

УДК 631.158

UDC 631.158

08.00.00 Экономические науки

Economic sciences

**МОДЕЛИ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ
ТЕХНОЛОГИЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ
РАСТЕНИЕВОДСТВА): ПРОГРАММНАЯ
РЕАЛИЗАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ¹**

**MODELS AND METHODS OF EVALUATING
TECHNOLOGIES OF AGRICULTURAL
PRODUCTION (ON THE EXAMPLE OF CROP
PRODUCTION): SOFTWARE
IMPLEMENTATION AND MAIN RESULTS**

Лойко Валерий Иванович,
заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 7081-8615

Loiko Valery Ivanovich
Honoured Science Worker of Russian Federation,
Dr.Sci.Tech., professor

Ткаченко Василий Владимирович
к.э.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 6878-2800
tkachenkovasso@yandex.ru

Tkachenko Vasily Vladimirovich
Cand.Econ.Sci., assistant professor

tkachenkovasso@yandex.ru

Лытнев Николай Николаевич
магистрант
kalyan3g3@gmail.com
*Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина, Россия, 350044,
Краснодар, Калинина ул., 13,*

Litnev Nikolai Nikolaevich
master's degree student
kalyan3g3@gmail.com
*Kuban State Agrarian University named after I.T.
Trubilina, Russia, Krasnodar, Kalinina, 13,*

Производство и переработка зерна образуют в народнохозяйственной системе страны ряд крупных секторов, таких как зерновое производство, элеваторная промышленность, мукомольное, крупяное и комбикормовое производство, которые составляют зерновой комплекс страны. Значение и роль зерна, как товара в экономике государства трудно переоценить. Это товар, который имеет постоянный, устойчивый спрос в любое время года, в любом регионе, то есть является абсолютно ликвидным. Проводимые меры по увеличению производства зерна и улучшению его реализации не имели комплексного характера, следовательно, незначительно влияли на эффективность отрасли и конкурентоспособность зерновой продукции. Дефицит покрывался за счет импорта. Учитывая особенности управления в сельском хозяйстве, следует особенно подчеркнуть, что отсутствие объективной и своевременной информации на всех этапах производства продукции растениеводства, и, как следствие, неоптимальный выбор технологии возделывания сельскохозяйственных культур, приводит к тому, что затраты труда и материальных ресурсов существенно возрастают, предприятие недополучает прибыль, а иногда несет убытки. При выборе технологии возделывания сельскохозяйственных культур агроном хозяйства имеет в своем распоряжении базу данных из более ста различных альтернативных технологий по каждой из культур. Перед лицом, принимающим решение (ЛПР) стоит задача по определенным критериям выбрать

Production and processing of grains formed in the national economic system of the country a number of cereals-governmental sectors, such as grain production, grain elevator industry, flour, cereals and mixed fodder production, which constitute the grain complex country. The significance and role of the grain as a commodity in the state economy can not be overestimated. This product is totally liquid, which has a constant, steady demand at any time of the year, in any region. Ongoing measures to increase grain production and improve its implementation did not have a complex character, therefore, insignificant effect on the efficiency of the industry and the competitiveness of grain production. The shortage was covered by imports. According to the characteristics of management in agriculture, it should be emphasized that the absence of objective and timely information at all stages of production of the plant-breeding, and as a result, non-optimal choice of technology of cultivation of agricultural crops, might result in the fact that the cost of labor and material resources increases significantly, the company does not receive profits, and sometimes suffers losses. When selecting cultivation technology for agricultural crops, an agronomist has a database of more than a hundred times-personal of alternative technologies for each crop. It is up to the decision-maker (DMP) to find specific criteria to select the most suitable (for the owners and the climatic zone) technology of cultivating for the culture. These circumstances explain the relevance of in-depth research of economic and mathematical models and methods of

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ, проект № 15-32-01038

наиболее подходящую для данного хозяйства, климатической зоны технологию возделывания культуры. Данные обстоятельства обуславливают актуальность углубленных исследований экономико-математических моделей и методов анализа и оценки экономической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В статье рассматривается процесс разработки комплекса математических моделей и методики оценки альтернативных технологий сельскохозяйственного производства (на примере растениеводства), их программная реализация и приводятся основные научные результаты проекта

Ключевые слова: УПРАВЛЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДСТВОМ, МОДЕЛЬ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КУЛЬТУРА, ОЦЕНКА, ВЫБОР, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ГРАФИК-ПАУТИНА, ТАБЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ, ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

analysis and evaluation of the economic efficiency of technologies of cultivation agricultural crops. The article deals with the process of developing a complex of mathematical models and methods for evaluating alternative technologies for agricultural production (using the example of crop production), their software implementation, and the main scientific results of the project

Keywords: PLANT GROWING MANAGEMENT, MODEL, MATHEMATICAL MODELING, TECHNOLOGY, CROPS, EVALUATION, SELECTION, COST-EFFECTIVE, GRAPHIC METHODS, SCHEDULE-WEB, TABULAR METHOD, SOFTWARE PACKAGE

Doi: 10.21515/1990-4665-134-104

Агропромышленная производственная система представляет собой сложную динамическую систему, включающую множество подсистем. Обеспечение стабильности ее функционирования в изменяющихся неопределенных условиях хозяйствования требует научно обоснованного подхода к принятию эффективных управленческих решений. В связи с этим существует необходимость разработки соответствующих моделей и методов поддержки принятия решений при управлении экономическими параметрами производственных систем АПК.

Учитывая особенности управления в сельском хозяйстве, следует особенно подчеркнуть, что отсутствие объективной и своевременной информации на всех этапах производства продукции растениеводства, и, как следствие, неоптимальный выбор технологии возделывания сельскохозяйственных культур, приводит к тому, что затраты труда и материальных ресурсов существенно возрастают, предприятие недополучает прибыль, а иногда несет убытки. Поэтому разработка математических моделей оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур, и внедрение си-

стемы поддержки принятия решений, базирующейся на данных моделях в процессы управления производством, приобрело весьма актуальный характер. [2]

В ходе исследования была поставлена цель – разработка комплекса математических моделей и методики многокритериальной оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур по экономическим, биоэнергетическим и экологическим показателям с применением современных информационных технологий и средств разработки программ.

Возделывание полевых культур – это сложный производственный процесс, нуждающийся в четком управлении.



Рисунок 1 – Этапы производства продукции растениеводства

На первом этапе производства сельскохозяйственной продукции осуществляются предпосевные (подготовительные) мероприятия, к которым можно отнести составление и оптимизацию севооборотов хозяйства, планирование производства сельскохозяйственной продукции, составление различных прогнозов, разработку и расчет технологических

карт, а также оценку и выбор технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

Далее следует этап управления и контроля над ходом полевых работ. На третьем (заключительном) этапе происходит анализ результатов деятельности производства сельскохозяйственной продукции (рис.1).

В идеале, процесс принятия решений в растениеводстве состоит из следующих этапов: исследование проблемы, разработка и утверждение севооборота, формирование возможных вариантов технологий возделывания сельскохозяйственных культур, описание каждой из технологий, оценка технологии по экономическим, биоэнергетическим и агроэкологическим показателям, выбор технологического приема, расчет экономической эффективности производства, обобщение накопленного опыта.

В условиях рыночной экономики эффективность сельскохозяйственного производства в значительной степени определяется конкурентоспособностью продукции. Эффективное, конкурентоспособное производство во многом зависит от выбора технологии возделывания культуры и управления технологическими процессами.

В условиях нестабильной экономической ситуации в нашей стране, санкций со стороны стран запада и неустойчивого нефтяного рынка не исключены случаи резких, непредсказуемых, изменений цен на ГСМ, семена, удобрения, средства защиты растений. В таких условиях трудно обоснованно выбрать технологию, рассчитать затраты, рентабельность, спрогнозировать прибыль. [3]

Для выбора наилучшей технологии из числа альтернативных, предложена методика выбора экономически эффективных технологических процессов в растениеводстве, состоящая из последовательных трех этапов. На первом этапе осуществляется выбор набора технологий с использованием метода бинарных решающих матриц, далее следует этап сравнения выбранных технологий с использованием многокритериальной экономико-

математической модели и наглядного графика-паутины. На заключительном этапе происходит анализ и выбор экономически эффективной технологии с помощью матричной модели.

