

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ К ОСОБЕННОСТЯМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Л.М. Воронова, Н.М. Воронова, Д.А. Саунин,
Владимирский государственный университет,
М.А. Мазиров, Российский государственный аграрный университет —
Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева*

В свете современных тенденций информатизации сельскохозяйственной отрасли для каждого региона России весьма актуальна проблема повышения эффективности сельскохозяйственного земледелия. Необходима такая модель его развития, которая, с одной стороны, позволит формировать систему мер для воспроизводства почвенного плодородия, а с другой — обеспечит планирование экономически выгодных технологий в условиях меняющихся требований рынка и ограничений, возникающих в каждом хозяйстве в конкретный период. Практическое осуществление поставленных требований опирается на дифференцированность подходов к принятию технологических решений при возделывании различных культур, учитывающих агроклиматические и ландшафтные особенности земельно-производственной базы хозяйства. Рациональное решение многовариантно ввиду большого разнообразия типов почв, действующих в хозяйстве севооборотов, существующих технологий обработки почвы. Заранее оценить рациональность предварительного сделанного выбора затруднительно даже опытному агроному.

Существует ряд подходов к решению задачи, но ни в одном из них не удавалось учесть все факторы. Так, известна задача оптимизации структуры посевных площадей, решаемая методами линейного программирования. В результате получали оптимальные площади под различными культурами с учетом ограничений на их производство, в самом общем виде технологических уровней обработки, достижения максимальной прибыли по хозяйству. Решение не учитывало реального деления земли на участки с

их типами почвы, конкретные технологические операции (а значит, и реальные затраты по участкам), не обеспечивало структуру принятых в хозяйстве севооборотов и т.д. Следовательно, полученное решение рассматривалось как приблизительное, имеющее теоретический, а не прикладной характер.

Наш подход к компьютерному моделированию реальной системы земледелия учитывает не только влияющие на результат многочисленные факторы и большое разнообразие их значений (чаще всего, не числовых), но обобщает и формализует накопленные знания и опыт агрономов в конкретном регионе в виде правил использования значений этих факторов. Некоторые аспекты теоретических принципов построения и возможностей программной реализации предлагаемого подхода представлены в предыдущих публикациях [1, 2]. Основная цель данной работы — показать сложность многофакторного пространства системы земледелия как объекта проектирования, многообразие связей данных по их взаимному влиянию на эффективность земледелия, существующие (как в любой исследуемой области) так называемые «опорные пункты» знания, «правила», позволяющие исключать неверные с точки зрения опытного специалиста варианты проектов. Все это плохо поддается общепринятому математическому моделированию.

Анализ систем земледелия хозяйства

Основу любой структуры земледелия определяют схемы севооборотов, которые характеризуются циклом (в годах), набором полей и групп культур (в количестве,

равном длине цикла), жесткой, ежегодно «скользящей» последовательностью возделывания культур по полям. Вся производственная база хозяйства разделена на участки, характеризующиеся определенными типами земли; участки (не обязательно расположенные рядом) в соответствии со своими типами группируются в поля, а последние входят в состав конкретных севооборотов. Особенность формирования любого севооборота: все его поля (полосы) должны быть (хотя бы примерно) равновеликими по площади. Пусть в хозяйстве среди действующих севооборотов есть следующий: картофель — озимые — яровые. Это 3-годовой и 3-польный севооборот с приблизительно равными площадями полей (полос). В первый год его реализации первое поле занято картофелем, второе — озимыми, третье — яровыми. Зная номера участков, входящих в состав каждого поля, распределяют группы культур по этим участкам. Принято, что на конкретном поле севооборота (на соответствующих ему участках) в конкретном году конкретной посеянной культурой (из своей группы) будет единственная, выбранная по разным соображениям и причинам (которые, кстати, в модели также надо учитывать). В следующем году происходит сдвиг схемы севооборота по его полям относительно первого года размещения на 1. Так, в третий год реализации схема «перестраивается» следующим образом: яровые — картофель — озимые (для первого, второго и третьего полей соответственно). Севооборот как база любого хозяйства накладывает много ограничений на возможности вариаций. Так, например, жестко закрепленные за каждым севооборотом участки должны иметь схожие типы почвы с точки зрения возможности высевать любую культуру севооборота на любом поле (ввиду ежегодного сдвига его схемы по полям). Типы почвы, в свою очередь, определяют возможный набор высеваемых культур из каждой группы. Кроме того, типы почвы на участках определяют и выбор на каждом этапе их обработки лишь возможные технологические операции под выбранные культуры с точки зрения обеспечения устойчивости агроландшафта и воспроизводства почвенного плодородия во времени. Разные сочетания возможных (и только возможных) выборов на этих трех составляющих (земля, технология, культура) в итоге и формируют некоторую структуру земледелия.

