

# **К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СТРУКТУРАМИ. Ч. I. Математическое обеспечение системы управления инвестиционной деятельностью вертикально-интегрированной нефтяной компании**

А.С. АКОПОВ

Представлен новый подход к проектированию интеллектуальных систем управления сложными организационными структурами. Изложены существующие проблемы, в частности, связанные со сверхбольшой размерностью систем, сложностью решаемых задач и неопределенностью в выборе эффективных управляющих параметров. Предложены эффективные методы решения таких проблем на примере системы управления для вертикально-интегрированной организационной структуры.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы управления, управление организационными структурами, математическое и программное обеспечение сложных систем управления.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современный уровень развития сложных программных платформ, средств компьютерного моделирования и визуализации, систем обработки и хранения информации позволяет заново обратиться к вопросу проектирования интеллектуальных систем управления сложными организационными структурами, в том смысле, что от общей методологии по изучению иерархически сложных структур с элементами агрегирования и дезагрегирования соответствующих подсистем перейти к реализации функционирования подобной сложной модели как инструмента реального управления системами. На этом пути следует решить еще несколько принципиальных проблем. Прежде всего, это проблема сверхбольшой размерности задачи и неопределенности в выборе эффективных управляющих параметров. Как правило, необходимо обеспечивать согласованное одновременное управление множеством различных параметров системы на длинных горизонтах планирования. При этом трудно идентифицировать факторы, существенно влияющие на результаты деятельности ор-

ганизации. Другая проблема заключается в интеграции моделей звеньев системы с многомерным информационным хранилищем и обеспечении технологий эффективного информационного обмена в режиме реального времени. Далее, необходимы эффективные процедуры, обеспечивающие работу системы управления объектом. Наконец, имеется потребность в развитии визуальных средств проектирования и представления информации для управления сложными организационными структурами.

В первой части статьи представлены наиболее важные теоретические и практические результаты, полученные автором в процессе проектирования и внедрения интеллектуальных систем управления крупными вертикально-интегрированными организационными структурами (такими, как нефтяные компании, финансовые корпорации и крупные государственные учреждения), в рамках которых изучены перечисленные проблемы.

Повышенный интерес к таким системам вызван тем, что в настоящее время наблюдается некоторое снижение эффективности традиционных систем управления сложными организационными структурами на фоне усиливающейся конкурен-



ции вследствие их дезинтегрированности. В частности, интеграционным проблемам и важности комплексного подхода при управлении большими системами посвящена книга [1].

Создание программных комплексов по управлению сложными организационными системами основано на теоретических разработках отечественных и зарубежных исследователей: В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, Ю.М. Иванов, В.В. Токарев, А.П. Уздемир, В.В. Цыганов, Ж. Тироль, П. Милгром, Дж. Робертс, С. Бир и др. [1–11]. В их работах описаны общие подходы к решению задач управления организационными системами, а также механизмы функционирования таких систем. В частности, в книге [6] представлена теория управления организационными системами, описана совокупность процедур принятия управленческих решений, реализующих функции планирования, организации, стимулирования и контроля. Изучены механизмы распределения ресурсов между агентами организационной системы. Отметим, что для сложных организационных систем, в частности, вертикально-интегрированных компаний, в качестве агентов обычно выступают активные элементы ключевых звеньев системы, например, дочерние предприятия, формирующие инвестиционные заявки. Для таких интегрированных централизованных систем при распределении инвестиционного капитала наиболее приоритетны интересы акционеров, при этом интересы агентов учитываются на этапе первичного отбора инвестиционных заявок в портфель для последующей оптимизации.

Проблемам моделирования и проектирования систем управления деятельностью вертикально-интегрированных нефтяных компаний посвящены работы таких отечественных и зарубежных ученых, как В.Р. Хачатуров, С.А. Смоляк, У.Л. Леффлер, Ф. Грей и др. [12–15].

