

С.В. БИРИН, В.Я. АСАНОВИЧ, Н.И. ХОЛОД**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ
НА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОМ УРОВНЕ**

В условиях децентрализации функций государственного управления и расширения функций самоуправления происходит смещение акцента с централизованной плановой экономики на выработку самостоятельной стратегии социально-экономического развития как на макроэкономическом уровне, так и на уровне регионов. Таким образом, актуальным становится пересмотр принципов государственного регулирования и управления социально-экономическим развитием. Практические проблемы управления характеризуются сложностью, информативностью, комплексным характером процессов принятия управленческих решений и предполагают системное исследование и моделирование экономических систем, прогнозирование социально-экономического развития.

Все это требует разработки новых методологических и технологических подходов к построению информационных систем поддержки принятия решений, которые должны позволять осуществлять:

- комплексный анализ сложившейся динамики и прогнозирование основных показателей социально-экономического развития;
- моделирование социально-экономических и финансовых процессов;
- выполнение многовариантных и целевых расчетов развития экономической системы;
- анализ и прогноз влияния макроэкономических факторов на развитие финансовой, производственной, социальной ситуации;
- оценку последствий принимаемых управленческих решений и разработку на основе полученных результатов приемлемой экономической политики.

Основой моделирования социально-экономического развития является представление системы в виде слабоструктурированной сложной системы, в составе которой могут быть декомпозированы подсистемы: население, производство, сфера услуг, экология, пространство, финансы, внешняя экономическая сфера. Исследуемая социально-экономическая система характеризуется иерархичностью управления и активностью отдельных ее подсистем, имеет сложную внутреннюю структуру, взаимодействие элементов в рамках которой определяется формально заданными связями (например, присущими системе в силу сложившихся исторических и экономических условий и отражающими стратегические положения экономической политики государства в реальных исторических условиях) и неформально формируемыми (в процедурах принятия решения при обработке тех или иных экономических стратегий), и рассматривается с учетом характера воздействий внешней среды на внутреннюю структуру. Основными факторами, действующими в рассматриваемой системе, являются: собственный ресурсный потенциал системы (трудовые, природные, производственные, финансовые ресурсы), привлекаемые в систему ресурсы (как правило, в виде инвестиций и централизованных капитальных вложений) и реальные процессы производства.

Общая цель системы может быть формализована в виде ряда слабоформализованных взаимосвязанных подцелей. При выборе того или иного варианта развития приходится формировать согласованное решение, позволяющее находить компромисс между региональными целями и общегосударственными целями, с одной сто-

Сергей Валерьевич БИРИН, аспирант кафедры прикладной математики и экономической кибернетики БГЭУ;

Валерий Яковлевич АСАНОВИЧ, доктор химических наук, профессор кафедры прикладной математики и экономической кибернетики БГЭУ;

Николай Игнатьевич ХОЛОД, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой прикладной математики и экономической кибернетики БГЭУ.

роны, и целями отдельных предприятий и хозяйственных субъектов, с другой стороны.

Система показателей социально-экономического развития представляет собой сложную иерархическую структуру с множеством частных показателей, в которую в зависимости от задачи управления могут включаться критерии, отражающие социальный, экономический, градостроительный и другие эффекты варианта развития.

В настоящее время в различных странах предлагаются информационно-аналитические системы, которые решают задачи анализа и прогноза макроэкономических или региональных показателей в краткосрочном, а отдельных случаях и в среднесрочном периодах. Однако практика управления экономикой показывает, что для принятия решений на макроэкономическом уровне желательно иметь интеллектуальную систему, которая позволяла бы не только осуществлять анализ и прогноз, но и самостоятельно разрабатывать механизмы реализации тех или иных программ на базе оценки альтернативных вариантов развития экономики.

В частности, в Российской Федерации разработаны 2 крупнейших автоматизированных комплекса, позволяющих проводить анализ и прогноз социально-экономических систем на региональном и федеральном уровнях: ПРОГНОЗ (www.prognoz.ru) и АИС "Регион". В качестве основных возможностей данных систем можно выделить: комплексный динамический анализ состояния социально-экономических процессов регионов и страны в целом; моделирование и прогнозирование социальных, экономических, демографических и финансовых процессов; осуществление многовариантных расчетов основных показателей социально-экономического развития на перспективный период при различных значениях управляющих параметров (сценариях). Таким образом, данные системы позволяют комплексно моделировать текущую ситуацию и моделировать состояние системы в будущем.

