

В. А. Артюхина, В. Н. Ефанов

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КРУПНЫМИ КОРПОРАТИВНЫМИ СТРУКТУРАМИ

Предлагается концепция разработки гибридной системы поддержки принятия решений, объединяющей преимущества систем, ориентированных на знания, и модельно-ориентированных систем. Такой подход обусловлен высоким уровнем сложности задач, возникающих при управлении крупными корпоративными структурами. Излагается формализованная процедура структурной организации гибридных систем поддержки принятия решений, в рамках которой осуществляется выбор оптимального решения на основе формализованных знаний об относительном правдоподобии возможных результатов принимаемых решений, и оптимального плана экспериментальных исследований с использованием разработанных экономико-математических моделей корпоративных объединений. *Корпорация; система; алгоритм; критерий; оптимизация*

ВВЕДЕНИЕ

Процесс глобализации мировой экономики приводит к увеличению доли крупных производственных, в том числе транснациональных, корпораций [1]. Особенно наглядна эта тенденция в наукоемких отраслях производства, в частности, в авиационно-космическом комплексе ведущих мировых государств. Так, на базе 51 компании, действующей на аэрокосмическом рынке США в восьмидесятых годах прошлого столетия, к 2000-м годам сформировалось 6 крупных корпораций. В европейских государствах – Великобритании, Франции, Германии, Италии, Испании – число авиационно-космических компаний сократилось за аналогичный период с 49 до 8. Несмотря на специфику российских условий, подобная тенденция становится преобладающей и в отечественном авиаприборостроительном комплексе: за последние 10–15 лет на базе 343 предприятий были сформированы три корпорации: ОАО «Концерн «Авионика», ОАО «Авиаприбор-холдинг», ОАО «Корпорация «Аэрокосмическое оборудование». В настоящее время отмеченная тенденция получила дальнейшее развитие, в результате чего на базе перечисленных корпораций формируется единый «Концерн «Авиаприборостроение».

В современных условиях инновационного развития техники и технологий, крупномасштабного трансграничного перемещения капитала и глобализации международной торговли корпоративные структуры способны осуществлять эффективное управление, планирование и регулирование деятельности отдельных пред-

приятий, обеспечивая максимизацию прибыли, снижение суммарных затрат и улучшение качества использования интеллектуального и материально-технического потенциала. Важными особенностями функционирования корпораций в высокотехнологичных секторах промышленности является способность к широкомасштабному финансированию принципиально новых, революционных, капиталоемких и наукоемких разработок, возможность многоаспектного и гибкого позиционирования на рынках товаров и услуг, экономии издержек за счет устранения дублирования и избыточности производственных мощностей, а также за счет консолидации финансовых и прочих ресурсов, в том числе с использованием специальных корпоративных финансово-экономических механизмов.

Однако достижению указанных положительных результатов препятствует отсутствие адекватных механизмов внутрикорпоративного управления. Это обусловлено тем, что корпорации по своей структуре отличаются от обычных крупных производственных объединений. В первую очередь, такое отличие заключается в организационно-правовых и финансово-экономических формах взаимодействия субъектов хозяйствования внутри корпорации. При любой схеме создания корпоративных объединений – ассоциативных образованиях, холдингах, финансово-промышленных группах – предприятия-участники сохраняют юридическую и финансовую самостоятельность. Кроме того, в рамках одной корпорации могут объединяться предприятия с сильно различающимися интересами и часто противоположными целевыми функциями. В этой достаточно типичной ситуации можно выделить несколько аспектов. Во-

первых, стремление к завоеванию смежных сегментов рынка диктует требование диверсификации производства, в том числе за счет привлечения непрофильных предприятий, обладающих опытом производства соответствующей продукции. Во-вторых, часто объектами интеграционных процедур являются конкурирующие предприятия, выпускающие однотипную продукцию.

Следующий аспект связан со схемой технологической интеграции предприятий-смежников, например, ОКБ и серийных заводов, которые могут иметь противоположные воззрения на объемы инновационного инвестирования и на другие вопросы производственной деятельности. Наконец, ожидаемые выгоды от клиентского синдицирования операций кредитования и страхования рисков, обуславливают необходимость включения в состав корпорации кредитно-финансовых учреждений и страховых компаний.

В этих условиях наиболее целесообразным представляется вариант внутрикорпоративного управления, предусматривающего согласование производственных и финансово-экономических процессов, протекающих в разных хозяйствующих субъектах, с целью обеспечения приоритетных показателей деятельности всей корпорации в целом. Такой подход соответствует логике консолидации предприятий в корпоративную группировку, согласно которой участники делегируют часть своих прав как субъектов правоотношений специально создаваемой управляющей компании.

Еще одна особенность, которая возникает при организации внутрикорпоративного управления на современном этапе, заключается в высоком уровне риска и неопределенности условий, в которых происходит разработка и реализация управленческих решений. Причем, наряду с традиционными рисками, характеризующимися высокой частотой наступления и низкой степенью воздействия, все большее значение приобретают новые виды риска, имеющие глобальный характер и по силе своего влияния значительно превосходящие возможности отдельных предприятий. Среди таких рисков можно отметить нестабильность текущей экономической ситуации, условий инвестирования и использования прибыли, которые были вызваны глобальным кризисом в финансовом секторе и последовавшей за ним рецессией. Риски, связанные с неопределенностью политической ситуации и неблагоприятными социально-полити-

ческими изменениями, которые охватили целые регионы не только Африки, но и Европы. Все большую роль играет неопределенность природно-климатических условий, связанная, в частности, с глобальным потеплением, а также возможность стихийных бедствий, таких как разрушительное землетрясение в Японии.

