

## Система поддержки принятия решений в земледелии. Принципы построения и функциональные возможности.

к.т.н. В.В. Якушев, Агрофизический НИИ, [mail@agrophys.com](mailto:mail@agrophys.com)

**Аннотация:** Рассмотрены структура, принципы организации и функционирования системы выработки и поддержки реализации агротехнологий в земледелии с использованием новейших достижений в области информатики и техники.

Сельское хозяйство – один из основных видов деятельности человека, важность которого переоценить невозможно. Сельскохозяйственное производство развивается с появлением оседлого образа жизни человека, оно играло и играет основополагающую роль в обеспечении человечества продуктами питания. С ростом населения планеты, продуктов питания требуется все больше, производство которых требует интенсификации земель, занятых под сельское хозяйство. В свою очередь повышается и антропогенная нагрузка на биосферу Земли, ведь сельское хозяйство является одним из наиболее сильных факторов, влияющих на экологию нашей планеты.

Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду значительно и многообразно. Оно складывается из значительного числа факторов воздействия растениеводства и животноводства в зависимости от конкретных физико-географических особенностей регионов [1]. Значимость и степень влияния отдельных факторов сильно варьируют вследствие широкого разнообразия типов сельскохозяйственного использования земель, природных и исторических условий формирования экологической ситуации в различных регионах.

Состав, размещение и чередование сельскохозяйственных культур во многом характеризуют степень влияния сельского хозяйства на природную среду. Способ возделывания сельскохозяйственных культур определяет степень незащищенности поверхности почвы и подверженности ее водной и ветровой эрозии. Количество и тип вносимых удобрений определяют степень загрязнения окружающей среды и продукции земледелия нитратами и другими высокотоксичными веществами. Кроме того, использование удобрений приводит к накоплению в почвах других вредных веществ и элементов. Например, применение фосфорных удобрений сопровождается накоплением в почвах фтора, стронция и урана. Животноводство приводит к деградации пастбищных угодий, ухудшению почвозащитных свойств и развитию эрозионных процессов, а также загрязнению окружающей среды сточными водами и испарениями. Также весьма существенны последствия применения пестицидов и инсектицидов. Воздействие тех или иных факторов сельскохозяйственной деятельности может усугубляться и природными факторами, такими как активная эрозия и дефляция.

Учитывая исключительную важность сельского хозяйства в вопросах экологической безопасности и обеспечения населения продуктами питания, актуальным является обеспечение эффективного управления растениеводческими предприятиями с тем, чтобы с одной стороны максимально повысить урожайность, а с другой стороны, свести к минимуму антропогенную нагрузку на биосферу. Для достижения этих целей производители в различной степени используют разработки ученых, машиностроителей, экономистов и прочих специалистов, обслуживающих АПК.

С появлением новых технологий в сельском хозяйстве, таких как точное земледелие (precision agriculture), открываются широкие возможности для достижения оптимального результата по критерию прибыль + экологическая безопасность. Точное земледелие – это система хозяйствования на земле с использованием новейших достижений в области информатики и техники, опирающаяся на использование

компьютерных систем генерации агротехнологических решений, глобальных систем позиционирования (GPS), геоинформационных технологий (ГИС), новейших информационных технологий, дистанционных и бортовых датчиков, автоматических исполнительных органов сельхозмашин [2].

Процесс получения продукции растениеводства реализуется в пространстве и времени на конкретной территории. Эта территория не является однородной даже в пределах одного поля. В традиционном земледелии при выполнении тех или иных агротехнических операций их параметры (условия её выполнения и соответствующие воздействия) являлись, как правило, одинаковыми для всех участков поля. Точное же земледелие предполагает динамическую оптимизацию этих параметров для каждого однородного участка поля в зависимости от складывающихся агрохимических, агрофизических, фитосанитарных факторов. Иначе говоря, все технологические операции, проводимые на поле, дифференцируются с учётом погодных условий не только во времени, но и в пространстве.

Для реализации технологии точного земледелия требуются современная сельскохозяйственная техника, управляемая бортовой ЭВМ, и технические средства – автоматические пробоотборники, различные сенсоры и измерительные комплексы, уборочные машины с автоматическим учётом урожая, приборы дистанционного зондирования, а также многофункциональное программное обеспечение, позволяющее принимать оптимальные решения при управлении сельскохозяйственным предприятием.

