

УДК 519.8

МЕТОД СРАВНЕНИЯ СИТУАЦИЙ ПРИ СИТУАЦИОННО-ПРЕЦЕДЕНТНОМ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Л. Н. Ребезюк¹, Е. М. Свичкарь²

¹ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, rebezyuk@kture.kharkov.ua

²ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, eugene19851985@list.ru

Исследуются задачи, составляющие методику ситуационно-прецедентного принятия решений. Представлены варианты решения этих задач. Разрабатывается и исследуется метод количественного сравнения ситуаций, имеющих сложную многоуровневую структуру.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, СИТУАЦИЯ, ПРЕЦЕДЕНТ, МЕРА ПОДОБИЯ, ЯЗЫК ОПИСАНИЯ СИТУАЦИЙ.

Введение

Задачи принятия решений возникают и решаются практически во всех сферах человеческой деятельности. Данные задачи имеют следующие характерные черты: наличие единственной конечной цели, существование множества путей достижения цели, необходимость формирования меры, позволяющей сравнивать решения между собой, необходимость осуществления выбора из возможного множества экстремального (т.е. наилучшего по качеству) единственного решения [1].

Применение классических подходов к решению задач принятия решений [2] часто связано со значительными затратами времени и денежных средств, а также они чаще всего не учитывают опыт принятия решений в той или иной предметной области в прошлом. В связи с этим перспективным направлением является применение ситуационно-прецедентного подхода при принятии решений.

1. Основные принципы ситуационно-прецедентного метода

Ситуационно-прецедентный метод подразумевает применение накопленного опыта к выработке управленческих решений. Он базируется на двух основных принципах:

– представление проблемы, требующей решения, в виде ситуации (которая описывает состояние

системы во время постановки цели и которая строится из понятий);

– применение прецедентов для выработки решений.

Представление проблемы в виде ситуации требует разработки языковых средств описания ситуаций. Языковые средства описания ситуаций можно разделить на два типа: модель (язык) представления ситуаций и язык описания ситуаций. Язык представления ситуаций представляет собой средство формальной постановки задачи (формального представления ситуации), а язык описания ситуаций позволяет описывать ситуации, возникающие при решении задач принятия решений в форме, удобной для человека.

Механизм поиска решений с использованием ситуационного подхода (распознаватель ситуаций) можно представить схемой, которая показана на рис. 1. Здесь введены следующие аббревиатуры: ЯОС — язык описания ситуаций; БЗ — база знаний (хранит множество прецедентов, смысл которых представлен ниже); ЛПР — лицо, принимающее решение.

Второй принцип, на котором построен ситуационно-прецедентный метод, — это принятие решений (рассуждение) на основе прецедентов (СВР — Case-Based Reasoning) [3].

Прецедент определяется как случай, имевший место ранее и служащий примером или оправдани-

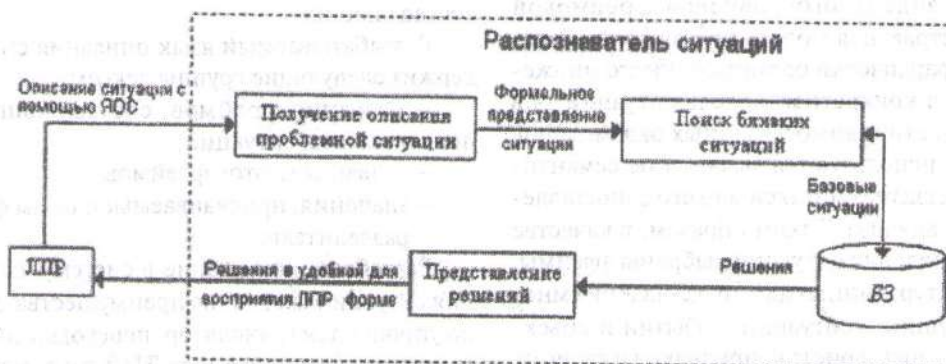


Рис. 1. Механизм поиска проектных решений с применением ситуационного подхода

ем для последующих случаев подобного рода. В рамках ситуационно-прецедентного метода прецедент представляется кортежем <Ситуация, Решения>, где Ситуация — формальное описание базовой ситуации с помощью языка представления ситуаций, Решения — множество решений, имеющих когда-либо место для данной ситуации. Структура элементов множества решений зависит от предметной области, в которой применяется ситуационно-прецедентный метод. Таким образом, прецедент представляет собой информационный блок, включающий в себя базовую ситуацию и соответствующие ей решения; в процессе профессиональной деятельности в некоторой области формируются проблемно ориентированные прецеденты, которые накапливаются в хранилище, в качестве которого могут выступать традиционные СУБД, специализированные серверы знаний, многомерные базы данных и т.д.

