

Снижение неоднозначности в оценке состояния объекта при управлении по прецедентам¹

*Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин
ИСП РАН, Москва
{mak, yudin}@ispras.ru*

Аннотация. Настоящая работа является продолжением ряда публикаций, посвященных исследованиям методов управления сложными объектами на основе прецедентов. В ситуации, когда трудно или невозможно получить точную математическую модель поведения объекта, целесообразно применять метод управления по прецедентам. Вместо модели мы можем опираться только на доступную информацию о состояниях объекта, управляющих воздействиях на него и результатах воздействий. Такой выбор в теории вывода по прецедентам соответствует трем составляющим понятия “прецедент”: описанию проблемы, примененному решению и исходу – результату применения решения. Подход к управлению основан на разбиении состояний объектов управления на классы, состояния в каждом из которых эквивалентны друг другу с точки зрения управления. Состояние объекта управления сравнивается с прецедентами из заранее накопленной базы данных. Чтобы подобрать воздействие для текущего случая, на основе некоей меры близости в базе прецедентов отыскивается прецедент со схожим исходным и конечным состоянием. Из него заимствуется управляющее воздействие. В основе подходов к построению систем вывода по прецедентам лежит оценка схожести прецедента и текущего случая. В предыдущих публикациях был предложен метод оценки схожести, основанный на разбиении базы прецедентов на классы эквивалентности. Для оценки не полностью описанного случая используются проекции классов на его пространство признаков. Неполнота в описании объекта в условиях дефицита времени и ресурсов приводит к неоднозначности в оценке объекта. Классы, в пересечение которых попадает объект, образуют так называемый дифференциальный ряд объекта. Отсутствие разделяющего класса признака затрудняет выбор управляющего воздействия. Предлагаемая методика позволяет снизить эту неоднозначность, если принять во внимание предысторию объекта – его состояния и реакции на воздействия. Как следствие, ограничивается выбор управляющих воздействий. Описывается способ снижения неоднозначности оценки. Вводится понятие “прогнозируемый” дифференциальный ряд объекта. Итоговая оценка состояния выводится на основе сравнений текущего и прогнозируемого рядов.

¹ Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований № 12-01-00780, № 12-07-00214.

Ключевые слова: система управления, вывод по прецедентам, база прецедентов, сложный объект управления, неполнота описания, неоднозначность оценки, предыстория, дифференциальный ряд.

1. Введение

При управлении объектами часто возникает ситуация, принципиально отличающаяся от “классической”. Классические подходы к управлению строятся на том предположении, что можно получить аналитически заданную форму функциональной зависимости входных и выходных параметров управляемого объекта. Однако при всей изощренности наработанного математического аппарата, область применения таких методов управления остаются сравнительно простые объекты с очевидными свойствами, то есть хорошо формализуемые объекты. На практике же часто встречаются объекты, которые формализуются плохо. Их свойства изначально плохо известны или изменяются в процессе функционирования. Однако управление такими объектами представляет не меньший интерес и является не менее важным, чем управление хорошо формализуемыми объектами.

При недостаточности наших знаний об объекте и среде, в которой он функционирует, невозможно получить точную модель поведения объекта. Вместо математической модели мы можем опираться только на доступную информацию о состояниях объекта, управляющих воздействиях на него и результатах воздействий, то есть на “прецедентах” управления. Такой выбор в теории вывода по прецедентам соответствует трем составляющим понятия прецедент: описанию проблемы, примененному решению и исходу – результату применения этого решения.

Вывод, основанный на прецедентах – это метод принятия решений, в котором используются знания о предыдущих ситуациях, или случаях. При таком выводе прецедент, если он признан схожим, часто является обоснованием решения. При рассмотрении новой проблемы (текущего случая) находится похожий прецедент в качестве аналога. Можно попытаться использовать его решение, возможно, адаптировав к текущему случаю, вместо того, чтобы вычислять решение каждый раз сначала. После того, как текущий случай будет обработан, он вносится в “базу прецедентов” вместе со своим решением для его возможного последующего использования.

Большая часть существующих подходов к построению систем вывода по прецедентам сосредоточена на одном аспекте: выборе наиболее подходящих прецедентов. В основе всех подходов к отбору лежит оценка схожести прецедента и текущего случая. Чаще всего – это подход на основе метрики, которая вводится в пространстве признаков. Однако в некоторых случаях ввести метрику не удается. Тогда вместо метрики используется так называемая мера близости.

