

*ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МЕТАЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ,  
ВЕДУЩЕЙ ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ*

**О.Б. ПОПОВА**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,  
электронная почта: popova\_ob@mail.ru*

Сейчас существует огромное число современных технологий, которые позволяют спроектировать эффективные интеллектуальные информационные системы. С другой стороны есть задачи, которые полностью не автоматизированы, но к которым можно было бы применить объектно-ориентированное проектирование. Например, для поискового исследования, где представление метазнаний требует подхода близкого к естественному интеллекту. Поэтому целью исследования стало изучение и изменение существующей информационной структуры алгоритма поиска решения в интеллектуальной системе поддержки принятия решений, использующей продукционные правила, где вывод осуществляется на основе прецедентов. Изменение производилось под разработанную автором структуру бинарного дерева системы вопросов и ответов. После чего было сформулировано представление метазнаний в интеллектуальной информационной системе, ведущей поисковые исследования. Так же была получена новая информационная структура алгоритма поиска решения, которая позволила представить дерево решений как дерево множества прецедентов. Все правила используются для получения такого дерева, в которых консеквент является соответствующим антецедентом, переход к которому соответствует полученной структуре дерева. Такое дерево может быть эффективно использовано для представления метазнаний и поиска решений.

**Ключевые слова:** метазнания, продукционное правило, вывод на основе прецедентов, поисковое исследование, бинарное дерево системы вопросов и ответов.

Сейчас существует огромное число современных технологий позволяющих спроектировать и получить перенастраиваемые, допускающие изменения и устойчивые системы [1]. Они помогают получить объектно-ориентированную модель, отражающую реальную ситуацию, которую мы наблюдаем в действительности [1, 20 с.].

Если такая модель правильно разработана с помощью объектной технологии, то она проста для понимания, хорошо и ясно отражает действительность, проста для изменения. В такой модели изменения для конкретного явления касаются объекта, который представляет это явление.

С другой стороны, есть определённого типа задачи, например, поисковое исследование, которые до сих пор не автоматизированы полностью, но

исследование в этой области уже проводятся [2 – 12]. Естественно предположить, что для автоматизации такой задачи необходимо будет использовать интеллектуальную информационную систему (ИИС), работа которой будет определяться метазнаниями, используемыми в этой системе.

Существуют визуальные (структурные) модели для обычных хорошо известных ИИС. Можно произвести реинжиниринг одной такой системы, где изменения будут касаться процесса выбора наилучшей альтернативы из множества известных альтернатив, то есть представления метазнаний такой ИИС. Так как такая информационная система должна быть эффективнее или равно эффективна работе человеческого интеллекта, то и способ представления метазнаний в этой модели должен быть близок к естественному интеллекту [4, 5].

Поэтому целью исследования стало изучение существующей информационной структуры алгоритма поиска решения в интеллектуальной системе поддержки принятия решений (рис. 1), её изменение и представление метазнаний с описанием логических отношений [1, 16 с.].

Для описания метазнаний поисковых исследований будем использовать разработанный автором метод структурирования знаний – бинарное дерево системы вопросов и ответов [3 – 6], который представляет собой улучшенный метод представления дерева принятия решений [5].