Первым ключевым звеном вертикально-интегрированных организационных структур выступает звено добычи первичного ресурса, например, для нефтяных компаний — нефтедобыча, для алюминиевых компаний — первичный алюминий, для финансовых корпораций — заемный капитал и т. д. Существует множество специализированных систем для управления инвестиционными проектами преимущественно в сегменте нефтедобычи, например, в нефтяной промышленности, хорошо известны такие системы, как «Merak Capital Planning», «Merak Peer», «Landmark OpenWorks» и др. Вместе с тем они представляют собой узко специализированные и изолированные системы. К примеру, система «Merak Capital Planning», предназначенная для формирования портфеля инвестиционных проектов, использует данные из системы «Merak Peer», которая, в свою очередь, предназначена для оценки экономической эффективности проектов только звена «нефтедобыча». И хотя добавление

данных по другим проектам возможно и без использования «Merak Peer», влияние этих проектов на экономическую систему не может быть адекватно учтено в силу наличия сложных нелинейных зависимостей между характеристиками различных звеньев организационной структуры, не учитываемых при таком подходе.

Другое важное звено сложных организационных структур — система транспортировки. Существует большое многообразие моделей и программных комплексов, реализующих конкретные системы транспортировки. Подобные программные комплексы существенно учитывают отраслевую специфику. К примеру, можно указать автоматизированные системы управления в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов, а также системы управления транспортной логистикой: «SAP for Railways», «SAP for Logistics», «Microsoft NaviTrans», «1С БИТ НОВА» и др. Вместе с тем все они также представляют собой изолированные узкоспециализированные системы, т. е. такие системы, которые «заточены» на автоматизацию задач планирования информационных и ресурсных потоков в условиях однотипных и стабильных бизнес-процессов (например, автоматизация логистики поставок без учета влияния нелинейной динамики добычи нефти). Отметим, что теоретические основы для создания транспортных моделей были заложены Л.В. Канторовичем, Дж. Данцигом и др. [16–17].

Следующее ключевое звено сложных организационных структур — система переработки первичного ресурса, например, нефтепереработка. К примеру, хорошо известны программные продукты компании «Aspen Technology»: Aspen PIMS — экономико-технологическая система моделирования нефтеперерабатывающего завода (НПЗ), Aspen DPO — система оптимизации плана поставок и распределения нефтепродуктов. Отметим, что данные программные продукты также являются изолированными, в частности, они не учитывают влияние динамики поставок сырья на вход НПЗ, равновесный характер спроса и цен на нефтепродукты и др. Такие системы предназначены только для оперативного управления производством при фиксированных параметрах прочих звеньев.

Последним ключевым звеном сложных организационных структур является система сбыта, основная задача состоит в определении равновесных спроса и цен в разных разрезах. Теоретические основы решения данного класса задач заложены в работах Л.А. Йохансена, Л. Тейлора, В.Л. Макарова, Г.Л. Бекларян и др. [18–21]. Данный класс моделей получил название CGE-моделей (вычислимых моделей общего равновесия). Заметим, что они также представляют собой изолированные системы, учитывающие факторы прочих звеньев в виде фиксированных параметров.

Теоретические основы численной (компьютерной) реализации сложных моделей были заложены в работах Дж. Форрестера, Д. Медоуса и др. [22–24], получивших название «методы системной динамики». Отметим, что методы системной динамики поддерживаются многими популярными системами имитационного моделирования, в частности, такими как «Powersim Studio», «AnyLogic», «iThink» и др. Среди данного класса систем особенно выделяется «Powersim», которая в настоящее время позволяет с большей эффективностью интегрировать имитационные модели с внешними приложениями и различными источниками данных, а также поддерживает механизм параллельных вычислений.

Применительно к сложным системам требуется интеграция методов системной динамики с эффективными оптимизационными алгоритмами. В этой области важны работы Дж. Холланда, Д.Е. Гольдберга, В.В. Курейчика, Т. Кормена, Ч. Лейзерсона и др. [25–28].

