

## Интеграция методов ситуационного анализа и математического моделирования в интеллектуальной системе ИРИС\*

Л. В. МАССЕЛЬ

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия*

e-mail: massel@isem.sei.irk.ru

А. Ю. ГОРНОВ

*Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Иркутск, Россия*

e-mail: gornov@ok.ru

С. В. БАХВАЛОВ

*Иркутский государственный технический университет, Россия*

e-mail: bsv@isti.edu.ru

A problem of the situation analysis actual for the situation centers is considered. An intellectual information distributed system is one of the important components for a solution of this problem. The authors propose an approach which uses ontology, algebraic nets mathematic modeling and integration technologies. The main problems and some results are described.

### Введение

Ситуационный или ситуативный анализ (case-study) как исследовательский метод появился более ста лет назад исходя из потребностей практических социальных исследований. В нашей стране он получил широкое распространение в 1970-х — 1980-х гг. (Ю.И. Клыков, 1974; С. О’Доннел, Г. Кунц, 1981; Д.А. Поспелов, 1986; и др.) и продолжал развиваться в 1990-х гг. и начале этого столетия [1, 2]. С развитием строго формальных математических подходов (статистических методов, методов математического анализа и математического моделирования и др.) методы ситуационного анализа потеряли значимость в глазах большинства специалистов. Однако к настоящему времени стали очевидны жесткие ограничения, естественно присущие строго формальным подходам и не позволяющие строить на их основе эффективные инструменты принятия управленческих решений. На новом этапе ситуационный подход снова привлек внимание специалистов.

В России наблюдается резкое увеличение интереса к ситуационному подходу в различных сферах человеческой деятельности: на крупных предприятиях создаются специальные комнаты и центры для анализа работы подразделений и филиалов; в аналитических отделах используются методы ситуационного моделирования для прогнозирования событий и реинжиниринга; в образовательных учреждениях внедряются методы

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (грант № 07-02-12112в) и частично Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 07-07-00265, № 06-07-89215, № 08-07-00172).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2008.

ситуационного обучения. Созданы ситуационные центры при Президенте РФ, главах субъектов РФ, полномочных представителях Президента РФ в федеральных округах и др. [3, 4].

За рубежом ситуационный анализ известен как SWOT-анализ (аббревиатура от англ. слов strengths — сильные стороны, weaknesses — слабые стороны, opportunities — возможности, treats — угрозы). Один из предлагаемых подходов к проведению ситуационного анализа — составление SWOT-матриц, в которых слева выделяется два раздела: слабые и сильные стороны, а в верхней части — возможности и угрозы. На пересечении разделов образуется четыре поля: “Сила и возможности”, “Сила и угрозы”, “Слабость и возможности”, “Слабость и угрозы”. На каждом из этих полей исследователь должен рассмотреть все возможные парные комбинации и выделить те, которые должны быть учтены при разработке стратегии поведения организации. Очевидно, что такой подход требует максимального привлечения экспертов и затруднителен для формализации, необходимой для создания интеллектуального инструментария, базирующегося на современных информационных технологиях.

Несмотря на высокую актуальность проблемы создания ситуационных центров, можно утверждать, что сегодня практически отсутствуют программные реализации систем ситуационного моделирования, относящиеся к типу интеллектуальных программных продуктов, которые позволяли бы с помощью моделирования плохо формализуемых процессов и ситуаций исследовать динамику событий и прогнозировать результаты развития социально-экономических и эколого-экономических систем. Причиной такой ситуации, по мнению многих исследователей, является объективная сложность проблемы интеграции разнородных информационных технологий в одном программном продукте [5].

## **1. Предлагаемый подход к решению проблемы**

В Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ СО РАН) выполняется проект “Интеллектуальная распределенная информационная система для ситуационного анализа социально-экономических и эколого-экономических проблем региона”. Проект направлен на решение научной проблемы создания методов и технологии проведения ситуационного анализа и инструментария его поддержки для целей государственного регулирования экономики и управления социально-экономическими процессами в регионе. Выполнение проекта в ИСЭМ СО РАН обусловлено существенным влиянием топливно-энергетического комплекса на развитие Иркутской области и наличием большого опыта исследований как в области энергетики, так и разработки современных интегрированных информационных систем [6].

