

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Кафедра _____ «Прикладная математика и информатика»
(наименование)

_____ 09.04.03 Прикладная информатика
(код и наименование направления подготовки)

_____ Управление корпоративными информационными процессами
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Анализ и совершенствование процессов принятия решений в информационных системах организации

Обучающийся _____ О. С. Елец _____
(Инициалы Фамилия) (личная подпись)

Научный _____ к.п.н., доцент Е. А. Ерофеева _____
руководитель (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Содержание

Введение.....	3
Глава 1 Принятие решений	6
1.1 Концепция.....	6
1.2 Разделение процессов принятия решения	13
1.3 Наиболее часто используемые методы выбора вариантов решений	18
Глава 2 Анализ готовых решений	24
2.1 Анализ существующих решений в рамках рассматриваемой тематики.....	24
2.2 Сравнительный анализ методов поддержки принятия решений	33
Глава 3 Моделирование системы поддержки принятия решений	38
3.1 Анализ существующих решений в рамках рассматриваемой тематики.....	38
3.2 Оптимизация системы.	56
Глава 4 Итоговый анализ, тестирование и результаты эксперимента.....	66
4.1 Интеллектуальный анализ данных.....	66
4.2 Настройка эксперимента	73
4.3 Результат и обсуждение	81
Заключение	89
Список используемой литературы и используемых источников.....	94

Введение

Современные образовательные организации нередко сталкиваются с трудностями, связанными с избыточной нагрузкой на административные ресурсы, низкой согласованностью между информационными платформами, а также недостаточной адаптивностью существующих решений. Это приводит к необходимости анализа и модернизации систем управления информационным обменом (СУИО) с опорой на методы математического моделирования, интеллектуального анализа данных и многокритериального принятия решений.

Актуальность данного исследования обусловлена следующими факторами:

- рост объема информации и усложнение структуры информационных взаимодействий;
- необходимость автоматизации управленческих процессов в образовательной среде;
- активное внедрение цифровых технологий и повышение требований к их интеграции;
- значимость обеспечения надежной и безопасной передачи данных.

Целью магистерской диссертации является разработка и исследование моделей и алгоритмов системы управления информационным обменом, способных повысить эффективность взаимодействия в образовательных учреждениях.

Объект исследования — процессы обмена информацией в образовательной организации.

Предмет исследования — система управления информационным обменом (СУИО), основанная на использовании интеллектуальных технологий и методов многокритериального анализа.

Гипотеза исследования: использование разработанных моделей и алгоритмов в составе СУИО позволит обеспечить рационализацию

информационных потоков, снизить нагрузку на персонал и повысить общую эффективность образовательной деятельности.

В рамках достижения заявленной цели предусматривается:

- последовательное решение ряда задач, среди которых одним из приоритетных направлений выступает проведение анализа текущего состояния, а также выявление ключевых тенденций и направлений развития, характеризующих сферу управления информационными потоками в образовательной среде;
- изучить существующие методологические подходы и выявить их сильные и слабые стороны;
- разработать концептуальную модель и алгоритмы функционирования эффективной СУИО;
- провести апробацию разработанной модели на основе имитационного эксперимента или эмпирических данных и дать оценку эффективности внедряемых решений.

Теоретическую основу настоящего исследования составили научные труды как отечественных, так и зарубежных исследователей, посвятивших свою работу вопросам управления знаниями, цифровой трансформации образовательной среды, а также проблематике многокритериального анализа и функционирования интеллектуальных систем, направленных на поддержку процессов принятия управленческих решений.

Исследование включало несколько последовательно реализуемых этапов. На констатирующем этапе была сформулирована тема и выдвинута гипотеза исследования, проведён сбор теоретических материалов, а также определены цель, задачи, объект и предмет исследования. Далее, на поисковом этапе, был проведён анализ существующих подходов, разработана модель и алгоритм системы управления информационным обеспечением, а также подготовлена и опубликована научная статья. Завершающим стал апробационный этап, в ходе которого была проведена экспериментальная

проверка разработанной системы, выполнен анализ её эффективности и сформулированы выводы по итогам исследования.

Теоретическая значимость работы заключается в формализации процессов информационного обмена в образовательной среде и создании модели управления, учитывающей многокритериальную природу принимаемых решений.

Практическая значимость — в возможности применения предложенных моделей и алгоритмов при проектировании информационных систем в вузах и иных образовательных организациях.

Научная новизна состоит в разработке алгоритмов и моделей, направленных на повышение эффективности СУИО с применением интеллектуального анализа данных и механизмов оптимального выбора.

На защиту выносятся:

- разработанные модели и алгоритмы функционирования СУИО;
- результаты апробации и оценки их эффективности.
- Публикации по теме исследования:

Елец О.С. Анализ и совершенствование процессов принятия решений в информационных системах промышленных предприятий с распределенной структурой // Вестник научных конференций (принята к публикации);

Елец О.С. Анализ методологий управления информационным обменом в образовательных учреждениях // Вестник научных конференций (принята к публикации).

Структура работы: диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы. Общий объём — 102 страницы, 23 рисунка, 8 таблиц, 50 источников.

Диссертационное исследование состоит из 102 страницы, 23 рисунков, 8 таблиц и 50 источников.

Глава 1 Принятие решений

1.1 Концепция

С момента зарождения цивилизации человек ежедневно сталкивается с необходимостью выбора и принятия решений. Это явление выходит далеко за рамки деятельности менеджеров или управленцев — оно является неотъемлемой частью жизни каждого индивида. Принять верное решение, особенно в условиях множества альтернатив, представляет собой довольно сложную задачу. Ситуации, требующие выбора, могут касаться таких аспектов, как сокращение временных затрат, оптимизация расходов, формирование стратегии или подбор наиболее эффективных инструментов и методов работы.

Основной целью процесса принятия решений выступает достижение конкретного желаемого результата — будь то повышение деловой репутации компании, снижение издержек или повышение эффективности. При этом решение может быть направлено не только на одну конечную цель, но и включать в себя ряд промежуточных задач — как количественных, так и качественных, каждая из которых требует отдельного внимания и оценки.

Принятие обоснованного и тщательно продуманного решения возможно лишь при условии следования чётко структурированной и логически выверенной последовательности действий. Крайне важно на каждом этапе данного процесса задавать корректные вопросы, учитывать все значимые параметры, а также не упустить из виду критически важные аспекты, способные повлиять на итоговый результат. В соответствии с моделью, разработанной Бейкером и его соавторами [16], процесс принятия решения представлен в виде восьми последовательных этапов, каждый из которых играет важную роль. Эти этапы включают: выявление и формулирование ключевой проблемы, определение требований к конечному результату, постановку целей, генерацию набора альтернативных вариантов, выбор

критериев для их оценки, определение метода принятия решения, сопоставление альтернатив по заданным критериям, а также заключительную проверку принятого решения на соответствие исходной проблеме и целям.

Хотя эти этапы выстроены по нисходящей логике, в случае появления новых данных может возникнуть необходимость возврата к предыдущим шагам для пересмотра решений или уточнения условий.

Как уже отмечалось, процесс принятия решений представляет собой цепочку взаимосвязанных этапов, каждый из которых требует завершения. Только при последовательном прохождении всех стадий можно приблизиться к нахождению наилучшего решения. При этом редко удается достичь оптимального результата, ориентируясь лишь на один критерий — обычно необходимо учитывать сразу несколько факторов. Помимо логических рассуждений, при выборе важно опираться на интуицию, субъективное восприятие, а также ранее приобретённый опыт, что подчёркивает в своей работе Ю.Г. Учитель [12].

Пусковым механизмом для начала процесса служит возникновение проблемы. Поскольку принятие решений тесно связано с планированием, оно влияет на деятельность организации в целом, определяя её устойчивость и конечные экономические показатели. Ошибочные решения способны нанести ущерб не только отдельному предприятию, но и домохозяйствам или даже экономике государства. В ряде случаев последствия таких решений крайне сложно исправить, а иногда это становится попросту невозможным [1].

В период XVIII века, на фоне бурного развития математики, экономики и естественных наук, стали предприниматься первые попытки научного осмысления процесса принятия решений. Эти усилия были направлены на формализацию выбора между альтернативами на основе логических и количественных методов. Принятие решения рассматривалось как когнитивный процесс, цель которого — определить наилучший вариант действия. Одним из основополагающих понятий, возникших в то время, стала

«теория полезности», введённая Даниилом Бернулли [2], заложившая фундамент для последующего развития моделей выбора.

Уже в XX столетии концепция оценки решений с учётом множества различных критериев приобрела прикладной характер и начала активно внедряться в практику анализа и управления. Значимый вклад в формирование теоретических основ этого направления был сделан Вильфредо Парето [6], который одним из первых подчеркнул необходимость комплексного учёта различных факторов при выработке решений. Им было предложено понятие так называемой «оптимальности по Парето», впоследствии ставшее фундаментальной категорией в области многокритериального анализа и широко применяемое в современных исследованиях.

Наиболее интенсивное развитие теории многокритериального выбора приходится на вторую половину двадцатого века, когда наблюдается стремительный рост количества научных публикаций, посвящённых разработке соответствующих методов и подходов. В этот период была предложена целая серия эффективных инструментов для анализа сложных решений, базирующихся на множестве критериев. Одним из наиболее заметных достижений того времени стала разработка и внедрение теории обёртывающих моделей эффективности — известной как Data Envelopment Analysis (DEA), сформированной в 1970-х годах, которая оказала значительное влияние на последующие исследования в данной области.

Среди ключевых фигур в развитии этой области следует отметить лауреата Нобелевской премии по экономике Тьелла Купманса [26] и Томаса Л. Саати, сыгравших значительную роль в формировании методов анализа и оценки в многокритериальной среде. Наибольшую известность получили методы Саати — иерархического анализа (АНР) и сетевого анализа (АНР) [29]. В частности, метод АНР (Analytic Hierarchy Process) лег в основу настоящего исследования и будет рассмотрен детально в дальнейших разделах.

Современные научные разработки в этой сфере продолжаются, и особый интерес вызывает адаптация традиционных методов с использованием

стохастических моделей, а также элементов теории нечётких множеств. Это позволяет более гибко учитывать неопределённость и вариативность оценок при принятии решений в реальных условиях.

Профессиональное сообщество специалистов, занимающихся вопросами многокритериального анализа и разработкой соответствующих методов поддержки принятия решений, объединено в рамках Международного общества по многокритериальному принятию решений (International Society on Multiple Criteria Decision Making), которое было образовано в 1970-х годах. В настоящее время данная организация включает в себя около 1500 активных участников, представляющих научные и практические круги более чем из 90 государств мира. В рамках деятельности общества ежегодно проводятся международные научные конференции, на которых обсуждаются современные подходы и достижения в области многокритериального анализа. Кроме того, начиная с 1992 года, сообществом учреждена и регулярно вручается престижная Золотая медаль MCDM (Multiple-Criteria Decision Making), являющаяся признанием выдающегося вклада в развитие данной научной области.

С середины 1980-х годов действует рабочая группа EURO под названием EWG-MCDA, объединяющая исследователей в сфере многокритериального анализа. Значительный вклад в развитие и популяризацию тематики вносят научные издания, в том числе специализированный журнал Multiple-Criteria Decision Making [21], посвящённый исключительно вопросам принятия решений на основе множества критериев.

Принятие решений сопровождает человека в повседневной жизни, а в условиях профессиональной деятельности зачастую требует привлечения математических методов и цифровых инструментов. Особенно это актуально в случаях, когда приходится учитывать сразу несколько, подчас противоречивых, критериев. В условиях, когда необходимо учитывать множество порой противоречивых факторов и достичь компромиссного, сбалансированного результата, возникает потребность в применении

специальной методологии, способной обеспечить объективный и всесторонний выбор оптимального решения. Именно такую задачу успешно решает многокритериальный анализ, предоставляя инструментарий для оценки и сопоставления альтернатив по целому ряду критериев.

В этом контексте особое значение приобретают системы поддержки принятия решений (СППР), которые относятся к отдельному и важному классу в рамках более широкой категории компьютерных информационных систем (КИС). Последние охватывают разнообразные технологические решения — от автоматизированных систем документооборота до специализированных комплексов, обеспечивающих управление, мониторинг и аналитическую обработку информации. СППР, как правило, интегрируются в управленческие информационные системы наряду с такими компонентами, как экспертные системы и исполнительные модули.

Уже в 1970-х годах внимание исследователей в области информационных технологий было сосредоточено на необходимости создания подобных систем, способных оказывать действенную помощь управленцам при принятии решений в условиях высокой степени неопределённости, неполноты данных и слабой структурированности задач.

Процесс принятия решений в условиях многокритериальной среды представляет собой выбор наиболее предпочтительного варианта из множества допустимых альтернатив, каждая из которых может соответствовать различным, иногда конфликтующим требованиям. При этом следует отметить, что подобный выбор, как подчёркивает Юкаева [15], по своей сути всегда носит субъективный характер, поскольку в значительной степени определяется индивидуальными предпочтениями и приоритетами лица, принимающего решение (ЛПР), а также спецификой конкретной ситуации.

Согласно точке зрения Подиновского [7], многокритериальные задачи обладают рядом характерных особенностей, принципиально отличающих их от одноцелевых задач. К числу таких черт относится необходимость

одновременного учета нескольких, зачастую разнородных критериев; невозможность прямой аддитивной агрегации этих критериев в рамках простой формулы; а также сочетание как количественных, поддающихся числовому выражению, так и качественных, описательных параметров, требующих специальных методов интерпретации и сопоставления.

Наиболее простая классификация таких задач исходит из числа критериев. При наличии лишь одного критерия речь идёт о классических задачах оптимизации — таких ситуаций в реальности немного. Чаще всего принимаемые решения должны удовлетворять сразу нескольким условиям, что и требует применения методов многокритериального анализа.

Сложности усиливаются тем, что не все критерии выражаются в одних и тех же единицах измерения. Даже если критерии формально соотносимы (например, в денежном выражении), это не означает, что они аддитивны по сути. Особенно сложно учитывать комбинации количественных и качественных факторов, когда одни параметры поддаются числовой оценке, а другие — описываются словесно или интуитивно.

Принятие взвешенного решения требует строгой последовательности действий, где каждый шаг — от анализа ситуации до выбора варианта — опирается как на аналитические, так и на эмпирические данные. При этом оптимальное решение, как правило, должно соответствовать нескольким критериям одновременно.

Рациональный подход основан на способности человека к анализу, обучению и обобщению информации. Именно эти навыки — логика, опыт, знания — позволяют управленцу принимать наилучшие решения в данных условиях. Однако идеальная рациональность зачастую недостижима.

Существуют как объективные, так и субъективные барьеры, такие как неполнота или искаженность информации, неопределённость внешней среды, ограниченные ресурсы или компетенции лица, принимающего решение, влияние личностных факторов, а также зависимость принимаемых решений от внешних обстоятельств.

В таких условиях СППР становятся не просто помощниками, а необходимым условием качественного управления. Они позволяют учитывать множество факторов, обрабатывать большие объёмы данных и снижать влияние субъективности.

Преимущества внедрения СППР можно описать через следующие аспекты:

- экономический эффект: сокращение потерь от неудачных решений, предотвращение рисков, связанных с неэффективными партнёрствами;
- технический аспект: модернизация программного обеспечения и внедрение современных цифровых решений;
- информационный аспект: систематизация и использование статистических и аналитических данных для обоснования решений;
- социальный эффект: повышение уровня подготовки персонала, улучшение профессиональной компетенции, рост эффективности рабочих процессов.

Суть принятия решения заключается в выборе одного наилучшего варианта из нескольких доступных. Однако, как показывает практика, зачастую новые решения сочетают в себе признаки нескольких альтернатив. Такие решения называются компромиссными, что подчёркивает Зуб А.Т. [4].

Выводы по первой главе:

- обозначены ключевые понятия и цели, связанные с принятием решений;
- раскрыта специфика многокритериального выбора и его отличие от однофакторного анализа;
- рассмотрены риски, связанные с неверным выбором, на примере потерь от сотрудничества с ненадёжными поставщиками.

Во второй главе основное внимание будет уделено структуре процесса принятия решений, его этапам, а также критериям, которые необходимо учитывать для достижения наиболее обоснованного результата. Это позволит более глубоко понять логическую последовательность действий, лежащих в

основе эффективного управления, и сформировать методическую базу для разработки систем поддержки принятия решений.

1.2 Разделение процессов принятия решения

Процедуры принятия решений могут классифицироваться по множеству оснований: от характера самой проблемы до количества участников и степени доступной информации. Наиболее распространёнными критериями являются сложность задачи, уровень определённости, временной аспект и число принимающих участие в выборе лиц.

Современные условия усложняют реальность, и вместе с этим растёт сложность задач, которые необходимо решать. Нередко бывает непросто точно описать проблему и выработать подходящее решение. С учётом уровня сложности и степени формализованности, все управленческие и аналитические задачи принято условно классифицировать на несколько категорий [25].

