

УДК 519.8



МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИОННОМ УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Э.Г. Петров¹, Е.В. Губаренко²

^{1,2} ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, ST@kture.kharkov.ua

В статье проанализированы особенности проблемы организационного управления сложными активными системами как интеллектуального процесса принятия решений. Показаны пути ее решения на основе методологии экспертного оценивания. Рассмотрен подход к созданию и развитию методов принятия решений, ориентированных на создание систем поддержки принятия решений при организационном управлении и сформулированы требования к такой системе.

АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ЭТАПЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ЧАСТИЧНО-ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МЕТОДЫ, КОМПАРАТОРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Введение

С точки зрения системного анализа, любая система S может быть представлена, как декартово произведение (упорядоченное множество) элементов (M), отношений (R) и свойств (P) [1]:

$$S = M \times R \times P. \quad (1)$$

Упорядоченное множество элементов и отношений образует структуру:

$$C = M \times R, \quad (2)$$

которая, в свою очередь, порождает свойства системы

$$P = F(M \times R), \quad (3)$$

где F — оператор, отражающий зависимость свойств от множества элементов и отношений.

Выделяют естественные (нецеленаправленные) и искусственные (целенаправленные системы). Естественные (природные) системы представляют собой устойчивое структурированное объединение элементов, зачастую находящихся в стационарном (равновесном) состоянии. Они сформировались из первичного хаоса в результате естественных процессов, которые базируются на фундаментальных законах, определяющих множество возможных устойчивых состояний (структур) и их свойства. Естественные системы образуют объективную среду обитания человечества.

Изучение естественных систем (1) позволяет идентифицировать фундаментальные закономерности существования устойчивых структур (2) и порождения свойств (3), и на основе этих знаний целенаправленно создавать искусственные системы, обладающие свойствами, обеспечивающими достижения требуемых целей.

В свою очередь искусственные системы могут быть разделены на два класса: пассивные и активные. Отличительная особенность пассивных заключается в том, что все элементы таких систем проявляют следующие свойства: элемент не обла-

дает свободой выбора, не способен к волеизъявлению, не имеет собственных эндогенных целей. Чаще всего к пассивным относят технические системы. В активных системах часть или все элементы являются активными целеустремленными индивидами, обладающими свободой воли, способностью выбирать поведенческий сценарий и проявлять осознанный, научно- и морально-обоснованный выбор. Таким образом, можно выделить автоматические (все элементы пассивны), автоматизированные (часть элементов активна) и социальные, в которых все элементы активные, системы.

Приведенная классификация является достаточно условной, так как в реальных условиях большинство систем смешанные, отличающиеся лишь долей активных и пассивных элементов. Примером смешанной системы могут служить социально-экономические системы (СЭС) различного уровня, элементами которых являются социальные (активные), экономические (автоматизированные) и природно-экологические (пассивные) системы.

Все искусственные системы являются целенаправленными, поэтому для любой из них обязательной является функция управления достижением цели.

В настоящее время создана достаточно совершенная математическая теория оптимального автоматического управления для пассивных систем с экзогенно заданными целями.

Задание экзогенной цели пассивной системы означает, что задано некоторое целевое состояние. В исходный момент времени система находится в некотором начальном состоянии. Для перевода из начального в целевое (конечное, промежуточное) состояние необходимо затратить ресурсы (временные, энергетические, материальные). В этих условиях можно синтезировать некоторое правило (закон, алгоритм) управления, определяющее траекторию изменения состояния. Синтезированное правило должно обеспечивать достижения цели с требуемой

точностью и минимизацией затрат ресурсов. Такая постановка не исключает возможность адаптации закона управления к изменению начальных или целевых (конечных) состояний, но по установленному правилу, определенному заранее.

Теоретической основой автоматического управления является строго доказанное утверждение о существовании и единственности оптимальной траектории достижения цели.

Вместе с этим существует большой класс активных организационных систем, для которых цели управления тоже заданы (экзогенно или эндогенно), но в силу их сложности и несогласованности, влияния большого количества НЕ-факторов и активности элементов, существует не единственное решение, а некоторое множество альтернативных способов достижения цели, наилучший из которых не очевиден. Это порождает проблему выбора решения (способа достижения цели). Таким образом, проблема организационного управления заключается в решении двух задач: принятие эффективного решения и его реализация (управление) [1, 2].

В настоящее время ведутся интенсивные исследования по созданию общей теории принятия решений. В этой области получен ряд фундаментальных результатов, однако в целом проблема далека от исчерпывающего решения. Кроме того, конструктивное решение любой конкретной задачи связано с необходимостью дальнейшего развития, адаптации и конкретизации общих подходов.

Целью данной статьи является анализ и развитие методологии решения актуальных задач организационного управления СЭС, в частности создания автоматизированных систем поддержки принятия управляющих решений, как концептуального этапа управления.

1. Основные условия эффективности принятия организационного решения

Процесс принятия решений является интеллектуальной процедурой, т.е. осуществляется с участием человека. Это означает, что система поддержки принятия решений (СППР) является автоматизированной системой, распределение функций в которой между человеком и ЭВМ зависит от класса объектов управления, их сложности, уровня знаний о них, степени формализации и т.д.

Основной целью создания СППР является повышение эффективности организационного управления. В.М. Глушков [3] сформулировал следующие необходимые условия эффективности организационного управления: своевременность, полнота (комплексность), оптимальность принимаемых решений.

Требования своевременности означают необходимость учета инерционности объекта управления, т.е. наличие лага (запаздывания) между действием

управляющего воздействия и реакцией на него объекта, временной координации взаимодействующих систем. В большинстве случаев это требование выступает как внешнее ограничение на допустимое время принятия и реализации решений.

