

УДК 519.712.2

С.Н. Щеглов

**АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В НОВЫХ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОСТИ  
И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ\***

*В настоящее время современные интеллектуальные и производственные системы автоматизированного проектирования характеризуются нечеткостью входной и выходной информации, что часто делает некорректным их эффективное функционирование. Это приводит к невозможности и затруднению практического применения существующих систем и методов поддержки принятия решений.*

*В работе представлены модели принятия решений в новых информационных технологиях в условиях нечеткости и неопределенности. Рассмотрены вопросы разработки теории, принципов и построения интегрированных математических моделей и методов для эффективного принятия решений. Показана модифицированная обобщенная схема поддержки принятия решений.*

*Информационные технологии, модель; анализ и извлечение данных; графовые модели; принятие решений; эволюционные алгоритмы; биоинспирированные методы оптимизации; проектирование; задача.*

S.N. Shcheglov

**ANALYSIS OF MODELS OF DECISION MAKING IN THE NEW  
INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE FUZZY AND UNCERTAINTY**

*At present, the modern intellectual and industrial computer-aided design are characterized by vagueness of input and output information, which often makes incorrect their effective functioning. This leads to the inability and difficulty of the practical application of existing systems and methods for decision support.*

*The paper presents a model of decision making in new information technologies in conditions of vagueness and uncertainty. The problems of development of the theory, principles and construction of integrated mathematical models and methods for effective decision making. It is shown that the modified generalized scheme of decision support.*

*Information technology; model analysis and data mining; graph models; decision making; evolutionary algorithms; bioinspired optimization techniques; design, task.*

**Введение.** Одной из важных проблем в науке и технике 21-го столетия остается поддержка принятия решений в неопределенных и нечетких условиях. Постоянно происходит увеличение потоков информации, содержащих различные типы данных и знаний, направленных на лицо, принимающее решение. Требуется разработка теории, принципов и построение на их основе интегрированных математических моделей и методов для эффективного принятия решений. Это особенно актуально в высокотехнологичных областях, например, связанных с внедрением биоинспирированных, информационных, ядерных и нанотехнологий, автоматизации проектирования.

В настоящее время современные интеллектуальные и производственные системы автоматизированного проектирования характеризуются нечеткостью входной и выходной информации, что часто делает некорректным их эффективное функционирование. Это приводит к невозможности и затруднению практического применения существующих систем и методов поддержки принятия решений [1–6].

---

\* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 12-07-00058).

**Модели информационных систем поддержки решений.** Интеллектуальные системы, такие как экспертные системы, системы обработки естественного языка и нейронные вычислительные системы увеличивают производительность и облегчают выполнение сложных задач. Они также обеспечивают поддержку, когда информационный поток неполный или «нечеткий» [1–3]. Интеллектуальные системы могут использоваться индивидуально, но во многих случаях они интегрированы между собой и с другими информационными системами.

Главной характеристикой информационных систем поддержки решений (ИСПР) является наличие в них, по крайней мере, одной модели. Основной идеей является осуществление анализа системы на модели реальной действительности.

Модель – это упрощенное представление или абстракция действительности. Обычно она упрощена, потому что действительность очень сложна для точного копирования, и многие сложности в сущности не относятся к решению конкретной задачи.

Представление систем или решение задач при помощи моделей может быть осуществлено с различной степенью абстракции. Поэтому модели классифицированы на три группы в соответствии с их степенью абстракции: физические (маштабные), аналоговые и математические.

Физическая модель – наименее абстрактная модель – является физической копией системы, обычно в отличном от оригинала масштабе. Эта модель может представляться в трех измерениях, например как самолет, автомобиль, мост или производственная линия. Такие модели также называются пиктограммными.

Графический пользовательский интерфейс и объектно-ориентированное программирование являются другими примерами использования пиктограмм.

Аналоговая модель не выглядит как реальная система, но повторяет ее поведение. Она наиболее абстрактная, чем физическая модель и является символическим представлением действительности. Обычно это двухмерные графики, диаграммы или шкалы. Они могут быть физическими моделями, но форма модели отличается от подлинной системы.

