

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

С.А. Суслов

(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

В статье раскрывается структура типовой системы поддержки принятия решений (СППР). Описываются преимущества и недостатки аналитического и имитационного моделирования. В качестве примера рассматривается СППР для планирования развития сетей газоснабжения, основанная на агентной имитационной модели.

Введение: Что такое система поддержки принятия решений, и зачем она нужна?

В литературе выделяется множество различных определений системы поддержки принятия решений (СППР). Если описать наиболее простыми словами, то СППР — это компьютерный комплекс, используемый в процессе принятия решений.

Сkeptики замечают, что никто не принимает решения лучше, чем опытные руководители, которые много лет проработали в проблемной области и изучили все нюансы. Трудно поспорить с этим аргументом. Действительно, мировой опыт внедрения компьютерных программ и комплексов на протяжении последнего десятилетия показал, что компьютерные программы — не панацея и никакая программа не может заменить опытного руководителя.

Тем не менее, ряд решений требует большой осведомленности о состоянии компании, анализа накопленной статистики, тут-то на помощь и приходят компьютерные программы, в том числе СППР. Система не призвана заменить руководителя, а служит инструментом принятия более обоснованных и эффективных решений.

Часто руководители сами не отдают себе отчета, что в том или ином виде они постоянно сталкиваются с СППР. Например, если посмотрим на технико-экономическое обоснование любого проекта, то наверняка столкнемся с документами Excel, эти документы задают компьютерные модели, результаты которых используются при принятии решений.

Структура СППР

Типовая СППР состоит: из модели, среды экспериментов, базы данных, интерфейса пользователя. Структура и связи между компонентами такой СППР показаны на рис. 1.

Рассмотрим компоненты СППР более подробно. **Модель** — это формальное описание системы. При этом система может быть совершенно разной природы: экономической, технологической, социальной и т. д.

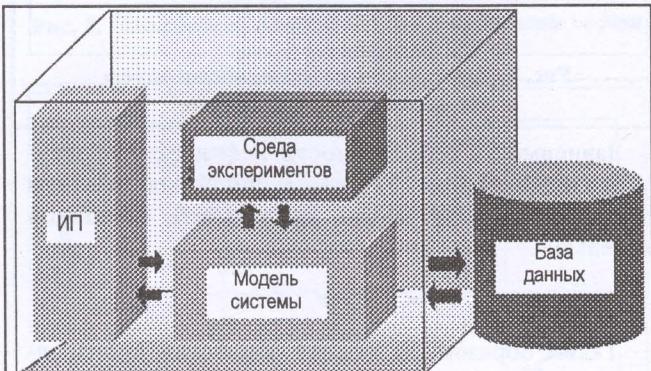


Рис. 1. Структурная схема СППР

В процессе разработки в модель привносятся определенные данные:

- технико-технологические (длины трубопроводов, скорость перекачки сырья, время освоения месторождения и т. д.);
- экономические (текущие цены на нефть, стоимость строительства километра трубопровода, стоимость транспортировки и т. д.);
- социальные (инертность потребителей, лояльность партнеров, ротация кадров и т. д.).

Кроме того, часто модель опирается на накопленную статистику. Например, для прогнозирования цены, используется аппроксимация исторических данных. Обычно модель использует собственную базу данных или подключается к корпоративной.

Модель является основой СППР, но пользователей интересуют результаты экспериментов с моделью. **Среда экспериментов** — это набор инструментов для экспериментирования с моделью. Широко используются следующие типы экспериментов:

- "Что если?" — эксперимент позволяет запускать модель с различными параметрами;
- "Оптимизация" — эксперимент, позволяющий находить оптимальные параметры модели, при которых максимизируется или минимизируется целевая функция (с учетом заданных ограничений);
- "Анализ чувствительности" — эксперимент, использующийся для оценки влияния одного из параметров модели на результаты моделирования;

• "Метод Монте-Карло" — эксперимент, позволяющий оценить результаты стохастических моделей. При этом каждая из величин на выходе модели представлена в виде математического ожидания и среднеквадратичного отклонения.