Условие полноты подчеркивает тот факт, что потенциальная эффективность решений в определенной степени зависит не только от характеристик элементов, отношений и уровня их детализации внутри системы, но и характера взаимодействия со смежными системами и внешней средой. При этом необходимо учитывать, что понятие полноты модели является неисчерпаемым, его следует рассматривать как компромисс между возможным повышением эффективности, с одной стороны, и сложностью модели, уровнем наших знаний, точностью измерений и идентификации параметров и отношений – с другой.

Долгие годы в основе управления СЭС лежала концепция экономического роста, ориентированная на количественный рост экономических показателей: увеличение объемов производства и потребления, максимизацию прибыли и темпов роста ВВП [4]. Эта концепция сыграла свою роль в становлении и развитии индустриального общества. Но в настоящее время возникла и осознана угроза глобальных климатических изменений, истощения и удорожания природных ресурсов, необратимой деградации среды обитания, учащающиеся кризисы локального и глобального характера и связанный с этим рост социальной напряженности. Решение большинства из этих проблем невозможно на национальном уровне, необходима мировая координация, повышение роли и глубины государственного регулирования.

В целом все перечисленные факторы обуславливают необходимость перехода к новой концепции управления, более полно и комплексно учитывающей экономические, социальные и экологические характеристики СЭС и их взаимосвязь. Такая концепция была продекларирована на заседании ООН в 1992 году и получила название концепции устойчивого развития. Однако ее практическая реализация требует как учета этико-моральных норм и бизнес-особенностей, так и развития комплекса формальных математических моделей, инструментальных средств и методологии управления [5]. Переход к любой более полной модели приводит к ее усложнению, росту размерности, необходимости учета нелинейностей, многокритериальности и увеличению неопределенности исходных данных и, как результат, к усложнению процесса принятия решений. Перечисленные задачи являются ключевыми при практической реализации концепции устойчивого развития.

Проблема разработки системы моделей устойчивого развития СЭС является многоаспектной.

Это наглядно видно на примере удовлетворения требования оптимальности принимаемых решений.

С ростом масштабов и значимости принимаемых решений, повышаются требования к их оптимальности. Интуитивные, удовлетворительные, «рациональные» решения оказываются малопримлемыми, так как для большемасштабных, многосвязных систем отклонение от оптимального решения даже на малые доли процента приводит к большим потерям или упущенным возможностям. Это означает, что необходимо определять строгого оптимальные формальные решения x^0 :

$$x^0 = \operatorname{argextr}_{x \in X} K(x), \quad (4)$$

где X – область допустимых решений; $K(x)$ – целевой функционал (критерий эффективности) принимаемого решения.

Пусть каждое решение $x_i \in X, i = \overline{1, n}$ характеризуется кортежем значений $\langle x_{i,j} \rangle, j = \overline{1, m}$, который достаточно полно описывает качественные и количественные значения элементов и отношений системы, т.е. ее состояние. Тогда степень достижения цели (совершенство системы) характеризуется значением скалярной целевой функцией (критерием)

$$K(x_i) = F(x_{ij}),$$

а задача (4) является классической задачей математического программирования [6], типичной для концепции экономического роста.

Для СЭС, в рамках концепции устойчивого развития, характерно наличие некоторого множества несогласованных локальных целей, уровень достижимости которых характеризуется кортежем разнородных по размерности, направлению доминирования, интервалу возможных значений частных критериев

$$\begin{aligned} K(x_i) &= \langle k_l(x_i) \rangle, l = \overline{1, L}, \\ k_l(x_i) &= f_l(x_i) l = \overline{1, L}. \end{aligned} \quad (5)$$

С учетом этого, модель определения оптимального решения (4) превращается в задачу многокритериальной оптимизации (МО)

$$x^0 = \operatorname{argextr}_{x \in X} \langle k_l(x) \rangle, \forall l = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Как известно, решение задач МО зависит от структуры допустимого множества решений X [2]. В общем случае множество X представляет собой объединение двух подмножеств

$$X = X^S \cup X^C; X^S \cap X^C = \emptyset,$$

где X^S – подмножество доминируемых (согласованных) решений, т.е. таких, для каждого из которых на множестве X существует решение, лучшее по всем или части показателей при равенстве всех

остальных; X^C – подмножество недоминируемых, т.е. не принадлежащих X^S , решений.

Если $X^C \neq \emptyset$, задача МО является некорректной по Адамару [7], так как не имеет единственного решения. В этом случае можно определить только подмножество $X^C \subset X$, которое часто называют Парето-оптимальным решением. Для практической реализации необходимо единственное решение $x \in X^C$. Выбрать такое решения возможно двумя способами:

- на основе эвристических соображений лица, принимающего решения (ЛПР);
- с помощью некоторой нормативной процедуры.

В первом случае ЛПР (менеджер, эксперт, группа лиц), которому делегированы соответствующие полномочия, на основе знаний, опыта, известных прецедентов, т.е. эвристических соображений, осуществляет выбор единственного решения $x \in X^C$. Во втором случае единственное решение из X^C выбирается на основе некоторого нормативного правила. Такое правило называется регуляризирующим, а его выбор и обоснование – процедурой регуляризации некорректной задачи [8].

Общая идея нормативной регуляризации задачи МО заключается в трансформации некорректной задачи в условно корректную путем ее скаляризации, то есть превращении многокритериальной задачи в задачу однокритериальной, скалярной оптимизации или в последовательность таких задач.

