

УДК 338.001.57

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Прохорова В. В.

В работе рассматриваются различные аспекты исследования устойчивого экономического развития предприятия (системы) на основе когнитивного моделирования, предлагается когнитивная модель экономической системы предприятия, различные подходы к математическому исследованию устойчивости.

Ключевые слова: устойчивое экономическое развитие, когнитивное моделирование, экономической системы предприятия, математическая модель, когнитивная карта, системный анализ.

Проблемы исследования сложных экономических систем обусловлены рядом особенностей. Во-первых, взаимосвязанностью происходящих в них процессов и их многоаспектностью; в силу этого невозможно вычленение и детальное исследование отдельных явлений (например, только экономических или только социальных) – все происходящее внутри экономической системы явления должны рассматриваться и исследоваться в совокупности. Во вторых, отсутствием достаточной количественной информации о динамике происходящих в моделируемой системе процессов, что вынуждает использовать наряду с количественной и качественную информацию при описании таких процессов. В- третьих, нестационарностью самих процессов, причем характер изменения тех или иных характеристик процессов зачастую неизвестен, что затрудняет построение их количественных моделей. Такие системы называются слабоструктурированными (слабо формализованными). В них невозможен традиционный математический (экономический, социометрический и т.п.) подход к анализу процессов для выработки комплексных (т.е. затрагивающих различные аспекты исследуемой системы) решений. Для моделирования сложных плохо формализуемых систем используется когнитивный подход, который основывается на когнитивных аспектах. Эти аспекты включают в себя процессы восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания.

Термин «устойчивое развитие» получил широкое распространение после публикации доклада, подготовленного для ООН в 1987 г., где определено: «Устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [1]. Сами термины – sustainable development, sustainability – можно перевести как развитие, поддерживающее равновесие. В русском языке нет более близкого к этому понятия, чем понятие «ноосферного развития», которое было введено академиком В.И. Вернадским. А.Д. Урсул и А.А. Романович [2] определяют устойчивое развитие как стратегию социоприродного развития, которая обеспечивает выживание и непрерывный прогресс общества и не разрушает окружающую природную среду. О.Л. Кузнецов и Б.Е. Большаков [3] также рассматривают устойчивое развитие как сбалансированное взаимодействие общества и природы. Применительно к экономическим системам существует определение устойчивости, данное Л.Л. Тереховым [4]: «устойчивость – это способность системы функционировать в состояниях, близких к равновесным, в условиях постоянных внешних и внутренних возмущающих воздействий».

Целью статьи является формализация проблемы устойчивости, ее решение на основе когнитивного моделировании устойчивого экономического развития предприятий и вида математической модели данной системы.

Исследование проблемы реализации идеи устойчивого развития не привело пока к появлению общепризнанной системы научных взглядов на механизм ее постановки и решения. Тем не менее, в практической плоскости вопрос начинает приобретать предметные очертания. Экономическое развитие обуславливает разноуровневое и вместе с тем целостное разностороннее, непро-

тиворечивое существование процессов качественных и количественных изменений. Развитие рассматривается как иерархический процесс нагромождения качественных и количественных изменений в системе. Разработка любых моделей устойчивого экономического развития (УЭР), независимо от масштаба задачи, предваряется установлением критериев и показателей – индикаторов устойчивого экономического развития, а также определением приоритетов. В работе [1] на основании существующих определений понятия «устойчивость» с позиций теории управления и методов оценки устойчивости систем приведено определение: «устойчивое развитие системы – это сложное динамическое свойство класса управляемости, сочетающее в себе требования: попадания траектории развития за определенное время в целевое множество состояний; не выхода ее на прогнозном интервале времени из некоторого множества „безопасных“ состояний; почти монотонного возрастания некоторых показателей развития на определенном интервале времени с последующим сохранением их в заданных интервалах допустимых значений; асимптотической устойчивости (стабилизируемости) программной траектории; гармонизации интересов сторон».

