

ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОЕ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О ВЫБОРЕ КУЛЬТУР И АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Луценко Н. Е. – аспирантка
Кубанский государственный аграрный университет

В статье применение СК-анализа рассматривается как перспективный метод для решения задач прогнозирования и поддержки принятия решений по рациональному и научно-обоснованному выбору культур или микрозон, а также агротехнологий для выращивания.

В настоящее время выбор культур и агротехнологий не всегда осуществляется на основе исследования экономической целесообразности, в результате чего снижается эффективность использования направленных на эти цели инвестиций.

К решению проблемы подходят не системно, т.е. при принятии соответствующих ответственных и далеко идущих решений обычно учитываются лишь хозяйственные критерии, прежде всего, объем продукции, затем качество. Реже оценивается экономическая целесообразность выбора тех или иных культур для выращивания в данной зоне и микрозоне (или наоборот, выбор оптимальной микрозоны для данной культуры), а также выбор для этого конкретных технологий. Между тем одним из основных требований системного анализа является учет максимального количества факторов, определяющих исследуемый процесс. На практике это сделать сложно из-за малодоступности методов и средств автоматизации системного анализа. Одним из таких методов является метод системно-когнитивного анализа, который мы предлагаем применить для решения поставленной проблемы [1–7]. Этим и определяется выбор объекта, предмета, цели и задач исследования.

Объект исследования: применение системного анализа для поддержки принятия решений в области агрономии.

Предмет исследования: применение автоматизированного системно-когнитивного анализа для поддержки принятия экономически обоснованных решений в области агрономии.

Цель исследования: разработка системы методик поддержки принятия решений по выбору агротехнологий и культур для выращивания, обеспечивающих максимизацию прибыли на уровнях хозяйства, района и региона.

Задачи исследования.

Задача № 1. Максимизация прибыли путем рационального выбора культуры для возделывания в данной зоне или микроне с учетом граничных условий: соответствия агрометеорологических условий требованиям генотипа (на примере определенной культуры).

Задача № 2. Максимизация прибыли путем рационального выбора агротехнологии возделывания для заданной культуры (на примере определенного сорта).

Методики решения задач исследования.

Задача № 1.

Методика 1.1. Когнитивная структуризация и формальная постановка задачи, подготовка исходных данных, синтез информационной модели и ее оптимизация.

Методика 1.2. Проверка адекватности семантической информационной модели и ее исследование на сходимость и устойчивость.

Методика 1.3. Прогнозирование результатов выращивания заданной культуры в заданной зоне или микроне и поддержка принятия решений по рациональному выбору культуры для возделывания.

Методика 1.4. Геоинформационная визуализация результатов решения задачи № 1.

Задача № 2.

Методика 2.1. Когнитивная структуризация и формальная постановка задачи, подготовка исходных данных, синтез информационной модели и ее оптимизация.

Методика 2.2. Проверка адекватности семантической информационной модели и ее исследование на сходимость и устойчивость.

Методика 2.3. Прогнозирование результатов применения выбранной агротехнологии для выращивания заданной культуры в заданной зоне или микроне и поддержка принятия решений по рациональному выбору агротехнологии для возделывания данной культуры.

Агрономическая и экономическая постановка задач выбора культуры и агротехнологий исходят из различного понимания целей, которые необходимо достичь:

- агрономы, как правило, исходят из цели получения максимальной продуктивности (урожайности) и наиболее высокого качества продукции;
- экономисты исходят из цели получения максимальной прибыли, рентабельности, минимизации удельных затрат (на единицу продукции).

Соответственно агрономы оценивают эффективность тех или иных агротехнологий по их влиянию на повышение продуктивности, а экономисты – на повышение прибыли.

Например, пусть применение определенной агротехнологии привело к повышению урожайности на 10 ц/га по сравнению с ситуацией, когда она не применялась. С точки зрения агрономов это означает, что применение данной агротехнологии целесообразно. Однако для экономиста целесообразность этого требует дополнительного обоснования. Реализация на рынке дополнительного урожая, полученного за счет применения данной агротехнологии, дало выручку 100 у.е./га. А стоимость самой агротехнологии и ее применения составила 80 у.е./га. Тогда применение данной агротехнологии дает прибыль 20 у.е./га и ее применение экономически целесообразно.