К сожалению, в качестве выходных (результаты работы информационной системы) выдается набор данных, предлагаемых для самостоятельной проработки и анализа лицу, принимающему решение, на основе которых он и осуществляет выбор вектора управления (набор управляющих воздействий на систему). Но во многих случаях такой набор выходных данных может быть довольно велик и сложен для дальнейшего анализа. Новизна подхода, предлагаемого в данной работе, заключается в том, что разрабатываемая автоматизированная система рассматривается не только как средство для комплексного анализа и прогноза, но и как средство, позволяющее:

на основе поставленной цели предложить варианты решения (возможные подцели и альтернативные варианты развития);

с использованием различных экономико-математических моделей проанализировать предлагаемые варианты развития, оценить их по различным критериям;

в диалоговом режиме определить предпочтения лица, принимающего решения, учесть субъективные (человеческие) факторы и на основе полученных данных предложить наиболее подходящий вариант достижения поставленной цели.

Это значит, что к классическому понятию систем поддержки принятия решений в данном случае добавляется определение "искусственный интеллект", т.е. способность прикладной компьютерной программы мыслить.

Системы поддержки принятия решений и соответствующая им информационная технология появились усилиями в основном американских ученых в конце 70-х — начале 80-х гг., чему способствовали широкое распространение персональных компьютеров, стандартных пакетов прикладных программ, а также успехи в создании систем искусственного интеллекта.

Главной особенностью информационной технологии поддержки принятия решений является качественно новый метод организации взаимодействия человека и компьютера. Выработка решения, что является основной целью этой технологии, происходит в результате итерационного процесса.

Можно указать ряд отличительных характеристик информационной технологии поддержки принятия решений:

- ориентация на решение плохо структурированных (формализованных) задач;
- сочетание традиционных методов доступа и обработки компьютерных данных с возможностями математических моделей и методами решения задач на их основе;
- направленность на непрофессионального пользователя компьютера;

- высокая адаптивность, обеспечивающая возможность приспосабливаться к особенностям имеющегося технического и программного обеспечения, а также требованиям пользователя.

Информационная технология поддержки принятия решений может использоваться на любом уровне управления. Кроме того, решения, принимаемые на различных уровнях управления, часто должны координироваться. Поэтому важной функцией и систем, и технологий является координация лиц, принимающих решения как на разных уровнях управления, так и на одном уровне.

Обобщенно можно сказать, что системы поддержки принятия решений: помогают произвести оценку обстановки (ситуаций), осуществить выбор критериев и оценить их относительную важность; генерируют возможные решения (сценарии действий); осуществляют оценку сценариев (действий, решений) и выбирают лучший; обеспечивают постоянный обмен информацией об обстановке принимаемых решений и помогают согласовать групповые решения; моделируют принимаемые решения (в тех случаях, когда это возможно); осуществляют компьютерный динамический анализ возможных последствий принимаемых решений; производят сбор данных о результатах реализации принятых решений и осуществляют оценку результатов.

Предлагаемый авторами подход несколько расширяет данный набор. Четко можно выделить следующие функциональные возможности интеллектуальной автоматизированной системы, указанные в том порядке, в котором они используются при решении поставленной задачи:

- сформировать множество альтернативных вариантов решения (альтернатив);
- сформировать множество критериев оценки альтернатив;
- получить оценки альтернатив по критериям с использованием различных экономико-математических, эконометрических, статистических методов и моделей;
- определить предпочтения ЛПР и экспертов, участвующих в принятии решения;
- выбрать лучшую альтернативу, которая и выдается системой в виде рекомендации.

Исходя из задач и назначения систем такого типа, они должны включать в себя и элементы экспертных систем (разбивку комплексной задачи на подзадачи, формирование дерева целей и множества исходных альтернатив, определение и выбор критериев оценки альтернатив) и элементы информационно-аналитических систем (создание и использование средств хранения информации и предоставления отчетности, оценку альтернатив с применением различных экономико-математических, статистических, эконометрических методов и моделей).