Как было отмечено, наблюдаемое снижение эффективности существующих систем управления сложными организационными структурами вследствие их изолированности актуализирует задачу по разработке интегрированных систем управления.

### 1. ПРИМЕР ВЕРТИКАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Рассматривается задача управления сложными организационными структурами, представляющими собой совокупность взаимосвязанных звеньев и их подсистем. Типичными примерами таких организационных структур служат холдинги в виде вертикально-интегрированных нефтяных компаний, вертикально-интегрированных финансовых корпораций, горизонтально-интегрированных сетевых торгово-производственных компаний и др.

Как правило, такие структуры характеризуются:

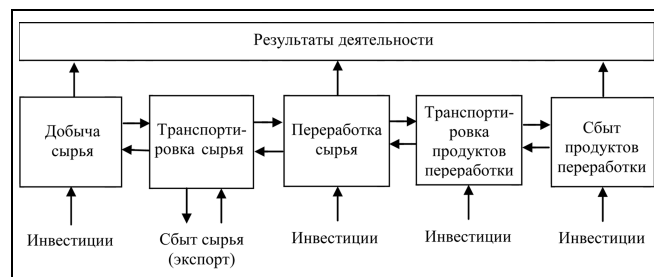
возможностью выделения нескольких ключевых звеньев системы (например, добыча, транспортировка, переработка, сбыт);

наличием прямых и обратных связей между характеристиками звеньев системы;

необходимостью учета ограничений уровня звеньев и системы в целом;

потребностью в многоцелевом динамическом управлении внутренними характеристиками системы.

Рассмотрим укрупненную структуру вертикально-интегрированной нефтяной компании (ВИНК). Как видно из рисунка, в состав типичной ВИНК входят несколько ключевых звеньев: добыча сырья; транспортировка сырья; переработка сырья; транспортировка продуктов переработки; сбыт продуктов переработки.



Укрупненная структура вертикально-интегрированной нефтяной компании

Непрерывно (например, ежегодно, ежеквартально) осуществляются инвестиции в проекты каждого звена такой компании (см. рисунок), что приводит к постоянному перераспределению материальных и финансовых потоков по системе в целом. Цель инвестиций заключается в улучшении результатов деятельности компании (в частности, прибыли, акционерной стоимости, объемов добычи и др.). Число одновременно рассматриваемых инвестиционных проектов, как правило, велико (например, только в сегменте нефтедобычи может исчисляться тысячами). Имеются дополнительные управляющие переменные системы, например, внешние закупки сырья (для звена переработки), доля отправляемого на экспорт сырья, степень загрузки производственных мощностей, технологические режимы и др. Кроме того, между звеньями компании имеются сложные обратные связи, а внутри самих звеньев могут использоваться сложные алгоритмы принятия решений. Таким образом, рассматриваемую задачу можно отнести к классу задач нелинейной многопараметрической оптимизации большой размерности.

Отметим, что при отсутствии *дефицита инвестиционного капитала* достаточно адекватно *укрупненное моделирование* системы для оценки и управления акционерной стоимостью ВИНК.

Укрупненная модель ВИНК [29] представляет собой систему линейных конечно-разностных уравнений, описывающих динамику добычи нефти и скважин при различных ограничениях и сценарных условиях. В отличие от других существующих моделей ВИНК, в ней реализована высокая степень детализации влияющих факторов, среди которых один из наиболее важных — динамика перехода скважин из нового фонда в старый с соответствующим изменением объемов добычи. В рамках такой модели изучена чувствительность выбранного оценивающего функционала (акционерная стоимость) относительно влияющих факторов. В укрупненной модели все сырьевые активы дифференцируются на два фонда скважин:

- *новый фонд*, объем добычи по которому наращивается благодаря вновь введенным в эксплуата-



цию скважинам с заданным начальным дебитом и затем корректируется из-за влияния так называемого среднего скин-фактора, понижающего итоговую продуктивность;

- *старый фонд*, объем добычи по которому равномерно снижается с заданными темпами.

Описана динамика перехода скважин из нового фонда в старый во времени с соответствующим изменением добычи нефти [29].