Все это приводит к значительным колебаниям рыночной конъюнктуры, цен, валютных курсов, а следовательно, к росту неопределенности в целях, интересах и поведении участников, к неполноте и недостоверности информации об их финансовом положении и деловой репутации. В результате управленческие решения приходится разрабатывать и принимать в среде неструктурированных и слабо структурированных многокритериальных задач. В связи с этим возникла необходимость в интеллектуальной поддержке принятия решений с использованием интерактивных компьютерных систем, способных генерировать и оценивать альтернативы, направленные на достижение заданной управленческой цели, прогнозировать последствия предполагаемых решений, осуществлять выбор лучшего варианта и согласовывать групповые решения. Системы поддержки принятия решений (СППР), возникшие как естественное развитие и продолжение управленческих информационных систем (Management Information Systems – MIS), представляют собой сегодня обширный и чрезвычайно разнообразный класс интеллектуальных систем. При этом следует отметить, что в течение длительного времени конструкция СППР определялась видом задач, для решения которых она разрабатывалась. В результате к настоящему времени сложилось пять устойчивых типов СППР [2]:

- СППР, ориентированные на знания, предоставляют специализированные решения задач в виде фактов, правил, процедур;
- модельно-ориентированные СППР, характеризуются в основном доступом и манипуляциями с математическими моделями (статистическими, финансовыми, оптимизационными, имитационными);
- СППР, ориентированные на данные, в основном используют в работе доступ и манипуляции с данными (не только внутренними, но и внешними);
- СППР, основанные на коммуникациях, поддерживают группу пользователей, работающих над выполнением общей задачи;

- СППР, ориентированные на документы, управляют, осуществляют поиск и манипулируют неструктурированной информацией, заданной в различных форматах.

Вместе с тем, новые факторы риска нередко служат толчком для возникновения лавинообразных проблем в таких сложноподчиненных системах, какими являются крупные корпоративные структуры. В связи с этим традиционные СППР, ориентированные на решение управленческих задач конкретного вида, становятся неэффективными. Возрастание объема информации, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и стремительно меняющейся обстановки настоятельно требуют использовать СППР, способные анализировать разнородную информацию, собираемую из различных источников и адекватно отражающую в режиме реального времени основные аспекты производственной и финансовой деятельности. Важнейшей целью таких СППР является интеграция разнообразных стилей и методов решения, базирующихся на адекватных экономико-математических моделях (ЭММ) и, вместе с тем, позволяющих использовать экспериментальные данные, экспертные оценки, предыдущий опыт и справочную информацию.

В данной статье предлагается подход к построению гибридной СППР, ориентированной на управление знаниями корпорации и ее экономико-математическими моделями.

1. ПРИНЦИПЫ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Механизм управления знаниями, реализуемый в предлагаемой гибридной СППР, предусматривает решение следующих задач:

- повышение достоверности имеющейся информации путем выявления, отбора, синтеза, обобщения, хранения и распространения знаний;
- придание знаниям потребительского характера таким образом, чтобы они представляли собой необходимую и доступную для лица, принимающего решение (ЛПР), информацию;
- создание интерактивной среды, где специалисты постоянно обмениваются информацией и используют все условия для усвоения новых знаний.

Знания представляют собой информацию, которая имеет практическую значимость с точ-

ки зрения управления процессами выполнения задач, решения проблем и принятия решений. При этом управление знаниями подразумевает систематическое, точное и продуманное формирование, обновление и применение знаний с целью максимизации эффективности управленческих решений. Следовательно, управление знаниями означает формализацию и доступ к практическому опыту, знаниям и экспертным данным, которые создают новые возможности, способствующие совершенствованию деятельности, стимулирующие инновации и увеличивающие потребительскую стоимость.

Функции управления знаниями охватывают различные методы в зависимости от особенностей того или иного этапа организации приобретения и освоения новых знаний. В частности, при использовании экспертного анализа оценки формируются с учетом предпочтений конкретного специалиста, сформировавшихся в ходе его предшествующей деятельности. Использование субъективных оценок является характерной особенностью управления знаниями. При этом экспертные оценки рассматриваются как индивидуальный способ обработки тех аспектов неформализуемых данных, которые доступны индивидуальному суждению. Поскольку индивидуальный опыт, интуиция, эрудиция и квалификация у разных людей различны, то и сформированные на этой основе субъективные оценки имеют значительный разброс. Неоднозначность суждений, основанных на субъективном анализе, обуславливает многие трудности, которые возникают при выборе оптимального решения. В связи с этим в рамках гибридной СППР должен быть создан механизм, способный эффективно объединять формализуемые и неформализуемые знания за счет интеграции ситуационного, имитационного, экспертного, а также многих других подходов.

Поскольку основное содержание управления знаниями направлено на структуризацию исходной информации о проблеме, требующей принятия управленческих решений, то формально эта задача может быть представлена следующей абстрактной моделью:

$$\langle \theta; \theta_{A_0}, \theta_U, \theta_\Lambda, \theta_{\mathcal{R}} = \{ \theta_{\mathcal{R}_G}, \theta_{\mathcal{R}_Y}, \theta_{\mathcal{R}_U}, \theta_{\mathcal{R}_\Lambda}, \theta_{\mathcal{R}_K} \} \rangle. \quad (1)$$

Здесь символ «;» разделяет две стороны задачи – то, что известно, и то, что требуется найти. Таким образом, задача структуризации исходной информации состоит в том, чтобы на основе исходной информации θ необходимо получить θ_{A_0} – информацию о цели A_0 , для дос-

тижения которой принимается управленческое решение, θ_U – информацию о множестве U стратегий, которыми может руководствоваться ЛПР, θ_Λ – информацию о типе и характеристиках множества Λ неопределенных факторов, влияющих на эффективность принимаемых решений и $\theta_{\mathcal{R}}$ – информацию о предпочтениях ЛПР.

В свою очередь информация о предпочтениях отображается на следующих характерных множествах:

- на множестве возможных исходов G процедуры принятия решений и различии их по предпочтительности относительно цели A_0 этой процедуры;
- на множестве существенных характеристик Y исхода $g \in G$;
- на множестве возможных способов U достижения поставленной цели A_0 ;
- на множестве Λ неопределенных условий проведения процедуры поиска решения;
- на возможных концепциях (гипотезах) рационального поведения ЛПР для определения в дальнейшем критерия эффективности принятого решения.

К числу важнейших задач управления знаниями относится задача анализа неопределенности. Эта задача может быть описана следующим образом:

$$\langle \theta_{A_0}; \Lambda, \theta_\Lambda \rangle. \quad (2)$$

Здесь на основе информации о цели операции производится классификация факторов по характеру неопределенности и формируется информация о типе и характеристиках множества неопределенных факторов.

