскохозяйственных отраслях.

Например, для изучения четырех различных типов сельского хозяйства – «традиционное сельское хозяйство», «земледелие с использованием искусственного интеллекта», «вертикальное сельское хозяйство» и «мясо на растительной основе» – применялся процесс нечеткой аналитической иерархии с интервальными значениями критериев [10]. В сочетании с географической информационной системой применение нечеткой аналитической иерархии позволило исследователям смоделировать пригодности сельскохозяйственных земель в региональном масштабе с целью выбора решения по устойчивому управлению [11].

Для принятия управленческих решений по различным задачам в сельскохозяйственных отраслях используется сочетание МАИ с экологическими и технико-экономическими оценками жизненных циклов исследуемых объектов [12,13]. Следует отметить применение МАИ в сфере развития сельского хозяйства с использованием высоких технологий [14]. В этой области для принятия решений на агропредприятиях создается с использованием МАИ иерархическая система индексов оценки высоких технологий в сельском хозяйстве. При этом для комплексной оценки применяется нейронная сеть с обратным распространением.

В качестве объекта аграрной отрасли Северного Казахстана может быть рассмотрено аграрное

предприятие, занимающееся растениеводством. При наличии множества параметров (критериев) производственно-рыночных условий работы аграрного предприятия Северного Казахстана выбор предпочтительного сценария относится к многокритериальным задачам принятия решений. Это обуславливает необходимость учета влияния критериев на конечную альтернативу выбора сценария работы объекта, что позволит повысить качество принимаемых управленческих решений в условиях многофакторного анализа и доступности экспертной информации.

Обзор и анализ исследований прикладных задач для сельскохозяйственных объектов в условиях многокритериальности факторов влияния выявил целесообразность применения эвристического метода анализа иерархии для принятия управленческих решений для агропредприятий Северного Казахстана. Учет влияния критериев на конечную альтернативу выбора сценария работы агропредприятия направлен на повышение качества принимаемых управленческих решений в условиях многофакторного анализа и доступности экспертной информации. Для конкретного агропредприятия при поиске управленческого решения по выбору оптимального сценария производства необходимо разрабатывать оригинальную модель, учитывающую

специфические условия многокритериальности факторов производства при наличии влияния.

Материалы и методика исследования

1.

Иерархия управляющих критериев задачи выбора сценария производства

Прикладные научные исследования производства Северо-Казахстанского агропромышленного комплекса выявили наличие управляющих критериев (параметров) производственно-рыночных условий, которые оказывают влияние на функционирование агропредприятия [15]. Комплексная оценка каждого альтернативного сценария производства должна

производиться с учетом влияния всех управляющих критериев.

Идентифицируем по четырем группам управляющие критерии и подкритерии [15] для последующей оценки всех исследуемых решений по выбору сценария производства агропредприятия (рисунок 1):

- Группа 1. Условия по структуре посевов и севооборотам
- Группа 2. Ресурсы предприятия
- Группа 3. Условия по емкости рынка и контрактным обязательствам
- Группа 4. Риски

