

Раздел III. Искусственный интеллект и нечеткие системы

УДК 681.3

В.М. Курейчик

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ*

Рассмотрены вопросы создания систем поддержки принятия решений. Предложена идея интеграции существующих подходов. Особое внимание уделено методам принятия решений в условиях неопределенности и риска, предусматривающих различные методы моделирования нечетких ситуаций принятия решений. Создание интеллектуальных иерархических систем поддержки принятия решений основано на переходе от обычных алгоритмов обработки и извлечения данных к альтернативной технологии анализа и синтеза нечетких знаний. Эволюционные стратегии, бионические принципы, построение, анализ и обработка эволюционных моделей позволит увеличить эффективность деятельности лица, принимающего решения, совместно с системой поддержки принятия решений по созданию квазиоптимальных и оптимальных решений.

Системы поддержки принятия решений; экспертная система; адаптация; набор альтернативных решений; методы поиска.

V.M. Kureychik

FEATURES OF DECISION MAKING SUPPORT SYSTEM DESIGN

Questions of decision-making support systems design are considered in this paper. The idea of existing approaches integration has been proposed. Decision-making methods in conditions of uncertainty and risk providing different methods of fuzzy decision-making situations are given special attention. Creation of intellectual hierarchical systems of decision-making support is based on transition from usual algorithms of processing and extraction of data to alternative technology of the analysis and indistinct knowledge synthesis. Evolutionary strategy, bionical principles, construction, the analysis and processing of evolutionary models will allow increasing the efficiency of the decision-making person activity, together with system of decision-making support on creation quasi-optimal and optimum decisions.

Systems of decision making support; expert system; adaptation; a set of alternative decisions; search methods.

Введение. Одной из проблем в науке и технике является поддержка принятия решений в неопределенных и нечетких условиях при наличии риска. Это особенно актуально в высокотехнологичных областях, например, связанных с внедрением биоинспирированных, информационных и нанотехнологий, автоматизации проектирования. При этом важным является создание множества информационных интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР), ориентированных на заданные предметные области. Эффективным способом анализа и обработки множества данных и знаний является моделирование эволюционного развития природы, адаптация, иерархическая самоорганизация, использование генетического поиска, а также поиска на основе «муравьиных», «пчелиных» и методов интеллекта стаи.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 12-07-00062).

Вся интеллектуальная деятельность лица, принимающего решение (ЛПР), разделяется на формализуемую и неформализуемую. Формализуемая деятельность ЛПР отображается системами, моделями и алгоритмами, которые реализуются на основе перспективных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Для неформализуемой деятельности предлагается использовать следующие основные принципы: «разделяй и властвуй», «бритвы Оккама», «плодитесь и размножайтесь», «выживают сильнейшие», «целое больше части» [1–8]. Создание интеллектуальных иерархических СППР основано на переходе от алгоритмов обработки и извлечения данных к альтернативной технологии автоформализации профессиональных знаний. Эволюционные стратегии, бионические принципы, построение эволюционных моделей позволят увеличить эффективность деятельности ЛПР совместно с СППР по принятию квазиоптимальных и оптимальных решений. Все это должно быть связано с новой концепцией развития ИКТ.

В работе предлагается описать новые и модифицированные СППР путем моделирования эволюции и разработки биоинспирированных методов и алгоритмов. Тогда принятие решений (ПР) будет соответствовать построению комплекса определенных математических моделей, обладающих заданными новыми и прогнозируемыми свойствами, которых не было у исходных прародителей. Разработка гибридных человеко-машинных СППР позволит проводить этапы анализа, синтеза и моделирования альтернативных решений с учетом опыта, знаний и предпочтений разработчиков систем.

Особенности построения систем поддержки принятия решений. 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 [9–16].

Пусть существует некий метод F , позволяющий на множестве M параметрам X ставить в соответствие величины Y , которые приводят к оптимальному использованию ресурсов U за счет организации методов R . При этом необходимо соблюдение условий C , что приводит к достижению оптимальности функции Z . Тогда говорят, что Y является решением, а F решающей функцией или решающим методом [9–14]. В таком случае эффективное решение тесно связано со способом или методом проектирования. Оно может представлять собой некое множество значений, функций, правил или методов, приводящих к преобразованию исходных величин X и удовлетворению условий задачи.

Принятием решений считают множество альтернатив в условиях определенности, позволяющих получать однозначные, непротиворечивые, корректные решения на основе формализованных моделей анализируемых объектов, моделей управления и моделей внешней среды [14–16].

К задачам поддержки принятия решений в новых информационных технологиях относятся все задачи, включая класс задач в условиях нечеткости и неопределенности, окончательное решение которых осуществляется на основе анализа полученных альтернатив. В этих случаях информацию преобразуют к виду, упрощающему и облегчающему принятие решений. Поддержка принятия решений основана на получении многовариантных решений и нахождении оптимального варианта с использованием разных методов.

