

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНО-ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Метод математического моделирования занимает все более лидирующую позицию среди оценочных и прогнозных методов. И процесс рождения оптимального управленческого решения в сфере сельскохозяйственных отношений не стал в данном случае исключением. Именно метод имитационного моделирования позволяет без жестких ограничений на форму представления изучаемых явлений разработать целые комплексы моделей, учитывающих все возможные параметры количественных и качественных сторон объекта изучения. Последовательно излагая алгоритм создания таких адаптивно-имитационных систем, автор проводит исследование в сопоставлении их с более распространенным методом детерминированных линейных моделей и выявляет все плюсы и минусы.

Сезонность сельскохозяйственных работ, зависимость от климатических и погодных условий, стохастический характер отдельных зависимостей, недостаточная изученность физиологических процессов в растениях и живых организмах затрудняют прогнозирование оценок экономической эффективности управленческих решений и создают необходимость разработки адаптивно-имитационных систем или комплексов моделей управления сельскохозяйственным производством. Такие комплексы являются научной базой для оценки влияния различных изменений, вносящих сознательно или стихийно в существующую технологию производства.

Существующее программное обеспечение позволяет реализовать основной прием адаптивно-имитационного моделирования – воспроизвести одну из возможных повторяющихся природно-производственных ситуаций с последующим расчетом технологических и экономических характеристик сельскохозяйственного производства. При достаточно большом количестве повторений эксперимента может быть обнаружена общая закономерность, выраженная в виде статистических характеристик изучаемого процесса. Метод имитационного моделирования позволяет с научной точки зрения учесть стохастичность исследуемых процессов и включить в экономическое исследование нелинейные технологические и экономические взаимосвязи. Существенным достоинством метода является снятие жестких ограничений на форму представления изучаемых явлений при моделировании, что позволяет включить как стохастические, так и нелинейные явления в качестве определяющих результат факторов. Неприемлемым положением является использование персональных компьютеров для организации диалога, ибо переработка огромного количества информации, участвующей в процессе моделирования, другим образом представляется просто невозможной.

Сочетание слов имитация и моделирование может расцениваться тавтологией, но, рассматривая исторический процесс формирования этого термина, приходишь к выводу, что это словосочетание определяет в моделировании такую область, которая относится к получению экспериментальной информации о сложном объекте, которая не может быть получена иным путем, как экспериментируя с его моделью на персональных компьютерах. Второй определяющей чертой термина является требование повторяемости, ибо один отдельно взятый эксперимент ничего не значит. Имитационный объект имеет вероятностный характер функционирования. Для исследователя представляют интерес выводы, носящие характер статистических показателей, оформленных, может быть, даже в виде графиков или таблиц, в которых каждому варианту исследуемых параметров поставлены в соответствие определенные средние значения с набором характеристик их распределения, без получения зависимости в аналитическом виде. Эта особенность является и

достоинством, и одновременно недостатком имитационных моделей. Достоинство в том, что резко расширяется класс изучаемых объектов, а недостаток – в отсутствии простого управляющего выражения, позволяющего прогнозировать результат повторного эксперимента. Но в реальной жизни также невозможно для сколько-нибудь сложного объекта получить точное значение экономического показателя, а только лишь его ожидаемое значение с возможными отклонениями.

Главной функцией имитационной модели является воспроизведение с заданной степенью точности прогнозируемых параметров ее функционирования, представляющих исследовательский интерес. Как было показано ранее, как объект, так и его модель должны обладать системными признаками. Функционирование объекта характеризуется значительным числом параметров. Особое место среди них занимает временной фактор. В большинстве моделей имеется возможность масштабирования или введения машинного времени, т.е. интервала, в котором остальные параметры системы сохраняют свои значения или заменяются некоторыми обобщенными величинами. Таким образом, за счет этих двух процессов – укрупнения единицы временного интервала и расчета событий этого интервала за зависящий от мощности персонального компьютера временной промежуток и создается возможность прогноза и расчета вариантов управленческих действий.

Каждое сочетание параметров, соответствующих принятому интервалу времени, принято называть характеристиками состояния системы и, таким образом, моделирование сводится к описанию соотношений, преобразующих характеристики состояния системы. Для описания этого шага могут быть привлечены все возможные средства преобразования количественных характеристик: дифференциальное и интегральное исчисления, теория множеств, игр, вероятностные функции, датчики случайных чисел и т.д. Это и будет математической моделью подсистемы функционирования объекта. Очевидно, что математическая модель объекта должна иметь вполне конкретную степень адекватности на множестве характеристик состояния системы, т.е. отклонение параметров не должно быть больше некоторой наперед заданной величины.