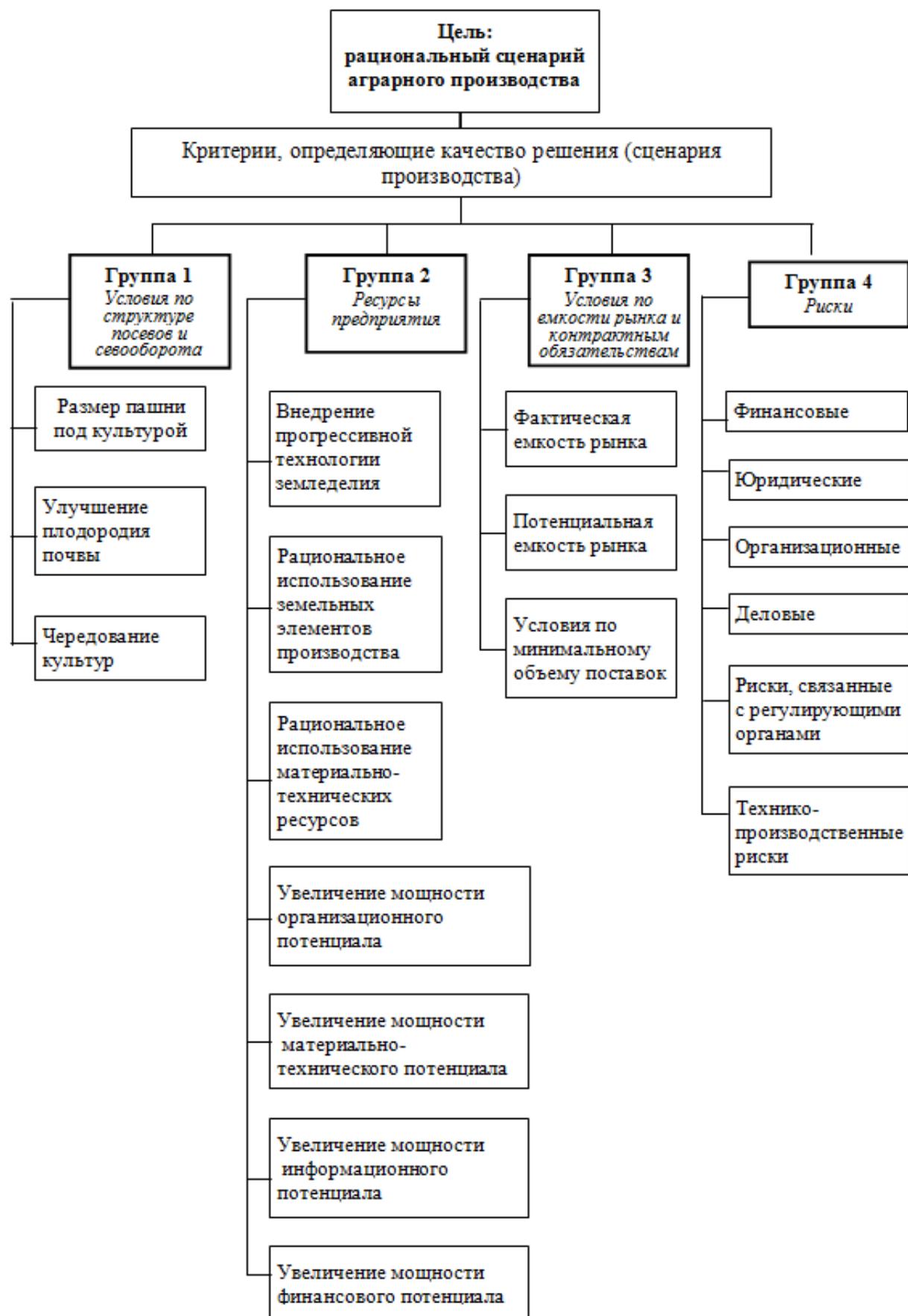


Рисунок 1. Иерархия критериев выбора сценария агропроизводства

2. Метод анализа иерархий для многокритериальной задачи принятия решений

В общем виде математическая модель для многокритериальных задач принятия решений может быть представлена следующим кортежем [16]:

$$\langle S; E_1, \dots, E_m; M \rangle, \quad (1)$$

где S – множество вариантов решения (для нашей задачи – альтернативные сценарии производства агропредприятия), E_1, \dots, E_m – критерии задачи (для нашей задачи – это критерии выбора варианта сценария) работы предприятия), m – количество критериев ($m \geq 2$), M – множество отношений предпочтений экспертов для сравнения критериев (отношения нестрогого предпочтения).

Совокупность значений $E_i(s)$, образуют векторную оценку варианта решения s из множества вариантов S .

В качестве систематической процедуры для иерархического представления элементов, определяющих суть проблемы оптимизации выбора управленческого решения для производства на аграрных предприятиях Северного Казахстана, был выбран эвристический метод анализа иерархий. Метод основан на обработке экспертной информации, получаемой при парном сравнении элементов рассматриваемой проблемы и последующем

иерархическом синтезе результатов.

Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений лиц, принимающих решения, по парным сравнениям. В результате определяется относительная значимость исследуемых альтернатив для всех критериев, находящихся в иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов. Полученные таким образом значения векторов являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам.

Для анализа многокритериальной задачи принятия решений из множества альтернатив представим математическую модель (1) в виде (2), чтобы отразить множество вариантов решения, количество уровней иерархии, множество отношений предпочтения экспертов на каждом уровне, количество критериев на каждом уровне:

$$\langle S^1, S^2, \dots, S^z; E_1^1, E_2^1, \dots, E_i^1; E_1^2, E_2^2, \dots, E_j^2; \dots; E_1^z, E_2^z, \dots, E_m^z; M^z \rangle, \quad (2)$$

где S^z – множество вариантов решения (множество альтернативных типов экспертных систем), z – количество уровней иерархии ($z = 1, 2, \dots, Z$), E_1^z, \dots, E_m^z – критерии задачи (критерии эффективности сценария), M^z – множество отношений

предпочтений экспертов на каждом уровне, i, j, f – количество критериев на каждом уровне.

Каждый вариант решения S из множества вариантов S^z характеризуется значениями $E_i(s)$, образующего векторную оценку $p(s)$ этого варианта:

$$p(s) = (E_1(s), \dots, E_m(s)) \quad (3)$$

Для сравнения критериев между собой используются предпочтения M , данные лицами, принимающими решения – экспертами. Моделируются данные предпочтения при помощи отношения нестрогое предпочтения M на P : $p'Mp''$, что означает, что векторная оценка p' не менее предпочтительна, чем p'' и т.д. Предпочтения строятся на основе набора критериев E_1, \dots, E_m , по которым оцениваются альтернативные решения. Примем для каждого критерия, что большие его значения предпочтительнее меньших. Тогда, на множестве векторных оценок вариантов может

2.1. Синтез сравнительных суждений

В рамках математической модели многокритериального анализа необходимо провести сравнение всех критериев и выявить обобщенную векторную оценку каждого альтернативного решения. Таким образом, ранжирование элементов, анализируемых с использованием матриц парных сравнений, будет осуществляться на основе главных собственных векторов, получаемых в результате обработки матриц.