Рассмотрим различные подходы к математическому исследованию устойчивости. Можно выделить два основных класса задач исследования устойчивости: «классическая» устойчивость и структурная устойчивость систем, каждая из которых может исследоваться на различных математических моделях внутреннего или внешнего описания. При внутреннем описании [5,6], когда предполагается, что изменяется только окружающая среда, имеются классические результаты Ляпунова, Пуанкаре и других исследователей. Внутреннее описание – это описание динамики протекающих в объекте процессов на языке дифференциальных или разностных уравнений в терминах некоторых естественных переменных.

Главная особенность классических понятий устойчивости состоит в том, что они относятся к одной конкретной системе и поведению ее траекторий в окрестности точки равновесия (области притяжения). Исследуются результаты внешних воздействий на фиксированные системы, когда изменяется только окружающая среда, но не сама система. Для указанных выше задач возникает ряд математических трудностей, связанных с тем, как определить, что такое «малые возмущения», траектории, «близкие к началу координат», «близкие системы», «траектории, топологически подобные одна другой», тем более это трудно сделать для социально-экономических систем при механическом перенесении на них поставленных задач устойчивого развития. Для анализа слабоструктурированных проблем сложных систем в настоящее время активно используется когнитивный подход, теоретические основы которого были заложены учеными-психологами, успешно развивается в Институте проблем управления РАН [2].

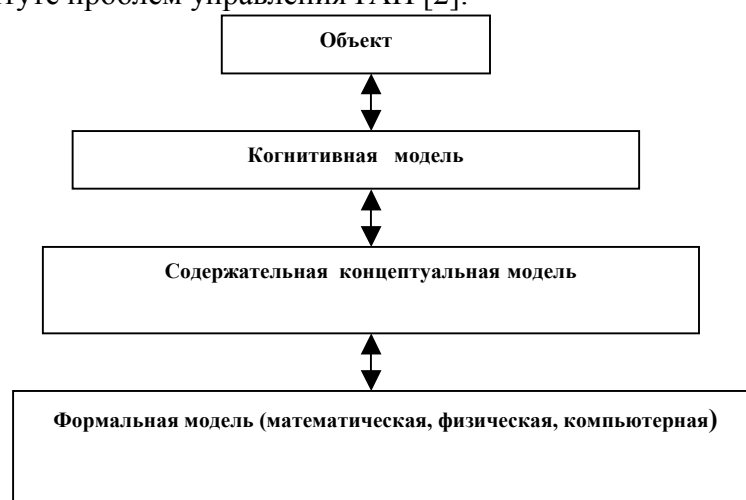


Рис. 1. Процесс моделирования экономической системы с позиций когнитивного подхода

Цель когнитивного моделирования заключается в генерации и проверке гипотез о функциональной структуре наблюдаемой ситуации до получения функциональной структуры, способной объяснить поведение наблюдаемой ситуации. Когнитивный подход к поддержке принятия решений ориентирован на то, чтобы активизировать интеллектуальные процессы субъекта и помочь ему зафиксировать свое представление проблемной ситуации в виде формальной модели. В каче-

стве такой модели обычно используется так называемая когнитивная карта ситуации, которая представляет известные субъекту основные законы и закономерности наблюдаемой ситуации в виде ориентированного знакового графа, в котором вершины графа – это факторы (признаки, характеристики ситуации), а дуги между факторами – причинно-следственные связи между факторами. В когнитивной модели выделяют два типа причинно-следственных связей: положительные и отрицательные. При положительной связи увеличение значения фактора-причины приводит к увеличению значения фактора-следствия, а при отрицательной связи увеличение значения фактора-причины приводит к уменьшению значения фактора-следствия. С позиций когнитивного подхода процесс моделирования можно представить в виде схемы (рис. 1.)