В настоящее время известно большое количество регуляризирующих правил задачи МО, например, принцип главного критерия, схема последовательной (лексикографической) оптимизации, функционально-стоимостной анализ [2]. Однако детальный анализ этих различных регулирующих правил показывает, что все они базируются на общей теории полезности [9]. Согласно этой теории, если заданы два решения $x_1, x_2 \in X$ и на них определено отношение качественного предпочтения, при этом каждое из решений описывается многокритериальным кортежем разнородных характеристик $K(x_1) = \langle k_l(x_1) \rangle, K(x_2) = \langle k_l(x_2) \rangle$, то существует такой обобщенный скалярный показатель $P(x)$ (оценка полезности решения), для которого выполняется соотношение

$$x_1 \succ x_2 \Leftrightarrow P(x_1) > P(x_2).$$

Справедливо и обратное утверждение.

Значение полезности решений описывается функцией вида

$$P(x) = F[A, K(x)], \quad (7)$$

где F – оператор, определяющий вид (структуру) функциональной зависимости (модели); A – параметры модели; $K(x) = \langle k_1(x), k_2(x), \dots, k_L(x) \rangle$ – кортеж локальных критериев конкретного решения $x \in X$.

Теория полезности и, соответственно, функция полезности (7) могут рассматриваться не только с позиции решения задач многокритериальной оптимизации, но и как инструмент определения многофакторных скалярных оценок состояния активных систем и решения на этой основе задач многофакторного сравнения, ранжирования, классификации, кластеризации и других прикладных задач анализа активных систем, в частности СЭС. Для этого необходимо в модели (7) заменить кортеж локальных критериев решений на кортеж, характеризующий состояния СЭС любого уровня – локального или глобального.

При этом задача синтеза локальных моделей (5) является самостоятельной задачей, которую необходимо решать в рамках конкретной проблемы, поэтому она в данной статье не рассматривается.

Основной проблемой конструктивного применения теории полезности является синтез универсальной адаптивной модели многофакторного скалярного оценивания (7). Проблема синтеза любой модели связана, в общем случае, с необходимостью решения задачи ее структурно-параметрической идентификации. Структурная идентификация состоит в определении вида оператора F , а параметрическая – в определении конкретных численных значений параметров A . Кортеж характеристик $K(x)$ является входом модели, характеризующим «качество» решения или «состояние» системы.

Точность и корректность принятого решения, описанным выше методом, зависят от адекватности математической модели многофакторного скалярного оценивания (7). Адекватность любой математической модели определяется точностью решения задач ее структурно-параметрической идентификации.

В настоящее время получила широкое развитие теория идентификации пассивных, технических, технологических, экономических систем, удовлетворяющих условиям наблюдаемости, управляемости и измеримости. Путем пассивных или активных экспериментов (наблюдений) на некотором отрезке времени измеряют синхронизированные по времени значения входных воздействий и реакций системы. Такая последовательность называется временным рядом [10]. Обработка и анализ временной последовательности одним из многочисленных проблемно ориентированных методов, позволяет определить (аппроксимировать) характер зависимости между входом и выходом (структуру) и численные значения параметров модели. Критерием точности и адекватности синтезированной (идентифицированной) модели является близость выхода (реакции) модели и реальной системы на одинаковые входные воздействия.

Модель скалярного многофакторного оценивания является моделью интеллектуального процес-

са выбора, и в силу ограниченности наших знаний в настоящее время невозможно получить временной ряд для любой интеллектуальной деятельности. Можно классическими методами измерять значения входного сигнала, но невозможно прямыми измерениями получить значения реакции системы, то есть значение полезности $P(x)$. Это делает невозможным использование классической теории идентификации и обуславливает необходимость разработки альтернативного подхода.

В качестве альтернативы в настоящее время используется интроспективный подход, основанный на способности индивидуума к самонаблюдению, анализу процессов мышления, их структуризации, оцениванию. Методология практической реализации интроспективного подхода известна как экспертное оценивание.

Методология экспертного оценивания основана на гипотезе, что усреднение субъективных индивидуальных мнений нескольких экспертов позволят получить оценку, приближающуюся к объективной. Для повышения точности таких оценок, обеспечения их устойчивости, воспроизводимости, устранения внешних влияний (авторитарных воздействий, ангажированности) разработано множество правил (технологий) организации, проведения, обработки результатов экспертного оценивания, которые находятся в распоряжении когнетолога (специалиста по извлечению знаний экспертными методами).

Большинство из этих правил имеют проблемную ориентацию и выбираются на основе анализа целей, которые должны быть достигнуты в процессе экспертизы. Можно выделить три группы таких целей:

- непосредственное решение некоторой уникальной проблемы;
- получение некоторой, необходимой для принятия решения с помощью формальных математических процедур информации, которая не может быть получена объективными методами прямого измерения (метод анализа иерархий, ЭЛЕКТРА, оценки общей полезности и другие человеко-машинные методы);
- получение информации для структурно-параметрической идентификации нормативных моделей принятия решений.

2. Этапы принятия решений

Общей для достижения всех перечисленных ранее целей является процедура выбора, то есть принятия решений. Плодотворность использования метода экспертного оценивания как инструментального средства поддержки принятия решений в значительной степени зависит от четкого формулирования конечной цели и постановки промежуточных задач экспертизы. С этой точки зре-

ния процесс принятия решений независимо от его проблемной ориентации можно структурировать на следующие этапы и решаемые задачи:

- формулировка цели, которая должна быть достигнута;
- выделение множества возможных и допустимых решений;
- определение метрики (системы критериев), в которой производится сравнение допустимых решений;
- выбор эффективного решения.

Охарактеризуем каждый из этапов на примере проблемы принятия решений при организационном управлении СЭС.

