

Роль предыстории при оценке сложного объекта в управлении по прецедентам¹

Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин

Аннотация. Построение системы управления для нестационарных объектов – это дальнейшее развитие подхода к управлению объектами по прецедентам, разработанного в рамках более ранних работ авторов, применительно к нестационарным объектам с неполным описанием. Подход к управлению на основе прецедентов в виде цикла из трёх составляющих (оценка состояния объекта, выработка управляющего воздействия, оценка состояния после воздействия) для нестационарного объекта потребовал существенной доработки из-за неоднозначности в оценке объекта. За время оценки и выработки адекватного управляющего воздействия состояние объекта может самопроизвольно измениться, и заранее подготовленное воздействие станет непригодным. На нынешнем этапе упор сделан на разработку методики, позволяющей снизить неоднозначность оценки объекта до и после воздействия. Источником дополнительной информации может служить предыдущее поведение объекта.

Ключевые слова: система управления, вывод по прецедентам, добыча данных, база прецедентов, нестационарный объект, поведение объекта, мера близости, неполнота описания, дифференциальный ряд состояний.

Введение

Новая версия исследовательской системы поддержки решений, создаваемой в ИСП РАН (см. [1-15]), и существующей на её базе системы поддержки врачебных решений «Спутник Врача», связана с решением задачи управления нестационарными, не поддающимися формализации, объектами с неполным описанием. Основным примером таких объектов является организм человека, состояния которого в силу ограничений по времени и ресурсам могут описываться не полностью. Для такого рода объектов не существует и вряд ли

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

будет создано в обозримом будущем адекватное описание в виде математической модели.

При попытках управления такими объектами возникает ситуация, принципиально отличающаяся от “классической”. Вместо точного вида математической модели объекта можно опираться только на доступную информацию о состояниях объекта управления, управляющих воздействиях на него и результатах воздействий. В теории вывода по прецедентам это соответствует трём составляющим понятия “случай” (прецедент) – описанию проблемы, применённому решению и результату применения этого решения. Совокупность таких случаев образует так называемую “базу прецедентов”.

Построение системы управления на данном этапе – это дальнейшее развитие подхода к управлению по прецедентам, разработанного авторами ранее, применительно к нестационарным объектам с неполным описанием. Подход к управлению на основе прецедентов в виде цикла из трёх составляющих (оценка состояния объекта, выработка управляющего воздействия, оценка состояния после воздействия) для нестационарного объекта потребовал существенной доработки из-за неоднозначности в оценке объекта.

Значительная часть подходов к управлению, в частности, управление физическими объектами, строится на предположении о том, что оценка состояния объекта и выработка управляющего воздействия на него – одномоментные события. Однако есть ряд приложений, например, медицина, где оценка объекта и подготовка управляющего воздействия могут занимать значительное время, за которое состояние объекта может самопроизвольно измениться, что сделает подготовленное воздействие непригодным. Причина трансформации объекта во времени – в наличии как внутренних, так и внешних (не зависящих от процесса управления) факторов.

Если принять за основу признаковое описание объекта, когда объект описывается набором своих характеристик, то к моменту применения воздействия объект будет иметь, вообще говоря, отличный от предыдущего набор признаков. Такая ситуация может возникать при управлении сложными объектами любой природы, но мы приведём пример из медицины. При остром аппендиците боли могут возникать в правой подвздошной области, но по мере перехода воспаления с аппендикса на брюшину и развития гангренозной стадии, занимающего несколько часов, боли могут уменьшиться или пройти, создавая впечатление “мнимого благополучия”. В целом, набор симптомов резко изменяется. Кроме того, некоторые важные признаки, которые являются существенными для позиционирования (правильной оценки) объекта, из-за нехватки средств или времени могут отсутствовать.

Особенность новой версии системы – адекватная подготовка управляющего воздействия для нестационарных объектов с неполным описанием. Упор был сделан на разработку методики, позволяющей снизить неоднозначность оценки объекта до и после воздействия, вызванную вполне естественной причиной: неполнотой описания объекта. Такая ситуация встречается на

практике во многих приложениях, в частности, в медицине, чаще всего (но не только) из-за нехватки времени и ресурсов. Основная идея предложенного метода заключается в том, что предыдущее поведение объекта может служить источником дополнительной информации для оценки объекта в текущем состоянии. Это утверждение вызвало интерес и понимание в кругу врачей разного профиля (всегда учитывавших предысторию болезни и лечения пациента, так называемый анамнез), когда обсуждалась очередная версия программной системы поддержки врачебных решений “Спутник врача”, в которой реализуются эти принципы.