Оценка СППР, режимов ее работы, внешней среды, где она функционирует, измеряется параметрами. Выделяют внешние и внутренние параметры. Внешние параметры характеризуют свойства внешней по отношению к СППР среды и оказывают влияние на ее функционирование. Обозначают их вектором $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Внутренние параметры характеризуют свойства отдельных элементов системы.

Обозначим их вектором $Z=(z_1, z_2, \dots, z_r)$. Совокупность внешних и внутренних параметров называют входными параметрами. Величины, характеризующие свойства СППР в целом, называют выходными параметрами. Их обозначают вектором $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$. Совокупности, выражающие зависимость между входными и выходными параметрами, будем считать математическим описанием СППР [14, 15]:

$$y_1=y_1(x_1, \dots, x_n; z_1, \dots, z_r),$$

$$\vdots$$

$$y_m=y_m(x_1, \dots, x_n; z_1, \dots, z_r).$$

Их можно представить в форме:

$$Y=F(X, Z, \sim\Phi). \quad (1)$$

Выражение (1) представляет собой нечеткое отношение между двумя множествами параметров $A=(X, Z)$ и $B=Y(A \leftrightarrow B)$, а $\sim\Phi$ – нечеткий график отношения, который позволяет определить количественную и качественную связь между множествами (параметрами) A, B .

Основным подходом при построении СППР будем считать модифицированный иерархический подход. Отметим, что каждому уровню или аспекту при иерархическом подходе к построению СППР соответствуют свои модели. Приведем нечеткий алгоритм комплексного иерархического подхода к построению СППР:

1. Определяется количество уровней иерархии в СППР.
2. Определяются основные критерии каждого уровня.
3. Устанавливаются начальные состояния компонентов СППР и входные значения параметров, определяющих инициализацию событий, устанавливается начальное значение времени моделирования $t=t_0$.
4. Строятся структурные, эвристические, имитационные и эволюционные модели.
5. На основе заданной шкалы и нечетких условий выбирается путь моделирования.
6. Проверка логического условия выполнимости всех событий на всех уровнях иерархии в СППР. Построение списка L_c событий, для которых выполнены условия инициализации.
7. Если список L_c пуст, то переход к пункту 8. В противном случае управление передается на выполнение процедуры обслуживания первого события из L_c . Производится модификация времени совершения данного события в будущем $t_j=t+\tau_j$ и оно исключается из списка. Переход к пункту 6.
8. В списке запланированных событий находится событие с $\min t_j$ (временем инициализации) и корректируется время τ_j , которое полагается равным этому моменту времени.
9. Определяется комплексный критерий всей СППР.
10. Проверяется нечеткое условие окончания комплексного моделирования. Если оно не выполняется, то переход к пункту 6.
11. Конец работы алгоритма.

Отметим, что для получения моделей используются неформальные и формальные методы. Неформальные методы применяются на разных иерархических уровнях. Они включают в себя анализ и изучение закономерностей процессов и явлений, принятие различных ограничений, допущений и упрощений. В настоящее время для этих целей начинают использоваться эвристические алгоритмы и динамические ЭС [17].

Модель принятия решения включает шесть основных, циклически повторяющихся этапов:

1. Сбор всех видов информации, как четкой, так и нечеткой.
2. Анализ данных.

3. Преобразование данных.
4. Разработка критериев оценки решений.
5. Получение вариантов решений (альтернатив).
6. Исследование альтернатив и выбор подмножества вариантов (или одного из них) на основе заданных критериев.

Сбор данных основан на использовании разнообразных технологий. Анализ включает типизацию, унификацию, классификацию данных. Преобразование определяет получение различных форм и форматов данных. Современный подход к построению СППР в САПР требует применения информационных или интегрированных систем, а также хранилища данных, баз данных и знаний.

Построение подмножества альтернатив является одним из важнейших этапов. Оно основано на использовании различных методов, моделей и процессов моделирования. Разработка вариантов решений включает также построение сценариев развития ситуации. При этом необходимо накопление и хранение этих сценариев для последующего использования в аналогичных условиях. Эффективность этого этапа обеспечивается применением специализированных информационно-аналитических систем. Выбор решений использует механизмы: оценки альтернатив, проведения анализа "Что-если?", анализа рисков, разработки сценариев, прогнозов результативности и эффективности.

Опишем модифицированную обобщенную схему поддержки принятия решений. Как известно [10, 14], она имеет иерархический вид, состоящий из нескольких уровней. Существуют разные уровни принятия решений, на каждом из которых решаются различные задачи на основе заданных критериев оптимальности. Верхним является концептуальный уровень. Следующим является системный уровень, затем – структурный, далее – уровень математического моделирования. Последним уровнем является уровень анализа подмножества оптимальных или квазиоптимальных альтернатив. Модифицированная технология принятия решений в общем случае показана на рис. 1 [10, 14].

