

В общем, результаты показывают преимущество статистического подхода и его достаточный потенциал. При дальнейшем сужении границ распределения максимумов в произвольном многомерном пространстве точность оценки и преимущество перед СВА будет еще выше. Также необходимо исследование поведения алгоритма при анализе цепей большой размерности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Chinnery D. and Keutzer K.*, "Closing the Gap Between ASICs and Custom", Proc. of DAC, 2000.
2. *Зубков Е.А., Лебедев Б.К.* "Об учете паразитных помех при трассировке канала" Сборник тезисов и докладов Международной конференции "Интеллектуальные системы" AIS'05 – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005.
3. *R. Adler*, An Introduction to Continuity, Extrema, and Related Topics for General Gaussian Processes, 1990, p. 49.
4. *D. Pollard*, A User's Guide to Measure Theoretic Probability Cambridge University Press, 2001.
5. *S. Zanella et al.*, "Statistical Timing Macromodeling of Digital IP Libraries", Workshop on Statistical Metrology, 2000.

В.М. Глушань, В.П. Карелин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР*

Процесс проектирования – один из наиболее интеллектуальных видов деятельности человека, поэтому уровень требований, предъявляемых к ИСАПР, превышает современный уровень технологии обработки информации. Автоматизировать удастся только часть процесса проектирования. Интеллектуальная деятельность конструктора наиболее полно проявляется на верхнем – начальном этапе проектирования, где происходит идеологическая разработка схемы проектируемого устройства. Именно здесь осуществляется эвристический выбор алгоритма, его эвристическая доработка и синтез архитектуры устройства. Задачи и проблемы, связанные с начальным этапом проектирования, относятся к классу слабоструктурированных проблем. В их описании преобладает информация качественного характера, а для их решения требуется привлечение экспертных знаний

Для придания традиционным САПР ряда интеллектуальных функций, связанных с поиском и многокритериальным выбором вариантов, их оценкой и т.п., предлагается дополнить САПР интеллектуальной системой (подсистемой) поддержки принятия решений (ИСППР).

Современные ИСППР в упрощенном варианте имеют многоуровневую иерархическую структуру, построенную по принципу IPDI: увеличение интеллектуальности и уменьшение точности (детализированности) обрабатываемой информации при переходе от нижнего уровня системы к верхнему. На верхнем уровне находится база знаний (БЗ), состоящая из четких или нечетких продукционных правил типа: "Если <событие>, то <событие/действие>". Интеллектуальный решатель (ИР) анализирует эти правила, используя информацию о текущем состоянии системы из базы данных (БД), и формирует задачи для планировщика. Протокол работы ИР фиксируется системой объяснения. Планировщик, представляющий тактический уровень системы, используя библиотеку алгоритмов из базы моделей (БМ) и информацию из БД, формирует последовательность действий, необходимых для выполнения задачи. Он контролирует выполнение этой последовательности, кор-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 07-01-00511, № 06-01-00272) и программ развития научного потенциала высшей школы 2006-2008 гг. (РНП.2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238).

ректирует ее в случае необходимости. При возникновении критических сбоев планировщик инициирует анализ ситуации в верхнем уровне. Нижний уровень обеспечивает информационную базу для работы системы и взаимодействия системы с пользователями и внешней средой. Он состоит из реляционной БД и АРМов конструкторов [3].

Особенностями ИСППР являются следующие: ориентация на решение слабо-структурированных и неструктурированных задач; сочетание методов доступа и обработки данных и знаний с возможностями математических моделей и методами решения задач на их основе; высокая адаптивность к требованиям пользователя; дружественный интерфейс, позволяющий манипулировать различными формами диалога и гибко поддерживать знания пользователя.

ИСППР используются для поддержки действий конструктора – лица, принимающего решения (ЛПР) в ситуациях выбора альтернатив, когда собственных знаний, опыта и интуиции ЛПР недостаточно для самостоятельного решения возникающих проблем. В состав ИСППР кроме БД, БЗ, также входят: БМ, блок обработки знаний, интерфейс пользователя и управляющая подсистема. БМ включает совокупность модельных блоков, модулей и процедур, реализующих математические методы, средства когнитивного графического представления информации и интерактивного общения с человеком.