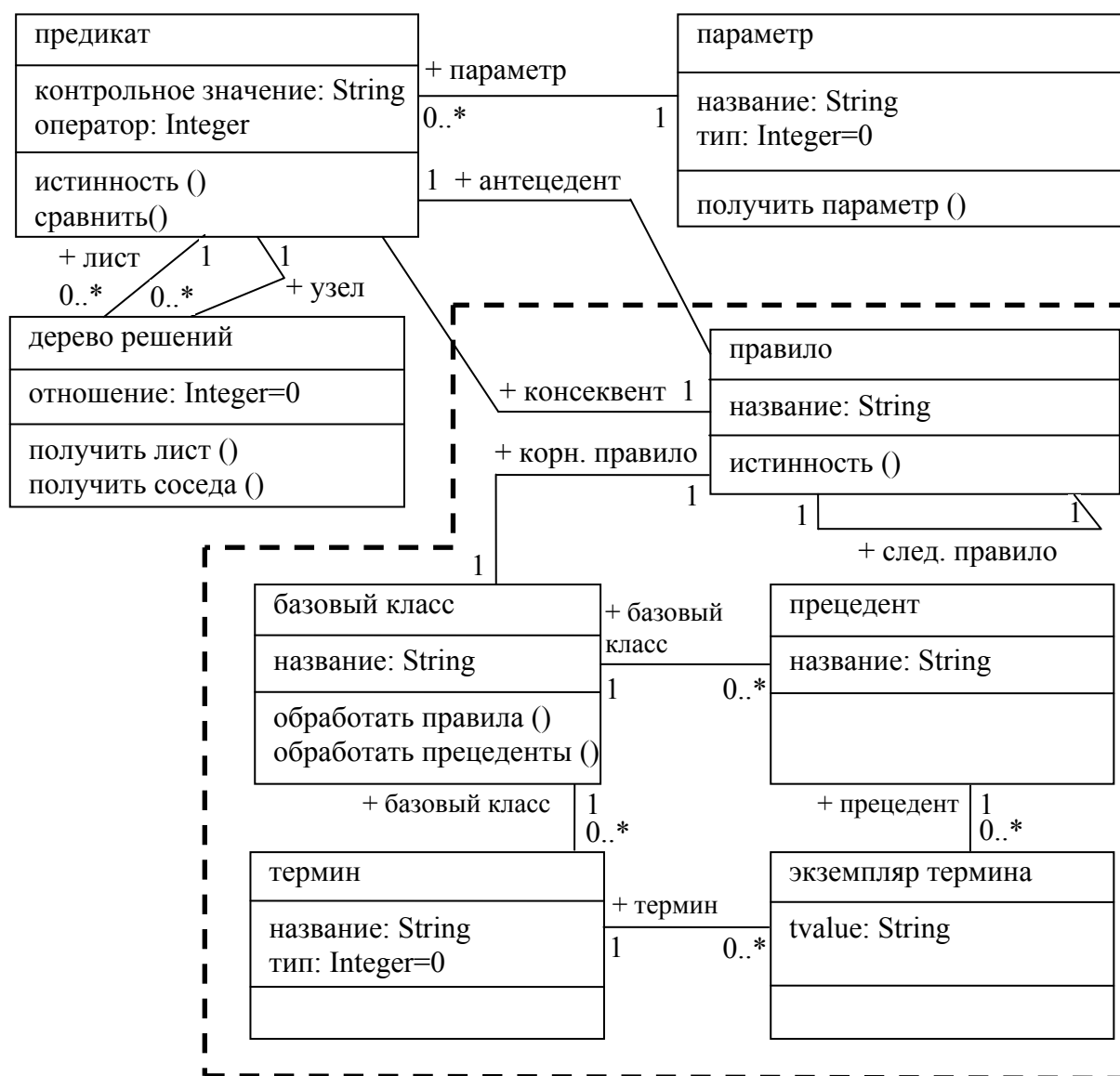


Рисунок 1 – Информационная структура алгоритма поиска решения в интеллектуальной системе поддержки принятия решений.

Из рисунка 1 видно, что информационная структура имеет в своём составе дерево принятия решений, которая позволяет использовать технологию Data Mining. Этот элемент структуры отражает знания о знаниях, хранящихся в базе знаний, определяющих правила и прецеденты, классы ситуаций, их взаимосвязи, способы их определения [1, 16 с.].

Совместное использование метазнаний, технологии Data Mining и конкретных предметных знаний позволяет значительно сократить число правил; уменьшить время разработки и отладки базы знаний, её дополнения и

изменения конфигурации; повысить производительность дедуктивного вывода, когда при рассмотрении участвуют лишь активные классы правил, а неактивные правила не просматриваются.

Такое улучшение достигается за счёт расширения средств описания логических отношений, которые позволяют строить предикатные формулы, правила продукции, прецеденты и процедуры поиска правил и прецедентов. Сложность представления обычных знаний выражается в необходимости моделирования отношений обобщения, зависимости, ассоциации, казуальных отношений и отношений сходства. Если такая технология для формализованных задач может быть оправдана, учитывая возможность использования ИИС в процессе её обучения, или есть возможность быстрого насыщения знаниями такой системы, то для поискового исследования такой способ формирования метазнаний не подходит.