Решение подобных задач требует привлечения и анализа информации, получаемой на основе аналогий, исторического опыта, экспериментальных и статистических данных, результатов экспертиз. Особенностью данных задач является применение для их решения как формальных, так и неформальных (эвристических) методов. В настоящее время для решения этих задач широко используются технологии многомерного представления и анализа данных – OLAP-систем. Технологии OLAP-систем позволяют оперативно получать, анализировать и обрабатывать информацию, касающуюся природы неопределенных факторов, диапазонов их изменения, априорного распределения вероятностей, психологических особенностей принятия решений другими субъектами принятия решений,

типов взаимодействия между ними (нейтрализм, содействие, противодействие) и др.

Тем не менее, наличие большого числа неопределенных факторов существенно снижает качество принимаемых решений, поскольку достоверность выбора оптимального варианта решения, осуществляемого в условиях неопределенности, зависит от объема объективной информации. Для снижения риска выбора неудовлетворительного варианта решения требуется привлекать дополнительную информацию, которую можно получить на основе исследования возникающей проблемной ситуации. Причем объем проводимых исследований должен обеспечивать снижение неопределенности в оценке свойств принимаемых решений до уровня, позволяющего осуществить обоснованный выбор рационального решения. Основным инструментом подобных исследований служат адекватные экономико-математические модели, позволяющие воспроизводить различные сценарии проблемной ситуации, прогнозировать возможные варианты ее развития и оценивать эффективность принимаемых решений в соответствующей обстановке.

Формальная запись задачи моделирования проблемной ситуации выглядит следующим образом:

$$\langle \theta_{A_0}, U, \Lambda, \theta_H, \mathcal{R}_G, \mathcal{R}_Y; Y, \{H\} \rangle. \quad (3)$$

Суть этого выражения состоит в том, что исходя из цели, с учетом существующих стратегий и неопределенных факторов, на основе моделей предпочтения возможных исходов и их характеристик формируется иерархически упорядоченная совокупность моделей $\{H\}$ проблемной ситуации, которая позволяет получить требуемое множество результатов исследования.

Необходимость, в общем случае, рассмотрения не одной модели H , а многоуровневой их иерархии определяется особенностью схемы исследования проблемной ситуации, которая описывает различные аспекты последней, начиная с формирования цели деятельности корпорации и заканчивая расчетом ее основных производственных показателей. Такой подход при решении задачи моделирования проблемной ситуации позволяет структурировать процесс моделирования, существенно облегчить оценку эффективности принимаемых решений, выявить наиболее значимые факторы, влияющих на их эффективность. В то же время такая методология решения задачи (3) предъясвляет вполне оп-

ределенные требования к моделям, используемым на различных уровнях иерархии исследования. Рассмотрим наиболее важные в этом отношении задачи: моделирование цели деятельности корпорации, моделирование предпочтений и моделирование результатов производственно-хозяйственной деятельности корпорации.

Задача моделирования цели. Для того чтобы исследования были содержательными (т. е. были бы получены некоторые количественные оценки для выработки решения), необходимо достаточно аккуратно и четко формализовать цель деятельности корпорации. Такая постановка задачи вынуждает использовать конкретные типы шкал для количественной оценки факторов, определяющих степень достижимости цели. В дальнейшем мы будем использовать два типа шкал – дискретные и интервальные. Кроме того, формализация цели должна учитывать характеристики внешней среды как необходимое условие получения обоснованного решения.

Цели и задачи деятельности корпорации отображаются в систему показателей их достижения W . Для этого водится критерий эффективности K . Система «показатель эффективности + критерий» образует модель цели операции, которая формально описывается следующим образом:

$$\langle \theta_{A_0}, U, \Lambda, Y^{TP}, Y(G), \mathfrak{R}_W, \mathfrak{R}_K; W, K \rangle. \quad (4)$$

Наличие компонента Y^{TP} в (4) отражает то обстоятельство, что в некоторых случаях цель A_0 задается вышестоящим органом в виде параметров целеполагания. В общем случае параметры целеполагания являются результатом решения задачи:

$$\langle \theta_{A_0}, U, \Lambda, \mathfrak{R}_Y, G, Y^{TP} \rangle. \quad (5)$$

Цель деятельности корпорации накладывает вполне определенный отпечаток на вид показателя эффективности и на сам критерий, точнее, на принцип его выбора.

Числовая функция, определенная на множестве стратегий U , характеризующая степень достижения цели A_0 , может рассматриваться в качестве показателя эффективности лишь при соблюдении определенных требований.

Соответствие цели. ЛПР, зная значение показателя в той или иной ситуации, полностью представляет себе, в какой степени достигается цель.

Содержательность и интерпретируемость. Сам показатель эффективности или его

компоненты должны быть понятны ЛПР и иметь ясный физический смысл.

Измеримость. Показатели эффективности можно подвергать определенным математическим преобразованиям, допускаемым типом его шкалы.

Если эффективность управленческого решения не удастся описать единственным показателем, то возникает задача выбора частных показателей эффективности, образующих векторный показатель.

К векторному показателю эффективности предъявляются дополнительные требования.

Минимальность числа используемых частных компонентов. В зависимости от степени подготовленности ЛПР верхняя граница размерности векторного показателя определяется величиной 7 ± 2 . При этом с ростом числа показателей увеличивается время анализа получаемых результатов.

Полнота. Векторный показатель эффективности должен содержать такое количество частных показателей, которое позволяло бы учитывать все определяющие признаки Y , адекватно отражающие результат принятого решения.

Перечисленные требования оказываются противоречивыми, что еще раз указывает на связь задачи принятия решения с проблемной ситуацией.

В качестве показателей эффективности на концептуальном уровне исследований целесообразно выбирать агрегированные показатели, отражающие степень достижения целей деятельности корпорации.

На операциональном уровне исследований в качестве показателей эффективности целесообразно также использовать агрегированные показатели, которые должны характеризовать степень выполнения отдельных задач, решение которых приводит к достижению цели корпорации.

Требования к качеству решения этих задач могут быть получены на верхнем уровне – уровне концептуального исследования. Показателями качества на уровне детального исследования могут являться как агрегированные, так и простые производственно-финансовые показатели деятельности предприятий корпорации.