быть определено отношение Парето.

Отметим, что критерии для задачи выбора преимущественного сценария (варианта) производства на аграрных предприятиях имеют качественную составляющую, поэтому оценка критериев выполняется экспертами на основе единой шкалы. Шкала сравнения выбрана девятибалльной, позволяющей экспертам осуществить оценку разнородных факторов. Как показывают работы Т. Саати сравнение этой шкалы со многими другими шкалами, предложенными разными авторами, показала преимущества 9-ти балльной шкалы [5].

Важно подчеркнуть, что многокритериальная оптимизация, являясь достаточно сложной проблемой с чисто математической точки зрения, остается при этом даже после своего формального решения проблемой принятия решения: выбор окончательного единственного компромиссного решения – прерогатива лица, принимающего решения.

Для получения глобального вектора оценки альтернативных сценариев производства, который будет объединять в себе векторную оценку P^z каждого уровня, можно воспользоваться известными функциями свертки, при помощи которых все векторные оценки критериев E_i^z сворачиваются в одну обобщенную векторную оценку:

$$B(P_i, P_j^{i'}) = b(p_1, p_1^{i'}, \dots, p_i, p_j^{i'}) \quad (4)$$

При оценке предпочтительности вариант считается тем лучше, чем больше значение обобщенного вектора (свертки) B .

Наиболее распространенным является обобщение на основе средне взвешенной степенной:

$$B_i = \left(\sum_{j=1}^n p_i p_j^i \right)^{1/z}, \quad z \neq 0 \quad (5)$$

Так как для свертки берутся два соседних уровня, применим линейную свертку:

$$B_1 = \sum_{i=1}^n p_i p_1^{i'}, \quad (6)$$

где B – обобщенный вектор, p' – критерий нижнего уровня, а p – вектор важности критерия на уровне z .

Согласно математической теории обобщенные критерии можно строить только на основе количественных критериев E_i , однако на практике их конструируют и из бальных, и из ранговых критериев, и из критериев, значениями которых служат номера градаций и шкал (т.е. качественных). Далее для выбора лучшего сценария производства агропредприятия при сравнении нескольких альтернатив S из множества вариантов S будет выбран вариант с максимальной векторной оценкой $p(S)$.

Примем условия парного сравнения критериев:

1. Любое

$m_{ii} = 1$, т.к. результат сравнения элемента с самим собой дает

$$M^z = \begin{bmatrix} 1 & m_{12} & \dots & m_{1j} \\ \frac{1}{m_{12}} & 1 & \dots & m_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{m_{1j}} & \frac{1}{m_{2j}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

На основе качественных оценок экспертов по критериям,

равнозначный результат;

2. Если

$m_{ij} = x$, то $m_{ji} = \frac{1}{x}$ и $x \neq 0$, так как результатом обратного сравнения двух элементов может быть соответственно обратная величина (из-за свойства обратной совместимости).

Тогда соответствующая матрица парных сравнений элементов иерархии будет иметь свойства обратной симметричности (7):

влияющих на сценарии производства агропредприятия, с

использованием описанной выше шкалы, будут получены количественные суждения сравнения пар (E_i^z, E_j^z) в числовом выражении m_{ij} .

Дальнейшая задача сводится к тому, чтобы критериям иерархии $E_1^z, E_2^z, \dots, E_n^z$, поставить в соответствие множество числовых весов $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$, которые отражали бы идеальные зависимости и разницы (соответствовали точному

$$\omega_i = m_{ij} \omega_j (i, j = 1, 2, \dots, n), \quad (8)$$

а для приближенного к реальности варианта (для каждого фиксированного i)

$$\omega_i = \text{среднее из } (m_{i1} \omega_1, m_{i2} \omega_2, \dots, m_{in} \omega_n) \quad (9)$$

или

$$\omega_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_{ij} \omega_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n), \quad (10)$$

что соответствует формуле нахождения среднего значения. Однако необходимо убедиться, что это позволит определить ω_i , при четко заданных m_{ij} .

Важно отметить, что при хороших (максимально близких к идеальным) оценках m_{ij} приближается к ω_i / ω_j и, следовательно, является малым возмущением этого отношения. Так

$$\omega_i = \frac{1}{\lambda_{\max}} \sum_{j=1}^n m_{ij} \omega_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

Данное выражение имеет решение, которое также как и предыдущее (10) должно быть единственным. Таким образом, задача преобразуется в задачу о собственном значении.

После составления матриц и выражения субъективных парных суждений с использованием шкалы

решению).

Для реализации данной цели необходимо нечетко сформулированной задаче придать строгую математическую форму и, тем самым, отразить практическую ситуацию в абстрактной математической структуре. Опишем, каким образом веса ω_i , зависят от суждений m_{ij} .

В идеальном случае:

как m_{ij} изменяется, то и соответствующее решение по формуле (10), определяющее ω_i и ω_j , может меняться для того, чтобы подстроиться к отклонению m_{ij} от идеального случая. Тогда обозначив n через λ_{\max} , получим следующее выражение:

относительной важности вычисляется множество собственных векторов для каждой матрицы.