Математическая модель. Сложность отношений во многих организационных системах не может быть представлена физически или аналогически. Кроме того, такое представление может быть громоздким и требовать больших потребностей времени для использования. Поэтому многие абстрактные модели описаны математически. Большинство анализов при поддержке решений выполняются числовым путем с математическими и другими количественными моделями. Важным аспектом процесса моделирования является исследование и анализ предметной области и окружающей среды. Оно включает наблюдение, изучение и интерпретацию собранной информации. Очень важным является установление переменных модели, а также их взаимоотношений.

**Процесс подготовки и принятия решений.** Процесс подготовки и принятия решений включает три главные стадии: концепции проектирования и выбора. Завершает процесс выполнение решения. На рис. 1. представлена обобщенная схема процесса принятия решений, состоящая из непрерывного потока действий от концептуальной стадии до проектирования и выбора, но возможны возвраты на предыдущую стадию (обратная связь) [4].

Моделирование является основной частью этого процесса. Процесс принятия решений начинается на концептуальной стадии, где проверяется проблемная область, идентифицируется и определяется задача. На стадии проектирования строится модель, которая представляет и описывает систему. Это делается путем допущений, которые упрощают действительность путем описания отношений между всеми переменными. Затем проверяется адекватность модели, и устанавливаются критерии для оценки альтернативных направлений.

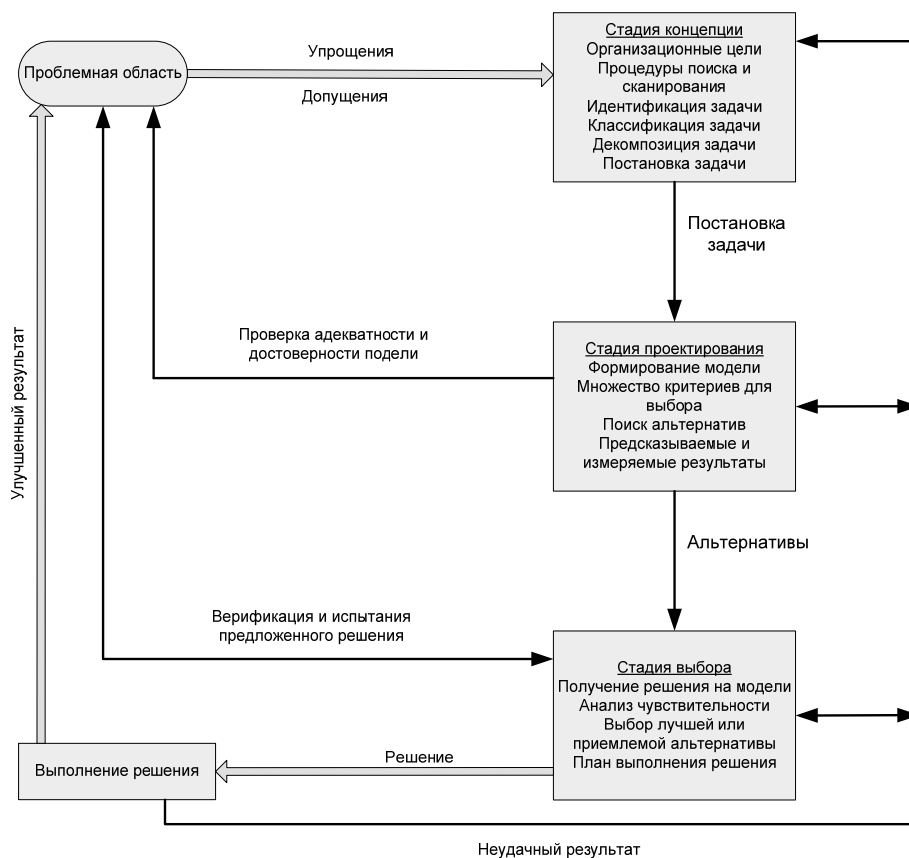


Рис. 1. Процесс принятия решений

На стадии выбора осуществляется верификация и испытание предложенного решения. Если предложенное решение окажется приемлемым, то оно готово для завершающей стадии: выполнение решения. Успешный результат завершает решение исходной задачи. При неудачном результате осуществляется возврат к ранним стадиям процесса.

Концептуальная стадия начинается с определения организационных целей. Задачи возникают, из неудовлетворенности существующим состоянием дел или их развитием. На этой стадии пытаются определить, существует ли проблема, идентифицировать ее признаки, определить ее значимость и в итоге окончательно определить задачу. Часто то, что описывается как проблема, может быть только признаком проблемы. Так как проблемы реального мира обычно усложняются многими взаимосвязанными факторами. Поэтому иногда бывает трудно различать между признаками и действительной проблемой.