Для реализации первого этапа методики анализа и оценки технологических процессов в растениеводстве был адаптирован метод бинарных решающих матриц. Предполагается, что при выборе технологии возделывания сельскохозяйственных культур агроном хозяйства имеет в своем распоряжении базу данных из более ста различных альтернативных технологий по каждой из культур. Перед ним стоит задача по определенным критериям выбрать подходящую для данного хозяйства, климатической зоны, почвы технологию.



Рисунок 2 – Модельный состав методики многокритериальной комплексной оценки технологических процессов в растениеводстве

Целевой функцией выступает нахождение максимальной суммы бинарных показателей технологии $a_{i,j}$.

$$D_j = \sum a_{i,j} \rightarrow \max \tag{1}$$

где i – критерий оценки, а j – рассматриваемая технология.

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,j} & \dots & a_{1,m} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,j} & \dots & a_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i,1} & a_{i,2} & \dots & a_{i,j} & \dots & a_{i,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{k,1} & a_{k,2} & \dots & a_{k,j} & \dots & a_{k,m} \end{pmatrix}; \quad i = \overline{1, k}; \quad j = \overline{1, m}; \tag{2}$$

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если удовлетворяет условию} \\ 0, & \text{не удовлетворяет условию} \end{cases}$$

где A – это бинарная решающая матрица, k – количество критериев оценки, m – число альтернативных технологий

Таблица 1 – Фрагмент двоичной матрицы для выбора технологии возделывания озимой пшеницы

Критерии	Технологии возделывания сельскохозяйственных культур						
	0113	1113	0330	2222	3132	2132	2232
Урожайность:							
40-50 ц/га	1	0	0	0	0	0	0
51-60 ц/га	0	1	0	0	0	0	0
61-70 ц/га	0	0	1	1	0	0	0
71-80 ц/га	0	0	0	0	1	1	0
81-90 ц/га	0	0	0	0	0	0	1
Рентабельность:							
0-50%	0	0	0	0	0	0	0
51-100%	0	0	1	0	0	0	0
101-150%	0	0	0	0	0	0	0
151-200%	1	0	0	0	0	0	0
201-250%	0	1	0	1	1	1	1
По эк-му. признаку							
природоохр. зона	1	1	0	0	0	0	0
эк. сильные хоз-ва	0	0	1	1	1	1	1
эк. средние хоз-ва	0	0	0	0	0	0	0
эк. слабые хоз-ва	0	0	0	0	0	0	0

В таблице 1 представлен фрагмент бинарной решающей матрицы технологий возделывания сельскохозяйственных культур в ЗАО «Агрофирма – племзавод «Победа» Каневского района Краснодарского края.

Условные обозначения, принятые в кодировке технологий, следующие:

- первая цифра фактор А – уровень плодородия почвы;
- вторая цифра фактор В – система удобрений;
- третья цифра фактор С – система защиты растений;
- четвертая цифра фактор. Д – система основной обработки почвы.

Лицом принимающим решение, задаются требования по каждому критерию искомых технологий, в нашем случае урожайность должна составлять не менее 80 ц/га, себестоимость одного центнера не превышать 100 рублей и т.д.

Далее происходит поиск строк в бинарной решающей матрице технологий, после чего по столбцам суммируются бинарные оценки критериев по каждой из технологий. Лучшей будут те технологии, оценка которых будет максимальном. В нашем случае технология с кодом 3132 и 2132.

Таблица 2 – Пример выбора технологического приема методом бинарных решающих матриц

Критерии	Технологии возделывания сельскохозяйственных культур						
	0113	1113	0330	2222	3132	2132	2232
Урожайность: 71-80 ц/га	0	0	0	0	1	1	0
Себестоимость 1 ц: 91-100 руб.	0	0	0	0	1	1	0
Прибыль на 1 руб. затрат: 1,1-1,4 руб.	1	1	0	1	1	1	1
Рентабельность: 201-250%	0	1	0	1	1	1	1
По эк-му. признаку эк. сильные хоз-ва	0	0	1	1	1	1	1
Вид технологии: Ресурсосберегающая	0	0	0	1	1	1	0
ИТОГО:	1	2	1	4	6	6	3

Достоинство этой системы выбора в том, что матрицы решений охватывают большую часть встречающихся на практике технологий и критериев выбора, эту модель легко реализовать в виде базы данных.

При всех своих достоинствах этот метод не лишен и серьезных недостатков:

1) прежде всего бинарные матрицы порождают категоричность ответа в каждом пункте;

2) из-за довольно больших диапазонов критериев и наличия большого количества рассматриваемых альтернатив, система будет выдавать от 3-х до 5-ти альтернатив.

Данный прием выбора технологии является первым этапом в процессе поиска решения, с помощью данного метода из базы данных технологий мы отбираем 6-8 наиболее подходящих технологических приема.

Для устранения вышеизложенных недостатков, на втором этапе предложенной методики модель бинарных решающих матриц необходимо дополнить многокритериальной экономико-математической моделью комплексной оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Отличительной особенностью модели будет являться использование комбинации математических и графических методов аппарата моделирования.

В отличие от диаграмм, построенных в прямоугольных декартовых координатах, график-паутина представляет собой наглядную диаграмму, построенную в полярных координатах. Оси, на которые наносятся значения критериев, направлены по радиусам от центра окружности к периферии. На рисунке 3 приведен пример, поясняющий этот метод.