Для сравнения ситуаций между собой разрабатывается мера подобия. Мера подобия ситуаций применяется на этапе сравнения текущей ситуации с базовыми ситуациями из БЗ и представляет собой количественную меру, выражающую степень сходства ситуаций.

Особенности реализации, каждой из процедур, составляющих методику применения ситуационно-прецедентного метода, представлены ниже.

2. Языковые средства описания ситуаций

К языку (модели) представления ситуаций предъявляются следующие основные требования [4]:

- наглядность и понятность для заказчика (архитектора системы и её потенциального пользователя);

- нормативность и информативность (языковые средства должны диктовать состав описаний, необходимых для анализа и синтеза системы);

- языковые средства должны обладать чертами непроцедурного языка программирования.

Таковыми свойствами обладают языки представления знаний общего назначения. Они характеризуются следующими особенностями: данные представляются в виде многоуровневой фреймовой структуры, абстрактная модель предметной области — в виде иерархически организованного множества понятий, а конкретная модель ситуации — в виде совокупности взаимосвязанных экземпляров этих понятий; используются механизмы семантического (как развитие синтаксического сопоставления образцов) анализа. Таким образом, в качестве модели представления ситуаций выбраны фреймы. Фрейм — структура данных для представления множества стереотипных ситуаций, событий и объектов, а также их характеристик, признаков и свойств. Эта информация (о характеристиках, признаках и

свойствах) хранится в слотах фрейма [5]. Представление ситуаций с помощью фреймов при решении задач принятия решений оправдано в связи со следующими соображениями: фреймы по сравнению с другими формализмами легко реализуются программно, так как имеют много общего с классами, составляющими основу объектно-ориентированного программирования; фреймы удобны для представления сложных многоуровневых структур, с помощью которых целесообразно представлять ситуации, возникающие при разработке и принятии решений.

В работах, посвященных общим концепциям ситуационного поиска управленческих решений [4, 6], языковые средства описания ситуаций отождествляются с повествовательным текстом, используя который ЛПР (лицо, принимающее решение) может описать (ввести в систему) ситуацию в проблемной области, требующую решения. Но этот текст не может быть хаотичным. Он должен быть построен с учетом следующих составляющих:

- словарь (тезаурус), объединяющий все нормативные списки и правила, определяющие вхождение элементов лексики в текст, их употребление, значение, написание;

- правила объединения лексических элементов (синтаксис) в структуры более высокого уровня (предложение, абзац, статья);

- семантика как аппарат обеспечения контекстно-зависимого общения, обеспечивающего предсказуемость сложной системы [4].

Для перехода от описания ситуации в виде текста к формальному описанию разрабатывается соответствующий транслятор.

В данной работе предложено отказаться от описания ситуации в виде повествовательного текста и разработать для этой цели специальный язык — язык описания ситуаций, учитывающий специфику решаемой с использованием ситуационно-прецедентного метода задачи и специфику предметной области. Следует отметить, что данный язык также строится с использованием перечисленных выше составляющих.

Разрабатываемый язык описания ситуаций содержит следующие группы лексем:

- названия фреймов, составляющих модель представления ситуаций;

- названия слотов фреймов;

- значения, присваиваемые слотам фреймов;

- разделители.

Разработка и введение в систему языка описания ситуаций дает такие преимущества: значительно упрощается транслятор, переводящий описание ситуации, представленное ЛПР, в формальное описание с помощью языка представления ситуаций;

уменьшается количество ошибок, вносимых пользователем системы в описание ситуации, так как описание ситуации с помощью разработанного языка строго регламентировано его синтаксисом.

При этом описание ситуации в некоторой мере «отдаляется» от человека и «приближается» к формальному её представлению. Но удобный и интуитивно понятный синтаксис языка описания ситуаций позволяет свести до минимума данное явление.

3. Применение прецедентов

Рассуждение на основе прецедентов является подходом, позволяющим решить новую (неизвестную) задачу, используя или адаптируя решение уже известной задачи. Как правило, методы рассуждения на основе прецедентов включают в себя четыре основных этапа, образующих так называемый СВР-цикл:

- извлечение наиболее соответствующего (подобного) прецедента (или прецедентов) для сложившейся ситуации из базы прецедентов;
- повторное использование извлеченного прецедента для попытки решения текущей проблемы (задачи);
- пересмотр и адаптация в случае необходимости полученного решения в соответствии с текущей проблемой (задачей);
- сохранение вновь принятого решения как части нового прецедента.