На практике часто приходится принимать решение в условиях дефицита времени или ресурсов, когда текущий случай не полностью описан и оценивается неоднозначно. В медицине – это недостаток показателей больного (медицина катастроф, скорая помощь).

В [3] был впервые предложен алгоритм поиска наиболее подходящего прецедента, базирующийся на разбиении базы прецедентов на классы эквивалентности и оригинальной мере близости для не полностью описанных объектов. Для оценки используются проекции классов на пространство признаков текущего случая. Попадание случая в проекцию класса говорит о возможной принадлежности его к классу.

При оценке (распознавании) текущего случая часть его признаков по отношению к выбранным классам может отсутствовать. Одной из причин этого является недостаток информации в описании исследуемых объектов. Это приводит к тому, что объект может попасть в пересечение классов, т.е. неоднозначно оцениваться [1, 2].

2. Дифференциальный ряд

Исходным пунктом для разработки описанного метода послужило понятие “дифференциальная диагностика” в медицине. Недостаточно описанный случай может попасть в проекцию класса (заболевания), которому он не принадлежит, только потому, что у него не хватает признака, который дифференцировал бы его от этого класса. Классы, в пересечение которых попал объект, образуют так называемый “дифференциальный ряд” объекта. Искусство врача и заключается в том, чтобы найти недостающий признак, разделяющий классы при минимуме дополнительных исследований при ограничениях на время и ресурсы.

Разделяющие признаки можно позаимствовать у аналогов - прецедентов, которые в признаковом пространстве случая идентичны ему по принадлежности к классам, т.е. попадают в ту же область пересечения. Расстояние между текущим случаем и прецедентом определяется как разность количества классов, куда попал текущий случай, и количества классов из этого числа, в котором находится прецедент (рис. 1).

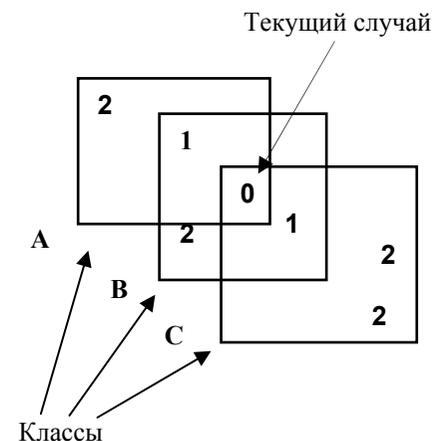


Рис. 1. Оценка близости для не полностью описанного объекта

Механизм вывода по прецедентам для управления объектами впервые был предложен в [4] и развит в дальнейших работах [16, 18]. Механизм основан на разбиении состояний объектов управления на классы, состояния в каждом из которых эквивалентны друг другу с точки зрения управления.

При таком подходе понятие цели управления неправильно было бы отождествлять с достижением конкретного состояния. Под целью здесь должно пониматься более широкое понятие: оптимальное поведение управляемого объекта, учитывающее переходы из одного класса состояний в другой, в частности, удержание в том же классе. Для этого необходимо найти алгоритм, обеспечивающий достижение цели за конечное число управляющих воздействий. В медицине при лечении хронических заболеваний обычно не ставится невыполнимая задача восстановления больного органа. Целью управления (лечебные процедуры, лекарственное воздействие, оперативное вмешательство) в подавляющем большинстве случаев является или замедление процесса дегенерации рабочей ткани – достижение ремиссии, или неотложные действия по сохранению жизни больного.

Предлагается следующая структура прецедента для управления (рис. 2):

1. Состояние объекта управления до воздействия. Дифференциальный ряд, образованный набором признаков этого состояния.
2. Управляющее воздействие. Описание воздействия. Как частный случай, возможно отсутствие воздействия.
3. Состояние после воздействия. Дифференциальный ряд, образованный новым набором признаков.

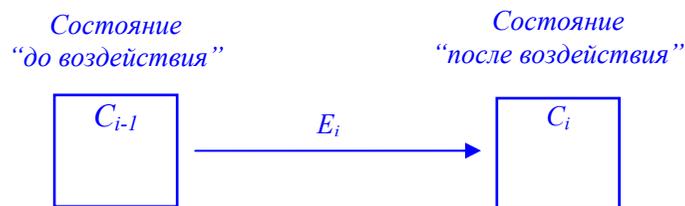


Рис. 2. Структура прецедента при управлении

Состояние объекта управления сравнивается с прецедентами из заранее накопленной базы данных (рис. 3). Чтобы подобрать воздействие для текущего случая, на основе описанной меры близости в базе прецедентов отыскивается прецедент со схожим исходным состоянием C_{i-1} (первая составляющая понятия “прецедент”), конечным состоянием C_i (третья составляющая понятия “прецедент”). Из него заимствуется управляющее воздействие (вторая составляющая), которое предположительно (по прогнозу) должно перевести наш объект в нужное состояние. Это используется напрямую или адаптируется к текущему случаю, исходя из степени близости прецедента. Результат воздействия также прогнозируется по прецеденту. Итог воздействия заносится в базу прецедентов для последующего использования.