Процесс получения оптимального управленческого решения методами адаптивно-имитационного моделирования имеет циклический характер и состоит из нескольких этапов:

I. *Формулировка комплекса задач исследования.* Особенностью имитационного моделирования является снятие требования единственности целевого функционала и возможность присоединить к главной цели, например, достижению наименьшей себестоимости или производства продукции, дополнительные требования, которые будут обязательно учитываться при поиске оптимального плана управления производством, такие как надежность этого плана. Можно поставить задачу одновременного исследования ряда показателей даже без цели оптимизации. Часто возникает такая ситуация, что начальная формулировка задачи бывает весьма неопределенной, а более конкретно цель определяется в процессе исследования, что характерно для имитационных задач. Обязательно лишь установить границы исследования и задать предельные значения характеристик состояния объекта.

II. *Построение концептуальной модели* объекта предполагает изучение системных свойств объекта, взаимосвязей между его элементами и средой, структуризацию и выделение подсистем. Концептуальная модель очень важна для исследовательских задач, в ней должно содержаться гипотетическое представление о природе взаимосвязей в объекте, которое должно быть либо подтверждено, либо опровергнуто с четким разграничением бесспорных моментов и исследовательских гипотез, которые могут быть уточнены в процессе экспериментов. Этот уровень еще не математическая модель, но уже содержит достаточный уровень формализации на основе потоков информации и ее преобразований обобщенного характера.

Данный этап является определяющим для выбора метода решения поставленной задачи в каждом из принципиальных ее углов, его можно разбить на два подэтапа:

II-а: *Качественный анализ моделируемого объекта* ставит задачу выбора концепции происходящих явлений в основных подсистемах изучаемого объекта. Для большинства сложных систем этот выбор совсем не тривиален. На данном подэтапе должен быть составлен полный перечень возможных подходов к решению проблемы адекватного описания функционирования подсистемы, сделана оценка границ его применимости, установлена приоритетность в применении вариантов в процессе имитации, если таких вариантов будет несколько, и предложена система нумерации вариантов. Формирование концепции во многом определяется доступностью и степенью точности информации, которую удастся собрать и использовать как в процессе моделирования, так и в дальнейшем для оценки адекватности модели. Результаты априорного исследования систематизируются и излагаются как в вербальных формулировках, так и графически в виде блок-схем, диаграммы, графов информационных потоков и т.д.

II-б: *Предварительная формализация объекта*. Результатом первого подэтапа является абстрактная схема, замещающая сам объект на первичной стадии исследования. Она, конечно, требует детализации, которая должна быть предварительной без окончательного определения всех деталей, характерного для математической модели. Пока определяется комплекс величин, характеризующий каждую подсистему и внешнюю среду, согласуются временные показатели процессов и модельное время. Формируются подходы для описания процессов функционирования подсистем. Не увлекаясь детализацией, необходимо дать определенную концепцию функционирования с обоснованием выбора метода решения поставленных задач для последующей исчерпывающей математической формулировки. Данный этап часто игнорируется, но недостаточная проработка теоретических вопросов часто заставляет вновь возвращаться к ним после значительной потери времени. Тщательное рассмотрение вариантов постановки проблемы позволит провести исследование со всей полнотой и не возвращаться вновь к концептуальному уровню. На этом же этапе должны быть отсеяны все методы, которые не дадут необходимой точности или сомнительны по вопросам устойчивости или единственности результатов.

III. *Определение структуры и требований к моделируемой программе*. Структура и требования к программе определяют ход выполнения последующих этапов реализации исследований. В основном эти требования могут быть разбиты на 3 группы в соответствии с тремя целеполагающими установками. Первая вытекает из целей исследования и направлена на результаты работы программ. Она устанавливает перечень характеристик состояния системы или их производных интегральных параметров, которые должны контролироваться экспериментатором в процессе моделирования при различных режимах. Вторая часть требований определяется назначением результатов работы программы. В зависимости от целей эти результаты должны преобразовываться либо в графический вид (для окончательных результатов), либо преобразовываться в соответствующий формат входной информации (для передачи другим блокам модели, особенно если они используют различные языки программирования). Третья часть требований содержит ограничения по времени для работы как всей программы в целом, так и ее блоков.

IV. *Построение математических моделей исследуемой системы*. Завершается окончательная формализация функционирования исследуемой системы в виде последовательности преобразований характеристик состояний системы в зависимости от модельного времени. В свою очередь этот этап разбивается на 2 подэтапа.

IV-а: *Формирование структуры и размерности системы*. Исходя из принятой концептуальной модели объекта и в соответствии с выбранным подходом к созданию модели, процесс формирования структуры начинается с согласования поставленных задач с имеющимися ресурсами: быстродействие, объем оперативной и дисковой памяти, объем предоставляемого времени для расчетных исследований, имеющиеся программные средства.