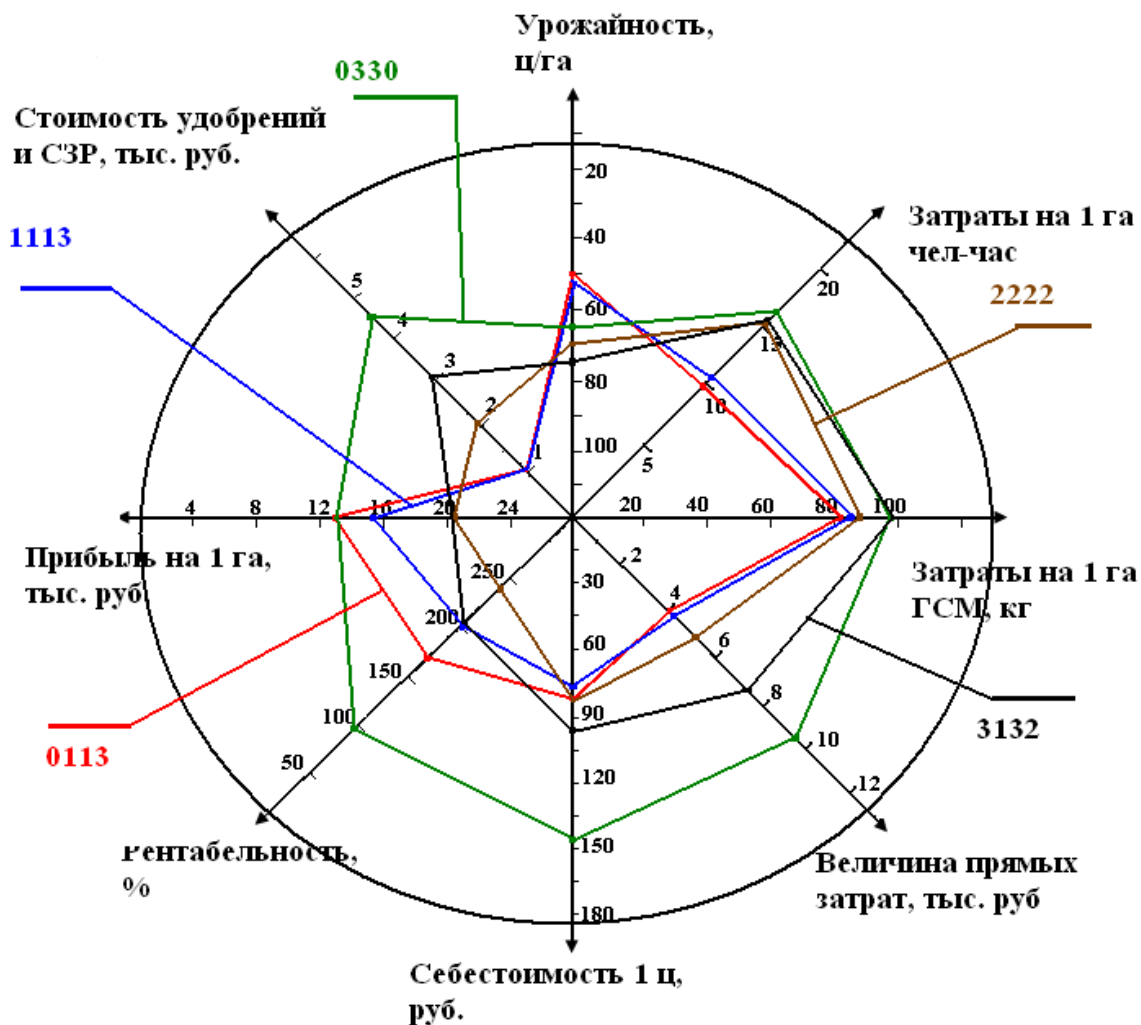


Рисунок 3 – Сравнение вариантов технологий возделывания озимой пшеницы с помощью графика-паутины

Для этих восьми критериев рисуем круг и в нем восемь радиальных шкал, на которые наносятся числовые значения этих критериев таким образом, что лучшие значения располагаются ближе к центру, а худшие дальше от него, ближе к внешним окружностям. При этом не имеет значения, как проградуированы шкалы – в относительных единицах, условных обозначениях, или только словесно. Главное, чтобы было видно постепенное изменение критериев, отражающее тенденцию к ухудшению от центра к периферии. Кроме того, на внутренней окружности должны быть указаны самые лучшие, но не утопические цифры, а на внешней окружности

должны располагаться плохие оценки, которые в свою очередь не должны быть меньше некоторого известного минимума. Затем необходимо для нескольких сравниваемых технологий выбрать подходящие оценки и отметить их на соответствующих шкалах. На следующем этапе необходимо соединить точки, проставленные на осях, замкнутой линией – полигоном (для каждой технологии отдельно). Именно эту замкнутую ломанную линию и называют паутиной. Теперь на нашей полярной диаграмме образуются несколько (по числу сравниваемых технологий) неправильных многоугольника (n – угольника, где n – число критериев), каждый из которых представляет отдельную технологию. Правило оценки на основании графика-паутины гласит: паутина, очерчивающая наименьшую площадь, соответствует лучшему варианту.

При таком методе сравнения нескольких вариантов технологий как бы сами собой вскрываются имеющиеся в них недостатки и становится ясным, в какой степени улучшение того или иного параметра окажет благоприятное влияние на общую картину (площадь «паутины»).

Однако следует отметить и некоторые недостатки данного подхода:

1) число сравниваемых с помощью графика-паутины объектов или вариантов не должно превышать четырёх, иначе утрачивается преимущество наглядности;

2) случаи, когда значения критериев отбора незначительно отличаются друг от друга, график-паутина также теряет свою наглядность.

Ввиду перечисленных недостатков графического метода, в методике предложено усовершенствовать данный метод, путем разработки математической модели, что позволило перевести данный метод из разряда графических в математический метод.

Целевой функцией модели является минимизация площади графика-паутины:

$$M_j \rightarrow extr; \quad extr \in \{min, max\}; \quad (3)$$

где M_j – площадь образованной паутины, соответствующей какой-либо из рассматриваемых альтернатив, j – номер технологии. Наиболее выгодной с точки зрения рассматриваемых критериев окажется та технология, площадь паутины которой будет минимальной.

Таблица 3 – Фрагмент шкалы перевода величин показателей в безразмерные единицы

Урожайность		Себестоимость 1-го ц.		Прибыль на 1 га.		Прибыль на 1 руб. затрат		Затраты на 1 га.	
ц/га	Безр-ая ед.	Руб.	Безр-ая ед.	руб.	Безр-ая ед.	руб.	Безр-ая ед.	чел-час	Безр-ая ед.
10	1	10	1	10000	1	0,1	1	20	1
20	2	20	2	11000	2	0,2	2	19	2
30	3	30	3	12000	3	0,3	3	18	3
40	4	40	4	13000	4	0,4	4	17	4
50	5	50	5	14000	5	0,5	5	16	5
60	6	60	6	15000	6	0,6	6	15	6
...

Для возможности вычисления площадей паутины, необходимо ввести следующие усовершенствования: углы между осями должны быть равными и вычисляться по формуле $l = 360/i$, где l – это угол между осями координат, i – количество критериев оценки.

Далее необходимо вычислить длину отрезка от центра радиальной шкалы до отмеченного значения критерия, для этого все критерии как количественные, так и качественные (словесные), переводятся в соответствии с разработанной шкалой в отвлеченные безразмерные единицы. (см. табл. 3)

В результате перечисленных преобразований, вычисляется площадь каждого n -угольника, представляющего собой сумму площадей треугольников, образованных соседними по оси критериями:

$$M_j = \sum_{i=1}^k S_i; \quad i = \overline{1, k}; \quad j = \overline{1, m}; \quad (4)$$

где i – критерии оценки, k – число критериев, m – число сравниваемых альтернативных технологий, S_i – площадь треугольника, образованная соседними критериями (осями).

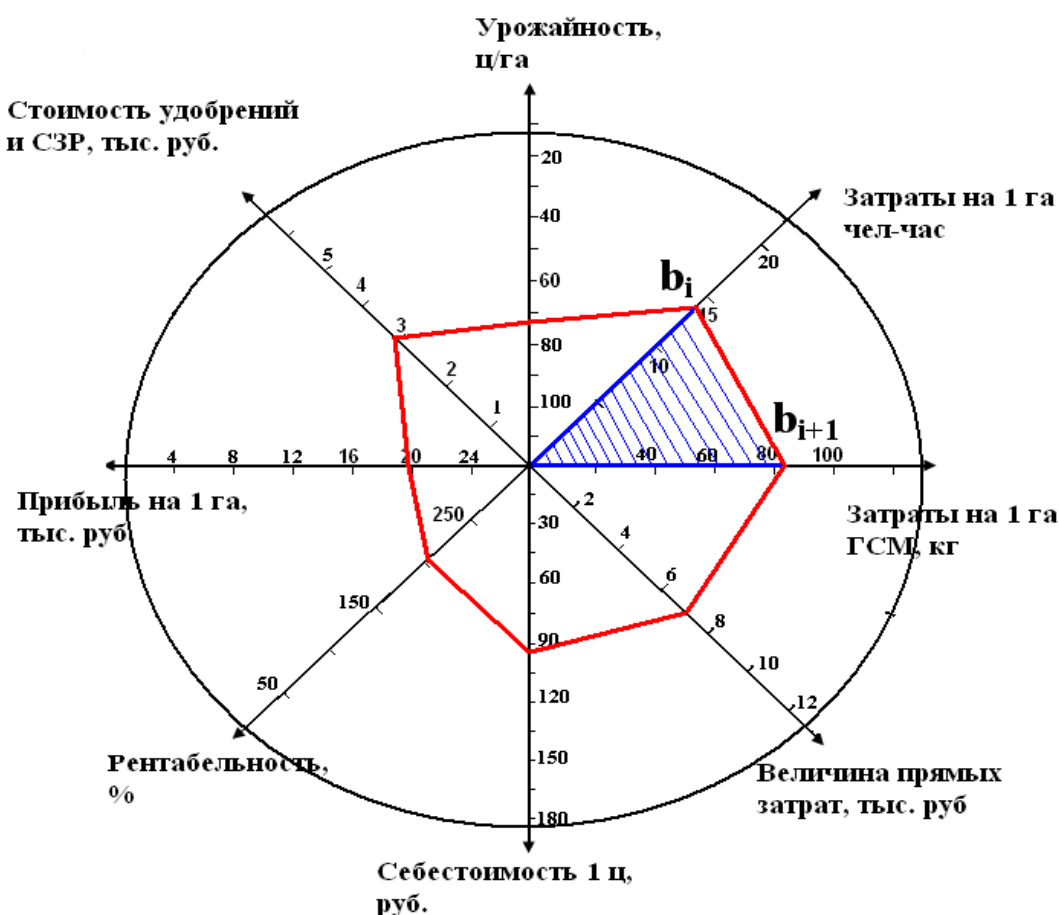


Рисунок 4 – Вычисление площади n-угольника

Применяем формулу вычисления площади треугольника к модели, получаем:

$$M_j = \sum_{i=1}^k \frac{b_i \times b_{i+1} \times \sin \beta}{2} \quad (5)$$

где b_i – длина отрезка, соответствующего какому-либо критерию рассматриваемой альтернативы, переведенной в отвлеченную безразмерную единицу, b_{i+1} – длина отрезка, образованного следующим критерием.