Современные информационные технологии позволяют коренным образом изменить процесс принятия агротехнологических управленческих решений. Последние достижения информатики в области телекоммуникаций и систем, основанных на знаниях компьютерных методов поддержки принятия решений объективно способствуют созданию принципиально новых программных комплексов, которые могут интегрировать знания и опыт многих специалистов в области агрономии, биологии, сельского хозяйства, экономики и прочих смежных областях деятельности. Существующий информационно-технический потенциал позволяет, в частности, разработать и создать компьютерную систему по выработке максимально эффективной и, вместе с тем, экологически безопасной адаптивной агротехнологии для каждого поля с учётом вариабельности природных условий и экономических ограничений в конкретном хозяйстве. Решение этой задачи, в свою очередь, связано с необходимостью представления, формализации и чёткого синтеза научных знаний и информации, накопленной в агрономии. Реализация компьютерных систем поддержки агротехнологических решений зависит от понятийного аппарата, обеспечивающего электронное представление и комплексирование описательных и процедурных знаний в агрономии на основе естественно-языкового общения с ЭВМ и специализированной обработки знаний. Этой работой давно и серьезно занимаются в Агрофизическом НИИ, в котором разработаны теоретические и методологические основы построения единого компьютеризированного технологического пространства в области агрономии, предложен понятийный аппарат компьютерного описания технологических операций и агротехнологий в целом. Накоплен определенный опыт создания и эксплуатации с помощью ЭВМ систем поддержки агротехнологических решений [3].

На рис.1 представлена в общем виде структурная схема, в соответствии с которой обеспечивается генерация агротехнологических решений в агрономии, включая реализацию агроприёмов по информационной технологии точного земледелия (ТЗ). Схема предусматривает сбор разнородных данных и знаний, их анализа и формализацию, а также выработку на основе накапливаемой информации агротехнологических дифференцированных решений, включая выполнение агроприёмов в поле по одному из двух основных режимов их реализации в системе ТЗ (offline или online).

Ядром представленной схемы является блок генерации и оптимизации агротехнологий, аккумулирующий знания специалистов (экспертов), разрабатывающих

базовые агротехнологии и технологические адаптеры. С помощью соответствующего программно-математического обеспечения пользователь (агроном, фермер) сможет синтезировать оптимальную агротехнологию для возделывания заданного сорта на конкретном поле с учётом особенностей своего хозяйства и своего опыта. Именно **агротехнологию** мы рассматриваем как основополагающий элемент земледелия, в том числе и точного. *Стремление к синтезу оптимальной агротехнологии является главной целью пользователя системы поддержки принятия решений (СППР).*

Важно отметить, что в значительной степени функциональные возможности всей схемы (рис.1) определяют количество, частота и качество непосредственно измеряемой и вычисляемой информации, которую использует СППР в процессе синтеза агротехнологий. От содержания и принципов организации и совершенствования баз данных и знаний в СППР, в частности, зависит эффективность внедрения информационной технологии точного земледелия. Следовательно, задачу информационного обеспечения технологии точного земледелия нужно рассматривать как задачу совершенствования баз данных и знаний в рамках СППР [1].