Метод

Основная проблема в выводе по прецедентам – выбор наиболее подходящего прецедента, который упирается в оценку схожести прецедента и текущего случая. В наших более ранних работах был введен метод оценки схожести в условиях неполноты описания объектов, основанный на разбиении базы прецедентов на классы состояний.

При оценке текущего случая точка, соответствующая ему, сравнивается с проекциями классов на пространство его признаков. Близкими считаются “аналоги” – прецеденты, принадлежащие классу, в который попадает случай. Если случай при его оценке попал в область пересечения классов, то близкими к нему будут аналоги из всех соответствующих классов, также находящиеся в этой области пересечения. В конечном счёте, аналоги самого высокого ранга находятся в области пересечения всех классов, которые образуют так называемый “дифференциальный ряд” случая. В зависимости от сложности пересечения, мы можем разделить все аналоги на группы (рис. 1). Приведём определение меры близости:

Расстояние между текущим случаем и прецедентом равно разности количества классов, куда попал текущий случай, и количества классов из этого числа, в котором находится прецедент.

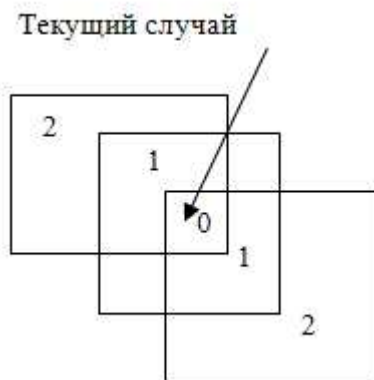


Рис. 1. Мера близости для текущего случая. Дифференциальный ряд.

Для оценки неполностью описанных объектов введено понятие “дифференциального ряда” состояний объекта – совокупности проекций классов в указанном пространстве, в которые попал текущий случай.

Если нельзя однозначно оценить состояние объекта, можно попытаться расширить его признаковое пространство, дифференцировав классы, в которые оно входит, добавлением нового признака. Однако это не всегда возможно, в частности, из-за дефицита времени, средств или оборудования.

Понятие цели управления не всегда отождествляется с достижением конкретного состояния. Целью может быть управляемое поведение, учитывающее переходы объекта из одного класса состояний в другой. Так, при лечении хронических заболеваний, задача восстановления больного органа – невыполнима. Тогда целью управления может стать замедление процесса дегенерации рабочей ткани. Поэтому, говоря о цели, мы имеем в виду не какое-то одно конкретное состояние, а оптимальное поведение объекта, выражающееся в принадлежности объекта в заданный конкретный момент времени к тому или иному классу. Требуется найти алгоритм управления, обеспечивающий достижение этой цели за конечное число управляющих воздействий.

Чтобы подобрать воздействие для текущего случая, в базе прецедентов отыскивается прецедент со схожим исходным состоянием C_{i-1} (первая составляющая понятия “прецедент”), схожим конечным состоянием C_i (третья составляющая понятия “прецедент”), затем из него заимствуется воздействие (вторая составляющая), которое предположительно должно перевести наш объект в нужное состояние (рис. 2).

Состояние «до воздействия»

Состояние «после воздействия»

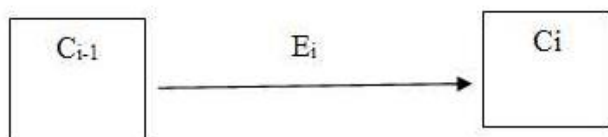


Рис. 2. Структура прецедента.

При выборе прецедентов и их управляющих воздействий могут встретиться случаи, наборы признаков которых в начальном состоянии совпадают, но для которых одно и то же воздействие приводит к разным конечным состояниям (рис. 3). Наличие таких случаев в одной базе прецедентов связано с тем, что состояние объекта не всегда описывается достаточно полно, и в этих случаях отсутствует неучтенный разделяющий признак. При наличии такого признака, исходные состояния при занесении их в базу прецедентов трактовались бы как разные. По этой же причине, для не полностью описанных случаев

невозможно гарантировать, что воздействие, заимствованное у прецедента, приведёт объект в нужное состояние.