IV-б: *Описание математических преобразований элементов системы и взаимосвязи с внешней средой.* На данном этапе приводится в соответствие каждому элементу характеристика состояния системы с описанием математически точного определения преобразования его с указанием модельного времени, когда оно производится и при каких условиях. Разного рода аппроксимирующие выражения и значения их коэффициентов обычно получают, исходя из соответствующего описания объекта.

V. *Разработка программы моделирования.* Написание программы начинается с ее математического содержания. Прежде всего, это преобразование математических описаний элементов и учитываемых внешних воздействий к виду, который позволит реализовать пошаговое осуществление процесса функционирования на конкретной ПК..

VI. *Верификация и адаптация имитационной модели.* Заключительные этапы работы по построению модели не менее важны по степени ответственности. Чаще всего их именуют просто оценкой адаптации разработанной системы, часто забывая, что здесь имеют место две различных по существу проблемы. Первая – насколько близка созданная модель реально существующему явлению, вторая – насколько пригодна данная модель для исследования новых, еще не опробованных значений аргументов и параметров системы.

Решение первой задачи, называемой многими авторами верификацией, чаще всего решается ретроспективным методом или методом контрольных точек. В экономике обычно задают значения предшествующего периода и сравнивают с интегральными показателями через фиксированные моменты времени. Если верификация модели выявляет расхождения между фактическими и ожидаемыми результатами, необходимо проанализировать причину такого расхождения. Это могут быть неточные значения коэффициентов отдельных соотношений модели. Путем варьирования величин коэффициентов их значения приводят в соответствие для устранения расхождения, ибо оно часто вызвано неучтенными в модели эффектами и устраняется корректировкой коэффициентов сопряжения.

Решение второй задачи, которую будем называть собственно адаптацией, более сложно. Нужно получить ответ, насколько близка концепция модели реальной исследуемой системе в представляющих собой интерес областях, где обычно нет контрольных значений, либо во временной области будущего при никогда на реализовавшихся ранее сочетаниях параметров. Вывод об адекватности модели соответствует уверенности в том, что выводы относительно поведения объекта в исследуемой области окажутся правильными. Если на этапе оценки верификации работа идет лишь с моделью, то при оценке адекватности оптимальным является экспериментирование как с моделью, так и с объектом моделирования. Помимо оценок верификации и адаптивности необходимо провести и анализ чувствительности этой модели, что позволяет определить степень влияния на результаты моделирования вариаций значений ряда параметров.

Сравнивая разработанную методику построения комплексов адаптивно-имитационных моделей с распространенными детерминированными линейными моделями управления сельскохозяйственным производством, необходимо отметить их недостатки и преимущества. Анализ используемых оптимизационных моделей показывает, что основным их недостатком является детерминистский подход к оценке нормативных показателей и результатов решения. При таком подходе линейные оптимизационные модели неадекватно отражают реальную ситуацию. Как правило, предлагается один вариант решения. В итоге, при изменении погодных условий полученный вариант имеет низкую вероятность реализации. Все основные соотношения – по кормам, конечной продукции, финансовым результатам, обосновывающие прогнозные показатели, существенно нарушаются, как только погодные условия, а вслед за ними и урожайность, затраты и прочие показатели отклоняются от предполагаемых значений.

Игнорирование функций распределения погодно-климатических факторов не позволяет получать надежные в реализации оптимальные планы управления сельскохозяйственным

производством, которые могли бы выполнять свою роль в различных конкретных ситуациях, связанных с теми или иными исходами погодных условий. Комплекс адаптивно-имитационных моделей дает возможность более точно учитывать стохастические и нелинейные зависимости технологических процессов и получать научно обоснованные и надежные в реализации управленческие решения. Но, вместе с тем, нельзя не сказать о недостатках этого метода: сложности при описании и построении нелинейных технологических зависимостей, требующих привлечения к экономическому исследованию специалистов смежных сельскохозяйственных наук, переработки значительно большего количества информации и специальных методов исследования, не применявшихся ранее экономической наукой; необходимость интерактивного подхода при отыскании оптимума методами многомерного планирования эксперимента, существенно увеличивающего время поиска оптимального решения; некоторое снижение точности результатов расчета за счет требований диалога с персональными компьютерами, вынуждающих применять в комплексе упрощенные алгоритмы моделей.

Из анализа этих недостатков видно, что в своей основе они имеют гносеологический характер, и для получения качественно новых результатов необходимо преодолеть трудности такого характера. По поводу третьего недостатка, носящего технические черты, нужно заметить, что в процессе развития информационной техники увеличивается быстродействие ПК и в качестве элементов-моделей можно будет включать все более сложные функциональные зависимости, которые повысят общую точность вычислений.

*Кабардино-Балкарская государственная
сельскохозяйственная академия*

29 ноября 2007 г.