

**Дудина И.П.**

Поволжский православный институт, г. Тольятти, Россия

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

### **АННОТАЦИЯ**

*В статье обсуждаются методические и технологические аспекты компьютерного моделирования и проведения вычислительного эксперимента в курсе «Методы принятия решений» профессиональной подготовки будущих IT-специалистов.*

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

*Системы принятия решений, метод анализа иерархий, компьютерное моделирование, автоматизация процессов обработки информации.*

**Dudina I.P.**

Volga Orthodox Institute, Togliatti, Russia

## **COMPUTER MODEL OF DECISION-MAKING METHOD USING ANALYTIC HIERARCHY ANNOTATION**

*The paper discusses the methodological and technological aspects of computer modeling and computational experiment in the course "Methods of decision-making" training for future IT-specialists.*

### **KEYWORDS**

*Decision Support Systems, hierarchies analysis method, computer simulation, automation of information processing.*

Современным руководителям предприятий часто приходится принимать решения в условиях неопределенности, влияющей на эффективность результата деятельности организации. Достаточно трудно прогнозировать все возможные риски и сложности, возникающие в процессе работ. Поиск оптимальных вариантов управленческих решений зачастую производится руководителем на основании собственного опыта, интуиции или опыта других лиц в аналогичных ситуациях. Такой субъективный подход может оказаться неэффективным и повлечь за собой ущербные последствия, особенно в тех случаях, когда принятое решение затрагивает интересы большого количества людей. Набор совокупностей реализации состояний среды при этом часто статистически не устойчив, они могут не относиться к категории случайных величин или функций, однако, принимаемые управленческие решения должны быть аргументированы и при возможности количественно обоснованы.

Под принятием решений понимается особый процесс человеческой деятельности, направленный на обоснованный выбор наилучшей альтернативы из множества вариантов возможных действий. Как в жизни отдельного человека, так и в повседневной деятельности предприятий и организаций во всех сферах деятельности (производственной, экономической, социальной и др.) принятие решений является важнейшим этапом, который определяет их будущее. Поэтому поиск оптимальных решений является исключительно важным для практики и интересным для науки объектом исследования.

От полноты описаний допустимых вариантов управленческих воздействий зависит качество и эффективность решения задачи. Поэтому важным этапом анализа является формирование всего множества вариантов активного воздействия. При постановке задачи необходимо выделить основные как неуправляемые факторы (ограничения), так и управляемые, оптимальные значения которых необходимо найти в результате решения задачи. Для проведения количественного анализа может возникнуть необходимость привлечения специалистов различных профилей, что обеспечит масштабность охвата информации и объема знаний, возможность выявления таких решений, которые не могут быть получены при узкой профессиональной специализации исследователей [1].

Количественные методы исследования процессов управления в промышленности,

экономике и социальной сфере деятельности являются одной из важных проблем современного состояния науки. Использование количественных методов в системах управления позволяет научно обосновать выбор управленческих решений, уменьшает присущий им фактор субъективности, дает возможность провести оптимизацию как самого процесса управления, так и технологического инструментария его реализации. Технологической поддержкой теории принятия решений являются автоматизированные системы управления, активно внедряющиеся на сегодняшний день во все сферы деятельности современного информационного общества. Специалист в любой предметной области, занимающийся процессами управления, должен владеть инструментарием математического, информационного, компьютерного обеспечения систем управления и принятия решений. Большие объемы информационных данных, проблематика обоснованного выбора методов принятия решений, возрастание технических возможностей требует разработки и реализации полнофункциональных, надежных и эффективных автоматизированных систем поддержки управленческих процессов в реальном времени.

Рассмотрим основные элементы теории принятия решений, используемые при проектировании компьютерных моделей методов принятия решений применительно к широкому классу объектов управления. Так как под понятием «принятие решения» [2] понимается выбор одного конкретного варианта из множества возможных, оно должно быть обосновано как количественными, так и качественными характеристиками, не всегда поддающимися количественным измерениям. Четкое разграничение и учет этих факторов обеспечивает возможность формализации и использования методов математического моделирования и оптимизации при проектировании и разработке автоматизированного решения задач такого типа.