Нормализация значения собственного вектора каждой строки матрицы дает значение вектора приоритетов:

$$p_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^n d_i}, \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

где d_j – значение собственного вектора приоритетов j -ой строки;

$\sum_{i=1}^n d_i$ – сумма всех значений

собственного вектора для матрицы.

Согласованность полученных результатов оценки проводится при

$$ИС = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}, \quad (13)$$

где λ_{\max} – максимальное собственное значение, n – размерность матрицы.

Отношение согласованности ОС может быть определено как $ОС = ИС / СИ$, где $СИ$ – значение случайного индекса согласованности для матрицы данной размерности. $СИ$ соответствует средним индексам

2.2. Синтез приоритетов на иерархии

Для глобальной оценки, учитывающей результаты сравнения на разных уровнях полной доминантной иерархии поставленной задачи, была использована формула линейной свертки, которая позволяет получить значение глобального вектора приоритетов. Глобальный вектор приоритетов учитывает результат сравнения критериев на двух уровнях.

Для выявления основных или глобальных приоритетов для двух

$$b_i = \sum_{j=1}^n (p_i'^j \cdot p_j) \quad (14)$$

где b_i – переменная, характеризующая значение глобального вектора приоритетов для i -ого элемента нижнего уровня иерархии, который объединяет в

помощи индекса согласованности ($ИС$) и отношения согласованности ($ОС$). Для обратно симметричной матрицы:

согласованности для сгенерированных случайным образом матриц такой же размерности. Для получения приемлемой согласованности необходимо, чтобы $0 \leq ИС \leq 0,2$ и $0 \leq ОС \leq 0,2$. Для других значений согласованности необходим пересмотр суждения экспертов.

различных уровней иерархии следует объединить значения векторов приоритетов в матрицу. Обозначим вектор нижнего уровня приоритетов как $p_i'^j$, где $i = 1, 2, \dots, m$ – порядковый номер элемента нижнего уровня иерархии, а $j = 1, 2, \dots, n$ – порядковый номер элемента верхнего уровня иерархии. Тогда для нахождения глобального вектора элемента иерархии нижнего уровня следует выполнить расчет по формуле:

себе значение векторов приоритета для нескольких уровней иерархии.

Для задачи выбора решений по сценариям производства аграрного предприятия значение

глобального вектора приоритетов позволяет в численной форме оценить влияние элементов иерархии на нижний уровень, на котором отражены альтернативные

3.

Доминантная иерархия задачи выбора сценария производства агропредприятия

Структурируем проблему выбора предпочтительного сценария производства агропредприятия в условиях многокритериальности задачи в виде полной доминантной иерархии. Следует отметить, что доминантная иерархия является определенным типом системы, основанным на предположении, что элементы системы могут группироваться в несвязанные множества. Элементы каждой группы находятся под влиянием элементов некоторой вполне определенной группы и, в свою очередь, оказывают влияние на элементы другой группы.

Доминантная иерархия задачи построена 4-х уровневой:

- 1-й (высший) уровень отражает цель: оптимальный сценарий производства агропредприятия;

Таблица 2. обозначения критериев на доминантной иерархии и в матрицах сравнения

решения. Это дает возможность провести анализ нескольких альтернативных решений и выбрать из них наиболее подходящее.

- 2-й уровень содержит группы критериев, характеризующих условия по структуре посевов и севооборота (группа 1), ресурсы предприятия (группа 2), условия по емкости рынка и контрактным обязательствам (группа 3) и риски (группа 4);

- 3-й уровень отражает совокупность управляющих критериев в каждой из 4-х групп;

- 4-й уровень содержит альтернативные сценарии производства агропредприятия, которые должны быть оценены по отношению к критериям 3-го уровня и группам управляющих критериев 2-го уровня.

Отметим, что количество альтернативных стратегий на 4-м уровне выбрано произвольным, как пример для конкретизации модели.

В таблице 2 представлены обозначения критериев на доминантной иерархии и в матрицах сравнения.

Критерий	Обозначение на иерархии и в матрице сравнения	
<i>Группа 1. Критерии, характеризующие условия по структуре посевов и севооборотам</i>		E_1^2
Размер пашни под культурой		E_1^3
Улучшение плодородия почвы		E_2^3
Чередование культур		E_3^3
<i>Группа 2. Критерии, характеризующие ресурсы предприятия</i>		E_2^2

Внедрение прогрессивной технологии земледелия	E_4^3
Рациональное использование земельных элементов производства	E_5^3
Рациональное использование материально-технических ресурсов	E_6^3
Увеличение мощности материально-технического потенциала	E_7^3
Увеличение мощности организационного потенциала	E_8^3
Увеличение мощности информационного потенциала	E_9^3
Увеличение мощности финансового потенциала.	E_{10}^3
<i>Группа 3. Критерии, характеризующие условия по емкости рынка и контрактным обязательствам</i>	E_3^2
Фактическая емкость рынка	E_{11}^3
Потенциальная емкость рынка	E_{12}^3
Условия по минимальному объему поставок	E_{13}^3
<i>Группа 4. Критерии, характеризующие риски</i>	E_4^2
Финансовый (экономический) риск	E_{14}^3
Юридический риск	E_{15}^3
Организационные риски	E_{16}^3
Деловой риск	E_{17}^3
Риск, связанный с регулирующими органами	E_{18}^3
Технико-производственные риски	E_{19}^3

На рисунке 3 показана доминантная иерархия представления задачи выбора сценария производства агропредприятия.