Способ представления метазнаний в ИСППР, ведущей поисковые исследования, должен быть схож с принципами структурирования знаний в естественном интеллекте. Это позволит наиболее просто и эффективно переложить идеальный опыт из естественного интеллекта в базу знаний без фаз обучения, заполнения и общения эксперта с инженером знаний. Переложение всего опыта об одной небольшой предметной области, даже идеального, может стать не рентабельным, если хотя бы один научный факт придётся описать через отношения обобщения, зависимости, ассоциации, казуальных отношений и отношений сходства.

ИСППР, ведущей поисковые исследования, можно отнести к системам, функционирующим в реальном времени. Такая система должна быстро обрабатывать информацию, решать задачу поискового исследования быстрее и эффективнее чем человек (или хотя бы на том же уровне) и реагировать на поступающую информацию со скоростью её поступления.

Следовательно, процесс сбора параметров, процесс поиска решения и процесс выбор наилучшей альтернативы должны протекать одновременно при поисковом исследовании, что позволит значительно сократить время работы

такой системы. Тогда как процессы в информационной структуре алгоритма поиска решения в интеллектуальной системе поддержки принятия решений на рис. 1 происходят последовательно.

В такой продукционной модели (рис. 1) при накоплении достаточно большого числа (порядка нескольких сотен) продукций они начинают противоречить друг другу, что соответствует ситуации реальной жизни, когда при накоплении разрозненных знаний естественным интеллектом ему трудно справиться с большим объёмом информации. Такой «коллапс» естественного интеллекта можно решить двумя путями – перенести существующие знания в продукционную модель или пройти этап «понимания» полученных знаний, структурировать информацию, которая перестанет противоречить и позволит принимать решения на высоком уровне. Когда знания из количества перерастут в качество и их объём не сможет уже обрабатывать естественный интеллект, тогда их можно будет перенести в базу знаний ИСППР, ведущей поисковые исследования.

Структурирование знаний близкое к естественному интеллекту позволит исправить ошибки продукционной модели (рис. 1) [14].

- отличие от структур знаний, свойственных человеку;
- неясность взаимных отношений правил;
- сложность оценки целостного образа знаний;
- низкая эффективность обработки знаний.

Автор предлагает внести следующие изменения в информационную структуру алгоритма поиска решения в интеллектуальной системе поддержки принятия решений (см. рис. 1). Правила использовать для получения дерева принятия решений, в котором узлы – это соответствующие antecedentes (структурирующие информацию определённым образом), тогда консеквент – это переход к следующему antecedенту, если предыдущий antecedент совпал со значением текущего параметра. Следовательно, такое дерево принятия решений [3 – 13] будет отражать одновременно структурную модель знаний о предметной области, структуру логического вывода, и показывать ход

получения решений от корневого правила (корня дерева) до самого решения (соответствующего листа дерева).

Тогда продукционное правило можно записать таким образом:

**Если**

*свойство = параметр*

**то**

*переход к соответствующему антецеденту*

**в противном случае**

*переход к другому соответствующему антецеденту.*

Получается, что рекурсивно выполняются продукционные правила до тех пор, пока не будет найдено решение, которое хранится в соответствующем листе дерева. Тогда для каждого случая будет своя комбинация правил, соответствующая определённым значениям параметров, характеризующих свою внешнюю ситуацию, для которой существует своё решение.

В обычной ИСППР (рис. 1) вывод осуществляется на основе прецедентов. То есть используется «метод принятия решений, в котором используются знания о предыдущих ситуациях или случаях (прецедентах)» [15]. «При рассмотрении новой проблемы (текущего случая) отыскивается похожий прецедент в качестве аналога. Вместо того, чтобы искать решение каждый раз сначала, можно попытаться использовать решение, принятое в сходной ситуации, возможно, адаптировав его к изменившейся ситуации текущего случая. После того, как текущий случай будет обработан, он вносится в базу прецедентов вместе со своим решением для его возможного последующего использования в будущем» [15].

Известно [1, 14, 15], множество способов представления прецедента – это записи в базах данных, древовидные структуры, предикаты, фреймы, различные комбинации указанных способов и так далее. Так как представление прецедентов должно соответствовать общей цели системы, в данном случае ведущей поисковые исследования, повторяющие свойства естественного интеллекта, то необходимо решить сложную задачу – проблему представления

прецедента. Это «прежде всего проблема выбора информации, которую надо включать в описание прецедентов, нахождение соответствующей структуры для описания содержания прецедента, а также определения, каким образом должна быть организована и индексирована база знаний прецедентов для эффективного поиска и многократного использования» [15]. Понятно, что для любой системы это задача будет решаться по-своему.