Основные задачи проекта:

- 1) разработка специализированных методов ситуационного анализа для решения эколого-экономических и социально-экономических проблем региона;
- 2) создание новой информационной технологии решения рассматриваемых задач на основе интеграции разнородных методов и технологий (ситуационного анализа, математического моделирования, вычислительного эксперимента);
- 3) реализация разработанной информационной технологии в виде научного прототипа интеллектуальной распределенной информационной системы, ориентированной на решение актуальных задач управления регионом.

Предполагаемые пользователи — лица, принимающие решения (представители властных структур), системные аналитики, эксперты в области экономики, энергетики, экологии, социологии.

В проекте предусматривается интеграция усилий специалистов разных предметных областей (экономистов, экологов, социологов, ИТ-специалистов, математиков) для решения научной проблемы создания методов и технологии проведения ситуационного анализа и разработки инструментария их поддержки для целей государственного регулирования экономики и управления социально-экономическими процессами в регионе.

## **2. Учет опыта информационно-аналитического обеспечения ситуационных центров и предъявляемых к нему требований**

В [3, 4] анализируется опыт информационно-аналитического и технологического обеспечения ситуационных центров органов государственного управления и формулируются требования к такому обеспечению.

Из перечня типовых комплексных задач, стоящих перед ситуационными центрами, результаты данного проекта могут быть полезны:

- при анализе и оценке обстановки, выявлении проблем, тенденций развития ситуаций, требующих упреждающего решения и адекватных ответных действий;

- подготовке вариантов решений по достижению поставленных целей и результатов с оценкой необходимых сил, средств и ресурсов на основе анализа и моделирования сценариев действий и ситуаций.

При выполнении проекта учитываются сформулированные в [3] важнейшие факторы, необходимые для активного внедрения интеллектуальных программных продуктов в практику ситуационных центров:

- необходимость совершенствования управленческих процедур путем включения в них экспертов не только на этапе принятия, но и при выработке решения;

- возможность оптимизации принимаемых решений путем их экспертной оценки и моделирования ситуации в реальном масштабе времени;

- возможность повышения качества предварительного анализа информации и выработываемых решений путем использования современных информационных технологий, обеспечивающих интеграцию результатов аналитической обработки с полиэкранной формой представления информации и др.

Учитываются также особенности функционирования ситуационных центров, созданных при органах государственной власти:

- ориентация их на первое лицо;

- необходимость визуализации (иллюстративной, когнитивной) управленческих ситуаций с помощью мультимедиа, раскрытия причинно-следственных связей анализируемых событий;

- обеспечение коллективной выработки решений в оперативном режиме с использованием средств моделирования и аналитической обработки информации;

- обеспечение синтеза альтернативных решений;

- обеспечение мониторинга и моделирования протекающих процессов, прогнозирования возможных альтернативных сценариев динамического развития ситуаций.

В данном проекте предполагается сосредоточить усилия на направлениях, связанных с разработкой типового состава информационно-аналитических систем и баз дан-

ных общего назначения для улучшения информационного взаимодействия между объектами управления, а также на совершенствовании и развитии интеллектуальных программных компонентов ситуационных центров. При этом акцент делается на создании компонентов, не претендующих на замену человеческого интеллекта, а направленных на усиление его возможностей [7].

### **3. Основные положения проекта**

По методам построения и архитектуре интеллектуальная распределенная информационная система (ИРИС) близка стратегическим системам поддержки принятия решений (СППР), включающим информационную, моделирующую и интеллектуальную подсистемы. С точки зрения реализации в рамках ИРИС осуществляется интеграция разнородных компонентов — программных комплексов, ГИС, баз данных и знаний.

Вопросы создания информационной системы, ядром которой являются базы данных, поддерживаемые современными СУБД, здесь не рассматриваются, так как подробно проработаны и описаны авторами в [6]. При реализации интеллектуальной системы используется сравнительно новый, но активно развивающийся подход в области систем искусственного интеллекта, основанный на построении онтологий — баз знаний специального вида, включающих описание концептов-сущностей и отношений между ними. Онтологии могут быть представлены как в графическом виде, так и нотациях специализированных языков, например XML. Предусматривается создание онтологических баз знаний для описания как предметных областей (предполагается учитывать в первую очередь экономические отношения в энергетике, экономические отношения на потребительском рынке, социологию энергозависимости и др.), так и возможных чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и социального характера. Опыт создания онтологий описан участниками проекта в [8].