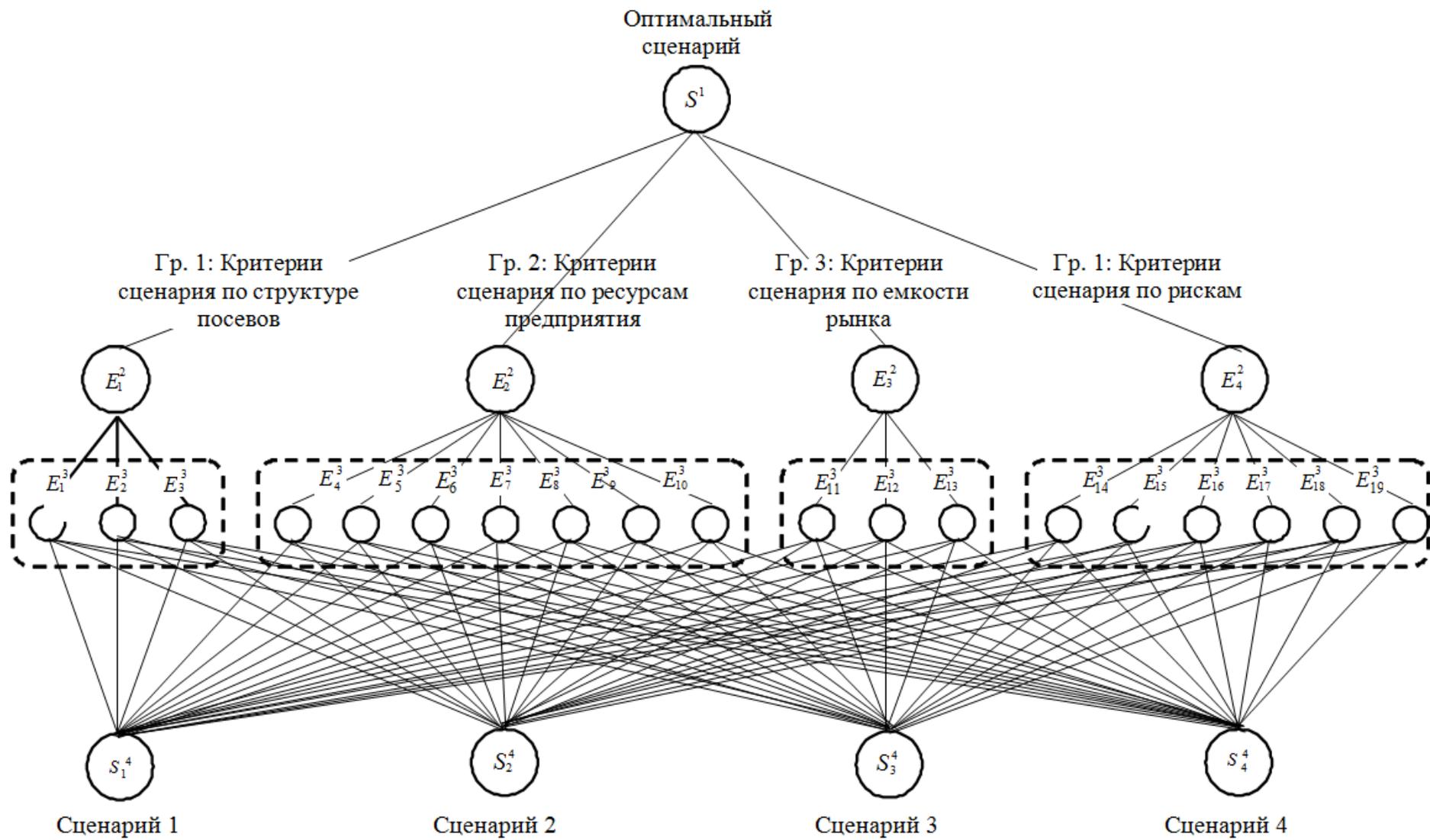


Рисунок 3. Доминантная иерархия представления задачи выбора сценария производства агропредприятия

После построения доминантной иерархии проблемы выбора сценария производства агропредприятия предприятия следует установить приоритеты критериев и оценить каждый из альтернативных сценариев по критериям, выявив оптимальный из них. В соответствии с полной доминантной иерархией (см. рис. 3) были сформированы квадратные матрицы $M^z = (m_{ij})$ для оценки количественных суждений о каждой паре компонентов (E_i^z, E_j^z) :

- матрица парных сравнений групп управляющих критериев между собой (для второго уровня иерархии);

- матрица парных сравнений критериев по структуре посевов;

- матрица парных сравнений критериев, характеризующих ресурсы предприятия;

- матрица парных сравнений критериев, характеризующих емкость рынка;

- матрица парных сравнений критериев, характеризующих риски.