Основные типы критериев эффективности, используемые при принятии решений, формируются на основе концепций рационального поведения: пригодности, оптимизации и адаптивности.

Если деятельность осуществляется в условиях существенной неопределенности, то в качестве критериев могут использоваться либо критерии пригодности (например, критерий гарантированного результата), либо оптимальности (например, критерий наибольшего гарантированного результата).

Однако использование этих подходов при выборе критерия не всегда оправданно, так как в большинстве случаев гарантированные уровни являются недопустимо низкими и вследствие этого не несут никакой информации о рациональности действий.

Поэтому используют другой подход к формированию критериев, а именно – подход, основанный на концепции адаптивизации [3].

Этот подход предполагает прогнозирование возможных условий Λ и способов U на основе не только априорной (статической) информации, но также текущей динамической и прогнозной (виртуальной) информации. Используя такую информацию и применяя принцип оптимальности, можно получить не только целенаправленные, но и гибко ориентированные решения. Таким образом, можно осуществить переход от статической модели принятия решения к динамической.

Задача моделирования предпочтений. При решении любой задачи принятия решений перед ЛПР стоит проблема выбора объектов, подлежащих дальнейшему рассмотрению, из множества имеющихся. Осуществляя такой выбор, ЛПР руководствуется своей системой предпочтений.

Эта система предпочтений может быть выявлена и измерена в ходе контрольного предъявления ЛПР объектов из представленной совокупности. Выявленная и измеренная система предпочтений ЛПР называется моделью предпочтений.

Разработаны специальные методы моделирования предпочтений ЛПР, использующие формальные и неформальные процедуры.

Общая постановка задачи моделирования предпочтений формально записывается в следующем виде:

$$\langle D, \theta; \mathfrak{R}_D \rangle, \quad (6)$$

где $D = \{U, \Lambda, Y, G, W, K\}$.

Задачу (6) надо понимать следующим образом. На основе имеющейся информации θ и результатов контрольного предъявления объектов, входящих в подмножество множества D , выявить систему предпочтений \mathfrak{R} ЛПР.

Построение модели \mathfrak{R} может быть осуществлено с помощью получаемой от ЛПР специальной дополнительной информации, которая называется информацией о предпочтениях. Типичными примерами такой информации являются независимость частных показателей по предпочтению, аддитивная независимость показателей, качественная информация об относительной важности, коэффициенты важности и др.

Задача моделирования производственно-хозяйственной деятельности корпорации. Для построения экономико-математической модели корпорации (ЭММК) необходим комплекс исходных данных, которые характеризуют текущее состояние предприятий и задают их начальное состояние, а также являются прогнозными параметрами при оценке финансово-экономических результатов осуществления предприятиями их производственно-хозяйственной деятельности. Проектирование информационного обеспечения ЭММК предусматривает:

- задание номенклатуры используемой информации, включая требования к качеству этих данных по достоверности, оперативности и полноте;
- определение источников получения информации;
- определение характера поставок информационных ресурсов;
- некоторые специальные условия, в частности, связанные с охраной персональных данных, ограничениями по конфиденциальности, ограничениями по применению и т. д.

Качество информационного обеспечения во многом определяет достижимый уровень эффективности ЭММК и качество принимаемых на ее основе управленческих решений, поскольку неполнота, недостаточность и запаздывание исходных данных делают модель неадекватно поставленной управленческой задаче. Уровень качества информационного обеспечения зависит от следующих факторов:

- состава исходных данных, который подразумевает перечень сведений, необходимых для организации управления;
- формы представления исходных данных, задающей степень их подробности, способ компоновки и некоторые специальные свойства;
- периодичности представления либо обновления исходных данных;

- продолжительности и других условий хранения поступившей информации;
- достоверности или неопределенности используемых исходных данных;
- затрат на создание и поддержание информационной инфраструктуры;
- первичных источников информации в виде юридических или должностных лиц и отчетно-учетной, плановой документации и материалов технико-экономических обоснований, экспертиз и т. д.

Исходные данные задаются с учетом примененной организационно-экономической схемы корпоративного объединения и производных внутрикорпоративных финансово-экономических регламентов, тем самым отражая внутрикорпоративные финансово-экономические связи предприятий – членов этой структуры.

Обоснуем состав используемых для построения ЭММК исходных данных. Формализация этой задачи предполагает назначение показателей состояния как количественных характеристик, оценивающих степень достижение объектом управления желаемого состояния. Далее необходимо определить состав управляющих воздействий как способ формализации управленческой задачи. Наконец, требуется сформировать совокупность выходных переменных, на основе которых формируется суждение о фактическом удалении объекта управления от желаемого состояния. Введение выходных переменных в дополнение к показателям состояния обусловлено стремлением сформировать комплексную оценку состояния объекта управления. В частном случае выходные переменные могут быть тождественны показателям состояния.

В настоящее время разработано и применяется значительное число экономико-математических моделей, которые различаются по объему используемой исходной информации, по детальности отслеживания внутренних закономерностей, по общим схемам представления внутренней динамики объектов управления, по требованиям к пользовательским характеристикам, по применяемому аппарату модельной идентификации, по сфере применения, по универсальности, по сложности и по целому ряду других показателей. В данной работе предлагается универсальная, аналитическая, многофакторная модель, обеспечивающая детерминированную оценку состояния исследуемого объекта

на основе ретроспективного анализа его показателей состояния.

Считаем, что связи между показателями состояния, управляющими воздействиями и выходными переменными каждого предприятия, входящего в состав корпорации, описываются совокупностью разностных уравнений следующего вида:

$$\begin{aligned}x_i(k+1) &= A_i x_i(k) + B_i v_i(k), \\y_i(k) &= C_i x_i(k), \\i &= 1, 2, \dots, N,\end{aligned}\quad (7)$$

где $x_i(k)$, $v_i(k)$, $y_i(k)$ – соответственно, векторы переменных состояния, управляющих воздействий (локальные управляющие воздействия со стороны менеджмента данного предприятия) и выходных координат.