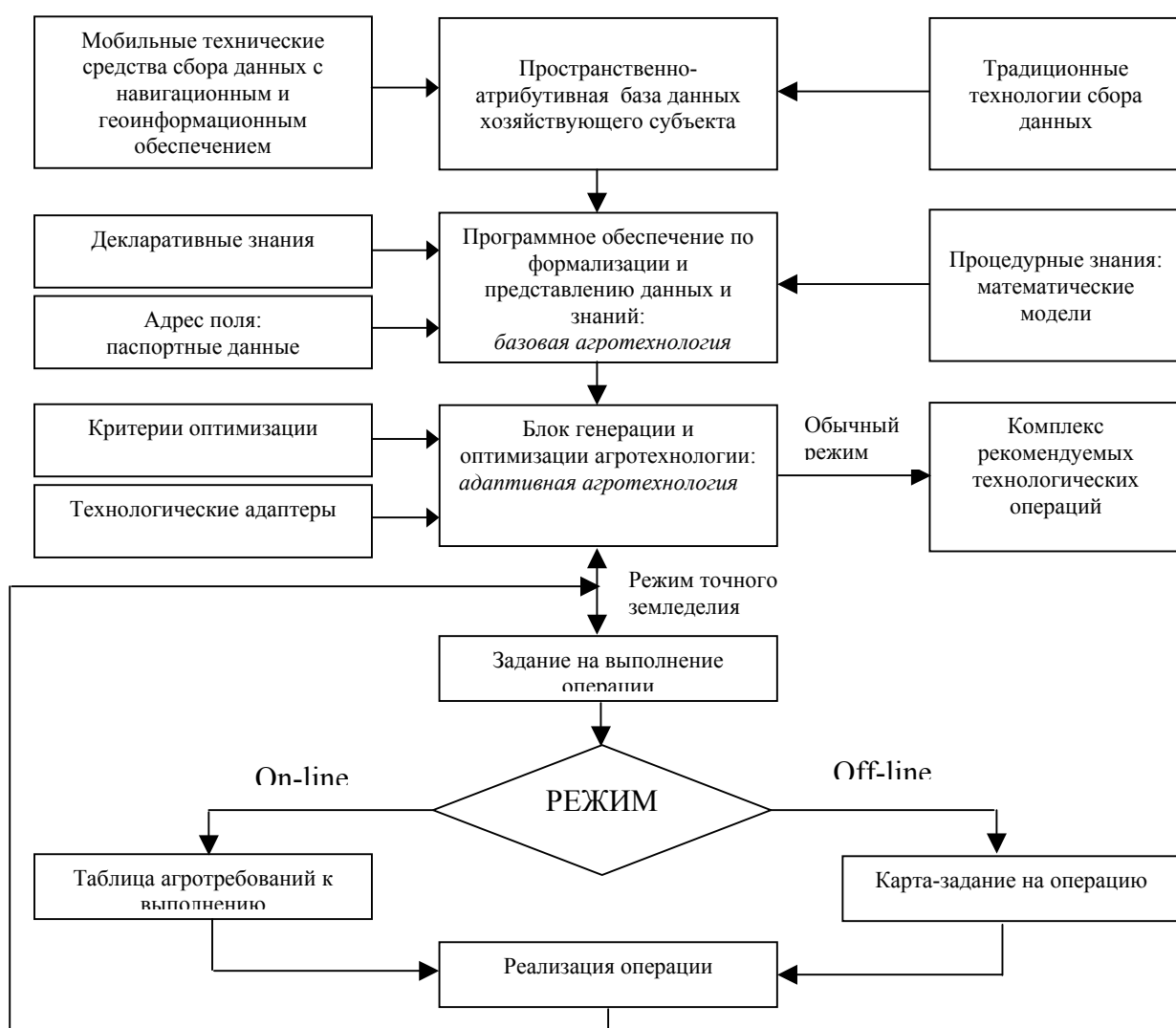


Рис. 1. Структурная схема генерации и реализации агротехнологических решений в земледелии

Системы поддержки принятия решения - СППР или DSS (Decision Support System)- возникли как естественное развитие и обобщение управленческих информационных систем и систем управления базами данных (СУБД) в направлении их большей пригодности и приспособленности к задачам повседневной управленческой деятельности.

Термин "система поддержки принятия решения" появился в начале 70-х годов, однако до сегодняшних дней не нашел общепризнанного определения ни у ученых ни у разработчиков.

Использованию СППР и определению их функционального предназначения посвящено достаточное число трудов отечественных и зарубежных специалистов в различных предметных областях. Область применения СППР — это, прежде всего, слабоструктурированные проблемы. Для задач, которые мы относим к области применения СППР, характерна неопределенность, делающая практически невозможным отыскание единственного объективно наилучшего решения. Поэтому при принятии решений в таких ситуациях должен использоваться более тонкий инструментарий определения системы предпочтений, более глубокий сопоставительный анализ альтернативных вариантов, необходимое информационное обеспечение лиц, принимающих решение [4].