Неоднозначность в оценке объекта, естественно, отражается и на выборе управляющих воздействий. Так как состояние текущего объекта описывается дифференциальным рядом, то для каждого из классов этого ряда в базе прецедентов существует, вообще говоря, своё воздействие, переводящее объект из этого класса в класс, соответствующий цели управления на текущем шаге. На самом же деле, исходя из предполагаемой оценки случая, выбирается одно воздействие. Таким образом, при отсутствии разделяющего признака, нет полной уверенности, что объект правильно идентифицирован, а выбранное воздействие приведёт его именно в то состояние, которое необходимо (рис. 4).

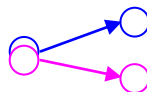


Рис. 3. Совпадение состояний из-за неполноты описания случая.

Состояние “до воздействия”

Состояние “после воздействия”



Рис. 4. Элементарный шаг управления.

Так, в медицине практикующему врачу приходится действовать на свой страх и риск, и при неполной идентификации случая заболевания назначать лечение, которое, вообще говоря, может оказаться неадекватным. Но даже в этом случае перевод объекта в состояние, которое не соответствует цели лечения, может оказаться информативным, так как сопоставление полученного состояния с базой прецедентов может прояснить исходное состояние случая.

Чем больше прецедентов в базе, тем больше спектр их возможных значений, тем выше вероятность найти “наиболее подходящий” прецедент, и выше качество принимаемого решения.

Оценивать объект, основываясь только на его текущем состоянии – это значит, не использовать всех возможностей для оценки. Принятие во внимание предыстории объекта – его состояний и реакций на воздействия – может снизить степень неоднозначности оценки текущего состояния и, следовательно, ограничить выбор воздействий (достаточно вспомнить понятие “анамнез” в медицине).

Особенность выполняемого авторами исследовательского проекта и новой версии системы управления в том, что управление объектом (оценка состояния и выработка управляющего воздействия) основывается не только на текущем состоянии, но и на всей предыстории поведения объекта.

Чтобы прояснить метод, рассмотрим снова элементарный шаг управления (рис. 5).

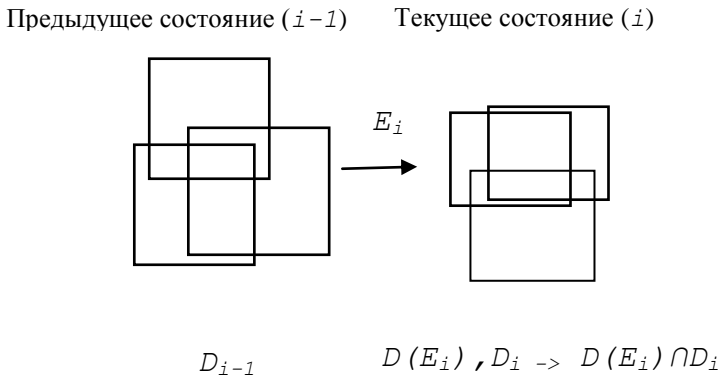


Рис. 5. Формирование дифференциального ряда.

Введём ряд обозначений:

Пусть текущее состояние объекта – i , а предыдущее – $i-1$:

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

Если представить вместо D_i дифференциальный ряд, построенный виртуальным применением оптимальных воздействий для каждого из классов дифференциального ряда D_{i-1} из базы прецедентов, то это будет, вообще говоря, другой ряд, назовём его «предполагаемый» дифференциальный ряд i -го состояния и обозначим $D(E_i)$.

До воздействия мы имеем только предполагаемый ряд $D(E_i)$, после воздействия – ряд D_i , построенный по признакам i -го состояния. Очевидно, что искомым класс для i -го состояния должен находиться в пересечении множеств $D(E_i) \cap D_i$.

Если такую процедуру делать в каждом состоянии объекта, начиная с первого, то вместо рядов D_k ($k = 1, \dots, i$) мы будем иметь ряды $D(E_k) \cap D_k$, каждый из

которых меньше, либо равен D_k (если это не так, значит, база прецедентов недостаточно полна). Это позволит на каждом шаге управления объектом сохранять информацию обо всех предшествующих шагах.

Разработанная методика ограничения дифференциального ряда используется в новой версии системы поддержки решений, а также в её медицинском варианте – программе поддержки врачебных решений в диагностике и выборе лечения “Спутник Врача”.