Таким образом, можно выделить следующие основные функциональные блоки разрабатываемой интеллектуальной СППР:

1. Единое хранилище данных — база данных различных показателей социально-экономического развития республики, основной элемент системы. Предназначена для сбора, хранения данных и предоставления данных для анализа в необходимом аналитическом разрезе. Основные требования к базе данных: возможность хранения больших объемов информации, высокая скорость получения информации и надежность хранения данных, хранение и представление информации в различных разрезах (временном, региональном, отраслевом, половозрастном и т.д.).

2. Аналитическая (математическая) подсистема. Предназначена для моделирования экономических процессов, ретроспективного анализа и прогнозирования. В системе предполагается наличие широкого спектра экономических моделей (балансовых, статических, динамических, эконометрических).

3. Система подготовки данных для принятия решения — использование различных многомерных отчетов для дальнейшего анализа выходных данных непосредственно лицом, принимающим решения. Достигается за счет построения различных отчетов на основании базы данных и использования выходных данных экономико-математических моделей.

4. Блок принятия решений верхнего уровня — ключевая подсистема. Здесь за основу берется комплексный подход к принятию решения: “Анализ — прогноз — выбор — решение” и использование диалоговых методов “Человек — интеллектуальный интерфейс”.

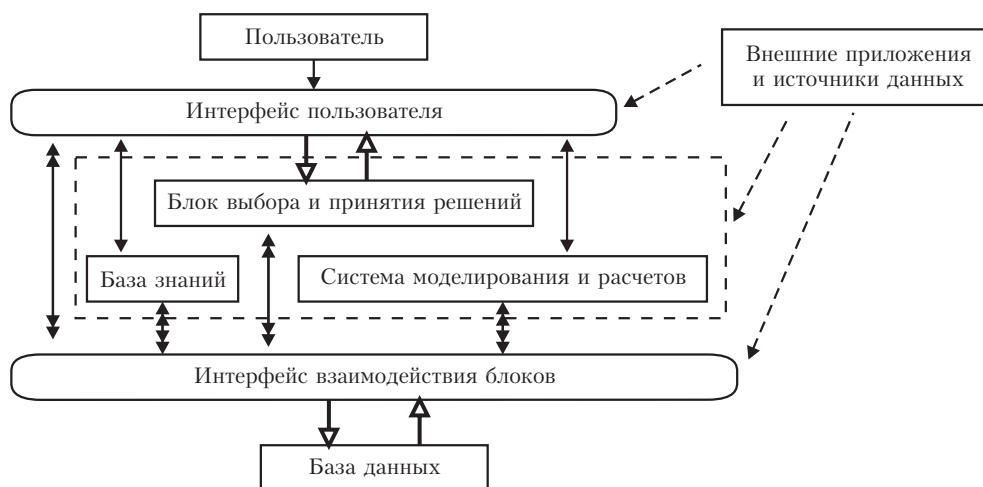


Рис. Функциональная схема СППР

В качестве математического обеспечения разрабатываемой системы используется набор методов и моделей различного функционального назначения. С точки зрения участия в процессе принятия решения и исходя из функционального назначения, данные методы можно разделить на 3 группы:

1. Методы, используемые для анализа исходной задачи на основе поставленной цели и построения иерархического дерева целей с указанием возможных вариантов решения задачи, набора возможных альтернатив и критериев оценки (методология экспертных систем).

2. Экономико-математические методы и модели, используемые для ретроспективного анализа текущей ситуации в рамках поставленной цели и прогноза возможных последствий того или иного варианта развития.

3. Методы принятия решений, служат для определения наиболее подходящего из конечных вариантов (альтернатив) с учетом предпочтений экспертов и лиц, принимающих решения.

В наборе моделей, методов и алгоритмов, используемых для построения иерархических задач принятия решений (первая группа) с применением интеллектуальных систем, необходимо прежде всего выделить следующие:

- Логические модели. Это модели описания предметных областей, выполненные в логических языках.