Разработанная математическая модель (5) позволяет более точно оценивать варианты технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур даже в тех случаях, когда наглядность графика-паутины пропадает. При этом модель позволяет одновременно сравнивать альтернативы, значения критериев которых не сильно отличаются друг от друга, а количество рассматриваемых технологий может быть больше пяти.

Переходим к рассмотрению третьего, заключительного этапа методики анализа и оценки технологических процессов в растениеводстве.

В действительности при выборе технологического приема возделывания сельскохозяйственных культур критерии оценки имеют разный приоритет по отношению друг к другу.

Для этих целей была разработана и апробирована матричная модель оценки технологий. За основу модели был взят известный метод анализа «Таблицы оценок».

Целевой функцией модели является нахождение максимального значения балльной оценки D_j -ой технологии.

Из рассмотренного выше примера можно сделать вывод, что целевой функцией метода является нахождение максимальной величины оценки технологии.

$$D_j \rightarrow \text{MAX} \quad (6)$$

где под D_j будем понимать значение итоговой оценки каждой из рассматриваемых технологий.

Модель метода «Таблицы оценок» легко представить в виде произведения по некоторому алгоритму двух матриц A и B :

$$A = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix}, \quad (7) \quad B = \begin{pmatrix} b_{1.1} & b_{1.2} & \cdots & b_{1.j} \\ b_{2.1} & b_{2.2} & \cdots & b_{2.j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{i.1} & b_{i.2} & \cdots & b_{i.j} \end{pmatrix} \quad (8)$$

где под матрицей А будем понимать матрицу коэффициентов значимости критериев, под матрицей В будем понимать матрицу значений критериев оценки по каждой из технологий, где *i* – критерий оценки, а *j* – рассматриваемая технология.

Таблица оценок экономической эффективности технологических процессов (или матрица С) получается путем умножения коэффициента веса критерия *a_i* на соответствующие элементы строк матрицы В.

$$A \times B = C = \begin{pmatrix} a_1 \times b_{1.1} & a_1 \times b_{1.2} & \cdots & a_1 \times b_{1.j} \\ a_2 \times b_{2.1} & a_2 \times b_{2.2} & \cdots & a_2 \times b_{2.j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_n \times b_{i.1} & a_n \times b_{i.2} & \cdots & a_n \times b_{i.j} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Упрощая данное выражение, получаем математическую модель метода оценочных таблиц.

$$D_j = \sum a_n \times b_{i,j} \quad (10)$$

Следует отметить, что использование данной модели позволяет использования не только количественных критериев, но и качественных (качество зерна, различные экологические и агротехнические показатели).

В таблице представлен пример анализа трех альтернативных технологий на основе матричной модели. Обращаю ваше внимание, что коэффициенты важности критериев определяется лицом принимающим решение методом экспертных оценок, и для каждого хозяйства коэффициенты будут различными.

Таблица 4 – Фрагмент шкалы перевода величин показателей в безразмерные единицы

Критерии оценки	Коэф-т важно- сти кри- терия (a_i)	Код технологии					
		0113		1113		0330	
		$b_{i,j}$	$b_{i,j} * a_i$	$b_{i,j}$	$b_{i,j} * a_i$	$b_{i,j}$	$b_{i,j} * a_i$
Урожайность	0,1	5,0	0.5	5,3	0.53	6,5	0.65
Трудовые затраты	0,1	11,1	1.11	10,9	1.09	3,8	0.38
Стоимость семян	0,1	10,1	1.01	10,1	1.01	10,1	1.01
Себестоимость	0,3	8,0	2,4	7,7	2,31	14,6	4,38
Прибыль	0,2	5,4	1,08	6,5	1,3	5,5	1,1
Прибыль на 1 руб. затрат	0,2	12,8	2,56	12,6	2,52	16,5	3,3
Сумма балльных оценок	1,0	-	8,66	-	8,76	-	10,82 (MAX)

Переменная b_{ij} – это значение критериев оценки по каждой из технологий, переведенные в соответствии со шкалой перевода в относительную балльную единицу.

В результате специальной операции умножения вектора А на матрицу В получаем балльную оценку критерия по каждой технологии. Далее суммируются оценки по столбцам.

Таким образом, определяется экономически эффективная технология производства продукции растениеводства.

Однако, необходимо отметить, что в последние годы особенно остро встала проблема топливно-энергетического обеспечения сельскохозяйственного производства. Это обуславливает необходимость рационального потребления электроэнергии и топлива. Решению этой задачи в сельском хозяйстве может способствовать использование подсистемы биоэнергетической оценки технологических процессов в растениеводстве, которая поз-

воляет выбрать наиболее эффективные энерго и ресурсосберегающие технологии. [4]

Биоэнергетическая оценка технологических процессов предполагает сравнительный анализ энергоемкости технологий сельскохозяйственной продукции, определения энергетической эффективности производства. При этом под энергоемкостью технологического процесса понимают затраты энергии на его осуществление. [4]

Энергетическая эффективность характеризуется показателем, устанавливающим соотношение между энергией, содержащейся в сельхозпродукции, и энергией, израсходованной на производство этого количества продукции.

Этот показатель исчисляется по формуле:

$$R = \frac{P}{E} \quad (11)$$

где R - энергетическая эффективность технологии;

P - энергия, содержащаяся в конечном сельхозпродукте, МДж;

E - энергия, затраченная на получение продукции, МДж.

Энергию, содержащуюся в конечном сельскохозяйственном продукте, определяют по формуле:

$$P = \alpha \times \gamma \quad (12)$$

где α - энергетический эквивалент основной продукции, МДж/ц;

γ - урожайность сельхозкультуры, ц/га.

Энергетические полные затраты на всю технологию производства просчитываются по формуле:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i, \quad i = \overline{1, n} \quad (13)$$

где E_i - энергетические полные затраты на 1 га площади посева сельскохозяйственной культуры i-того технологического процесса, МДж;

n - номер технологической операции.

Энергетические полные затраты на 1 га площади посева – того технологического процесса исчисляются с учетом затрат энергии, израсходованной с использованием: топлива; удобрений и пестицидов; семян; живого труда; сельскохозяйственной техники, машин и орудий; электроэнергии; производственных помещений для хранения продукции, семенного материала и других материальных ресурсов.

Энергетические затраты по указанным видам ресурсов исчисляются на основе данных технологической карты производства продукции и энергетическим эквивалентам.

$$E_i = (S_i \times K_s) + (Z_i \times K_z) + (T_i \times K_t) + (F_i \times K_f) \quad (14)$$

где S_i – количество посадочного материала в расчете на 1 га (кг/га);

K_s – коэффициент энергоемкости посадочного материала;

Z_i – количество израсходованных средств защиты растений, удобрений в расчете на 1 га (кг/га) или (л/га);

K_z – коэффициент энергоемкости средств защиты растений, удобрений;

T_i – количество израсходованных ГСМ в расчете на 1 га (кг/га) или (кВт/га);

K_t – коэффициент энергоемкости ГСМ и электроэнергии;

F_i – количество человеко-часов обслуживающего персонала в расчете на 1 га;

K_f – коэффициент энергоемкости работников хозяйства;

Точность результатов биоэнергетической оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур во многом зависит от полноты учета технологических операций, а биоэнергетическая эффективность от выполнения агротехнических требований, состава агрегатов, норм выработки и расхода топлива на единицу работы, организационных, почвенно-климатических и других факторов. В технологической карте возделывания сельскохозяйственных культур следует привести полный перечень технологических операций и агротребований (глубину обработки почвы, крат-

ность выполнения операций, норму высева семян и дозу внесения удобрений по содержанию питательных элементов и действующего вещества, дозу внесения гербицидов и ядохимикатов по их видам, длину гона, расстояние транспортировки урожая, удобрений и т.д.); состав агрегата и количество прицепных орудий, производительность агрегата за 1 час рабочего времени или время агрегата на 1 га; количество обслуживающего персонала: трактористов-машинистов, шоферов, вспомогательных работников и затраты труда на 1 га по каждой категории этих исполнителей; норму расхода и фактический расход топлива на 1 га, в зависимости от агротехнических требований. Имея эту информацию, приступают к подсчету затраченной энергии на 1 га площади возделывания сельскохозяйственной культуры. Для этого используют энергетические эквиваленты и данные о затратах материальных и трудовых ресурсов в расчете на 1 час и 1 га.