В работе [5] СППР описывается как средство для "вычисления решений", основанное "на использовании моделей ряда процедур по обработке данных и суждений, помогающих лицу, принимающему решение (ЛПР), в управлении", а в работе [6] было предложено рассматривать СППР в качестве "интерактивных автоматизированных систем, которые помогают лицу, принимающему решение, использовать данные и модели, чтобы решать неструктурированные проблемы". В других источниках СППР определяется как "компьютерная информационная система, используемая для поддержки различных видов деятельности при принятии решения в ситуациях, где невозможно или нежелательно иметь автоматические системы, которые полностью выполняют весь процесс принятия решения". СППР не заменяет ЛПР, автоматизируя процесс принятия решения, а оказывает ему помощь в ходе решения поставленной задачи [7].

Начиная с самых первых определений СППР сформировался круг решаемых с их помощью задач: неструктурированных и слабоструктурированных. Существенное влияние на такую направленность СППР оказала классификация проблем, предложенная в [8,9], согласно которой неструктурированные задачи имеют лишь качественное описание, основанное на суждениях ЛПР, а количественные зависимости между основными характеристиками задачи не известны. В хорошо структурированных задачах существенные зависимости могут быть выражены количественно. Промежуточное положение занимают слабоструктурированные задачи, "сочетающие количественные и качественные зависимости, причём малоизвестные и неопределённые стороны задачи имеют тенденцию доминировать" [8].

Несмотря на отсутствие общепризнанного определения, исследователи едины во мнении, что СППР - это компьютеризированные помощники, поддерживающие руководителя в преобразовании информации в эффективные для управляемой системы действия. Эти системы должны обладать такими качествами, которые делают их не только полезными, но и незаменимыми для ЛПР. Как любые информационные системы, они должны обеспечивать специфические нужды процесса принятия решений в информации. СППР должны иметь возможность адаптироваться к изменению вычислительных моделей, общаться с пользователем на специфическом для управляемой области языке (в идеале на естественном), представлять результаты в такой форме, которая способствовала бы более глубокому пониманию результатов.

Роль СППР не в том, чтобы заменить руководителя, а в том, чтобы повысить эффективность его труда. Цель обычной СППР заключается не столько в автоматизации процесса принятия решения, сколько в осуществлении кооперации, взаимодействия между системой и человеком в процессе принятия решений. Для эффективной же реализации идеи точного земледелия необходима СППР с расширенными функциями в сравнении с типовыми системами.

Говоря о СППР с расширенными функциями мы имеем ввиду достаточно сложную архитектуру создаваемой системы, включающую в себя экспертную систему,

математические модели, геоинформационную систему (ГИС), интерфейсы передачи данных между СППР и бортовыми системами сельскохозяйственной техники и мобильных комплексов. Наряду с обычными функциями поддержки выработки решений рассматриваемая СППР обеспечивает автоматическую процедуру формирования электронной карты-задания на реализацию агроприемов по технологии ТЗ. Все перечисленные модули как правило используются и разрабатываются как отдельные программы, мы же увязываем их в один программно-аппаратный комплекс (рис.2). Создаваемая нами СППР, надеемся, должна стать незаменимым помощником в выработке и принятии решений на плановом и оперативных уровнях управления хозяйством. Одним из наиболее ценных качеств этой системы является возможность использования наряду с декларативными (описательными) знаниями также и процедурных (алгоритмов анализа и способов решения задач). Процедурные знания - математические модели различной сложности и назначения, представленные в виде различных компьютерных моделей, оформленных отдельными программными модулями.