Прецедент является основной составляющей единицей базы знаний проектируемой системы автоматизации принятия решений на основе накопленного опыта. Извлечение наиболее подобного прецедента осуществляется на основе сравнения текущей ситуации (требующей решения) с базовыми ситуациями каждого прецедента БЗ. Извлекается тот прецедент, базовая ситуация которого является наиболее близкой по отношению к текущей.

4. Разработка меры подобия ситуаций

Мера подобия должна удовлетворять следующим требованиям:

- возможность сравнения любых ситуаций, возникающих в данной предметной области;
- обеспечение достаточно адекватной оценки степени схожести ситуаций (для абсолютно одинаковых ситуаций мера подобия должна принимать предельное значение, показывающее, что ситуации являются идентичными);
- учет относительной важности каждой из составляющих ситуации.

В работах, посвященных ситуационно-прецедентному методу [4], была представлена мера подобия, позволяющая сравнивать ситуации, которые представляются набором атрибутов, каждый из ко-

торых принимает количественное значение. Данная мера подобия определяется следующим образом (применяя взвешенную меру близости (1)):

$$d_{pq}^{(w)} = \left(\sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot (x_{pi} - x_{qi})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где $d_{pq}^{(w)}$ — взвешенная мера близости; w_i — вес i -го признака (атрибута) ситуации ($w_i \in [0, 1]$); x_{pi} — значение i -го признака ситуации p ; x_{qi} — значение i -го признака ситуации q ; n — количество признаков в ситуации.

Учитывая вычисленную взвешенную меру близости, меру подобия можно вычислить, используя выражение:

$$SM_{pq}^{(w)} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot d_{pq}^{(w)}}, \quad (2)$$

где $SM_{pq}^{(w)}$ — мера подобия ситуаций; α — ненулевой положительный коэффициент, влияющий на гладкость функции (2).

Представленная выше мера подобия (2) имеет следующие особенности:

- она принимает значения в диапазоне (0, 1], причем значение 1 достигается при условии, что ситуации идентичны: для них $d_{pq}^{(w)} = 0$; чем ближе мера подобия к нулю, тем более различны сравниваемые ситуации (при этом значение 0 никогда не достигается, т.к. $d_{pq}^{(w)}$ всегда имеет конечное положительное значение);

– коэффициент α позволяет изменять гладкость функции (2) (рис. 2).

– значения x_{pi} и x_{qi} должны быть пронормированы (т. е. они должны быть в диапазоне [0, 1]).

Мера подобия (2) проста для вычислений и понимания. Но данная мера не позволяет сравнивать ситуации, имеющие сложную многоуровневую структуру, и, кроме того, не позволяет учесть отсутствие одного или нескольких признаков в сравниваемых ситуациях, а также вес отсутствующих признаков. Отсутствие перечисленных возможностей при применении меры (2) порождает задачу синтеза меры подобия ситуаций другого вида, которая бы предоставляла эти возможности.

Таким образом, помимо уже сформулированных требований к разрабатываемой мере подобия добавляются еще следующие требования:

- возможность сравнения ситуаций, имеющих сложную многоуровневую структуру;
- учет отсутствия в сравниваемых ситуациях некоторых признаков на любом из уровней структуры ситуации;
- учет весов как присутствующих, так и отсутствующих частей ситуаций.

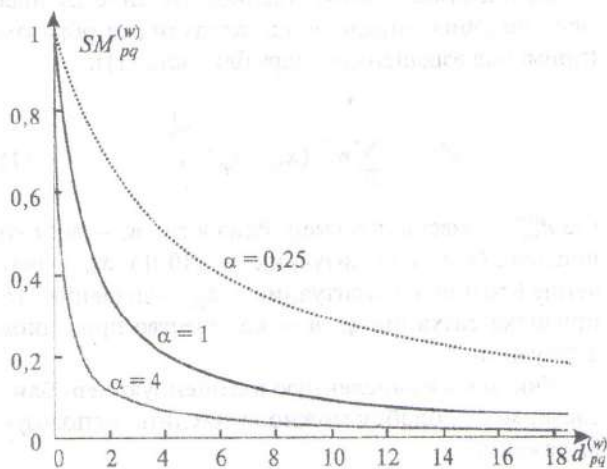


Рис. 2. Вид зависимости меры подобия от взвешенной меры различия при различных значениях коэффициента α

Прежде чем приступить к собственно разработке меры подобия, удовлетворяющей данным требованиям, рассмотрим, что представляет собой ситуация с многоуровневой структурой. Для этого как пример рассмотрим структуру, которая была разработана для представления ситуаций, возникающих при решении задачи выбора компонентов СУА. Структура данной ситуации является четырехуровневой и имеет вид, представленный на рис. 3. Рассмотрим, какие элементы составляют эту структуру.