Одним из важнейших вопросов теории и практики принятия решений является определение границ взаимодействия пользователя или управленца и автоматизированного вычислительного комплекса [3]: уже на этапе проектирования компьютерной модели необходимо определить компоненты процесса принятия решения, контролируемого людьми, принимающими решения, и компоненты процесса, выполняемые компьютером в автоматическом режиме.

Описание неизмеряемых и количественных характеристик, информационно-логических связей управленческих процессов и явлений является первым этапом подготовки формализованного решения задачи. Более полное представление об управляемом объекте с точки зрения количественно-измеряемых составляющих увеличивает удельный вес автоматизированных операций в процессе подготовки и принятия решения. Недостаточное же или малочисленное описание количественных характеристик управляемого объекта или процесса, соответственно, повышает удельный вес и значимость «человеческого фактора» в системе принятия решений.

Но в любом случае, каков бы ни был уровень количественного представления реального объекта или процесса, решающая роль и ответственность в принятии управленческого решения обязательно принадлежит человеку (или группе людей). Содержательная и методологическая составляющая более весома, нежели математический и компьютерный инструментарий.

Выделим основные понятия теории принятия решений [3]:

- система управления,
- управляемый объект,
- лицо, принимающее решение,
- состояние объекта управления,
- решение,
- процесс принятия решения,
- неопределенность,
- оценочный функционал (матрица значений оценочного функционала),
- критерий принятия решений.

Задача принятия решения заключается в выявлении оптимальной стратегии действий для достижения поставленных целей. При формулировке цели определяют идеальное состояние желаемого результата. Если полученное фактическое состояние не совпадает с идеальным, то возникает противоречие и проблема. Сущность задачи принятия решений состоит в разработке стратегии и тактики деятельности по устранению проблемы.

Понятие «лицо, принимающее решение» (ЛПР) определяется как субъектом процесс принятия решения, причем понятие может быть собирательным, так как в некоторых случаях при принятии коллективных решений ЛПР представляется группой людей. К сбору и анализу информации для ЛПР, необходимой для формирования конечного решения могут быть привлечены эксперты – специалисты по решаемой проблеме.

Понятие «процесс принятия решения» определяется временным промежутком, в течение

которого он происходит. Процесс включает в себя последовательность логически взаимосвязанных этапов и процедур и ориентирован на анализ и устранение выявленной проблемной ситуации. Основными этапами процесса принятия решений являются формирование альтернативных (взаимоисключающих) вариантов решений и оценка их предпочтительности. Оценка предпочтений должна быть интегральной и основываться как на объективном анализе (знании, опыте, проведении расчетов и экспериментов), так и субъективном понимании ценности и оптимальности решений. Окончательный результат задачи принятия решений должен быть представлен в виде рекомендаций, являющихся предписаниями к последующим действиям.

Уровень достижения целей, отнесенный к затратам на их достижение, является обобщенной характеристикой полученного решения, определяющей его эффективность. Чем выше уровень достижения целей и меньше затраты на их реализацию, тем более эффективным является полученное решение. Теория принятия решений включает в себя комплекс систематических методов, позволяющих в условиях неопределенности и ограничений выполнить всесторонний анализ проблем принятия решений. Развитие и совершенствование процесса принятия решений представляет собой главную цель современной теории принятия решений.

Компьютеризированные системы поддержки принятия решений (СППР) предназначены для повышения качества и эффективности оперативных, стратегических и тактических решений задач управления. СППР используется руководителем организации в качестве дополнительного инструментария в получении эффективных решений по устранению неструктурированных проблем, в том числе комплексного и междисциплинарного характера, решение которых требует специализированных знаний из различных предметных областей. Автоматизированная интерактивная СППР должна обеспечивать доступ пользователей к распределенной базе знаний и предоставлять возможности анализа и обработки необходимых данных. СППР включает в себя следующие подсистемы (рис.1):

- базу данных;
- подсистему комплекса математических методов и моделей;
- подсистему управления (анализа состояния и выработки решений);
- подсистему пользовательского интерфейса.

Бурное развитие теории и практики принятия решений связано с широким использованием математических методов и моделей. На смену качественному анализу пришли количественные закономерности и математические модели различных экономических, технических и социальных явлений. Их использование позволяет более полнофункционально, целенаправленно и эффективно осуществлять управление изучаемыми процессами и принимать решения по различным проблемам.