Одну из таких категорий составляют чётко структурированные задачи. К числу подобных проблем относятся те, с которыми уже ранее приходилось сталкиваться в рамках практической деятельности, и для решения, которых накоплен значительный опыт. Эти задачи, как правило, хорошо формализованы, их характеристики и параметры известны, а последовательность действий, необходимая для достижения результата, строго определена. Для их решения, как правило, применяются стандартные алгоритмы и регламентированные процедуры, чаще всего задействуемые на уровне оперативного управления.

Слабо структурированные задачи. Это новые и комплексные проблемы, возникающие в условиях неопределённости, требующие от лица, принимающего решение, высокого уровня профессионализма, интуиции и аналитического мышления.

Частично структурированные задачи. Содержат элементы как структурированных, так и неструктурированных ситуаций. Определённые аспекты проблемы известны, но других может не хватать для принятия однозначного решения.

Следующим основанием для классификации является уровень знаний о последствиях и окружающей среде, в которой будет осуществлён выбор. Согласно степени определённости, выделяют три основных типа ситуаций [10]:

Принятие решений в условиях полной определённости характеризуется тем, что для каждого из возможных альтернативных вариантов заранее известны все потенциальные последствия. В таких ситуациях отсутствует элемент неопределённости, что позволяет с высокой степенью уверенности прогнозировать результат выбранного действия. Лицо, принимающее решение, обладает всей необходимой информацией, что делает процесс выбора логически прямолинейным и, как правило, сводится к поиску оптимального варианта среди детерминированных альтернатив.

В случае принятия решений в условиях риска ситуация усложняется тем, что будущее развитие событий невозможно предсказать с абсолютной точностью. Однако при этом сохраняется возможность количественной оценки неопределённости путём использования вероятностных характеристик. Для каждого варианта известен не только возможный исход, но и вероятность его реализации. Это позволяет применять методы теории вероятностей и анализа рисков, направленные на выбор альтернативы с учётом ожидаемой выгоды и степени допустимого риска.

Нет ни точной информации о результатах, ни возможности адекватно оценить вероятность событий. Однако сбор дополнительных сведений и анализ позволяет в ряде случаев перевести проблему в разряд рискованных, с более предсказуемыми последствиями.

Важным критерием классификации также выступает временной аспект:

Статические задачи. Все условия известны и не меняются во времени. Решение принимается на основе текущих данных.

Динамические задачи. Параметры ситуации меняются с течением времени, и решение должно учитывать возможную эволюцию условий.

По числу участников, принимающих участие в процессе, различают:

- Индивидуальное принятие решений. Решение принимает один человек, исходя из собственных целей, предпочтений и знаний.
- Групповое (коллективное) принятие решений. В выбор вовлечены несколько субъектов, что требует согласования мнений, обсуждения альтернатив и иногда — компромисса.

Таким образом, типология процессов принятия решений охватывает широкий спектр характеристик, и правильная их классификация позволяет выбрать наиболее адекватные методы анализа и оптимизации решений в конкретных условиях.

Процесс принятия решений представляет собой сложную и многокомпонентную деятельность, в рамках которой осуществляется последовательное движение от постановки проблемы к выбору наилучшего варианта действия. В его структуре можно выделить ряд ключевых составляющих, каждая из которых выполняет важную функцию и оказывает существенное влияние на достижение желаемого результата.

Среди основных элементов данного процесса, как отмечается в научной литературе [9], следует выделить: чёткую формулировку цели, на достижение которой ориентирован весь процесс; систему критериев, на основании которых осуществляется оценка возможных вариантов; субъекта, принимающего решение, которым может выступать как отдельное лицо, так и коллективный орган; объект, в отношении которого осуществляется выбор (это может быть ситуация, проект, конкретный человек и др.); совокупность альтернативных вариантов; а также потенциальные последствия, которые могут наступить в результате реализации выбранного решения.

В ряде научных источников также встречается термин «состояние внешней среды» или «состояние мира», который используется для обозначения различных гипотетических сценариев развития событий, способных реализоваться в будущем в результате выбора определённого варианта решения. Такие состояния играют ключевую роль, так как именно от их конкретного характера во многом зависят возможные последствия рассматриваемых альтернатив. К примеру, изменения в рыночных условиях, таких как колебания процентных ставок, изменения уровня спроса или прочие внешние факторы, могут значительно повлиять на итоговые финансовые показатели и эффективность принятого решения. Таким образом, учет и анализ различных вариантов развития внешней среды становится важным аспектом при оценке рисков и прогнозировании результатов управленческих действий. Согласно модели, предложенной В.В. Трофимовым и Л.А. Трофимовой [11], все элементы процесса принятия решений можно структурировать следующим образом:

Цель принятия решения. Это то желаемое состояние или результат, к которому стремится организация или лицо, принимающее решение. Цель может быть единственной или представлять собой набор частных задач — как количественных (например, снижение затрат), так и качественных (улучшение имиджа).

Оценочные критерии. Критерии позволяют сравнивать варианты между собой. Они подразделяются на два типа: максимизируемые (например, прибыль) и минимизируемые (например, издержки). Каждый критерий должен быть чётко определён и адаптирован под конкретную ситуацию, а сами показатели могут быть как количественными, так и качественными.

Субъект принятия решения. Это участник, ответственный за выбор наилучшего варианта — как отдельная личность, так и коллектив. Он несёт ответственность за реализацию выбранного направления.

Объект принятия решения. Под этим подразумевается область, в которой формулируется задача и осуществляется выбор — будь то финансовая стратегия, управление персоналом или развитие ИТ-систем.

Альтернативные варианты представляют собой совокупность возможных решений или действий, каждое из которых способно привести к достижению поставленной цели. По сути, это набор различных путей или стратегий, из которых лицо, принимающее решение, выбирает наиболее подходящий с учётом текущих условий и ограничений. Например, в сфере логистики такими альтернативами могут выступать различные способы организации транспортировки грузов — включая воздушный, наземный или морской транспорт. Каждый из этих вариантов имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо тщательно проанализировать для оптимального выбора.

Основные выводы главы 2:

Особенности процесса выбора во многом определяются характером и сложностью поставленной задачи. В зависимости от этого задачи могут быть классифицированы как структурированные — с чётко определёнными параметрами и алгоритмами решения, слабо структурированные — обладающие некоторой степенью неопределённости и вариативности, либо же задачи, сопровождающиеся высоким уровнем неопределённости и рисков, когда прогнозирование результатов становится особенно затруднительным.

В рамках процесса принятия решений выделяется ряд ключевых компонентов, которые вместе обеспечивают системность и целенаправленность данного процесса. К таким элементам относятся чётко сформулированные цели, служащие ориентиром для выбора; система критериев, позволяющая объективно оценивать альтернативы; субъект, то есть лицо или группа лиц, принимающие решения; объект выбора, который может представлять собой ситуацию, проект или иной элемент; разнообразные альтернативные варианты действия; а также прогнозируемые последствия

каждого выбора и потенциальные сценарии развития внешней среды, влияющие на конечный результат.

Глубокий анализ этих компонентов повышает вероятность нахождения наиболее эффективного и обоснованного варианта.

В следующем разделе будут рассмотрены четыре метода, которые часто применяются для анализа и выбора оптимального решения в условиях многокритериальности - метод анализа иерархий (АНП), метод аналитических сетей (АНП), метод TOPSIS — ранжирование альтернатив по близости к идеальному варианту, алгоритм С4.5.

1.3 Наиболее часто используемые методы выбора вариантов решений

«Система, которая направлена на создание, прием, передачу и архивирование документов, а также контроль за исполнением и обеспечение защиты документов на протяжении всего жизненного цикла, называется документооборотом» [37].

Метод Analytic Hierarchy Process (АНП), разработанный Томасом Саати в 1980 году [30], является мощным инструментом, предназначенным для поддержки принятия решений в условиях высокой сложности и множественности критериев. Главная цель данного метода — упростить и ускорить процесс выбора оптимального варианта, учитывая при этом все значимые факторы, а также сложные взаимосвязи, существующие между ними. Для того чтобы эффективно анализировать сложные проблемы, метод предполагает разбиение их на более простые и управляемые компоненты посредством построения иерархической модели.

В контексте многокритериального принятия решений обычно выделяют несколько уровней иерархии, что позволяет проводить более детальный и последовательный анализ. На рисунке 1 приведён пример иерархической

структуры, состоящей из пяти уровней, которая наглядно демонстрирует принцип построения такой модели.

Структура этой модели включает ряд элементов, организованных по уровням: на самом верхнем уровне располагается главная цель, например, успешное выполнение заказа; далее следуют специалисты или эксперты, участвующие в процессе; затем — критерии оценки, подкритерии и, наконец, варианты выбора. Каждый из уровней построен так, что элементы верхнего уровня логически связаны с более детализированными и конкретными элементами нижестоящих уровней, что обеспечивает системный и комплексный подход к принятию решений.

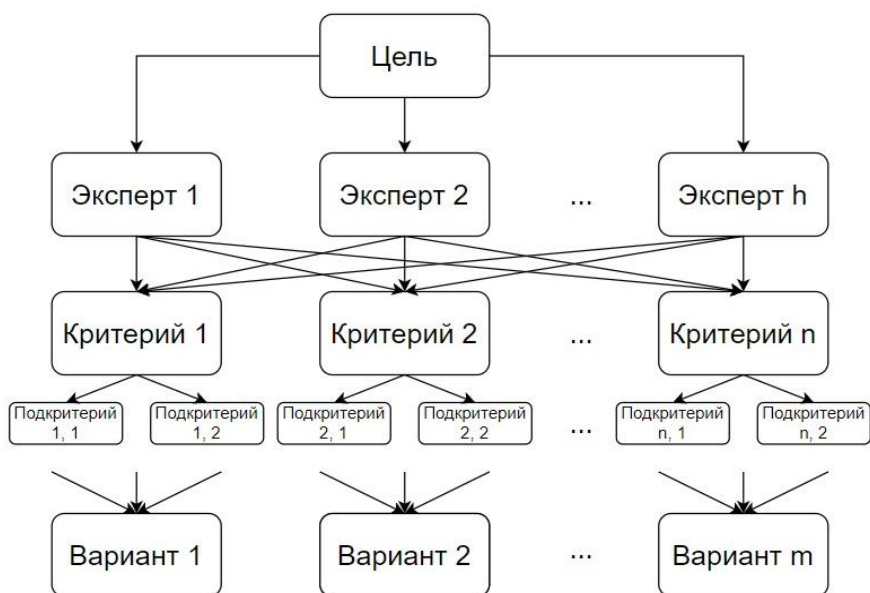


Рисунок 1 – Иерархия АНР с пятью уровнями

Важность каждого элемента внутри иерархической структуры, а также их взаимосвязи могут быть количественно оценены с помощью специальных методов. На самом верхнем уровне такой структуры располагается единственный ключевой элемент — главная цель, ради достижения которой и осуществляется весь процесс принятия решения. Эта цель далее распределяется между составляющими второго уровня, при этом аналогичный

принцип применяется ко всем последующим уровням иерархии. В результате данного поэтапного разбиения и анализа происходит оценка и ранжирование всех доступных альтернатив, расположенных на самом нижнем уровне иерархии, что позволяет выявить наиболее предпочтительный вариант.

Метод Analytical Network Process (ANP) представляет собой развитие и расширение метода Analytic Hierarchy Process (AHP), предлагая более гибкую и универсальную модель для поддержки принятия решений. В отличие от классической иерархической модели AHP, которая основывается на жёсткой структуре уровней, ANP формирует сетевую структуру, в которой отсутствует традиционное иерархическое разделение на уровни. Вместо этого используются кластеры, которые могут быть взаимосвязаны как между собой, так и иметь циклические взаимосвязи внутри одного кластера. Каждая связь между кластерами выражается одной или несколькими матрицами попарных сравнений, что позволяет более точно моделировать сложные зависимости и взаимодействия между элементами. Основным правилом при формировании такой сетевой структуры является обеспечение взаимосвязанности всех элементов хотя бы одной связью, что гарантирует целостность и связность модели.

На рисунке 2 представлена примерная схема, демонстрирующая, как традиционная трёхуровневая иерархия может быть преобразована в сетевую структуру кластеров, иллюстрируя тем самым основные преимущества и возможности метода ANP.



Рисунок 2 – Сетевая структура, построенная на основе трехуровневой иерархии

Пример более упрощённой модели ANP приведён на рисунке 3.

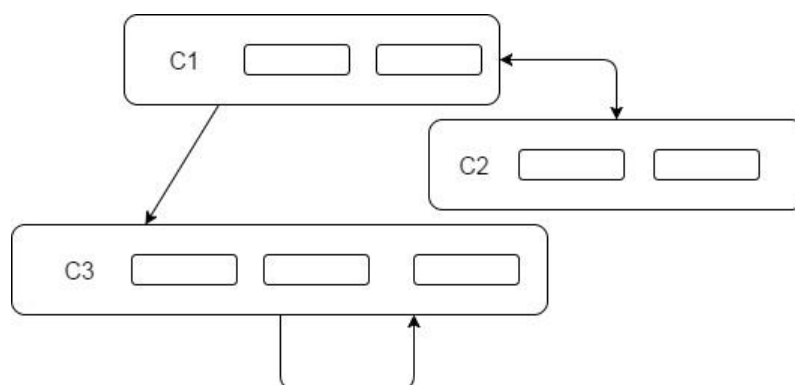


Рисунок 3 – Пример сетевой структуры ANP

В моделях, использующих сетевой подход, отдельные группы элементов объединяются в так называемые кластеры, которые традиционно обозначаются буквой «С». Особое значение имеют два типа кластеров: исходные и конечные. Исходным кластером называют тот, из которого исходят только связи, то есть он служит источником влияния на другие элементы системы. В то же время конечный кластер характеризуется тем, что в него только входят связи, то есть он выступает как конечная точка воздействия в модели. Такое разделение позволяет более наглядно и структурировано представить взаимосвязи между различными компонентами системы.

Метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) широко применяется для ранжирования альтернатив в процессе принятия решений. Его основная идея заключается в оценке каждой альтернативы на основе расстояния до идеального решения — наилучшего возможного варианта, а также до антиидеального, то есть наихудшего варианта [17]. В работе этого метода центральное место занимают веса критериев, отражающие их относительную важность, а также количественные оценки каждой из альтернатив по соответствующим критериям.

Процедура применения метода TOPSIS включает несколько последовательных этапов. На начальном этапе выполняется преобразование исходных данных: все критерии, для которых предпочтительна минимизация значения, преобразуются таким образом, чтобы их можно было сопоставить с критериями максимизации. Это необходимо для того, чтобы привести все критерии к единому стандарту оценки, что позволяет корректно сравнивать и анализировать альтернативы. Затем формируется нормализованная матрица критериев, после чего рассчитывается взвешенная нормализованная матрица. Далее определяется идеальный вариант, а затем вычисляются расстояния между каждым вариантом и как идеальным, так и базовым решениями. Следующим этапом становится расчёт относительного показателя близости каждого варианта к худшему решению. В завершение проводится финальная сортировка вариантов по убыванию значения, и в качестве предпочтительных выбираются те альтернативы.

Для решения задач, связанных с принятием решений на основе заданного набора входных данных, часто применяется один из методов интеллектуального анализа данных — алгоритм C4.5. Этот алгоритм функционирует посредством построения дерева решений, которое опирается на исходные данные, включающие разнообразные атрибуты, необходимые для проведения всесторонней оценки. Например, при рассмотрении кандидатуры на определённую должность в качестве таких атрибутов могут выступать возраст претендента, стаж работы, наличие научных публикаций, опыт работы на предыдущих позициях, а также другие релевантные характеристики и показатели.

Каждому из этих признаков присваивается определённая числовая оценка, на основании которой выполняются соответствующие вычислительные операции. Итогом работы алгоритма становится формирование финального рейтинга или балла, выраженного либо в диапазоне от 0 до 1, либо в процентах. Значение итоговой оценки напрямую отражает степень соответствия кандидата желаемому профилю — чем ближе

итоговый балл к единице, тем выше степень совпадения. Важно отметить, что точность и надёжность результатов значительно повышаются при более широком и детализированном наборе входных атрибутов, что позволяет учесть множество факторов и сделать более обоснованные выводы.

Выводы по первой главе:

Метод Analytic Hierarchy Process (АНР) позволяет наглядно представить процесс принятия решений, разбивая общие критерии на более мелкие и детализированные подкритерии. Такой подход способствует более глубокому анализу и облегчает понимание результатов за счёт визуализации иерархической структуры, что помогает систематизировать информацию и выявить наиболее значимые факторы.

Метод Analytic Network Process (АНР) является развитием и усложнённой версией АНР, характеризующейся более сложной сетевой структурой.

Метод TOPSIS применяется для выбора наилучшего варианта среди множества альтернатив, основываясь на вычислении степени близости каждого варианта к идеальному решению и удалённости от наихудшего.