Формирование цели. Выбор и постановка целей является принципиально важным условием начала процедуры принятия решений. Максимально конкретное описание требований к конечному результату повышает вероятность принятия эффективного и адекватного решения. Цели для СЭС (активных, динамически развивающихся систем) непрерывно изменяются и уточняются как в результате собственного развития, так и взаимодействия с внешней средой. Поэтому цели должны быть согласованы с целями СЭС как более высокого, так и более низкого, уровня; учитывать интересы составляющих элементов и подсистем; формироваться на основе достигнутых ранее результатов (знаний, научно-технического потенциала, инфраструктуры, производственных мощностей); иметь возможность изменяться соответственно требованиям элементов СЭС либо изменяющемуся характеру взаимодействия с внешней средой; предусматривать возможность инноваций и модернизации ресурсного потенциала (т.е. совокупность природных, материальных, трудовых, финансовых и информационных ресурсов) и достижимости глобальной цели.

Формирование целей – крайне ответственный, сложный и трудоёмкий этап, поэтому на ранних стадиях анализа цели формируются на интуитивном уровне, и большую часть требуемой аналитической работы перекладывают на последующие этапы.

Вторым этапом является формирование области возможных вариантов решения (X^B). Базируется данный этап на выделении как можно более полного множества теоретически обоснованных альтернатив, практических прецедентов путем обобщения опыта и знаний экспертов, интуиции и творческой фантазии членов рабочей группы. Рабочая группа – определенное количество экспертов, работающих в непосредственном контакте, либо отдельно друг от друга, решающих общую задачу заранее определенным методом. Информация, получаемая на данном этапе, имеет достаточно «распыленную» форму, она может затрагивать

различные области знаний и различные формы реализации определенной цели. Требования, которые выдвигает данный этап к методам решения, следующие:

- обеспечить эффективное взаимодействие экспертов различных областей знаний, так как СЭС одновременно включает достаточно большое количество областей наук и отраслей производства;
- собрать максимально возможный объем знаний, мнений, предположений и альтернатив, так как именно на этапе формирования области возможных вариантов решения выделяются альтернативы, среди которых, предположительно, находится «верное» решение. И чем шире и разнообразней альтернативы, тем выше вероятность включения действительно эффективных решений;
- систематизировать и упорядочить альтернативы, без критического оценивания каждой, частичное упорядочивание приведет к упрощению работы при дальнейшей обработке альтернатив;
- создать условия креативности и неординальности предлагаемых альтернатив, так как именно оригинальные, нестандартные решения наиболее перспективны.

Результатом выполнения данного этапа является множество возможных вариантов решений, охватывающих как можно большую область и по возможности максимально приближенных к достижению поставленной цели. Следующий шаг этапа состоит в выделении из области возможных вариантов решения (X^B) области допустимых решений (X^D) путем отсечений, не удовлетворяющих достижению поставленной цели и нереализуемых по требуемым временным, энергетическим, материальным, финансовым, трудовым, экологическим и другим ресурсам, альтернатив. Суть данной процедуры заключается в критическом рассмотрении выделенных вариантов решения, оценке соответствия результата решения поставленной цели и возможности реализации данного решения. Требования, которые выдвигаются на данном шаге к методам анализа, следующие:

- каждая альтернатива должна критически рассматриваться экспертом либо группой экспертов, которые специализируются в соответствующих областях знаний и непосредственно обладают знаниями о возможности реализации рассматриваемого решения и необходимых для этого ресурсах;
- принимаются только те альтернативы, которые могут быть реализованы, и результат выполнения принимаемого решения будет соответствовать либо близок к поставленной цели с заданной степенью допущения.

Результатом является область допустимых решений, каждое из которых может быть реализовано (хотя бы в теории), и результат будет соответствовать цели.

Определение критериев оценивания для возможности сравнения альтернатив между собой. В большинстве случаев допустимые альтернативы имеют многокритериальные оценки, которые необходимо учитывать. Результатом выполнения данного этапа должен стать перечень критериев, по которым необходимо оценить каждую альтернативу, приписав ей определенное количественное или качественное значение, обеспечив полноту и всестороннее описание всех рассматриваемых альтернатив средствами выделенных критериев.

Выбор эффективного решения. На этом этапе в зависимости от поставленных целей выбирается решение, которое наиболее эффективно обеспечивает их достижение. Данный этап достаточно хорошо изучен для пассивных систем, но для активных, таких как СЭС, необходимо развитие в рамках теории принятия решения других подходов и инструментальных средств.

3. Классификация методов принятия решений

Основным источником информации о столь сложных системах, как социальные, экономические, экосистемы либо вбирающие в себя признаки сразу нескольких видов системы, являются знания экспертов, которые обобщают фактическую, полученную средствами измерений и наблюдений, эмпирическую, основанную на опыте эксперта, а также интуитивную и субъективную информации. Зачастую даже сугубо экономические системы не могут быть полностью описаны аналитическими моделями, хотя практика анализа хозяйственной деятельности имеет продолжительную и богатую историю применения. Но даже если все элементы системы могут быть измерены, приведены к единой размерности и согласованы друг с другом, именно эксперт выступает заключительным звеном интерпретации полученных результатов. Другими словами, в любых организационных системах: технических, экономических, социальных, экологических, смешанных, — вне зависимости от размерности и вида информации (количественная или качественная) основным источником получения её является эксперт. Изменяются лишь инструментарий измерения и формы представления информации для принятия решений.

С этих позиций выделяют три группы методов принятия решений.

Эвристические методы — методы, основанные на неформализованных правилах непосредственного выбора экспертом варианта решения. Данные методы позволяют:

- в минимальный временной интервал охватить огромные области знаний за счет привлечения различных экспертов;
- найти неординарное решение, не имеющее аналогов и практики применения;

- обеспечить формирование множества возможных вариантов решения, хотя и не все варианты могут быть адекватными и целесообразными;

- такими методами невозможно найти оптимальное решение в меру отсутствия формальной процедуры принятия решения, но решение практически всегда находится достаточно быстро;

- альтернативы очень редко сравнимы между собой, но их разброс позволяет выделять направления, требующие совершенно различных подходов и ресурсов, что может существенно повысить устойчивость системы.