Действия по классификации задачи представляют собой концептуализацию задачи путем ее классификации и отнесения к определенной категории. Важным признаком классификации является степень очевидной структурированности задачи. Различают две крайние ситуации относительно структурированности задачи принятия решения. На одном конце спектра находится хорошо структурированные задачи, которые являются повторяющимися и рутинными. Для их решения строятся стандартные модели. Их можно назвать программируемыми задачами. На другом конце находятся слабо структурированные или непрограммируемые задачи,

которые являются новыми, неповторяющимися и нестандартными. Кроме того, существуют частично структурированные задачи между этими двумя крайними позициями спектра.

Многие сложные задачи могут быть разделены на подзадачи в процессе Декомпозиции. Решение более простых подзадач может помочь в решении сложной задачи. Кроме того, некоторые слабо структурированные задачи могут иметь некоторое количество высоко структурированных подзадач.

Стадия проектирования влечет порождение, развитие и анализ возможных направлений действия. На этой стадии также строится, испытывается и проверяется модель ситуационной задачи. Моделирование включает концептуализацию задачи, а также ее абстрагирование в количественной и(или) качественной формах. Для математической модели идентифицируются переменные и устанавливаются уравнения, описывающие их отношения. Если необходимо, производятся упрощения путем принятия набора определенных допущений. Однако должно учитываться и соблюдаться правильное равновесие между степенью упрощения модели и ее адекватностью представления действительности.

Основными вопросами и понятиями, относящимися к количественным моделям, являются [5]:

- ◆ компоненты модели;
- ◆ структура модели;
- ◆ определение принципов выбора (критерии для оценки);
- ◆ генерация и развитие альтернатив;
- ◆ предсказываемые результаты;
- ◆ сценарии.

Граница между стадиями проектирования и выбора часто неразличима, т.к. некоторые действия могут быть совершены как при проектировании, так и на стадии выбора. Кроме того, возможны частые возвраты со стадии выбора на стадию проектирования. Стадия выбора включает поиск, оценку и выработку рекомендации по приемлемому решению на модели. Решение на основе модели – это набор значений переменных для выбранной альтернативы.

Решение на модели это не одно и то же, что решение задачи, которую эта модель представляет. Решение на модели дает рекомендуемое решение задачи. Только если это рекомендуемое решение успешно выполняется, задача может считаться решенной.

Существует несколько основных подходов к реализации поиска на стадии выбора решения, зависящих от критерия выбора. Это оптимизационные методы, слепой поиск и эвристический поиск.

Для аналитических моделей могут использоваться как оптимизационные методы, так и методы полного перебора (сравнение всех альтернатив друг с другом). Для описательных моделей может использоваться метод сравнения ограниченного количества альтернатив, слепой поиск или эвристики.

К оптимизационным моделям относятся модели линейного, динамического, нелинейного программирования, сетевые модели планирования и составления расписаний и другие. К описательным моделям относятся анализ информационных потоков, сценарный анализ, финансовое планирование, Марковский анализ, различные типы имитационных моделей, технологическое прогнозирование, модели управления очередями, эвристические модели и т.д. [6].

Наибольший интерес при разработке архитектуры СППР представляют структурные, эвристические, имитационные и эволюционные ММ. Структурные ММ отображают топологические и геометрические свойства СППР. Для их представления используют множества, отношения, графы, гиперграфы, матрицы, таб-

лицы, списки и фреймы [7]. Эвристические ММ строят на основе опыта ЛПР при анализе внешних свойств СППР. Имитационная ММ показывает поведение СППР в реальном масштабе времени. Наиболее широко имитационные ММ используются в СППР при неопределенных и расплывчатых условиях. Эволюционные ММ используют анализ популяции альтернативных решений на основе принципа «выживают сильнейшие» [11, 12].

Основным подходом при построении СППР принято считать модифицированный иерархический подход. Следует отметить, что каждому уровню или аспекту при иерархическом подходе к построению СППР соответствуют свои модели [7].