Алгоритм C4.5 используется для построения дерева решений, обладая чёткой и логичной структурой. Он предлагает мощные инструменты для визуализации, позволяющие детально проследить процесс анализа и принять обоснованное решение на основе выявленных закономерностей и взаимосвязей в данных.

В следующей главе будет проведён более детальный анализ рассмотренных методов, а также сравнительная оценка их достоинств и недостатков.

Глава 2 Анализ готовых решений

2.1 Анализ существующих решений в рамках рассматриваемой тематики

Методы, которые опираются на кардинальную информацию о критериях — то есть их весах, а также о вариантах в виде матриц с числовыми значениями критериев — обладают значительной сложностью и разнообразием. В рамках трёх основных подходов к оценке альтернатив можно выделить наиболее значимые и часто применяемые методы. Существует несколько ключевых подходов к оценке и выбору альтернатив в задачах многокритериального принятия решений, каждый из которых базируется на различных принципах и методах. Первый подход связан с максимизацией полезности, где основное внимание уделяется поиску варианта, который обеспечивает наибольшую совокупную выгоду с учётом значимости всех критериев. В рамках этого подхода широко применяются такие методы, как функция полезности и взвешенная сумма, а также более сложные методологии, такие как Analytic Hierarchy Process (AHP) и Analytic Network Process (ANP), которые помогают детализировать иерархическую структуру критериев и учесть их взаимосвязи.

Другой подход основывается на минимизации расстояния до идеального решения. Здесь главная задача — определить такой вариант, который максимально приближен к гипотетическому наилучшему решению и одновременно удалён от наихудшего, что позволяет получить сбалансированный и обоснованный выбор. Примером такого метода служит TOPSIS, который был подробно рассмотрен ранее.

Существуют также методы, ориентированные на построение предпочтительных отношений между альтернативами. Они не стремятся к точным числовым оценкам, а оперируют отношениями доминирования и сравнением вариантов между собой, что помогает выделить наиболее

приемлемые решения в условиях неопределённости и многозначности критериев. К таким методам относятся ELECTRE, PROMETHEE и метод цепных подстановок.

Отдельно стоит выделить подход, основанный на построении дерева решений, представленного алгоритмом C4.5. Этот инструмент позволяет визуализировать процесс выбора и структурировать его в виде последовательных вопросов и ответов, что значительно упрощает анализ сложных ситуаций и повышает прозрачность принимаемых решений.

Методы, относящиеся к максимизации полезности, особенно важны и востребованы при принятии решений в условиях сложных и многоуровневых систем, к которым относятся, например, крупные промышленные предприятия с распределённой структурой управления. Среди них метод функции полезности заслуживает особого внимания благодаря своей мощности и универсальности, позволяя принимать обоснованные решения на основе количественной оценки множества критериев одновременно.

Функция полезности представляет собой математическую модель, которая количественно выражает предпочтения лица, принимающего решения, относительно различных исходов или альтернатив. Она используется для оценки и ранжирования этих альтернатив с целью выбора наилучшей из них. В контексте промышленных предприятий с распределённой структурой, метод функции полезности позволяет учитывать множественные критерии и факторы, влияющие на процесс принятия решений, и обеспечивает объективное и систематическое сравнение возможных вариантов.

Концептуальные основы. Функция полезности $U(x)$ выражает уровень удовлетворения или пользы, которую получает лицо, принимающее решение, от выбора конкретной альтернативы x . На рисунке 4 представленном ниже изображён метод максимизации полезности. В случае многокритериального принятия решений, где необходимо учитывать несколько факторов одновременно, используется мультиатрибутивная функция полезности $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

2,...,x_n), где x_i представляет различные критерии или атрибуты.

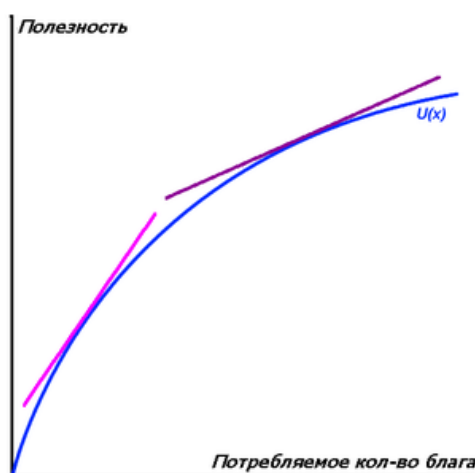


Рисунок 4 - Метод максимизации полезности

Шаги метода функции полезности. Идентификация критериев. Первым шагом является определение всех критериев, которые будут использоваться для оценки альтернатив. Для промышленных предприятий это могут быть такие критерии, как затраты, производительность, время выполнения, качество продукции, безопасность и т.д.

Определение весов критериев. Не все критерии имеют одинаковую значимость, поэтому необходимо определить вес каждого критерия, отражающий его важность в процессе принятия решений. Это можно сделать с помощью экспертных оценок или методов парных сравнений.

Построение функции полезности для каждого критерия. Для каждого критерия строится своя функция полезности $U_i(x_i)$, которая отображает, как различные значения данного критерия влияют на общую полезность. Функция полезности может быть линейной, нелинейной, кусочной линейной и т.д., в зависимости от характера критерия.

Агрегация функций полезности. После построения индивидуальных функций полезности они агрегируются в единую мульти атрибутивную функцию полезности. Это может быть сделано с помощью взвешенной суммы.

Ниже представлена формула агрегации функций полезности.

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i U_i(x_i), \quad (1)$$

где:

- w_i – весовой коэффициент для критерия x_i ,
- $U_i(x_i)$ – функция полезности для данного критерия.

Оценка и ранжирование альтернатив. Каждая альтернатива оценивается с использованием агрегированной функции полезности, и альтернативы ранжируются на основе полученных значений полезности. Альтернатива с наивысшим значением полезности считается наилучшей.

Ниже, на рисунке 5 представлен пример применения метода функции полезности на практике. Применение метода функции полезности в информационных системах промышленных предприятий с распределенной структурой требует учета специфических условий и характеристик таких предприятий. Важно учитывать распределенность и автономность подразделений, а также необходимость интеграции и координации их действий. Информационные системы играют ключевую роль в этом процессе, предоставляя необходимые данные и аналитические инструменты для оценки альтернатив.

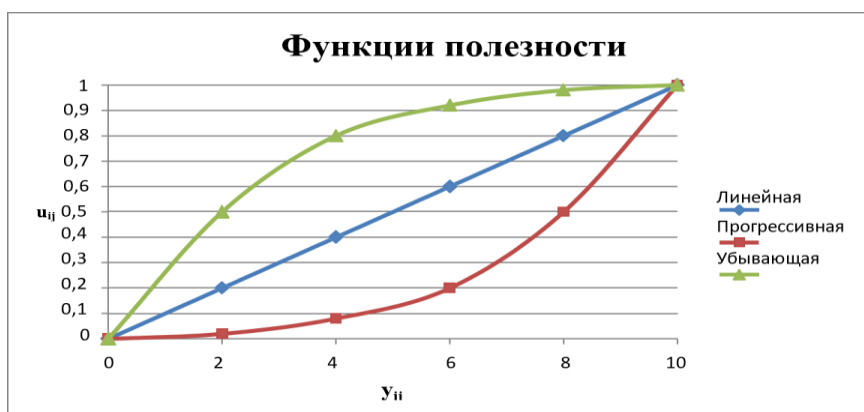


Рисунок 5 – Функции полезности

Примером практического применения может быть выбор оптимальной стратегии модернизации производственного процесса. Используя метод функции полезности, можно учитывать различные аспекты, такие как затраты на модернизацию, ожидаемое увеличение производительности, время простоя производства, влияние на качество продукции и т.д. Каждому из этих аспектов присваивается вес, отражающий его важность, и строится соответствующая функция полезности. Далее, агрегируя эти функции, можно получить общую оценку полезности каждой стратегии и выбрать наилучшую.

Преимущества и ограничения метода. Метод функции полезности обладает рядом преимуществ. Он позволяет учитывать множественные критерии одновременно и обеспечивает объективное сравнение альтернатив. Метод также гибок и может быть адаптирован под специфические условия и требования. Однако, он требует тщательного определения весов критериев и построения функций полезности, что может быть трудоемким и требовать экспертных знаний. Кроме того, он предполагает, что предпочтения лица, принимающего решение, могут быть адекватно выражены в количественной форме, что не всегда возможно.

Методы максимизации полезности являются важным инструментом в процессе принятия решений, особенно в условиях многокритериальных задач, где необходимо учитывать различные, часто противоречивые критерии. Метод предпочтительного отношения (Pairwise Comparison Method) представляет собой один из таких методов, который позволяет сравнивать альтернативы на основе их относительных предпочтений, что особенно полезно в сложных и динамичных системах, таких как промышленные предприятия с распределенной структурой.

Метод предпочтительного отношения основан на сравнении альтернатив по парам для определения, какая из них является предпочтительнее по каждому из заданных критериев. В отличие от метода функции полезности, который требует количественной оценки предпочтений, метод предпочтительного отношения позволяет устанавливать порядок

предпочтений без необходимости в точных числовых значениях, что делает его более гибким и удобным для практического применения.

Принцип метода заключается в построении матрицы предпочтений, где каждая альтернатива сравнивается с каждой другой по всем выбранным критериям. Результаты этих сравнений анализируются для определения наилучшей альтернативы или для ранжирования всех альтернатив по степени их предпочтительности. Этот подход позволяет учитывать множественные критерии и проводить детальный сравнительный анализ.

Шаги метода предпочтительного отношения включают последовательный процесс анализа и оценки альтернатив. На первом этапе осуществляется идентификация всех возможных альтернатив и критериев, по которым будет проводиться сравнение. В условиях промышленных предприятий это могут быть различные стратегии модернизации производства, закупки оборудования или логистические схемы, а критерии — такие как затраты, производительность, качество продукции, время выполнения и экологические аспекты.

Далее проводится попарное сравнение альтернатив по каждому из выбранных критериев. Каждая альтернатива сравнивается с другими отдельно по каждому критерию, и, если одна альтернатива предпочтительнее другой, это фиксируется в матрице предпочтений. Например, при рассмотрении альтернатив А, В и С проводятся сравнения А с В, А с С и В с С.

Затем определяется интенсивность предпочтений, что позволяет количественно оценить степень предпочтения одной альтернативы над другой. Для этого используется шкала, например от 1 до 5, где 1 обозначает слабое предпочтение, а 5 — сильное.

На следующем этапе строится сводная матрица предпочтений, которая отражает общую картину предпочтений по всем альтернативам и критериям. В этой матрице учитываются как абсолютные предпочтения, так и их интенсивность. Так, если альтернатива А предпочтительнее В по критерию Х с интенсивностью 3, это отражается в соответствующей ячейке.

После этого осуществляется агрегация результатов, то есть объединение всех предпочтений для получения итоговых оценок. Это может быть реализовано, например, путём суммирования всех баллов предпочтений, что позволяет каждой альтернативе получить общий показатель предпочтительности.

Завершающим шагом является ранжирование альтернатив на основе агрегированных оценок. Альтернатива с наивысшей суммой предпочтений признаётся наилучшей, а остальные располагаются в порядке убывания. Такой подход обеспечивает обоснованное и всестороннее решение, учитывающее все значимые критерии.

Применение метода предпочтительного отношения в информационных системах промышленных предприятий с распределенной структурой требует учета специфики таких систем. Промышленные предприятия часто сталкиваются с множественными критериями, которые необходимо учитывать при принятии решений, такими как производительность, затраты, время выполнения, качество продукции, экологические аспекты и безопасность.

Также метод предпочтительного отношения обладает рядом существенных преимуществ. Он позволяет учитывать множественные критерии и проводить сравнительный анализ без необходимости в точных количественных оценках предпочтений. Метод также гибок и может быть адаптирован для различных типов задач и условий. Однако, он требует тщательной работы по сбору и обработке данных сравнений, что может быть трудоемким процессом. Кроме того, в случае большого числа альтернатив и критериев метод может стать сложным в применении.

Метод предпочтительного отношения является мощным инструментом для принятия решений в многокритериальных задачах, таких как выбор стратегий, оборудования или технологий в промышленных предприятиях с распределенной структурой. Он позволяет систематически и объективно оценивать, и ранжировать альтернативы на основе сравнений по парам, что способствует принятию обоснованных и эффективных решений. Внедрение

этого метода в информационные системы таких предприятий может значительно повысить качество и скорость принятия решений, обеспечивая при этом высокую степень адаптации и оперативности в условиях динамичных изменений внешней среды.

Алгоритм C4.5, предложенный Россом Куинланом, является одним из наиболее популярных алгоритмов для построения деревьев решений. Он используется для классификации и регрессии и является развитием предыдущего алгоритма ID3. C4.5 решает множество ограничений ID3, таких как работа с непрерывными атрибутами, обработка пропущенных значений и обрезка деревьев для повышения точности.

Основные шаги алгоритма C4.5 включают последовательный процесс построения дерева решений. На каждом этапе выбирается атрибут, который наилучшим образом разделяет данные, при этом используется критерий информации, такой как Information Gain или Gain Ratio. Непрерывные атрибуты обрабатываются путём их разбиения на интервалы, что позволяет эффективно работать с числовыми данными. После выбора атрибута данные разделяются, и формируются соответствующие ветви дерева. Далее происходит рекурсивное построение поддеревьев: алгоритм применяется к каждой ветви до тех пор, пока все примеры в подмножестве не будут принадлежать к одному классу или не наступят другие условия остановки. Завершается процесс обрезкой дерева — применяется пост-обрезка, при которой удаляются избыточные ветви, чтобы избежать переобучения модели.

Алгоритм C4.5 реализуется пошагово и включает несколько ключевых этапов. Сначала осуществляется выбор атрибута, который наиболее эффективно разделяет данные; для этого используется критерий информации, такой как прирост информации (Information Gain) или отношение прироста (Gain Ratio). Далее происходит обработка непрерывных атрибутов: такие данные разбиваются на интервалы, например, для атрибута «вес» определяется пороговое значение T , позволяющее разделить объекты на группы с весом меньше T и с весом больше или равным T .

Если в данных имеются пропущенные значения, алгоритм распределяет соответствующие экземпляры по существующим ветвям дерева пропорционально частоте значений данного атрибута в обучающем наборе. Это позволяет не исключать такие экземпляры из анализа и использовать их при построении дерева. После выбора атрибута происходит разбиение данных на подмножества и создание ветвей дерева, где каждая ветвь соответствует конкретному значению (или интервалу, если атрибут непрерывный).

Затем алгоритм рекурсивно применяется к каждому подмножеству, пока не выполнится одно из условий остановки: все примеры принадлежат к одному классу, отсутствуют атрибуты для дальнейшего деления, либо подмножество данных оказывается пустым. На финальном этапе применяется обрезка дерева — после его полного построения удаляются избыточные ветви, не добавляющие значимой информации, что позволяет уменьшить переобучение и повысить обобщающую способность модели. Реализация алгоритма C4.5 представлена ниже на рисунке 6.

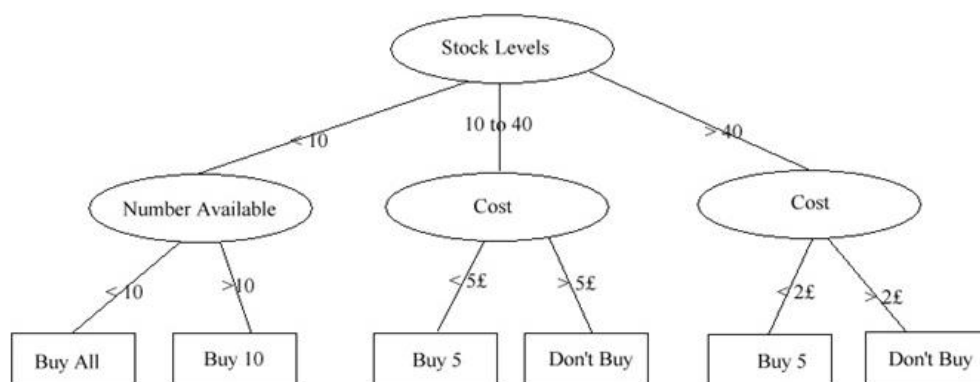


Рисунок 6 – Алгоритм C4.5

Алгоритм C4.5 является мощным инструментом для построения деревьев решений в задачах классификации и регрессии. Его способность работать с непрерывными атрибутами, обрабатывать пропущенные значения и выполнять обрезку деревьев делает его подходящим для применения в

информационных системах промышленных предприятий с распределенной структурой. Использование C4.5 может значительно улучшить процессы принятия решений, обеспечивая более точные и надежные модели, которые учитывают разнообразие и сложность данных в таких системах.

2.2 Сравнительный анализ методов поддержки принятия решений

2.2.1 Проведение сравнительного анализа

Выбор наиболее подходящего инструмента для поддержки принятия решений представляет собой важный этап, который требует тщательного сравнения характеристик доступных методов с теми свойствами, которые необходимы для эффективного решения конкретной задачи. Данная процедура обычно включает несколько последовательных шагов.

