

Заключение. Наиболее перспективным направлением в создании адаптивных СППР является применение современных методов принятия решений и соответствующих вычислительных процедур, объединяющих методы интеллектуального извлечения знаний, технологии эволюционного моделирования и методы искусственного интеллекта.

Поэтому выявление скрытых закономерностей между переменными характеризующими поведение исследуемых динамических систем является актуальной проблемой интеллектуального анализа данных. Интеграция существующих методов Data mining с новейшими перспективными направлениями развития методов эволюционного моделирования позволит повысить эффективность процедур прогнозирования, классификации, кластеризации, ассоциации и других видов логических закономерностей в данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прохорович В.Е. Прогнозирование состояния сложных технических комплексов. – М.: Наука, 1999.
2. Растрюгин Л.А., Пономорев Ю.П. Экстраполяционные методы проектирования и управления. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Трахтенгерц Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. – М.: СИНТЕГ, 2002.
4. Кулагин В.П. и др. Инновационные технологии и информатизация образования: учеб. для вузов. – М.: Янус-К, 2005. – 180 с.

Кравченко Юрий Алексеевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: krav-jura@yandex.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)371-651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования, доцент.

Kravchenko Yuriy Alekseevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: krav-jura@yandex.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634)371-651.

The Department of Computer Aided Design; associate professor.

УДК 519.24

П.В. Сороколетов

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ*

Описаны основные принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Основными из них являются принципы «Бритвы Оккама» и «целое больше части» Приведена иерархическая СППР на микро, макро и мета – уровнях. Приведены

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 07-01-00174), г/б № 2.1.2.1652.

новые алгоритмы преобразования информации в СППР, позволяющие получать наборы эффективных решений.

Искусственный интеллект; принятие решений; система поддержки принятия решений; экспертная система; знания; база знаний; база данных.

P.V. Sorocoletov

CONSTRUCTION OF INTELLECTUAL SYSTEMS OF SOLUTION SUPPORT

The main principals of intellectual systems of solution support construction are described. The main ones are "Okkama's razor" and "The whole is bigger than one part". Hierarchical system of solution support (SSS) on micro-, macro and meta levels is proposed. New algorithms of information conversion in SSS allowing to get sets of effective solutions are proposed.

Artificial intelligence; solution making; system of solution support; expert system; knowledge; knowledge base; data base.

Введение. В основе интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) лежит понятие искусственного интеллекта (ИИ). Проблемы ИИ тесно связаны с организацией знаний об окружающем мире в виде математических структур, например, множеств, графов, алгоритмов, которые отражают реальные связи и отношения между любыми объектами в природе (в частности, в предметной области) [1-3].

Под ИСППР понимают организационно-техническую систему, состоящую из интеллектуального комплекса средств поддержки принятия решений взаимосвязанного и взаимодействующего с пользователями и сетями ЭВМ и выполняющую решения заданных задач [4].

Укрупненная структура ИСППР по аналогии с другими интеллектуальными системами будет состоять из четырех подсистем: адаптивной; интерактивной; обрабатывающей; подсистемы управления и блока «внешняя среда». Первая подсистема состоит из нескольких уровней: микро-, макро- и метауровней. На этих уровнях эффективно использовать различные модели эволюции [5,6]. Между данными уровнями организована связь на основе полных и неполных, четких (нечетких) графов и гиперграфов. На каждом уровне строится интегрированная целевая функция, определяются свои граничные условия и ограничения. Далее строится обобщенная целевая функция для всей ИСППР. Целевые функции на микро-, макро- и метауровне будут частными целевыми функциями. Здесь реализуется эффект «матрешки» (англ. – nesting). В этом случае

$$\text{ЦФ1} = \alpha_1 K_1 + \alpha_2 K_2 + \dots + \alpha_n K_n, (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1), \quad (1)$$

где ЦФ1 – целевая функция на микроуровне, K_1, K_2, \dots, K_n – частные целевые функции, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – коэффициенты, определяющие степень принадлежности (важности) каждого критерия на этом уровне, n – число частных критериев. Соответственно, на макро- и метауровне запишем

$$\text{ЦФ2} = \beta_1 M_1 + \beta_2 M_2 + \dots + \beta_n M_n, (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = 1), \quad (2)$$

$$\text{ЦФ3} = \gamma_1 R_1 + \gamma_2 R_2 + \dots + \gamma_n R_n, (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n = 1), \quad (3)$$

