



УДК 004.9:519.8

**О СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ****ABOUT CREATION OF DECISION SUPPORT SYSTEM WHICH BASED  
ON THE MODIFIED ANALYTIC HIERARCHY PROCESS****Д.Г. Фурцев  
D.G. Furtsev**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85  
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia  
e-mail: dfurtsev@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматриваются этапы создания системы поддержки принятия решений. Приводятся требования к разрабатываемой программе, алгоритм нахождения лучшего решения и разработка пользовательского интерфейса. Предложены этапы реализации модифицированного метода анализа иерархий в качестве компьютерного алгоритма. Предложенная схема взята за основу при реализации интерфейса системы поддержки принятия решений на основе модифицированного метода анализа иерархий.

*Resume.* This paper considers the steps of creating a decision support system, the requirements for developing a program algorithm for finding the best solutions and user interface development. This paper proposed stages of implementation of the modified method of analysis of hierarchies as a computer algorithm. The proposed scheme is taken as the basis for the implementation of interface decision support system based on the modified method of analysis of hierarchies.

*Ключевые слова:* модифицированный метод анализа иерархий, автоматизация расчетов, экспертные системы, пользовательский интерфейс, критерии оценки, экспертная система.

*Keywords:* modified method of hierarchy analysis, automation of calculations, expert systems, user interface, the evaluation criteria, the expert system.

**Описание алгоритма.** Система поддержки принятия решений в условиях усложнения современных технических, экономических и других задач должна обеспечить потребности пользователей в доступном и интуитивно понятном инструменте по принятию решений. Такой автоматизированный инструмент необходим предприятиям и организациям для минимизации временных и материальных ресурсов при принятии стратегических и тактических решений. Система позволит увеличить надежность принятия решений, особенно для лиц, ответственных за конечный результат.

При решении таких задач часто используются технологии экспертных систем с применением искусственного интеллекта для интеллектуальной поддержки с использованием математических методов при определении тактических или стратегических направлений развития, финансирования и в других случаях, когда имеется неопределенность в исходных данных, используемых для принятия решения.

Единоличное принятие решений не всегда является правильным, а зачастую совершенно неприемлемым. В крупных фирмах применяются разнообразные методики выявления рационального решения проблем с участием группы специалистов. Является необходимым программно реализовать те алгоритмы принятия решений, которые позволяют задействовать экспертов.

Существует большое количество методов и алгоритмов принятия решений, таким образом, целью является изучение вариантов алгоритма выбора решения, разработка оптимальных требований внутри алгоритма и выбор оптимальной схемы алгоритма по критерию быстродействия, разработка алгоритма и проверка его работоспособности, тестирование скорости работы алгоритма и устранение ошибок в работе алгоритма. На основе этих данных предстоит разработать программный продукт, провести его тестирование и разработать тонкий клиент для доступа к программе с любого устройства. Решено реализовывать программу как отдельный продукт с дальнейшей возможностью внедрения в другие системы. На данном этапе начата разработка интеграции с системой учета научно-инновационной деятельности в Белгородском Государственном Национальном исследовательском университете.

Для этого необходимо выполнить следующий ряд задач:

1. провести анализ алгоритмов;
2. выбрать алгоритм выбора решения, подходящий для принятия альтернатив по любой предметной области;
3. разработать оптимальные требования внутри алгоритма;



4. провести анализ схем работы алгоритма и выбрать оптимальную по критерию быстродействия;
5. разработать алгоритм принятия лучшего решения;
6. выбрать прикладное средство для разработки;
7. объединить все в единый интерфейс, позволяющий пользователю взаимодействовать с разработанным алгоритмом;
8. отладить программный код для взаимодействия с пользовательским интерфейсом;
9. разработать тонкий клиент для доступа к системе;
10. запрограммировать алгоритм для применения в реальных условиях;
11. создать опытный образец системы поддержки принятия решений.