Кроме того, СППР включает **интерфейс пользователя** — компьютерную оболочку, которая позволяет запускать вычислительные эксперименты с моделью и просматривать их результаты.

Какие бывают модели?

Какие модели применяются в повседневной управленческой деятельности? При ближайшем рассмотрении сразу же в голову приходят модели в Excel. Действительно, Excel позволил массово применять математику в бизнесе. Никогда еще не было так просто рассчитать товарный запас на складе или подвести баланс предприятия. Excel — это современное средство поддержки аналитического моделирования.

При аналитическом моделировании процессы функционирования исследуемой системы записываются в виде уравнений и логических соотношений. Анализ модели при этом сводится к их аналитическому решению. Плюсы и минусы применения аналитических моделей показаны на рис. 2.

Аналитическая модель

- | | |
|---|---|
| + | <ul style="list-style-type: none"> • Помогает найти некоторые улучшения • Не требует специальных инструментов разработки |
| - | <ul style="list-style-type: none"> • Не учитывает время и динамику • Не учитывает случайные факторы • Не учитывает сложные причинные взаимосвязи • Не учитывает сложные ограничения • Не может "проиграть" сценарий во времени |
|  Упускает многие возможности | |

Рис. 2. Плюсы и минусы применения аналитических моделей

По оценкам экспертов, использование чисто аналитических методов при моделировании реальных систем сталкивается с серьезными трудностями: классические математические модели, допускающие аналитическое решение, в большинстве случаев к реальным задачам неприменимы [6, 7].

Это объясняется тем, что "корректность" искомых ответов напрямую зависит от учета специфики динамических систем:

1. Бизнес имеет инерцию. Завтрашние результаты зависят не только от сегодняшнего состояния, но и от всей предшествующей траектории.

2. Завтрашние результаты также зависят от сегодняшних решений и внешних факторов.

3. Большинство этих зависимостей образуют петли обратной связи, которые в свою очередь порождают неподвластную интуиции и здравому смыслу нелинейность" [7].

Тут-то на помощь и приходит другой класс моделей — имитационные. При имитационном моделировании структура моделируемой системы (ее подсистемы и связи) непосредственно представлена структурой модели. А процесс функционирования подсистем, выраженный в виде правил и уравнений, связывающих переменные, имитируется на компьютере. Преимущества и недостатки использования имитационных моделей показаны на рис. 3.

От теории к практике

Подробно рассмотрим СППР на примере СППР для проектирования систем газоснабжения, разработанной в рамках НИР кафедры распределенных вычислений и компьютерных сетей Санкт-Петербургского политехнического университета (РВКС СПбГПУ) [1, 2].

Важным недостатком сложившейся практики проектирования систем газоснабжения является упрощенный детерминированный подход к управлению развитием систем, который игнорирует возможности адаптации проектных решений к изменениям экономической конъюнктуры, возникающим в ходе реализации проекта.

По оценкам экспертов ОАО "Промгаз", "основная трудность проектирования комплексных систем сбора, транспортировки, переработки и сбыта углеводородного сырья состоит в непригодности стандартных методов и программных средств для оценки экономической эффективности таких проектов, а также для количественного анализа рисков, связанных с их реализацией. Отсутствие моделей таких систем и методов получения взаимосвязанных количественных оценок эффективности и рисков (комерческих, инвестиционных) в рамках единой методики инвестиционного анализа объясняет низкий уровень доверия инвесторов к обоснованиям инвестиций таких комплексных проектов, реализация которых обычно требует значительных капиталовложений. Инвестор всегда требует предоставления ему