Отметим, что в условиях дефицита инвестиционного капитала становится необходимым переход к *интегрированному моделированию* характеристик системы с выделением взаимосвязанных ключевых звеньев ВИНК (в частности, нефтедобычи, транспортировки, нефтепереработки и сбыта). При наличии дефицита инвестиционного капитала возникает необходимость повышения эффективности его использования путем оптимального распределения инвестиционных потоков между проектами звеньев ВИНК. Также необходимо принимать во внимание взаимовлияние характеристик звеньев ВИНК.

Модели звеньев сложной организационной структуры были разработаны, в частности, для ВИНК. Данные модели, а также интегрированная модель управления стоимостью ВИНК подробно описаны в работах [29—36]. В частности, отмечено, что интегрированная модель управления стоимостью ВИНК представляет собой систему нелинейных уравнений, описывающих динамику характеристик звеньев ВИНК с учетом влияния сценарных условий, ограничений и различных управляющих параметров [30]. Отличительные особенности интегрированной модели ВИНК:

- *интегрированность* всех важнейших звеньев ВИНК, позволяющая оценивать эффективность как отдельных звеньев ВИНК, так и системы в целом;
- *высокая степень дифференциации звеньев* и их характеристик, в частности, портфелей инвестиционных проектов;
- *учет влияния обратных связей* между отдельными характеристиками звеньев ВИНК.

Интегрированная модель ВИНК включает в себя разработанные модели звеньев нефтедобычи [29—31], транспортировки нефти [29, 30] и нефтепродуктов [29, 32], нефтепереработки и сбыта [29, 30, 33]. В реальных условиях дефицита инвестиционных средств нефтяная компания определяет стратегию нефтедобычи. Для реализации выбранной стратегии нефтедобычи ВИНК формирует инвестиционный портфель во всех звеньях в целях максимизации акционерной стоимости [30]. В отличие от существующих моделей нефтедобычи ВИНК, предназначенных в основном для расчета технологических характеристик звена нефтедобычи (например, прогнозирования дебита скважин и месторождений на основании оценки запасов) и

являющихся изолированными, разработанная *модель звена нефтедобычи* [29—31] предназначена для управления инвестициями и нацелена на максимизацию акционерной стоимости.

*Транспортная модель ВИНК* [29, 30, 32] представляет собой управляемую систему, описывающую распределение сырья и нефтепродуктов по маршрутам. В отличие от других существующих транспортных моделей ВИНК она:

- учитывает систему действующих ограничений, существенно влияющих на конечную стоимость транспортировки, в том числе ограничения по пропускной способности, стоимость транспортировки по участкам маршрутов, и другие ограничения, а также динамику спроса и предложения на входе и выходе транспортной системы соответственно;
- интегрирована (математически на уровне единой оптимизационной задачи ВИНК и программно на уровне подсистем управления звеньями соответственно) с моделями управления инвестициями звеньев нефтедобычи и нефтепереработки.

Это типичная транспортная задача ВИНК с функционалом в виде совокупных транспортных издержек, имеющую две составляющие — затраты на поставки по внутренним и внешним маршрутам соответственно, при балансовых соотношениях и ограничениях. В отличие от традиционных систем управления транспортной логистикой, предназначенных в основном для повышения эффективности работы самих транспортно-логистических компаний (посредством максимизации их прибыли), разработанная транспортная модель является звеном в цепочке создания добавленной стоимости конечных продуктов. Решение данной транспортной задачи — значения фазовых переменных, описывающих распределение нефти по маршрутам трубопроводной транспортной системы, а также цены на нефть за вычетом транспортных издержек. Отметим, что именно эти цены в дальнейшем (т. е. на следующей расчетной итерации алгоритма решения транспортной задачи) влияют на прибыль вертикально-интегрированной нефтяной компании.