Пункты с 1 по 4 рассмотрены в статье [3]. В данной статье рассматриваются требования к разрабатываемой программе, приводится алгоритм нахождения лучшего решения и разработка пользовательского интерфейса.

В разрабатываемой программе предполагается использовать новые математические методы для автоматизации процессов обработки и анализа данных, необходимых для принятия решений.

В качестве исходных параметров могут выступать разнообразные числовые, качественные и видео материалы. Используя исходные параметры, проводится предварительный анализ, который в дальнейшем подвергается экспертной оценке.

В результате обработки исходных данных подготавливается обоснованное предложение по качеству предлагаемых вариантов и выполняется их ранжирование по различным отдельным и смешанным показателям.

Программа сможет функционировать в стационарном режиме как отдельный продукт, может работать как сдаваемое в аренду через серверы дата-центров и сервер разработчика, а также предоставлять режим работы тонкого клиента и веб-сервис, для неограниченного количества пользователей.

Особенностью программы является возможность сравнения детерминированных и качественных показателей, использование показателей в виде отклонения от заданной величины, использование для принятия решений документов, фото и видео материалов.

При проведении окончательной экспертной оценки программа позволяет провести учет значимости и компетенции, привлекаемых для оценки экспертов по разным параметрам (цитируемость, публикации, ученые звания и т.п.).

Программа обеспечивает независимый, закрытый доступ к анализируемым данным, обеспечивает синхронизацию открытия результатов только при завершении всего процесса и подписи его экспертами.

Программа должна быть инвариантной к предметным областям, что позволит применять ее не только для конкретного предприятия или отрасли.

Программа должна обрабатывать ошибки и следить за информацией, вводимой пользователем. Нельзя допускать каких-либо нарушений в целостности базы данных, что может привести к неправильному принятию решения.

Программа не должна иметь высоких требований к технической стороне клиента, чтобы любой потребитель мог воспользоваться ей со своего компьютера. В нынешних условиях популяризации мобильных устройств и повсеместного распространения интернета любой человек в любое время должен иметь доступ к данной системе, что позволит ему сэкономить, например, при выборе автомобиля.

Суммарно назначением научно-технического продукта является:

- Упрощение процесса принятия решений на основе математических методов с использованием детерминированных и качественных показателей.
- Использование интервалов для определения наилучшего в виде отклонения.
- Использование фото и видео материалов.
- Возможность удаленной экспертизы при принятии окончательного решения.
- Создание бизнес-процесса для каждого случая принятия решения.
- Предоставление различных визуальных инструментов показателей и выходные формы (отчеты, графики, индикаторы) для вывода итоговых отчетов.
- Интеграция с источниками данных пользователя в случае изменения исходных данных в процессе принятия решений.
- Для каждой решаемой проблемы должны быть определены альтернативы (варианты решений) и ряд критериев оценки, по которым эти альтернативы сравниваются.

Методы разработки алгоритмов, такие как: метод грубой силы, поиск с возвратом, уменьшение размера задачи, преобразование, метод ветвей и границ - не подходят для модификации метода анализа иерархий, применяемого в разрабатываемой СППР.

Для модификации метода анализа иерархий будет использоваться метод декомпозиции для разбиения метода на несколько подзадач: выбор экспертов для оценивания альтернатив, шкалирование экспертов лицом, принимающим решения, шкалирование альтернатив экспертами, шкалирование критериев альтернатив экспертами, принятие лучшей альтернативы ЛПР. Также будет использоваться метод динамического программирования для повторения тех задач, по которым не нужно отдельно рассчитывать показатели сравнения.

Модифицированный метод анализа иерархий (ММАИ) использует систематическую процедуру для составления иерархии тех элементов, что определяют суть проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решения, по парным сравнениям. В результате может быть выражена относительная степень (интенсивность) взаимодействия элементов в иерархии. Эти суждения затем выражаются численно. ММАИ включает в себя процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений. Такой подход к решению проблемы выбора исходит из естественной способности людей думать логически и творчески, определять события и устанавливать отношения между ними.