Первым этапом является чёткое определение структуры требуемых свойств, то есть выявление и систематизация тех качеств и параметров, которые должны быть учтены для успешного решения рассматриваемой проблемы. Это позволяет сформировать чёткий набор требований и критериев, которым должен соответствовать выбранный инструмент.

Далее на основе полученной структуры проводится расчёт общего индекса пригодности каждого инструмента. Этот показатель формируется в результате сравнительного анализа характеристик доступных методов и заданных требований, что позволяет объективно оценить, насколько каждый из них подходит для конкретной задачи.

После вычисления показателей пригодности происходит ранжирование инструментов, на основе которого выбирается наиболее подходящий вариант для решения поставленной проблемы. Такой системный подход обеспечивает более взвешенный и обоснованный выбор.

В случае необходимости, для повышения точности оценки, можно применить метод прямого присвоения весов без использования сложных

математических нормализаций, что значительно упрощает и ускоряет процесс. Этот метод предполагает, что каждой переменной присваивается индекс важности в диапазоне от 0, что означает минимальную значимость, до 1 — максимальную важность. Процедура присвоения весов обычно проводится ответственным за оценку специалистом с учётом мнений и предложений других заинтересованных сторон, что повышает объективность и согласованность результатов.

Для проведения сравнения в данном исследовании были выбраны наиболее популярные и признанные методы поддержки принятия решений: ELECTRE, ANP, АНР, TOPSIS и алгоритм C4.5. Для оценки этих инструментов был сформирован комплекс критериев, учитывающих как функциональные, так и технические особенности. Итоговые критерии и результаты сравнительного анализа представлены в таблице 1, что позволяет наглядно увидеть сильные и слабые стороны каждого метода.

Таблица 1 – Сравнение методов ELECTRE, ANP, АНР, TOPSIS, C4.5

Переменные	Квалификация переменных	Свойства инструмента в двоичной системе				
		ELECTRE	ANP	АНР	TOPSIS	C4.5
Оценка сложности осваивания метода	Прост для освоения	0	0	1	0	1
Оценка количества элементов	Большое количество критериев и подкритериев и большое количество альтернатив	0	0	0	1	1
Типология показателей	Смешанный	1	1	1	1	1
Ожидаемое решение	Лучшее общее альтернативное определение для этой цели	1	1	1	1	1
	Идеальное альтернативное разрешение, наиболее близкое к объективному	0	0	0	1	1
Техническая поддержка и специалист по оказанию помощи в принятии решений	Да (рекомендуется)	1	1	0	0	1
	Нет (необязательно)	0	0	1	1	0

Продолжение таблицы 1

Переменные	Квалификация переменных	Свойства инструмента в двоичной системе				
		ELECTRE	ANP	ANP	TOPSIS	C4.5
Тип принятия решения проблемы	Рейтинг/Выбор	1	1	1	1	1
Подход к решению	Полный метод агрегации	0	1	1	0	0
	Подход к цели, 6 стремлению или исходному уровню	0	0	0	1	1
Входной уровень	Высокий	0	1	1	0	0
Типология вывода	Полный порядок, полученный с учетом оценок	0	1	1	1	1
	Полный порядок с оценкой, наиболее близкой к предполагаемой цели	0	0	0	1	1
Решение проблемы	Альтернатива с более высоким общим баллом	0	1	1	1	1
	Альтернатива с оценкой, наиболее близкой к идеальному решению	0	0	0	1	1
Итоговый индекс		0.31	0.62	0.69	0.85	0.92

В процессе принятия решений, особенно когда речь идёт о выборе наиболее оптимального или компромиссного варианта, широко применяется метод многокритериальной оценки альтернатив. Этот подход выступает в роли эффективного вспомогательного инструмента, который помогает систематизировать и упорядочить разнообразные параметры и критерии, что особенно актуально в условиях высокой сложности задачи. Такой метод особенно востребован при решении вопросов, связанных с подбором и внедрением информационных систем, где необходимо учесть множество факторов, влияющих на конечный выбор. Благодаря многокритериальной оценке можно значительно повысить объективность и качество принимаемых решений, что способствует достижению наиболее сбалансированного и обоснованного результата.

2.2.2 Выбор наиболее подходящего метода

Для того чтобы определить наиболее подходящий инструмент, менеджер процесса имеет возможность выбрать решение, которое считается предпочтительным с точки зрения ключевых заинтересованных сторон. При этом в оценке учитываются дополнительные показатели важности, которые должны превышать заранее установленный порог. При необходимости менеджер процесса может гибко регулировать значение порога в зависимости от общего числа и состава заинтересованных сторон. Особенно это важно в ситуациях, когда количество мнений и точек зрения существенно возрастает — в таких случаях порог обычно повышается для обеспечения более сбалансированного и обоснованного выбора. В качестве наглядного итога можно составить таблицу 2, в которой будут собраны и обобщены результаты сравнения, выполненного ранее и отражённого в таблице 1.

Таблица 2 – Итоговый индекс полезности методов ELECTRE, ANP, AHP, TOPSIS, C4.5

Итоговый индекс метода				
ELECTRE	ANP	AHP	TOPSIS	C4.5
0.31	0.62	0.69	0.85	0.92

Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что наилучшие показатели среди рассмотренных методов достигает алгоритм C4.5. Несмотря на то, что метод TOPSIS способен обеспечить результаты, близкие к идеальному решению, он уступает C4.5 в ряде аспектов, таких как наглядность визуализации данных и точность вычислений. Это делает C4.5 более предпочтительным инструментом для решения поставленных задач.

Подводя итоги второго раздела исследования, можно отметить, что выбранные методы поддержки принятия решений были подробно рассмотрены и описаны, а также подвергнуты тщательному сравнительному анализу. В ходе сравнения наиболее эффективными оказались методы TOPSIS

и C4.5, однако именно последний метод показал лучшие результаты по совокупности критериев.

На основе полученных выводов было принято решение использовать метод C4.5 в дальнейшем исследовании и в последующих главах работы. Это позволит обеспечить более точные и надёжные результаты при решении поставленных задач.

Использование метода C4.5 позволит получить наиболее удовлетворительные результаты в анализе процессов принятия решений в информационных системах промышленных предприятий. Ожидается, что деревья решений, построенные с помощью C4.5, будут точными и легко интерпретируемыми, что обеспечит понимание факторов, влияющих на процесс принятия решений. Оптимизация может включать в себя упрощение входных данных, выбор наиболее релевантных признаков для построения модели, а также использование параллельных вычислений для ускорения обучения и работы алгоритма.

Дальнейшее исследование на основе этого метода позволит не только углубить понимание влияния различных факторов на принятие решений, но и предложить конкретные рекомендации по оптимизации процессов.

Таким образом, использование метода C4.5 и рассмотрение возможной оптимизации процесса являются ключевыми аспектами моего дипломного исследования, направленного на улучшение процессов принятия решений в организациях.

Глава 3 Моделирование системы поддержки принятия решений

3.1 Анализ существующих решений в рамках рассматриваемой тематики

Методы, базирующиеся на использовании кардинальной информации о критериях, то есть на данных об их весах и конкретных значениях, которые присваиваются различным вариантам в виде матриц с количественными показателями, отличаются своей высокой степенью сложности и разнообразием. Такие подходы требуют тщательного анализа и учёта множества факторов, что делает процесс оценки альтернатив достаточно комплексным. В связи с этим становится особенно важным внимательное рассмотрение и понимание широкого спектра существующих методов, чтобы правильно подобрать наиболее эффективный инструмент для оценки и выбора оптимального варианта в конкретной ситуации. В рамках трех основных методов оценки вариантов выделяются ключевые представители, которые будут рассмотрены более подробно.

Современная информационная платформа, предназначенная для эффективного управления человеческими ресурсами, характеризуется значительным масштабом и богатым функционалом. Она аккумулирует большой объём разнообразных данных, которые обладают сложными и многогранными изомеризационными свойствами, что требует особого подхода к их обработке и анализу. Для успешного решения подобных задач всё чаще применяются передовые методы, основанные на облачных вычислениях, позволяющие обеспечить масштабируемость, гибкость и надёжность обработки данных. Благодаря использованию облачных технологий становится возможным создание модели платформы, способствующей научно обоснованному, стандартизированному и максимально эффективному управлению человеческими ресурсами.

Одним из важнейших компонентов данной платформы выступает её архитектура, построенная на принципах поддержки принятия решений в области управления информационными архивами, связанными с персоналом. Такие архивы аккумулируют ключевую информацию, необходимую для оптимизации процессов управления кадрами, повышения их эффективности и продуктивности работы. В качестве примера представлена структура платформы, реализованной с использованием облачных вычислительных технологий, изображённая на рисунке 7. Данная структура наглядно демонстрирует, каким образом современные методы анализа и обработки данных могут быть интегрированы в систему для обеспечения стратегического и комплексного управления человеческими ресурсами.

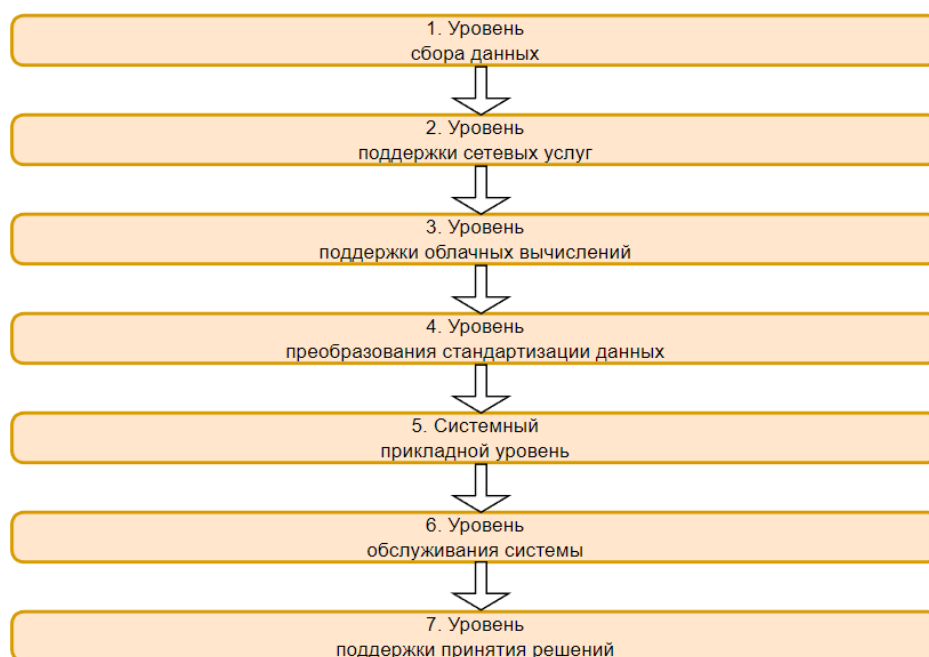


Рисунок 7 – Архитектура системы поддержки принятия решений в области информационных файлов человеческих ресурсов (СППР)

Как можно увидеть на рисунке 7, структура информационной платформы построена из семи функциональных уровней [20], каждый из которых выполняет свою уникальную роль в обеспечении комплексного и скоординированного управления данными. Эти уровни взаимодействуют

между собой, создавая основу для эффективного функционирования всей системы. Рассмотрим подробнее каждый из них.

Первый уровень — уровень сбора данных. Он опирается на диалектические принципы, согласно которым элементы системы не просто представляют собой совокупность или механическое объединение отдельных данных. Напротив, они образуют сложную сеть взаимосвязей, где количество и характер элементов в определённых комбинациях формируют причинно-следственные связи. Эти связи, а также взаимное ограничение и взаимодействие между компонентами системы, играют ключевую роль в поддержании целостности и динамичности работы платформы, обеспечивая её адаптивность и устойчивость к изменениям.

Второй уровень — уровень поддержки сетевых услуг. Здесь происходит организация передачи данных с использованием специально разработанных сетевых протоколов и настроек, ориентированных на создание адаптивной и самоорганизующейся сетевой инфраструктуры. Такая система позволяет эффективно собирать и передавать информацию через гибридные точки конвергенции, что способствует улучшению коммуникации и взаимодействия между различными модулями и компонентами платформы, обеспечивая при этом высокую надёжность и скорость передачи данных.

Третий уровень — уровень поддержки облачных вычислений. Он отвечает за передачу и обработку данных, поступающих с предыдущего сетевого уровня, в облачную инфраструктуру. Благодаря этому обеспечивается масштабируемость, гибкость и безопасность хранения и обработки информации, что является важным условием для реализации научно обоснованного и стандартизированного управления человеческими ресурсами в современных условиях. Облачные технологии позволяют организовать совместное использование вычислительных ресурсов, обработку данных и их анализ в облаке, что значительно повышает производительность системы и снижает затраты на управление данными.

Уровень стандартизации данных играет ключевую роль в обеспечении

единого формата и структуры информации, поступающей из облачной среды. Основная задача этого уровня заключается в создании и поддержании унифицированной модели представления данных, в том числе архивных сведений, касающихся человеческих ресурсов. Благодаря этому достигается стандартизация, которая гарантирует согласованность и совместимость данных при их передаче и обработке. В результате обеспечивается единый и удобный доступ к различным компонентам специализированного промежуточного программного обеспечения, что существенно облегчает интеграцию разнородных данных и повышает качество их обработки в рамках всей системы.

Системный прикладной уровень ориентирован на непосредственное взаимодействие с конечными пользователями, предоставляя им широкий спектр сервисов и функциональных возможностей. Среди основных задач этого уровня — управление файлами и информацией, относящейся к человеческим ресурсам, обработка запросов на авторизацию, а также организация документооборота. Эти сервисы направлены на оптимизацию и автоматизацию повседневных рабочих процессов, что в конечном итоге способствует повышению общей эффективности и производительности управления персоналом.

Уровень обслуживания системы выполняет вспомогательные, но не менее важные функции, необходимые для стабильной и надежной работы платформы. В его компетенцию входят сервисы, отвечающие за направление и маршрутизацию файлов, интеграцию различных информационных ресурсов, а также ряд других технических процессов, которые обеспечивают поддержку операций обработки и анализа данных. Все эти функции способствуют обеспечению бесперебойного функционирования системы и позволяют своевременно и качественно выполнять задачи, стоящие перед платформой в области управления человеческими ресурсами.

Уровень поддержки принятия решений формирует интегрированный пул данных, позволяющий объединить информацию из всех узлов системы.

Он поддерживает интеллектуальный анализ данных, автоматизирует процессы обработки информации и обеспечивает поддержку принятия управленческих решений. Также этот уровень реализует оптимизированный подход к управлению человеческими ресурсами и обеспечивает информационное сопровождение для пользователей.

Таким образом, семиуровневая структура платформы представляет собой комплексную систему, которая объединяет современные методы обработки данных, облачные технологии и сетевые сервисы. Это позволяет создать эффективную платформу для стандартизированного управления и принятия решений в области человеческих ресурсов.

Уровень сбора данных (1 уровень) предназначен для получения информации о среде, которая формируется в процессе различных операций, таких как найм персонала, производство, маркетинг и другие виды деятельности [22]. Данные, собираемые на этом этапе, могут быть как структурированными, так и неструктурированными, что требует применения соответствующих технических средств для их преобразования.

Уровень поддержки облачных вычислений отвечает за передачу собранных данных в облачную инфраструктуру, где они подвергаются дальнейшему анализу и обработке. Основное внимание уделяется проектированию топологии сети, которая обеспечивает адаптивность и самоорганизацию системы. Это позволяет быстро и эффективно обрабатывать большие объемы данных, поступающих с разных узлов.

На этом уровне реализуются аппаратные и программные средства, которые обеспечивают непрерывную связь между узлами системы, а также предоставляют менеджерам доступ к аналитической информации. Система формирует данные разной точности, частоты и уровня детализации в зависимости от потребностей пользователей. Кроме того, она включает специализированные алгоритмы обработки данных, экспертные системы поддержки и шаблоны аналитических отчетов. Эти элементы являются

связующим звеном между данным уровнем и следующими этапами, включая уровень преобразования стандартизации данных.

Уровень поддержки принятия решений (7 уровень) представляет собой интеграционный компонент системы, который объединяет данные, поступающие с каждого из предыдущих уровней и узлов. Этот уровень предоставляет услуги, связанные с оптимизацией и интеграцией данных, создавая единое информационное пространство. Основная цель этого этапа заключается в предоставлении технической и аналитической поддержки для пользователей, принимающих решения.

На данном уровне осуществляется интеллектуальный анализ данных, включающий машинное обучение, методы прогнозирования и визуализацию результатов. Это позволяет руководителям получать максимально точные рекомендации, адаптированные к текущим условиям. Такой подход обеспечивает гибкость и оперативность в принятии решений, что критически важно для управления сложными системами и процессами.

Таким образом, каждый уровень платформы выполняет важные функции, направленные на эффективное управление данными, их преобразование и использование для поддержки стратегических решений. Эта структура обеспечивает надежность и адаптивность системы, позволяя интегрировать передовые технологии в процессы управления и анализа.