Рис.1. Архитектура СППР

В качестве методологической основы решения задач выбора из множества альтернативных вариантов на основе их многокритериального сравнения успешно используется математический метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т.Саати, в основании которого лежит «...теория, отражающая то, что представляется естественным ходом человеческого мышления» [3]. Саати определяет разработанную теорию как модель естественного процесса человеческого мышления, создающего концепцию и структуру сложной проблемы.

На сегодняшний день метод анализа иерархий признан как самостоятельный научный раздел с собственными математическими и психологическими обоснованиями и правилами. Метод определяет последовательность этапов подготовки данных для решения описанной проблемы. По

результатам иерархической декомпозиции проблемной ситуации модель принятия решения приобретает кластерную структуру. Набор возможных альтернативных решений и все факторы, оказывающие воздействия на приоритеты решений, разбиваются на самостоятельные группы – кластеры. Для выявления приоритетов объектов, входящих в каждый кластер, в методе анализа иерархий определена специальная процедура парных сравнений, по результатам которой выстраиваются собственные векторы каждого кластера.

Метод позволяет провести синтез проблемы принятия решения. После выполнения анализа проблемы и подготовки данных по всем кластерам определяется итоговый рейтинг, представляющий набор приоритетов альтернативных решений. Показатели вычисленного рейтинга позволяют определить приоритет каждого варианта решения и выбрать оптимальный. Также алгоритм метода предоставляет возможности для вычисления рейтингов групп факторов, что позволяет оценить удельный вес каждого фактора.

Реальный процесс подготовки данных задачи принятия решения требует выполнения следующей последовательности действий:

1. Выявление неопределенностей и противоречий исходных данных модели поддержки принятия решения.
2. Разбиение сложной задачи на несколько более простых (проведение анализа), что позволит организовать распределение работ по подготовке данных в принятии решения, и построить в понятной форме схему взаимодействия факторов, определяющих формирование взаимовлияющих приоритетов решений, а также самих альтернативных решений (проведение синтеза).
3. Оценка согласованности и минимизация противоречивости данных, являющихся исходными для определения приоритетов возможных решений.
4. Выявление условий, которые по найденному рейтингу приоритетов возможных решений влияют на выбор оптимального решения.
5. Отбор вариантов решений и факторов, влияние которых на выбор оптимального решения, является существенным, и исключение из рассмотрения мало влияющих (несущественных) факторов. Этот этап становится особенно важным при рассмотрении полномасштабных проблем или проблем стратегического планирования.
6. Количественная обработка качественных данных (процедура парных сравнений).
7. Оценка устойчивости исходных данных. Поскольку при решении реальных проблем принятия решений невозможно дать гарантии, что имеющиеся данные или представления о проблеме являются абсолютно точными, необходимо оценить, насколько существенными окажутся изменения в значениях приоритетов альтернатив при меняющихся в незначительных пределах исходных данных.

Иерархические модели являются статичными, и, соответственно, метод анализа иерархий не приспособлен для моделирования произвольных динамических процессов. В частности, средства метода не позволяют моделировать процесса с «запаздыванием», когда действия различных факторов могут распространяться с разными скоростями. В тех случаях, когда при подготовке исходного набора данных невозможно избежать длительного разброса по времени, возможны искажения результатов при моделировании быстро меняющихся ситуаций. Наиболее объективные и результаты моделирования получены для медленно изменяющихся ситуаций, например, для принятия стратегических решений. Хотя метод анализа иерархий не предоставляет средств проверки достоверности данных, что ограничивает возможности использования метода, но в тех ситуациях, где главными основаниями для процесса принятия решения являются приоритеты учета мнений специалистов, и нет точных сведений об объективности исходных данных, метод находит успешное и эффективное применение. Используемая при этом процедура парных сравнений для подготовки данных практически не имеет достойных аналогов. Если в процессе подготовки и сбора данных задействованы опытные эксперты, и в совокупности данных отсутствуют существенные противоречия, то качество таких данных признается удовлетворительным.

