

Ключевые слова:

сетевая модель, среда радикалов,
интеллектуализация систем,
информационно-системная безопасность,
проблемная область экономической системы

Т. С. Соболева, к. ф.-м. н.,
проф. кафедры высшей математики
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина
(e-mail: TS.Soboleva@mail.ru)

А. В. Чечкин, д. ф.-м. н.,
проф. кафедры «Высшая математика»
Государственного университета
Минфина России (ГУМФ)
(e-mail: a.checkkin@mail.ru)

Моделирование проблемной области экономической системы на основе среды радикалов

Всякое серьезное математическое моделирование экономических процессов проводится с использованием вычислительной техники при численном решении разнообразных задач в рамках классических моделей, сбора, хранения и обработки статистического материала и т. п., поэтому оно всегда переходит в компьютерное моделирование. Это относится прежде всего к сложным экономическим системам, например сетям: коммуникационным, транспортным, торговым, банковским, производственным, коммунальным и т. д.

Широкое распространение в экономике получили сетевые организации, которые отличаются глобальностью, особой сложностью коммуникаций и, как правило, критичностью, т. е. неприемлемостью отказа их функционирования. Такие системы мы будем называть сложными критическими системами (СКС). К ним относятся социо-, техно-, эколого-, финансово-критические системы и т. д. Для СКС на первое место выходит проблема информационно-системной безопасности (ИСБ)¹.

¹ Чечкин А. В. Обеспечение информационно-системной безопасности сложной системы на основе среды нейрорадикалов ее проблемной области // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* — 2008. — № 7. — С. 6–11.

В этой проблеме выделяются две стороны безопасности СКС — информационная и системная. Обе стороны целиком и полностью определяются следующими требованиями к задачам жизненного цикла (ЖЦ) этих систем:

1. **Требование информационной безопасности** — любая задача ЖЦ СКС должна быть решена, а для этого задача должна быть обеспечена необходимой информацией.
2. **Требование системной безопасности** — решение любой задачи ЖЦ СКС должно сохранять ее целостность, т. е. гомеостаз системы.

Используемые сегодня средства безопасности сложных систем ограничиваются защитой имеющейся информации, повышением функциональной устойчивости и надежности элементов системы. Но этого мало для обеспечения безопасности системы. Проблемы ИСБ часто возникают при наличии неполной информации, появлении внутренних и внешних конфликтов в системе в процессе ее функционирования, эксплуатации и т. д.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СРЕДЫ РАДИКАЛОВ

Главное средство обеспечения ИСБ СКС — это **интеллектуализация** таких систем. Интеллектуализация СКС предполагает оснащение системы специальной компьютерной надстройкой типа мозга системы. Ядром этой надстройки является компьютерная модель всей проблемной области СКС. Такую модель мы будем называть единой информационно-сетевой (ЕИС) моделью. ЕИС модель СКС включает в себя математические модели самой системы и всех ее составляющих, а также математические модели всех важных для нее окружающих систем. Кроме того, ЕИС модель должна включать вещественные, энергетические и информационные связи между всеми элементами и составляющими самой системы и ее окружения. При этом информационные связи определяются штатными задачами ЖЦ системы, методами и алгоритмами их решения, а также нештатными задачами и подходами к их разрешению. ЕИС модель СКС должна включать также модели персонала, технических, финансовых, юридических и других документов и многое другое.

ЕИС модель СКС максимально наполнена разнообразной информацией о проблемной области сложной системы («все обо всем»). Эта компьютерная модель — своего рода картина мира, информационное пространство СКС. В силу принципиальной информационной избыточности ЕИС модель СКС является основным источником дополнительной информации в случае неполной исходной информации для задач ЖЦ. Дополнительная информация добывается путем анализа имеющейся и синтеза новой информации в рамках модели.

Особенностью компьютерной реализации ЕИС модели СКС должна быть обязательная возможность использования не всей модели, а ее частей — локализаций. Этого можно добиться, если компьютерная ЕИС модель сложной системы будет реализована в форме среды радикалов, которую образует множество радикалов со всеми их связями с внешней средой и между собой. Радикал — центральное понятие математической информатики², которое определяется как функциональная система с двумя состояниями — пассивным и активным (рис. 1).

² Соболева Т. С., Чечкин А. В. *Дискретная математика: Учебник.* — М.: Академия, 2006.

Рисунок 1

Радикалы и системокванты

РАДИКАЛЫ — функциональные системы, имеющие два состояния: пассивное и активное	СИСТЕМОКВАНТ — система из всех активных радикалов
<ul style="list-style-type: none"> • Образующие алгебры • Буквы алфавита • Слова лексики ЕЯ • Конструктор LEGO • Военные подразделения • Модели • Задачи • Методы и алгоритмы • Программы на ЭВМ • Нейроны мозга • Проблемная область СКС 	<ul style="list-style-type: none"> • Выбранный элемент алгебры • Слово из букв • Текст из слов • Собранная конструкция • Воюющее подразделение • Используемая модель • Решаемая задача • Выбранный алгоритм • Действующая программа • Активированная часть мозга • Система, решающая задачу ЖЦ СКС

Источник: составлено авторами.