*Модель звена нефтепереработки* [29, 30, 33] представляет собой управляемую систему распределенных материальных и финансовых потоков НПЗ при заданных материальных балансах. Используемая параметрическая производственная функция представляет собой линейную форму при заданной системе балансовых соотношений. Значения производственной функции вычисляются при заданных материальных балансах, описывающих статичное взаимодействие нефтеперерабатывающих установок. Используемые для расчета производственной функции балансы подробно описаны в работе [29]. Данная модель НПЗ в отличие от других существующих моделей:

- позволяет реконфигурировать схему построения НПЗ в зависимости от динамики спроса на не-

фтепродукты и поставок сырья на входе и выходе предприятия соответственно;

- интегрирована (также математически и программно) с транспортной и сбытовой моделями ВИНК.

*Модель сбыта нефтепродуктов* [29, 30, 33] представляет собой систему нелинейных уравнений, описывающих динамику спроса и цен на нефтепродукты на внутреннем рынке. Она относится к классу квазиравновесных CGE-моделей (вычисляемых моделей общего равновесия). В ней используется итерационная процедура вычисления функции избыточного спроса, определяющая процесс перехода системы к общему экономическому равновесию. В отличие от других существующих сбытовых моделей ВИНК данная модель:

- основана на технологии CGE-моделей, принципиально улучшающей качество долгосрочного прогнозирования;
- интегрирована с моделями звеньев ВИНК;
- позволяет реконфигурировать каналы сбыта в зависимости от спроса и инвестиций.

*Важнейшая задача ВИНК состоит в управлении акционерной стоимостью* [29, 30]. Отметим, что задача управления акционерной стоимостью является динамической. По сути, акционерная стоимость компании определяется как ее текущей стоимостью, так и стоимостью будущих периодов, т. е. способностью компании генерировать денежные потоки (чистую прибыль) на достаточно длительном временном интервале (обычно 15–20 лет и более).

Такая задача относится к классу NP-трудных задач смешанного программирования. На ее входе — инвестиционный портфель и объем дополнительных закупок нефти, на выходе — оптимальное значение акционерной стоимости.

В отличие от других задач по оценке акционерной стоимости ВИНК разработанная модель:

- учитывает характеристики всех ключевых звеньев ВИНК;
- позволяет управлять сверхбольшим пулом инвестиционных проектов, влияющих на целевую функцию;
- учитывает систему конкурентных ограничений и предпочтений, охватывающих все звенья ВИНК;
- использует технологию генетических алгоритмов для решения задачи максимизации акционерной стоимости ВИНК.

Для решения такой задачи был спроектирован программный комплекс, обеспечивающий возможность эффективного управления инвестиционным капиталом как на уровне звеньев ВИНК, так и на уровне системы в целом. При создании данного комплекса учитывалось ограничение, связанное со сверхбольшой размерностью и неопределенностью в выборе управляющих параметров, а также ряд других ограничений.

Отметим, что при решении рассматриваемой задачи возникают значительные трудности, связанные с подготовкой исходной информационной базы (например, технико-экономических данных по скважинам). Для их преодоления необходимо внедрение специализированного интеграционного программного обеспечения, в частности информационных хранилищ данных. Поэтому в рамках данной работы были спроектированы не только имитационные модели звеньев ВИНК и оптимизационные алгоритмы, но также осуществлена их «бесшовная» интеграция с разработанным информационным хранилищем. Это позволило принципиально повысить качество исходной информации и достоверность результатов моделирования.

Отметим, что часть исходных данных, в основном относящихся к прогнозу динамики добычи по скважинам и месторождениям, формировалась с помощью внешних специализированных систем, поддерживающих механизм вероятностного моделирования. Поскольку динамика добычи непосредственно связана с запасами и возможностями лицензионных участков, в таких специализированных системах учитываются влияние рисков при оценке запасов и прогнозах дебита скважин.

---

## 2. ПРОБЛЕМА СВЕРХБОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ

---

Рассмотрим первый тип ограничений, связанных со сверхбольшой размерностью и неопределенностью в выборе управляющих параметров. Напомним, что такие ограничения обусловлены как внутренней сложностью иерархической организационной структурой вертикально-интегрированной компании (ВИК), так и необходимостью управления на уровне звеньев ВИК и их элементов (например, на уровне месторождений и скважин в нефтедобыче).