Так как анализируемая информация имеет пространственно-распределенный характер, предусматривается визуальное представление результатов ситуационного анализа с использованием геоинформационной системы.

ИРИС реализуется как распределенная система в трехуровневой архитектуре “клиент-сервер” с применением современных интеграционных технологий RMI и SOAP. При этом используются авторские методики для создания баз данных и знаний, моделирования и реализации программных комплексов нового поколения, построения интеллектуальных систем для социологических исследований, которые уже апробированы и успешно защищены в диссертационных работах участников проекта, а также компоненты, разработанные участниками проекта при создании ИТ-инфраструктуры системных исследований в энергетике [9].

На первом этапе (2007 г.) решались следующие задачи.

1. Разработка специализированных методов ситуационного анализа для решения эколого-экономических и социально-экономических проблем региона.
2. Разработка архитектуры интеллектуальной распределенной информационной системы и моделей ее базовых программных компонентов.
3. Разработка модели онтологической базы знаний и примеров онтологий для базовых предметных областей.
4. Постановка содержательных задач ситуационного анализа с использованием разрабатываемой системы.

5. Разработка информационной технологии решения содержательных задач с использованием ИРИС.

Результаты решения этих задач описаны в [8, 10, 11].

#### 4. Интеграция методов ситуационного анализа и математического моделирования

При реализации моделирующей системы предлагается интегрировать как классические подходы к математическому моделированию, так и современный, основанный на использовании алгебраических сетей.

Метод математического моделирования, появившись в 1950-х гг., до настоящего времени не утратил своей значимости для исследования процессов различного типа. Можно утверждать, что этот подход только набирает силу и завоевывает все новых сторонников. Особое место занимает моделирование при помощи обыкновенных дифференциальных уравнений. Причины этого следующие:

— дифференциальные уравнения оказались чрезвычайно удобным инструментом представления разнообразных нелинейных явлений и процессов, позволяющим в компактной форме описывать их динамику;

— в классической и современной математике имеется огромный объем теоретических результатов по исследованию дифференциальных уравнений;

— за последние десятилетия разработан мощный инструментальный численного исследования динамических систем;

— в иерархии математических моделей обыкновенные дифференциальные уравнения являют собой удобную “точку”, в которую путем редукций сводятся вспомогательные задачи из более сложных систем — уравнения в частных производных, интегро- и алгебродифференциальные уравнения и т. д.;

— обыкновенные дифференциальные уравнения стали своеобразным междисциплинарным языком, на котором “говорят” специалисты совершенно различных областей науки — математики, физики, химии, биологи, экологи, инженеры, экономисты.

Естественным развитием и расширением модели обыкновенных дифференциальных уравнений является *модель управляемых динамических систем*. Представляется весьма перспективным использование ее для целей ситуационных центров. Появление в системе управляющих элементов, доступных человеку, вполне соответствует как существованию задач, стоящих в различных областях исследований, так и менталитету человеческого сообщества, пытающегося активно воздействовать на окружающую его среду. В постановки управляемых динамических систем хорошо укладываются некоторые обратные задачи конструирования моделей (например, структурная и параметрическая идентификация систем) и математические задачи исследования самих моделей (условия оптимальности процессов, задачи фазового оценивания и др.). Кроме того, возникают задачи оптимизации (чаще всего называемые задачами оптимального управления), такие как поиск значений свободных (избыточных) элементов модели, придающих ей некоторые особые свойства — минимальность или максимальность в смысле каких-либо критериев качества.

Другим популярным подходом к построению математических моделей является *нейромоделирование*. Появившиеся в середине 20-го века модели искусственных нейронных сетей сразу привлекли к себе внимание огромного числа специалистов и послужи-

ли толчком к социальному явлению, названному “нейробумом”. Надежды на создание биоподобных интеллектуальных систем и агрессивная рекламная кампания привели к огромным денежным вложениям в эту научную область. В области “нейрокомпьютинга” опубликовано множество работ, разработаны тысячи вариантов нейромоделей, появилась своя терминология. К настоящему времени рекламная шумиха улеглась, и можно рассматривать нейрокомпьютинг как один из методов математического моделирования. Выявлены многочисленные взаимосвязи понятий нейромоделирования и понятий классической прикладной математики (“обучение” — параметрическая идентификация, “контрастирование” — упрощение модели, “функционирование” — прогнозирование и др.), и теперь уместно посмотреть на нейромоделей как на удачный вид аппроксимационных параметрических функций, с применением которых возможно решение многих нестандартных задач.