На первом уровне (всегда) находится один агрегирующий элемент — «Ситуация». Он содержит элементы следующего типа:

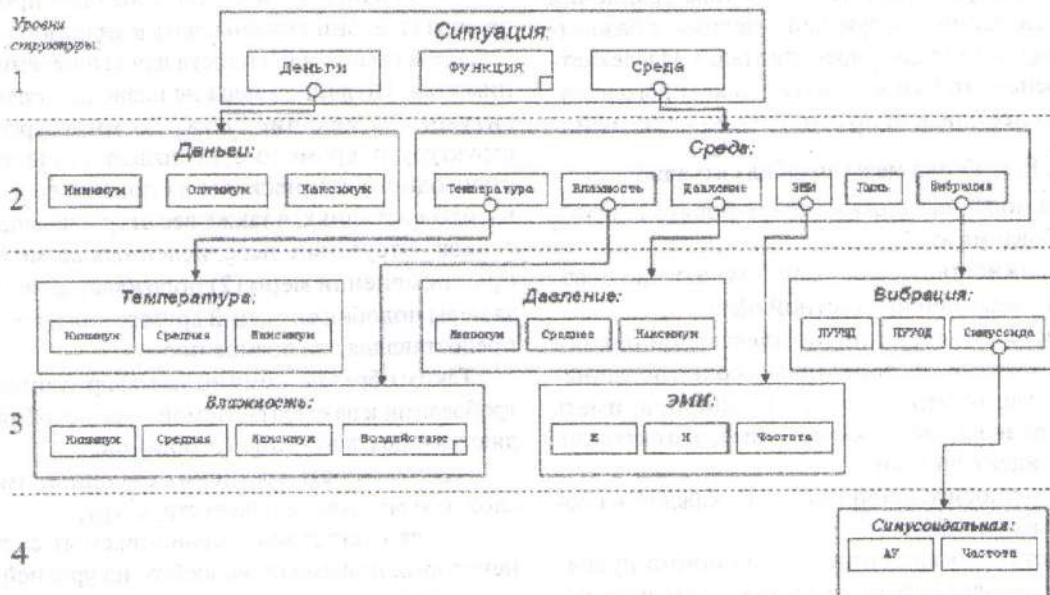


Рис. 3. Структура ситуации: ЭМИ — электромагнитные излучения; ПУУМД — пиковое ударное ускорение (удар многократного действия); ПУУОД — пиковое ударное ускорение (удар одиночного действия); Е — напряженность электрического поля; Н — напряженность магнитного поля; АУ — амплитуда ускорения

— качественный признак перечислимого типа; обозначен прямоугольником с маленьким квадратом в правом нижнем углу и с названием признака внутри прямоугольника;

— признак ссылочного типа; содержит ссылку на агрегирующий элемент нижнего уровня; обозначается прямоугольником с кружком на нижней стороне и названием признака внутри прямоугольника.

Кроме этих двух элементов, ситуации могут иметь еще один, количественный признак — признак, имеющий определенное числовое значение в некотором диапазоне; обозначается прямоугольником, который внутри содержит название элемента.

Каждый агрегирующий элемент может содержать любой из перечисленных выше элементов.

Таким образом, применяя перечисленные выше элементы, можно построить многоуровневую структуру ситуации в любой предметной области. Можно заметить, что получаемая таким образом структура является древовидной.

Следует отметить, что мера подобия (2) позволяет сравнивать ситуации, структура которых состоит из одного уровня, на котором отсутствуют признаки ссылочного типа. Кроме того, ни один из элементов не может отсутствовать.

При разработке меры подобия для сравнения ситуаций, имеющих сложную многоуровневую структуру, возникают следующие проблемы:

— переход от качественных характеристик к их количественным значениям (при этом должно выполняться важное для сравнения ситуаций условие:

чем более близки качественные характеристики, тем меньше разница между числами, к которым они преобразованы);

— формализация сравнения в случае, когда в структуре одной из сравниваемых ситуаций элемент присутствует, а в структуре второй — отсутствует. Решение первой проблемы в значительной степени зависит от предметной области. При разработке меры подобия будем считать, что данная проблема решена. Тогда элемент «качественный признак перечислимого типа» преобразуется в элемент «количественный признак». В таком случае каждый агрегирующий элемент структуры будет содержать два множества признаков: множество количественных признаков и множество признаков ссылочного типа.