но. Однако если стоимость самой агротехнологии и ее применения составляет 120 у.е./га, то несмотря на то, что она обеспечивает повышение урожайности на 10 ц/га и агрономически оправданна, ее применение приводит к убытку 20 у.е./га и, следовательно, экономически нецелесообразно.

Таким образом, агрономического обоснования применения тех или иных агротехнологий недостаточно, и для принятия решения о целесообразности их применения необходимо еще и экономическое обоснование. Следует отметить, что в условиях длительного периода затратной плановой экономики при разработке агротехнологий вопросу их экономической эффективности уделялось недостаточно внимания. Поэтому в настоящее время становления рыночных отношений в аграрном секторе экономики актуальным является решение следующих задач:

1. Разработка методов оценки экономической эффективности агротехнологий.

2. Проведение оценки экономической эффективности агротехнологий для различных культур и составление рейтинга экономической эффективности агротехнологий.

3. Разработка новых агротехнологий, высокоэффективных и с агрономической, и с экономической точки зрения.

Фактические исходные данные по прибыли, полученной сельскохозяйственными предприятиями, районами и регионом в зависимости от применяемых агротехнологий, не охватывают всех возможных вариантов сочетаний факторов (агротехнологий) и результатов (прибыли), т.е. полные повторности практически отсутствуют. Восполнить отсутствующие данные путем проведения каких-либо экспериментов не представляется возможным. Применение интерполяции для заполнения отсутствующих повторностей является некорректным, т.к. часто встречаются случаи рядом расположенных (в строках и столбцах корреляционной матрицы) отсутствующих данных. Выбор для обработки полностью заполненных подматриц

нас не устаивает по причине малых размерностей этих подматриц и потери научной и практической значимости полученных при их обработке результатов.

Поэтому применяемый для обработки исходных данных математический метод должен обеспечивать обработку фрагментированных, зашумленных данных различной природы и больших размерностей, а также быть непараметрическим.

Традиционно поставленные задачи решаются с помощью многофакторного анализа и индексного метода. Однако многофакторный анализ позволяет обрабатывать данные меньшей на порядки размерности, чем фактические, а индексный метод требует полных повторностей, что на практике, как показывает опыт, достижимо лишь для подматриц малой размерности. Оба этих метода являются параметрическими, т.е. предполагают доказательство статистических гипотез о нормальности исследуемой выборки.

Таким образом, можно сделать вывод о несоответствии традиционных математических методов обработки исходных данных требованиям и критериям, обусловленным характеристиками этих данных.

Идея решения поставленных задач состоит в применении нового перспективного математического метода экономики – автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) для выявления зависимостей между выбором тех или иных агротехнологий при выращивании различных культур и прибылью, получаемой на уровне хозяйства, района и региона.

Концепция состоит в реализации следующих этапов АСК-анализа:

Синтез содержательной информационной модели (СИМ) предметной области:

1. Когнитивная структуризация и формализация предметной области.
2. Формирование исследуемой выборки и управление ею.

3. Синтез или адаптация модели.
4. Оптимизация модели.
5. Измерение адекватности модели (внутренней и внешней, интегральной и дифференциальной валидности), ее скорости сходимости и семантической устойчивости.

Идентификация и прогнозирование состояния объекта управления, выработка управляющих воздействий:

1. Ввод распознаваемой выборки.
2. Пакетное распознавание.
3. Вывод результатов распознавания и их оценка.

Углубленный анализ содержательной информационной модели предметной области:

1. Информационный и семантический анализ классов и признаков.
2. Кластерно-конструктивный анализ классов распознавания и признаков, включая визуализацию результатов анализа в оригинальной графической форме когнитивной графики (семантические сети классов и признаков).
3. Когнитивный анализ классов и признаков (когнитивные диаграммы и диаграммы Вольфа Мерлина, нейросетевой анализ, классические и интегральные когнитивные карты).

Применяемые в настоящее время агротехнологии разработаны в основном в период плановой затратной экономики, поэтому в настоящее время, когда происходит переход аграрного сектора экономики к рыночным отношениям, необходимо оценить традиционные агротехнологии с точки зрения экономической целесообразности их применения и на этой основе составить рейтинговый список этих технологий от наиболее прибыльных до убыточных. По обоснованным критериям для этого наиболее целесообразно применить метод системно-когнитивного анализа.