Одним из основных принципов построения ММАИ является принцип идентичности и декомпозиции, который предусматривает структурирование проблем в виде иерархии или сети, что является первым этапом ММАИ. На рисунке 1 представлен модифицированный вид иерархии, которая строится с вершины (целей – с точки зрения управления), через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие уровни,) к самому низкому уровню (который обычно является перечнем альтернатив).



Рис. 1. Иерархия модифицированного ММАИ  
Fig.1. Hierarchy of modified ANP

Иерархия считается полной, если каждый элемент данного уровня функционирует как критерий для всех элементов нижестоящего уровня.

Иерархия считается полной, если каждый элемент данного уровня функционирует как критерий для всех элементов нижестоящего уровня.

В результате реализации первого этапа ММАИ любая, сколь угодно сложная проблема, может быть представлена в виде трехуровневой иерархии (цель – критерии – альтернативы), каждый из элементов иерархии при необходимости может быть представлен, в свою очередь, в виде трехуровневой иерархии и т.д [1].

По окончании построения иерархии для каждой материнской вершины проводится оценка весовых коэффициентов, определяющих степень ее зависимости от влияющих на нее вершин более низкого уровня. При этом используется метод попарных сравнений.

В ММАИ элементы одного уровня иерархии сравниваются попарно по отношению к их воздействию («весу» или «интенсивности») на общую для них характеристику. Например, строится матрица для сравнения относительной важности критериев на втором уровне по отношению к общей цели на первом уровне. Подобные матрицы должны быть построены для попарных сравнений каждой альтернативы на третьем уровне по отношению к критериям второго уровня[2].

Обстоятельно опишем созданное ноу-хау по расчету универсального критерия эффективности, являющимся основополагающим моментом разработанной системы поддержки принятия решений. Метод анализа иерархий используется при расчете числовых характеристик работы вуза



на основе большого количества разнообразных критериев, как количественных, так и качественных. Модификация метода анализа иерархий с помощью учета рейтингов экспертов в сочетании с математическими методами теории нечётких множеств дает возможность использовать нечисловые качественные оценки для обработки информации и принятия решений в условиях неопределённости. Для применения метода анализа иерархий в разрабатываемой системе необходимо учитывать не только объекты и критерии для расчета для определения критериев эффективности, но и экспертов, которые осуществляют работу над принятием решения. Лицо, принимающее решение, производит шкалирование экспертов, что влияет на дальнейший результат [4].

Шкалирование экспертов будет производиться также на основе ММАИ, что приводит к применению ММАИ несколько раз в типичных операциях сравнения. Самым сложным этапом будет являться общее соединение результатов оценивания каждого отдельного этапа для принятия лучшего решения.

Вторым этапом в алгоритме является отбор экспертов. ЛПР выбирает факторы, которым должны соответствовать эксперты, определяет весовые коэффициенты этих факторов и оценивает выбранных лиц по данным критериям. Каждый эксперт получает свою оценку, назовем ее коэффициентом конкордации, на основе которой ЛПР совершает выбор заинтересовавших его лиц. Следующим этапом в беседах с экспертами определяется список факторов, важный для принятия лучшей из альтернатив.

Затем с помощью метода попарных сравнений происходит определение весовых коэффициентов, соответствующих степени влияния конкретного фактора на выбор лучшего решения. Затем для каждого фактора определяется шкала возможных значений. В дальнейшем определяются значения всех факторов в соответствующих шкалах. Это можно сделать по крайней мере двумя способами: либо напрямую (если позволяет имеющаяся в наличии информация), либо опять же проведя среди экспертов попарное сравнение между допустимыми значениями фактора. Если же отсутствуют данные о реальных значениях факторов и эксперты затрудняются провести указанные сравнения, то необходимо провести дополнительное разбиение подобного фактора на систему субфакторов. Оценив их весовые коэффициенты и определив значения, получаем значение проблематичного фактора. Последовательно применяя указанный способ разбиения и проводя определения весовых коэффициентов, можно построить иерархию и получить с ее помощью значение лучшей альтернативы [5,6].