Схематическое, упрощенное описание среды функционирования системы, относящееся к проблемной ситуации, изображают в виде когнитивной карты (рис. 2). В когнитивном анализе и моделировании исследование сложной системы начинается с решения задачи ее идентификации в виде когнитивной модели [7]. В основу когнитивной модели экономической системы положена схема экономической системы [3]. На рис. 2 вершины V имеют следующий смысл: 1 V – конечное потребление, 2 V – производство, 3 V – качество интеллектуального капитала, 4 V – устойчивое развитие экономики, 5 V – инвестиционная привлекательность, 6 V – государственные регулирующие системы, 7 V – межрегиональный и внешнеэкономический обмен, 8 V – отсутствие систем кредитных гарантий, 9 V – развитие сопряженных отраслей. Переменными концептов могут быть, например, политические альтернативы, экономические причины и их эффекты, валовой национальный продукт и финансирование отрасли, параметры экономических законов, цели и необходимые средства их достижения.

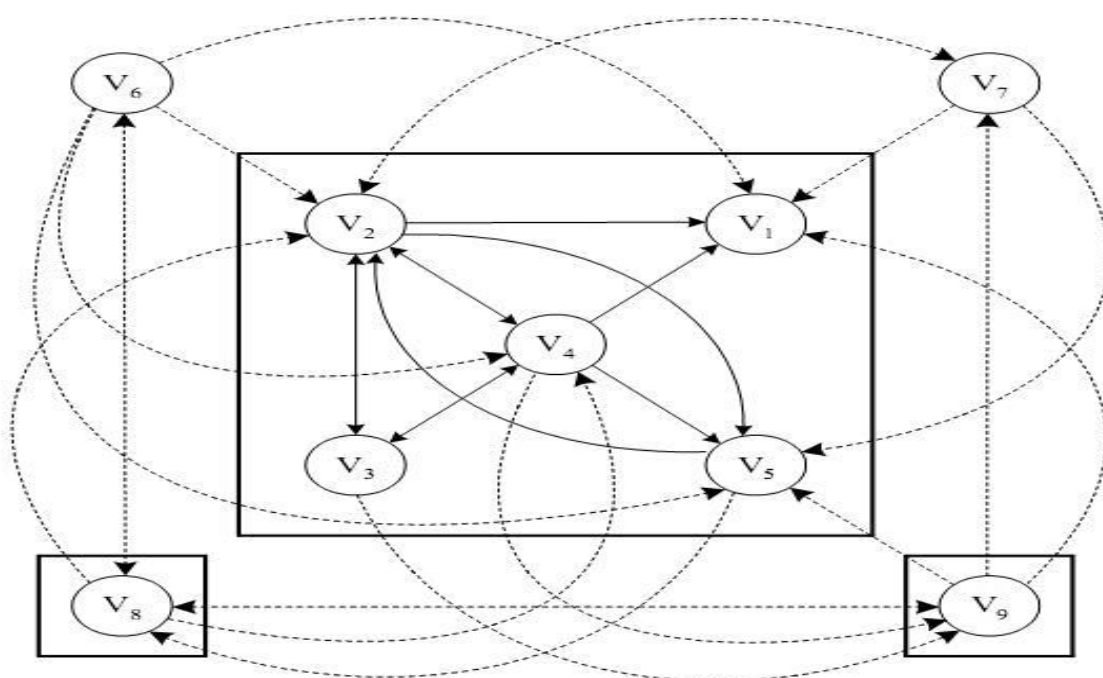


Рис. 2. Когнитивная модель экономической системы предприятия

Качественный анализ когнитивной модели (содержания составляющих ее блоков, целевых и управляющих факторов, анализ путей и циклов, причинно-следственных связей и их характера) не раскрывает всей глубины явлений и процессов, протекающих в реальной системе. Поэтому следующим этапом исследования является моделирование импульсного процесса распространения возмущений, т.е. перехода системы из одного состояния в другое либо эволюционным путем, либо под воздействием управляющих или возмущающих воздействий [10]. Каждый такой импульсный процесс является возможным сценарием развития системы. Этот способ изучения динамики процессов проще, чем аналитическое исследование моделей поведения в виде систем дифференциальных уравнений, которые затруднительно строить для социальных, экономических, экологических и т.п. объектов. Кроме того, импульсное моделирование на когнитивных картах,

являющихся «внешним» описанием систем, позволяет изучать тенденции динамических изменений для всей системы в целом.