Сферы деятельности, в которых принимается решение на основании математической модели метода анализа иерархий, практически не ограничены. Поэтому метод можно считать универсальным, и его использование позволяет организовать эффективную систему поддержки принятия решений [3]. МАИ может быть использован в качестве надстройки для других методов принятия решений, позволяющих решать плохо формализованные задачи, предоставляя дополнительные средства анализа и систематизации экспертной информации. Метод позволяет не только выявить наиболее оптимальное решение, но и дать количественную оценку степени предпочтительности посредством ранжирования вариантов, что обеспечивает достаточно полное

и адекватное обоснование предпочтений лица, принимающего решение. Кроме того, оценивание противоречивости использованных данных позволяет определить степень доверия к полученному результату.

В качестве метода проектного анализа разработанной компьютерной модели принятия решений был выбран структурный подход, основой которого являются структуризация и декомпозиция предметной области. В идеологии структурного проектирования предполагается использование модульного подхода к реализации программного продукта, и, соответственно, структура программы представляется иерархией подчиненности модулей.

Для систематизации отдельных этапов и процедур решения задачи, а также используемых информационных объектов, были построены модели бизнес-процессов «AS-IS» («КАК ЕСТЬ») существующего состояния процесса поддержки принятия решения и «TO BE» («как должно быть») для реализации компьютерной модели поддержки принятия решений.

Модель «ТО BE» является функциональной моделью, отражающей структуру автоматизируемых процессов, информационные потоки процесса поддержки принятия решения, внешние информационные связи и т.п., которые целесообразно иметь после выполнения реинжиниринга предметной области [4].

На рис.2 представлена декомпозиция первого уровня анализируемого процесса поддержки принятия решений.

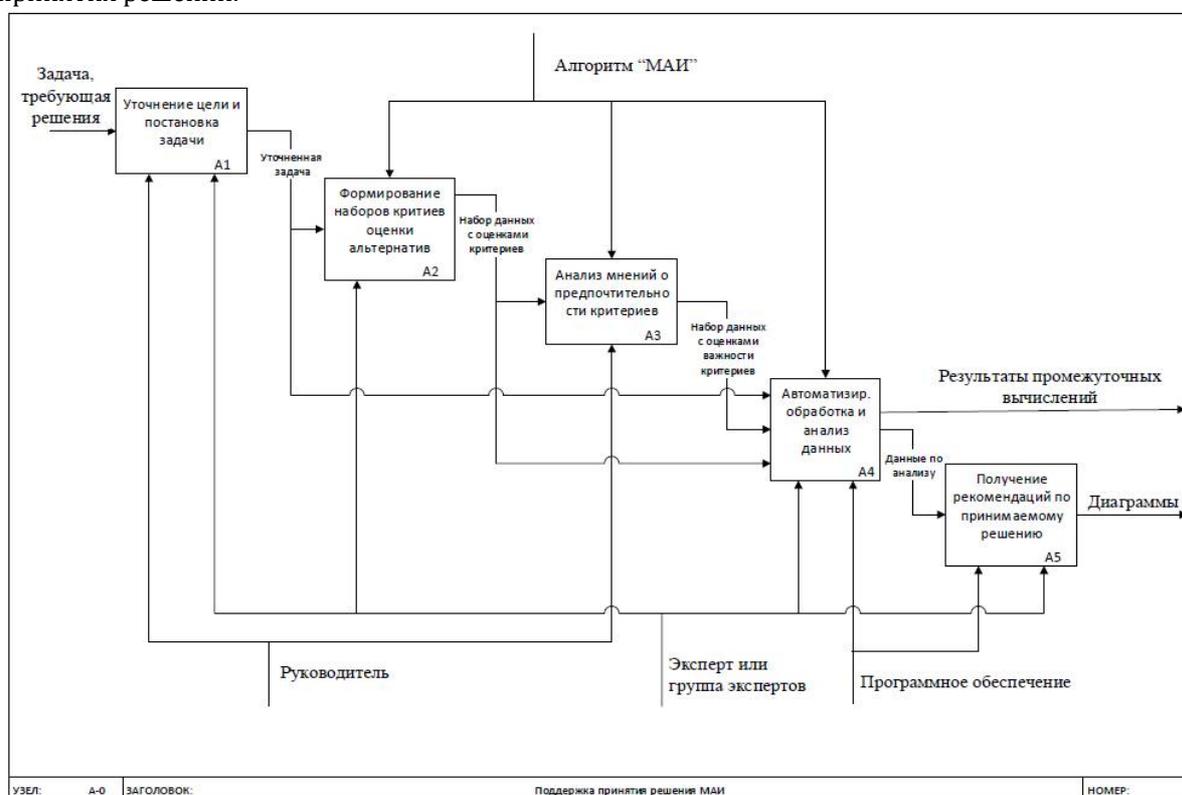


Рис.2. Декомпозиция первого уровня (модель «ТО BE»)

После уточнения цели и выполнения этапа постановки задачи с выявлением возможных альтернативных решений эксперты определяют набор значимых критериев и сравнивают их между собой. Результатом этого этапа является получение относительной степени интенсивности взаимодействия компонентов иерархии. Затем эти суждения выражаются численно и передаются в подпроцесс «Автоматизированная обработка и анализ данных».