Для каждого критерия альтернативы выбирается оптимальное значение, если это числовой критерий, и вводится любое значение, если критерий – качественный. На следующем этапе эксперты оценивают вес каждого критерия и проводят оценку альтернатив по каждому из критериев. Таким образом на цель влияет весовой коэффициент эксперта, совершающего оценку, весовой коэффициент критерия и непосредственно матрица попарных сравнений по конкретной альтернативе.

Цель третьего этапа ММАИ – установить приоритеты критериев и оценить каждую из альтернатив по критериям, выявив самую важную из них.

В результате вычисления числовых значений из значений заполненных матриц парных сравнений по критериям, экспертам, альтернативам выводится итоговый результат по альтернативе. Также можно получить промежуточные результаты по каждому из этапов ММАИ.

**Реализация интерфейса.** Интерфейс разработан с применением программы 1С: предприятие 8.3 в режиме управляемого приложения, в котором каждый пользователь может подстроить под себя отображение различных форм, документов и справочников. Для отображения различных интерфейсов для различных ролей в конфигурации создана иерархия подсистем, отражающая для пользователя структуру функциональности прикладного решения.

Работа с программой начинается с рабочего стола и панели разделов, расположенных в основном окне приложения. Рабочий стол содержит часто используемые документы, отчеты, справочники и т.п. Это своеобразный «помощник» пользователя. Рабочий стол вводит пользователя в курс дел, отвечает на его вопросы. Пользователь имеет возможность настроить внешний вид рабочего стола: поменять взаимное расположение форм, добавить или удалить формы. Вот так, например, выглядит рабочий стол председателя экспертной оценки (рис.2).

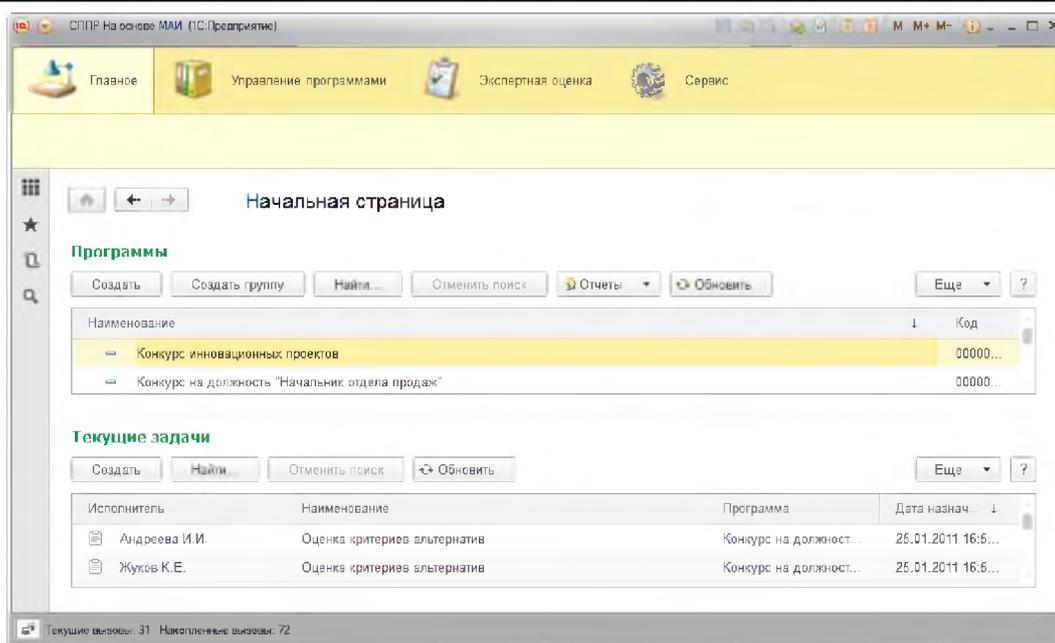


Рис.2. Рабочий стол председателя экспертной оценки  
Fig. 2. Desktop for president of the expert evaluation

Председатель может управлять программами и видеть текущие задачи экспертов по оцениванию проектов. Подобным образом реализованы рабочие столы для секретарей и экспертов. Председатель также может просмотреть отчеты, изменять справочники пользователей и экспертов (рис. 3).