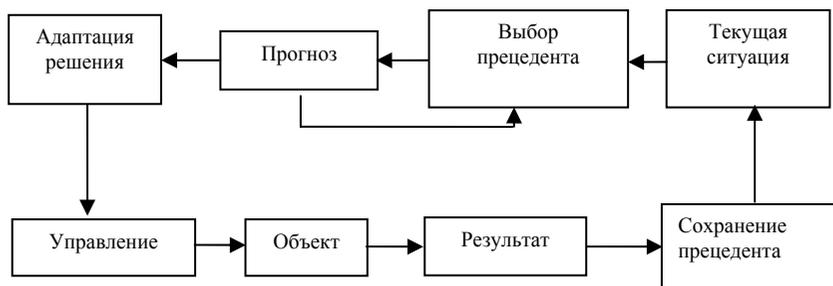


Рис. 3. Схема управления по прецедентам

Практика принятия решения, моделирующая человеческие рассуждения, применяется во многих областях человеческой деятельности. Человеческий организм как объект управления не может быть описан с помощью относительно простой математической модели, поэтому методы вывода по прецедентам в таких обстоятельствах могут рассматриваться как весьма перспективные в системах поддержки решений.

Медицина – прецедентная наука, но механизм прецедентов в явном виде не применяется при описании случаев в медицинской литературе. Примеры в медицине часто описываются с помощью правил “если-то”. Большое количество медицинской литературы в последнее время иллюстрируется ассоциативными правилами и деревьями решений. Последние являются частным случаем продукционных правил. Тем не менее, врач при постановке диагноза и выборе лечения в первую очередь использует прецедентный подход. Предложенный метод вывода по прецедентам был затем распространен на медицинские приложения и опробован в системе поддержки врачебных решений “Спутник Врача” [5-19].

2.1. Проблема неоднозначности и прогнозируемые ряды

Неоднозначность в оценке управляемого объекта делает невозможной гарантию того, что управляющее воздействие приведет объект в состояние, соответствующее цели управления на текущем шаге. На основе признаков текущего состояния можно построить дифференциальный ряд, и для каждого из классов этого ряда в базе прецедентов можно спрогнозировать воздействие, переводящее объект из этого класса в класс, соответствующий цели управления на текущем шаге. На самом же деле, приходится выбирать одно воздействие к объекту, исходя из предполагаемой, наиболее вероятной (по мнению исследователя), оценки – принадлежности к классу.

В медицине часто приходится действовать на свой страх и риск: при неполной идентификации состояния больного назначать лечение, которое может оказаться неадекватным с точки зрения стратегической цели лечения. Это, в первую очередь, воздействия, направленные на устранение опасности для жизни больного (например, интубация при обструкции дыхательных путей, ввод дофамина внутривенно при неудовлетворительной гемодинамике, лечение эпилептического статуса при подозрении на судорожный припадок). Во вторую – назначение лечения, когда точный диагноз предполагается, но не может быть пока установлен (например, противотуберкулезные назначения, несмотря на то, что диагностика этого заболевания часто затруднена). В последнем случае должно выбираться лечебное воздействие (в виде лекарств, процедур или хирургического вмешательства), которое, по прогнозу, применительно к любому из состояний дифференциального ряда, не должно привести к смерти или к серьезному ухудшению состояния больного.

После воздействия объект переходит в новое состояние, которое на основе его признаков можно описать новым дифференциальным рядом (рис. 4).