Сверхбольшая размерность задачи управления сложными организационными структурами, в частности, вертикально-интегрированными компаниями, и неопределенность в выборе эффективных управляющих параметров приводит к необходимости выделения наиболее приоритетных звеньев системы и их элементов в целях первичной укрупненной оценки результатов деятельности организации и агрегированного управления системой. К примеру, в работе [25] была разработана укрупненная модель оценки акционерной стоимости ВИНК с выделением блока нефтедобычи. Данная модель позволила с использованием метода Монте-Карло и реальных данных нефтяной компании из предварительного перечня факторов (сформированных с учетом исключения проблем мультиколлениарности и гетероскедастичности) выявить доминантные факторы, суще-



ственно влияющие на результаты деятельности (акционерную стоимость), и уменьшить, таким образом, исходную размерность задачи. Тем не менее, даже для идентифицированных направлений при дальнейшей декомпозиции системы сохраняется большая размерность задачи. Например, для оптимизации портфеля проектов только звена нефтедобычи по  $N$  месторождениям требуется осуществить полный перебор  $2^N$  вариантов формирования инвестиционного портфеля (как правило, значения  $N$  лежат в диапазоне от 300 до 3000). Дополнительные сложности возникают вследствие необходимости учета взаимовлияния проектов и сложности задания начальных данных для такой информационной размерности. При этом для системы, состоящей из звеньев, можно выделить группу важнейших управляющих переменных  $\gamma_{j_k, j_k, k}^t \in \{1; 0\}$  — элементы матрицы отключений инвестиционных проектов, где  $t$  — время (по годам),  $t = 1, 2, \dots, T$ ;  $k$  — индекс звена вертикально-интегрированной компании,  $k = 1, 2, \dots, K$ ;  $j_k$  — индекс предприятия, входящего в структуру  $k$ -го звена ВИК,  $j_k = 1, 2, \dots, J_k$ ;  $i_{j_k}$  — индекс инвестиционного проекта  $j_k$ -го предприятия,  $i_{j_k} = 1, 2, \dots, N_{j_k}$ . Таким, образом общее число проектов в

$$\text{портфеле: } \hat{\vartheta} = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{J_k} N_{j_k}.$$

Рассмотрим важнейшую задачу ВИК по максимизации ее акционерной стоимости, подробно описанную в работе [30].

**Задача.** Требуется сформировать группу управляющих параметров  $\{\gamma_{i_{j_k}, j_k, k}^t\}$ , при которой обеспечивается максимальное значение акционерной стоимости ВИК:

$$DCF \rightarrow \max_{\gamma_{i_{j_k}, j_k, k}^t}$$

при выполнении системы ограничений уровня ВИК в целом, описанных в работе [30]. ♦

Здесь  $DCF$  — акционерная стоимость ВИК.

Решение задачи заключается в поиске такого варианта построения инвестиционного портфеля, при котором значение акционерной стоимости ВИК будет максимальным.

Можно показать, что рассматриваемая задача относится к классу NP-трудных задач комбинаторной оптимизации. Для этого достаточно доказать, что к ней за полиномиальное время сводится задача, для которой NP-трудность уже доказана, в частности, можно утверждать, что задача максимизации акционерной стоимости ВИК (причем даже в упрощенном виде и без взаимного влияния проектов) близка к хорошо известной NP-трудной

задаче об одномерной оптимальной упаковке, или задаче о рюкзаке [28].