3.1.1 Проектирование системы

Информационная платформа для управления персоналом, построенная на базе технологий облачных вычислений и анализа больших данных, представляет собой мощный инструмент для проведения интеллектуального анализа и обработки данных. С ее помощью возможно выполнять сложные расчеты, анализировать разнообразные массивы информации и предоставлять менеджерам по персоналу полноценную информационную поддержку при принятии решений. Такой подход способствует повышению качества управления, улучшению научной обоснованности, точности и стандартизации процессов принятия решений, а также увеличению общей эффективности и

уровня управления организацией [23].

Основной функцией данной платформы является интеграция информационных ресурсов, необходимых для принятия обоснованных решений в области управления человеческими ресурсами. Это достигается за счет трех ключевых компонентов. Первым компонентом является пул информационных ресурсов для принятия решений, в котором аккумулируются и структурируются все данные, связанные с человеческими ресурсами, включая показатели производительности, кадровую статистику, информацию о рынке труда и другие релевантные сведения. Такой централизованный подход обеспечивает менеджерам доступ к полной и актуальной информации. Вторым компонентом — это платформа анализа информации о решениях, отвечающая за применение аналитических инструментов, таких как машинное обучение, прогнозирование и моделирование. Благодаря этому становится возможным анализ данных, выявление скрытых закономерностей и формирование рекомендаций, способствующих оптимизации процессов управления персоналом. Третий компонент представляет собой систему реализации службы информации о решениях, на этапе которой данные представляются в удобной для пользователя форме — в виде отчетов, дашбордов или аналитических визуализаций. Кроме того, система предоставляет доступ к инструментам прогнозирования, поддерживая долгосрочное планирование.

На рисунке 8 представлена структура этой платформы, которая демонстрирует, как данные поступают из пула ресурсов, анализируются на платформе аналитики и предоставляются пользователю через систему информационного обслуживания. Это позволяет менеджерам принимать обоснованные и стратегически важные решения, улучшая управление человеческими ресурсами.

Внедрение такой системы способствует автоматизации рутинных процессов, снижению ошибок, связанных с человеческим фактором, и повышению прозрачности в управлении персоналом. Кроме того, платформа

облегчает адаптацию к изменениям внешней среды, позволяет анализировать тенденции и разрабатывать более гибкие и адаптивные стратегии управления. В результате организации могут добиться улучшения операционных показателей, повышения удовлетворенности сотрудников и роста конкурентоспособности.

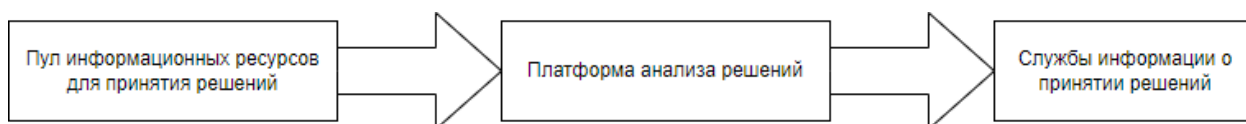


Рисунок 8 – Техническая основа СППР информационной платформы архива человеческих ресурсов на основе облачных вычислений

Пул информационных ресурсов, предназначенный для поддержки процессов принятия решений, выступает в качестве центрального и ключевого источника данных, на котором базируется функционирование всей системы. Именно этот пул становится фундаментом, обеспечивающим не только высокую эффективность, но и оперативность информационной поддержки на всех этапах принятия решений. Качество данных, аккумулируемых в данном пуле, а также скорость их обработки и своевременного предоставления играют критически важную роль, оказывая значительное влияние на общую работу платформы и уровень обоснованности управленческих решений, принимаемых на её основе.

Структура пула информационных ресурсов организована с учётом трёх основных компонентов, каждый из которых выполняет свои важные и специализированные функции внутри системы. Один из таких компонентов — пул вычислительных ресурсов — обеспечивает выполнение всех необходимых вычислительных задач. Он представляет собой интегрированное объединение мощностей различных вычислительных устройств, включая серверы, рабочие станции и персональные компьютеры, которые функционируют в тесной взаимосвязи и синхронизации для достижения

максимальной производительности и надёжности обработки данных. Такой подход позволяет платформе эффективно справляться с возложенными на неё задачами, гарантируя быстрое и качественное выполнение вычислительных операций.

Благодаря применению технологий виртуализации и распределённой обработки этот пул способен эффективно решать задачи различной сложности — от базовой аналитики до сложного моделирования.

Пул ресурсов хранения выполняет функцию централизованного и надёжного хранения данных. Для этого применяется виртуализация и объединение различных устройств хранения — дисковых массивов, физических дисков и других носителей, что обеспечивает масштабируемость системы, высокую производительность при доступе к данным и их устойчивость к сбоям.

Пул ресурсов данных представляет собой основное хранилище информации, поступающей из облачной среды. Прежде чем попасть в этот пул, данные проходят интеллектуальную обработку, включающую структурирование, унификацию и интеграцию разнородной информации из различных источников. Такой подход позволяет сформировать согласованный и целостный массив данных, пригодный для последующего аналитического использования.

Эффективность работы пула информационных ресурсов определяется рядом факторов, включая использование современных технологий для управления большими данными, таких как машинное обучение, обработка естественного языка и предиктивная аналитика. Это позволяет не только ускорить обработку данных, но и повысить точность аналитических выводов, предоставляемых менеджерам.

Кроме того, пул ресурсов выполняет функции обеспечения безопасности данных, включая шифрование, резервное копирование и мониторинг доступа. Это критически важно для предотвращения утечек информации и защиты конфиденциальных данных компании.

Внедрение пула информационных ресурсов в систему управления позволяет создать надежную основу для анализа, прогнозирования и принятия обоснованных решений. Это, в свою очередь, способствует улучшению всех аспектов управления, включая оперативность, стратегическое планирование и адаптацию к изменяющимся условиям внешней среды.

Платформа анализа решений представляет собой ключевой компонент системы поддержки принятия решений, который включает в себя несколько функциональных модулей, предназначенных для эффективного управления данными и их преобразования в полезную информацию. Она обеспечивает всестороннюю поддержку процесса принятия решений, особенно в области управления человеческими ресурсами.

Основные модули системы играют ключевую роль в обеспечении её стабильной и эффективной работы, выполняя ряд важных функций, которые направлены на качественную обработку и анализ данных. Так, модуль классификации данных отвечает за систематизацию, структурирование и индексацию информации, поступающей из пула информационных ресурсов. Этот процесс классификации основывается на анализе характера поступающих данных, их источников, а также на предполагаемом дальнейшем использовании, что значительно повышает общую эффективность обработки информации. Благодаря такому подходу становится возможным обеспечить быстрый и упорядоченный доступ к необходимым сведениям, а также упрощается их поиск в системе.

На следующем этапе происходит тщательная обработка данных, которая включает в себя реорганизацию, консолидацию и интеграцию уже классифицированной информации. Все данные приводятся к единому стандартному формату, устраняются дублирующие записи и исправляются возможные ошибки, что существенно повышает качество и достоверность информации. После этого обработанные и очищенные данные направляются в соответствующие компоненты платформы — либо в пул вычислительных ресурсов для проведения глубокого анализа и вычислительных операций, либо

в пул ресурсов хранения, где информация сохраняется на длительный срок. Такой подход обеспечивает сохранение целостности данных и их актуальность, что критически важно для поддержки дальнейших этапов принятия решений.

Особое место в системе занимает модуль интерпретации решений, который предоставляет пользователям удобную и единую среду для интеграции, визуализации и анализа накопленных данных. Этот модуль помогает формировать отчёты, интерактивные дашборды и рекомендации, существенно упрощающие и оптимизирующие процесс управления человеческими ресурсами для менеджеров и других заинтересованных специалистов.

Отдельно стоит отметить преимущества использования комбинированного анализа, сочетающего возможности «человека-машины». Современная платформа анализа решений интегрирует автоматизированные методы обработки и анализа данных с интеллектуальным участием человека, что позволяет добиться более точных и обоснованных результатов. Такой гибридный подход усиливает качество принимаемых решений, сочетая быстроту вычислительных алгоритмов с гибкостью и экспертной оценкой человеческого фактора. Такой метод позволяет объединить вычислительную мощность системы с интуитивным и стратегическим мышлением пользователя. В результате собранная информация упорядочивается, распределяется по уровням значимости и систематизируется.

Современная платформа анализа решений также включает функции обратной связи, которая позволяет учитывать результаты ранее принятых решений для их последующего анализа, автоматизированного обучения, использующего алгоритмы машинного обучения для повышения точности прогнозов, а также визуализации данных, предоставляющей графики, диаграммы и другие средства для более интуитивного восприятия информации.

Платформа анализа решений не только ускоряет процесс обработки

данных, но и делает его более точным и научно обоснованным. Она способствует принятию стратегически важных решений, таких как оптимизация организационной структуры, повышение продуктивности сотрудников и снижение текучести кадров.

Таким образом, платформа анализа решений играет ключевую роль в создании современной системы управления, способной адаптироваться к сложным и изменяющимся условиям ведения бизнеса.

Службы информации о принятии решений играют важную роль в обеспечении пользователей необходимой аналитической поддержкой для принятия эффективных управленческих решений, предоставляя два типа услуг — регулярные и случайные, что позволяет гибко реагировать как на плановые задачи, так и на внезапные изменения внешней среды. Регулярные услуги обеспечивают передачу данных в заранее определённые временные промежутки, например, в виде годовых, ежеквартальных или ежемесячных отчетов, которые формируются на основе анализа ключевых показателей и отражают текущую ситуацию в управлении персоналом. Так, годовые отчёты могут включать сведения о производительности сотрудников, уровне текучести кадров, достигнутых целях и эффективности программ поощрений, а ежемесячные — данные о динамике найма, количестве закрытых вакансий, времени отклика и других метриках.

Основная задача таких услуг — поддержка стратегического планирования, с помощью которого разрабатываются среднесрочные и долгосрочные цели в области управления человеческими ресурсами, включая оптимизацию структуры организации, прогнозирование потребностей в кадрах и формирование эффективной системы мотивации. В то же время случайные услуги предназначены для оперативного реагирования на внезапные изменения внутренней или внешней среды. Например, при кризисных ситуациях, связанных с резким ростом текучести кадров или изменением рыночных условий, платформа предоставляет руководителям быстрый доступ к актуальному анализу. Эти услуги помогают принимать

своевременные решения, минимизировать риски и адаптироваться к новым условиям, используя форматы данных, такие как экспресс-отчёты, интерактивные дашборды и визуализированные прогнозы в виде диаграмм и таблиц.

Основная задача информационной службы принятия решений — трансформация больших объемов данных в полезную аналитическую информацию. Для этого применяются современные инструменты обработки и визуализации, которые преобразуют данные в аналитические отчёты с ключевыми выводами, графики и диаграммы для наглядного отображения тенденций, таблицы, упрощающие представление структурированной информации, а также прогностические модели, позволяющие оценивать вероятное развитие событий. Эти формы отчетности подстраиваются под запросы пользователей, что делает их более актуальными и удобными для принятия решений.

Таким образом, службы информации о принятии решений являются важным инструментом для реализации грамотного, научно обоснованного подхода к управлению человеческими ресурсами, что способствует улучшению всех аспектов деятельности организации.

3.1.2 Ключевая технология и алгоритм системы

Современные технологии обработки данных, включая технологии больших данных и облачных вычислений, играют центральную роль в управлении сложными информационными потоками. Технология больших данных направлена на эффективное хранение, анализ и обработку огромных массивов информации, поступающих из множества источников. В то же время облачные вычисления предоставляют мощные инструменты и подходы для управления и вычислений с использованием распределённых систем. Вместе эти технологии формируют основу для создания высокопроизводительных и масштабируемых информационных платформ.

В рамках информационного потока платформы, разработанной для работы с большими данными, интегрируется огромное количество

информации различных типов. Это включает как структурированные данные, хранящиеся в базах данных, так и неструктурированные данные, такие как текстовые файлы, изображения и видеозаписи. Расширение сети источников данных и увеличение их количества приводят к созданию сложной инфраструктуры, где информация постоянно генерируется, обрабатывается и анализируется. Этот процесс порождает огромные массивы данных, которые требуют применения специализированных технологий для их эффективного использования.

Большие данные представляют собой не просто накопление информации; они требуют методов интеллектуальной обработки для извлечения полезной и практической ценности. Для этого используются технологии облачных вычислений, которые обеспечивают возможность работы с данными на больших масштабах. Благодаря своей гибкости и масштабируемости облачные платформы могут адаптироваться под текущие потребности системы, перераспределяя вычислительные мощности, увеличивая объём хранилищ или ускоряя обработку данных. Такие подходы позволяют оптимизировать обработку даже самых сложных и объёмных задач.

Работа с большими объёмами данных тесно переплетена с применением интеллектуального анализа, представляющего собой сложный и многоэтапный процесс, который зачастую носит циклический характер. Начинается этот процесс с этапа сбора данных, когда информация аккумулируется из самых разнообразных источников. В их число входят современные сенсорные устройства, базы данных различного рода, а также многочисленные интернет-ресурсы, которые постоянно генерируют и обновляют данные. Такой широкий спектр источников обеспечивает многогранность и полноту исходной информации, что является фундаментом для последующего глубокого и качественного анализа. Далее данные проходят этап преобразования, где устраняются ошибки, упорядочиваются записи и нормализуются форматы. После этого информация направляется на обработку, в ходе которой применяются аналитические алгоритмы, модели

машинного обучения и прогнозирования. Конечным этапом является преобразование результатов анализа в понятные и полезные формы, такие как отчёты, визуализации и рекомендации.

Современные подходы к анализу и прогнозированию в области кадрового менеджмента всё чаще опираются на технологии Big Data и инструменты интеллектуального анализа информации. Эти технологии позволяют не только обогатить и углубить имеющуюся информацию, но и создать эффективные механизмы подбора сотрудников, оценки их профессионального потенциала, расчёта ключевых показателей эффективности (KPI) и повышения стабильности кадрового состава. Всё это способствует более точной настройке процессов подбора и управления талантами, снижая риски неэффективных кадровых решений и способствуя росту производительности на уровне всей организации.

Сочетание технологий больших данных и облачных вычислений обеспечивает мощную поддержку процессов интеллектуального анализа. Это позволяет не только выявлять скрытые закономерности, но и прогнозировать развитие событий, анализировать поведение пользователей, оптимизировать бизнес-процессы и принимать стратегически важные решения. Использование циклических подходов к анализу данных даёт возможность постоянно совершенствовать модели и повышать точность результатов. На рисунке 9 представлен процесс интеллектуального анализа данных.

На основании изложенного автором предполагается дальнейшее развитие исследования в направлении динамического управления спросом и предложением на кадровом рынке, с интеграцией различных стратегий принятия решений. Это должно обеспечить повышение точности оценки ситуации, улучшить реакцию на изменения условий и повысить общую информативность поддержки, оказываемой руководителям при принятии кадровых решений.

Информационные платформы, основанные на интеграции больших данных и облачных вычислений, обеспечивают эффективное управление

информационными потоками и способствуют внедрению инновационных подходов в различных сферах деятельности. Это не только позволяет извлекать ценность из массивов данных, но и значительно ускоряет процессы принятия решений, улучшая адаптивность и конкурентоспособность организаций в условиях быстро меняющегося цифрового мира.

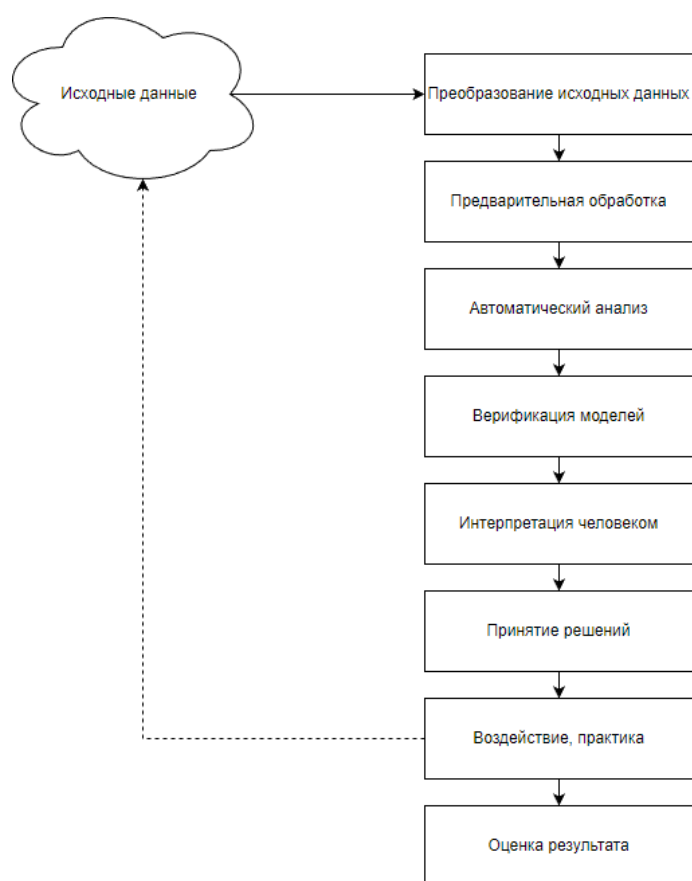


Рисунок 9 – Процесс интеллектуального анализа данных

Процесс интеллектуального анализа данных представляет собой достаточно сложный и многогранный подход, направленный на последовательную обработку, трансформацию и последующую интерпретацию больших массивов информации. Этот процесс традиционно делится на несколько ключевых этапов, которые проходят циклично и включают в себя множество процедур: сбор данных, их корректировку, модификацию, а также глубокий аналитический разбор. Такие циклы повторяются многократно до тех пор, пока не будут достигнуты поставленные

цели и удовлетворены все технические и функциональные требования системы.