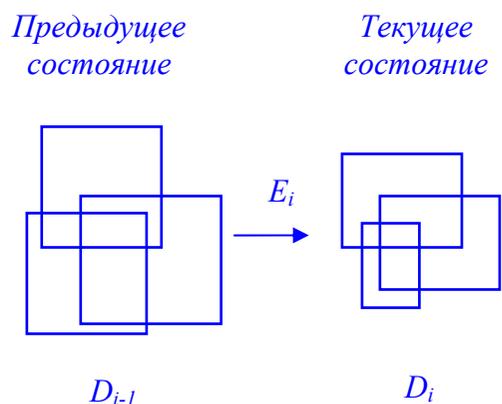


Рис. 4. Элементарный шаг управления с переходом в новый дифференциальный ряд

Обозначим текущее состояние объекта через i , а предыдущее – через $i-1$. Пусть

- D_{i-1} – дифференциальный ряд, основанный на признаках предыдущего, то есть $i-1$ -го состояния объекта,
- D_i – дифференциальный ряд, основанный на признаках i -го состояния объекта,
- E_i – воздействие, которое перевело объект из $i-1$ -го в i -е состояние.

На $i-1$ -м шаге, несмотря на неоднозначную оценку состояния объекта, выбирается воздействие, которое исследователю показалось наиболее адекватным.

Казалось бы, какая связь этих двух состояний? Но следует учесть, что новое состояние, будь оно до конца не определено, все же вытекает из предыдущего. В этом случае даже переход объекта в состояние, которое не соответствует цели, может оказаться информативным, так как это может прояснить исходное состояние случая. Это можно сделать, сравнив предполагаемое состояние объекта после воздействия с реальным.

Смысл управления по прецедентам заключается в том, что выбор воздействия происходит на основе прогноза воздействия. Для каждого состояния, описываемого классом – элементом дифференциального ряда D_{i-1} , по базе прецедентов можно спрогнозировать результат виртуального применения этого воздействия (также класс). Если представить себе дифференциальный ряд, составленный из таких классов – это будет, вообще говоря, другой ряд. Назовём его “прогнозируемый” дифференциальный ряд i -го состояния и обозначим $D(E_i)$. (рис. 5).

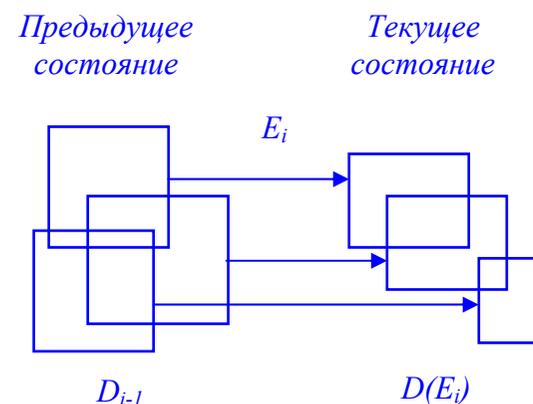


Рис. 5. Построение “прогнозируемого” дифференциального ряда

До воздействия мы можем рассчитать только прогнозируемый ряд $D(E_i)$. После воздействия – имеем также ряд D_i , построенный по признакам текущего, i -го состояния. Очевидно, что реальный класс, в котором находится объект после воздействия, находится в пересечении множеств $D(E_i) \cap D_i$. Если такую процедуру делать на каждом шаге управления объектом, начиная с первого, то вместо рядов D_k ($k = 1, \dots, i$) будем иметь ряды $D(E_k) \cap D_k$, каждый из которых входит, либо (в крайнем случае) совпадает с рядом D_k . Если это не так, значит, база прецедентов недостаточно полна. Переход к прогнозируемым рядам позволит на каждом шаге управления в формуле $D(E_i) \cap D_i$ поддерживать всю предысторию состояния объекта, начиная с первого шага.

Новая методика управления позволяет снизить неоднозначность в оценке объекта. Если принять во внимание предысторию объекта – его состояния и реакции на воздействия – это может снизить степень неоднозначности оценки текущего состояния и ограничить выбор воздействий (достаточно вспомнить понятие “анамнез” в медицине). Особенность данной методики – в том, что управление объектом (оценка состояния и выработка управляющего воздействия) основывается не только на текущем состоянии, но и на предыстории поведения объекта.

Литература

- [1] Юдин В.Н., «Система информационной поддержки врачебных решений, основанная на модифицированном методе динамического кластерного анализа», Труды Института системного программирования РАН (ИСП РАН), М., ИСП РАН, Т. 3, 2002, стр. 103-118, ISBN/ISSN: 2079-8156.