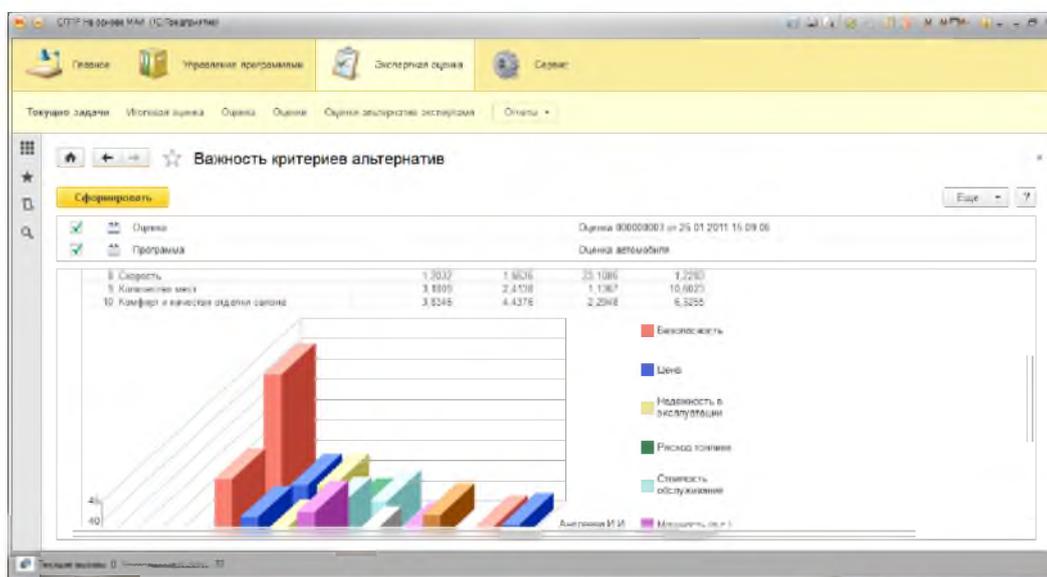


Рис. 3. Отчет  
Fig. 3. Report

Для эксперта все эти тонкости не нужны, они должны видеть только программы, к которым имеют доступ, и задачи, над которыми могут осуществлять экспертную оценку. Поэтому их интерфейс выглядит так (рис. 4).