Автор предлагает для решения этой задачи использовать разработанную им структуру бинарного дерева системы вопросов и ответов, которая позволит получить «в одном лице» одновременно дерево принятия решений, базу знаний, а так же древовидную структуру для множества прецедентов.

Информация для описания прецедентов – это свойства описывающие группу альтернатив (решений). Если применить правила, разработанные автором [3-5, 7], для получения этих свойств, то можно построить бинарное дерево системы вопросов и ответов, которое будет описывать определённую предметную область. Тогда путь по этому дереву от корня до листа даст перечень свойств характерных для одного прецедента. Действительно, перечень свойств (свойства проблемы), характеризующих ситуацию, – это описание проблемы, метод решения в найденном листе – это решение проблемы, ссылки на решенные подобные задачи – это обоснованность применения решения. Поэтому дерево принятия решений в данном случае можно назвать «деревом множества прецедентов», которое может быть эффективно использовано для поиска решений.

Тогда область, обведённая пунктирной линией (см. рис. 1), будет изменена определённым образом (см. рис. 2).

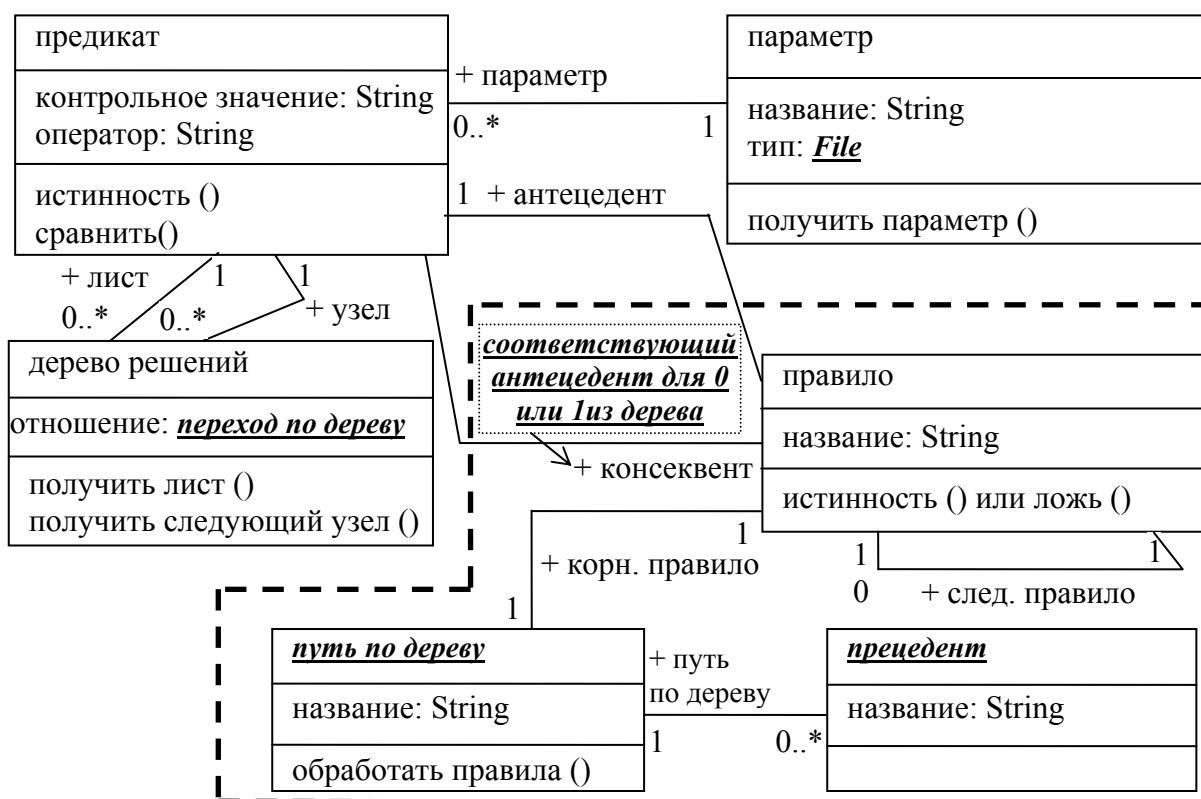


Рисунок 2 – Информационная структура алгоритма поиска решения в интеллектуальной системе поддержки принятия решений, ведущей поисковые исследования.