- [2] V.N. Yudin, A.T. Bespaev, «Application of Cluster Analysis for Searching for Analogies in Diagnostics and Choice of Treatment in the "Doctor's Partner" System», Pattern Recognition and Image Analysis, vol. 13, No 2, 2003, pp. 387-390.
- [3] В. Н. Юдин, «Мера близости в системе вывода на основе прецедентов», Доклады 12-й Всероссийской конференции Математические Методы Распознавания Образов (ММРО-12), МАКС Пресс, Москва 2005, стр. 241-244 .
- [4] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов», Труды Института системного программирования РАН (ИСП РАН), т. 13, № 2, Институт системного программирования РАН, 2007, стр. 37-57, ISBN 5-89823-026-2. ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2007/13/2/isp_2007_13_2_37.pdf, <http://www.cifforum.ru/consulting/BI/karpov/>
- [5] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Интеграция методов добычи данных и вывода по прецедентам в медицинской диагностике и выборе лечения», Математические методы распознавания образов. Сборник докладов 13-й Всероссийской конференции, октябрь 2007, МАКС Пресс, 2007, стр. 589-591, ISBN 978-5-317-02060-6, <http://www.mmro.ru/files/mmro13.pdf>
- [6] В. Н. Юдин, Л. Е. Карпов, А. В. Ватазин, «Процесс лечения как адаптивное управление человеческим организмом в программной системе "Спутник врача"», Альманах клинической медицины, т. 17, № 1, МОНИКИ, 2008, стр. 262-265, ISBN 978-5-98511-032-6 (Т. XVII, ч. 1), ISBN 5-9900012-1-5, <http://www.isan.troitsk.ru/win/block1.pdf>
- [7] В. Н. Юдин, Л. Е. Карпов, А. В. Ватазин, «Методы интеллектуального анализа данных и вывода по прецедентам в программной системе поддержки врачебных решений», Альманах клинической медицины, т. 17, № 1, МОНИКИ, 2008, стр. 266-269, ISBN 978-5-98511-032-6 (Т. XVII, ч. 1), ISBN 5-9900012-1-5, <http://www.isan.troitsk.ru/win/block1.pdf>
- [8] Л. Е. Карпов, А. Н. Томилин, В. Н. Юдин, «Репликация и валидация в распределенной системе поддержки врачебных решений», Труды Всероссийской научной конференции "Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач", МГУ, 2008, стр. 387-392, ISBN 978-5-211-05616-9, <http://agora.guru.ru/abrau2008/pdf/043.pdf>
- [9] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, А. В. Ватазин, «Виртуальная интеграция и консолидация знаний в распределенной системе поддержки врачебных решений», Научно-практическая конференция ЦФО РФ «Актуальные вопросы гемафереза, хирургической детоксикации и диализа», МОНИКИ, 2009, стр. 36. ISBN 978-5-98511-054-8.
- [10] А. В. Ватазин, Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Виртуальная интеграция и консолидация знаний в распределенной системе поддержки врачебных решений», Альманах клинической медицины, т. 20, 2009, стр. 83-86. ISSN 2072-0505.
- [11] А. В. Ватазин, Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Многопараметрическое управление сложным объектом в программной системе поддержки врачебных решений», III Евразийский конгресс по медицинской физике и инженерии "Медицинская физика – 2010", 21-25 июня 2010 г., т. 4, МОНИКИ, 2010, стр. 415-417.
- [12] А. В. Ватазин, В. Н. Юдин, Л. Е. Карпов, «Многопараметрическое управление сложным объектом в программной системе поддержки врачебных решений», Ежегодная научно-практическая конференция Центрального Федерального округа РФ "Актуальные вопросы заместительной почечной терапии, гемафереза и трансплантационной координации", МОНИКИ, 2010, стр. 8. ISBN 978-5-98511-091-3.
- [13] Leonid Karpov, Valery Yudin, «The Case-Based Software System for Physician's Decision Support», Sami Khari, Lenka Lhotska, Nadia Pisanti (eds.), "Information Technology in Bio- and Medical Informatics, ITBAM 2010", Proceedings of the First International Conference, Bilbao, Spain. Lecture Notes in Computer Science Sublibrary: SL 3, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 78-85. ISSN 0302-9743.
- [14] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, А. В. Ватазин, «Multi-Parametric Control of Complex Object in the Program System for Physician's Decision Support», Proceedings of the 12-th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2010), Russia, Moscow – St. Petersburg, September 13-19, v. 1, Ufa State Aviation Technical University, 2010, pp. 28-30.
- [15] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Обмен данными в распределённой системе поддержки решений», Труды Института системного программирования, т. 19, Институт системного программирования РАН, 2010, стр. 71-80, ISBN 978-0-543-57630-9, ISBN 978-5-4221-0085-9, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2010/19/isp_19_2010_71.pdf
- [16] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Многопараметрическое управление на основе прецедентов», Труды Института системного программирования, т. 19, Институт системного программирования РАН, 2010, стр. 81-93, ISBN 978-0-543-57630-9, ISBN 978-5-4221-0085-9, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2010/19/isp_19_2010_81.pdf
- [17] А. В. Ватазин, Л. Е. Карпов, Ю. Г. Сметанин, В. Н. Юдин, «Программная система поддержки врачебных решений с гибридной архитектурой на основе правил и прецедентов», V Троицкая конференция "Медицинская физика и инновации в медицине (ТКМФ-5)", Сборник материалов, том 2, стр. 425-427. 2012, РАН, Троицкий Научный Центр, ISBN 978-5-89513-272-2.
- [18] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Роль предьстории при оценке сложного объекта в управлении по прецедентам», Труды Института системного программирования РАН (ИСП РАН), т. 24, Институт системного программирования РАН, 2013, стр. 437-445, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), DOI: 10.15514/ISPRAS-2013-24-19. http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2013/24/isp_24_2013_437.pdf
- [19] В. Н. Юдин, Л. Е. Карпов, «Гибридный подход к построению систем поддержки решений», Труды Института системного программирования РАН (ИСП РАН), т. 24, Институт системного программирования РАН, 2013, стр. 447-456, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), DOI: 10.15514/ISPRAS-2013-24-20. http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2013/24/isp_24_2013_447.pdf.