Количественные суждения сравнения пар (E_i^z, E_j^z) в числовом выражении m_{ij} получаются на основе оценки экспертов, которая осуществляется с использованием 9-ти балльной шкалы относительной важности. Иными словами, m_{ij} – число, соответствующее значимости элемента E_i по сравнению с E_j .

После составления матриц и выражения субъективных парных суждений с использованием шкалы относительной важности

вычисляется множество собственных векторов для каждой матрицы. После нормализации собственные вектора становятся векторами приоритетов p_j . Для сравнения альтернативных стратегий по каждому управляющему критерию составляются матрицы на каждый критерий (в условиях данной задачи – 19 матриц).

Иерархический синтез для данной задачи заключается в последовательном определении векторов приоритетов альтернативных сценариев относительно управляющих критериев и групп критериев (2-й и 3-й иерархические уровни).

Для глобальной оценки, учитывающей результаты сравнения на разных уровнях полной доминантной иерархии поставленной задачи, используется формула линейной свертки, которая позволяет получить значение глобального вектора приоритетов. Глобальный вектор приоритетов учитывает результат сравнения критериев на двух уровнях. Расчет значений данного вектора выполнялся по формуле (14).

В таблице 3 приведена матрица приоритетов альтернативных стратегий по критериям задачи для расчета глобального вектора выбора сценария производства агропредприятия по критериям группы 1 «Условия по структуре посевов».

Таблица 3. Расчет глобального вектора выбора стратегии развития предприятия по критериям группы 1 «Условия по структуре посевов»

	Управляющие критерии выбора сценария производства развития			Значение глобального вектора приоритетов
	E_1^3	E_2^3	E_3^3	
Значение вектора приоритетов критериев	P_1	P_2	P_3	
s_1^4	$P_1'^1$	$P_1'^2$	$P_1'^3$	$b_1'^1$
s_2^4	$P_2'^1$	$P_2'^2$	$P_2'^3$	$b_2'^1$
s_3^4	$P_3'^1$	$P_3'^2$	$P_3'^3$	$b_3'^1$
s_4^4	$P_4'^1$	$P_4'^2$	$P_4'^3$	$b_4'^1$

Значения глобального вектора приоритетов позволяют в численной форме оценить влияние управляющих критериев на самый нижний уровень, где

располагаются альтернативные сценарии производства предприятия и выбрать из них оптимальный вариант.

Основные результаты исследований НИР

Сформирована модель принятия управленческого решения по выбору оптимального сценария производства на агропредприятиях Северного Казахстана в условиях многокритериальности факторов влияния.

рационального сценария производства, начиная с вершины (цели), через промежуточные уровни (перечень критериев) к нижнему уровню (перечень альтернативных сценариев производства).

Предложена следующая структура и этапы решения по выбору сценария производства на агропредприятиях Северного Казахстана на основе эвристического метода анализа иерархий:

3. Построение множества матриц парных сравнений; для каждого из нижних уровней по одной матрице для каждого элемента примыкающего сверху уровня.

1. Формирование иерархии управляющих критериев – параметров производственно-рыночных условий – для выбора сценария производства агропредприятия.

4. Синтез множественных суждений, базирующихся на результатах парных сравнений.

2. Построение иерархической структуры проблемы выбора

5. Проведение проверки индекса согласованности каждой матрицы.

6. Применение иерархического синтеза для взвешивания собственных векторов

весаами критериев; вычисление суммы по всем взвешенным компонентам собственных векторов уровня иерархии, лежащего ниже.

7. Оценка альтернативных решений по выбору сценария производства и нахождение наилучшего из них.

Обсуждение полученных результатов и заключение

Применение метода анализа иерархий к исследуемой проблеме позволяет рациональным образом структурировать задачу принятия решения в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов сценариев производства на аграрном предприятии. Этот метод относится к классу критериальных и отличается тем, что не предписывает лицу, принимающему решение, какого-либо «правильного» решения, а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению.

Для определения степени влияния (приоритетов) критериев рекомендовано введение

экспертных оценок критериев с переходом от качественных характеристик к количественным на основе вербально-числовой единой шкалы. Разработанная модель с доминантной иерархией задачи выбора сценария производства агропредприятия Северного Казахстана позволяет осуществлять расчеты с изменением входных параметров в том числе: количеством альтернативных сценариев производства и экспертных оценок критериев. Это качество модели определило ее универсальность при осуществлении поиска управляющих решений для выбора оптимального сценария производства агропредприятия в условиях многокритериальности и доступности экспертных оценок.