К эвристическим методам относят следующие методы и процедуры.

Метод мозгового штурма. Изобретателем метода мозгового штурма считается Алекс Осборн, сотрудник рекламного агентства BBD&O. Метод мозгового штурма (англ. brainstorming) — оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать как можно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастических. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике. Существует целый ряд разновидностей метода мозгового штурма: метод мозговой атаки, метод коллективной генерации идей, метод совещаний (комиссий, круглого стола), метод суда, метод критической атаки, метод номинальных групп, метод «635», метод синектики [11], метод интеграции решений.

Помимо метода мозгового штурма выделяют следующие методы и процедуры:

- метод деловых игр, основанный на моделировании экспертами функционирования бизнес-процессов и систем управления при выполнении операций, направленных на достижение поставленной цели;

- метод коллективного блокнота — на начальном этапе группе экспертов ставят задачу, затем идет процесс индивидуальной работы эксперта со своим блокнотом в течение определенного времени, на следующем этапе блокноты собираются, полученная информация систематизируется и, после этого, эксперты-участники переходят к формированию решения проблемы в живом совместном обсуждении накопленного и обобщенного материала;

- метод экспертного фокусирования — это форма очного коллективного обсуждения обозначенной проблемы, эксперты-участники тщательно исследуют заданную ситуацию под разным ракурсом, стараются всецело сфокусироваться на ней.

- метод комиссий — этот метод заключается в коллективном обсуждении заданной проблемы, основным отличием от метода фокусирования

является то, что члены экспертной команды стремятся уяснить и сформулировать причину противоречия между разными вариантами предлагаемых решений, найти как можно большее количество объединяющих моментов и прийти к решению, приемлемому для всех членов группы;

– метод «консилиум» – при применении данного метода эксперты копируют форму исследования проблемы у врачей (воспринимая ситуацию как заболевание): классифицируются признаки (симптомы), выявляются причины, приведшие к данной проблеме, проводится анализ, ставится окончательный диагноз и формулируются прогнозы развития проблемы;

– методы типа сценариев – подобные методы предполагают подготовку и согласование представлений о проблеме либо анализируемом объекте, изложенных в письменном виде, называемых сценариями;

– метод индивидуального блокнота – данный метод проведения анализа исключает общение эксперта-участника с исследователями, которые будут проводить опрос;

– метод дискуссии – это один из методов опроса экспертов, представляющий собой относительно свободный диалог между исследователем и экспертом или экспертами на определенную тему, т.е. метод получения информации на основе вербальной коммуникации [12];

– метод групповой дискуссии [12] – члены рабочей группы общаются между собой (ведут спор) и в ходе этого особым образом организованного общения разрешают поставленную проблему;

– методы анкетирования – это проведение опроса в письменной форме, для этого используется набор структурно организованных вопросов (анкета) [12,13];

– методы интервьюирования – это метод получения необходимой информации путем непосредственной целенаправленной беседы в форме «вопрос-ответ»;

– метод Дельфы – это метод группового анкетирования [12,13], используемые процедуры характеризуются тремя основными чертами: анонимностью, регулируемой обратной связью и групповым ответом;

– метод эвристических вопросов – этот метод известен также как метод «ключевых вопросов» и «наводящих вопросов» [13], этот метод целесообразно применять для сбора дополнительной информации в условиях проблемной ситуации или упорядочения уже имеющейся информации в самом процессе решения задачи;

– метод свободных ассоциаций – в процессе зарождения ассоциаций устанавливаются неординарные взаимосвязи между компонентами решаемой проблемы и элементами внешнего мира,

включая компоненты прежнего опыта творческой деятельности лиц, участвующих в коллективном решении проблемы, творческой задачи.

– метод инверсии – представляет собой один из эвристических методов творческой деятельности, ориентированный на поиск идей решения творческой задачи в новых, неожиданных направлениях, чаще всего противоположных традиционным взглядам и убеждениям, которые диктуются формальной логикой и здравым смыслом;

– метод эмпатии (метод личной аналогии) – в решении творческих задач используют различные аналогии: конкретные и абстрактные; ведутся поиски аналогии живой природы с неживой, например в области техники, в этих последних аналогиях могут быть, в свою очередь, установлены аналогии по форме, структуре, функциям, процессам и т.д.;

– метод Борда – процедура голосования для выбора из множества предложенных альтернатив [14,15]. Согласно этому методу результаты голосования выражаются в виде числа баллов, набранных каждой из альтернатив;

– метод Кондорсе – эксперты упорядочивают альтернативы, устанавливая предпочтения в виде цепочки $0_1 \rightarrow 0_2 \rightarrow \dots \rightarrow 0_n$, побеждает та альтернатива, которая побеждает при сравнении один на один с любой из других альтернатив.

Отдельно необходимо выделить методы сравнения и получения количественных оценок.

Ранжирование. Метод представляет собой процедуру упорядочения объектов, выполняемую экспертом. На основе знаний и опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководствуясь одним или несколькими выбранными показателями сравнения.

Метод парных сравнений [15]. Эксперту предлагают сравнить пары альтернатив, основным недостатком является возможная непоследовательность в ответах и связанное с этим нарушение транзитивности. Эксперты способны принять правильное решение путём попарного сравнения альтернатив без их предварительной структуризации, установив отношения строгого или не строгого порядка.

Множественные сравнения. Они отличаются от парных тем, что экспертам последовательно предъявляются не пары, а n -мерные множества объектов, где n принимает значения $[3, +\infty)$. Эксперт их упорядочивает по важности или разбивает на классы.