где ЦФ2 (ЦФ3) – целевая функция на макроуровне (метауровне), M_1, M_2, \dots, M_n (R_1, R_2, \dots, R_n) – частные целевые функции, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ ($\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$) – коэффициенты, определяющие степень принадлежности (важности) каждого критерия на макро- (мета) уровне, n – число частных критериев. Отметим, что для простоты

взято общее число частных критериев (n) на всех уровнях. Тогда обобщенная (интегрированная) целевая функция ИСППР запишется:

$$\text{ЦФинт} = \Omega_1 \text{ЦФ1} + \Omega_2 \text{ЦФ2} + \Omega_3 \text{ЦФ3}, (\Omega_1 + \Omega_2 + \Omega_3 = 1), \quad (4)$$

где $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ – коэффициенты, определяющие степень принадлежности (важности) каждого критерия микро-, макро- и метауровня в интегрированном критерии (ЦФинт) для всей СППР.

На каждом из этих уровней реализуются заданные комплексы алгоритмов при взаимодействии с внешней средой. Автор предлагает для разработки таких алгоритмов использовать положения теории и основные принципы моделирования эволюций и адаптации алгоритмов к окружающей (внешней) среде. Такая ИСППР может быть представлена в следующем виде (рис. 1.) [4,5].

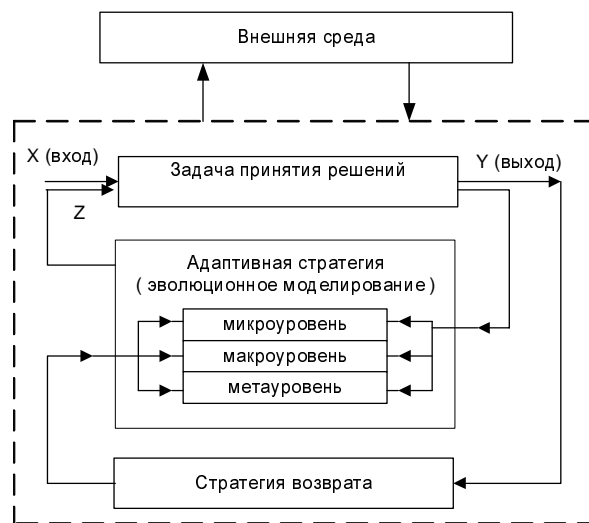


Рис. 1. Трехуровневая адаптивная система

Отметим, что данная система все время взаимодействует с внешней средой. Эта среда является регулятором работы СППР. В качестве внешней среды может выступать пользователь, ЛПР (лицо, принимающее решения), экспертная подсистема и т.п. Взаимодействие может осуществляться различными способами:

- ◆ в виде четкого и нечеткого полного графа (гиперграфа);
- ◆ на основе звезды, дерева и других видов неполных четких и нечетких графов (гиперграфов);
- ◆ на основе четкого и нечеткого функционального («многие к одному») соответствия;
- ◆ на основе четкого и нечеткого инъективного («один к многим») соответствия;
- ◆ на основе биективного (взаимнооднозначного) соответствия.

Вторая подсистема анализирует входные описания на языке пользователя на основе имеющихся знаний и формирует внутреннее неполное и расплывчатое представление задачи. Здесь важно задание четкого множества исходных данных $X = \{x_1, x_2, \dots, x_l\}$ и определение на нем нечеткого множества $\tilde{A} = \{< \mu_1, x_1 >$,

$\langle \mu_2, x_2 \rangle, \dots \langle \mu_1, x_1 \rangle, \}$. При этом $\mu_i \in M(X)$ функция принадлежности элемента x_i , а величина $M(X)$ изменяется на интервале $[0,1]$. Третья подсистема превращает неполное и расплывчатое описание задачи в полное и четкое и снова передает его интерактивной подсистеме. Далее процесс происходит итерационно до получения удовлетворительного решения. Четвертая подсистема управляет процессом решения, взаимодействуя с 1, 2 и 3 подсистемами.

Приведем теперь одну из возможных концептуальных схем ИСППР (рис. 2) [5]. Здесь в качестве множества $\{П1, П2, \dots, Пn\}$ будет выступать множество пользователей или ЛПР. Диалоговый процессор (ДП) является структурной единицей интеллектуального интерфейса ввода, вывода. Наилучшей формой реализации ДП в ИСППР будет совместная программная и аппаратная реализация на основе нейронных сетей, обученных генетическими и биоинспирированными алгоритмами. Пользователь во взаимодействии с ДП на основе адаптации, блочно иерархического подхода и принципов декомпозиции может производить разбиение необходимой задачи принятия решений (ПР) систем больших размерностей на совокупности функциональных подзадач меньшей размерности. При этом должен сохраняться основной синергетический принцип: «целое больше части». Другими словами, после разбиения задачи ПР на части и решения их при получении общего решения должны быть не потеряны основные свойства, присущие общей задаче.