Таблица 5 – Биоэнергетическая эффективность технологий озимой пшеницы хозяйств центральной зоны Краснодарского края

Показатель	Код технологии		
	1122	1132	0232
Урожайность зерна, ц/га	58,00	66,00	67,00
Выход энергии с 1 га, ГДж, всего	181,65	206,92	162,04
Затраты совокупной энергии на 1 га, ГДж	28,31	29,33	38,15
Приращение энергии, ГДж	153,44	177,59	123,89
Коэффициент соотношения полученной и затраченной энергии	6,41	7,05	4,24
Коэффициент чистой эффективности	5,41	6,05	3,24
Затраты труда, чел.-ч :			
- на 1 га	12,70	13,73	14,81
- на 1 ц зерна	0,21	0,20	0,22
Расход жидкого топлива:, кг			
- на 1 га	40,71	46,43	47,34
- на 1 ц зерна	0,70	0,70	0,70
- 1ГДж затраченной энергии	2,04	2,25	1,75
- 1 кг жидкого топлива	1,42	1,42	1,41
- 1 чел.-ч	4,56	4,8	4,52

Используя эту информацию, подсчитывают затраченную энергию на 1га площади возделывания сельскохозяйственной культуры. Для этого используют энергетические эквиваленты и данные о затратах материальных и трудовых ресурсов в расчете на 1 час и 1га. В таблице 5 приведен пример показателей биоэнергетической эффективности технологий возделывания озимой пшеницы.

Для хозяйств, являющихся базами для апробации полученных научных результатов, можно рекомендовать технологию 1132, при выполнении которой затраты совокупной энергии в расчете на 1 га составляют 29,33 ГДж, при урожайности 66 ц/га. Наибольший удельный вес в структуре энергетических затрат занимают затраты на удобрения – 36,33%, на семена – 29,32%, жидкое топливо – 18,48%, электроэнергию – 12,58%.

Наиболее энергоемкой является технология 0232, совокупные затраты энергии на 1 га составляют 38,15%. Выполнение этой технологии предусматривает полную химическую защиту растений гербицидами (в структуре энергетических затрат – 5,17%), удобрения под основную обработку $N_{70}P_{90}K_{60}$ в подкормку рано весной, в кущение озимой пшеницы вносится N_{70} , в колошение N_{30} . Обработка почвы поверхностная БДТ на 8-10 см. Наибольший удельный вес в структуре затрат занимают затраты на удобрения – 49,6%, семена – 22,54%, жидкое топливо – 9,87%, средства защиты растений – 4,53%.

При таких трудоемких процессах, как формирование технологической карты, оценка и выбор технологий сельскохозяйственного производства по моделям предложенной методики, проведение биоэнергетического анализа технологических процессов высока вероятность допущения ошибок одним из специалистов (так называемый человеческий фактор). Вот почему возникла необходимость автоматизации таких трудоемких процессов, и решать эту проблему нужно в рамках создания информационной системы управления растениеводством хозяйства в целом.

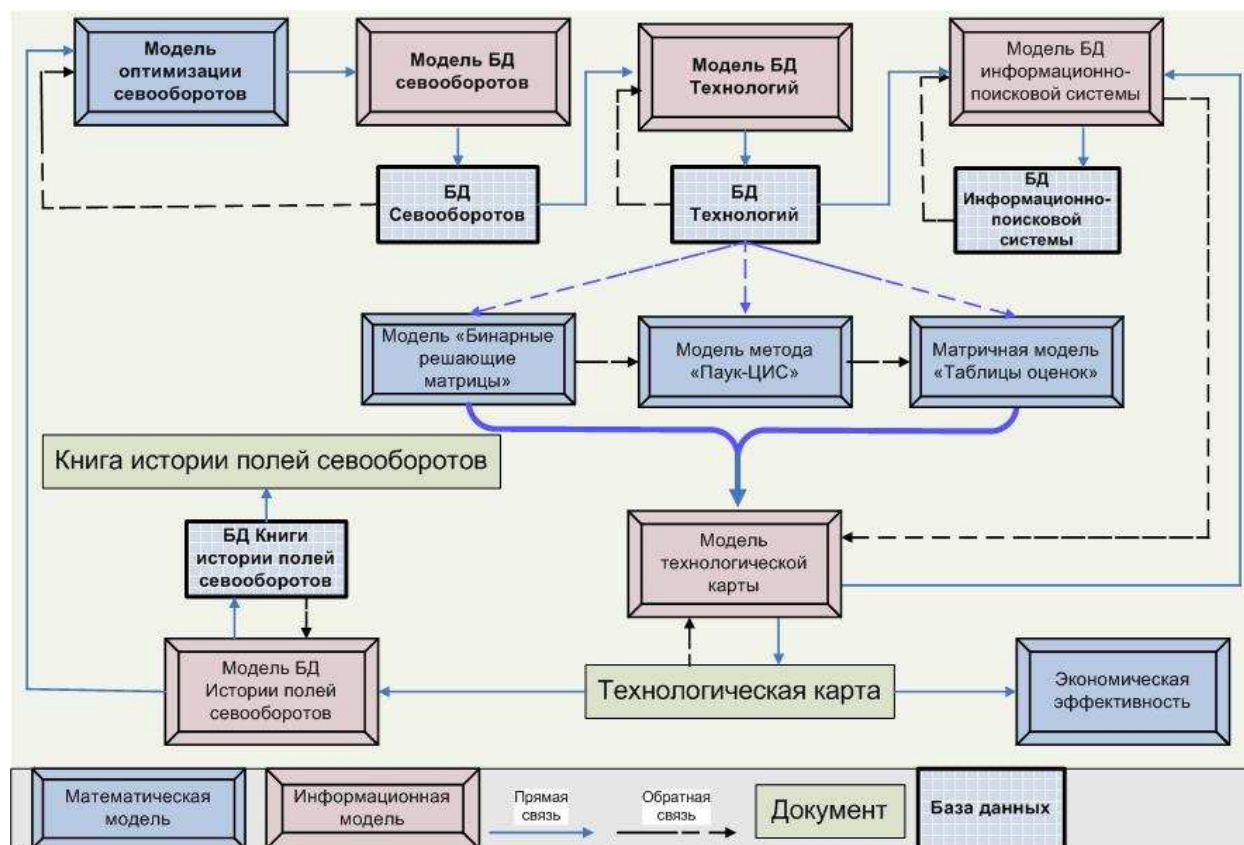


Рисунок 5 – Модельное обеспечение анализа и оценки экономической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур

Разрабатываемая автоматизированная информационная система основана на восьми математических моделях и методах управления и включает в себя следующие модули: подсистема оптимизации севооборота; информационно-поисковая подсистема; модуль составления и расчета технологических карт; модели подсистемы поддержки принятия решений, основанной на методике многокритериального анализа и выбора технологий сельскохозяйственного производства; электронная карта истории полей севооборотов.

Модуль составления и расчета технологических карт.

На рисунке 6 представлено главное окно пользовательского интерфейса программного модуля составления и расчета показателей технологических карт.