Целостность корпорации обусловлена наличием внутрисистемных взаимодействий между предприятиями, которые подчиняются следующим уравнениям связи

$$\begin{aligned}v_i(k) &= \sum_{j=1}^N F_{ij} y_j(k) + K_i g(k) + G_i f(k); \quad i = 1, 2, \dots, N; \\y(k) &= \sum_{i=1}^N L_i y_i(k),\end{aligned}\quad (8)$$

здесь $g(k)$ – вектор управляющих воздействий со стороны управляющей компании корпорации; $y(k)$ – вектор обобщенных выходных координат всей корпорации; $f(k)$ – вектор возмущений со стороны внешней среды.

Матрицы K_i , L_i характеризуют взаимосвязь i -го предприятия с управляющей компанией корпорации, а матрицы G_i – с внешней по отношению к корпорации средой. Матрицы F_{ij} описывают связи между предприятиями в составе корпорации.

Объединяя уравнения (7) и (8) сформируем модель корпорации в следующем виде

$$\begin{aligned}x(k+1) &= Ax(k) + Bg(k) + Gf(k); \\y(k) &= Cx(k),\end{aligned}\quad (9)$$

где $x(k)$ – прямая сумма векторов $x_i(k)$; $A = A_D + B_D FC$; $B = B_D K$; $G = B_D Q$; $C = LC_D$; здесь $A_D = \text{block diag}\{A_i\}_{N \times N}$; $B_D = \text{block diag}\{B_i\}_{N \times N}$; $C_D = \text{block diag}\{C_i\}_{N \times N}$; $Q = \|G_i\|_{N \times i}$; $F = \|F_{ij}\|_{N \times N}$; $K = \|K_i\|_{N \times i}$; $L = \|L_i\|_{1 \times N}$ – блочные матрицы.

Параметры приведенной экономико-математической модели должны отражать нетривиальность связей управленческих решений с переменными состояния, а последних – с выходными переменными корпорации. В первую очередь

это касается требований к полноте и достоверности исходных данных, а также корректности первичной обработки этих данных с целью получения адекватных аналитических зависимостей.

Рассмотренные в данном разделе структурные модели служат основой для разработки алгоритма поддержки принятия решений в гибридной СППР.

2. СОВМЕЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННЫЙ НА ЗНАНИЯХ И МОДЕЛЯХ

Суть предлагаемого совмещенного алгоритма заключается в том, что он позволяет в рамках единой процедуры выбирать оптимальное решение, оперируя с формализованными знаниями об относительном правдоподобии возможных результатов принятых решений при учете различных случайных факторов, и оптимального плана экспериментальных исследований с использованием разработанных ЭММК. Механизм управления знаниями направлен на то, чтобы упорядочить действия ЛПР, выявить объективную природу его предпочтений и расширить на этой основе возможности в достоверной оценке предлагаемых вариантов решения. В свою очередь, механизм управления моделями базируется на анализе возможных результатов экспериментальных исследований, которые могут быть осуществлены для увеличения объема достоверной информации о результатах деятельности корпорации.

С учетом изложенных соображений опишем алгоритм поддержки принятия решений применительно к двум наиболее характерным типам шкал случайных оценочных функций – дискретным и интервальным. Данный алгоритм базируется на байесовой теории решений и теории полезности Неймана–Моргенштерна.

Шаг 1: Формируем исходные множества $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$ возможных стратегий (вариантов управленческих решений), оценочных функций $\varepsilon = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p\}$, учитываемых случайных факторов $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \theta_s\}$, экспериментов $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ и их возможных результатов $\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p\}$.

Шаг 2: Формируем массивы, отражающие субъективное мнение ЛПР о соответствии возможных стратегий поставленным целям, которое образовалось в результате анализа возможных исходов экспериментов при учете неопределенных факторов $\varepsilon = [\varepsilon(k, i, l, \mu)]_{n \times m \times p \times s}$, а так-

же массивы априорных функций распределения случайных факторов $F = [f(k, \mu)]_{n \times s}$, представляющих суждения ЛПР об относительном правдоподобии значений элементов λ_μ множества Λ при выборе соответствующей стратегии U_k , и априорных оценок $\Psi = [\psi(k, i, l, \mu)]_{n \times m \times p \times s}$, выражающих суждения ЛПР о возможности получения результата γ_i в процессе осуществления эксперимента z_i , при условии, что случайные факторы приняли значение λ_μ .

Шаг 3: Анализируется один из возможных экспериментов z_i .

Шаг 4: Фиксируется результат γ_i .

Шаг 5: Для данного результата γ_i корректируется распределение априорных оценок по всем стратегиям U_k

$$\varphi(k, i, l, \mu) = \frac{f(k, \mu) \psi(k, i, l, \mu)}{\sum_{\mu} f(k, \mu) \psi(k, i, l, \mu)}$$

Шаг 6: Определяются ожидаемые значения оценочной функции для каждой стратегии

$$\varepsilon(k, i, l) = \sum_{\mu} \varepsilon(k, i, l, \mu) \varphi(k, i, l, \mu).$$

Шаг 7: Для данного результата γ_i определяется наиболее предпочтительная стратегия и соответствующие ей значения оценочных функций

$$\varepsilon(i, l) = \max_k \varepsilon(k, i, l), \text{ по всем } U_k.$$

Шаг 8: Вычисляется вероятность исследуемого результата, задаваемая распределением $F(i, l)$

$$F(i, l) = \sum_{\mu} f(\theta, \mu) \varphi(k, i, l, \mu),$$

где $k = \text{Arg}\{\varepsilon(k, i, l) = \varepsilon(i, l)\}$.

Шаг 9: Если рассмотрены не все возможные результаты γ_i , $l < m$, то идти к шагу 4, иначе необходимо перейти к шагу 10.

Шаг 10: Для каждого эксперимента определяется ожидаемое значение оценочной функции

$$\varepsilon(i) = \sum_l \varepsilon(i, l) F(i, l).$$

Шаг 11: Если рассмотрены не все эксперименты, которые выявлены по отношению к данной стратегии, то следует вернуться к шагу 3 и выбрать другой эксперимент, в противном случае перейти к шагу 12.