"Динамическая" имитационная модель

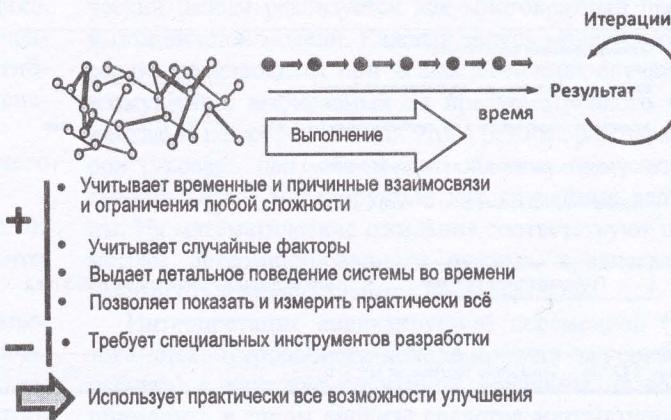


Рис. 3. Плюсы и минусы применения имитационных моделей

таких обоснований, но в своих решениях исходит обычно из Интуитивных представлений о степени рискованности вложений в проект" [3].

Соответственно, целью НИР было создание СППР, которая могла бы предоставить инвестору более качественное обоснование инвестиций в проект. Сотрудниками компании ВНИИ "Промгаз" было дано описание системы развития газоснабжения [3—5]. Также была предложена методика для оценки подобных инвестиционных проектов, выделены ключевые элементы анализа и сформированы требования к программным средствам оценки эффективности проектов развития. Объектами применения методики могут служить, например, проекты развития региональных систем газоснабжения, добывающие сырья (газа, нефти, конденсата) из малых и средних месторождений, промысловой подготовки, транспортировки и переработки углеводородного сырья в товарные продукты. Многие такие проекты подготавливают и реализуют дочерние компании ОАО "Газпром" в сотрудничестве с региональными администрациями [3].

Созданная СППР основывается на имитационной модели развития системы газоснабжения. Объектом исследования является система связанных материальными потоками месторождений, промыслов, трубопро-

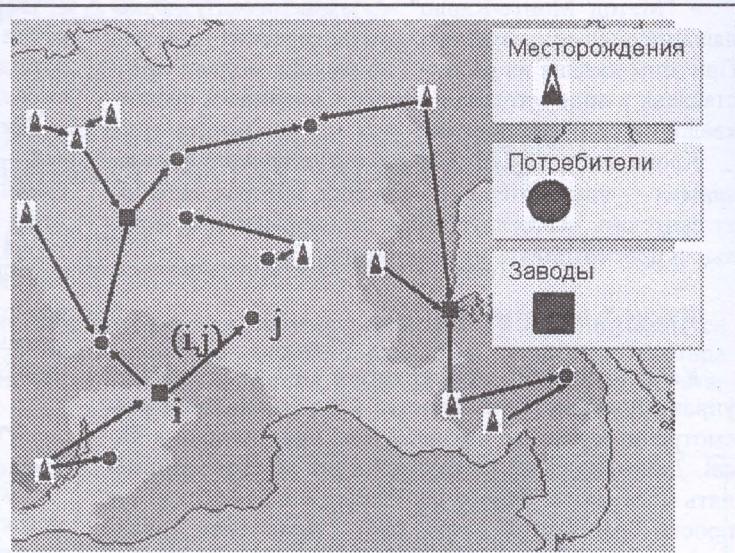


Рис. 4. Структура объекта исследования

водов (газо-, нефте- и продуктопроводов), заводов по переработке углеводородного сырья и потребителей. Месторождения, потребители, заводы и узлы соединения трубопроводов отражены в модели вершинами $i \in I$, а трубопроводы — дугами $(i,j) \in J$ ориентированного (не обязательно связного) графа системы (рис. 4).