Задача также относится к классу NP-трудных задач дискретной оптимизации большой размерности, поэтому применение точных методов поиска решений не представляется возможным. Для таких задач следует применять приближенные методы решения, в частности, генетические алгоритмы, алгоритм муравьиной колонии, жадные алгоритмы и др. [27, 28]. Особенность рассматриваемой задачи управления состоит в том, что имеется система конкурентных ограничений, подробно описанных в работах [29, 30] (например, минимальный план по добыче нефти, лимит инвестиционных расходов и др.), действующих как на уровне системы в целом, так и на уровне звеньев, а также имеются нелинейные обратные связи между характеристиками звеньев системы. Это приводит к тому, что рассматриваемую задачу оптимизации значений управляющих параметров  $\{\gamma_{i_{j_k}, j_k, k}^t\}$

невозможно разбить на подзадачи так, чтобы последовательность локально оптимальных выборов давала бы глобально оптимальное решение. В результате, для приближенного решения данной задачи оказываются неэффективными оптимизационные алгоритмы класса «жадных алгоритмов» [28], динамического программирования и др. Нейронные сети также неприменимы, так как в реальных условиях недостатка статистической базы по ранее реализованным проектам невозможно обеспечить процедуру эффективного обучения сети. Поэтому наиболее эффективное решение заключается в применении генетических алгоритмов. Такие алгоритмы предназначены для поиска решений в очень больших, сложных пространствах поиска. Отличительная особенность генетического алгоритма состоит в акценте на использование оператора скрещивания, который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе. В работах [31, 32] показано, что в условиях сверхбольшой размерности задачи необходима модификация классического генетического алгоритма, применение специальных правил угасающей селекции, а также распараллеливание вычислений для повышения эффективности поиска. Необходимо обращать особое внимание на проблему устойчивости и сходимости генетического алгоритма. Отметим, что идея генетических алгоритмов была предложена Дж. Холландом в 1975 г. [25].

Далее, во второй части статьи, будут рассмотрены вопросы интеграции разрабатываемых моделей звеньев системы с многомерным информационным хранилищем, а также проблемы создания алгоритмов, поддерживающих механизм эффективного управления объектами вертикально-интегрированной организационной структурой. В частности,