Шаг 12: Определяется наиболее целесообразный эксперимент z_{i^*} и соответствующая ему ожидаемая оценка

$$\varepsilon^* = \varepsilon(i^*) = \max_i \varepsilon(i).$$

Шаг 13: Осуществляем экспертную оценку возможных результатов оптимального эксперимента γ_{l^*} .

Шаг 14: Выбираем стратегию U_k^* , для которой ожидаемое значение оценочной функции с учетом наиболее вероятного результата оптимального эксперимента будет максимальным

$$\varepsilon(k^*, i^*, l^*) = \max_k \varepsilon(k, i^*, l^*).$$

Несмотря на относительную простоту описанного алгоритма, его выполнение часто представляет для ЛПР весьма сложную задачу. Это связано с необходимостью задания точечных значений для массивов оценочных функций и априорных вероятностей. Для любого специалиста более предпочтительным может оказаться задание некоторых интервалов для возможных значений соответствующих характеристик. В этом случае в алгоритме используется шкала интервалов. Чтобы сформировать массивы исходных данных, ЛПР должен задать для каждого элемента пессимистическую и оптимистическую оценки его значений. Эти оценки представляют собой нижние и верхние границы интервалов. Таким образом,

$$\begin{aligned} \varepsilon(k, i, l, \mu) &\in [\underline{\varepsilon}(k, i, l, \mu); \overline{\varepsilon}(k, i, l, \mu)]; \\ f(k, \mu) &\in [f(k, \mu); \underline{f}(k, \mu)]; \\ \psi(k, i, l, \mu) &\in [\underline{\psi}(k, i, l, \mu); \overline{\psi}(k, i, l, \mu)]. \end{aligned} \quad (10)$$

Алгоритм эвристической оптимизации на интервальной шкале осуществляется по выше приведенной схеме с учетом того обстоятельства, что соответствующие расчеты выполняются с использованием правил интервальной арифметики. Так, апостериорные вероятности вычисляются по формулам:

$$\varphi(k, i, l, \mu) \in [\underline{\varphi}(k, i, l, \mu); \overline{\varphi}(k, i, l, \mu)], \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} \underline{\varphi}(k, i, l, \mu) &= \frac{f(k, \mu) \underline{\psi}(k, i, l, \mu)}{\sum_{\mu} \underline{f}(k, \mu) \underline{\psi}(k, i, l, \mu)}; \\ \overline{\varphi}(k, i, l, \mu) &= \frac{\overline{f}(k, \mu) \overline{\psi}(k, i, l, \mu)}{\sum_{\mu} \overline{f}(k, \mu) \overline{\psi}(k, i, l, \mu)}. \end{aligned}$$

Для нормализованных (или неотрицательных) оценочных функций границы интервалов ожидаемых значений удовлетворяют соотношениям

$$\begin{aligned} \underline{\varepsilon}(k, i, l) &= \sum_{\mu} \underline{\varepsilon}(k, i, l, \mu) \underline{\varphi}(k, i, l, \mu); \\ \overline{\varepsilon}(k, i, l) &= \sum_{\mu} \overline{\varepsilon}(k, i, l, \mu) \overline{\varphi}(k, i, l, \mu). \end{aligned} \quad (12)$$

Аналогично вычисляются другие интервальные характеристики.

Что касается операций выбора оптимальной стратегии на множестве интервальных значений оценочных функций, то они осуществляются с использованием следующих решающих правил:

- абсолютный критерий предпочтения

$$\varepsilon(k_1, i, l) > \varepsilon(k_2, i, l), \text{ если } \underline{\varepsilon}(k_1, i, l) > \underline{\varepsilon}(k_2, i, l). \quad (13)$$

Если отсутствует стратегия, наилучшая по абсолютному критерию предпочтения, то используется

- безусловный критерий предпочтения

$$\begin{aligned} \varepsilon(k_1, i, l) &> \varepsilon(k_2, i, l), \\ \text{если } \underline{\varepsilon}(k_1, i, l) &> \underline{\varepsilon}(k_2, i, l) \\ \text{и } \underline{\underline{\varepsilon}}(k_1, i, l) &> \underline{\underline{\varepsilon}}(k_2, i, l). \end{aligned} \quad (14)$$

Наконец, при отсутствии безусловно лучшей стратегии на множестве эффективных стратегий, для которых выполняются соотношения

$$\underline{\varepsilon}(k_1, i, l) > \underline{\varepsilon}(k_2, i, l), \quad \underline{\varepsilon}(k_1, i, l) < \underline{\varepsilon}(k_2, i, l);$$

или

$$\underline{\varepsilon}(k_1, i, l) < \underline{\varepsilon}(k_2, i, l), \quad \underline{\varepsilon}(k_1, i, l) > \underline{\varepsilon}(k_2, i, l),$$

вводится

- условный критерий предпочтения; этот критерий использует следующие величины, заданные на интервалах:

середины интервалов –

$$m[\varepsilon(k, i, l)] = (\underline{\varepsilon}(k, i, l) + \overline{\varepsilon}(k, i, l))/2$$

и ширину интервалов –

$$\omega[\varepsilon(k, i, l)] = \overline{\varepsilon}(k, i, l) - \underline{\varepsilon}(k, i, l).$$

При этом порядок предпочтения может быть связан с ранжированием этих величин

$$\varepsilon(k_1, i, l) > \varepsilon(k_2, i, l), \text{ если } m[\varepsilon(k_1, i, l)] > m[\varepsilon(k_2, i, l)],$$

или

$$m[\varepsilon(k_1, i, l)] = m[\varepsilon(k_2, i, l)]$$

и

$$\omega[\varepsilon(k_1, i, l)] < \omega[\varepsilon(k_2, i, l)];$$

либо с использованием взвешенных оценок

$$\varepsilon(k_1, i, l) > \varepsilon(k_2, i, l),$$

если

$$\alpha m[\varepsilon(k_1, i, l)] + (1 - \alpha) \omega[\varepsilon(k_1, i, l)] > \\ > \alpha m[\varepsilon(k_2, i, l)] + (1 - \alpha) \omega[\varepsilon(k_2, i, l)],$$

где $0 < \alpha < 1$ – весовой множитель.