Решение второй проблемы представим следующим образом. Для каждого элемента полной структуры ситуации необходимо определить два весовых коэффициента: один применяется при сравнении двух элементов в случае, когда они присутствуют в структуре каждой из сравниваемых ситуаций; второй весовой коэффициент используется в случае, когда в структуре одной из ситуаций сравниваемый элемент отсутствует (при этом в структуре другой ситуации он должен обязательно присутствовать). Если в структурах каждой из сравниваемых ситуаций некоторые элементы отсутствуют, то по этим элементам сравнение осуществляться не будет.

Прежде чем представить методику сравнения ситуаций, имеющих сложную многоуровневую структуру, рассмотрим, какие при этом возможны случаи:

— один и тот же количественный признак присутствует в структуре каждого из сравниваемых агрегирующих элементов (ПК);

— количественный признак присутствует в структуре одного и отсутствует в структуре другого агрегирующего элемента (ОК);

— количественный признак отсутствует в структуре каждого из сравниваемых элементов;

— один и тот же внутренний агрегирующий элемент присутствует в структуре каждого из сравниваемых агрегирующих элементов (ПА);

— внутренний агрегирующий элемент присутствует в структуре одного и отсутствует в структуре другого элемента;

— внутренний агрегирующий элемент отсутствует в структуре каждого из сравниваемых элементов.

Для получения количественной меры подобия агрегирующих элементов (а ситуация — это агрегирующий элемент самого верхнего уровня) предлагается следующий алгоритм.

Шаг 1. Посчитать оценку степени близости сравниваемых элементов. Для этого необходимо посчитать и просуммировать следующие величины:

— степень близости по количественным признакам, присутствующим в каждом из сравниваемых элементов, вычисляемая по формуле:

$$d_{pq}^{\text{ПК}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{ПК}}} \alpha_i^{\text{П}} \cdot |x_{pi} - x_{qi}|,$$

где $N_{\text{ПК}}$ — число количественных признаков, присутствующих в каждом из сравниваемых элементов, $\alpha_i^{\text{П}}$ — относительный вес i -го признака для случая, когда этот признак имеется в каждом из сравниваемых элементов, x_{pi} — значение i -го признака в элементе p , x_{qi} — значение i -го признака в элементе q ;

— степень различия по количественным признакам, присутствующим только в одном из агрегирующих элементов, требующих сравнения; определяется выражением:

$$d_{pq}^{\text{ОК}} = \sum_{j=1}^{N_{\text{ОК}}} \alpha_j^{\text{О}} \cdot |x_{bj} - 0.5|,$$

где $N_{\text{ОК}}$ — число количественных признаков, присутствующих только в одном из сравниваемых элементов, $\alpha_j^{\text{О}}$ — относительный вес j -го признака для случая, когда этот признак имеется только в одном из сравниваемых элементов, x_{bj} — значение j -го признака в том элементе, в структуре которого этот признак присутствует. При этом:

$$x_{bj} = \begin{cases} x_{bj}, & \text{если } j\text{-й признак отсутствует в элементе } q, \\ x_{qj}, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

— степень близости по внутренним агрегирующим элементам, присутствующим в каждом из сравниваемых элементов, определяется:

$$d_{pq}^{\text{ПА}} = \sum_{k=1}^{N_{\text{ПА}}} (d'_{pq})_k,$$

где $N_{\text{ПА}}$ — количество внутренних агрегирующих элементов, присутствующих в структуре каждого из сравниваемых элементов, $(d'_{pq})_k$ — степень различия между k -ми агрегирующими элементами сравниваемых элементов p и q , определяющаяся путем рекурсивного применения шага 1 данного алгоритма к k -м внутренним агрегирующим элементам, имеющимся в составе элементов p и q ;

— степень различия по внутренним агрегирующим элементам, которые содержатся только в одном из сравниваемых элементов; вычисляется по формуле:

$$d_{pq}^{\text{ОА}} = \sum_{m=1}^{N_{\text{ОА}}} (d'_p)_m,$$

где $N_{\text{ОА}}$ — количество внутренних агрегирующих элементов, присутствующих в структуре только одного из сравниваемых элементов, $(d'_p)_m$ — оценка