Из рисунка 2 так же видно, что данную структуру можно проще спроектировать и получить более эффективную интеллектуальную систему без необходимости самообучения, если правильно составить структуру бинарного дерева системы вопросов и ответов, то есть дерево прецедентов для заданной предметной области.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда № 16-03-00382 от 18.02.2016 в рамках темы “Мониторинг исследовательской деятельности образовательных учреждений в условиях информационного общества”.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Миклашевская Л.Н. Технология разработки программного обеспечения. Учебное пособие по дисциплине «Технология разработки программного обеспечения» для направления 230100.62 – Информатика и вычислительная техника / Кубанск. гос. техн. ун-т.: Краснодар, – 2014. – 141 с.



2. Лойко В.И., Романов Д.А., Попова О.Б. Современные модели и методы диагностики исследовательской деятельности научно-педагогических коллективов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №112, с. 1906-1933; URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/139.pdf>.

3. Попова О.Б., Попов Б.К., Ключко В.И. Правила получения элементов бинарного дерева системы вопросов и ответов // Фундаментальные исследования. – 2013. – №6-1. – С. 55-59; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31413>

4. Popova O., Popov B., Karandey V., Evseeva M. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – V. 214. – С. 897–905; URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815061030>.

5. Попова О.Б. Новые метод усиления интеллекта и способ представления дерева принятия решений, которые приближены к естественному интеллекту // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – №1, с. 38-47; URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/779>.

6. Попова О.Б., Попов Б.К., Ключко В.И. Проблема сокращения времени выбора методов управления большими системами (БС) // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №1. – С. 163; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8371>.

7. Попова О.Б., Попов Б.К., Ключко В.И. Получение корня бинарного дерева системы вопросов и ответов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №3. – С. 8; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9146>.

8. Попова О.Б., Попов Б.К., Ключко В.И. Анализ связей в реальной и технической системах процесса оптимизации // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №10-2. – С. 405-408; URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1166>

<http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-svyazey-v-realnoy-i-tehnicheskoy-sistemah-protssessa-optimizatsii>

9. Попова О.Б., Попов Б.К. Замена реальной системы (процесс выбора метода оптимизации) на техническую систему (программа-советчик «Оптимэль») // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №5. – С. 132; URL: [http://www.rae.ru/meo/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=4259](http://www.rae.ru/meo/?section=content&op=show_article&article_id=4259)

10. Попова О.Б., Попов Б.К. Связи в исследуемой системе процесса оптимизации. Деп. в ВИНТИ №112-В2012 от 22.03.2012.

11. Попова О.Б., Попов Б.К. Анализ процесса оптимизации. Определение понятий. Деп. в ВИНТИ №111-В2012 от 22.03.2012.

12. Попова О.Б., Попов Б.К. Интеллектуальная информационная система выбора «Оптимэль». Патент на изобретение RUS № 2564641 от 27.05.2014.

13. Попова О.Б. Участие процесса оптимизации в развитии сложных технических систем. Деп. в ВИНТИ №257-В2010 07.05.2010.

14. Продукционная модель знаний, 2014. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.aiportal.ru/articles/knowledge-models/production-model.html>

15. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам, 2007. [Электронный ресурс] – URL: [http://citforum.ru/consulting/BI/data\\_mining/2.shtml](http://citforum.ru/consulting/BI/data_mining/2.shtml).

#### REFERENCES

1. Miklashevskaya L.N. Tekhnologiya razrabotki programmogo obespecheniya. Uchebnoe posobie po distsipline «Tekhnologiya razrabotki programmogo obespecheniya» dlya napravleniya 230100.62 – Informatika i vychislitel'naya tekhnika / Kubansk. gos. tekhn. un-t.: Krasnodar, 2014. 141 s.