Известно, что осуществление интервальных операций приводит к расширению результирующих интервалов для значений исследуемых функций. С целью сужения результирующих интервалов рекомендуется использовать обобщенную и нестандартную интервальную арифметику. Однако наиболее адекватным рассматриваемому случаю интервальных вычислений является метод Мура. Этот метод предусматривает разбиение исходных интервалов на подынтервалы, что соответствует выявлению структуры пристрастий эксперта. Так, наряду с упомянутыми выше пессимистической и оптимистической оценками, задается наиболее правдоподобная оценка. В результате интервал возможных значений соответствующей величины разбивается на два подынтервала. Далее каждый из подынтервалов разбивается на два таким образом, чтобы совокупность возможных значений, принадлежащих к каждому из вновь полученных подынтервалов, оказалась равнопредпочтительной с точки зрения эксперта. Вычисление требуемых характеристик на подынтервалах с последующим объединением результатов вычислений позволяет в принципе вычислить интервалы, содержащие фактическое множество значений этих характеристик и сколь угодно близкие к данному множеству.

3. СЦЕНАРИЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КОРПОРАЦИЕЙ ОАО «КОНЦЕРН «АВИОНИКА»

В состав корпорации входят следующие предприятия:

- управляющая компания – ОАО «Концерн «Авионика»;
- научное предприятие – ОАО «Техприбор»;
- производственное предприятие ОАО «РПЗ»;
- научно-производственный комплекс – ОАО «Элара».

Рассмотрим задачу принятия решения по инвестиционному кредитованию дочерних обществ корпорации. Необходимо выбрать то предприятие, кредитование которого обеспечит максимальный выигрыш для всей корпорации в неблагоприятных внешних условиях, связан-

ных с последствиями финансового кризиса. Таким образом, множество управленческих решений включает три инвестиционные стратегии – $U_{РПЗ}$, $U_{ЭЛАРА}$, $U_{ТЕХПРИБ}$. Для оценки эффективности этих стратегий разработаем экономико-математическую модель корпорации. В качестве показателей состояния выбираем выручку от продаж (B), чистую прибыль (ЧП) и рентабельность продаж (P). Эти показатели, приведенные в табл. 1, получены из официальных отчетов предприятий корпорации [4].

Таблица 1
Результаты хозяйственной деятельности обществ ОАО «Концерн «Авионика»

Наименование общества	Выручка от продаж, млн. руб.				
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
ОАО «РПЗ»	1344,5	1578,4	1899,2	1929,3	1849,5
ОАО «Элара»	1529,3	2299,2	3218,3	3240,5	2710,7
ОАО «Техприбор»	774,8	1084,0	1252,5	1258,9	1111,9
	Чистая прибыль, млн. руб.				
ОАО «РПЗ»	63,3	59,2	11,2	69,5	68,5
ОАО «Элара»	13,0	50,1	215,8	192,5	153,1
ОАО «Техприбор»	101,3	124,1	397,4	130,5	129,7
	Рентабельность продаж, %				
ОАО «РПЗ»	16,7	15,1	14,2	13,2	12,1
ОАО «Элара»	6,4	9,1	9,5	9,9	9,0
ОАО «Техприбор»	18,7	15,8	15,4	15,8	17,3

Используя метод идентификации параметров ЭММК, предложенный в работе [5], найдем следующие матрицы, входящие в запись уравнений (7):

$$A_{РПЗ} = \begin{bmatrix} 1,2554 & 8,4893 & -38,7326 \\ -0,1042 & -2,2985 & 20,650 \\ 0,0014 & 0,0167 & 0,7269 \end{bmatrix};$$

$$A_{ЭЛАРА} = \begin{bmatrix} 0,8313 & -4,8887 & 170,5398 \\ -4,5103 & 22,3662 & 1040,1542 \\ 0,1027 & -0,5139 & -22,0718 \end{bmatrix};$$

$$A_{ТЕХПРИБ} = \begin{bmatrix} 0,8240 & -0,4462 & 26,2441 \\ 0,8166 & -1,5079 & -19,0297 \\ 0,0048 & -0,0006 & 0,6480 \end{bmatrix};$$

$$B_{РПЗ} = \begin{bmatrix} -602,34 \\ 149,68 \\ -1,41 \end{bmatrix}; \quad B_{ЭЛАРА} = \begin{bmatrix} -629,36 \\ 151,73 \\ -7,04 \end{bmatrix};$$

$$V_{\text{ТЕХПРИБ}} = \begin{bmatrix} -332,17 \\ -389,43 \\ -1,13 \end{bmatrix}.$$

Считаем, что неблагоприятные внешние воздействия могут снизить до 50 % показатели производственной деятельности предприятий, причем интенсивность такого воздействия имеет случайный характер. Опишем это воздействие с помощью случайного фактора Λ , характеристики которого приведены в табл. 2.

Таблица 2
Характеристики неблагоприятного внешнего воздействия

Случайный фактор	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
Интенсивность воздействия (f)	0	0,5	0,75	1,0
Априорная вероятность (%)	35	30	25	10

Матрицы G_i в записи уравнений (8) имеют при этом следующий вид:

$$G_{\text{РПЗ}} = \begin{bmatrix} -1217,34 \\ -50,14 \\ -6,26 \end{bmatrix}; G_{\text{ЭЛАРА}} = \begin{bmatrix} -1519,90 \\ -279,78 \\ -0,52 \end{bmatrix};$$

$$G_{\text{ТЕХПРИБ}} = \begin{bmatrix} -656,18 \\ -191,60 \\ -8,24 \end{bmatrix}.$$

Используя полученную модель, осуществим с ее помощью ряд исследований, направленных на оценку эффективности стратегий инвестирования. Целью этих исследований является изучение поведения таких показателей как выручка от продаж и чистая прибыль предприятия $Z = \{z_B; z_{\text{ЧП}}\}$. Соответственно возможными результатами этих исследований будут: γ_1 – показатель увеличился, γ_2 – показатель уменьшился. Интегральную оценку эффективности инвестиций в различных условиях внешней обстановки будем проводить по интегральному показателю – величине рентабельности корпорации. Результаты проведенных исследований сведены в табл. 3. В свою очередь, априорные вероятности возможных исходов проводимых исследований приведены в табл. 4.