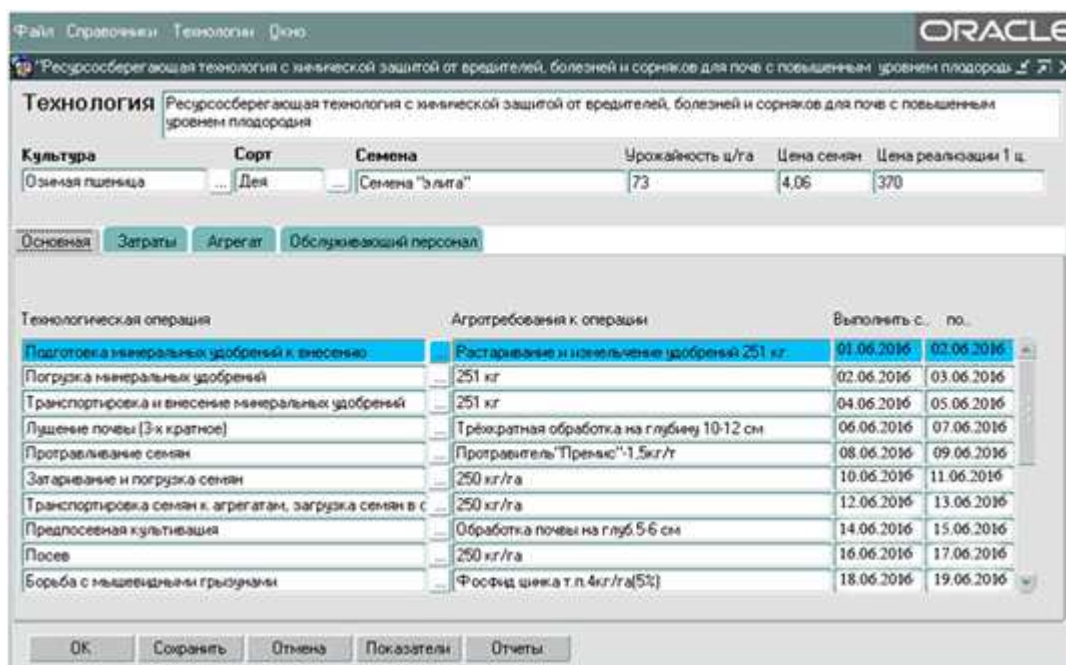


Рисунок 6 – Главное окно ввода технологической карты

Назначение программного модуля:

- сбор, хранение, передача и обработка данных технологических карт возделывания основных сельскохозяйственных культур в севообороте хозяйства;

- имеется возможность рассчитать и биоэнергетические показатели технологии, сравнивая величину затраченной на выполнение технологии энергии и величину полученной энергии в виде урожая;

- оценочная таблица технологии содержит также и экологические показатели, которые показывают влияние технологии на процентное содержание гумуса в почве, на плотность почвы, на ее структуру;

– создавать различные виды отчетов (затраты на ГСМ по технологическим операциям, расходы на семена, средства защиты растений, удобрения).

Модуль оценки и выбора технологии.

На первом этапе применения рассматриваемой методики, из базы данных отбираются 6-8 различных технологий, удовлетворяющих изначальным требованиям.

	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Тип хозяйства	приоро	приоро	сильное	сильное	сильное	сильное	сильное	сильное
Номер технологии	0113	1113	0330	2222	3132	2132	2232	1332
Название технологии								
Урожайность зерна, ц/га	50	53	65	70	76	73	83	76
Затраты на 1 га, чел.-час.	9,9	10,12	17,21	15,26	16,89	14,21	20,68	19,44
Затраты на 1 га, ГСМ 1 кг	82,49	85,82	98,43	91,01	99,85	83,72	106,54	105,27
Стоимость прямых затрат, руб.	4041,37	4094,87	9512,59	5724,32	7479,27	7023,11	8414,2	8403,09
в том числе:								
зарплата с начислениями	53,17	54,48	91,41	81,13	85,41	71,34	104,75	104,27
семена	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
удобрения	564,2	564,2	1944,8	1024,4	564,2	564,2	1024,4	965,9
средства защиты	494,8	494,8	2598,36	1005,6	2598,36	2598,36	2598,36	2598,36
горючее	357,2	524,99	425,56	367,33	403,88	320,97	425,77	434,08
амортизация	289,7	303,59	557,96	441,71	521,47	395,57	612,36	614,24

Рисунок 7 – Показатели технологий из базы данных

На рисунке 8 представлено главное окно пользовательского интерфейса программного модуля анализа и оценки общих показателей из технологических карт графическим методом с использованием многокритериальной экономико-математической модели анализа показателей технологий производства продукции растениеводства.

Назначение программного модуля:

– на основании выбранных агрономом хозяйства параметров отбора технологии, из базы данных технологий загружаются таблицы с экономическим, биоэнергетическими и экологическими характеристиками по каждой из технологий, на основании которых строится график-паутина;

– система производит расчет площадей фигур каждой технологии, что позволяет не только визуально, но и математически определить наиболее подходящую технологическую систему производства продукции растениеводства;

– агрономом задается также весовой коэффициент каждого из критериев, что позволяет рассматривать критерии отбора как неравновесные между собой;

– на основании матричной модели анализа технологий, программа рассчитывает весовой коэффициент каждой из технологий, и выделяет наиболее подходящий при выбранной значимости критериев.

	Интенсивная	Ресурсосбер	Экологическ	Интенсивная	Интенсивная
1. Урожайность зерна ц/Га:	64	47,8	42,3	63,5	60
2. Стоимость семян руб.:	4320	4320	4320	4320	4320
3. Удобрения и СЗР руб.:	560	560	685,26	560	560
4. Стоимость ГСМ руб.:	401,2	253,3	253,3	380,9	385
5. Себестоимость 1 ц руб.:	177,4	223,3	256,9	210	190,4
6. Рентабельность %:	116,4	59,2	42,5	60,3	117
7. Прибыль на 1 рубль затрат руб.:	1	3	2	5	4
8. Прибыль на 1 Га руб.:	1,55	1,87	1,99	1,43	1,99