Одной из самых актуальных задач, при решении которых можно применить нейромоделей, является прогнозирование на основе временных рядов. Нейромоделей способны хорошо демпфировать “шумы”, атрибутивно присутствующие в данных, полученных экспериментальным путем, и находить адекватные аппроксимации неизвестных функций, описывающих взаимосвязи между явлениями, представленными измеренными рядами. Невысокая точность нейромоделирования обычно соответствует содержательному качественному характеру прогнозирования и не является существенным ограничением. Нейромоделирование уже сейчас широко используется в практике ситуационных центров.

При реализации системы ситуационного моделирования на основе алгебраических сетей Joiner-net [12] будут использованы компоненты, разрабатываемые в рамках проекта, поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 07-07-00265-а “Создание совокупности интеллектуальных систем для решения комплексных проблем энергетики на основе применения аппарата алгебраических сетей”) [9, 10]. Подход и результаты реализации изложены в статье Л.В. Массель, А.Н. Копайгородского, В.Л. Аршинского в данном выпуске.

## **Заключение**

Актуальность создания ситуационных центров и их адекватного информационно-аналитического обеспечения требует привлечения специалистов в области математического моделирования и современных информационных технологий для создания научных прототипов интеллектуальных информационных и программных продуктов, которые могли бы впоследствии претендовать на внедрение в ситуационных центрах при органах государственной власти. В статье излагается подход к созданию одного из таких прототипов в виде интеллектуальной распределенной информационной системы, предполагающей интеграцию методов ситуационного анализа, математического моделирования, алгебраических сетей и онтологий.

## **Список литературы**

- [1] Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. М.: Энергия, 1974. 213 с.
- [2] Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.

- [3] Демидов Н.Н. Проблемы создания и функционирования ситуационных центров органов государственной власти // Информационные и математические технологии в науке и управлении / Тр. XII Байкальской Всерос. конф. Ч. I. 2007. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. С. 12–16.
- [4] Гайченя И.А. Опыт информационно-аналитического и технологического обеспечения ситуационных центров органов государственного управления // Там же. С. 7–12.
- [5] Филиппович А.Ю. Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования. М.: Изд-во “ООО Эликс+”, 2003. 300 с.
- [6] ИНТЕГРАЦИЯ информационных технологий в системных исследованиях энергетики / Л.В. Массель, Е.А. Болдырев, Н.Н. Макагонова и др. / Под ред. Н.И. Воропая. Новосибирск: Наука, 2003. 320 с.
- [7] Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З. Системы управления знаниями (методы и технологии). Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 260 с.
- [8] Ворожцова Т.Н., Макагонова Н.Н., Скрипкин С.К. Применение онтологий для описания исследований энергетики // Информационные и математические технологии в науке и управлении // Тр. XII Байкальской Всерос. конф. Ч. III. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2007. С. 127–134.
- [9] МАССЕЛЬ Л.В., БОЛДЫРЕВ Е.А., МАКАГОНОВА Н.Н. и ДР. ИТ-инфраструктура научных исследований: методический подход и реализация // Вычисл. технологии. 2006. Т. 11. С. 59–67.
- [10] МАССЕЛЬ Л.В., АРШИНСКИЙ В.Л. Построение интеллектуальных систем для исследований энергетики на основе алгебраических сетей и онтологий // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Тр. XII Байкальской Всерос. конф. Ч. III. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2007. С. 120–126.
- [11] КОПАЙГОРОДСКИЙ А.Н. Представление и хранение Joiner-сетей с использованием репозитория ИТ-инфраструктуры научных исследований // Там же. С. 134–140.
- [12] Столяров Л.Н., Новик К.В. Реализация параллельных процессов с помощью сетей Joiner-net // Информационные и математические технологии // Тр. Байкальской Всерос. конф. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2004. С. 11–14.

*Поступила в редакцию 25 января 2008 г.*