Развитие системы и деятельность компании рассматриваются как управляемый процесс на интервале времени $[0, T]$. Начальное состояние системы в момент $t=0$

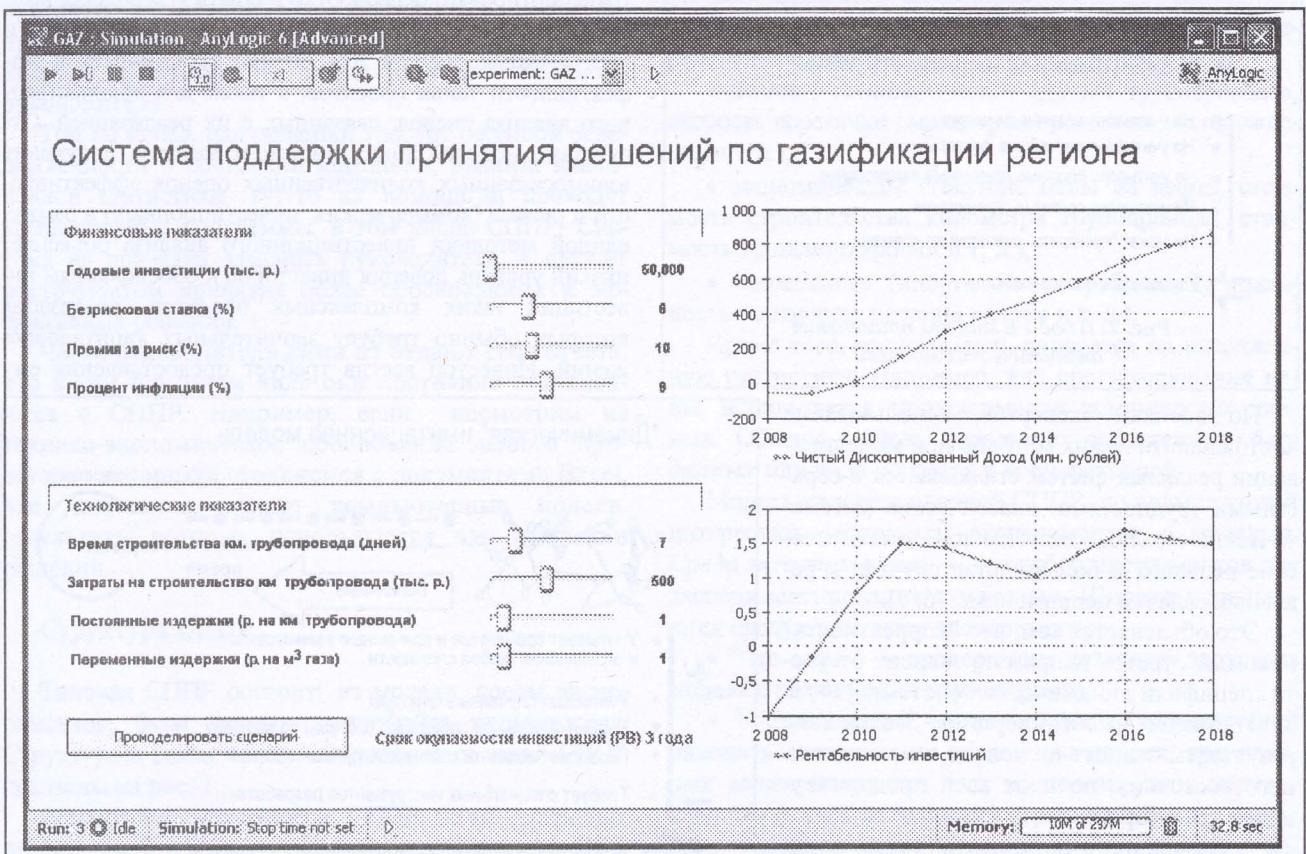


Рис. 5. Интерфейс сценарного анализа

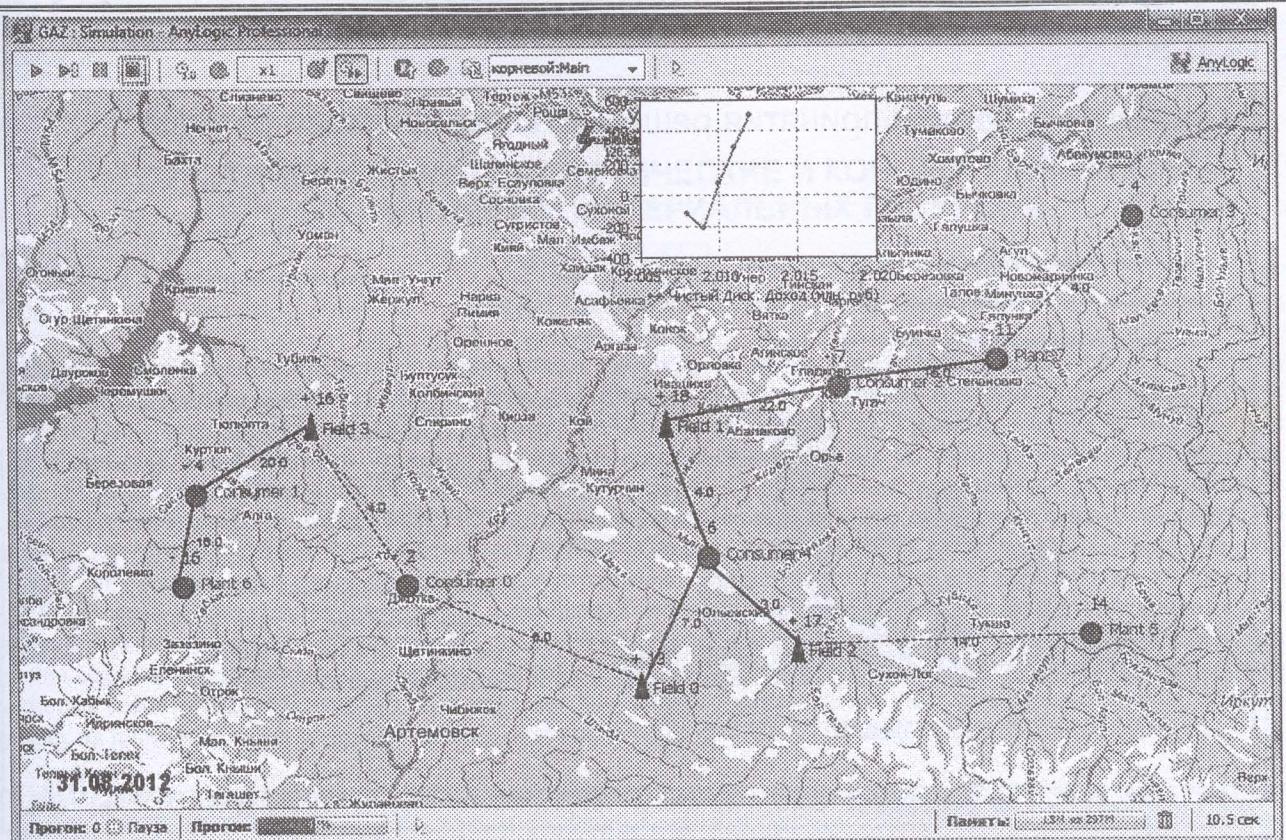


Рис. 6. Модель в режиме выполнения

задано, возможные конечные (в момент $t=T$) и промежуточные состояния в моменты $t=1, 2, \dots, T$ формируются в модели по специальным правилам.

Данная модель представляет собой типичную агентную имитационную модель, в которой динамика системы отражена правилами взаимодействия ее активных компонентов (агентов). В данной модели агенты-потребители и агенты-месторождения взаимодействуют, образуя материальные и финансовые потоки.

В качестве среды моделирования был выбран AnyLogic — единственный инструмент имитационного моделирования, созданный российской компанией-разработчиком (ООО "Экс Джей Текнолоджис") и получивший большую популярность на западном рынке. Выбор AnyLogic объясняется поддержкой многоподходного моделирования, которое дает большую гибкость за счет сочетания агентного, процессного и системно-динамического подходов к имитации.

СППР может работать в двух режимах, для чего используются соответствующие интерфейсы:

- интерфейс сценарного анализа ("что если?") (рис. 5);
- интерфейс стохастического анализа (метод Монте-Карло) (рис. 7).