Первым, крайне важным этапом является предварительная обработка данных, которая закладывает основу для успешного проведения всего дальнейшего анализа. На этом этапе происходит комплексная подготовка исходных данных, включающая в себя несколько основных процедур: тщательную очистку данных от шумов и ошибок, их интеграцию из различных источников в единую структуру, выбор релевантных атрибутов, а также преобразование данных в форму, удобную для последующей обработки и анализа. Все эти действия существенно повышают качество исходного материала и гарантируют более точные и достоверные результаты на последующих этапах анализа. Очистка данных направлена на устранение ошибок, дубликатов, пробелов и аномалий, которые могут снизить точность анализа. Интеграция данных обеспечивает объединение информации из различных источников, приводя её к единому формату, а выбор и преобразование данных позволяют сосредоточиться на наиболее значимых и полезных аспектах для выполнения конкретных аналитических задач.

Второй этап процесса — это непосредственно интеллектуальный анализ данных, который является ключевой и наиболее значимой стадией во всём цикле обработки информации. На этом этапе применяется обширный набор различных алгоритмов и методов, направленных на выявление скрытых закономерностей, структур и знаний, заложенных в предварительно подготовленных данных. Этот этап охватывает широкий спектр аналитических подходов, включая классификацию, кластеризацию, ассоциативный анализ, прогнозирование и другие методики интеллектуальной обработки данных. В частности, в рамках данного этапа часто используют современные алгоритмы машинного обучения, такие как деревья решений, искусственные нейронные сети, регрессионные модели и другие передовые методы, которые позволяют не только обнаруживать важные паттерны и тенденции в данных, но и строить прогнозы на их основе. Благодаря этому

подходу возможно глубокое понимание структуры информации и выявление закономерностей, которые остаются незаметными при традиционном анализе, что значительно повышает качество и точность принимаемых на их основе решений.

На третьем этапе — этапе оценки и представления результатов — происходит формирование итоговых данных и знаний в удобной для пользователей форме. Этап включает оценку качества полученных данных и их визуализацию. Также происходит проверка результатов на соответствие требованиям, чтобы подтвердить, что цели анализа достигнуты.

Конечными пользователями результатов работы данной системы, как правило, являются сотрудники отделов кадров. Часто для них бывает затруднительно понимать сложные результаты интеллектуального анализа данных, особенно если речь идёт о статистических моделях или других абстрактных представлениях. Однако для облегчения восприятия результатов система использует алгоритм дерева решений, который является одним из наиболее интуитивно понятных методов анализа.

Дерево решений представляет собой древовидную структуру, где узлы отображают вопросы или критерии, ветви — возможные варианты, а листья — конечные решения или прогнозы. Благодаря своей наглядности, дерево решений позволяет легко интерпретировать результаты анализа и понимать, на каких критериях основываются выводы.

В данной системе используется усовершенствованный алгоритм дерева решений, основанный на модели C4.5, которая показана на рисунке 10. Этот алгоритм отличается высокой эффективностью и точностью, позволяя учитывать множество переменных и работать с большими массивами данных. Он оптимизирует процесс построения дерева, включая выбор атрибутов, минимизацию переобучения и обработку пропущенных значений.

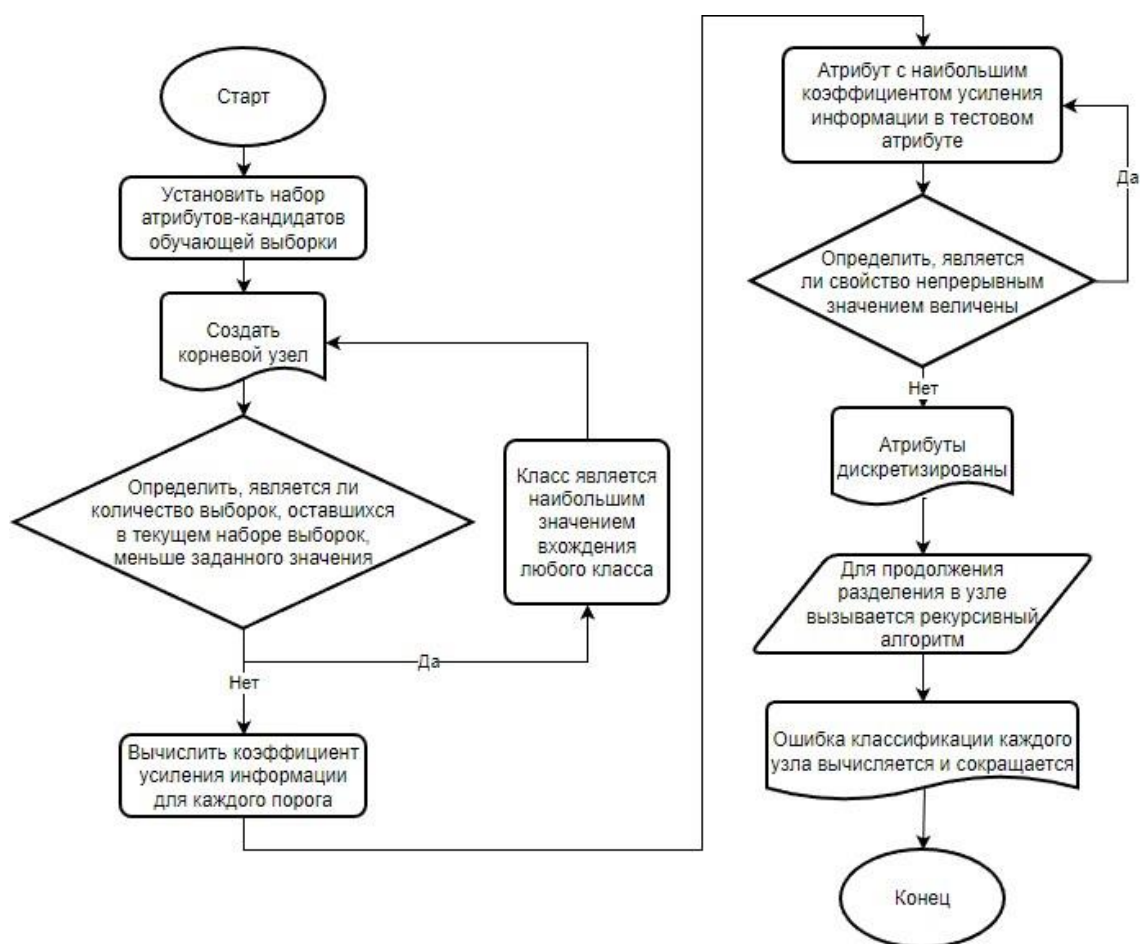


Рисунок 10 – Блок-схема алгоритма основы

Благодаря применению дерева решений система кадрового управления получает возможность принимать обоснованные и научно обоснованные решения, например, при оценке производительности сотрудников, определении их соответствия должности или планировании карьерного роста. Это делает процесс управления более прозрачным, эффективным и предсказуемым, повышая общую производительность организации.

3.2 Оптимизация системы.

3.2.1 Оптимизированное усовершенствование для вычисления информации

Для проведения оценки эффективности доработанного метода и

выявления его преимуществ по сравнению с исходным алгоритмом C4.5 был использован специализированный набор данных из репозитория машинного обучения, предназначенный для проведения тщательного сравнительного анализа. Эти данные были загружены и сохранены в специализированной системе управления хранимыми базами данных, что обеспечило упорядоченный и структурированный доступ к информации, а также гарантировало её целостность и точность на всех этапах исследования. При выборе набора данных особое внимание уделялось тому, чтобы он содержал значительное количество взаимосвязанных атрибутов и обладал умеренным объёмом, что позволяло максимально полно проверить работу алгоритмов в условиях повышенной сложности и многозадачности. Такой подход обеспечил надёжную и объективную оценку характеристик исследуемого метода.

В процессе тестирования были проведены измерения и сравнительный анализ производительности как оригинального алгоритма C4.5, так и усовершенствованного варианта. Для оценки были выбраны три ключевых показателя: размер дерева решений, время выполнения алгоритма и точность классификации. Эти показатели являются основными критериями для оценки эффективности алгоритмов машинного обучения, так как они напрямую влияют на скорость работы системы и её способность к точному и правильному прогнозированию.

Размер дерева решений служит индикатором сложности и глубины модели, так как чем больше ветвей и узлов, тем сложнее алгоритм и его обучение. Время выполнения алгоритма показывает, сколько времени требуется для завершения процесса обработки данных, что особенно важно для задач с большими объёмами данных. Точность классификации определяет, насколько правильно алгоритм может разделять данные на различные категории или классы, что напрямую влияет на результат работы модели в реальных сценариях.

После проведения анализа, все результаты были визуализированы в виде

линейной диаграммы. Это позволило наглядно продемонстрировать различия в производительности между оригинальным алгоритмом C4.5 и его улучшенной версией. Данные по времени выполнения алгоритма представлены в миллисекундах, что дает точное представление о скорости обработки данных.

Сравнительная диаграмма, как показано на рисунке 11, позволяет более детально оценить, насколько усовершенствованный алгоритм эффективнее в плане времени работы, точности и сложности модели, что в свою очередь предоставляет ценные данные для принятия решений о применении того или иного метода в реальных приложениях, таких как обработка больших объёмов информации или задачи в области интеллектуального анализа данных.

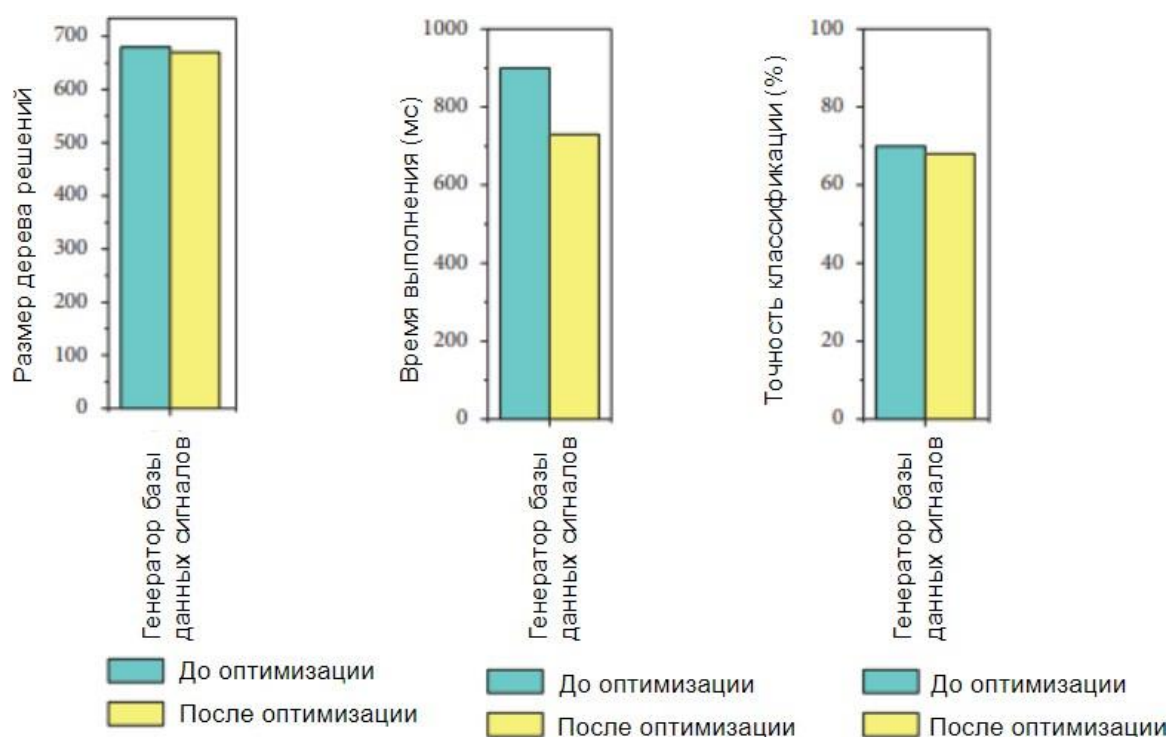


Рисунок 11 – Оптимизация расчета информационного содержания в размере дерева решений, времени вычисления и точности классификации

По итогам проведённых тестирований можно сделать вывод, что показатели производительности алгоритмов существенно различаются в части времени вычислений. Модифицированный вариант исходного алгоритма C4.5

демонстрирует заметное сокращение времени, затрачиваемого на выполнение расчетов. Это улучшение позволяет значительно повысить общую производительность системы, особенно в ситуациях обработки больших массивов данных, где скорость вычислений является одним из ключевых факторов эффективности.

При этом, несмотря на существенное уменьшение времени обработки, оба алгоритма сохраняют сопоставимый уровень точности классификации в построении дерева решений. Это говорит о том, что усовершенствованная версия алгоритма успешно удерживает высокий стандарт точности, присущий оригинальной модели C4.5, что является важным аспектом при принятии решений на основе полученных результатов. Таким образом, модернизация алгоритма приносит значительные преимущества по времени без ущерба качеству анализа данных.

Важно отметить, что точность классификации является важным показателем при оценке работы алгоритмов машинного обучения, так как она определяет, насколько верно алгоритм классифицирует данные, что критично в большинстве приложений, требующих высокой степени уверенности в результатах. Именно поэтому оценка точности и стабильности модели при различных объёмах входных данных позволяет более объективно судить о её пригодности для использования в реальных условиях.

Следовательно, модернизированный алгоритм представляет собой значительно более эффективное средство для обработки крупных массивов данных. Он обеспечивает ускорение процессов обучения и классификации, при этом сохраняя высокий уровень точности, характерный для исходной версии. Благодаря этим свойствам данный алгоритм становится особенно ценным инструментом в таких сферах, как анализ больших данных, прогнозирование и другие задачи. Такая повышенная производительность и надежность делают его незаменимым для современных приложений, связанных с интенсивным анализом данных и принятием обоснованных решений на их основе.

3.2.2 Модель принятия решений на основе улучшенного алгоритма

Алгоритм С4.5 продолжает оставаться объектом активных исследований и доработок в сфере создания более совершенных и эффективных моделей для поддержки принятия решений. В рамках текущей разработки в алгоритм был интегрирован механизм слияния, который применяется внутри системы принятия решений для построения дерева решений — ключевого инструмента для классификации и оценки уровня производительности сотрудников. При формировании данной модели учитываются разнообразные характеристики, такие как пол, возраст, стаж работы, математические способности, пространственное мышление, уровень интеллекта, коммуникативные навыки, а также эмоциональная устойчивость, возбудимость, чувствительность и результаты профессиональных тестов на способности. Все эти параметры тщательно собираются и анализируются с целью создания точной и адекватной модели классификации работников по уровню их эффективности.

Процесс построения модели дерева решений с использованием улучшенного алгоритма С4.5 состоит из нескольких последовательных этапов, каждый из которых способствует достижению высокой точности и эффективности работы алгоритма. Начальный этап включает вычисление так называемой скорости получения информации для каждого атрибута, содержащегося в тестовом наборе данных. Это предполагает проведение расчетов прироста информации и ее распределения, что позволяет выявить наиболее информативные признаки, играющие ключевую роль для дальнейшего анализа и классификации. Такой подход обеспечивает оптимальный выбор атрибутов, способствующих построению наиболее точной модели.

Далее следует этап определения типа данных каждого атрибута — важного шага, направленного на выявление, является ли атрибут непрерывным по своей природе. В случае непрерывных значений проводится процедура дискретизации, которая преобразует непрерывные данные в отдельные категории. Этот процесс значительно упрощает и ускоряет работу

с данными, позволяя эффективно определять локальные пороги и сегментировать информацию. Помимо этого, дискретизация уменьшает количество атрибутов, подлежащих проверке, что в итоге повышает общую производительность алгоритма.

После завершения вычислений выбирается атрибут с максимальным значением прироста информации, который становится корневым узлом дерева решений. На этом этапе набор данных разделяется в соответствии с возможными значениями выбранного атрибута. В случае, если атрибут обладает единственным значением, дальнейшее деление прекращается, поскольку разбиение в таком случае не имеет практического смысла.