Метод гиперупорядочения предполагает рассмотрение не только факторов, но и разностей оценок факторов и их ранжирование. Основным недостатком данного метода является большой объем информации, предоставляемый эксперту для анализа и сравнения.

Метод кортежей предпочтений. Эксперту предъявляется множество частных критериев

$k_1(x), \dots, k_n(x)$ и для каждого $k_i(x), i = \overline{1, n}$, и он должен указать число критериев, более значимых, чем данный, не указывая при этом, какие критерии являются более предпочтительными. Таким образом, каждый критерий получает определённый ранг. Используя отдельно взятый критерий как эталон, эксперт проводит парные сравнения, определяя предпочтение.

Метод классификации. Целью обращения к эксперту является разбиение альтернатив или объектов на классы. Эксперту предлагается соотнести объект к какому-либо классу, сравнив его с эталонными значениями класса и отнеся его к наиболее подходящему. Виды классификаций различны и применяются в соответствии с видом решаемых задач.

Метод непосредственного оценивания. Метод заключается в присваивании объектам числовых значений в шкале интервалов. Эксперту необходимо поставить в соответствие каждому объекту точку на определенном отрезке числовой оси. При этом необходимо, чтобы эквивалентным объектам приписывались одинаковые числа.

Метод шкалы отношений. Измерения в шкале интервалов могут быть достаточно точными при полной информированности экспертов о свойствах объектов. Эти условия на практике встречаются редко, поэтому для измерения применяют относительную балльную оценку. При этом вместо непрерывного отрезка числовой оси рассматривают участки, которым приписываются баллы. Эксперт, приписывая объекту балл, тем самым измеряет его с точностью до определенного отрезка числовой оси.

Метод средней точки – метод непосредственной оценки альтернатив, пошагово эксперт указывает середину выделенного интервала, с каждым шагом уточняя решение.

Метод Чёрчмена-Акофа относится к числу наиболее популярных [16]. В этом методе предполагается последовательная корректировка оценок, указанных экспертами таким образом, чтобы предпочтительный элемент имел оценку выше, чем суммарный вес оценок остальных альтернатив.

Метод парных сравнений Терстоуна [17]. Парно сравниваются объекты, проходя все возможные ситуации. Результаты сравнения заносятся в таблицу. После этого по каждой строке подсчитываем число единичек, т.е. сколько раз сравнение было успешным. После составляются ряды предпочтений для каждого эксперта. Далее рассчитываются общие показатели по всем экспертам: число предпочтений и число предпочтений, приходящихся на одного эксперта. На основании полученной информации можно определить, во сколько и насколько один объект предпочтительнее другого.

Методы средних баллов. В настоящее время распространены экспертные, маркетинговые, ква-

зиметрические, социологические и иные опросы, в которых опрашиваемых просят выставить баллы объектам, изделиям, технологическим процессам, предприятиям, проектам, заявкам на выполнение научно-исследовательских работ, идеям, проблемам, программам, политикам и т.п., а затем рассчитывают средние баллы и рассматривают их как интегральные оценки, выставленные коллективом опрошенных [18].

Метод медиан. Суть метода заключается в упорядочивании списка баллов, выставленных экспертами по неубыванию, другими словами – по возрастанию [18, 19]. Выделяется средняя область, и берутся за основу те значения, которые в нее вошли. При этом медианы вычисляются по обычным правилам статистики – как среднее арифметическое центральных членов вариационного ряда.

Метод фон Неймана – Моргенштерна [20]. Он заключается в получении численных оценок альтернатив с помощью так называемых вероятностных смесей.

Морфологические методы известны так же как методы многомерных матриц или морфологический ящик. Основная идея морфологических методов систематически находить все мыслимые варианты решения проблемы или реализации системы путем комбинирования выделенных элементов или их признаков. В систематизированном виде морфологический подход разработан и применен впервые швейцарским астрономом Ф. Цвигки. Выделяют следующие разновидности: метод систематического покрытия поля (МСПП), метод отрицания и конструирования (МОК), метод морфологического ящика (ММЯ).

Частично формализованные методы – методы, обладающие четко структурированной последовательностью принятия решений, но использующие экспертные оценки как метод получения недостающей информации. Методы, имеющую строго регламентированную последовательность, ограничивают экспертов при генерации альтернатив, следовательно, объем возможных решений значительно меньше, нежели при применении эвристических методов. Строгая последовательность действий ускоряет нахождение допустимого множества и оценок альтернатив, а, следовательно, нахождение эффективного решения, его устойчивость и воспроизводимость. При применении частично формализованных методов следует выделить следующие особенности:

- область возможных вариантов решения, используя данные методы, сформировать невозможно, она должна быть уже выделенной и отвечать требованиям;

- исходная информация задается средствами экспертных оценок, но имеет строго установленную форму;

– последовательность действий, расчетов и преобразований задана, что позволяет провести частичную автоматизацию процедур и ускорить процесс принятия решения (на основе именно таких методов построены большинство СППР).

Примерами этой группы являются следующие методы.

Метод анализа иерархий (МАИ) – математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений. МАИ не предписывает ЛПР какого-либо «правильного» решения, а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению. При подходе МАИ усилия ЛПР направляются на сравнение только заданных альтернатив [14,21].

Каждый элемент иерархии может представлять различные аспекты решаемой задачи, причем во внимание могут быть приняты как материальные, так и нематериальные факторы, измеряемые количественные параметры и качественные характеристики, объективные данные и субъективные экспертные оценки. Иными словами, анализ ситуации выбора решения в МАИ напоминает процедуры и методы аргументации, которые используются на интуитивном уровне. Следующим этапом анализа является определение приоритетов, представляющих относительную важность или предпочтительность элементов построенной иерархической структуры, с помощью процедуры парных сравнений. Безразмерные приоритеты позволяют обоснованно сравнивать разнородные факторы, что является отличительной особенностью МАИ. На заключительном этапе анализа выполняется синтез приоритетов на иерархии, в результате которой вычисляются приоритеты альтернативных решений относительно главной цели. Лучшей считается альтернатива с максимальным значением приоритета.