Для надежности принимаемых решений используют многовариантный подход, основанный на сравнении наборов возможных решений. Поддержка принятия решений может быть рассмотрена как процесс, состоящий из двух этапов. На первом этапе (получение альтернатив) формируют информационные модели. Здесь необходимо получить множество альтернативных решений, размер которого позволит провести его эффективный анализ. При большом объеме информации появляются требования к ограничению времени на получение решений. Это предъявляет требования к информационным моделям на предмет их возможного использования по времени моделирования. На втором этапе (выбор альтернатив) ЛПР, используя полученные модели, формирует некоторый набор (решение), выбирая из него необходимые. На этом этапе использования полученных решений формы их представления должны быть достаточно просты для дальнейшей реализации и использования их ЛПР. Это предъявляет дополнительные требования к форме представления информационных моделей. Существуют определенные требования к информационным моделям САПР [1–5].

1. Исходная информационная модель, применяемая для получения решения, должна быть функционально полной.
2. Информационная модель решения должна быть построена по иерархическому принципу на основе частных информационных моделей.
3. Должен существовать механизм разбиения полной информационной модели на части и однозначного объединения их в исходную модель.
4. Критерии частных информационных моделей должны согласовываться с обобщенным критерием полной модели.

Поддержка принятия решений требует работы не только с данными или с информацией, но с информационными моделями, знаниями и экспертными системами [1–3, 7]. При этом основой анализа и получения решений становится по мнению автора информационное и эволюционное моделирование.

**В заключение** следует отметить, что для решения оптимизационных задач принятия решений используется большое количество методов [2–7, 9–15]. В настоящее время широкое применение находит использование гибридных методов, объединяющих эвристические, случайные, квантовые и методы, инспирированные природными системами [4]. Это связано с возможностью получения набора квази-оптимальных решений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Петровский А.Б.* Теория принятия решений. – М.: Изд. центр «Академия», 2009.
2. *Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003.
3. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах. – М.: Логос, 2000.
4. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Гладков Л.А., Сороколетов П.В.* Бионспирированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009.
5. *Редько В.Г.* Эволюция, нейронные сети, интеллект: модели и концепции эволюционной кибернетики. – М.: Комкнига, 2005.

6. *Грешиллов А.А.* Математические методы принятия решений. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006.
7. *Курейчик В.В., Сороколетов П.В.* Архитектуры и стратегии принятия решений. Сборник трудов международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». Т. 2. – М.: Физматлит, 2007. – С. 397-406.
8. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Дискретная математика: Теория множеств, алгоритмов, алгебры логики. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009
9. *Мальшиев В.В., Пиявский Б.С., Пиявский С.А.* Методы принятия решений в условиях многообразия способов учета неопределенности // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – № 1. – С. 46-61.
10. *Вагин В.Н.* и др. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. – М.: Физматлит, 2008. – 712 с.
11. *Курейчик В.В., Ковалев С.М., Курейчик В.М., Соколов С.В.* Оптические системы с нечеткой логикой в задачах адаптивного моделирования слабоформализованных процессов // Известия РАН. Теория и системы управления. – М.: Физматлит, 2011. – № 3. – С. 111-121.
12. *Курейчик В.М.* Биоинспирированный поиск с использованием сценарного подхода // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 7-13.
13. *Курейчик В.В., Родзин С.И.* О правилах представления решений в эволюционных алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 13-21.
14. *Курейчик В.М., Кажаров А.А.* Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 30-36.
15. *Щеглов С.Н.* Современные технологии построения систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 106-111.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

**Щеглов Сергей Николаевич** – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: leo@tsure.ruk; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634371625; кафедра систем автоматизированного проектирования; к.т.н.; доцент.

**Shcheglov Sergej Nikolaevich** – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: leo@tsure.ruk; GSP 17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371625; the department of computer aided design; head of department; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 002.53:004.89

**В.В. Бова, А.Н. Дуккардт**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КОЛЛЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ\***

*Изложены возможности интеллектуальных информационных технологий основанных на искусственных нейронных сетях. Выявлены особенности применения нейросетевых систем поддержки принятия решений для различных предметных областей. Рассмотрена возможность применения искусственных нейронных сетей для коллективного решения интеллектуальных задач. Предложен подход, в основе которого лежит одновременное использование нескольких нейронных сетей для получения коллективного решения задачи. Определены тенденции и направления развития нейросетевых технологий.*

*Интеллектуальные технологии; искусственные нейронные сети; нейросетевые модели; задачи поддержки принятия решений; коллективное решение.*

\* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты № 10-07-00538, № 11-07-00064).