Системно-когнитивный анализ (СК-анализ) был разработан в 2002–2003 годах [6; 7] в результате целенаправленных усилий по автоматизации системного анализа. Это было достигнуто не за счет максимальной детализации системного анализа, что традиционно, а путем его рассмотрения как метода познания и структурирования по базовым когнитивным операциям (БКОСА, от "*cognition*" – "познание" (англ.), откуда происходит и само название метода).

Математическая модель СК-анализа была получена путем системного обобщения мер количества информации, основанных на теоретико-множественных и вероятностных представлениях (меры Хартли и меры Харкевича), т.е. путем замены понятия "множество" более общим понятием "система" и соответствующего обобщения понятий теории информации, основанных на понятии множества.

Методика численных расчетов, реализующая математическую модель СК-анализа, включает структуры баз данных входной, промежуточной и выходной информации, а также алгоритмы реализации БКОСА.

Существенно, что разработка СК-анализа доведена до уровня конкретизации, обеспечивающего применение данного метода на практике, т.е. математическая модель и методика численных расчетов СК-анализа были реализованы в форме поддерживающей их программной системы – универсальной когнитивной аналитической системы "Эйдос" [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что АСК-анализ является адекватным методом решения поставленных в работе задач.

Для адекватного моделирования процесса выращивания растений необходимо использовать *тысячи факторов* различной природы, но на практике это сделать крайне проблематично, как по причине разобщенности необходимой исходной информации, так и по причине неизвестности и недоступности соответствующего этой задаче математического аппарата и реализующего его программного инструментария. Поэтому обычно в од-

них исследованиях учитывается влияние климатических факторов на количественные и качественные результаты выращивания сельскохозяйственных культур (сельскохозяйственная метеорология), в других – влияние технологий, в третьих – влияние почв, предшественников (севооборот), структуры и организации машинно-тракторного парка, финансовых и материальных потоков (логистика) и т.п. Сами агротехнологии в свою очередь включают массу различных групп факторов: способы вспашки; количество, виды и способы внесения удобрений; нормы высева, полива, вид обрезки, способ формирования кроны и т.д. Однако ни одна из этих групп факторов не является определяющей в получении хозяйственного результата. Дело усложняется тем, что исследования проводятся по узким направлениям (по группам факторов) различными разобщенными группами ученых, на разных кафедрах, в различных научно-исследовательских институтах, не основываются на общей базе данных в электронной форме и системном подходе. Таким образом, ощущается острый дефицит междисциплинарных системных исследований объектов управления в АПК, охватывающих все эти группы факторов. Необходимость применения системного подхода в подобных исследованиях очевидна, однако усложняется нелинейным системным взаимодействием факторов, огромными размерностями задач, недоступностью обеспечивающих эти размерности математических моделей и соответствующего программного инструментария, практической невозможностью проведения многофакторных экспериментов на реальных размерностях данных.

В результате неучета многофакторности объекта управления в АПК, например, решения о размещении садов и выборе сортов для выращивания принимаются по данным эмпирических сортоиспытаний в отдельных точках, чаще всего привязанных к крупным плодовым хозяйствам без возможности проводить испытания или прогнозирование результатов выращивания всего набора культур, без анализа и учета адаптивного и природ-

но-ресурсного потенциала конкретного пункта выращивания. Подобный подход к принятию ответственных решений приводит к тому, что культуры выращиваются не там, где для этого есть оптимальные природные условия, а там, где имеется необходимая инфраструктура (населенные пункты). В результате, например, ни один сортоучасток в Краснодарском крае не дает урожай абрикоса больше 4-х раз в 10 лет, и это несмотря на то, что есть участки, где он давал бы ежегодный урожай. Аналогично обстоит дело и с выбором культур для выращивания на полях, а также с выбором агротехнологий для их выращивания.

Под когнитивной структуризацией в общем случае понимается определение будущих, как желательных (целевых), так и нежелательных состояний объекта исследования и управления, а также системы факторов, детерминирующих эти состояния. В общем случае в качестве факторов могут рассматриваться и факторы окружающей среды, и технологические факторы, и параметры объекта исследования на низких уровнях ее иерархической структурно-функциональной организации.

Формализация предметной области осуществляется на основе ее когнитивной структуризации, проведенной в предыдущем разделе.

Формализация предметной области – это конструирование классификационных и описательных шкал и градаций, как правило, порядкового типа с использованием интервальных оценок, в системе которых предметная область описывается в форме, пригодной для обработки на компьютере с использованием математических моделей.

Синтез семантической информационной модели (СИМ) осуществляется в системе "Эйдос".