Для проведения импульсного моделирования в одной из вершин графа задается определенное изменение. Эта вершина актуализирует всю систему показателей, т.е. связанных с ней в большей или меньшей степени вершин. В общем случае, если имеется несколько вершин $j \in V$, смежных с $i \in V$, то процесс распространения возмущения по графу при наличии внутренних импульсов $j \in P$ и отсутствии внешних возмущений определяется импульсным процессом поведения при известных начальных значениях X_0 во всех вершинах и начальном векторе возмущения. Модель импульсных процессов может быть представлена в матричном виде, что удобнее при моделировании на знаковых графах

. Анализ устойчивости системы, моделируемой взвешенным ориентированным графом, требует применения специфического математического аппарата.

Рассмотрим уже существующие результаты такого анализа [8], чтобы адаптировать их к анализу устойчивости региональной социально-экономической системы. При исследовании устойчивости взвешенного ориентированного графа – когнитивной карты – исследуется устойчивость по значению и устойчивость по возмущению системы по мере ее эволюции.

Взвешенный орграф устойчив по возмущению (значению), если каждая его вершина обладает этим свойством. Устойчивость по возмущению не означает наличия устойчивости по значению, хотя обратное и справедливо. Между введенными понятиями устойчивости, соответствующей внутреннему описанию, и устойчивостью систем типа «черный ящик» (внешнее описание) имеет место явная аналогия, хотя имеется принципиальное существенное отличие в математическом описании. Представим понятия алгебраического критерия устойчивости по возмущению и начальному значению и рассмотрим связь устойчивости графа с его топологической структурой, опираясь на известные работы [8], [9]. основополагающим представлением при разработке критериев устойчивости графов является представление о характеристических значениях матрицы отношений графа – когнитивной модели системы [8]. Положение равновесных состояний и соответствующих областей притяжения зависит от динамических свойств изучаемой системы и может изменяться.

Следовательно, в отличие от классической теории устойчивости, не рассматривавшей изменения в системе, а только возмущения в окружающей среде, необходимо изучать проблемы устойчивости при структурных изменениях самой системы – эти изменения, даже малые, могут привести к резким качественным изменениям в дальнейшем поведении системы. Центральным элементом современных взглядов на устойчивость является понятие структурной устойчивости, которое рассмотрим далее. Основной задачей исследования структурной устойчивости является выявление качественных изменений в траектории движения системы при изменениях структуры самой системы, т.е. изучается поведение системы по отношению всех «близких» к ней аналогичных систем.

Возникает необходимость рассматривать группу систем, «близких» к некоторой стандартной, т.е. мы имеем дело с семейством траекторий, которое необходимо исследовать. В такой ситуации говорят о структурной устойчивости [8]. Систему называют структурно устойчивой, если топологический характер траекторий всех близких к ней систем такой же, как у стандартной. Таким образом, свойство структурной устойчивости состоит в том, что рассматриваемая система ведет себя почти так же, как и близкие к ней; в противоположном случае – система структурно неустойчива.

Сегодня системный подход является наиболее продуктивным для исследования социально-экономических явлений и процессов. Системный анализ позволяет один и тот же объект или проблемную ситуацию (в зависимости от степени неопределенности и по мере познания) отображать разными классами моделей, организуя, таким образом, постепенный процесс познания (*cognito*) и постепенный процесс формализации задачи. Существует много типов классификации моделей и методов системного анализа, основанных на выделении различных признаков, критериев.

Поскольку наибольший интерес представляют наборы методов, позволяющих решить задачи описания устойчивого экономического развития системы (предприятия), диагноза состояния, оценки финансовых и инвестиционных ресурсов, развитие производственной сферы, т.е. доста-

точно обширный круг вопросов, целесообразно принять за основу укрупненную классификацию методов моделирования (рис. 3) [9]. Эта классификация позволяет рассмотреть последовательность методов на разных стадиях изучения объекта и разных этапах принятия решений; она достаточно удобна, так как отображает в какой-то мере и историю развития методов, и их взаимосвязь и взаимовлияние.