Пассивные радикалы — это выключенные, недействующие системы; активные — действующие. Из всех активных радикалов образуется система, которая называется системоквантом. Пример — буквы алфавита. Те буквы, которые используются в данном слове, образуют системоквант. Другой пример — слова лексики естественного языка. С математической точки зрения, среда радикалов — это система образующих некоторой алгебры, а системоквант — элемент алгебры, составленный из образующих. В среде радикалов всегда есть возможность активировать только часть радикалов и работать с подмоделью, т. е. с системоквантом (см. рис. 1).

ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРОБЛЕМНОЙ ОБЛАСТИ СИСТЕМЫ

Унификация ЕИС модели для разнородных объектов (составляющих) проблемной области СКС обеспечивается всеобщим использованием предикатных формул математической логики (рис. 2).

Рисунок 2

Среда радикалов

Предикаты	$P_1(x_1), A_1(x_1)$
Звенья радикалов	$P_1 \rightarrow x_1, A_1 \rightarrow x_1$
Цепочка радикалов ЕИС модели	$P_1 \rightarrow A_1 \rightarrow x_1$
Схемы радикалов ЕИС модели	$P_1 \rightarrow A_1 \rightarrow x, Q_2 \rightarrow C_1 \rightarrow x, x = x_2,$ $P_2 \rightarrow B_1 \rightarrow x_3, Q_1 \rightarrow B_1 \rightarrow x_3,$ $x_n, P_1 \rightarrow A_3 \rightarrow x_n, Q_3 \rightarrow C_3 \rightarrow x_n$

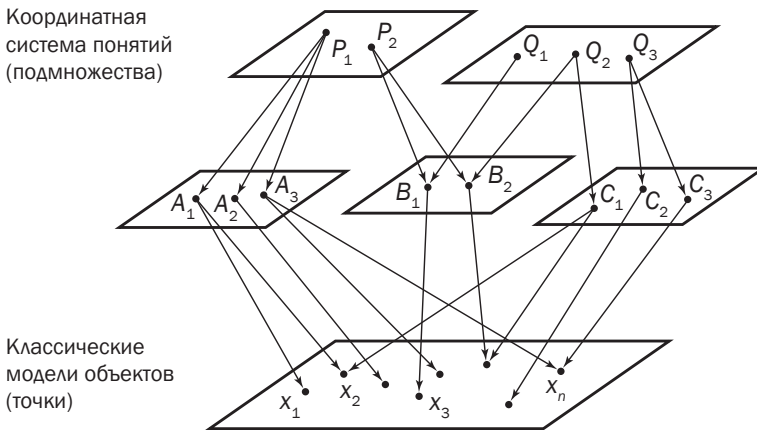
Источник: составлено авторами.

Если говорить кратко, то в математической логике используют символичный язык с двумя видами символов — предметными и предикатными. Предметные символы, или термы, нужны для идентификации отдельных предметов СКС, т. е. специалистов, оборудования, транспорта, программных модулей, отдельных моделей, файлов и т. д. Предикатные символы — для идентификации свойств этих предметов, т. е. их классов.

В ЕИС модели радикалами выступают отдельно предикатные и предметные символы, а связь между ними отображается стрелкой. При этом одноместные предикаты мы будем изображать звеньями, цепочками, схемами радикалов. Стрелка от предикатного символа к предметному означает, что этот предмет относится к данному классу предметов. А от предикатного к предикатному — что первый класс предметов содержит второй класс. Аналогично поступим и для многоместных предикатов. В результате все радикалы, участвующие в ЕИС модели, образуют сеть, которая реализуется как среда радикалов. Эта сеть является семантической сетью предметов и понятий (классов предметов).

Рисунок 3

Единая информационно-сетевая модель СКС



Источник: составлено авторами.

Чтобы устранить причины нарушения ИСБ и конфликты в СКС, необходима дополнительная информация, требуется постоянно анализировать имеющиеся сведения, вовремя обнаруживать и устранять возникающие в системе противоречия и многое другое.

Для организации такой работы в ЕИС модели СКС разобьем все ее радикалы на три крупных класса: уникамы, контейнеры и ультраконтейнеры. Уникамы — это термины математической логики, т. е. классические математические модели предметов проблемной области; контейнеры — понятия, соответствующие предикатным символам, т. е. классы предметов; ультраконтейнеры — ограничения в проблемной области, т. е. специализированные наборы правил.