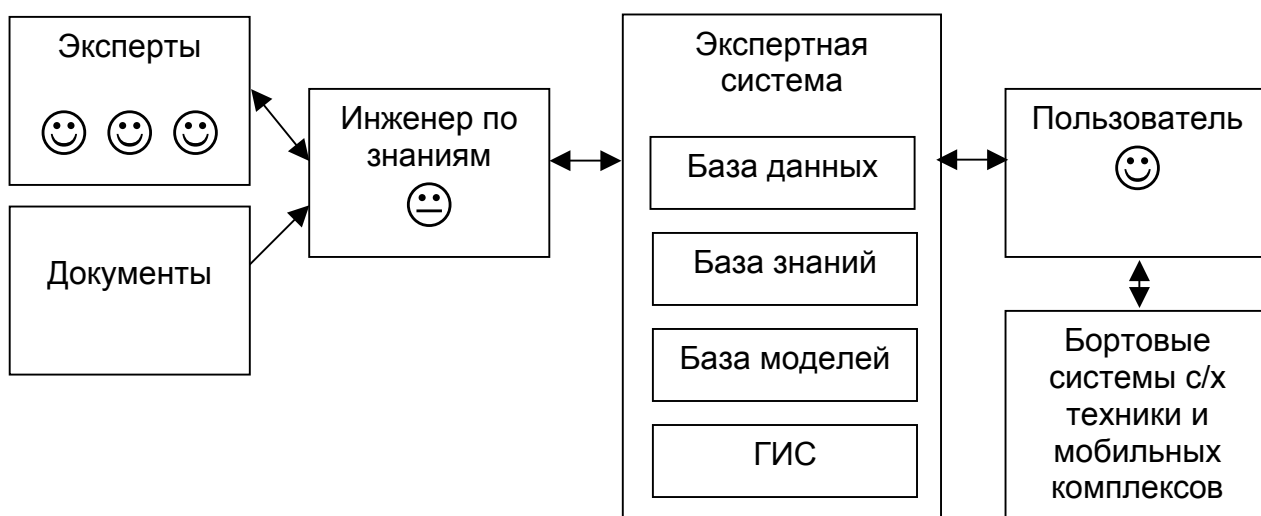


Рис.2. Структура СППР

Рассмотрим более подробно каждый из блоков структуры СППР.

Термин «эксперт» происходит от латинского «*expertus*» (опытный) — носитель специальных, трудно доступных или формализуемых знаний, так называемых глубинных знаний. [10] Существуют различные определения понятия "эксперт". Так, например, Ю.В. Сидельников экспертом называет человека, являющегося специалистом и (или) имеющего практический опыт, который:

- имеет и дает объективные и полные сведения об особенностях и свойствах внешнего объекта и (или) рекомендации относительно предпочтительных (лучших) вариантов решений, касающихся данного объекта;
- обладает правами, обязанностями и ответственностью за свое экспертное заключение, определенными нормативными документами;
- включен в процесс принятия решений, выполняя специальную функцию, и поставлен перед задачей их научного обоснования;
- высказывает суждения по вопросу из области его специальных знаний и (или) практического опыта, поставленному перед ним некоторым лицом, независимо от внешних влияний и собственной выгоды.

В нашем случае это люди, имеющие авторитетный практический опыт в разработке агротехнологий и технологических адаптеров. Это могут быть ученые, агрономы, руководители хозяйств.

Инженер по знаниям - специалист, который занимается извлечением и структурированием знаний. Обычно он выступает в роли посредника между экспертом и создаваемой базой знаний. Инженерия знаний - дисциплина, связанная с вопросами:

- извлечения знаний из экспертов и/или литературы, Internet;
- структурирования, формирования и обработки знаний с целью создания баз данных, баз знаний, экспертных систем, систем поддержки принятия решений.

Термин “инженерия знаний” предложил Э. Фейгенбаум (E. Feigenbaum). Под извлечением знаний понимают процедуру взаимодействия инженера по знаниям с источником знаний, в результате которой становятся явными процесс рассуждений экспертов при принятии профессиональных решений и структура их представлений о предметной области.

Описаны различные эффекты, связанные с извлечением знаний из экспертов:

- существование так называемых неформальных, неявных или подразумеваемых знаний, обусловленное следующими обстоятельствами: неосознаваемым характером экспертного умения; трудностью процесса вербализации и недооценкой самим экспертом важности некоторых знаний, используемых при решении профессиональных задач;
- особая форма организации знаний экспертов по сравнению с организацией знаний новичков;
- достаточно высокая скорость решения экспертом ряда профессиональных задач;
- ограниченность объема кратковременной памяти человека;
- некорректность некоторых способов получения информации;
- наличие психолингвистических проблем. В частности, различие между коммуникативным языком и языком мыслительного процесса может привести в процессе общения инженера по знаниям с экспертом к значительной потере знаний. [3,8,11,12]

Эксперты и инженеры по знаниям - это ключевые фигуры, определяющие наполняемость СППР знаниями и данными. Учитывая огромный объем разнородной информации так или иначе относящейся к сельскому хозяйству, работу по наполнению СППР данными и знаниями можно назвать поистине титанической.