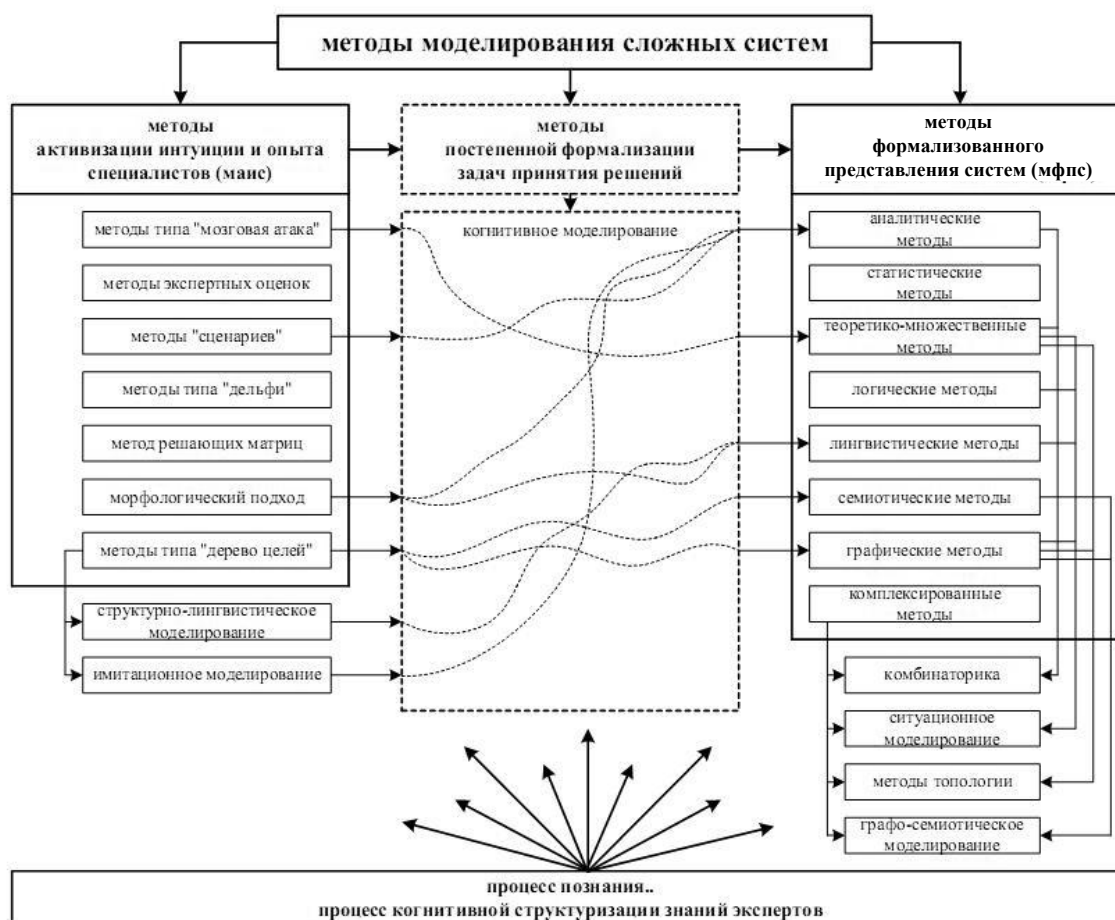


Рис. 3. Классификация методов системного анализа

Функционирование предприятия как сложной экономической системы, как функционального элемента социально-экономической системы государства; ее взаимодействие с окружающей средой невозможно представить в виде традиционных количественных моделей. Это вызвано главным образом тем, что экономическая система характеризуется огромным количеством разнородных по своей экономической природе элементов и взаимосвязей между ними, наличием неопределенности и риска, необходимостью описания на качественном уровне, неоднозначностью последствий принимаемых решений. Наличие таких условий позволяет отнести проблемы управления экономической системой к слабоструктурированным. Слабоструктурированные проблемы характеризуются наличием как количественно, так и преимущественно качественно выраженных характеристик элементов.