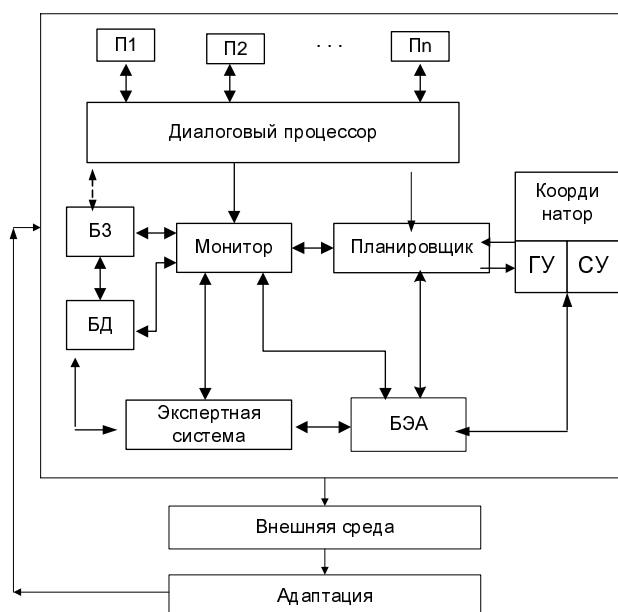


Рис. 2. Концептуальная схема ИСППР

Основная цель планировщика – поиск информации. Совместно с экспертной системой (ЭС) он осуществляет анализ преобразованных данных, полученных из ДП. В зависимости от значений внутренних, внешних и управляющих параметров конструктивных ограничений, заданных режимов работы и т.п. выбирается несколько альтернативных путей решения. Совместно с базой знаний (БЗ), базой данных, хранилищем данных и блоком эволюционной адаптации планировщик осуществляет реализацию процедур поиска для нахождения множества решений и для выбора некоторого подмножества эффективных решений среди имеющихся.

В ИСППР БЗ будет состоять из трех основных блоков: база общих знаний, база системных знаний, база прикладных знаний. В первом блоке будут храниться общие знания, необходимые для решения всех задач принятия решений. Во втором блоке будут храниться знания о всех внутренних связях самой системы. В третьем блоке будут храниться все прикладные знания, например, описание предметных областей, правила и ограничения на процесс принятия решений, комплексы алгоритмов и т.п. В отличие от стандартных баз данных (БД), которые также присутствуют в ИСППР и взаимодействуют с БЗ, последние позволяют обрабатывать знания и в результате этого получать новые знания [2].

Предлагается совместное использование экспертных систем (ЭС) и методов эволюционной адаптации для эффективного решения таких задач. ЭС ИСППР позволяют разработать структурированную схему, отражающую весь ход процесса принятия решений в неопределенных и расплывчатых условиях. ЭС ИСППР в основном моделируют и интерпретируют действия пользователя по организации своих знаний об объекте и делают из них выводы. В основном ЭС ИСППР состоит из трех основных блоков: синтаксический анализатор (интерпретатор), выполняющий грамматический разбор предложений пользователя во время работы; примитивы в обработке знаний; структура языка, обеспечивающая возможность выполнения пошаговой компиляции [4,5].

БЗ помогают создавать порядок из хаоса. Основная цель БЗ получать, хранить, перерабатывать и создавать упорядоченные знания на основе данных и расплывчатых неупорядоченных знаний. В отличие от стандартных БД, которые также присутствуют в ИС и взаимодействуют с БЗ, последние позволяют обрабатывать знания и в результате этого получать новые знания [2]. В настоящее время при принятии решений используются семиотические БЗ. Основные требования в них для объектов, называемых знаниями, являются именованность, структурированность, иерархичность, связность, активность и рефлексивность [5]. БЗ удобно представлять в виде сети фреймов или графов. Причем, каждый фрейм связывает воедино знания о данной ситуации ПР и предсказывает, какие объекты будут обрабатываться, какие события могут произойти. В СППР фреймы являются совокупностью процедурных и декларативных знаний о прикладных моделях и состоят из множества слотов. Слоты содержат знания о конкретной ситуации принятия решений. Кроме того, слоты могут осуществлять вызов алгоритмов и различных процедур и т.д. Слоты одного фрейма взаимодействуют со слотами других фреймов, образуя в случае бинарных связей граф, а в случае n-арных связей – гиперграф [2-5].

