



УДК 007:519.816

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАССУЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Куриленко И.Е.

*Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
г. Москва, Россия*

ivan@appmat.com

Рассматривается расширение возможностей средств рассуждений на основе прецедентов возможностью учета фактора времени. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки принятия решений, моделирование правдоподобных рассуждений, рассуждения на основе темпоральных прецедентов, темпоральная логика.

Введение

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке систем, ориентированных на решение задач в открытых и динамических предметных областях (ПО) [Рыбина, 2010, Вагин и др., 2001, Вагин и др., 1999, Лисьев и др., 2011]. Следует отметить, что большинство таких практических задач плохо формализованы [Варшавский и др., 2006]. При поиске решения плохо формализованных задач возникает необходимость применения правдоподобных методов вывода, позволяющих найти приемлемое решение [Варшавский и др., 2009, Montani at all, 2013]. Один из таких методов базируется на том факте, что человеку свойственно на первом этапе при решении новой, неизвестной задачи пытаться использовать решения, которые принимались ранее в подобных случаях и при необходимости адаптировать их к рассматриваемому [Eremeev at all, 2013]. Данный подход с использованием накопленного опыта лег в основу методов и моделей рассуждений на основе аналогий и прецедентов (CBR — Case-Based Reasoning) [Варшавский и др., 2006, 2009, Montani at all, 2013].

Данные методы хорошо проработаны и внедрены на практике, однако во многих случаях при выводе используются «мгновенные» снимки ключевых параметров, а история их изменения не учитывается. Учитывая, что природа физических процессов такова, что к одному и тому же значению ключевых параметров контролируемый процесс может перейти разными путями, которые и будут во многом определять дальнейшую динамику их изменения, остро встает вопрос о разработке новых

методов рассуждений с учетом фактора времени [Eremeev at all, 2009, 2013, Варшавский и др., 2012].

В рамках данной работы рассматриваются формальные модели, расширяющие метод рассуждений на основе прецедентов (на примере метода ближайшего соседа) возможностью учета поведения контролируемого объекта во времени [Борисов и др., 2005, Куриленко и др., 2009]. При учете фактора времени появляется возможность рассмотреть проблемную ситуацию в динамике, то есть текущая ситуация сравнивается не с какими-либо фиксированными значениями прецедентов, а отслеживается процесс изменения значений, что позволяет строить предположения не по одному параметру сходства, а более глубоко проанализировать проблемную ситуацию.

1. Темпоральное расширение метода ближайшего соседа

Наиболее простым способом адаптации существующих алгоритмов вывода на основе прецедентов к учету фактора времени является подмена «мгновенного» снимка ключевых параметров «историей» их изменения. Эта история может быть представлена в виде матрицы значений, составленной на определенный период наблюдения с определенным интервалом (тактом).

Для вывода в этом случае могут использоваться имеющиеся алгоритмы и методы. Для этого матрица перепаковывается в вектор путем последовательной записи в него элементов ее столбцов. Таким образом, в прецедент включаются не только значения параметров в текущий момент времени, но и их значения на некоторый период времени до

этого. При этом эксперту в интерфейсе программы может представляться более удобная для интерпретации и заполнения матричная форма, а ее преобразование в массив для применения того или иного CBR-метода система может выполнять автоматически.

Иной способ внедрения фактора времени в процесс рассуждений основывается на учете решений, полученных на прошлых этапах при выборе решения на текущем этапе. Проиллюстрируем его на примере расширения метода ближайшего соседа. В первую очередь следует определить отрезок времени для анализа проблемной ситуации (глубину анализа). Далее рассматриваемый промежуток времени разбивается на N равных отрезков с некоторым шагом (тактом).

В сформированной базе прецедентов, где каждый прецедент представляется в параметризованном виде [Варшавский и др, 2006], происходит сравнение значений параметров ситуации в каждый момент времени i , где $i = 0, 1, \dots, N$. Значения параметров прецедентов сравниваются между собой по методу ближайшего соседа с выбранной метрикой, к примеру, Евклидовой. Для всех точек i получаются варианты прецедентов с определенными интегральными оценками, которые могут быть выбраны как соответствующие ситуации в этой точке для текущего значения порога подобия. На следующем этапе по интегральным оценкам в моментах i выбирается наиболее вероятный прецедент или группа прецедентов, удовлетворяющих поисковому условию. Каждому результирующему прецеденту в соответствие ставится мера сходства, которая определяется по правилу: «При совпадении всех параметров в описании прецедента и текущей ситуации степень сходства будет равна 1, а каждый совпавший параметр дает вклад равный $1/n$, где n – число параметров в описании прецедента и текущей ситуации».