Нами изучены многочисленные данные Владимирского Ополья, активно влияющие на эффективность земледелия, полученные в результате многолетних исследований учеными Владимирского НИИСХ [3]. Они включают 27 типов земель, 3 уровня интенсификации, 25 схем севооборотов, 13 возделываемых в зоне культур со всем их сортовым разнообразием, 8 видов основной обработки почвы, 35 комбинаций предпосевной обработки почвы и посева, 15 комбинаций уборочных технологий, более 10 схем применения удобрений и столько же — средств химизации. Опыт работы, теоретические исследования, анализ десятилетиями накопленных данных обнаружили многие закономерности на агроэкономическом уровне, которые сформировались в некие правила в рассматриваемой предметной области. Учеными получены ограничения для культур и технологий по типам земель, базовые урожайности на трех уровнях интенсификации, поправки к ним для каждой технологической операции, каждого предшественника, соотношения для экономических оценок. Тщательное изучение данных с целью их формализации позволило нам структурировать «объект проектирования», выделить основные функциональные компоненты, выявить необходимые их свойства — классификационные признаки. Конкретные данные Владимирского НИИСХ классифицированы как реальные значения этих признаков, а существующие правила — как семантические условия их выбора для «верного проекта». Все это явилось основанием для морфологического подхода к формализации задачи и определило выбор логики для автоматизации ее решения [1,2].

О практической реализации решения задачи

Поскольку первоначальное желание конечного пользователя было визуально наблюдать поэтапное решение задачи (с нарастающими оценками затрат) и иметь возможность работать в диалоговом режиме для оперативной корректировки процесса проектирования, стала прорабатываться интерактивная модель. Разрабатываемый программный продукт ориентирован как на агронома крупного хозяйства, так и фермера — собственника участка земли. Система предусматривает несколько режимов работы: для агронома хозяйства — «разработка поля севооборота», «разработка всего севооборота», для фермера — «разработка любой земельной площади». Каждый из этих режимов позволяет спланировать оптимальную структуру земледелия с точки зрения пользователя, с получением как числовых, так и визуально отображенных результатов (поскольку задача имеет ярко выраженную пространственную привязку, для удобства работы пользователя использована ГИС-среда).

Так, например, агроном, планируя систему земледелия на какой-либо календарный год в режиме разработки севооборота, действующего в хозяйстве, с одной стороны, может варьировать культурами в пределах групп культур, закрепленных за данным севооборотом (чтобы учесть конъюнктуру рынка), а с другой — может варьировать технологические операции на каждом этапе обработки земли (учитывая технические возможности хозяйства и влияние на урожайности культур относительно их базовых значений). Выбор севооборота можно делать как по карте, так и по вводимому номеру (условному имени в хозяйстве). При этом будут предлагаться к проектированию последовательно все его поля. Важно отметить, что последовательность шагов проектирования в системе соответствует естественной последовательности этапов с принятием на них решений человеком в реальном цикле его работы на земле. Поскольку принятие решений пользователем заключается в выборе из «правильных» значений предлагаемых системой параметров (чаще всего не числовых), то он может до последнего этапа контролировать моделирование процесса формирования системы земледелия, опираясь на возможный (т.е. продиктованный заданными правилами) выбор тех или иных значений параметров, руководствуясь при этом некоторыми своими требованиями. Это означает, что итоговый результат будет полностью отвечать запросам агронома и в этом смысле может считаться оптимальным. В принципе, в интерактивном режиме пользователь может последовательно просмотреть самые различные допустимые варианты реализации каждого действующего в хозяйстве севооборота, увидеть их предварительные оценки, прежде чем выбрать наиболее приемлемые. В качестве итога для каждого варианта-прогноза предоставляется описательная таблица моделируемых полей севооборота, в которую входят затраты на реализацию, урожайность, доход, прибыль, весь сопровождающий пакет технологий. Дается и визуальная интерпретация результатов на карте земельных участков: окраска соответствует высеваемой культуре, штриховка — выбранный уровень технологий. Результаты синтезированных вариантов сохраняются в накопительном режиме, их можно многократно просматривать, а при желании — удалить. Ситуация с разработкой поля севооборота, действующего в конкретном хозяйстве, отличается тем, что пользователь может выборочно «разработать» одно (или более чем одно) поле некоторого севооборота в соответствии с годом его реализации, получая также числовые и визуальные оценки модельных вариантов.