Метод порогов несравнимости (МПН). В конце 60-х годов группа французских ученых во главе с профессором В. Руа предложила новый подход к проблеме принятия решений при многих критериях [14,22]. Метод порогов несравнимости известен как outranking approach (в мировой литературе), Разработка Индексов Попарного Сравнения Альтернатив (РИПСА) – в работах Ларичева [14]. Связь между любой парой альтернатив определяется последовательностью бинарных отношений. Если бинарное отношение является отношением доминирования одной альтернативы над другой, при котором одна альтернатива имеет по всем критериям не худшие, а хотя бы по одному из критериев лучшие оценки, то ядро является множеством Парето. Выделенное множество Парето может использоваться как самостоятельный предваритель-

ный этап в других методах принятия решений. Для методов порогов несравнимости следует выделить два основных этапа:

– этап разработки, на которой строятся один или несколько индексов попарного сравнения альтернатив;

– этап исследования, на котором построенные индексы используются для ранжирования (или классификации) заданного множества альтернатив.

В настоящее время имеется много методов принятия решений, принадлежащих к методам порогов несравнимости. Из них наиболее известна группа методов ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite – исключение и выбор, отражающие реальность). Существуют ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS и ELECTRE A.

Основные этапы метода ELECTRE:

а) На основании заданных оценок двух альтернатив подсчитываются значения двух индексов: согласия и несогласия. Эти индексы определяют согласие и несогласие с гипотезой, что альтернатива А превосходит альтернативу В.

б) Задаются уровни согласия и несогласия, с которыми сравниваются подсчитанные индексы для каждой пары альтернатив. Если индекс согласия выше заданного уровня, а индекс несогласия – ниже, то одна из альтернатив превосходит другую. В противном случае альтернативы несравнимы.

с) Из множества альтернатив удаляются доминируемые. Оставшиеся образуют первое ядро. Альтернативы, входящие в ядро, могут быть либо эквивалентными либо несравнимыми.

д) Вводятся более «слабые» значения уровней согласия и несогласия (меньший по значению уровень согласия и больший уровень несогласия), при которых выделяются ядра с меньшим количеством альтернатив.

е) В последнее ядро входят наилучшие альтернативы. Последовательность ядер определяет упорядоченность альтернатив по качеству

Методы структурно-параметрической идентификации формальных нормативных моделей многофакторного оценивания и многокритериального выбора. Теоретической основой является многокритериальная теория полезности (МКТП) (Multi-Attribute Utility Theory) [9, 20], утверждающая существование скалярной многофакторной оценки (функции полезности) вида (5, 6). Экспертные оценки применяются для решения следующих задач:

– выделения множества допустимых альтернатив (X^D);

– формирования списка локальных критериев (кортежа $K(x)$);

– определения структуры функции полезности (вида оператора F) (6);

– решения задач параметрической идентификации, т. е. экспертного определения значений параметров модели оценивания (A);

Стремление повысить точность решения задачи структурно-параметрической идентификации привело к разработке метода компараторной идентификации [1,4]. В этом случае экспертная процедура используется для в качестве компаратора, устанавливающего отношения строгого или не строгого порядка на множестве допустимых альтернативных решений $X = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$,

$$x_1 \succ x_2 \succ \dots \succ x_n,$$

$$x_1 \sim x_2 \succ \dots \succ x_n.$$

По этой исходной информации на основе (5) строится система вида:

$$(E_1) > (E_2);$$

...

$$(E_{n-1}) > (E_n).$$

Откуда следует система ограничений:

$$(E_1) - (E_2) \geq 0;$$

...

$$(E_{n-1}) - (E_n) \geq 0,$$

(8)

определяющая область возможных моделей (структуры и параметров) многофакторного оценивания. На основе (8) формальными методами определяются возможные варианты модели многофакторного скалярного оценивания.

Выводы

Отказ от концепции экономического роста и переход к концепции устойчивого развития приводит, с одной стороны, к резкому усложнению процессов принятия решений за счет увеличения размерности системы, необходимости учета многокритериальности, роста уровня неопределенности исходных данных, а с другой – к повышению требований своевременности и эффективности (оптимальности) принимаемых решений.

Кардинальным направлением решения указанной проблемы является переход от креативных (методы, использующие уникальные, абсолютно новые идеи и подходы для решения одной конкретной задачи) к нормативным, формализованным методам принятия решений, что открывает широкую перспективу автоматизации этих процессов и создания функциональных специализированных СППР.

Однако процесс принятия решений является интеллектуальной процедурой, а теория принятия решений, как научное направление, не обладает необходимыми инструментальными и формальными средствами для непосредственного получения необходимой информации и синтеза моделей, по аналогии с идентификацией моделей натуральных

систем с наблюдаемыми процессами. Для интеллектуальных процессов такую информацию можно получить только опосредовано, используя способность индивида к самонаблюдению, анализу процессов мышления, их структуризации, оцениванию. Методология получения знаний на основе интроспективного подхода известна как экспертное оценивание.

Метод экспертного оценивания играет значительную роль как инструмент решения общей проблемы принятия решений. На первых этапах своего развития он был ориентирован на непосредственное, эвристическое, неформализованное решение проблем принятия решений, а усилия теоретиков были направлены на структурирование процесса, регламентацию процедур получения информации, обоснование методов математической обработки результатов экспертизы с целью обеспечения их сходимости, устойчивости, воспроизводимости. Однако по мере усложнения объектов анализа, роста их размерности, многосвязности, нелинейности, многокритериальности, неполноты исходной информации пришло понимание ограниченности возможности методов, вытекающее из особенностей человеческой психики и характера мышления.