Важной задачей является поиск и преобразование информации в таких графовых и гиперграфовых моделях [5]. Можно предложить совместное использование ЭС и методов эволюционной адаптации для эффективного решения таких задач. Экспертные системы в СППР позволяют разработать структурированную схему, отражающую весь ход процесса принятия решений. Эта схема дает возможность составить конечное множество вопросов, которые помогут пользователю эффективно произвести весь процесс ПР [1-5]. Принятие решений – это творческий, интеллектуальный труд ЛПР, пользователя и СППР. ПР часто определяют как процесс преобразования потребности в результат, являющийся элементом в эволюционирующей технологической среде. В этой связи ПР можно интерпретировать как локальный акт самоорганизации в интегрированной среде, который планируется и направляется самой средой [5].

Запишем цепочку формальных преобразований в СППР: Исходные требования \Rightarrow Протокол поведения \Rightarrow Абстрактная грамматика \Rightarrow Логическая структура

⇒ Функциональная схема. Отметим, что каждый элемент в этой цепочке является расплывчатым (нечетким) понятием.

В настоящее время важной задачей при принятии решений является разработка и построение нечетких ЭС. Это программно-алгоритмические комплексы, выполняющие разнообразные функции принятия решений. Они могут: консультировать пользователя; анализировать промежуточные и конечные результаты ПР; обучать пользователя и ЭВМ; обучаться в процессе решения конкретной задачи; давать советы пользователю и ЭВМ; классифицировать рассматриваемую проблему; производить поиск на заданных математических моделях; принимать конкретное решение на любом этапе оптимизации; делать достоверные выводы из неполных и расплывчатых данных и знаний; взаимодействовать с другими ЭС; передавать и приобретать новые знания. К ним относятся причинные модели, категории, абстракции, аналогии.

Понятие «аналогия» (от греческого соответствие, сходство) – сходство предметов в каких-то свойствах. Аналогия – один из основных приемов описания при принятии решений. В работе [4] отмечено, что новая идея появляется в результате сравнения двух объектов, которые еще не сравнивались, а процесс познания есть отыскание аналогий. При этом важны не поверхностные аналогии, а изоморфизмы в математическом смысле, т.е. строгое соответствие между всеми элементами сравниваемых систем. На пути проведения аналогий между концепциями происходит целенаправленное развитие новой теории СППР [4].

Использование аналогий, их смысловых оттенков основано на использовании ассоциативных методов. Основными из них являются методы фокусных объектов (МФО) и гирлянд случайностей и ассоциаций.

Основная цель МФО – поиск новых модификаций известных свойств при принятии решений. Сущность метода состоит в перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый объект, который лежит как-бы в фокусе переноса. Запишем нечеткий алгоритм применения этого метода.

1. Построение заданного четкого множества объектов X .
2. Построение на множестве X нечеткого множества $\tilde{A} = \{\langle \mu_i(x), x_i \rangle\}$, $i = 1, 2, \dots$. Субъективное определение ЛПР функции принадлежности для каждого элемента множества X .
3. Выбор фокусного объекта.
4. Случайный или направленный выбор трех-четырёх объектов.
5. Составление списков признаков выбранных объектов.
6. Генерирование «идей» присоединением к фокусному объекту признаков выбранных объектов.
7. Составление сочетаний путем свободных ассоциаций.
8. Оценка полученных сочетаний и отбор полученных решений. Отметим, что данный пункт целесообразно выполнять ЛПР или экспертной подсистеме.
9. В случае удовлетворительного результата переход к п. 10. В противном случае – выбор или построение новых множеств X и \tilde{A} и переход к п. 3.
10. Конец работы алгоритма.

Запишем теперь нечеткий алгоритм метода гирлянд случайностей и ассоциаций. Основная цель этого алгоритма – найти оптимальное (квазиоптимальное) количество подсказок для новиз идей путем образования ассоциаций.

1. Построение заданного четкого множества объектов X .
2. Построение на множестве X нечеткого множества $\tilde{A} = \{\langle \mu_i(x), x_i \rangle\}$, $i = 1, 2, \dots$. Субъективное определение ЛПР функции принадлежности для каждого элемента множества X .