Заключение

Сложность реальных объектов, дополняемая неопределенностью их функционирования и неполнотой описания, затрудняет задачу построения адекватной модели поведения, что увеличивает значимость интеллектуальных методов управления. Основным примером таких объектов является организм человека, состояния которого в силу ограничений по времени и ресурсам могут описываться не полностью.

Для управления такими объектами авторы предложили использовать нетрадиционный и оригинальный подход, основанный на сочетании методов вывода по прецедентам (Case-Based Reasoning) и методов добычи данных (Data Mining).

По мере развития и совершенствования системы подход к управлению на основе прецедентов в виде цикла из трёх составляющих для нестационарных объектов потребовал существенной доработки из-за неоднозначности в оценке объекта. Разработана методика ограничения дифференциального ряда состояний объекта, позволяющая, начиная с первого шага управления, подобно голограмме, отображать на текущем шаге всё предыдущее состояние объекта.

Большой интерес к системам интеллектуального управления подтверждается огромным количеством публикаций и проводимых международных конференций, посвященных этим проблемам. Результаты, полученные авторами при реализации ранее поддержанных проектов, докладывались на представительных международных научных конференциях. Результаты обсуждений и интерес, вызванный докладами, показывает, что ведущаяся работа находится на современном мировом уровне.

Литература

- [1]. Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам», Препринт Института системного программирования РАН, № 18, 2006, стр 1-42, http://citforum.ru/consulting/BI/data_mining/
- [2]. 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

- [3]. 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>
- [4]. 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>
- [5]. 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>
- [6]. 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>
- [7]. 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.
- [8]. 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.
- [9]. А. В. Ватазин, Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин, «Многopараметрическое 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.
- [10]. А. В. Ватазин, В. Н. Юдин, Л. Е. Карпов, «Многopараметрическое 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.
- [11]. 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.
- [12]. 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.

- [13]. 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
- [14]. 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
- [15]. 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

State prehistory for complex object estimation in a control system based on cases

*L. E. Karpov, V. N. Yudin
ISP RAS, Moscow, Russia*

Abstract. Building a control system for non-stationary objects is a subsequent step in developing an approach to controlling not fully described objects using Case-Based Reasoning. Initially this approach was offered in some earlier projects of the authors. The Case-Based Reasoning style of controlling complex objects shows us the cycle with three constituent elementary steps: estimating the object state, generating a controlling action, estimating the object state after that action. For non-stationary objects this traditional approach should be dramatically improved because now the state estimation cannot be done unambiguously. While we are performing these steps the object state may be changed spontaneously. In this case the action that was prepared beforehand becomes inapplicable. In this project the authors are trying to develop a method that should decrease the level of ambiguity in estimating the state object before and after the action. The previous object behavior is the source of additional information - that is the main idea of the method offered here. The authors have developed the technique of limiting the differential set. This technique allows us to fully represent all the previous states of the object starting from the very first step of control process.

Keywords: control system, Case-Based Reasoning, Data Mining, case base, non-stationary process, object behavior, measure of closeness, incompleteness of description, differential set of states, state prehistory.

References

- [1]. L. E. Karpov, V. N. Yudin. Metody dobychi dannykh pri postroenii lokal'noj metriki v sistemakh vyvoda po pretsedentam [Data Mining methods in building local metrics for Case-Based Reasoning systems], Preprint ISP RAN [Preprint of ISP RAS], no. 18, 2006, pp. 1-42, http://citforum.ru/consulting/BI/data_mining/ (in Russian).
- [2]. 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).
- [3]. 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).

- [4]. V. N. Yudin, L. E. Karpov, A. V. Vatazin. Protsess 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, МОНИКИ [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).
- [5]. 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, МОНИКИ [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).
- [6]. 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 Vserossiyskoj 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).
- [7]. 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).
- [8]. A. V. Vatazin, L. E. Karpov, 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], Al'manakh klinicheskoy meditsiny [Almanac of Clinical Medicine], vol. 20, 2009, pp. 83-86. ISSN 2072-0505 (in Russian).
- [9]. 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).
- [10]. 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).
- [11]. 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.
 - [12]. 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.
 - [13]. 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).
 - [14]. 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).
 - [15]. A. V. Vatazin, L. E. Karpov, Y. G. Smetanin, V. N. Yudin. Programmnaya 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).