Lowling ambiguity level in object state estimation in a case-based control system²

L. E. Karpov, V. N. Yudin
ISP RAS, Moscow, Russia
{mak, yudin}@ispras.ru

Abstract. This work continues the publication series that is devoted to the investigation of methods of controlling complex objects basing on cases. In situation when it is hard or even impossible to use the exact mathematical model of object behavior the case-based reasoning control method becomes adequate. Instead of using the model we may use the accessible information about object under control state, controlling actions and their results. This means that we are using “cases”. In the theory of deduction this idea corresponds to three constituents of the case-based reasoning: description of a problem, solution or action applied, and outcome that is the result of applying the solution. This approach is based on separating of object states into classes, in each of which all the states are equivalent to each other. After that the object under control state is comparing with cases in the case base which was collected in advance. In order to choose the controlling action for the current case some metrics of similarity is used to find a case with similar initial and final states in the case base. The controlling action is extracted from this case then. The way of estimating of similarity of the current case and its precedent is critical for a system that uses the case-based reasoning technique. In previous publications the method was presented that used to separate cases from the case base into classes of equivalence. To estimate not fully described case the projection of classes onto the features space was used. Incompleteness in object description brings to the ambiguity in object estimation especially while one has the lack of time and resources. Classes in the intersection of which the object appears, are forming so called differential set of the object. If there is no feature that may separate the classes the choice of controlling action is hardly being made. The method offered by authors helps to low the ambiguity level on the basis of object prehistory investigation (previous states found and actions used). As a result of taking the prehistory into account the number of possible choices of actions is decreasing. The way of lowling the ambiguity level is described in the article. The notion of “prognostic” differential set of object states is presented. The final state estimation is produced on the basis of comparison of the current and prognostic sets.

Key words: control system, case-based reasoning, case base, complex object, incompleteness of description, ambiguity of estimation, object behavior, prehistory, differential set.

References

- [1] V. N. Yudin. Sistema informatsionnoj podderzhki vrachebnykh reshenij, osnovannaya na modifitsirovannom metode dinamicheskogo klasterного analiza [The system of information support of physician’s decisions based on modified method of dynamic

² This work is supported by Russian Fund for Basic Research, projects No 12-01-00780, No 12-07-00214.