Отметим, что используя значения параметров в точках i можно с помощью интерполяции построить прогноз развития проблемной ситуации (на уровне параметров).

На результат поиска прецедентов, удовлетворяющих проблемной ситуации, оказывает влияние несколько параметров. Во-первых, это выбор метрики. В каждом конкретном случае этот выбор производится по-разному, в зависимости от целей ЛПР, физической и статистической природы используемой информации при управлении сложным объектом и других ограничений и факторов, влияющих на процесс поиска решения. Во-вторых, влияние оказывает выбор шага, с которым разбивается на промежутки рассматриваемый отрезок времени. Вариация размеров шага дает различное количество дискретных точек, по которым происходит сравнение значений параметров прецедентов. Это оказывает влияние не только на точность выбора прецедента, но и на скорость выполнения

поискового алгоритма, а так же на величину погрешности, с которой может быть построен прогноз, если это необходимо. И, в-третьих, важным оказывается выбор порогового значения, определяющего степень сходства.

Предложенные методы могут быть использованы как по отдельности, так и в комбинации друг с другом. В практических приложениях важно правильно определить величину N и размер такта. При этом следует учитывать вероятность скачкообразного изменения поведения параметров контролируемого объекта или процесса. Если такое возможно, то предпочтительнее использовать первый метод.

2. Использование темпоральной логики при рассуждении на основе прецедентов

Изложенные в предыдущем разделе методы можно улучшить. Очевидное улучшение – переход к моделям, позволяющим хранить меньше информации, допускающих рассуждения с использованием как метрической, так и качественной информации.

Определим метрическую точечную задачу согласования временных ограничений (МЗСВО) как $Z=(V,D,C)$, где $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ – конечное множество временных переменных, соответствующих моментам времени; D – область значений временных переменных (является либо множеством вещественных чисел, либо множеством целых чисел); C – конечное число бинарных временных ограничений вида $C_{ij} = \{[a_i, b_i], \dots, [a_k, b_k]\}$, где интервалы попарно не пересекаются. Бинарные ограничения позволяют определить разрешенную дистанцию между моментами времени и интерпретируются как $(a_i \leq V_j - V_i \leq b_i) \cup \dots \cup (a_k \leq V_j - V_i \leq b_k)$. Для решения задачи требуется скорректировать все ограничения так, чтобы они не противоречили друг другу. Если подобная корректировка возможна МЗСВО считается согласованной (иначе – несогласованной).

Используем формализм МЗСВО для описания наблюдаемых ситуаций и прецедентов. При этом фиксируется как сам факт наступления тех или иных событий, их порядок, так и время их появления (метрика).

Для задания структуры темпорального прецедента на основе МВЛ вводится определение ситуации как $S = \langle Z, P, a \rangle$, где Z – МЗСВО; $P = \{P_1, \dots, P_k\}$ – набор параметров контролируемого объекта; $a: V \rightarrow P$ – функция, сопоставляющая каждой временной переменной (событию) набор параметров, которые характеризовали состояние объекта или процесса в данный момент времени. Прецедент определяется как ситуация, дополненная диагнозом и рекомендациями ЛПР – $\langle Z, P, a, R \rangle$. Далее будем предполагать, что МЗСВО – Z согласованы и преобразованы в минимальный вид. При поиске прецедента для наблюдаемой ситуации

используется алгоритм, учитывающий временные характеристики и состояние контролируемого объекта или процесса в момент наблюдения тех или иных событий.