степени различия между m -м внутренним агрегирующим элементом, присутствующим в одном из сравниваемых элементов, и фиктивным внутренним агрегирующим элементом, который имеет структуру, аналогичную присутствующему агрегирующему элементу, и строится следующим образом:

а) определить, какие из агрегирующих элементов присутствуют в существующем агрегирующем элементе;

б) в создаваемый фиктивный элемент добавить элементы, соответствующие выявленным в пункте а), создав их с помощью рекурсивного применения данной процедуры (т. е. алгоритма создания фиктивного элемента) к агрегирующим элементам нижнего уровня;

в) важный момент — в фиктивном элементе ни на одном из уровней его структуры не создаются количественные признаки; это необходимо, чтобы при сравнении фиктивного элемента с существующим применялись весовые коэффициенты, предназначенные специально для сравнения признаков, присутствующих в одном элементе и отсутствующих во втором.

Шаг 2. Используя полученную взвешенную меру близости, вычислить меру подобия, которая описывается в этом случае выражением (2).

Представленная выше мера подобия удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к мере подобия ситуаций, имеющих сложную многоуровневую структуру. Однако разработанная мера подобия имеет свои недостатки:

— замена отсутствующего количественного признака значением 0,5 не всегда может быть оправданна (поскольку значение 0,5 может даже не соответствовать среднему арифметическому значению признака по всем ситуациям из базы прецедентов);

— при повышении сложности структуры ситуаций (увеличение количества уровней и количества элементов на каждом из уровней) значительно усложняется вычислительная сложность данной процедуры (за счет рекурсивного применения процедуры сравнения и возникающих при этом рекурсивных процедур построения фиктивных элементов).

Но все же, несмотря на перечисленные недостатки, главным достоинством разработанной меры подобия является то, что она позволяет сравнивать ситуации, представленные сложной многоуровневой структурой, удовлетворяя при этом основным требованиям, которые к ней предъявляются.

Выводы

В результате исследований были выявлены основные проблемы (задачи), составляющие методику реализации ситуационно-прецедентного принятия решений. Суть каждой проблемы (задачи)

подробно изложена. Представлены процедуры их решения.

Особое внимание уделено разработке меры подобия ситуаций, поскольку мера подобия является «узким местом» ситуационно-прецедентного метода. Метод может давать совершенно неудовлетворительные результаты, если мера подобия ситуаций не будет адекватно отображать степень сходства ситуаций и учитывать особенности предметной области. При этом нивелируется положительное воздействие на результат таких факторов, как значительное увеличение количества прецедентов в базе знаний или усовершенствование модели представленных ситуаций.

В результате исследований был предложен метод количественного сравнения ситуаций как мера подобия, использующаяся в практике сравнения ситуаций.

Таким образом, в работе представлены все процедуры, составляющие методику применения ситуационно-прецедентного метода принятия решений. Используя данную методику, разрабатывается программное и информационное обеспечение для реализации рассматриваемого метода. Полученная в результате программной реализации ситуационно-прецедентного метода система позволяет принимать решения в той предметной области, для которой метод адаптирован, на основе накопленного опыта в этой предметной области. При этом система не исключает применения оптимизационных методов — она лишь сохраняет ситуации и принятые для них решения, а также извлекает решения, в наибольшей степени соответствующие текущей ситуации, из базы прецедентов и позволяет на их основе осуществить принятие нового решения.

Система позволяет получать адекватные решения, только когда база знаний будет заполнена значительным количеством прецедентов.

Список литературы: 1. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник І.В. Методи та засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах: Навч. посіб./За ред. Е.Г.Петрова. — К.: Техніка, 2004. — 256 с. 2. Воробйов С.А., Мар'їн С.О., Пономаренко О.С. Теорія прийняття рішень. Класичні підходи: Навч. посібник. — Харків: ХТУРЕ, 2000. — 196 с. 3. Варшавский П.Р. Применение метода аналогий в рассуждении на основе прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений. // Девятая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2004. — М.: Физматлит, 2004. — Т.1. — С. 218–226. 4. Сорочан М.В., Куземин А.Я. Понятийное представление ситуации при поиске и классификации проектных решений // Прикладная радиоэлектроника. — 2004. — Т. 3. — № 3. — С. 60–66. 5. Мински М. Фреймы для представления знаний. — М.: Энергия, 1979. — 152 с. 6. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. — М.: Наука, 1986. — 288 с.

Поступила в редколлегию 20.04.07