Процедура рекурсивно повторяется для каждого из сформированных подмножеств данных, что в итоге приводит к построению эффективной модели дерева решений. Данная модель способна качественно классифицировать входные данные и предоставлять чёткие и понятные выводы относительно уровня производительности сотрудников. Пример такой модели, построенной с помощью усовершенствованного алгоритма C4.5, представлен на рисунке 12, где наглядно демонстрируется процесс сегментации и классификации данных с учётом всех ключевых факторов.

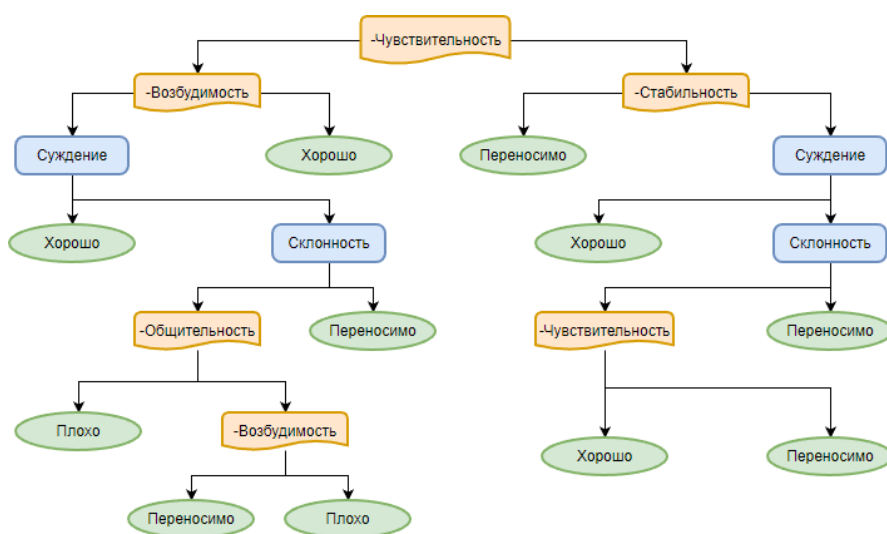


Рисунок 12 – Оптимизация процесса обхода значений атрибутов в размере дерева решений

Расположение узлов в структуре дерева решений играет ключевую роль, так как оно прямо демонстрирует значимость каждого узла в общем процессе принятия решений. Уровень, на котором находится узел, определяет его важность: узлы, расположенные ближе к корню дерева, обладают более высокой значимостью, так как они теснее связаны с целевой переменной, которая, в рассматриваемом случае, является прогнозируемым показателем — например, уровнем эффективности работы сотрудника. Таким образом, позиция узла отражает степень его влияния на конечный результат модели.

Наиболее верхний уровень дерева, то есть первый уровень, традиционно ассоциируется с ключевыми факторами, такими как чувствительность, выявляемая с помощью личностного тестирования, что свидетельствует о ее значительном влиянии на классификацию и прогнозирование. Этот узел отражает такие качества сотрудника, как его эмоциональная чувствительность и способность к адаптации, что непосредственно влияет на его эффективность и способность достигать высоких рабочих результатов. Существует прямое соответствие между показателями чувствительности сотрудника и его результатами на рабочем месте, что делает этот параметр критически важным для прогноза производительности.

Второй уровень структуры дерева решений фокусируется на таких важных личностных характеристиках, как стабильность и живость (активность) сотрудника, которые оказывают существенное влияние на оценку его общей работоспособности и эффективности. Эти качества считаются ключевыми факторами, поскольку они напрямую отражают способность человека сохранять устойчивость в условиях профессиональных нагрузок, а также успешно справляться с возникающим стрессом и неожиданными сложностями. Таким образом, стабильность и жизненная энергия сотрудника выступают в роли важных показателей, влияющих на его продуктивность и устойчивость к рабочим вызовам, что делает их неотъемлемой частью комплексной оценки персонала в рамках модели принятия решений. Чем выше стабилизированность эмоционального фона

сотрудника, тем более предсказуемыми и высокими будут его рабочие результаты.

Размер дерева решений, как правило, оказывает влияние на его эффективность. Чем меньше размер дерева, тем лучше, так как это помогает сократить вычислительные затраты и повысить скорость работы алгоритма. Однако не всегда удастся минимизировать дерево до оптимальных размеров, и это зависит от множества факторов, таких как сложность и количество данных. Важной частью оптимизации дерева является удаление или замена некоторых узлов и ветвей, которые не несут значимой информации для принятия окончательных решений. Особенно это касается узлов, которые находятся слишком близко к конечному узлу или появляются редко в процессе работы с данными.

3.2.3 Система анализа изменений в человеческих ресурсах

В последние десятилетия наблюдается значительный рост числа отделов в организациях, их функциональная специализация становится все более разнообразной, а также увеличивается мобильность сотрудников, что создает дополнительные сложности для технических и кадровых подразделений, занимающихся управлением персоналом. Такие изменения требуют от компаний принятия более гибких и научно обоснованных подходов в планировании и организации работы с персоналом.

В условиях постоянно изменяющейся бизнес-среды и значительных изменений в организационной структуре предприятий, ключевым элементом успешного управления трудовыми ресурсами становится точное и своевременное планирование кадровой политики. Одним из важнейших этапов этого процесса является прогнозирование спроса и предложения на человеческие ресурсы. Такой прогноз представляет собой комплексную задачу, включающую анализ текущей ситуации на рынке труда, потребностей компании в кадрах и возможных кадровых дефицитов или избыточных работников в будущем.

Прогнозирование кадровых потребностей не только позволяет более

эффективно распределить рабочие ресурсы, но и помогает выстроить стратегическое планирование на долгосрочную перспективу. Это включает в себя не только оценку текущего состояния, но и разработку мер по улучшению качества кадров, включая обучение и повышение квалификации сотрудников, а также создание условий для их профессионального роста и удержания. Прогнозы относительно изменений в составе трудовых ресурсов являются основой для формирования эффективной кадровой стратегии, которая в свою очередь влияет на общую конкурентоспособность предприятия на рынке.

Таким образом, научное планирование будущей работы с персоналом становится необходимым инструментом для обеспечения не только стабильности, но и гибкости предприятия в условиях постоянно меняющейся бизнес-среды. Это предполагает использование современных методов анализа данных, включая системы прогнозирования, которые позволяют точнее предсказывать потребности в персонале и вырабатывать соответствующие меры по оптимизации кадровой политики компании.

Цель настоящего исследования заключается в разработке эффективной системы математического анализа изменений, происходящих в управлении человеческими ресурсами. Используя методы матричного моделирования вероятности перехода сотрудников с учетом статистических технологий, мы можем прогнозировать динамику изменений в кадровом составе предприятия. Это позволит не только описывать различные процессы, такие как приток и отток персонала, а также внутренние перемещения сотрудников, но и анализировать общие тенденции в области управления персоналом на предприятии.

Процесс прогнозирования изменений в составе работников может быть значительно улучшен благодаря анализу статистических данных о найме и движении сотрудников на различных должностях. Согласно имеющейся практике в области кадрового учета, можно выделить несколько типов должностей с их долей в общем числе сотрудников, принятого на работу.

Также важно отметить, что этот анализ позволяет прогнозировать и

оценивать динамику таких процессов, как переводы сотрудников между различными должностями, их увольнения, а также рост или сокращение численности персонала в зависимости от экономических и организационных факторов.

Такая система прогнозирования кадровых потребностей, основанная на анализе фактических данных, является не только инструментом для более точного планирования, но и важным элементом в обеспечении гибкости и эффективности управления человеческими ресурсами на предприятии.

В третьей главе исследования были сформулированы и подробно рассмотрены важнейшие выводы и результаты, связанные с созданием эффективной системы поддержки принятия решений, а также с оптимизацией алгоритмов обработки данных. В частности, значительное внимание было уделено разработке и описанию усовершенствованной модели принятия решений, построенной на базе доработанного алгоритма С4.5.

В результате проделанной работы намечено провести в следующей главе подробный сравнительный анализ между стандартной версией алгоритма С4.5 и её оптимизированной модификацией. Такой анализ поможет объективно выявить сильные стороны и недостатки каждой из моделей, а также определить области, в которых одна из версий проявляет себя более эффективно. Для этого будет подготовлен специализированный набор данных, позволяющий максимально точно и достоверно оценить производительность алгоритмов в реальных условиях эксплуатации.

Кроме того, в рамках будущих исследований планируется разработать концептуальную модель системы поддержки принятия решений, которая послужит основой для дальнейшего совершенствования и внедрения подобных решений в различных сферах деятельности. Эта модель обеспечит системный и упорядоченный подход к анализу и применению алгоритмов, способствуя улучшению качества и скорости принимаемых решений.

Глава 4 Итоговый анализ, тестирование и результаты эксперимента

4.1 Интеллектуальный анализ данных

4.1.1 Классификация и прогнозирование в интеллектуальном анализе данных

На сегодняшний день одной из важнейших задач для любой современной организации является принятие обоснованных и эффективных управленческих решений. Подобные решения, как правило, направлены на то, чтобы достичь максимальной выгоды для предприятия или бизнеса, при этом сведя к минимуму возможные риски и потери. Достижение этого становится возможным за счёт использования таких инструментов, как прогнозирование и классификация — ключевых компонентов процесса интеллектуального анализа данных.

Интеллектуальный анализ данных (англ. Data Mining) представляет собой совокупность методов и технологий, с помощью которых осуществляется обработка больших объёмов информации. Основу этих методов составляют такие направления, как машинное обучение, искусственные нейронные сети, а также работа с обширными базами данных. Именно в базах данных зачастую содержатся скрытые и неочевидные на первый взгляд зависимости и закономерности, которые могут быть чрезвычайно полезны для принятия оптимальных управленческих решений.

Следует отметить, что современные технологии позволяют автоматизировать процесс принятия решений, приближая его по качеству и логике к уровню решений, принимаемых человеком. Такие решения часто называют интеллектуальными, поскольку они основаны на использовании накопленного опыта и знания, представленного в цифровом виде.

Если рассматривать классификацию задач, которые решаются в рамках интеллектуального анализа данных, то можно выделить несколько ключевых направлений, среди которых особенно выделяются кластеризация, выявление

ассоциативных правил, классификация и прогнозирование. Среди них классификация и прогнозирование занимают особое место, поскольку именно эти методы позволяют не только глубже интерпретировать уже имеющуюся информацию, но и формировать обоснованные прогнозы относительно будущих событий или поведения исследуемых объектов на основе выявленных закономерностей и моделей.

Процесс анализа данных с целью реализации задач классификации и последующего прогнозирования, как правило, состоит из двух основных этапов. На первом этапе происходит первичная обработка и структурирование исходных данных, что включает в себя применение различных алгоритмов классификации для подготовки данных к дальнейшему анализу. На втором этапе непосредственно проводится сама классификация, а также оценивается точность и качество построенной модели. Эта оценка служит важным индикатором пригодности модели для практического использования и решения конкретных задач в реальных условиях.

В последние годы можно наблюдать устойчивый и заметный рост интереса среди исследователей и практиков к внедрению методов интеллектуального анализа данных в области управления человеческими ресурсами. Значительное количество научных публикаций посвящено изучению возможностей применения таких технологий в различных аспектах управления персоналом. В частности, интеллектуальный анализ данных всё чаще используется для более точного прогнозирования профессионального потенциала сотрудников, планирования их карьерного роста, а также оптимизации процессов найма и распределения кадров, что способствует повышению эффективности и конкурентоспособности организаций.

Несмотря на то, что в целом данный подход всё ещё находится в стадии активного развития и вызывает множество дискуссий в профессиональной среде, уже сегодня можно говорить о его практической значимости. Особую значимость этот подход приобретает в контексте управления талантами, где возникает необходимость оперативно и с высокой точностью выявлять тех

кандидатов, которые максимально соответствуют требованиям конкретных должностей и способны наиболее эффективно выполнять возложенные на них обязанности. В современных условиях быстро меняющегося рынка труда и высокой конкуренции именно правильный и своевременный выбор персонала становится ключевым фактором успеха любой организации.

В рамках настоящего исследования была предпринята целенаправленная попытка использовать методы классификации, применяемые в интеллектуальном анализе данных, с целью прогнозирования потенциальной ценности сотрудников. Такой подход позволяет не только повысить объективность и точность оценки кадрового резерва, но и значительно улучшить процессы принятия решений, связанные с подбором, развитием и удержанием талантливых специалистов. Это особенно важно для формирования эффективной кадровой политики и обеспечения устойчивого роста компании в долгосрочной перспективе. Такая задача может быть решена путём анализа исторических данных о ранее принятых на работу кандидатах, что, в свою очередь, позволяет формировать более обоснованные кадровые решения на основе знаний, извлечённых из предыдущего опыта.

4.1.2 Управление талантами и интеллектуальный анализ данных

На современном этапе развития организаций, вне зависимости от их отраслевой принадлежности и масштаба, управление талантами всё чаще рассматривается как один из ключевых и стратегически важных аспектов в рамках общей системы управления персоналом. Особое внимание к данному направлению обусловлено тем, что наличие талантливых сотрудников способно оказать значительное влияние на повышение эффективности функционирования организации как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Под понятием «талант» в данном контексте, как правило, понимается совокупность индивидуальных качеств, навыков и способностей человека, которые позволяют ему оказывать ощутимое положительное воздействие на текущие бизнес-процессы и развитие компании в будущем. Следовательно,

управление талантами представляет собой не просто набор кадровых мероприятий, а целостную систему, в которой приоритет отдается стратегическому подходу к работе с людьми.

Функционально управление талантами охватывает широкий спектр направлений, включая планирование потребности в персонале, развитие лидерских качеств, оценку потенциала сотрудников, а также формирование преемственности на ключевых управленческих позициях. Таким образом, данный процесс направлен не только на удовлетворение текущих потребностей организации в квалифицированных кадрах, но и на обеспечение устойчивого развития за счёт формирования сильной команды в будущем.

Для успешной реализации данных задач важно уделять внимание сбору и анализу информации о сотрудниках: как об их профессиональном становлении внутри компании, так и о предыдущем опыте, включая этапы обучения в образовательных учреждениях. Такой подход позволяет своевременно выявить перспективных сотрудников, а также эффективно подготовить их к будущим карьерным шагам, в том числе к занятию более ответственных должностей в структуре организации.

В условиях стремительного развития цифровых технологий и повсеместного внедрения аналитических методов в сферу управления, особенно важным становится применение методов интеллектуального анализа данных. Эти современные подходы открывают новые возможности для более глубокого и всестороннего изучения информации, накопленной в корпоративных базах данных. В частности, метод классификации выступает как мощный инструмент, позволяющий не только обрабатывать большие объемы исторических данных, но и выявлять скрытые закономерности, которые ранее могли оставаться незамеченными. Это, в свою очередь, дает возможность прогнозировать способности и потенциал будущих сотрудников с гораздо большей точностью и обоснованностью.

Далее представлены рисунки 13 и 14, на которых наглядно показаны процессы интеллектуального анализа данных и управления талантами, а также

их взаимосвязь в контексте современного кадрового менеджмента и принятия решений. Эти иллюстрации служат визуальным подтверждением того, как инновационные аналитические технологии могут интегрироваться в существующие системы управления персоналом для повышения эффективности и конкурентоспособности организации.



Рисунок 13 – Интеллектуальный анализ данных и управление талантами

Концептуальная модель такой системы показана на рисунке 18.

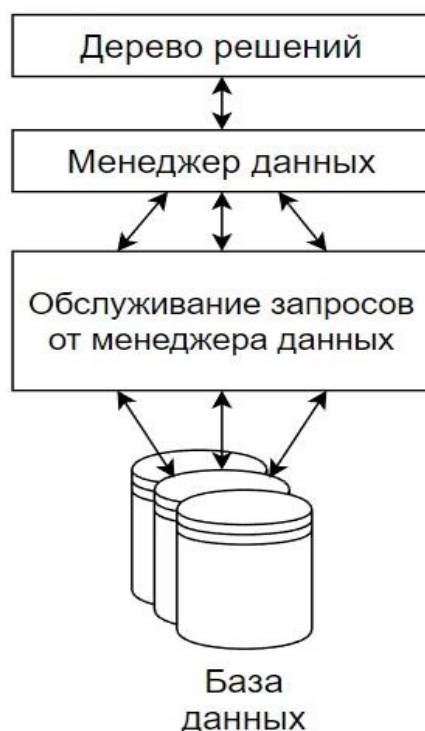


Рисунок 14 – Концептуальная модель информационной системы индукции дерева решений

Такой подход позволяет повысить эффективность принятия кадровых решений, особенно в части подбора персонала с высоким лидерским и профессиональным потенциалом.