Интерфейс сценарного анализа позволяет произвести прогон модели при заданном наборе технологических и финансовых показателей. В качестве результата выполнения модели представлены графики чистого дисконтированного дохода и рентабельности инве-

стиций по годам реализации проекта, а также итоговый срок окупаемости (см. рис. 5).

При помощи данного режима можно решать ставить эксперименты "что если", например, "что если вдвое увеличить годовые инвестиции" или "каким будет срок окупаемости проекта, если затраты на строительство километра трубопровода составят...".

При запуске моделирования появляется карта региона, месторождения, потребители и планируемая схема постройки трубопроводов (штрихованная линия — еще не построенные сегменты) (рис. 6).

Интерфейс стохастического анализа предназначен для анализа рисков методом Монте-Карло. Стохастический режим реализуется как многократный прогон имитационной модели. Каждый запуск модели в таких сериях производится при новых значениях случайных возмущений, выбираемых из предусмотренного множества. В целях реализации этого режима ряд параметров (уровень цен, объем потребления, издержки на строительство) моделируются как случайные величины. Их математические ожидания соответствуют параметрам детерминированного режима, среднеквадратичные отклонения задаются пользователем.

Интерпретация анализируемой переменной (чистого дисконтированного дохода проекта на горизонте расчета) в качестве случайной величины позволяет применить в таком анализе средства математической статистики и получить не просто значение, а диапазон