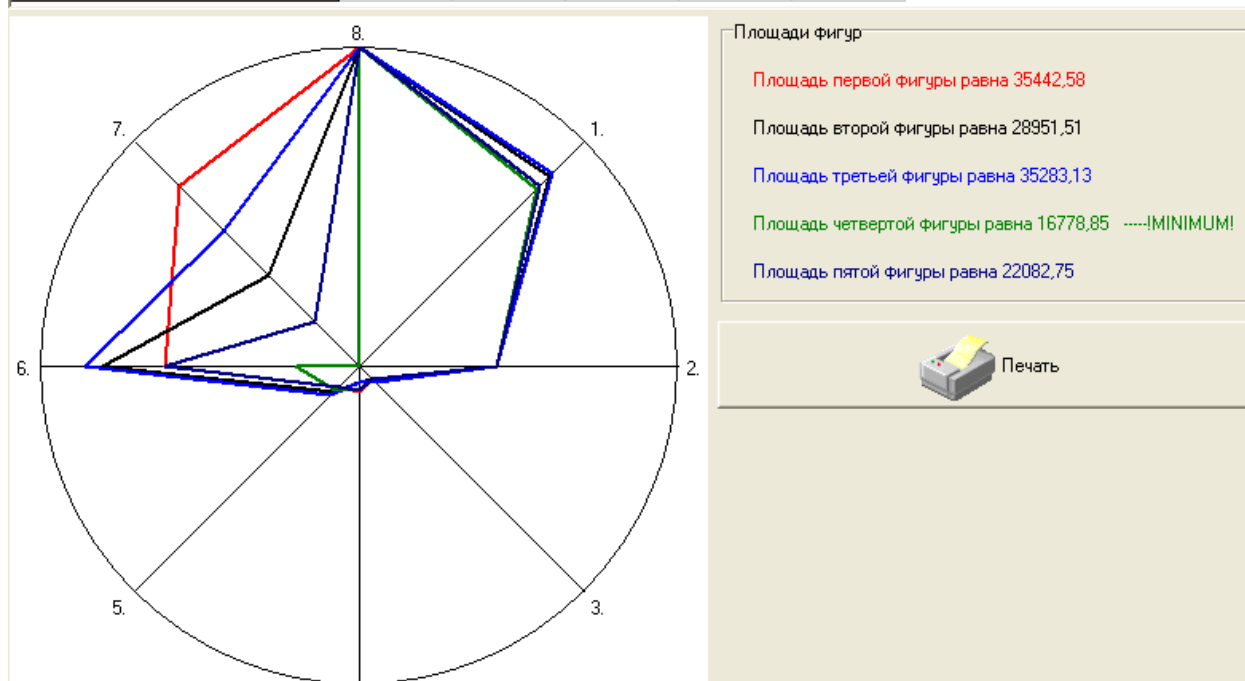
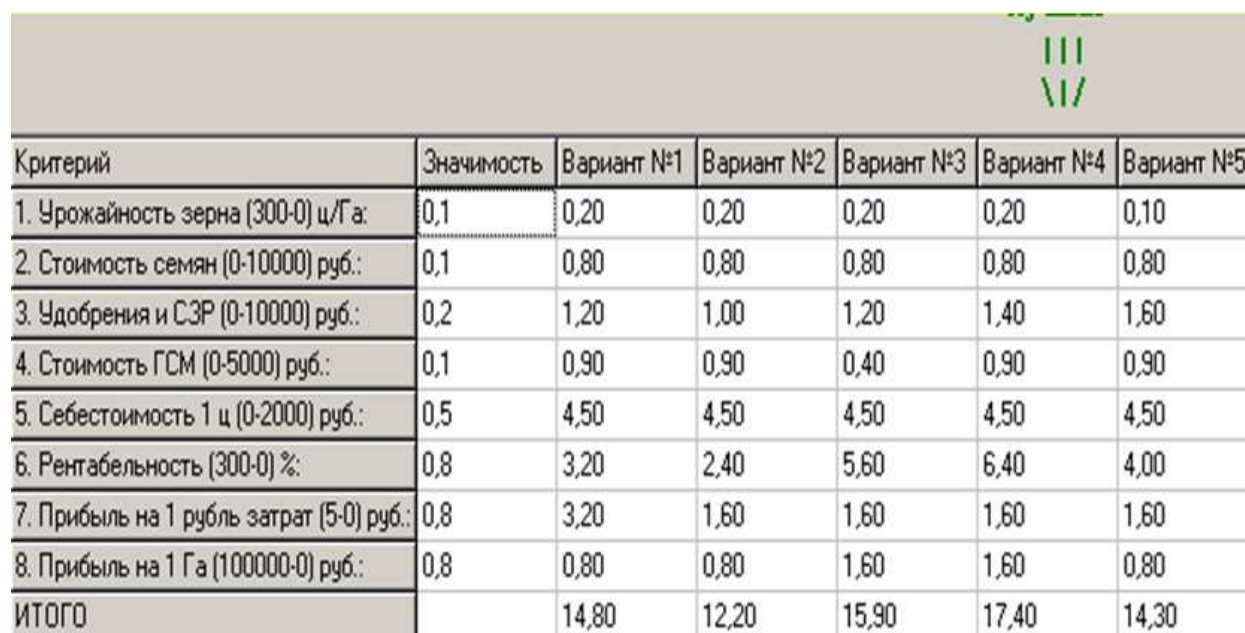


Рисунок 8 – Окно анализа и оценки общих показателей технологий возделывания сельскохозяйственных культур графическим методом

Далее, на третьем, заключительном, этапе, происходит анализ и окончательный выбор технологии с использованием предложенной матричной модели таблиц оценок, главное окно программного модуля представлено на рисунке 9.



Критерий	Значимость	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3	Вариант №4	Вариант №5
1. Урожайность зерна (300-0) ц/Га:	0,1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10
2. Стоимость семян (0-10000) руб.:	0,1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3. Удобрения и СЗР (0-10000) руб.:	0,2	1,20	1,00	1,20	1,40	1,60
4. Стоимость ГСМ (0-5000) руб.:	0,1	0,90	0,90	0,40	0,90	0,90
5. Себестоимость 1 ц (0-2000) руб.:	0,5	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
6. Рентабельность (300-0) %:	0,8	3,20	2,40	5,60	6,40	4,00
7. Прибыль на 1 рубль затрат (5-0) руб.:	0,8	3,20	1,60	1,60	1,60	1,60
8. Прибыль на 1 Га (100000-0) руб.:	0,8	0,80	0,80	1,60	1,60	0,80
ИТОГО		14,80	12,20	15,90	17,40	14,30

Рисунок 9 – Модуль сравнения технологий методом «таблицы оценок»

Назначение программного модуля:

- на основании выбранных агрономом хозяйства параметров отбора технологии, из базы данных технологий загружаются таблицы с экономическим, биоэнергетическими и экологическими характеристиками по каждой из технологий, на основании которых строится таблица оценок технологий; (см. рис. 9);

- агрономом задается также весовой коэффициент каждого из критериев, что позволяет рассматривать критерии отбора как неравновесные между собой;

- на основании модели построения таблиц оценок, системы рассчитывает весовой коэффициент каждой из технологий, и выделяет наиболее подходящий при выбранной значимости критериев;

- имеется возможность выгрузки таблицы оценок в текстовый документ и вывода его на печать.

Для визуализации заключительного этапа рассматриваемой методики, разработан программный модуль за основу которого взят графический метод построения дерева решений.

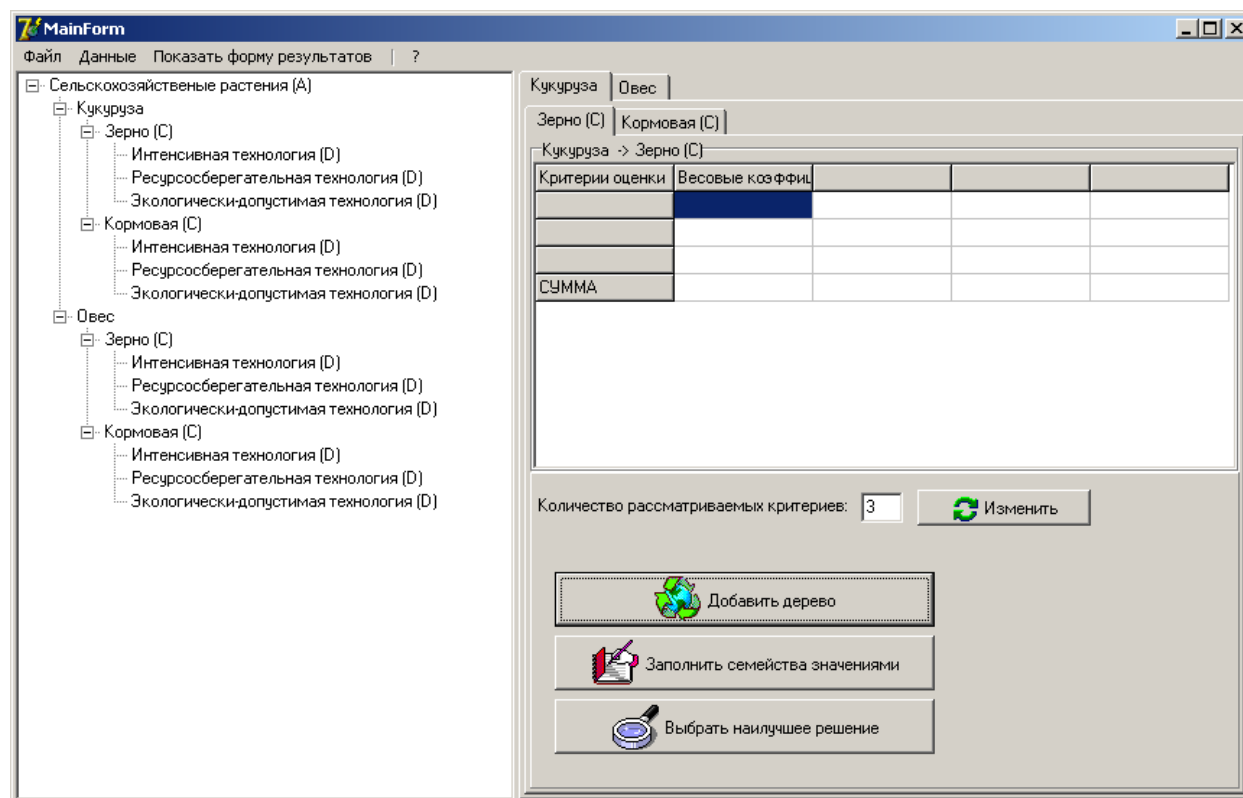


Рисунок 10 – Модуль сравнения технологий методом «дерево решений»

Назначение программного модуля:

- на основании выбранных агрономом хозяйства параметров отбора технологии, из базы данных технологий загружаются таблицы с экономическим, биоэнергетическими и экологическими характеристиками по каждой из технологий, на основании которых строится ветвь дерева решений; (см. рис. 10);

- агрономом задается также весовой коэффициент каждого из критериев, что позволяет рассматривать критерии отбора как неравновесные между собой;

- на основании модели построения дерева решений, система имеет возможность рассматривать и сравнивать сразу несколько культур с определенным набором альтернативных технологий по каждой из них;

- имеется возможность выгрузки дерева решений в текстовый документ и вывода его на печать.