Список литературы

- 1 Халин В.Г. и др. Теория принятия решений в 2 т. – М.: Изд. ЮРАЙТ, 2020.
- 2 Figueira J., Greco S., Ehrgott M. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. – New York: Springer Science & Business Media, 2005. – 1045 p.
- 3 Wallenius J., Dyer J. S., Fishburn P. C., Steuer R. E., Zionts S. and Deb K. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: Recent accomplishments and what lies ahead // Management Science. – 2008. – V. 54(7). – P. 1336-1349.
- 4 Roy B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding. – Boston: Springer, 1996. – 316 p.
- 5 Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 296 p.

6 Брук Б., Бурков В.Н. Методы экспертных оценок в задачах упорядочения объектов // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1972. № 3. С. 29-39.

7 Kuang, L. [et al.]. Evaluation on influence of land consolidation project on cultivated land quality based on agricultural land classification correction method / Nongye Gongcheng Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. Volume 32, Issue 17, 1 September 2016, P. 198-205

8 Chen, M. [et al.]. Quantitative assessment and diagnosis for regional agricultural drought resilience based on set pair analysis and connection entropy / Entropy. Volume 21, Issue 4, 1 April 2019.

9 Zhu, W. [et al.]. Evaluation on Carrying Capacity of Agricultural Water and Land Resources and Identification of Affecting Factors in Kazakhstan / Arid Zone Research. Volume 37, Issue 1, 1 January 2020, P. 254-263.

10 Alem, S. Special Agriculture Production Selection Using Interval Type-2 Fuzzy AHP (Conference Paper). / Advances in Intelligent Systems and Computing / Volume 1197, 2021, P. 557-566.

11 Tashayo, B., Honarbakhsh, A. Combined Fuzzy AHP–GIS for Agricultural Land Suitability Modeling for a Watershed in Southern Iran / Environmental Management. Volume 66, Issue 3, September 2020, P. 364-376.

12 Wang, B., Song, J. [et al.]. Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective / Resources, Conservation and Recycling. Volume 142, 2019, P. 78-87.

13 Król-Badziak A., Pishgar-Komleh S. H. [et al.]. Environmental and socio-economic performance of different tillage systems in maize grain production: Application of Life Cycle Assessment and Multi-Criteria Decision Making. / Journal of Cleaner Production. Volume 278, 2021.

14 Wang C., Liu S. [et al.]. Application of machine learning in comprehensive evaluation of agricultural high-tech. / International Conference on Computer Science and Application Engineering, CSAE 2019; Sanya; China.

15 Трансферт и адаптация технологий по точечному земледелию при производстве продукции растениеводства по принципу «демонстрационных хозяйств» (полигонов) в Северо-Казахстанской области [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.): / КАТУ им. С. Сейфуллина; рук. Куришбаев А.К. – Н., 2019. – 349 с. №ГР 0118РК01393.

16 Подиновский В.В. Количественная важность критериев // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 5. – С. 110-123.

References

1 Halin V.G. i dr. Teoriya prinyatiya reshenij v 2 t. – М.: Izd. YURAJT, 2020.

2 Figueira J., Greco S., Ehrgott M. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. – New York: Springer Science & Business Media, 2005. – 1045 p.

3 Wallenius J., Dyer J. S., Fishburn P. C., Steuer R. E., Zionts S. and Deb K. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: Recent accomplishments and what lies ahead // *Management Science*. – 2008. – V. 54(7). – P. 1336-1349.

4 Roy B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. – Boston: Springer, 1996. – 316 p.

5 Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 296 p.

6 Bruk B., Burkov V.N. Metody ekspertnyh ocenok v zadachah uporyadocheniya ob"ektov // *Izvestiya AN SSSR. Tekhnicheskaya kibernetika*. 1972. № 3. P. 29-39.

7 Kuang, L. [et al.]. Evaluation on influence of land consolidation project on cultivated land quality based on agricultural land classification correction method / *Nongye Gongcheng Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. Volume 32, Issue 17, 1 September 2016, P. 198-205

8 Chen, M. [et al.]. Quantitative assessment and diagnosis for regional agricultural drought resilience based on set pair analysis and connection entropy / *Entropy*. Volume 21, Issue 4, 1 April 2019.

9 Zhu, W. [et al.]. Evaluation on Carrying Capacity of Agricultural Water and Land Resources and Identification of Affecting Factors in Kazakhstan / *Arid Zone Research*. Volume 37, Issue 1, 1 January 2020, P. 254-263.

10 Alem, S. Special Agriculture Production Selection Using Interval Type-2 Fuzzy AHP (Conference Paper). / *Advances in Intelligent Systems and Computing / Volume 1197*, 2021, P. 557-566.

11 Tashayo, B., Honarbakhsh, A. Combined Fuzzy AHP–GIS for Agricultural Land Suitability Modeling for a Watershed in Southern Iran / *Environmental Management*. Volume 66, Issue 3, September 2020, P. 364-376.

12 Wang, B., Song, J. [et al.]. Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective / *Resources, Conservation and Recycling*. Volume 142, 2019, P. 78-87.

13 Król-Badziak A., Pishgar-Komleh S. H. [et al.]. Environmental and socio-economic performance of different tillage systems in maize grain production: Application of Life Cycle Assessment and Multi-Criteria Decision Making. / *Journal of Cleaner Production*. Volume 278, 2021.