- Сетевые модели. Характеризуют способ отображения в базе знаний информации об исследуемых объектах.

- Продукционные модели. В общем виде под продукцией понимается выражение следующего вида: $(i); Q; P; A \Rightarrow B; N$. Где соотношение $A \Rightarrow B$ представляет собой ядро продукции (логические взаимоотношения), а остальные элементы — способы и условия применения данного ядра.

- Модели построения сценариев.

- Решение задач методом поиска в пространстве состояний. Пространство состояний можно представить как граф, вершины которого помечены состояниями, а дуги — операторами. Таким образом, проблема поиска решения задачи $\langle A, B \rangle$ при планировании по состояниям представляется как проблема поиска на графе пути из A в B . Обычно графы не задаются, а генерируются по мере надобности.

- Решение задач методом редукции.

- Решение задач дедуктивного выбора.

- Решение задач, использующие немонотонные логики, вероятностные логики.

- Генетические и нейросетевые алгоритмы.

На уровне расчетов (экономико-математические методы) предполагается использовать как непосредственно содержащиеся в рамках системы методы и модели (оптимизационные, балансовые, динамические), так и внешние алгоритмы, построенные, например, в системах MathCad, MathLab, Lindo и др.

Окончательный же анализ разработанной задачи (оценка и выбор альтернатив, выработка рекомендаций) наиболее рационально осуществлять с использованием методик теории принятия решений.

1. Теория полезности (функция полезности). Предположим, что в соответствии с имеющейся проблемой установлена иерархия целей и сформирован набор факторов (критериев) X_1, X_2, \dots, X_n . Пусть x_i обозначает определенное значение (уровень) фактора X_i , тогда задача принятия решений состоит в том, чтобы построить конкретную функцию полезности $u(x) = u(x_1, x_2, \dots, x_n)$, зависящую от n переменных.

Основное математическое свойство, характеризующее функцию полезности u , состоит в следующем: если даны 2 распределения вероятностей A и B на множестве многомерных последствий x , то вероятностное распределение A по крайней мере не хуже, чем B , в том и только в том случае, когда

$$E_A[u(x)] \geq E_B[u(x)],$$

где E_A и E_B обозначают обычные операторы математического ожидания, примененные к распределениям A и B соответственно.

Именно это свойство показывает, что ожидаемая полезность является удобным показателем при альтернативном выборе.

В вырожденном случае приведенное выражение позволяет сделать заключение о том, что альтернатива x^A по крайней мере не хуже, чем альтернатива x^B , тогда и только тогда, когда

$$u(x^A) \geq u(x^B).$$

Основной подход состоит: 1) в установлении различного рода допущений о системе основных предпочтений лица, принимающего решение; 2) нахождении таких функциональных видов функции полезности в случае многих факторов, которые удовлетворяют этим допущениям. Тогда при практическом использовании такого подхода в каждой задаче необходимо проверить справедливость некоторых допущений и затем построить функцию полезности, соответствующую им. При определении функции полезности учитывается система основных предпочтений лица, принимающего решение, что упрощает сам процесс построения.

2. Задача выбора. В задаче выбора исходное множество альтернатив известно. Решение задачи выбора получается путем ее сведения к частным и простым задачам с использованием декомпозиций функций выбора.

Сформулируем сначала математическую задачу выбора.

Будем считать, что для любой функции выбора C известны ее значения на некоторых подмножествах $X \in \beta^* \subseteq \beta(\Omega)$ и ее принадлежность к некоторому множеству функций $M^* \subseteq M(\Omega)$. Случай $\beta^* = \emptyset$ и $M^* = M(\Omega)$ соответствует отсутствию информации о функции C ; случай $\beta^* = \beta(\Omega)$ соответствует полному описанию функции C . Зададим описание функции C парой $\langle M^*, \beta^* \rangle$.