Предложен обобщенный улучшенный алгоритм извлечения темпоральных прецедентов, построенный для моделей представления прецедентов, использующих временные логики, представляющие информацию о времени в виде временных ограничений. В этом алгоритме на первом этапе проверяется сходство временной структуры. Алгоритм контроля этого сходства может быть разбит на два этапа. На первом проверяется необходимое условие - пересечение каждого ограничения в наблюдаемой ситуации с соответствующим ограничением в прецеденте должно быть не пусто (в противном случае констатируется отсутствие временного сходства). Если на первом этапе не произошло усиления имеющихся ограничений, то необходимости во втором этапе нет, и временное сходство имеется. Если произошло уточнение временных ограничений - то требуется проверить согласованность полученной модели. Если она согласована (непротиворечива), то есть сходство - иначе сходства нет. Алгоритм, используемый на втором этапе может быть улучшен, если использовать методы пошагового уточнения задачи согласования временных ограничений. В некоторых случаях может использоваться более сильное требование идентичности временных ограничений (в этом случае проверка согласованности не требуется). После проверки сходства временной структуры проверяется сходство параметров.

Для вычисления соответствия временной структуры наблюдаемой ситуации и прецедента могут быть предложены несколько методов - метод с жесткими ограничениями и метод с мягкими ограничениями. Метод с жесткими ограничениями предполагает точное соответствие наблюдаемых событий и событий, имеющихся в прецеденте, а также для каждого метрического ограничения C_{ij} в прецеденте его пересечение с ограничением C_{ij}^* в наблюдаемой ситуации должны равняться C_{ij} . При этом для того, чтобы события в прецеденте и анализируемой ситуации соответствовали друг другу, предполагается использовать для их нумерации числа, получаемые в результате сортировки по имени параметра и времени. Этот метод полезен для систем, в которых временные характеристики протекающих процессов (время наступления событий и их порядок) достаточно стабильны. В случае использования метода с мягкими ограничениями снимается условие, что для каждого метрического ограничения C_{ij} в прецеденте его пересечение с ограничением C_{ij}^* в наблюдаемой ситуации должны равняться C_{ij} . Оно заменяется на то, что это пересечение не пусто и C_{ij}^* вложено в C_{ij} . Возможно дальнейшее смягчение условий при анализе степени сходства с учетом изменения истории изменений каждого параметра по отдельности. Тут возможны разные стратегии

(например, учитывающие ограничения между событиями изменения значений разных параметров с большим весом, чем ограничения, наложенные на события полученные из-за изменения одного параметра). Вычисление прецедента на основе выборки похожих ситуаций (обучение) в данном случае может быть выполнено на основе смягчения ограничений C_{ij} в одном из вариантов так, чтобы выполнялись условия его подобия другим ситуациям. Для определения подобия параметров контролируемого объекта или процесса в момент наступления того или иного события может использоваться подходящий на практике метод оценки сходства (например, метод ближайшего соседа). Организация прецедентов на основе метрической ЗСВО позволяет учитывать как последовательности событий, так и их длительности.

Если анализ длительностей не принципиален, а важен порядок событий можно воспользоваться качественной временной логикой - например, точечной временной логикой, для которой в работах [Еремеев и др., 2005, 2007, 2009, 2010, Куриленко 2009, Куриленко и др., 2014] предлагаются быстродействующие алгоритмы вывода. В этом случае для представления прецедента может использоваться точечная ЗСВО, а определение степени сходства наблюдаемой ситуации и прецедента может основываться на решении задачи логической эквивалентности соответствующих минимальных ЗСВО.

Естественным развитием рассмотренных моделей является обеспечение возможности указания в моменты изменения не всех параметров наблюдаемого объекта, а только изменяющихся.

Исходя из практических соображений перспективным выглядит построение модели представления прецедента на основе расширенной точно-интервальной временной логики. Эта логика позволяет работать как с качественной информацией, заданной в виде ограничений «момент-момент», «момент-интервал», «интервал-интервал», так и с метрической информацией: длиной временного интервала и точным положением момента на временной оси. Рассмотрим метод представления прецедентов с использованием выражений расширенной точно-интервальной временной логики. ЗСВО для расширенной точно-интервальной временной логики задается, как $Z=(V, D_1, D_2, C)$, где V - конечное множество временных переменных, соответствующих моментам или интервалам времени; D_1 - область значений временных переменных - моментов времени (множество вещественных или целых чисел), D_2 - область значения временных переменных - интервалов времени (множество пар вещественных или целых чисел); C - конечное число бинарных временных ограничений.