Режим «разработки любой земельной площади» предназначен для «свободного фермера», желающего спланировать работу на купленном земельном участке. Конечно, он имеет ряд пожеланий на предстоящий период

использования этой земли. Работая с системой, фермеру достаточно указать площадь угодий и тип почвы в его хозяйстве, а весь остальной спектр параметров для выбора в соответствии с естественной последовательностью этапов работы на земле будет ему предложен непосредственно в интерактивном сеансе работы. В этом режиме выбор начинается с предложения самых приемлемых севооборотов. В качестве выходного результата здесь выступают лишь описательные таблицы моделируемых вариантов и их числовые оценки.

Доходы (которые определяются итоговой урожайностью) и затраты в значительной мере обусловлены выбором технологических операций на всех этапах обработки почвы (а их насчитывается 6). Затратные оценки сопровождают каждый шаг проектирования и отражают как «цену» текущего шага, так и «накопленную цену» по всем выполненным шагам, включая текущий. В сеансе работы можно указать коэффициент инфляции для «поправки» цен, как по затратным статьям, так и на продукцию в рассматриваемый период. Если пользователь получает на каком-то этапе работы с системой экономически невыгодный для себя результат, он может вернуться на столько шагов назад, сколько необходимо для получения совсем иного варианта с нужным результатом.

Поскольку работа с программным продуктом будет представлять собой диалог пользователя с системой, быстрое действие в основном определяется временем ведения диалога. При хорошей ориентации в своем хозяйстве и информированности обо всех технологических операциях агроном может в пределах часа подобрать вариант для отдельного поля севооборота, за столько же фермер сможет выяснить, каким образом ему спланировать работу на купленном участке земли. За считанные часы последовательно можно спроектировать все действующие в хозяйстве севообороты. «Вручную» сделать такой выбор даже опытному агроному весьма затруднительно. Проектные варианты будут сравнимы с работой опытных специалистов, не нуждаются в ручной доработке, прогнозируют необходимые затраты, урожай, прибыль, могут быть использованы для принятия решений на перспективу. Агроном или фермер может, заранее планируя оптимальный для хозяйства вариант системы земледелия, учесть все пожелания как экономического, так и технологического характера, одновременно приближая свои «предложения» к «спросу» на рынке. Справедливости ради отметим, что прорабатывается также и режим автоматического порождения «верных решений» с последующим отбором, подходящих по различным критериям и ограничениям. ☒

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Т. Волощук, М.А. Мазиров, Л.М. Воронова Система оптимизации в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия. //Труды Межрегиональной конференции «АГРОИНФО-2000». Новосибирск, 2000. С. 460-462.
2. Л.М. Воронова, А.Т. Волощук, М.А. Мазиров Логистический подход к формализации адаптивно-вариантной методики планирования сельскохозяйственной системы земледелия //Труды XXIII Российской школы «Наука и технологии». М.: РАН, 2003. С. 26-29
3. Адаптивно-ландшафтные особенности земледелия Владимирского Ополя, монография, под ред. д.с/х.н. А.Т. Волощука. М., РАСХН, 2004, 448с.