Переходя к описанию экспертной системы с интегрированной базой данных (БД), базой знаний (БЗ), базой моделей (БМ) и блоком ГИС, необходимо определить, что такое данные и знания. В обиходе эти термины часто отождествляют. В популярной или научной литературе нет (и быть не может) универсальных определений этих понятий. Можно говорить лишь о некоторых подходах, разделяемых или не разделяемых различными авторами. Вот одно из определений этих понятий:

- данные - сведения, представленные в определенной знаковой системе и на определенном материальном носителе для обеспечения возможностей хранения, передачи, приема и обработки;
- информация - это данные, сопровождающиеся смысловой нагрузкой, помещенные в некоторый контекст; данные, как-либо оцениваемые приёмником информации (в частном случае, это может быть человек, малая группа). Как правило, получение информации связывают с уменьшением неопределенности существующего выбора; ответ на какой-либо заданный либо подразумеваемый вопрос. (При этом то, что для одних личностей, или с одной точки зрения, может быть данными, для других вполне может быть информацией);
- знание – зафиксированная и проверенная практикой информация, которая может многократно использоваться людьми для решения тех или иных задач.

Нам кажется наиболее подходящим такой подход [8]:

**данные** - факты, характеризующие отдельные свойства объектов, процессов, явлений;  
**знания** - закономерности, полученные в результате практики и связывающие данные.

Экспертная система - компьютерная система, использующая знания одного или нескольких экспертов, представленные в некотором формальном виде, а также логику принятия решения человеком-экспертом в трудно- или неформализуемых задачах. Экспертные системы способны в сложной ситуации (при недостатке времени, информации или опыта) дать квалифицированную консультацию (совет, подсказку), помогающую специалисту принять обоснованное решение. Основная идея этих систем состоит в использовании знаний и опыта специалистов высокой квалификации в данной предметной области специалистами менее высокой квалификации в той же предметной области при решении возникающих перед ними проблем.

Обычно экспертные системы создаются в узких предметных областях. Первые модели были созданы в середине 70-х годов: система MYCIN — использовалась в медицине для диагностики заболеваний, DENDRAL — в разведке месторождений полезных ископаемых для анализа химического состава почв. Экспертные системы включает следующие подсистемы: **базу знаний, машину вывода (решатель), интеллектуальный интерфейс и подсистему пояснений**. База знаний содержит формальное описание знаний экспертов, представленное в виде набора фактов и правил. Механизм вывода или решатель — это блок, представляющий собой программу, реализующую прямую или обратную цепочку рассуждений в качестве общей стратегии построения вывода. С помощью интеллектуального интерфейса экспертная система задает вопросы пользователю и отображает сделанные выводы, представляя их обычно в символьном виде [13].

Преимущества экспертных систем перед человеком-экспертом:

- у них нет предубеждений и они устойчивы к различным помехам;
- они не делают поспешных выводов;
- эти системы выдают не первое нашедшееся, а оптимальное (по определенным критериям) решение;
- база знаний может быть очень и очень большой. Введенные в машину один раз, знания сохраняются навсегда. Человек же имеет ограниченную базу знаний, и если данные долгое время не используются, то они забываются и навсегда теряются.

Первые работы, посвященные экспертным оценкам, появились в бывшем СССР в конце 60-х гг. Одним из первых, осознавших перспективность и значимость технологий экспертного оценивания, был В.М. Глушков — известный ученый в области кибернетики. После того как были разработаны первые технологии экспертного оценивания и получены с их помощью первые серьезные результаты, возможности их практического использования преувеличивались. И по сей день заблуждения такого рода среди специалистов не редкость.

По инициативе высшего руководства страны в начале 70-х была проведена серия экспериментов для проверки реальных возможностей практического использования методов экспертного оценивания. В качестве объектов для экспертиз были предложены перспективы развития ситуации на Ближнем Востоке, область химических разработок и др. Результаты оказались не удовлетворительными, что впоследствии отрицательно сказалось на развитии методов экспертного оценивания в стране.

Необходимо правильно понимать реальные возможности использования этих методов. Безусловно, далеко не все существующие проблемы могут быть решены с помощью экспертных оценок. Хотя корректное использование экспертных технологий во многих случаях остается единственным реальным способом подготовки и принятия обоснованных управленческих решений [4]. Экспертные системы не заменяют

специалиста, а являются его безэмоциональным советчиком, интеллектуальным партнером.