При вычислении соответствия временной структуры наблюдаемой ситуации и прецедента существенно важным является быстродействие

алгоритмов сопоставления событий как временных ограничений. Для ускорения процесса временного вывода решатель использует алгоритмы сокращения перебора на графах, основанные на объединении ребер и вершин, которые имеют идентичную метрическую информацию или могут быть представлены сверткой базовых бинарных ограничений между примитивами точечно-интервальной временной логики. Разработан эффективный способ представления темпоральной информации и временных ограничений, как бинарных масок-векторов, который позволяет компактно хранить темпоральную информацию. Каждое ограничение C_{ij} между временными интервалами в расширенной точечно-интервальной временной логике может быть сведено к четверке точечных временных ограничений между моментами, которые являются граничными точками интервалов. Затем каждое ограничение четверки, являющееся уже точечным ограничением, кодируется особым образом и помещается в битовую маску-вектор. В основе алгоритма вычисления выполнимых ограничений лежит преобразование битовых масок-векторов и получение матрицы дизъюнктивных ограничений. Искомое ограничение C_{ij} является элементом $[i, j]$ данной матрицы после завершения работы алгоритма вывода.

Использование такой структуры темпоральных прецедентов позволяет учитывать одновременно и метрическую и качественную информацию о времени.

Рассмотренные модели легко расширить для возможности обработки неточной или неопределенной информацией. Например, может быть определена временная мера подобия для гетерогенных последовательностей событий, основанных на временной модели вероятностной сети временных ограничений. Как индикатор сходства исходных последовательностей событий в этом случае может использоваться общая неопределенность возможных ограничений. Менее сходные последовательности производят более неопределенные временные ограничения и наоборот. Эти ограничения являются неопределенными вследствие неточности, порожденной временными различиями последовательностей. В качестве основа темпорального прецедента в этом случае используется нечеткая временная логика. Рассмотрим множество событий, связанных с неточностью и неопределенностью знаний и рассматриваемых, как подмножества множества X , где событие наступает. Пустое множество связано с не наступлением события. Определим модель, которая использует потенциал теории возможностей [Zadeh et al, 1978] как средство для представления и рассуждения с неопределенными точечными временными ограничениями. Неопределенность ограничений выражается в неопределенной временной связи. Таким образом, неопределенность представляется в виде вектора с участием трех возможных способов выражения

значения относительной правдоподобности трех основных ограничений до ($<$), в то же время ($=$), и после ($>$), которое может содержаться между двумя точками. Помимо перечисленных существуют дизъюнктивные ограничения «до или в то же время», «после или в то же время», а также возможен случай полного отсутствия информации (когда, любое из трех основных ограничений возможно). Для двух временных точек i и j , вероятностное ограничение r_{ij} между ними представлено в виде нормализованного вектора $r_{ij}=(P_{i<j}, P_{i=j}, P_{i>j})$, где $P_{i<j}$ (соответственно $P_{i=j}, P_{i>j}$) является вероятностью того, что $i<j$ (соответственно, $i=j, i>j$). Над этими векторами определяются базовые операции над временными ограничениями (композиция, отрицание, дополнение и пересечение), что позволяет определить алгебру временных ограничений. Временная модель вероятностной сети временных ограничений является видом задачи согласования временных ограничений (далее ЗСВО) и определяется как $PTCN = \langle TP, R \rangle$, где TP - множество моментов времени, R представляет собой множество возможных временных ограничений, определенных над множеством моментов времени. Используем введенные определения для построения способа представления прецедентов с использованием нечеткой темпоральной логики. Будем описывать ситуацию множеством событий (e). Каждое событие состоит из параметризованного описания области (параметр, атрибут, значение) и временной компоненты, указывающей, когда произошло событие. Прецедент представляет собой набор гетерогенных событий, описывающих временную последовательность и рекомендации. Любая последовательность событий определяется порядком, с учетом временной компоненты. Тем не менее, каждое событие может быть сравнимо с событием из другой последовательности и, следовательно, порядок является одним из наиболее актуальных критериев сходства.