3. Определение «гирлянды» (набора) синонимов заданного множества объектов.
4. Произвольный (направленный) выбор гирлянды случайных (заданных) объектов.
5. Образование комбинаций из элементов набора синонимов и случайных (заданных) объектов. Другими словами, каждый синоним соединяется с каждым объектом.
6. Составление перечня (таблицы) признаков случайных (заданных) объектов.
7. Генерирование идей путем поочередного присоединения к анализируемому объекту и его синонимам признаков объектов, выявленных в п. 6. Кроме этого, генерируются наборы ассоциаций.
8. Генерирование новых идей – а именно, к элементам наборов синонимов объекта присоединяют элементы набора ассоциаций.
9. Выбор множества альтернатив и их анализ. Если результат удовлетворителен, то переход к п. 10. Если нет, выбор или построение новых множеств X и \tilde{A} и переход к п. 3.
10. Оценка и прогноз будущего выбора рациональных вариантов идей.
11. Из множества полученных альтернатив выбор оптимального (квазиоптимального) решения.
12. Конец работы алгоритма.

Данные алгоритмы преобразовывали поверхностные представления знаний. Эти знания представляются как простые эмпирические ассоциации, которые формируются на основании условных правил, типа «Если X , то Y » или их модификаций. ЭС СППР в основном моделируют и интерпретируют действия пользователя по организации своих знаний об объекте и делают из них выводы. В определенном смысле ЭС СППР помогает ЭВМ применить опыт пользователя при принятии эффективных решений.

В заключение отметим, что важнейшим в развитии СППР является принцип «Бритвы Оккама», что предполагает не усложнять сущности без необходимости, или принцип синтезированной троицы на любом иерархическом уровне, что следует из учений древности и современных исследований. Отметим, что описанная архитектура ИСППР переносит опыт пользователя в ЭВМ для принятия эффективных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Грешилов А.А.* Математические методы принятия решений. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.
2. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000.
3. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах. – М.: Логос, 2000.
4. *Тихонов А.Н., Цветков В.Я.* Методы и системы поддержки принятия решений. – М.: МАКС Пресс, 2001.
5. *Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003.
6. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В.* Анализ и обзор моделей эволюции. Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007, №5. – С.114-126.

Сороколетов Павел Валерьевич
ЗАО «СЕДИКОМ», г. Москва.
E-mail: SorokoletovPV@gidroogk.ru.
Тел.: 8(8495)787-5358.
Начальник отдела.

Sorokoletov Pavel Valerievich
CAS «SEDIKOM», Moscow, Russia.
E-mail: SorokoletovPV@gidroogk.ru.
Phone: 8(8495)787-5358.
Chief of department.

УДК 004.932.2

А.С. Харина, А.В. Кучуганов

ЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МОДЕЛИ ИНТЕРЬЕРА ПО ФОТОИЗОБРАЖЕНИЯМ

Статья посвящена разработанному способу синтеза трехмерной геометрической модели предметов интерьера по фотоизображениям. Целью работы является исследование возможности реконструкции трехмерной (3D) модели по одному или нескольким фотоизображениям при минимальном участии оператора. Основными задачами стали распознавание проекций объектов, получение дополнительной информации, необходимой для реконструкции, реконструкция 3D.

Реконструкция 3D модели; логический вывод; распознавание образов.

A.S. Kharina, A.V. Kuchuganov

LOGIC SYNTHESIS OF INTERIOR MODEL BY PHOTOGRAPHIES

The article covers the way of interior three-dimensional geometrical model synthesis by photographs. The aim is to research ability of three-dimensional (3D) model reconstruction by single or multiple photographs with lightly human intervention. The major tasks are object projection recognition, acquisition of supplementary information, three-dimensional model reconstruction.

3D model reconstruction; inference; pattern recognition.

Построение 3D геометрических моделей существующих или когда-либо существовавших объектов, запечатленных на фотографиях, востребовано в различных областях – в сфере архитектуры, для восстановления экстерьеров и интерьеров, являющихся культурно-историческим наследием, в строительстве, для контроля сочетаемости новых проектируемых строений с существующим архитектурным ансамблем, в планировании ремонтных работ для построения 3D геометрических моделей на этапе согласования работ с заказчиком до и после ремонта, в криминалистике для восстановления трехмерной картины преступления, в организации производства, при проектировании планировок размещения технологического оборудования в производственных цехах.

Для решения этой задачи сегодня используются как универсальные автоматизированные системы геометрического моделирования 3Ds Max, Maya, Rhinoceros и др., так и специализированные – ориентированные именно на реконструкцию моделей по фотографиям Photomodeler, ImageModeler, Canoma и другие. Кроме перечисленных коммерческих систем существует ряд научно-исследовательских и экспериментальных систем (Make3D, Pop-up Photo и др.) [1]. Однако трудоемкость восстановления трехмерных геометрических моделей все еще остается очень высокой, прежде всего из-за большого объема ручного труда [2]. Таким образом, можно считать актуальной задачу снижения трудоемкости подготовки трехмерных