- cluster analysis], *Trudy ISP RAN [The Proceedings of ISP RAS]*, vol. 3, 2002, pp. 103-118, ISBN/ISSN: 2079-8156 (in Russian).
- [2] V.N. Yudin, A.T. Bespaev. Application of Cluster Analysis for Searching for Analogies in Diagnostics and Choice of Treatment in the "Doctor’s Partner" System, *Pattern Recognition and Image Analysis*, vol. 13, No 2, 2003, pp. 387-390.
- [3] V. N. Yudin. Mera blizosti v sisteme vyvoda na osnove pretsedentov. [The measure of closeness in the case-based reasoning system], *Doklady 12-j Vserossijskoj konferentsii Matematicheskie Metody Raspoznavaniya Obrazov [Proc. of 12-th All-Russian conference Math. methods of pattern recognition]*, MAKS Press, 2005, pp. 241-244 (in Russian).
- [4] L. E. Karpov, V. N. Yudin. Adaptivnoe upravlenie po pretsedentam, osnovannoe na klassifikatsii sostoyanij upravlyaemykh ob"ektov [Case-Based Reasoning adaptive control with classification of states of objects under control], *Trudy ISP RAN [The Proceedings of ISP RAS]*, vol. 13, no. 2, 2007, pp. 37-57, ISBN 5-89823-026-2. ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2007/13/2/isp_2007_13_2_37.pdf, <http://www.citforum.ru/consulting/BI/karpov/> (in Russian).
- [5] L. E. Karpov, V. N. Yudin. Integratsiya metodov dobychi dannykh i vyvoda po pretsedentam v meditsinskoj diagnostike i vybore lecheniya [Integration of data Mining and Case-Based Reasoning methods in medical diagnostics and treatment choosing], *Sbornik dokladov 13-j Vserossijskoj konferentsii Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov [Proc. of 13-th All-Russian conference Math. methods of pattern recognition]*, October 2007, MAKS Press, 2007, pp. 589-591, ISBN 978-5-317-02060-6, <http://www.mmro.ru/files/mmro13.pdf> (in Russian).
- [6] V. N. Yudin, L. E. Karpov, A. V. Vatazin. Protess lecheniya kak adaptivnoe upravlenie chelovecheskim organizmom v programmnoj sisteme "Sputnik vracha" [Process of patient treatment as an adaptive control of human being organism in software system "Doctor's Partner"], *Al'manakh klinicheskoy meditsiny [Almanac of Clinical Medicine]*, vol. 17, no. 1, MOHIKI [Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute], 2008, pp. 262-265, ISSN 2072-0505, ISBN 978-5-98511-032-6, ISBN 5-9900012-1-5, <http://www.isan.troitsk.ru/win/block1.pdf> (in Russian).
- [7] V. N. Yudin, L. E. Karpov, A. V. Vatazin. Metody intellektual'nogo analiza dannykh i vyvoda po pretsedentam v programmnoj sisteme podderzhki vrachebnykh reshenij [Application of Data Mining and Case-Based Reasoning in software system for physician's decision support], *Al'manakh klinicheskoy meditsiny [Almanac of Clinical Medicine]*, vol. 17, no. 1, MONIKI [Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute], 2008, pp. 266-269, ISSN 2072-0505, ISBN 978-5-98511-032-6, ISBN 5-9900012-1-5, <http://www.isan.troitsk.ru/win/block1.pdf> (in Russian).
- [8] L. E. Karpov, A. N. Tomilin, V. N. Yudin. Replikatsiya i validatsiya v raspredelennoj sisteme podderzhki vrachebnykh reshenij [Data replication and validation in distributed software system for physician's decision support], *Trudy Vserossijskoj nauchnoj konferentsii "Nauchnyj servis v seti Internet: reshenie bol'shikh zadach" [Proc. All-Russian scientific conference “Scientific Service in Internet: solving of huge problems”]*, MGU [Moscow State University, 2008, pp. 387-392, ISBN 978-5-211-05616-9, <http://agora.guru.ru/abrau2008/pdf/043.pdf> (in Russian).
- [9] L. E. Karpov, A. V. Vatazin, V. N. Yudin. Virtual'naya integratsiya i konsolidatsiya znaniy v raspredelennoj sisteme podderzhki vrachebnykh reshenij [Virtual knowledge integration and consolidation in software system for physician's decision support], *Trudy Nauchno-prakticheskaya konferentsiya TSFO RF «Aktual'nye voprosy gemafereza,*