На первом этапе заказчик формулирует проблему или задачу, которая требует решения. Как правило, она формируется на описательном (неформализованном) уровне. Далее, используя языки принятия решений, производят формулировку задачи на вербальном уровне. После этого осуществляют формализацию или формирование проблемы на математическом уровне (графовое, гиперграфовое или аналитическое представление). Степень формализации определяет тип и вид применяемых информационных технологий для получения эффективных решений. После этого на очередном этапе осуществляются локальный и глобальный поиск и сбор информации. При этом формируется база знаний о методах решения аналогичных задач, база критериев ПР и база всех попутных данных, необходимых для принятия решений.

Представление обобщенных данных осуществляют в виде, удобном для принятия решений. Следующим этапом является «Получение прогнозных оценок». На этом этапе с использованием имеющихся вариантов решений, информации об условиях и методах получения прогноза получают прогнозные оценки. Здесь обосновывают выбор метода прогнозирования и метода верификации прогноза. После получения комплекса данных: альтернативных решений, информации о динамике условий процесса принятия решений, прогнозных оценок, оценки надежности прогноза и других данных, производят комплексную обработку с использованием экспертного подхода. Эта схема может работать при разных технологиях и уровнях управления [10, 14].

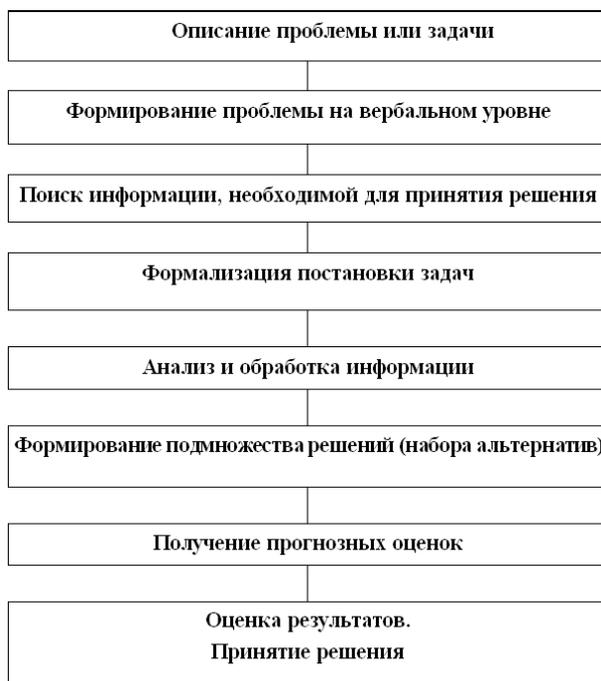


Рис. 1. Общая схема принятия решений

Тогда укрупненный модифицированный нечеткий алгоритм построения обобщенной СППР представим в следующем виде:

1. Определение существенных с точки зрения ЛПР свойств СППР.
2. Разделение выбранных параметров на внешние, внутренние, неконтролируемые и выходные. Отметим, что все параметры могут иметь четкий, нечеткий и случайный характер, причем возможен переход из одной категории в другую.
3. Выбор математической формы записи для выражения функциональных зависимостей между входными и выходными параметрами.
4. Построение локальных моделей и их объединение в общую математическую модель (ММ). Установление иерархических отношений между моделями.
5. Программно-аппаратная реализация локальных моделей и общей ММ, позволяющая по заданным входным параметрам получать значения либо оценки выходных параметров.
6. Осуществление имитационного и/или эволюционного моделирования для проверки изоморфизма моделей и реальных ситуаций.
7. Оценка адекватности, точности, степени универсальности, экономичности и погрешности локальных моделей и общей ММ для обеспечения компромисса между ожидаемыми результатами математического моделирования и результатами вычислительных экспериментов.
8. Конец работы алгоритма.

Заключение. В процессе принятия решений ЛПР стремится выбирать значения вектора управляемых переменных, принадлежащего области поиска, таким образом, чтобы удовлетворить заданным требованиям, если таковые существуют. При формализации задачи соблюдение требований сводится к выполнению системы соотношений между выходными параметрами и их предельно допустимыми по зада-

нию значениями, называемыми условиями работоспособности СППР. Одна из проблем принятия решений – реализация процедуры выбора из различных работоспособных вариантов одного или множества, предпочтительных с точки зрения ЛПР.

При работе с неявно определенными параметрами применяют эвристические методы, основанные на итерационных процессах. Особенность метода заключается в необходимости построения набора сценариев работы с компьютером. Сценарий по существу представляет собой регламентное решение задачи обработки информации в человеко-машинной системе. Это определяет и недостатки такого подхода. При отсутствии сценария для обработки информации быстро меняющейся реальности метод не дает правильных решений. Гибридные методы основаны на интеграции специализированных известных технологий в единый комплекс. Они объединяют детерминированные и вероятностные (стохастические) характеристики [18, 19].