Оптимизация семантической информационной модели состоит в исключении из нее факторов, не оказывающих существенного влияния на

получение тех или иных результатов выращивания исследуемых сельхозкультур.

Ни одну модель нельзя использовать, пока не измерена ее адекватность, т.е. пока модель не исследована на степень ее соответствия действительности. Только если модель обладает достаточно высокой адекватностью *можно считать исследование модели исследуемого объекта изучением самого объекта*. В АСК-анализе и его инструментарии – системе "Эйдос" – предусмотрены развитые средства изучения адекватности семантической информационной модели объекта исследования, измерение как внутренней, так и внешней валидности.

Основой семантической информационной модели является матрица информативностей, содержащая выявленные на основе эмпирических данных причинно-следственные зависимости между градациями описательных и классификационных шкал. Мерой причинно-следственных зависимостей является количество информации, которое содержится в факте действия определенного значения фактора о том, что объект управления (растение) перейдет в определенное состояние, характеризующееся продуктивностью и качеством (потребительское или хозяйственное свойство). Значение информативности может быть различной величины по модулю и положительным и отрицательным по знаку, что означает соответственно величину и направление влияния данного значения фактора на данное потребительское свойство.

На основе матрицы информативностей по заданным значениям действующих факторов можно прогнозировать хозяйственные свойства объекта управления. Результаты прогнозирования выводятся системой "Эйдос" в стандартной форме, каждая строка которой соответствует классу, с которым данный объект имеет наибольшее сходство и классы ранжированы от максимального сходства до минимального.

Задача принятия решений является обратной по отношению к задаче прогнозирования. Если при прогнозировании по факторам определяются возможные хозяйственные свойства, то при принятии решений, наоборот, по заданным хозяйственным свойствам определяем, какими значениями факторов детерминируются эти свойства.

Таким образом, СК-анализ позволяет решить задачу выбора оптимальной культуры для выращивания в данной микроне и задачу выбора оптимальной микроне для выращивания заданной культуры [4].

В условиях плановой затратной экономики, которая характеризовалась кризисами недопроизводства, перед разработчиками агротехнологий ставилась задача создания таких технологий, которые бы обеспечили прежде всего максимальное увеличение урожайности. Фактически это делалось за счет того, что недостаточно внимания уделялось вопросам обеспечения высокого качества продукции (ее экологической чистоты) и понижения ее себестоимости.

Поэтому естественно, что разработанные в этот период агротехнологии оказались неоптимальными уже в период переходной экономики и тем более в настоящее время, когда принятие решения о выборе той или иной агротехнологии базируется прежде всего на экономических критериях.

Традиционно на практике при выборе агротехнологий вопросам повышения качества продукции и понижения ее себестоимости также не уделялось того внимания, которое придается этим вопросам в настоящее время. При этом необходимо отметить, что возможности выбора агротехнологий у практиков были существенно ограничены по ряду причин:

- во-первых, многие, даже незначительные по современным меркам, решения принимались на самом высоком уровне;

- во-вторых, технологий, ориентированных на высокое качество и низкую себестоимость продукции в нашей стране создавалось недостаточно;

- в-третьих, доступ к зарубежным агротехнологиям у наших хозяйственников был очень ограничен;

- в-четвертых, зарубежные агротехнологии, как правило, требуют адаптации и локализации к нашим организационным, технологическим и климатическим условиям.

Таким образом, можно сделать вывод об актуальности решения следующих двух задач.

1. Проведение своеобразной ревизии, переоценки существующих агротехнологий на предмет соответствия требованиям, которые предъявляются к ним сегодня: обеспечение не только высокой продуктивности, но и высокого качества и низкой себестоимости продукции.

2. Разработка новых агротехнологий, удовлетворяющих этим требованиям и критериям.

Решение этих задач предлагается получить с применением метода АСК-анализа. Для этого необходимо реализовать стандартные этапы этого метода, перечисленные выше.

В качестве факторов при этом могут рассматриваться различные агротехнологические приемы и операции, комплексные технологии, а в качестве будущих состояний объекта управления – не только объем, качество и себестоимость продукции, но прежде всего прибыль, полученная производителем после реализации продукции на рынке.