На рис.3 представлена декомпозиция второго уровня процесса «автоматизированная обработка и анализ данных». В этом подпроцессе после попарного сравнения компонент иерархии на основе шкалы сравнений выстраиваются матрицы сравнений. Математическая обработка полученных суждений заключается в вычислении векторов локальных приоритетов, синтезе приоритетов и получении приоритетных критериев. На основании полученных результатов производится выбор одного из альтернативных решений проблемы.

Представленные диаграммы дают четкое представление об эффективности реорганизации бизнес-процессов принятия решения с использованием компьютерной модели реализации метода анализа иерархий.

Реализация компьютерной модели принятия решений с использованием метода МАИ в виде программного приложения была выполнена средствами языка программирования C#.NET с использованием интерфейса программирования приложений (API) Windows Forms, являющегося частью системы программирования Microsoft.NET Framework. Программный ресурс для решения задачи принятия решения методом МАИ включает пять логически законченных отдельных функциональных модулей. В качестве средства размещения модулей, а также для навигации между ними был выбран встроенный компонент – контейнер TabControl, являющийся частью пространства имен System.Windows.Controls. Каждый функциональный модуль размещается в компонентах класса TabPage, которые в свою очередь являются страницами контейнера TabControl.

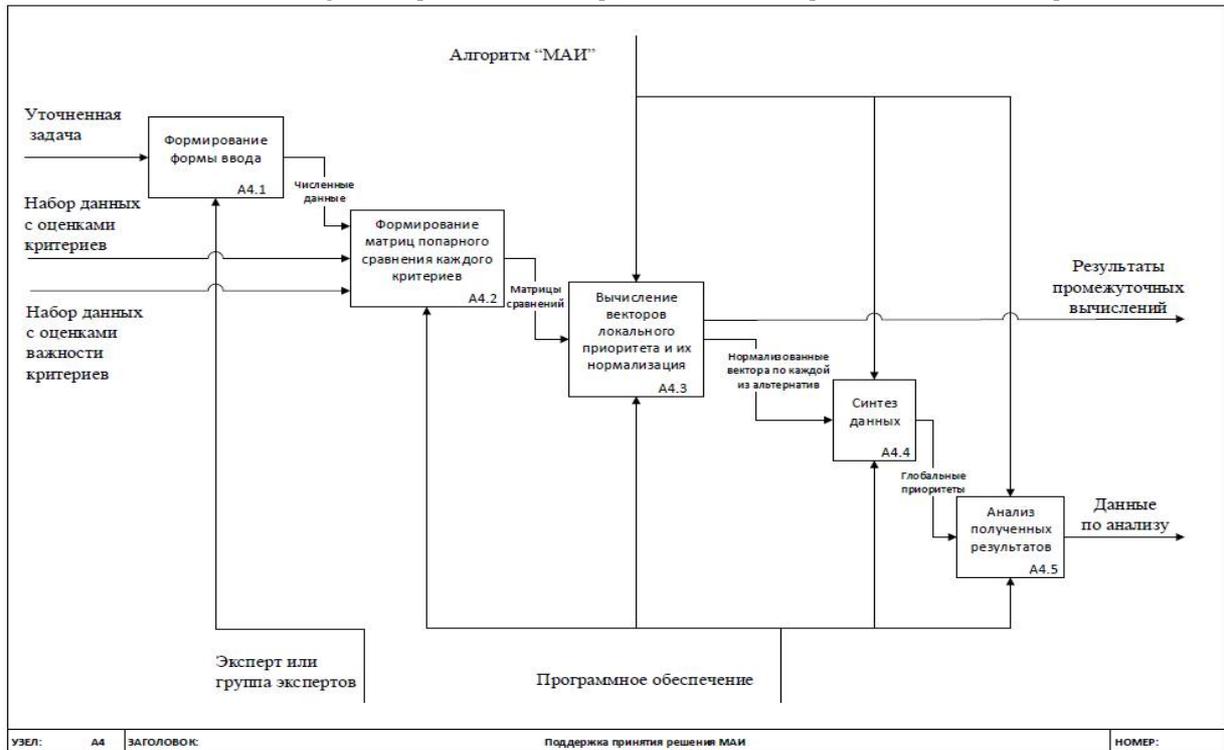


Рис.3. Декомпозиция процесса «компьютерная обработка и анализ данных»

В программном приложении был реализован следующий функционал:

- возможность ввода и корректировки исходных данных (критериев и альтернатив выбора) пользователем для решения задачи принятия решений;
- выполнение расчетных операций по обработке данных в соответствии с алгоритмом анализа иерархий (набор модулей);
- вывод промежуточных результатов в соответствии с этапами обработки данных (для просмотра и анализа данных при проведении вычислительного эксперимента);
- наглядное предоставление итоговых результатов решения задачи принятия решений в табличной форме;
- наглядное предоставление итоговых результатов решения задачи принятия решений в виде диаграммы предпочтительности альтернатив;
- возможность хранения набора исходных данных в базе данных для последующей корректировки и анализа (при проведении вычислительного эксперимента).

На последнем этапе моделирования проводился вычислительный эксперимент, представляющий собой исследование по модели при выполнении расчетов по заданным алгоритмам, обработку данных и анализ полученных результатов. Последний этап завершился проверкой адекватности компьютерной модели на основе анализа правильности ожидаемых и полученных результатов, оценкой их устойчивости и принятием оптимального решения.

Для иллюстрации работы программного приложения на рис.4 и 5 приведены скриншоты результатов решения задачи выбора оптимальной модели роботов для модернизации линии окраски кузовов автомобилей по следующим критериям: стоимость, эксплуатационные свойства, ремонтпригодность, адаптация к постоянно растущему количеству красок (быстрая смена цвета с минимальными потерями красок), характеристики сертификация по АТЕХ (взрывозащищенность), расход ЛКМ (лакокрасочных материалов), время и сложность подготовки покрасочной программы

и траектории движения манипулятора, предоставление возможности гибкого управления покрасочным процессом, включая выбор цветов и режимов окрашивания.