Выработка решения происходит в результате итерационного процесса, в котором участвуют ИСППР и человек, задающий входные данные и оценивающий вычисленные в системе варианты решений.

Ситуация, в которой происходит процесс принятия решения (ПР), характеризуется наличием целей и различных способов их достижения, т.е. множеством альтернатив, с каждой из которых связаны определенные результаты – значение полезности и степень достоверности ее осуществления, которые не всегда могут быть известны. Поэтому ПР часто сопряжено с неясностью и неопределенностью.

Принять правильное решение – значит, выбрать такую альтернативу из числа возможных, в которой с учетом всех разнообразных факторов будет оптимизирована суммарная функция полезности. В сложных ситуациях, когда интуитивный метод ПР не является убедительным и требует объективного обоснования принимаемых решений, необходимо обращаться к научным методам ПР, т.е. использовать известные математические методы и модели.

При выработке ПР в сложных ситуациях в настоящее время используются как строгие количественные, так и менее строгие – качественные математические методы, которые, тем не менее, также допускают формализацию и могут быть реализованы в компьютерных сетях. Количественные математические методы и модели применяют для обоснования принимаемых решений в полностью или частично формализованных системах. К количественным методам, используемым при анализе сложных систем, традиционно относят методы математического программирования, теорию графов и комбинаторный анализ, теорию вероятностей и статистический анализ, методы теории игр и статистических решений, теорию полезности и др.

Качественное описание проводится с целью исследования систем на ранних этапах их проектирования, при исследовании и обработке экспертной информации и эмпирических данных структурными методами, при исследовании процессов ПР человеком, с целью формирования обобщенных понятий, классов ситуаций, соответствующих принимаемым решениям. К моделям и методам качественного анализа относятся такие, как декомпозиция системы на подсистемы, агрегирование систем, модели классификации и распознавания, упорядочения элементов систе-

мы, методы обобщения информации и формирования понятий, согласованности предпочтений, выбор лучших вариантов и др.

Можно построить целую иерархию процедур выбора, где на верхних уровнях будут располагаться наименее формализованные, а, возможно, и целиком субъективные процедуры. Для формализации процедур верхнего уровня, т.е. моделирование опыта высококвалифицированного специалиста, были разработаны различные методы и модели. К ним относятся: нечеткие производственные модели, нечеткие ситуационные модели, классификационные и композиционные модели, модели, использующие нечеткие отношения предпочтения. Наиболее распространенными нечеткими моделями ПР являются модели, использующие нечеткие отношения и композицию нечетких функций, а также классификационные модели. Композиционные модели используются как при формализации приближенных рассуждений ЛПР, так и при организации логического вывода в экспертных системах, где знания представлены системой нечетких производств [1].

Классификационные модели ПР используют алгоритмы определения сходства текущих ситуаций с эталонными ситуациями, либо алгоритмы распознавания сходства или отображения нечетких математических структур (графов, мультиграфов).

Можно выделить следующие группы классификационных моделей:

- а) основанные на нечетком распознавании ситуаций;
- б) использующие систему нечетких решающих функций;
- в) основанные на определении сходства ситуаций;

г) основанные на сравнении нечетких математических структур (графов, мультиграфов с весами на ребрах).

Модели ПР на основе установления сходства ситуаций (поиск по образцу) предполагают сравнение признаков, описывающих ситуацию. При этом подразумевается независимость признаков (свойств, показателей). Однако в общем случае некоторые признаки могут быть взаимозависимыми и описывать ситуацию не непосредственно, а косвенно, через взаимозависимость с другими признаками. Для такого случая зависимость между признаками и отношение признака к ситуации представим в виде ориентированного графа $G = (X, Y, R, M(r), r \in R)$, где X – множество вершин-признаков, Y – множество вершин-эталонных ситуаций (ЭС), R – множество взвешенных ориентированных ребер $r(x_i, x_j)$, и $r(x_i, y_j)$, $x_i, x_j \in X$, $y_j \in Y$; $M(r)$ – функция на ребре r (вес ребра), определяющая для ребер $r(x_i, y_j)$ степень наличия данного признака (или свойства) у ситуации y_j .