2. Loyko V.I., Romanov D.A., Popova O.B. Sovremennye modeli i metody diagnostiki issledovatel'skoy deyatel'nosti nauchno-pedagogicheskikh kollektivov // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – №112, s. 1906-1933; URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/139.pdf>.

3. Popova O.B., Popov B.K., Klyuchko V.I. Pravila polucheniya elementov binarnogo dereva sistemy voprosov i otvetov // Fundamentalnye issledovaniya. – 2013. – №6-1. – S. 55-59; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31413>

4. Popova O., Popov B., Karandey V., Evseeva M. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – V. 214. – S. 897–905; URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815061030>.

5. Popova O.B. Novye metod usileniya intellekta i sposob predstavleniya dereva prinyatiya resheniy, kotorye priblizheny k estestvennomu intellektu // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2016. – №1, s. 38-47; URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/779>.

6. Popova O.B., Popov B.K., Klyuchko V.I. Problema sokrashcheniya vremeni vybora metodov upravleniya bolshimi sistemami (BS) // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013. №1. – S. 163; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8371>.

7. Popova O.B., Popov B.K., Klyuchko V.I. Poluchenie kornya binarnogo dereva sistemy voprosov i otvetov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013. №3. – S. 8; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9146>.

8. Popova O.B., Popov B.K., Klyuchko V.I. Analiz svyazey v realnoy i tekhnicheskoy sistemakh protsessa optimizatsii // Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2013. №10-2. – S. 405-408; URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-svyazey-v-realnoy-i-tehnicheskoy-sistemah-protssesa-optimizatsii>

9. Popova O.B., Popov B.K. Zamena realnoy sistemy (protsses vybora metoda optimizatsii) na tekhnicheskuyu sistemu (programma-sovetchik «Optimel») // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2012. – №5. – S. 132; URL: [http://www.rae.ru/meo/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=4259](http://www.rae.ru/meo/?section=content&op=show_article&article_id=4259)

10. Popova O.B., Popov B.K. Svyazi v issleduemoy sisteme protsessa optimizatsii. Dep. v VINITI №112-V2012 ot 22.03.2012.

11. Popova O.B., Popov B.K. Analiz protsessa optimizatsii. Opredelenie ponyatij. Dep. v VINITI №111-V2012 ot 22.03.2012.
12. Popova O.B., Popov B.K. Intellektualnaya informatsionnaya sistema vybora «Optimel». Patent na izobrenenie RUS № 2564641 ot 27.05.2014.
13. Popova O.B. Uchastie protsessa optimizatsii v razvitii slozhnykh tekhnicheskikh sistem. Dep. v VINITI №257-V2010 07.05.2010.
14. Produktsionnaya model znaniy, 2014. [Elektronnyy resurs] – URL: <http://www.aiportal.ru/articles/knowledge-models/production-model.html>
15. Karpov L.E., Yudin V.N. Metody dobychi dannykh pri postroenii lokalnoy metriki v sistemakh vyvoda po pretsedentam, 2007. [Elektronnyy resurs] – URL: [http://citforum.ru/consulting/BI/data\\_mining/2.shtml](http://citforum.ru/consulting/BI/data_mining/2.shtml).

*PRESENTATION METAKNOWLEDGES IN THE INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS, THE LEADING SEARCH RESEARCH*

**O.B. POPOVA**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,  
e-mail: popova\_ob@mail.ru*

Now there is a large number of advanced technologies that allow intelligent design effective information systems. On the other hand there is the problem that is not fully automated, but which could be applied to the object-oriented design. For example, a exploratory study, where the representation metaknowledge requires an approach closer to the natural intelligence. Therefore, the aim of the research was to study and change the existing information structure search algorithm solutions in intellectual decision support systems using production rules, where the output is based on precedents. The change was made by the author developed a binary tree structure of the system of questions and answers. After that, was formulated representation the metaknowledges of the intellectual information system, leading search researches. So new information structure of the algorithm to find a solution was obtained, which allowed presenting a decision tree as a tree sets precedents. All rules are used to obtain such a tree in which the consequent is relevant antecedent, the transition to which corresponds derived tree structure. Such a tree can be used effectively to represent metaknowledge and solutions.

**Key words:** metaknowledge, production rule, the conclusion based on precedents, exploratory research, a binary system of questions and answers tree.