3. Программная реализация

Предлагаемые методы реализованы в прототипе CBR-системы, используемой для диагностики штатных ситуаций в ИС управления крупными парковочными комплексами (ИС УП) [Борисов и др., 2005, Куриленко, 2009]. Операции, протекающие в штатном режиме на точках доступа, в таких комплексах являются однотипными [Куриленко, 2009]. В результате для выделения штатных ситуаций можно применить механизмы вывода на основе темпоральных прецедентов. Разработанная система диагностики с применением средств вывода на основе темпоральных прецедентов внедрена на практике на ряде объектов в России и СНГ.

В ее задачи входит: выделение сбоев в работе ИС УП и подготовка экспертной оценки наблюдаемых сбоев по базе типовых проблемных

ситуаций, определение аномальных ситуаций, которые возникли в процессе эксплуатации ИС УП, но не были учтены при разработке управляющих правил, пресечение попыток противодействия обслуживающего персонала и посетителей. Система реализует функции: поиска и выделения сбоев в работе парковочного комплекса, которые относятся к типовым проблемным ситуациям, а также обеспечивает определение аномальных ситуаций, которые возникли в процессе эксплуатации ИС УП, но не были учтены при разработке управляющих правил.

Созданный прототип может функционировать в трёх режимах:

- режим обучения – обучение ИС УП на основе данных из файлов и знаний экспертов;
- “on-line” - режим – события поступают напрямую на вход системы;
- “off-line” - режим – события читаются из протоколов (логов) работы системы.

Система состоит из блока обучения, блока вывода, базы прецедентов, и трёх интерфейсов: интерфейса взаимодействия с объектом, экспертом и пользователем. ИС содержит базу типовых ситуаций (как штатных, так и известных нештатных). Решатель на основе прецедентов соотносит временные диаграммы в последовательностях операций за определенный период с моделями, хранящимися в этих базах. В случае, если выявляется типовая нештатная ситуация, ее данные заносятся в базу нештатных ситуаций. Если же выделяется ситуация, которая не описана ни в базе штатных типовых ситуаций, ни в базе нештатных типовых ситуаций, то эта ситуация заносится в отдельную базу, содержимое которой анализируется разработчиками (экспертами) ИС УП.

Проведенные эксперименты показали применимость предложенных методов на практике.

Заключение

Применение в составе современных ИС методов построения рассуждений на основе темпоральных прецедентов позволяет находить более точные и корректные решения, сделать прогнозирование динамики развития ПО и, таким образом, расширить круг решаемых задач. Интеграция расширенных методов рассуждений на основе прецедентов с учетом фактора времени в ИСППР для мониторинга и управления различными сложными техническими объектами позволит лицам, принимающим решения своевременно выбрать необходимую стратегию поведения для устранения проблемной ситуации за счет сокращения поискового пространства и уменьшения времени реакции системы.