Данные, содержащиеся в табл. 3 и 4, были обработаны с помощью специального программного модуля «Гибридная система поддержки принятия решений», который реализует описанный ранее эвристический алгоритм дискретной оптимизации для точечной и интервальной шкал. В результате были получены

следующие рекомендации по осуществлению экспериментальных исследований и выбору оптимальной стратегии инвестирования:

- оптимальным экспериментом является оценка чистой прибыли;
- оптимальная стратегия – инвестирование ОАО «Элара».

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что объединение предприятий на корпоративных принципах нуждается в грамотной подготовке и компетентном исполнении. В связи с этим особую актуальность приобретает задача анализа и прогнозирования организационно-экономического состояния предприятий в рамках возможных вариантов корпоративных объединений. Экономическая сущность этой задачи заключается в выборе из числа допустимых или возможных корпоративных схем такой, которая обеспечивает наилучшие значения финансово-экономических результатов и показателей финансово-экономического состояния для всех участвующих субъектов корпорации.

Таблица 3
Оценки эффективности вариантов инвестирования

U_k	z_i	γ_l	$\lambda_{\text{ч}}$	$\varepsilon_{(U, Z, \Gamma, \Lambda)}$	U_k	z_i	γ_l	λ_m	$\varepsilon_{(U, Z, \Gamma, \Lambda)}$
1	1	1	1	13,04	2	2	1	1	18,27
1	1	1	2	10,32	2	2	1	2	14,95
1	1	1	3	8,95	2	2	1	3	13,30
1	1	1	4	7,57	2	2	1	4	11,67
1	1	2	1	17,34	2	2	2	1	24,29
1	1	2	2	10,32	2	2	2	2	19,89
1	1	2	3	8,95	2	2	2	3	17,69
1	1	2	4	7,57	2	2	2	4	15,52
1	2	1	1	8,73	3	1	1	1	7,03
1	2	1	2	6,91	3	1	1	2	5,57
1	2	1	3	6,00	3	1	1	3	3,25
1	2	1	4	5,07	3	1	1	4	2,76
1	2	2	1	13,04	3	1	2	1	9,35
1	2	2	2	10,32	3	1	2	2	5,57
1	2	2	3	8,95	3	1	2	3	4,85
1	2	2	4	7,57	3	1	2	4	4,11
2	1	1	1	18,27	3	2	1	1	7,03
2	1	1	2	14,95	3	2	1	2	5,57
2	1	1	3	8,91	3	2	1	3	4,85
2	1	1	4	7,81	3	2	1	4	4,11
2	1	2	1	24,29	3	2	2	1	9,35
2	1	2	2	14,95	3	2	2	2	7,41
2	1	2	3	13,30	3	2	2	3	6,44
2	1	2	4	11,67	3	2	2	4	5,47

Учитывая высокую сложность возникающих при этом управленческих задач, их успешное решение оказывается возможным только с использованием современных информационных технологий, позволяющих генерировать и оценивать альтернативы, направленные на достижение заданной управленческой цели, прогнозировать последствия предполагаемых решений, осуществлять выбор лучшего варианта и согласовывать групповые решения в среде неструктурированных и слабоструктурированных многокритериальных задач.

Таблица 4

Априорные вероятности возможных исходов экспериментов

U_k	z_i	γ_l	λ_u	$\Psi_{(U,Z,\Gamma,\Delta)}\%$	U_k	z_i	γ_l	λ_m	$\Psi_{(U,Z,\Gamma,\Delta)}\%$
1	1	1	1	90	2	2	1	1	95
1	1	1	2	85	2	2	1	2	93
1	1	1	3	83	2	2	1	3	91
1	1	1	4	82	2	2	1	4	86
1	1	2	1	18	2	2	2	1	20
1	1	2	2	85	2	2	2	2	19
1	1	2	3	83	2	2	2	3	17
1	1	2	4	82	2	2	2	4	16
1	2	1	1	13	3	1	1	1	82
1	2	1	2	11	3	1	1	2	81
1	2	1	3	9	3	1	1	3	7
1	2	1	4	8	3	1	1	4	6
1	2	2	1	90	3	1	2	1	11
1	2	2	2	85	3	1	2	2	81
1	2	2	3	83	3	1	2	3	80
1	2	2	4	82	3	1	2	4	80
2	1	1	1	95	3	2	1	1	82
2	1	1	2	93	3	2	1	2	81
2	1	1	3	12	3	2	1	3	80
2	1	1	4	10	3	2	1	4	80
2	1	2	1	20	3	2	2	1	11
2	1	2	2	92	3	2	2	2	10
2	1	2	3	91	3	2	2	3	9
2	1	2	4	86	3	2	2	4	8

Предложенная в данной статье концепция разработки гибридных систем поддержки принятия решений, ориентированных на адекватные экономико-математические модели, позволяет эффективно решать подобные управленческие задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы, принципы и методы корпоративизации авиапромышленного комплекса России / С. Д. Бодрунов [и др.]. СПб.: Корпорация «Аэрокосмическое оборудование», 2000. 432 с.
2. **Power D. J.** A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, World Wide Web, <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, version 2.8, May 31, 2003.
3. Надежность и эффективность в технике: справочник / Ред. совет: В. С. Авдеевский (пред.) и др. В 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.
4. Годовой отчет за 2009 год ОАО «Концерн «Авионика». <http://www.e-disclosure.ru/portal>.
5. FileLoad.aspx?Fileid=30540&type=file (дата обращения: 04.08.2010).
6. **Артюхина В. А., Ефанов В. Н.** Регуляризация процедуры идентификации параметров математических моделей производственных систем // Системы управления и информационные технологии. 2011. № 3 (45). С. 4–8.

ОБ АВТОРАХ

Артюхина Вероника Анатольевна, асп. каф. электр. и биомед. техн. Дипл. магистр техники и технологий по электронике и микроэлектронике (УГАТУ, 2008). Иссл. в обл. создания интеллектуализированных систем управления.

Ефанов Владимир Николаевич, проф. той же каф. Дипл. инженер по электронной технике (УАИ, 1973). Д-р техн. наук по управл. в техн. системах (УГАТУ, 1995). Иссл. в обл. создания интеллектуализированных систем управления.