Когнитивный подход к исследованию предприятия как экономической системы позволяет описать ее структуру и различные процессы, протекающие в ней, их взаимодействие с внешней средой, выявить влияние внешней среды на управление текущей ситуацией в системе и уже на этой основе обосновать необходимые управленческие решения по решению проблем, возникающих в таких слабоструктурированных системах. На когнитивной карте изображены основные группы факторов и взаимосвязи, возникающие при устойчивом экономическом развитии системы. Когнитивная карта не отражает всех возможных взаимосвязей между факторами, по мере погружения в проблему карта будет уточняться, но на данном этапе исследования она играет роль стартовой для выявления самых общих закономерностей, присущих анализируемой ситуации [10].

ВЫВОДЫ

Моделирование, проведенное на когнитивной карте устойчивого экономического развития предприятия позволяет выделить возможные «пессимистические» и «оптимистические» сценарии устойчивого развития, а также рекомендовать ряд из них как возможные стратегии экономического развития системы. Проведенное исследование с помощью когнитивной методологии дало возможность попытаться выявить основные причины тенденций неустойчивого экономического развития системы, предложить ряд рекомендаций по стабилизации социальных процессов и разработке стратегии устойчивого развития системы. Когнитивный анализ предусматривает последовательную причинно-следственную структуризацию информации о происходящих в исследуемой системе процессах. Проведенный анализ позволяет сформировать следующие этапы описания экономической системы(предприятия):

-всякое событие, произошедшее в системе, вызывается определенными причинами (предпосылками), появление которых связано с движением материальных потоков (товары, деньги, ресурсы и т.п.) и нематериальных потоков (информационные взаимодействия). Движение каждого потока может быть описано в самом общем виде соответствующими цепочками причинно-следственных отношений, составляющих знания аналитика или его предположения о действующих в данной системе закономерностях: каждый из выделенных потоков описывается соответствующей совокупностью факторов, объединение всех этих совокупностей составляет множество факторов, в терминах которых описываются процессы в системе; определяются взаимосвязи между факторами путем рассмотрения причинно-следственных цепочек, описывающих движение каждого потока.

Преимущество метода когнитивного моделирования состоит в том, что метод может оперировать не только точными количественными значениями и формулами, но качественными значениями и оценками. Но также данный момент является и недостатком, т.к. результаты получаются качественные. Когнитивное моделирование помогает быстро получить первичные результаты, более подробно разобравшись в моделируемой системе, выявить закономерности и потом перейти к более точным моделям (если такое представляется возможным и необходимым).

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новая парадигма развития России (комплексные проблемы устойчивого развития) [Текст] / под ред. В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. – М.: Академия, Изд-во МГУК, 1999.- 459 с.
2. Урсул А.Д. Безопасность и устойчивое развитие: философско-концептуальные проблемы / А.Д. Урсул, А.А. Романович. – М., 2001.- 44 с.
3. Кузнецов О.Л. Устойчивое развитие: научные основы проектирования в системе природа – общество – человек / О.Л. Кузнецов, Б.Е. Большаков. – С.-Пб.; М.; Дубна : Гуманистика, 2002.-173 с.
4. Терехов Л.Л. Социально-экономическое прогнозирование: учеб. пособ. / Л.Л. Терехов. – Ростов н/Д : Изд-во РГПУ, 1995.-189 с.
5. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа: учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – СПб. : Изд. СПбГТУ, 1998.- 510 с.
6. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости / Е.А. Барбашин. – М.: Наука, 1967.-223 с.
7. Горелова Г.В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 2005. – 288 с.
8. Касти Дж. Большие системы: связность, сложность и катастрофы / Дж. Касти. – М.: Мир, 1982.- 216 с.
9. Кульба В.В. Проблемы обеспечения экономической безопасности сложных социально-экономических систем / В.В. Кульба, С.В. Ковалевский, Д.А. Кононов, И.В. Чернов, А.Б. Шелков. – М., 2000.- 495 с.
10. Солохин С.С. Когнитивное моделирование рекреационной системы Южного федерального округа / С.С. Солохин // Труды VII Международной научно-практической мультиконференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». / под ред. З.К. Авдеевой, С.В. Ковриги. - М.: Институт проблем управления РАН, 2007. - 248 с.