Библиографический список

- [Вагин и др., 2001] Вагин В.Н., Еремеев А.П. Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2001. № 6. - С. 114-123.
- [Рыбина, 2010] Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. — М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. — 432 с.
- [Лисьев и др., 2011] Лисьев Г.А., Попова И.В. Технологии поддержки принятия решений. — 2-е издание, стереотипное. — М.: Издательство «ФЛИНТА», 2011. — 133 с.
- [Вагин и др., 1999] Вагин В.Н., Еремеев А.П. Конструирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления (ИСТ'99). Труды междунар. конф., Переславль-Залесский, 6-9 декабря 1999. — М.: Наука. Физматлит, 1999.
- [Варшавский и др., 2006] Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Новости искусственного интеллекта. — 2006. — №3. — С.39-62.
- [Варшавский и др., 2009] Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. Искусственный интеллект и принятие решений, №2, 2009, с. 45-57.
- [Eremeev at all, 2013] Eremeev A.P., Kurilenko I.E. Методы моделирования временных зависимостей в интеллектуальных системах с использованием темпоральных прецедентов // Information Models and Analyses Vol. 2, 2013, № 4, с. 324-335.
- [Варшавский и др., 2012] Варшавский П.Р., Еремеев А.П., Куриленко И.Е. Моделирование временных зависимостей в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов // Information technologies and knowledge Vol. 6, 2012, № 3, с. 279-294.
- [Montani at all, 2013] Stefania Montani, Lakhmi C. Jain. Successful Case-based Reasoning Applications-2. — Springer, 2013.
- [Куриленко, 2009] Куриленко И.Е. Применение временной логики при построении интеллектуальной системы управления крупными парковочными комплексами // Сб. док. научно-практ. конф. ИММВИ 2009 в 2 т. — Т.2 — М.:ФизМатЛит, 2009. С. 171 - 180.
- [Борисов и др., 2005] Борисов А.В., Куриленко И.Е. О современных подходах к построению систем учета автотранспорта. Программные и аппаратные средства. // Информационные технологии моделирования и управления. 2005. №5. С. 786-794.
- [Еремеев и др., 2007] Еремеев А.П., Куриленко И.Е. Реализация механизма временных рассуждений в современных интеллектуальных системах // Изв. РАН. Теория и системы управления, 2007, № 2, с. 120–136.
- [Куриленко, 2009] Куриленко И.Е. Применение временной логики при построении интеллектуальной системы управления крупными парковочными комплексами // Сб. док. научно-практ. конф. ИММВИ 2009 в 2 т. — Т.2 — М.:ФизМатЛит, 2009. С. 171 - 180.
- [Eremeev at all, 2009] Alexander Eremeev, Ivan Kurilenko, Pavel Varshavskiy. Application of Temporal Reasoning and Case-based Reasoning int Intelligent Decision Support Systems // International Book Series «Information science & computing», Number 10, Supplement to International Journal «Information technologies & knowledge» Volume 3/2009 – 2009. – Pp. 9–16.
- [Еремеев и др., 2005] Еремеев А.П., Куриленко И.Е. Реализация временных рассуждений для интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Программные продукты и системы. — 2005. — №2. — С.8-16.
- [Еремеев и др., 2010] Еремеев А.П., Куриленко И.Е. Применение темпоральных моделей в интеллектуальных системах / Интеллектуальные системы. Коллективная монография. Выпуск четвертый. / Под. Ред. В.М. Курейчика. — М.: Физматлит, 2010, 300 с., 222-252.
- [Еремеев и др., 2009] Еремеев А.П., Куриленко И.Е. Компонента временных рассуждений для интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Искусственный интеллект и принятие решений, 2009, № 1, с. 31–45.

[Куриленко, 2009] Куриленко И.Е. Подход к решению метрических задач согласования временных ограничений в подклассе простых темпоральных задач (Simple Temporal Problems (STP)) // Труды XVII междунар. науч.–техн. конф. «Информационные средства и технологии».–М.: Издательство МЭИ, 2009.–Т.1.–С.142–149.

[Еремеев и др., 2008] Еремеев А.П., Куриленко И.Е. «Моделирование временных рассуждений в интеллектуальных системах реального времени» // Вестник МЭИ, 2008. №1. С. 114-123.

[Куриленко, 2009] Куриленко И.Е. Система временного вывода для интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Сб. док. междунар. научно-практ. конф. Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте в 2 т. – Т.1. – М.:ФизМатЛит, 2009. С 241 – 252.

[Куриленко и др., 2014] Куриленко И.Е., Шорникова Д.А. Реализация подсистемы временного вывода на базе точечно-интервальной временной логики для систем поддержки принятия решений реального времени // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014 (24-27 сентября 2014 г., г. Казань, Россия): Труды конференции. Т.1. – Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. – С.50-58.

[Zadeh et al, 1978] Zadeh, Lotfi, «Fuzzy Sets as the Basis for a Theory of Possibility», *Fuzzy Sets and Systems* 1:3-28, 1978. (Reprinted in *Fuzzy Sets and Systems* 100 (Supplement): 9-34, 1999.)

ON TEMPORAL MODELS FORMALISATION FOR INTELLIGENT SYSTEMS

Kurilenko I.E.

*National Research University «Moscow Power
Engineering Institute», Moscow, Russia*

ivan@gmail.com

The paper describes the temporal reasoning extension of the case-based reasoning. This work was financially supported by RFBR.

Keywords: intelligent decision support system, case-based reasoning, temporal logic, temporal case-based reasoning.