В этих условиях в настоящее время интенсивно развивается два альтернативных направления:

– создание нормативных человеко-машинных процедур принятия решений (методы анализа иерархий (МАИ), порогов несравнимости (ELECTRE) и другие);

– использование экспертных оценок для получения исходных гипотез и необходимой информации для решения задач синтеза (структурно-параметрической идентификации) формальных моделей принятия решений в рамках теории полезности (методы компараторной идентификации).

Полученные результаты открывают перспективы практического создания СППР широкого назначения.

Список литературы: 1. *Овезгельдыев, А.О.* Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации [Текст] / Э.Г. Петров, К.Э. Петров – Киев: «Наукова думка», 2002. – 164с. 2. *Петров, Е.Г.* Методи та засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах [Текст] / Е.Г. Петров, М.В. Новожилова, І.В. Гребенник. – К.: Техніка, 2004. – 256 с. 3. *Глушко, В.М.* Введение в АСУ [Текст] / В.М. Глушко. – Изд. 2-е, исправленное и дополненное. – К.: «Техніка», 1974, – 320 с. 4. *Губаренко, Е.В.* Методология формирования количественных оценок уровня развития региона [Текст] / Е.В. Губаренко, Н.В. Подмогильный // Вестник ХНТУ, 2010. – № 2 (38). – С. 76-80. 5. *Згуровский, М.З.* Роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества [Текст] / М.З. Згуровский, Г.А. Статюха // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – № 1. – С. 19-38. 6. *Мину, М.* Математическое программирование. Теория

и алгоритмы: Пер. с фр. Предисловие А.И. Штерна. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1990.— 488 с. 7. *Адамар, Ж.* Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа [Текст]/Ж Адамар. — М.: Наука, 1978. — 351 с. 8. *Тихонов, А.Н.* Методы решения некорректных задач [Текст] / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. — М.: Наука, 1986. — 288 с. 9. *Фишберн, П.* Теория полезности для принятия решений [Текст] / П. Фишберн. — М.: Наука, 1978. — 352 с. 10. *Бриллинджер, Д.Р.* Временные ряды. Обработка данных и теория [Текст] / Д.Р. Бриллинджер. М: Мир, 1980. — 536 с. 11. *Gordon W.J.J.* Sinectics: The Development of Creative Capacity — New York, 1961. — 180p. 12. *Никандров, В.В.* Вербально-коммуникативные методы в психологии [Текст] / В.В. Никандров. СПб.: Речь, 2002. — 72 с. 13. Метод анкетирования, применения для сбора первичных данных по редким видам на примере снежного барса [Текст] / Е.А. Быкова, А.В. Есипов, Б. Аромов, Е.А. Крейцберг, Э.В. Вашетко // Охраняемые территории Центральной Азии. Ташкент, 2004. — С. 208-214. 14. *Ларичев, О.И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах [Текст] / О.И. Ларичев: Учебник. Изд. второе, перераб. и доп. — М: Логос, 2002. — 392 с: ил. 15. *Девид, Г.* Методы парных сравнений [Текст] / Г. Девид. — М.: Статистика, 1978. — 144 с. 16. *Churchman C.W.* Methods of Inquiry / C.W. Churchman, R.L. Ackoff. — St. Louis: Educational Publishers, 1950. — 134 p. 17. *Thurstone L.L.* The measurement of values / L.L. Thurstone. — Chicago: Univ. Chicago Press, 1959. — 268 p. 18. *Орлов, А.И.* Менеджмент [Текст]: Учебник. / А.И. Орлов. — М.: Издательство «Изумруд», 2003. — 298 с. 19. *Орлов, А.И.* Экспертные оценки [Текст] / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. — 1996. Т.62. № 1. С.54-60. 20. *Нейман, Дж.* Теория игр и экономическое поведение [Текст] / Дж. Нейман, О Моргенштерн. — М.: Наука, 1970. — 124 с. 21. *Саати, Т.*, Аналитическое планирование. Ор-

ганизация систем [Текст] / Т. Саати, К. Керне. — М.: Радио и связь, 1991. — 224 с. 22. *Руа, Б.* Классификация и выбор при наличии нескольких критериев (метод ЕЛЕКТРА) [Текст] / Б.Руа // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. — М.: Мир, 1976. — С. 80-108.

Поступила в редколлегию 21.05.2010.

УДК 519.8

Методи і інструментальні засоби систем підтримки ухвалення рішень при організаційному управлінні соціально-економічними системами / Е.Г. Петров, Є.В. Губаренко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 3 (74). — С. 26–36.

Стаття присвячена процесу ухвалення рішень. Були виділені етапи ухвалення рішень та сформовані вимоги до методів вирішення задач, виникаючих на кожному з етапів. Надається класифікація та огляд методів експертного оцінювання: евристичні, частково формалізовані та компараторні. Наводяться переваги та недоліки кожного класу методів при застосуванні їх у розробці, створенні чи функціонуванні систем підтримки рішень.

Бібліогр.: 22 найм.

UDK 519.8

Methods and tools of the systems of support of making decision at an organizational management the socio-economic systems / E.G. Petrov, E.V. Gubarenko // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2010. — № 3 (74). — P. 26–36.

The article is sanctified to the process of making decision. There were the distinguished stages of making decision and formed requirements to the methods of decision of tasks arising up on each of the stages. Classification and review of methods of expert evaluation are given: heuristic, partly formalized and komparator. Advantages and lacks of every class of methods are pointed at application of them in development, creation or functioning of the systems of support of decisions.

Ref.: 22 items.