Сделаем промежуточный вывод:

1) Сеть контейнеров и уникамов представляет собой распределенную базу данных, или координатную систему в форме семантической сети (см. рис. 3), по типу той, что имеется в операционной системе WINDOWS в форме структуры папок (контейнеров), где находятся файлы (уникамы). Такая координатная система контейнеров позволяет организовать эффективную навигацию в ЕИС модели СКС. Кроме того, она дает возможность проводить анализ и поиск разнообразной дополнительной информации. Математически она является булевой решеткой понятий и уникамов. Тем самым эта часть ЕИС модели СКС, т. е. эта часть картины мира СКС, призвана обеспечивать **информационную безопасность**.

2) Сеть ультраконтейнеров — другая часть ЕИС модели — является распределенной базой знаний о проблемной области, т. е. распределенной экспертной системой. Она — дополнительное бинарное отношение на булевой решетке понятий и уникамов в форме импликаций («если ..., то ...»).

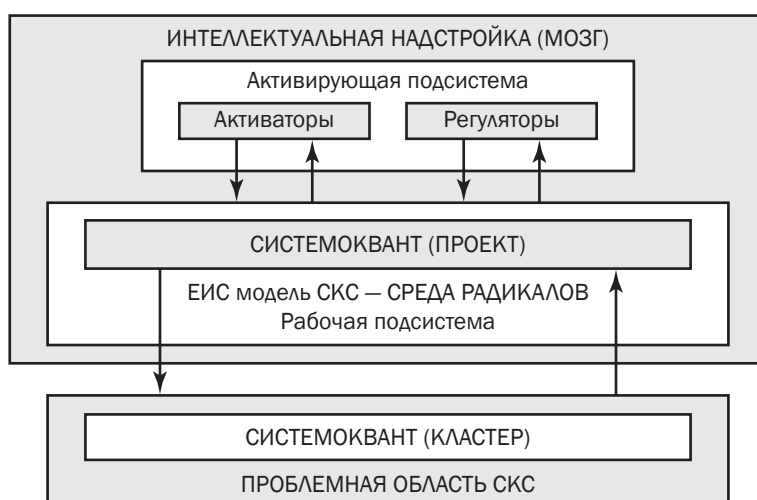
На рис. 3 ультраконтейнеры не изображены. Среда ультраконтейнеров отвечает за обнаружение и предотвращение конфликтов в среде радикалов, т. е. в ЕИС модели. В ЕИС модели СКС всякое действие с уникамами и контейнерами должно быть согласовано с соответствующими ограничениями и условиями из ультраконтейнеров³. Тем самым сеть ультраконтейнеров отвечает за обеспечение **системной безопасности** СКС.

ЕИС модель является компьютерной моделью, положенной в основу интеллектуальной надстройки СКС (рис. 4). Последняя кроме ЕИС модели СКС, которая является рабочей подсистемой, должна обладать еще и активирующей подсистемой. Активирующая подсистема — это операционная система, отвечающая за обязательное и бесконфликтное решение задач ЖЦ СКС. В целом эта надстройка — своего рода мозг СКС, осуществляющий интеллектуализацию такой системы с целью обеспечения ее **информационно-системной безопасности**.

Таким образом, интеллектуальная надстройка СКС моделирует всю проблемную область системы и решает задачи ЖЦ СКС. При этом постоянно соблюдается ИСБ. На выходе такой надстройки при каждом решении задачи появляется результат в форме системокванта (проекта), например в форме списка коллектива специалистов. Далее предполагается непосредственная реализация этого проекта уже в проблемной области в форме системокванта (кластера), т. е. конкретной действующей системы, например реально созданного коллектива специалистов.

Рисунок 4

Интеллектуальная надстройка СКС



Источник: составлено авторами.

³ Pirogov M. V., Chechkin A. V. Technology of task-solving in normalized radical media // Journal of Mathematical Sciences. — 2010. — Vol. 168, № 1. — P. 133–146.

В случае решения штатных задач ЖЦ СКС активизация надстройки происходит в режиме самоорганизации ЕИС модели СКС, а в случае нештатных задач ЖЦ СКС — в режиме проб и ошибок с последующим сохранением положительного и отрицательного опыта поиска решения. Тем самым в ЕИС модели СКС происходит постоянный творческий процесс самообучения и эволюции, за который отвечает активирующая система.

В заключение повторим, что для сложных критических систем ошибки в решении задач ЖЦ СКС недопустимы, и альтернативы интеллектуализации СКС нет. Интеллектуализацию СКС надо начинать с построения ЕИС модели проблемной области СКС.

Библиография

1. Чечкин, А. В. Обеспечение информационно-системной безопасности сложной системы на основе среды нейрорадикалов ее проблемной области // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* — 2008. — № 7. — С. 6–11.
2. Соболева, Т. С., Чечкин, А. В. *Дискретная математика: Учебник.* — М.: Академия, 2006.
3. Pirogov, M. V., Chechkin, A. V. Technology of task-solving in normalized radical media // *Journal of Mathematical Sciences.* — 2010. — Vol. 168, № 1. — P. 133–146.