14 Wang C., Liu S. [et al.]. Application of machine learning in comprehensive evaluation of agricultural high-tech. / *International Conference on Computer Science and Application Engineering, CSAE 2019*; Sanya; China.

15 Transfert i adaptaciya tekhnologij po tochechnomu zemledeliyu pri proizvodstve produkcii rastenievodstva po principu «demonstracionnyh hozyajstv» (poligonov) v Severo-Kazahstanskoj oblasti [Tekst]: otchet o NIR (promezhutoch.): / KATU im. S. Sejfullina; ruk. Kurishbaev A.K. – N., 2019. – 349 p. №GR 0118RK01393.

16 Podinovskij V.V. Kolichestvennaya vazhnost' kriteriev // *Avtomatika i telemekhanika*. – 2000. – № 5. – P. 110-123.

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ АГРОКӘСІПОРЫНДАРЫНА АРНАЛҒАН БАСҚАРУДЫ ТАҢДАУДЫҢ ЭВРИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛІ

*Г.М. ¹Мауина, докторант
Е.А Черткова. ², т.ғ.д., профессор
С.А. ¹Нукушева, т.ғ.к.
У.Ж. ¹Айтимова, ф.-м.ғ.к.*

*¹ Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті
Жеңіс даңғылы, 62, Нұр-Сұлтан, 010011, Қазақстан*

*² Ұлттық зерттеу университеті, Жоғары экономика мектебі, Покровский
бульвары, 11, Мәскеу, 109028, Ресей*

Түйін

Мақала Солтүстік Қазақстанның агрокәсіпорындарында өндірістің оңтайлы сценарийін таңдау бойынша басқарушылық шешімдерді қабылдау міндетін формализациялау және мәселені құрылымдауға арналған. Осы аймақтың ауылшаруашылық объектілерінің жұмыс істеу ерекшелігі өндірістік және нарықтық жағдайлардың көптеген параметрлерінің (өлшемдерінің) болуы, мысалы, шығындар, пайда, тәуекелдер және т.б. Мәселенің негізгі психологиялық аспектісі: өндірістің балама сценарийін таңдауды әсер ету факторларының көп өлшемділігі және сараптамалық бағалаудың қол жетімділігі жағдайында басқарушы шешім қабылдайтын адам анықтайды.

Осыған байланысты иерархияларды талдаудың эвристикалық әдісі артықшылықты сценарийді таңдаудың көп өлшемді мәселесін шешудің жүйелік тәсілінің математикалық құралы ретінде қабылданды. Бұл әдісті қолдану өндірістің таңдаулы сценарийін таңдау бойынша басқарушылық шешім қабылдау міндетін формализациялауға мүмкіндік берді. Әзірленген эвристикалық модель шешім қабылдаушыға интерактивті түрде мәселенің мәні мен оны шешуге қойылатын талаптарды түсінуге сәйкес келетін осындай балама сценарийді табуға мүмкіндік береді.

Кілттік сөздер: эвристикалық әдістер, көп критерийлік тапсырмалар; иерархияларды талдау әдісі; жүйелер иерархиясы; басымдықтардың векторлары; шешімдерді қабылдау.

A HEURISTIC APPROACH TO THE CHOICE OF MANAGEMENT SOLUTIONS FOR AGRICULTURAL ENTERPRISES IN NORTHERN KAZAKHSTAN

*G.M. ¹Mauina, doctoral student
E.A. ²Chertkova, Doctor of Technical Sciences, Professor
S.A. ¹Nukusheva Candidate of Technical Sciences
U. Zh. ¹Aitimova Candidate of Physical and Mathematical Sciences*

¹*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Zhenisave, 62, Nur-Sultan, 010011, Kazakhstan*

²*National Research University "Higher School of Economics", 11 Pokrovsky Boulevard, Moscow, 109028, Russia*

Summary

The article is devoted to the structuring of the problem and the formalization of the problem of making managerial decisions on the choice of the optimal production scenario at agricultural enterprises in Northern Kazakhstan. A feature of the functioning of agricultural objects in this region is the presence of many parameters (criteria) of production and market conditions, for example, costs, profits, risks, etc. The key psychological aspect of the problem: the choice of an alternative production scenario is determined by the person who makes the control decision in conditions of multi-criteria influence factors and the availability of expert assessments.

In this regard, the heuristic method for analyzing hierarchies is adopted as a mathematical tool of the systemic approach for solving the multicriteria problem of choosing the preferred scenario. The application of this method made it possible to formalize the task of making a managerial decision on the choice of the preferred production scenario. The developed heuristic model allows the person who makes the decision to interactively find an alternative scenario that best matches his understanding of the essence of the problem and the requirements for its solution.

Key words: heuristic methods, multicriteria problems; analytic hierarchy process; hierarchy of systems; vectors of priorities; making decisions.

Благодарность: научная работа проводилась в рамках научно-технической программы №BR06349506 «Трансферт и адаптация технологий по точному земледелию при производстве продукции растениеводства по принципу «демонстрационных хозяйств (полигонов)» в Северо-Казахстанской области».