- khirurgicheskoy detoksikatsii i dializa [Proc. of research and practical conference 'Actual problems of hemapheresis, surgery detoxication and dialysis'], MONIKI [Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute], 2009, pp. 36. ISBN 978-5-98511-054-8 (in Russian).
- [10] A. V. Vatazin, L. E. Karpov, V. N. Yudin. Virtual'naya integratsiya i konsolidatsiya znanij v raspredelennoj sisteme podderzhki vrachebnykh reshenij [Virtual knowledge integration and consolidation in software system for physician's decision support], *Al'manakh klinicheskoy meditsiny* [Almanac of Clinical Medicine], vol. 20, 2009, pp. 83-86. ISSN 2072-0505 (in Russian).
- [11] A. V. Vatazin, L. E. Karpov, V. N. Yudin. Mnogoparametricheskoe upravlenie slozhnym ob"ektom v programmnoj sisteme podderzhki vrachebnykh reshenij [Multiparametric object control in software system for physician's decision support], III Evrazijskij kongress po meditsinskoj fizike i inzhenerii "Meditsinskaya fizika – 2010" [Third Euro-Asia congress for medical physics], 21-25 of June 2010, vol. 4, MONIKI [Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute], 2010, pp. 415-417 (in Russian).
- [12] A. V. Vatazin, L. E. Karpov, V. N. Yudin. Mnogoparametricheskoe upravlenie slozhnym ob"ektom v programmnoj sisteme podderzhki vrachebnykh reshenij [Multiparametric object control in software system for physician's decision support], *Ezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Tsentral'nogo Federal'nogo okruga RF "Aktual'nye voprosy zamestitel'noj pochechnoj terapii, gemafereza i transplantatsionnoj koordinatsii"* [Proc. of Annual research and practical conference 'Actual problems of replacement therapy, hemapheresis, and transplantation coordination'], MONIKI [Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute], 2010, стр. 8. ISBN 978-5-98511-091-3. (in Russian).
- [13] Leonid Karpov, Valery Yudin. The Case-Based Software System for Physician's Decision Support. Sami Khari, Lenka Lhotska, Nadia Pisanti (eds.), "Information Technology in Bio- and Medical Informatics, ITBAM 2010", Proceedings of the First International Conference, Bilbao, Spain. Lecture Notes in Computer Science Sublibrary: SL 3, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 78-85. ISSN 0302-9743.
- [14] L. E. Karpov, V. N. Yudin, A. V. Vatazin. Multi-Parametric Control of Complex Object in the Program System for Physician's Decision Support, Proceedings of the 12-th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2010), Russia, Moscow – St. Petersburg, September 13-19, v. 1, Ufa State Aviation Technical University, 2010, pp. 28-30.
- [15] L. E. Karpov, V. N. Yudin. Obmen dannymi v raspredelyonnoj sisteme podderzhki reshenij [Data exchange in distributed software system for decision support], *Trudy ISP RAN [The Proceedings of ISP RAS]*, vol. 19, 2010, pp. 71-80, ISBN 978-0-543-57630-9, ISBN 978-5-4221-0085-9, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2010/19/isp_19_2010_71.pdf (in Russian).
- [16] L. E. Karpov, V. N. Yudin. Case-based multi-parametric object control, *Trudy ISP RAN [The Proceedings of ISP RAS]*, vol. 19, 2010, pp. 81-93, ISBN 978-0-543-57630-9, ISBN 978-5-4221-0085-9, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2010/19/isp_19_2010_81.pdf (in Russian).
- [17] A. V. Vatazin, L. E. Karpov, Y. G. Smetanin, V. N. Yudin. Programmnyaya sistema podderzhki vrachebnykh reshenij s gibridnoj arkhitekturoj na osnove pravil i pretsedentov [Software system for physician's decision support with architecture based on rules and cases], V Troitskaya konferentsiya "Meditsinskaya fizika i innovatsii v meditsine (TKMF-5)", Sbornik materialov [Proc. of Fifth conference 'Medical physics and innovations in medicine'], vol. 2, pp. 425-427. 2012, RAS, Troitsk Scientific Centre, ISBN 978-5-89513-272-2 (in Russian).
- [18] L. E. Karpov, V. N. Yudin. Rol' predystorii pri otsenke slozhnogo ob"ekta v upravlenii po pretsedentam [State prehistory for complex object estimation in a control system based on cases], *Trudy ISP RAN [The Proceedings of ISP RAS]*, vol. 24, 2013, pp. 437-445, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), DOI: 10.15514/ISPRAS-2013-24-19. http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2013/24/isp_24_2013_437.pdf (in Russian).
- [19] V. N. Yudin, L. E. Karpov. Gibridnyj podkhod k postroeniyu sistem podderzhki reshenij [Hybrid approach to building decision support system], *Trudy ISP RAN [The Proceedings of ISP RAS]*, vol. 24, 2013, pp. 447-456, ISSN 2220-6426 (Online), ISSN 2079-8156 (Print), DOI: 10.15514/ISPRAS-2013-24-20. http://www.ispras.ru/ru/proceedings/docs/2013/24/isp_24_2013_447.pdf (in Russian).