будет подробно описан генетический алгоритм, разработанный для решения задачи максимизации акционерной стоимости ВИНК.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проектировании интеллектуальных систем управления для сложных организационных структур, в частности, вертикально-интегрированных компаний, необходимо принимать во внимание проблемы сверхбольшой размерности системы, сложность решаемых задач (наличие внутренних расчетных алгоритмов на уровне звеньев компании) и неопределенность в выборе эффективных управляющих параметров. В результате, традиционные методы проектирования систем управления становятся недостаточно эффективными. Поэтому в качестве основного инструментария проектирования рекомендуется применять методы агрегированного и дезагрегированного моделирования систем с выделением ее ключевых звеньев и подсистем и описанием нелинейных и обратных связей между характеристиками таких звеньев. Целесообразно применять методы визуального проектирования сложных систем, поддерживаемые платформами имитационного моделирования, в частности, такими как «Powersim».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бир С. Мозг фирмы. — М.: Едиториал УРСС, 2005.
2. Модели и механизмы в управлении организационными системами / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, Н.А. Шульженко. — М.: Тульский полиграфист, 2003. — Т. 1. — 560 с., Т. 2. — 380 с., Т. 3. — 205 с.
3. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. — М.: СИНТЕГ, 2001. — 124 с.
4. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. — М.: СИНТЕГ, 2004. — 400 с.
5. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В.Н. Бурков, Б. Данев, А.К. Еналеев и др. — М.: Наука, 1989. — 245 с.
6. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. — М.: МПСИ, 2005. — 584 с.
7. Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. — М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. — 150 с.
8. Иванов Ю.Н., Токарев В.В., Уздемир А.П. Математическое описание элементов экономики. — М.: Физматлит, 1994. — 416 с.
9. Цыганов В.В. Адаптивные механизмы в отраслевом управлении. — М.: Наука, 1991. — 166 с.
10. Тироль Ж. Рынки и рыночная власть. Теория организации промышленности. — СПб.: Экономическая школа, 2000. — Т. 1. — 328 с., Т. 2. — 450 с.
11. Милгром П., Робертс Дж. Экономика, организация и менеджмент. — СПб.: Экономическая школа, 1999. — Т. 1. — 468 с., Т. 2. — 422 с.
12. Система проектирования генеральных схем обустройств нефтяных месторождений на ЭВМ и опыт ее использования / В.Р. Хачатуров, Ф.Г. Аржанов, Н.Д. Астахов и др. — М.: ВНИИОЭНГ, 1980.
13. Смоляк С.А. Рациональные сроки прекращения разработки нефтяного месторождения // Аудит и финансовый анализ. — 2002. — № 3. — С. 230-241.
14. Грей Ф. Добыча нефти. — М.: Олимп-бизнес, 2005.
15. Леффлер У.Л. Переработка нефти. — М.: Олимп-бизнес, 2005.
16. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1959.
17. Даницг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. — М.: Прогресс, 1996.
18. Johansen L.A. Multicultural Study of Economic Growth. — Amsterdam New Holland, 1960.
19. Макаров В.Л. Вычислимая модель российской экономики (RUSEC) / Препринт № WP/99/069. — М.: ЦЭМИ РАН, 1999.
20. Бекларян Г.Л. Анализ эффективности экономической политики государства России с помощью вычислимой модели общего равновесия, описывающей взаимодействие совокупного потребителя, совокупного производителя и государства / Препринт № WP/2002/143. — М.: ЦЭМИ РАН, 2002. — 70 с.
21. Taylor L. Socially relevant policy analysis: structural list computable general equilibrium models for the developing world. — Cambridge (MA): MIT press, 1990.
22. Forrester Jay W. Industrial dynamics. — Portland Oregon: Productivity Press, 1961.
23. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста. Limits to Growth / Сер: Уч. пособие для вузов. — М.: Изд-во ИКЦ «Академкнига», 2008.
24. Павловский Ю. Н. Имитационные модели и системы. — М.: Фазис; ВЦ РАН, 2000. — С. 134.
25. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. — Ann Arbor: University of Michigan Press, 1975.
26. Goldberg D.E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.
27. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. — 242 с.
28. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. — М.: МЦНМО, 2002. — 960 с.
29. Акопов А.С. Система управления инвестиционной деятельностью вертикально-интегрированной нефтяной компании: автореф. дисс. д-ра техн. наук. — М., 2009.
30. Акопов А.С., Бекларян Г.Л. Интеллектуальные гибридные системы управления деятельностью вертикально-интегрированными организационными структурами / Препринт № WP/2009/267. — М.: ЦЭМИ РАН, 2009. — 54 с.
31. Акопов А.С. Поддержка принятия управленческих решений для нефтегазодобывающих предприятий с помощью динамических имитационных моделей // Системы управления и информационные технологии. — 2004. — № 4. — С. 51–56.
32. Акопов А.С. Компьютерная модель транспортировки нефтепродуктов // Тр. Ин-та системного анализа РАН. — 2006. — Вып. 10(2). — С. 281–293.
33. Акопов А.С. Компьютерная модель нефтеперерабатывающего предприятия // Там же. — С. 268–280.
34. Акопов А.С. Использование средств динамического имитационного моделирования для подготовки управленческих решений в ТЭК // Системы управления и информационные технологии. — 2004. — № 2. — С. 72–77.
35. Акопов А.С. Процедура и алгоритмы формирования квази-оптимальных инвестиционных решений вертикально-интегрированной нефтяной компании // Тр. Ин-та системного анализа РАН. — 2008. — Вып. 32(1). — С. 168–179.
36. Акопов А.С. О сходимости и устойчивости модифицированного генетического алгоритма в задаче управления инвестиционным портфелем вертикально-интегрированной нефтяной компании // Там же. — С. 180–189.

Статья представлена к публикации членом редколлегии, чл.-корр. РАН Д.А. Новиковым.

Акопов Андраник Сумбатович — д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, профессор ГУ-ВШЭ, ☎ (495) 443-14-42, ✉ akopovas@stream.ru.