Исходные данные представляют собой статистические таблицы, в которых первые строки соответствуют будущим состояниям объекта управления (объему, качеству и себестоимости различных видов продукции), а остальные строки содержат данные по факторам, используемым сельхозпроизводителями при производстве этих видов продукции (различными агротехнологическим приемам и комплексным технологиям), столбцы содержат повторности по конкретным хозяйствам. Может быть использована и транспонированная матрица.

Синтез семантической информационной модели (СИМ) состоит в том, что на основе исходных данных выявляется сила и направление влияния значений различных факторов на объем, качество и себестоимость продукции. Результаты представляются в форме матрицы информативностей.

После синтеза модели она обязательно проверяется на соответствие действительности, т.е. на адекватность.

Исследуется также скорость сходимости значений в матрице информативностей к итоговым значениям в зависимости от объема обучающей выборки, а также зависимость результатов прогнозирования от малых изменений исходных данных, т.е. устойчивость модели.

На основе матрицы информативностей могут решаться задачи прогнозирования хозяйственных и экономических результатов применения тех или иных агротехнологий, а также задачи поддержки принятия решений по выбору тех агротехнологий, которые с наибольшей вероятностью приводят к заранее заданному материалу.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что СК-анализ позволяет выявить силу и направление влияния различных факторов на прибыль и хозяйственные результаты и на основе этого осуществлять прогнозирование и поддержку принятия решений.

В настоящее время ответственные решения по размещению тех или иных культур в зонах и микрizonaх и по выбору конкретных агротехнологий для выращивания принимаются неоптимальным образом с точки зрения критериев, наиболее актуальных в настоящее время: максимизации прибыли и получения наиболее высокого качества продукции. Применение СК-анализа является одним из путей, который позволяет в определенной степени решить эту проблему.

Необходимо отметить, что разработка предлагаемых методик неизбежно будет осуществляться в условиях действия определенных ограничений, основными из которых являются ограничения:

- в количестве исследуемых факторов;
- в количестве исследуемых будущих состояний объекта управления (прибыль, количество и качество продукции);
- ограничения в объеме исходных данных.

Перспектива развития предлагаемых методик состоит в преодолении названных выше ограничений.

Таким образом, СК-анализ позволяет повысить экономическую эффективность принятия решений при выборе культур и агротехнологий для их выращивания.

Применение СК-анализа является перспективным для решения задач оценки эффективности традиционных методик прогнозирования и поддержки принятия решений по рациональному и научно обоснованному выбору культур или микрорзон, а также агротехнологий для выращивания и для разработки новых высокоэффективных с экономической и хозяйственной точек зрения методик подобного назначения.

Список литературы

1. Новые подходы к районированию плодовых культур на Юге России с применением компьютерного моделирования. Организационно-экономический механизм инновационного процесса и приоритетные проблемы научного обеспечения развития отрасли / И. А. Драгавцева, Е. В. Луценко, Н. М. Запорожец, Н. Е. Луценко // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 3–4 февраля 2003 г. – Краснодар, 2003. – С. 74–76.
2. Применение системного анализа для прогнозирования успешности выращивания сельскохозяйственных культур (на примере плодовых) / в сб.: "Формы и методы повышения эффективности координации исследований для ускорения процесса передачи реальному сектору экономики завершенных разработок" / И. А. Драгавцева, Е. В. Луценко, Н. М. Запорожец, Н. Е. Луценко. – Краснодар : СКЗНИИСиВ, 2002. – С. 62–67.
3. Применение автоматизированного системного анализа для прогноза продуктивности плодовых культур на Юге страны / И. А. Драгавцева, Е. В. Луценко, Н. М. Запо-

- рожец, Н. Е. Луценко // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар : СКЗНИИСВ, 2002. – С. 8–11.
4. Лопатина, Л. М. Концептуальная постановка задачи: "Прогнозирование количественных и качественных результатов выращивания заданной культуры в заданной точке" / Л. М. Лопатина, И. А. Драгавцева, Е. В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2004. – № 05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/08/p08.asp>
 5. Луценко, Е. В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем) : Монография (научное издание) / Е. В. Луценко. – Краснодар : КубГАУ, 2002. – 605 с.
 6. Луценко, Е. В. Интеллектуальные информационные системы : учеб. пособие для студентов специальности 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)" / Е. В. Луценко. – Краснодар : КубГАУ, 2004. – 633 с.
 7. Луценко, Н. Е. Перспективы выращивания томатов на закрытом грунте по технологии малообъемной гидропоники / Н. Е. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2005. – № 02(10). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/02/14/p14.asp>