Экспертная система, являющаяся интеллектуальным ядром СППР, используя формализованные знания экспертов, базу данных хозяйства, стратегию развития хозяйства и интегрированные модели в диалоговом режиме позволяет пользователю синтезировать оптимальные агротехнологии для своего хозяйства. Синтез оптимальной агротехнологии происходит путем адаптации базовой агротехнологии к существующим в хозяйстве ресурсам и выбранной стратегии развития хозяйства.

Механизм вывода или решатель – основной программный модуль экспертной системы. Основываясь на формализованных знаниях, он синтезирует оптимальную агротехнологию, документируя цепочку рассуждений с помощью соответствующей подсистемы.

База данных содержит в себе всю атрибутивную информацию, которая используется в работе СППР на всех этапах, то есть на этапе описания базовой агротехнологии, генерации адаптивной агротехнологии и последующего анализа сгенерированной технологии. Также в базе данных хранятся результаты выполнения агротехнологии, которые тоже могут стать входными данными при генерации последующих агротехнологий для конкретного поля.

Данные, хранящиеся в базе, должны быть строго типизированы. Это необходимо для корректной последующей их обработки системой. Типизация данных организована нами таким образом, что можно описать практически любой объект. Для этого разработан редактор типов данных, с помощью которого пользователь может создавать новые типы или редактировать уже имеющиеся. На рис.3. показана схема простого

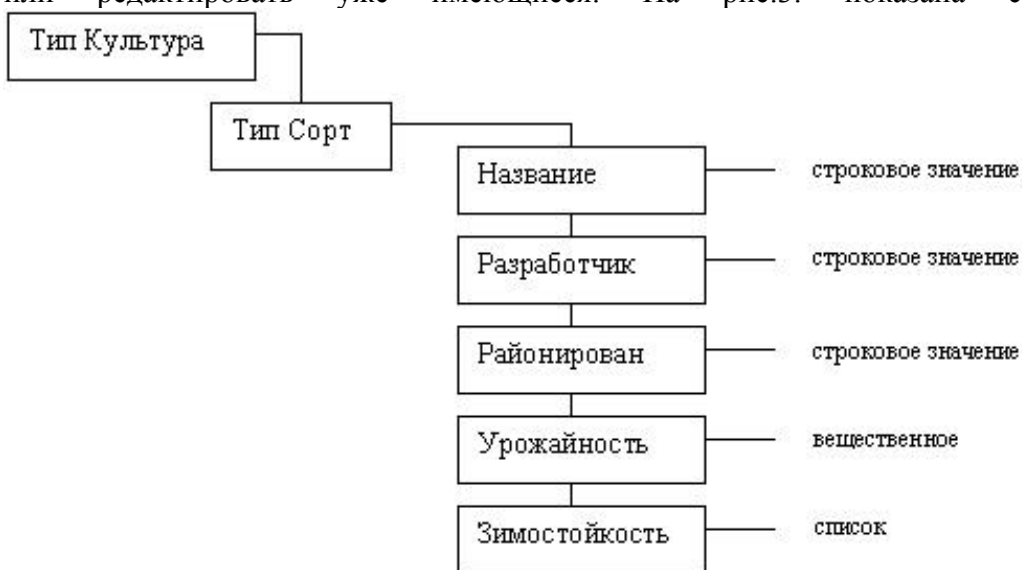


Рис.3. Схема описания типа атрибута в базе данных

примера описания типа «Сорт». Как видно из рисунка, тип «Сорт» имеет пять свойств, которые, в свою очередь тоже типизированы: «строковое значение», «вещественное» и «список». В то же время тип «Сорт» также является свойством родительского типа «Культура».

Наполнение базы данных есть ни что иное, как создание экземпляров того или иного типа. Таким образом, мы описываем и наполняем конкретными значениями все атрибуты, необходимые нам при описании базовой агротехнологии [3].