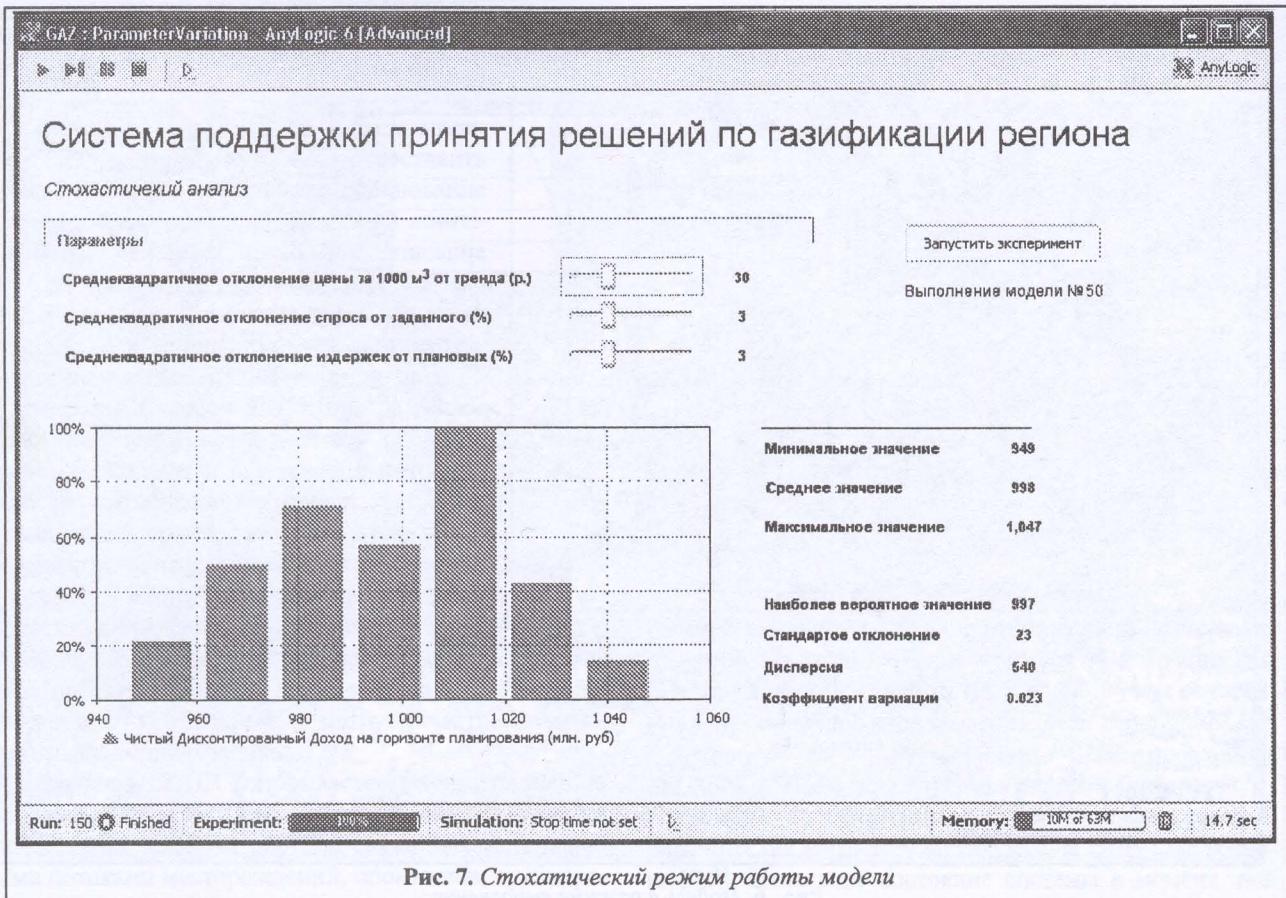


Рис. 7. Статистический режим работы модели

разброса, среднее значение, наиболее вероятное значение, а также дисперсию и коэффициент вариации, которые количественно характеризуют уровень риска инвестиций в проект.

Систему можно настраивать под различные регионы, задавая расположения и параметры регионов, месторождений и потребителей. Настройки задаются в базе данных Access.

Заключение

Внедрение СППР позволяет повысить эффективность управления, кроме того, процесс реализации инвестиционных программ становится более прозрачным и контролируемым. В индустриально развитых странах применение компьютерных систем поддержки принятия решений является обычной составляющей технико-экономического обоснования инвестиционных проектов, направленных на создание новых или развитие существующих бизнес-систем. При этом в последнее время происходит сдвиг от использования аналитических моделей в сторону имитационных, по мнению автора, это связано с развитием систем имитационного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Суслов С.А. Система поддержки принятия решений для проектирования сетей газоснабжения// Материалы конференции "Фундаментальные исследования в технических ун-
- верситетах". — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2007.
- Суслов С.А. Метод выделения ключевых индикаторов в системе поддержки принятия решений в области газоснабжения регионов// Материалы межвузовского конкурса-конференции аспирантов, студентов и молодых ученых Северо-Запада. — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2007.
- Ставровский Е.Р., Криворуцкий Л.Д., Пацков Е.А., Кудрявцев А.А. Компьютерный комплекс оптимизации развития региональных систем газоснабжения с учетом факторов риска// Материалы 1-й Междунар. науч.-техн. конф. DISCOM 2002, URL: <http://discom 2002. gubkin.ru/program.html> (дата обращения: 22.09.09).
- Ставровский Е.Р., Кудрявцев А.А. Многоэтапная статистическая процедура принятия решений при разработке стратегии развития и реконструкции систем транспорта газа// Трубопроводные системы энергетики: модели приложения, информационные технологии. — М.: ГУП изд-во "Нефть и газ", 2000. — С. 166—182.
- Ставровский Е.Р., Кудрявцев А.А. Модель и программа выбора стратегии реконструкции и развития систем транспорта газа с учетом эволюции внешней среды // Современные проблемы надежности систем энергетики: модели, рыночные отношения, управление реконструкцией и развитием. — М.: ГУП изд-во "Нефть и газ", 2000. — С. 259—274.
- Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. — СПб.: "БХВ-Петербург", 2005. — 400 с.
- Хромов-Борисов С.Н. Инструменты стратегического менеджмента: Ч. I// "Top-Manager". — М.: Издательский дом "Top-Manager", 2008. — № 3.