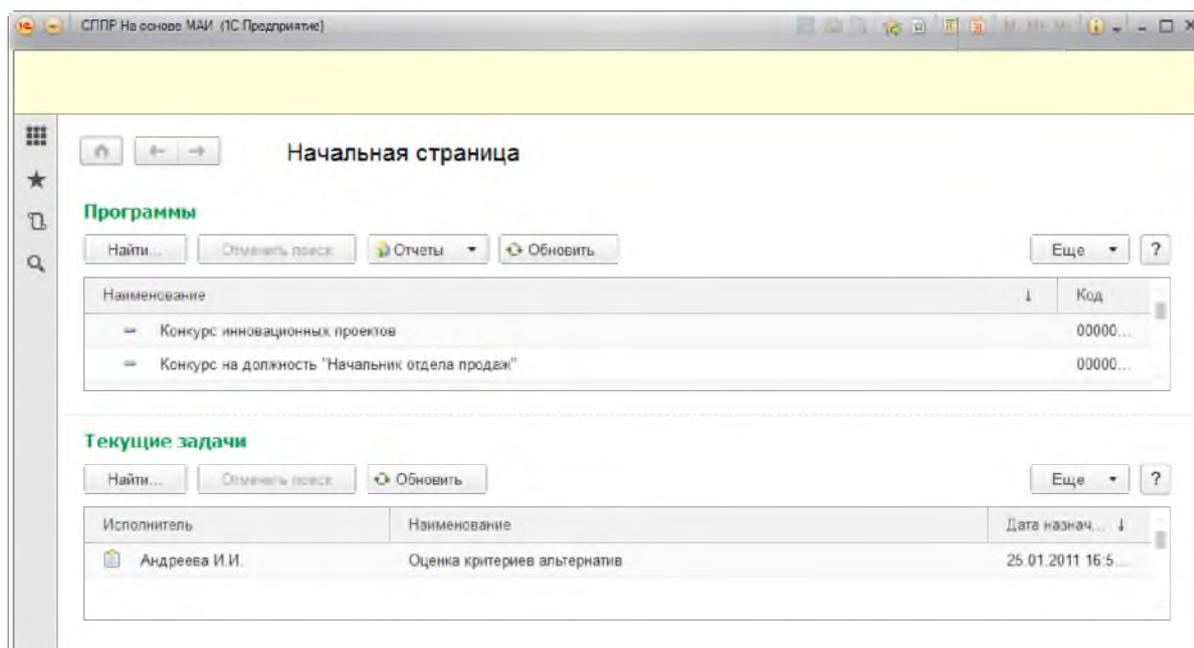


Рис.4. Рабочий стол эксперта  
Fig. 4. Expert Desktop

Для реализации алгоритма парных сравнений необходимо удобно и понятно сделать пользовательский интерфейс, чтобы эксперту не было необходимости самому заполнять какие-либо матрицы сравнений, что обычно ведет к большому коэффициенту детерминации и, собственно, к ошибочному выбору решения. На данном этапе дизайн интерфейса состоит в виде сравнения каждого из критериев/каждой из альтернатив попарно, с ползунком либо со ссылками, содержащими значимый текст. Реализацию интерфейса можно увидеть на рисунке 5.