База знаний включает в себя данные об отдельных технологических операциях, их характеристиках, условиях проведения, степени влияния на экологическую обстановку в зависимости от параметров операции. Сюда также с помощью определенных в системе конструкций представляются сведения, обеспечивающие последующую формализацию и генерацию агротехнологии с заданной степенью дифференциации. Для этого, в частности,



между набором технологических операций и их характеристиками, с одной стороны, и параметрами (условиями) – с другой, устанавливаются определенные соответствия. При этом соответствующее описание «привязано» к конкретному объекту агротехнологии, т.е. к технологическим операциям, их характеристикам, а через них и непосредственно к конкретному полю, культуре, сорту. Это обстоятельство представляется чрезвычайно важным, так как включение в систему прикладных моделей, в том числе и простейших регрессионных, связано с выполнением определенных условий. Этими условиями могут быть пространственно-временные ограничения, агрофизические, агрохимические, биологические, метеорологические и другие особенности применения соответствующих формул.

База интегрированных в СППР моделей, используется для расчета доз удобрений, прогнозирования сроков наступления фенофаз, оценки агротехнологий и отдельных агротехнических операций по экономическим и экологическим критериям. Стратегия использования математических моделей предусматривает два режима их применения в СППР: автоматический и полуавтоматический. В первом случае модели (программные модули) автоматически включаются в управляющее ядро СППР и ими используется единая база данных. Полуавтоматический режим предполагает автономный запуск тех или иных программ, а обмен результатами вычислений происходит на уровне системных файлов.

Геоинформационная система (ГИС), интегрированная в СППР, позволяет анализировать и визуализировать пространственно-ориентированные данные, привязанные к координатам с помощью GPS-приемников (контура полей, карты распределения по агрохимическим, агрофизическим и агрономическим показателям, история полей, карты урожайности и т.д.), а также создавать карты-задания для сельскохозяйственной техники, оснащенной бортовыми компьютерами и GPS-приемниками, для выполнения агротехнических операций дифференцированно с учетом местонахождения техники на поле. Отметим, что для реализации агротехнических операций в режимах ТЗ (сбор информации о поле или внесение агрохимикатов), СППР использует различные протоколы обмена данными с бортовыми компьютерами сельхозтехники и мобильных комплексов.

Таким образом, пользователю СППР (лицу принимающему решения) предоставлен широкий набор функциональных возможностей для выработки оптимальных решений для управления сельскохозяйственным предприятием. Синтезировав адаптивную (применимую в конкретном хозяйстве) агротехнологию, пользователь имеет возможность оценить ее по экономическим и экологическим критериям и в зависимости от стратегии развития предприятия. Важным является то, что агротехнические операции, включенные в агротехнологию, можно проводить в режиме точного земледелия (дифференцированно) за счет реализованных механизмов генерации карт-заданий и таблиц агротребований. По мере наполнения базы знаний, в том числе и через Internet, система будет полезной для любого сельскохозяйственного предприятия и может стать незаменимым консультантом для агрономов и руководителей.

## Литература

1. Людмила Карпович, Анатолий Косиков «Построение синтетических карт оценки воздействия сельского хозяйства на окружающую среду с использованием Мастера пространственных операций ArcView GIS», МГУ, <http://www.dataplus.ru/Industries/13Ecolog/AgryEco.htm>
2. Якушев В.В. Программно-технические средства информационного обеспечения и реализации агроприемов в системе точного земледелия. Автореферат диссертации. СПб.: АФИ, 2005.
3. Якушев В.П., Якушев В.В. «Информационное обеспечение точного земледелия», 2007
4. Литвак Б.Г., Экспертные технологии в управлении, М., «Дело», 2004 г.,
5. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. М.: Наука, 1988
6. Форсайт Р. Экспертные системы. М.: Радио и связь, 1987
7. Наумов А.И. и др. Системы управления базами данных и знаний. М.: Финансы и статистика, 1991
8. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Издательский дом «Питер», 2000,
9. Керов Л.А. и др. Экспертные системы: инструментальные средства разработки. СПб.: Политехника, 1996
10. Сидельников Ю.В., Теория и организация экспертного прогнозирования, М., «ИМЭМОАН», 1990 г.
11. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. , Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем, М., 1992 г.
12. Хилл Сэм, Шестьдесят трендов за шестьдесят минут, СПб, «Крылов», 2004 г., с. 107.
13. Междисциплинарный словарь по менеджменту / Под общей редакцией: С.П. Мясоедова, М., «Дело», 2005 г., с. 248-249.