В отличие от общей задачи выбора, назовем математической задачей выбора тройку $\langle \Omega, M^*, \beta^* \rangle$, где Ω — множество альтернатив; $C \in M^* \subseteq M(\Omega)$; $C(X)$ известны для всех $X \in \beta^*(\Omega)$. Решением задачи $\langle \Omega, M^*, \beta^* \rangle$ является множество $\Omega^* = C(\Omega)$. Задача разрешима, если Ω^* однозначно определяется по множеству M^* и значениям C на всех $X \in \beta^*$. При $\Omega \subseteq \beta^*$ задача разрешима и ее решением является значение C на Ω .

3. Теория нечетких множеств. Рассмотрим основные элементы данной теории.

Пусть U — полное множество, охватывающее все объекты некоторого класса. Нечеткое подмножество F множества U , которое в дальнейшем будем называть нечетким множеством, определяется через функцию принадлежности $\mu_F(u)$, $u \in U$. Эта функция отображает элементы u_i множества U на множество вещественных чисел отрезка $[0, 1]$, которые указывают степень принадлежности каждого элемента нечеткому множеству F .

Если полное множество U состоит из конечного числа элементов u_i , $i = 1, 2, \dots, n$, то нечеткое множество F можно представить в следующем виде:

$$F = \mu_F(u_1) / u_1 + \mu_F(u_2) / u_2 + \dots + \mu_F(u_n) / u_n,$$

где “+” означает не сложение, а скорее, объединение; символ “/” показывает, что значение μ_F относится к элементу, следующему за ним.

Элементы теории нечетких множеств успешно применяются для принятия решений. Экспертные оценки альтернативных вариантов по критериям могут быть

представлены как нечеткие множества или числа, выраженные с помощью функции принадлежности. Для упорядочения нечетких чисел существует множество методов, которые отличаются друг от друга способом свертки и построения нечетких отношений. Последние можно определить как отношения предпочтительности между объектами.

4. Метод анализа иерархий. Метод анализа иерархий (МАИ) предполагает декомпозицию проблемы на все более простые составляющие части и обработку суждений лица, принимающего решения. В результате определяется относительная значимость исследуемых альтернатив для всех критериев, находящихся в иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов. Полученные таким образом значения векторов являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам.

Как видно, структура системы имеет полный функциональный набор инструментов для принятия решений. Явным преимуществом разрабатываемой системы перед аналогичными системами такого уровня как, например, систем АИС или ПРОГНОЗ, которые разрабатываются уже в течение длительного времени большим коллективом разработчиков, является наличие блока принятия решений, который позволяет руководителю выбрать оптимальный с его точки зрения вариант развития анализируемой ситуации, используя программное обеспечение. Тут наряду с объективными оценками (результаты расчетов различных экономико-математических моделей) имеется возможность учесть субъективный фактор (опыт, предпочтения и желания лица, принимающего решения), что помогает руководителю не запутаться в большом количестве альтернативных путей действия.

В.И. БОХОНКО

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФИНАНСИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основным средством производства сельскохозяйственной продукции являются пригодные для этой цели земельные ресурсы. В первую очередь используются те земли, которые в естественных условиях соответствуют требованиям сельскохозяйственного производства. В случае недостатка таких земель осуществляются преобразования природных условий на определенных территориях, позволяющие увеличить пригодные для сельского хозяйства земельные ресурсы. Средством преобразования природных условий является мелиорация земель, в гумидных регионах она включает осушение, в аридных — орошение, в отдельных случаях как осушение, так и орошение.

В Республике Беларусь в основе мелиорации земель лежит осушение болот и избыточно переувлажненных земель. Однако на значительных территориях вместе с осушением применено и подпочвенное увлажнение, а также в небольших объемах и орошение дождеванием.

По данным инвентаризации 1996 — 1999 гг. мелиорированные земли в Беларуси составляют 3161,3 тыс. га, из них на 2303,5 тыс. га выполнено осушение, на 742,7 тыс. га осушение и подпочвенное увлажнение, на 55,4 тыс. га осушение и орошение дождеванием и на 59,7 тыс. га только орошение дождеванием. Для преобразования этих земель в пригодные для интенсивного сельскохозяйственного использования затрачено финансовых средств порядка 7,5 млрд дол. Однако в течение последнего десятилетия возможности государства на поддержание мелиоративных систем в рабочем состоянии были ограничены. На текущую