Следует отметить, что в общем случае вершинам из Y могут быть сопоставлены произвольные объекты (ситуации), а вершинам из X – произвольные признаки, характеризующие объект в той или иной степени. Связи между вершинами из X могут отображать силу семантической ассоциации. Граф G строится экспертом данной предметной области и позволяет в сжатом виде описывать либо все множество объектов или ситуаций ПР, либо лишь эталоны – представители классов ситуаций.

Текущая ситуация, для которой необходимо найти максимально похожую эталонную, также описывается признаками из множества X с указанием степени принадлежности каждого признака данной ситуации. В работе [1] показано, как по графу G построить для каждой ЭС вектор значений признаков из X , характеризующий данную ЭС, и как для каждой ЭС определяются значения (степени влияния) тех признаков x , которые в графе G соответствуют вершинам x , не связанным

непосредственно с вершинами y . В результате каждая ЭС будет описана более полно с учетом косвенных признаков. Это позволит организовать и более эффективный поиск ЭС, максимально схожей с текущей. Наличие семантически обусловленных ассоциативных связей между признаками $x \in X$ позволяет уточнить описание ЭС $y \in Y$ и, тем самым, способствовать повышению правдоподобности модели ПР.

Запрос, по которому осуществляется вывод (поиск соответствующей ЭС), представляет в общем случае нечеткое подмножество признаков, заданных значениями степеней принадлежности, описывающих текущую ситуацию (поисковый образ), подлежащую классификации.

Логический вывод сводится к определению пути с максимальной оценкой между вершиной z , соответствующей текущей ситуации (поисковому образу) и всеми вершинами-заклЮчениями на графе G_I , образованном присоединением вершины z к графу G , задающему поле знаний [2]. Вершина z соединяется с вершинами-признаками $x \in X$ поля знаний ориентированными ребрами с весами, соответствующими степеням принадлежности соответствующего признака x в описании текущей ситуации (поискового образа). Степень соответствия каждой ЭС посланному запросу (текущей ситуации) определяется оценкой пути, полученного в результате логического вывода.

Предложенная модель определения сходства некоторой ситуации (объекта, документа) с каждой из ЭС также может быть использована и для более гибкого отбора из множества хранящихся в БД документов или иных объектов (описаний схем, ситуаций, методов, алгоритмов и т.п.), когда последние характеризуются взаимозависимыми признаками непосредственно или косвенно.

Предложенная выше структура интеллектуальной системы САПР+ИСППР естественным образом предполагает реализацию в виде распределенной архитектуры с использованием технологии «клиент-сервер». Здесь БД, БЗ, БМ находятся на сервере, а процесс проектирования узлов и блоков сложного устройства или схемы осуществляется в параллельном асинхронном режиме на АРМ-ах конструкторов, подключенных к локальной сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берштейн Л.С., Карелин В.П., Целых А.Н. Модели и методы принятия решений в интегрированных интеллектуальных системах. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1999.
2. Карелин В.П., Целых А.Н. Методы и модели принятия решений в социотехнических системах. Препринт. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 1999.
3. Тимаков С.О. Интеллектуальная система поддержки принятия решений. Тезисы докл. 1-й Всероссийской н-т. конф. "Компьютерные технологии в науке, проектировании и производстве". – Нижний Новгород, 1999.

А.А. Лежебоков

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ С УЧЁТОМ ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК*

Введение. Процесс проектирования ЭВА является сложным и многоэтапным. Одной из задач проектирования является размещение модулей ЭВА в монтажном

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 05-08-18115, № 07-01-00511) и программ развития научного потенциала высшей школы 2006-2008 гг. (РНП.2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238).