В результате исследования получены результаты и сделаны выводы:

1) анализ источников показал, что повышение уровня развития сельского хозяйства России требует изыскания путей и средств для повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Рациональное использование имеющегося технического потенциала, выработка региональной инвестиционной стратегии являются возможными экономическими рычагами стабильного роста аграрного производства;

2) предложена процедура адаптации метода и модели бинарных решающих матриц для задачи выбора технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которая учитывает специфику предметной области растениеводства;

3) разработана новая многокритериальная экономико-математическая модель выбора эффективной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, отличительной особенностью которой является использование комбинации математических и графических методов аппарата моделирования;

4) апробирована матричная модель анализа и оценки альтернативных технологий возделывания сельскохозяйственных культур по экономическим критериям, позволяющая получить обоснованную информацию для выбора эффективной технологии за счет введения качественных и количественных показателей;

5) разработана методика многокритериальной комплексной оценки и выбора экономически эффективных технологических процессов в растениеводстве, включающая последовательное использование результатов анализа критериев технологических процессов методами бинарных решающих матриц, графика - паутины и матричной модели оценки;

6) разработан комплекс программного и информационного обеспечения анализа и оценки технологических процессов в растениеводстве. Специфической особенностью этого комплекса является сочетание инфор-

мационной и алгоритмической составляющей, обеспечивающей анализ и оценку экономической эффективности технологических процессов в растениеводстве.

Литература

1. Бабенков И.М. Основные детерминанты экономической и информационной безопасности на современном этапе развития экономики / И.М. Бабенков, А.В. Параскевов, О.Б. Шилович // в сборнике: Роль и место информационных технологий в современной науке - сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. Уфа, 2016. С. 71-74.
2. Воробьева М.А. Состояние и перспективы развития индивидуального предпринимательства в агропромышленном секторе Краснодарского края / М.А. Воробьева // В сборнике: Проблемы достижения экономической эффективности и социальной сбалансированности: Императивы, правовые и хозяйственные механизмы. Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию Финансового университета. Ответственный редактор: Сорокожердьеv В.В. – 2014. – С.52-57.
3. Лойко В.И. Адаптация модели бинарных решающих матриц к задаче выбора технологий возделывания сельскохозяйственных культур / В.И. Лойко, В.В. Ткаченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №10(114). С. 1592 – 1603. – IDA [article ID]: 1141510115. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/115.pdf>, 0,75 у.п.л.
4. Лойко В. И. Модель экономической оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Л. О. Великанова, В. В. Ткаченко // Труды КубГАУ. - 2009. - № 18. - С. 18-22.
5. Ткаченко В.В. Информационная подсистема планирования и расчета доз органических удобрений / В.В. Ткаченко, И.И. Третьяков, С.А. Боярко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №06(080). С. 593 – 608. – IDA [article ID]: 0801206047. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/06/pdf/47.pdf>, 1 у.п.л.
6. Ткаченко В.В. Предпосылки создания системы моделей и методики многокритериальной оценки и выбора технологий возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Ткаченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №09(113). С. 1680 – 1693. – IDA [article ID]: 1131509119. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/119.pdf>, 0,875 у.п.л.
7. Ткаченко В.В. Система поддержки принятия решений для управления экономическими параметрами в растениеводстве // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Научный журнал №96. – Санкт-Петербург, 2009 г.
8. Ткаченко Н.А. Проектирование и разработка программного комплекса эффективного управления процессами растениеводства / Н.А. Ткаченко // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Отв. за вып. А.Г. Кощаев. 2016. С. 521-522.

References

1. Babenkov I.M. Osnovnyye determinanty ekonomicheskoy i informatsionnoy bezopasnosti na sovremennom etape razvitiya ekonomiki / I.M. Babenkov, A.V. Paras-kevov, O.B. Shilovich // v sbornike: Rol' i mesto informatsionnykh tekhnologiy v sovremennoy nauke - sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennyy redaktor: Sukiasyan Asatur Al'bertovich. Ufa, 2016. S. 71-74.

2. Vorobeva M.A. Sostoyanie i perspektivi razvitiia individualnogo predprinimatilstva v agropromishlennom sectore Krasnodarskogo kraia / M.A. Vorobeva // V sbornike: Problemi dostizheniia ekonomicheskoi effektivnosti i socialnoi sbalansirovannosti: Imperativi, pravovie i hoziaistvennie mehanizmi. Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii, posviashennoi 95-letiu Finansovogo universiteta. Otvetstvenii redactor^ Sorokosherdev V.V. – 2014. – С.52-57.

3. Loyko V.I. Adaptaciia modeli binarnih reshaushih matric k zadache vibora tehnologii vozdelivaniia selskohozyaistvennih kultur / V.I. Loyko, V.V. Tkachenko // Politematicheskii setevoi elektronii nauchnii zhurnal Kubanskogo agrarnogo universiteta (Nauchnii zshurnal KubGAU) [Elektronii resurs]. Krasnodar: KubGAU, 2015. – №10(114). С. 1592 – 1603. IDA [article ID]: 1141510115. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/115.pdf>, 0,75 u.p.l.

4. Loyko V.I. Model ekonomicheskoi ochenki tehnologii vozdelivaniia selskohozyaistvennih kultur / L.O. Velicanova, V.V. Tkachenko // Trudy KubGAU. - 2009. - № 18. - С. 18-22.

5. Tkachenko V.V. Informacionnaia podсистема planirovaniia i rascheta dozirovok organicheskikh udobrenii / V.V. Tkachenko, I.I. Trethakov, S.A. Boyarko // Politematicheskii setevoi elektronii nauchnii zhurnal Kubanskogo agrarnogo universiteta (Nauchnii zshurnal KubGAU) [Elektronii resurs]. Krasnodar: KubGAU, 2012. – №06(080). С. 593 – 608. – IDA [article ID]: 0801206047. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/06/pdf/47.pdf>, 1 u.p.l.

6. Tkachenko V.V. Predposilki sozdaniia sistemi modeley i metodiki mnogokriterialnoi ochenko i vibora tehnologiy vozdelivaniia selskohozyaistvennih kultur / V.V. Tkachenko // Politematicheskii setevoi elektronii nauchnii zhurnal Kubanskogo agrarnogo universiteta (Nauchnii zshurnal KubGAU) [Elektronii resurs]. Krasnodar: KubGAU, 2015. – №09(113). С. 1680 – 1693. – IDA [article ID]: 1131509119. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/119.pdf>, 0,875u.p.l.

7. Tkachenko V.V. Sistema podderzhki priniatia reshenii dla upravleniia ekonomicheskimi parametrami v rastenievodstve // Izvestiia Rossiiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gercena. Nauchnii Zhurnal №96. – Sankt-Peterburg, 2009.

8. Tkachenko N.A. Proectirovaniie i razrabotka programmnoho kompleksa effektivnogo upravleniia processami rastenievodstva / N.A. Tkacheno // V sbornike: Nauchnoe obespechenie agropromishlennogo kompleksa. Otv. za vip. A.G. Kohsaev. 2016. С.521-522.