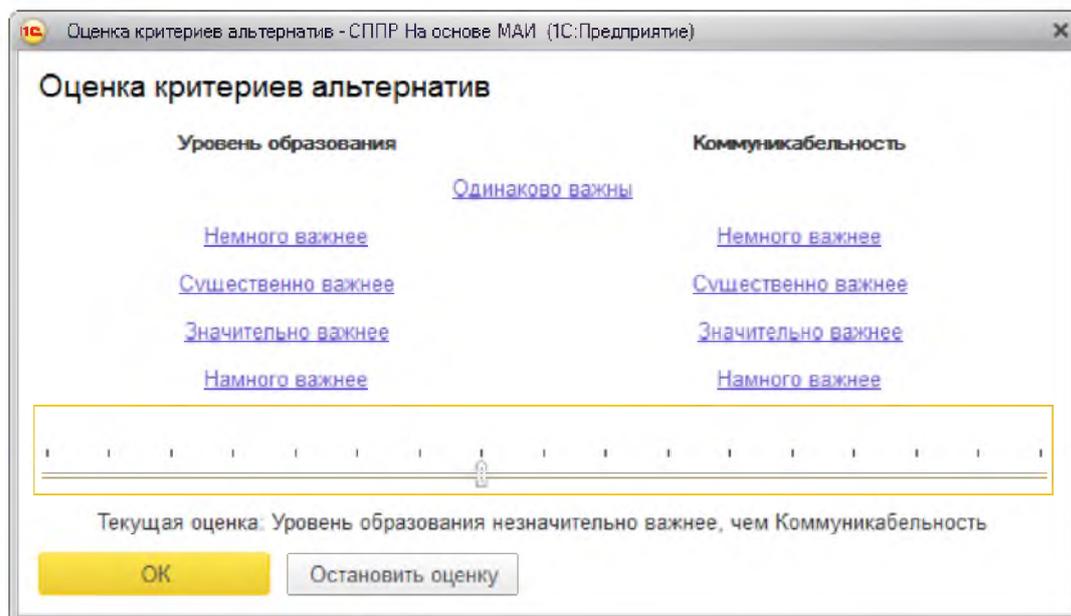


Рис.5. Сравнение альтернатив  
Fig. 5. Comparison of alternatives

В итоге разработан опытный образец интерфейса системы поддержки принятия решений на основе модифицированного метода анализа иерархий, который впоследствии может быть использован для разработки любой системы поддержки принятия решений, что приведет к уменьшению затрат времени, сокращению расходов и увеличению прибыли.



**Список литературы**  
**References**

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст]/Томас Саати; перевод с англ. Р.Г. Ванчадзе. – Москва.: Радио и связь, 1993. – 278 с.  
Saati T. Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij [Tekst]/Tomas Saati; perevod s angl. R.G. Vanchadze. – Moskva.: Radio i svjaz', 1993. – 278 s.
2. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 256 с. – ISBN 978-5-9221-0812-6.  
Podinovskij V.V., Nogin V.D. Pareto-optimal'nye reshenija mnogokriterial'nyh zadach. – 2-e izd., ispr. i dop. – M.: FIZMATLIT, 2007. – 256 s. – ISBN 978-5-9221-0812-6.
3. Фурцев Д.Г., Коваленко А.Н., Ткаченко Е.А. «Об оптимизации на основе метода анализа иерархий» // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – № 1 (172). – Вып. 29/1. – С. 110-113.  
Furcev D.G., Kovalenko A.N., Tkachenko E.A. «Ob optimizacii na osnove metoda analiza ierarhij» // Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2014. – № 1 (172). – Vyp. 29/1. – S. 110-113.
4. Фурцев Д.Г., Черноморец А.А., Болгова Е.В. «Поддержка принятия решений при управлении в вузах на основе метода анализа иерархий» // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – № 21 (192). – Вып. 32/1. – С. 124-130.  
Furcev D.G., Chernomorets A.A., Bolgova E.V. «Podderzhka prinjatija reshenij pri upravlenii v vuzah na osnove metoda analiza ierarhij» // Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2014. – № 21 (192). – Vyp. 32/1. – S. 124-130.
5. Фурцев Д.Г. Заявка на регистрацию программы для ЭВМ «Программный блок анализа отклонений для интеллектуальных систем поддержки принятия решений». – Б.: ООО «МАТРИЦА-БелГУ», 2013.  
Furcev D.G. Zajavka na registraciju programmy dlja JeVM «Programmnyj blok analiza odklonenij dlja intelektual'nyh sistem podderzhki prinjatija reshenij». – B.: ООО «MATRICA-BelGU», 2013.
6. Фурцев Д.Г. Заявка на регистрацию программы для ЭВМ «Фильтрация противоречивых вариантов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений для сокращения времени анализа». – Б.: ООО «МАТРИЦА-БелГУ», 2013.  
Furcev D.G. Zajavka na registraciju programmy dlja JeVM «Fil'tracija protivorechivyh variantov v intelektual'nyh sistemah podderzhki prinjatija reshenij dlja sokrashhenija vremeni analiza». – B.: ООО «MATRICA-BelGU», 2013.
7. Фурцев Д.Г. Заявка на регистрацию программы для ЭВМ «Программный блок планирования научной и инновационной деятельности с использованием план-фактного анализа». – Б.: ООО «МАТРИЦА», 2014.  
Furcev D.G. Zajavka na registraciju programmy dlja JeVM «Programmnyj blok planirovanija nauchnoj i innovacionnoj dejatel'nosti s ispol'zovaniem plan-faktnogo analiza». – B.: ООО «MATRICA», 2014.