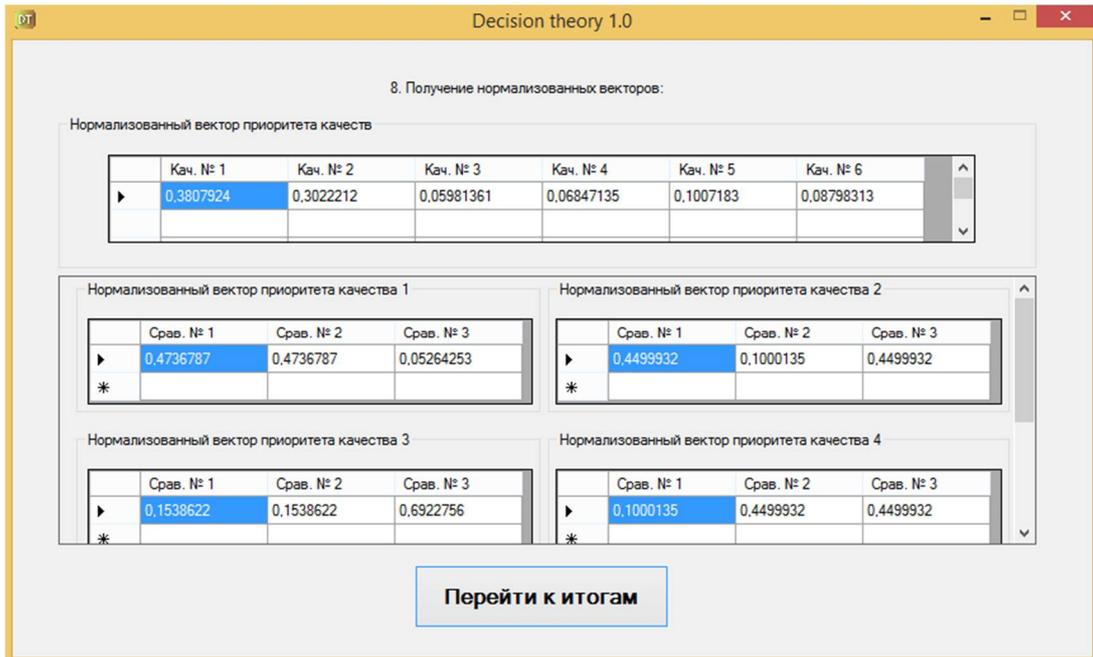


Рис.4. Форма получения нормализованных векторов

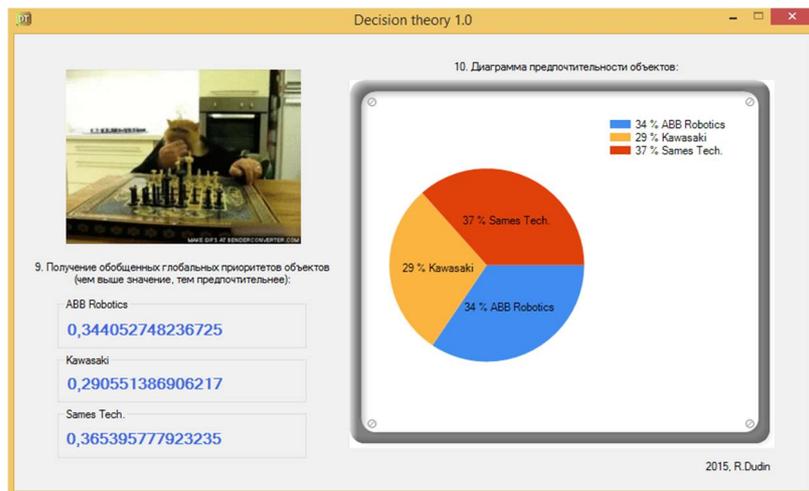


Рис.5. Итоговая форма представления результатов

Разработанная в объектно-ориентированной компонентной среде программирования компьютерная модель может быть успешно использована при принятии управленческих решений, в задачах планирования и прогнозирования, выборе дизайна новых видов продукции, распределении ресурсов (финансовых, трудовых, временных) при выполнении различных проектов, при оценке и анализе рисков для инвестиций, выборе фармакологических препаратов и средств, определении состава эстафетной команды в спортивных состязаниях, оценке научно-исследовательских и образовательных проектов и др. Используемый в компьютерной модели метод анализа иерархий является замкнутой логической конструкцией, которая обеспечивает математически обоснованный анализ сложных разнообразных проблем и является эффективным инструментарием поддержки принятия оптимальных решений в различных сферах деятельности.

Также программное приложение может быть использовано как средство обучения студентов в курсе «Математические методы принятия решений» для дополнения и расширения научных представлений о компьютерном моделировании задач принятия решений в различных предметных областях, этапах иерархического анализа и автоматизированной обработки данных, предусматривающих использование современных объектно-ориентированных систем программирования.

## Литература

1. Блюмин С.Л. Введение в математические методы принятия решений / С.Л.Блюмин, И.А.Шуйкова. – Липецк: ЛГТУ, 2009. – 100 с.
2. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Т.Саати. – М.: ЛКИ, 2008. – 360 с.
4. Ярыгин А.Н., Дудина И.П., Дудин Р.А. Компьютерная модель динамического анализа бизнес-плана // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2013. № 3 (25). С. 466-471.

## References

1. Blyumin S.L. Vvedenie v matematicheskie metody prinyatiya resheniy / S.L.Blyumin, I.A.Shuykova. – Lipetsk: LGTU, 2009. – 100 s.
2. Saati T.L. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy / T.Saati. – М.:Radio i svyaz', 1993. – 278 s.
3. Saati T.L. Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: Analiticheskie seti / T.Saati. – М.: LKI, 2008. – 360 s.
4. Yarygin A.N., Dudina I.P., Dudin R.A. Komp'yuternaya model' dinamicheskogo analiza biznes-plana // Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 3 (25). S. 466-471.

Поступила 15.10.2016

### Об авторе:

**Дудина Ирина Павловна**, доцент кафедры информатики Поволжского православного института, кандидат педагогических наук, i-dud@yandex.ru.