В последнее время появились новые технологии решения задач поддержки принятия решений. К ним относятся бионические и биоинспирированные методы и алгоритмы. Они позволяют получать наборы альтернативных решений и в результате их анализа получать оптимальные и квазиоптимальные результаты. Основной частью этих методов являются генетические алгоритмы. В этих алгоритмах используется моделирование эволюции, а также методы естественного отбора, наблюдаемые среди живых организмов в природе для выбора сильнейших. Эти методы позволяют создавать предельно гибкие, быстрые и эффективные инструменты анализа данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Петровский А.Б.* Теория принятия решений. – М.: Изд. центр «Академия», 2009.
2. *Пригожин И.* От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985.
3. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985.
4. *Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003.
5. *Редько В.Г.* Эволюция, нейронные сети, интеллект: модели и концепции эволюционной кибернетики. – М.: Комкнига, 2005.
6. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Гладков Л.А., Сороколетов П.В.* Бионспирированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009.
7. *Рапопорт Г.Н., Герц А.Г.* Искусственный и биологические интеллекты. Общность структуры, эволюция и процессы познания. – М.: Комкнига, 2005.
8. *Вернадский В.И.* Биосфера ноосфера. – М.: Рольф, 2006. – 576 с.
9. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981.
10. *Тихонов А.Н., Цветков В.Я.* Методы и системы поддержки принятия решений. – М.: МАКС Пресс, 2001.
11. *Грешников А.А.* Математические методы принятия решений. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006.
12. *Микони С.В.* Теория и практика рационального выбора. Монография. – М.: Маршрут, 2004.
13. *Алексеев А.В., Борисов А.Н. и др.* Интеллектуальные системы принятия проектных решений. – Рига: Зинатне, 1997.
14. *Курейчик В.В., Сороколетов П.В.* Принятие решений в неопределенных условиях в задачах проектирования радиоэлектронной аппаратуры // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. – 2007. – № 1. – С. 19-24.
15. *Сороколетов П.В.* Построение интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 117-124.
16. *Кравченко Т.К., Середенко Н.Н.* Создание систем поддержки принятия решений: интеграция преимуществ отдельных подходов // Искусственный интеллект и принятие решений. – М.: Изд-во Институт системного анализа РАН, 2012. – № 1. – С. 39-46.
17. *Гречин И.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В.* Элементы динамических экспертных систем. Монография. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007.

18. Курейчик В.М. Биоинспирированный поиск с использованием сценарного подхода // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 7-13.
19. Курейчик В.М., Кажаров А.А. Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 30-36.

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

Курейчик Виктор Михайлович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: kur@tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634393260; зам. руководителя по научной и инновационной деятельности; профессор.

Kureichik Victor Michylovich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: kur@tsure.ru; GSP 17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634393260; the deputy the head on scientific work and Innovations; professor.

УДК 658.58: 681.5: 001.89:5/6

В.А. Камаев, В.Ю. Мельник, А.В. Кизим

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
И РЕМОНТА**

Целью данной работы является повышение эффективности управления ремонтами и техническим обслуживанием (ТОиР), сокращение экономических и человеческих трудозатрат за счет автоматизации построения планов ремонта оборудования по его состоянию. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: исследование предметной области ремонта и технического обслуживания оборудования, изучение существующих аналогов систем, анализ процесса ремонта оборудования на предприятии, разработка математического аппарата для упорядоченного отбора альтернатив при построении планов ремонта оборудования. Решения поставленных задач рассмотрены в текущей статье. Основное внимание уделено применению неметрических методов многокритериального планирования для поддержки принятия решений в задачах ТОиР.

Техническое обслуживание и ремонт; отдел главного механика; методы принятия решений; поддержка принятия решений; планирование.

V.A. Kamaev, V.Y. Melnik, A.V. Kizim

**APPLICATION OF NONMETRIC METHODS OF MULTICRITERIAL
PLANNING FOR SUPPORT OF DECISION-MAKING IN MAINTENANCE
SERVICE AND REPAIR PROBLEMS**

The aim of this work is to improve management of repairs and maintenance (MRO), the reduction of economic and human labor by automating the construction plans, maintenance of equipment on his condition. To achieve this goal were established the following objectives: a study of the subject area of repair and maintenance of equipment, the study of the existing analogue systems, analysis of repair of equipment in the enterprise, the development of mathematical tools for the orderly selection of alternatives in the construction plans and equipment repair. Decision of tasks considered in the current article. Focuses on the use of non-metric multi-criteria planning methods for decision support in maintenance and repair tasks.

Repair and maintenance service; the chief mechanic's department; decision making methods; decision support; planning.