4.1.3 Прогнозирование человеческого таланта

В рамках настоящего исследования основное внимание будет уделено тщательному изучению закономерностей, проявляющихся в процессе анализа информации, связанной с персоналом организации. Главной целью является выявление устойчивых связей и ассоциативных взаимосвязей, которые проявляются в характеристиках сотрудников и их индивидуальной профессиональной истории. Под термином «история» в данном случае понимается целый комплекс факторов, включающий в себя уровень и направление полученного образования, профессиональные достижения, опыт работы, продолжительность трудовой деятельности, а также иные

релевантные сведения, способные повлиять на эффективность трудовой деятельности.

В условиях стремительного развития технологий и повышения требований к качеству управления человеческими ресурсами, современные управленческие практики всё чаще трансформируются и ориентируются на стратегическое мышление. Это проявляется в стремлении менеджмента выходить за рамки текущих задач и смотреть в будущее, опираясь при этом на данные, полученные в результате применения интеллектуальных технологий. В частности, одним из таких подходов становится интеллектуальный анализ данных, который находит всё более широкое применение в управлении персоналом [13].

Следует подчеркнуть, что внутри корпоративных информационных систем, особенно в специализированных базах данных, может содержаться большое количество скрытых знаний, представленных в виде закономерностей или повторяющихся шаблонов. Эти шаблоны, как правило, не лежат на поверхности и не всегда поддаются интуитивному восприятию, однако их можно выявить с помощью современных методов интеллектуального анализа данных. Такие методы позволяют преобразовать разрозненные фрагменты информации в полезные знания, которые впоследствии могут применяться в различных практических целях — например, для построения прогностических моделей производительности сотрудников, определения типовых профилей кандидатов, а также оптимизации системы мотивации и подбора персонала. Пример возможного применения этих методов приведён на рисунке 15.



Рисунок 15 – Задачи интеллектуального анализа данных для управления талантами

Ключевым аспектом, обеспечивающим эффективность использования технологий интеллектуального анализа данных, выступает корректный выбор подходящих инструментов. Этот выбор должен базироваться, в первую очередь, на понимании специфики управленческих задач, стоящих перед организацией. Другими словами, эффективность анализа во многом определяется тем, насколько точно методы интеллектуального анализа соответствуют реальным информационным потребностям управления персоналом и стратегическим целям организации в целом.

4.2 Настройка эксперимента

Процесс настройки эксперимента представляет собой один из важнейших и первоочередных этапов в рамках построения эффективной системы поддержки принятия управленческих решений. Именно на этом этапе закладываются базовые принципы функционирования будущей модели, что в дальнейшем определяет точность и надёжность получаемых результатов.

Следует отметить, что в ходе реализации данного исследования возникли определённые трудности, связанные с получением реальных, актуальных и достоверных данных от отдела управления персоналом. Главной причиной этих ограничений стали аспекты, касающиеся соблюдения политики конфиденциальности, а также обеспечение необходимого уровня информационной безопасности персональных данных сотрудников.

В связи с вышеуказанными обстоятельствами, в целях проведения эксперимента и отработки подходов к построению классификационной модели, было принято решение использовать искусственно сгенерированные данные, имитирующие реальные характеристики персонала. Такое решение является оправданным в исследовательской практике, особенно на предварительных этапах разработки, когда необходимо протестировать и откалибровать алгоритмы без риска нарушения норм этики и законодательства в области защиты информации.

Одной из ключевых задач в данном эксперименте является построение классификатора, основанного на методах интеллектуального анализа данных. Подобный классификатор необходим для выявления повторяющихся закономерностей и последующего формирования шаблонов, которые позволяют оценивать и прогнозировать эффективность деятельности сотрудников внутри организации. Таким образом, речь идёт о создании модели, способной анализировать различные параметры и характеристики работников, и на основе этих данных производить прогнозные оценки их будущей производительности.

Конкретные действия по настройке эксперимента включают в себя несколько последовательных этапов. Во-первых, осуществляется генерация исходных данных, имитирующих реальные показатели сотрудников. Во-вторых, в набор данных намеренно добавляются так называемые выбросы — элементы, резко отличающиеся по своим характеристикам от основной массы. Такие выбросы представляют собой аномальные значения, и их присутствие необходимо для оценки устойчивости модели. В-третьих, проводится

оптимизация структуры данных путём сокращения числа атрибутов, что позволяет повысить эффективность и снизить вычислительные затраты на обработку информации. И, наконец, четвёртым этапом становится тестирование модели и оценка её точности — то есть способность корректно классифицировать данные на основе заданных параметров и критериев (визуальное представление процесса приведено на рисунке 16).

Таким образом, выбросы, используемые в контексте эксперимента, представляют собой неслучайные искажения или ошибки, а преднамеренно созданные элементы, отличающиеся от остальной части набора данных по одному или нескольким признакам. Их роль заключается в проверке устойчивости модели к аномалиям и верификации её способности адекватно реагировать на нестандартные входные данные.

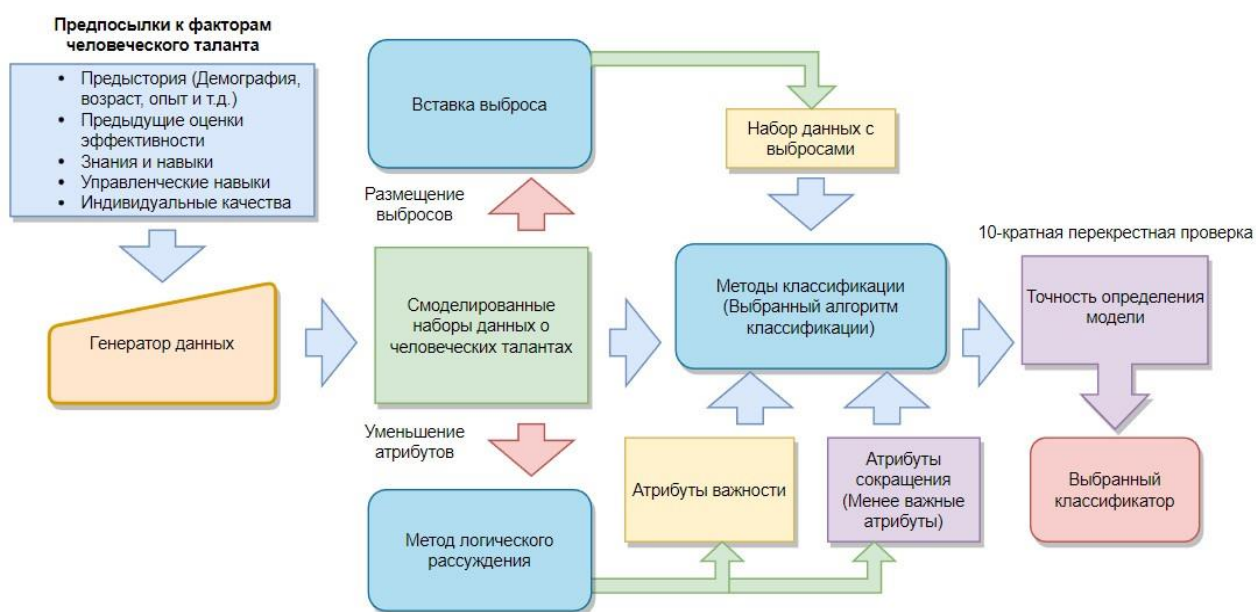


Рисунок 16 – Схема эксперимента

В настоящем исследовании особое внимание уделяется разработке и последующему анализу факторов и атрибутов, на основании которых производится оценка производительности сотрудников. Полный перечень таких факторов, а также набор правил, регламентирующих порядок

выставления оценок, приведён в таблице 3. Эта таблица служит основой для формирования экспериментальных наборов данных, предназначенных для тестирования различных алгоритмических решений в рамках интеллектуального анализа данных.

На базе упомянутой таблицы планируется создание нескольких различных массивов данных, каждый из которых будет использоваться в качестве входной информации для апробации как основного алгоритма классификации — в данном случае речь идёт о широко известном алгоритме C4.5, — так и его модифицированной, усовершенствованной версии, применяемой в качестве инструмента оптимизации. Подобный подход позволяет сравнить эффективность работы алгоритмов в различных условиях и на разных типах входных данных.

В частности, первый формируемый набор данных, условно обозначаемый как «набор данных 1», будет включать в себя сто строк (записей), каждая из которых представляет собой отдельную единицу информации о производительности сотрудников. Второй массив, получивший наименование «набор данных 2», будет значительно масштабнее — он будет состоять из тысячи записей и также базироваться на ключевых факторах, влияющих на производительность персонала и раскрывающих характеристики человеческого таланта в корпоративной среде.

Следует отметить, что в практике научных исследований часто используются синтетические или смоделированные данные, поскольку они позволяют получить идеализированные условия, при которых строится и отлаживается модель интеллектуального анализа. Такие данные, будучи структурированными и лишёнными случайных шумов, позволяют наиболее эффективно протестировать работу алгоритмов и выявить их сильные и слабые стороны. Именно поэтому в рамках данного исследования особое значение придаётся задаче искусственного формирования аномалий в данных, то есть размещению так называемых выбросов.

Эта задача реализуется в рамках отдельного, третьего набора данных — «набор данных 3». Он создаётся на основе первого набора с дополнительным внедрением выбросов, которые представляют собой значения, резко отличающиеся от остального массива информации. Такие значения могут имитировать ошибки, нестандартные ситуации или редкие случаи, которые в реальных условиях также имеют место.

Использование подобных аномальных элементов позволяет более полно оценить устойчивость и адаптивность алгоритма к нестандартным данным, а также выявить возможные риски и ограничения при его практическом применении.

В целом, применение сразу нескольких разнообразных наборов данных обусловлено необходимостью обеспечить комплексную проверку работы классификационных алгоритмов в различных сценариях. Это особенно актуально в контексте управления человеческими ресурсами, где входные данные могут быть крайне разнородными, а характеристики сотрудников — отличаться по множеству параметров. Подобный подход позволяет получить более надёжные и обоснованные результаты, применимые в условиях реального бизнеса.

В рассматриваемом примере под фактором человеческого таланта подразумевается, в первую очередь, академическая составляющая, проявляющаяся в рамках образовательной деятельности в высших учебных заведениях. Академический талант в данном контексте рассматривается как совокупность характеристик, отражающих интеллектуальные, профессиональные и личностные особенности индивида, способствующие достижению высоких результатов в научной и образовательной деятельности.

В таблице 3 представлена схема взаимодействия между основными модулями мобильного приложения, разработанного в рамках проекта. Данная схема отражает логику обработки пользовательских данных, порядок вызова функций и обмена информацией между клиентской частью, сервером и встроенными сервисами устройства. Визуализация связей между

компонентами позволяет оценить архитектурную целостность системы, выявить потенциальные точки отказа.

Таблица 3 – Правила создания смоделированного набора данных

Факторы и атрибуты	Описание и принципы оценки
Биографические данные и демография	Этот блок охватывает ряд важных параметров, среди которых можно выделить год рождения сотрудника, общую продолжительность его профессионального стажа, текущий возраст, а также количество лет, прошедших с момента последнего повышения по службе. Кроме того, сюда включается информация о предыдущей занимаемой должности, что позволяет более полно оценить карьерный путь и опыт работника. Все эти данные в совокупности дают возможность провести комплексный анализ, способствующий более точному пониманию профессионального профиля и потенциала каждого сотрудника. На основе совокупности этих данных определяется степень соответствия кандидата рассматриваемой позиции. Итоговая оценка формируется случайным образом в диапазоне от 1 до 10.
История результативности	Оценивание осуществляется с учётом накопленного профессионального опыта, участия в исследованиях и наличии научных публикаций. Показатель результативности выражается в процентах. Для моделирования применяется генерация случайного значения в пределах от 75% до 100%.
Профессиональные знания и умения	Этот атрибут включает в себя оценку различных компетенций, которые особенно важны и востребованы со стороны потенциального работодателя. В частности, сюда могут входить такие показатели, как уровень владения иностранными языками, что является ключевым фактором для работы в международной среде, знание различных языков программирования, что особенно актуально для технических и IT-специалистов, а также степень освоения и практического применения технических навыков в профессиональной деятельности. Все эти элементы в совокупности позволяют более полно охарактеризовать квалификацию и подготовленность кандидата к выполнению конкретных задач и обязанностей. Оценка формируется случайным образом в пределах шкалы от 1 до 10.
Навыки управления	В рамках данного критерия рассматривается участие индивида в проектах на руководящих позициях, наличие подчинённых в прошлом опыте, а также выполнение административных функций. Уровень управленческой компетентности определяется случайным значением от 1 до 10.
Личностные характеристики	Оцениваются индивидуальные достижения: участие в обучающих программах, наличие наград, а также признание заслуг. Итоговая оценка рассчитывается путём случайной генерации числа от 1 до 10.

Основные параметры, относящиеся к академическому таланту, формируются на базе признанных подходов к оценке профессиональной результативности, официальных методических документов, регламентирующих процесс оценки эффективности, а также на основе накопленного экспертного мнения специалистов в области образования и управления персоналом.

Следует отметить, что при определении потенциально талантливых кандидатов важно не ограничиваться лишь показателями текущей результативности. Также необходимо принимать во внимание такие аспекты, как профессиональный опыт, стаж работы, а также наличие управленческих способностей, проявленных на прежних этапах трудовой деятельности. Под управленческими навыками понимается опыт координации проектов, руководство коллективами, выполнение административных функций и принятие решений в рамках командной работы.

Кроме того, не менее значимыми являются индивидуальные характеристики личности, которые могут проявляться в виде полученных наград, благодарностей, участия в конкурсах, конференциях или других формах общественного признания. Подобные достижения могут служить косвенными, но важными индикаторами академического потенциала.

Полный и детализированный список всех значений, факторов и атрибутов, которые были задействованы в процессе анализа, приведён в таблице 4. В этой таблице данные систематизированы и структурированы с учётом логической последовательности их использования в рамках исследования, что позволяет наглядно представить их взаимосвязи и роль в общем аналитическом процессе. Такой подход обеспечивает удобство восприятия информации и способствует более глубокому пониманию применяемых критериев и параметров.

Таблица 4 – Факторы и атрибуты академического таланта

Фактор и атрибуты	Значения
Предыстория и демография (6)	Возраст, пол, годы работы, год повышения 1, год повышения 2, год повышения 3
Предыдущие оценки эффективности (15)	Оценки за последние 15 лет
Знания и навыки (18)	Профессиональная классификация, образование, исследования, публикации, конференции
Управленческие навыки (6)	Обязанности и административные задачи
Индивидуальные качества (5)	Сертификаты, награждения, признательность

Проведение эксперимента условно разделено на две взаимосвязанные, но функционально отличающиеся между собой фазы, каждая из которых направлена на решение конкретной подзадачи в рамках общего исследования.

Данный этап выполняет ключевую роль в формировании базовой картины: его основная задача — это оценка уровня точности выбранного классификатора при работе с полной информацией. Полученные результаты на этом этапе необходимы для того, чтобы на основе объективных показателей эффективности определить, какие из алгоритмов демонстрируют наилучшую способность к решению поставленной аналитической задачи.

Вторая фаза эксперимента включает в себя процесс целенаправленного сокращения числа атрибутов, используемых в классификации. Здесь осуществляется так называемая фильтрация: менее значимые характеристики исключаются из анализа, а внимание сосредотачивается исключительно на тех признаках, которые признаны наиболее важными с точки зрения логической обоснованности и аналитической ценности. Определение степени значимости атрибутов осуществляется на основе предварительного анализа и экспертных рассуждений. После отбора ключевых атрибутов формируется сокращённый

набор данных, для которого также запускается классификатор, и проводится измерение его точности — аналогично первой фазе.

Таким образом, сравнение точности работы алгоритма на двух разных выборках (полной и сокращённой) позволяет оценить устойчивость и адаптивность классификатора к изменениям в структуре данных. Кроме того, формируется дополнительный набор, содержащий только наиболее значимые характеристики, для которого отдельно проводится анализ точности — с целью выявления оптимальной конфигурации признаков.

Итоговые результаты обеих фаз будут представлены в табличной форме, что обеспечит наглядное сопоставление производительности алгоритмов в различных условиях и сделает возможным более обоснованную интерпретацию полученных данных.

4.3 Результат и обсуждение

На первом этапе проведения экспериментального исследования была осуществлена проверка работоспособности и эффективности как оригинального алгоритма C4.5, так и его усовершенствованной версии — оптимизированного алгоритма C4.5. Оба алгоритма прошли процедуру тестирования на исходных наборах данных, содержащих полный перечень всех предусмотренных атрибутов без предварительной фильтрации или сокращения признаков.

Полученные в результате тестирования данные позволили провести сравнительный анализ точности работы указанных алгоритмов на различных выборках. Все ключевые числовые результаты и показатели были обобщены и сведены в табличную форму, представленную в таблице 5, что позволило повысить наглядность и удобство интерпретации итогов эксперимента.

Согласно представленным результатам, классическая модель C4.5 продемонстрировала наиболее высокую степень точности среди протестированных решений. Это позволяет рассматривать её как надёжный

ориентир при оценке эффективности других алгоритмов классификации, применяемых для анализа информации, связанной с характеристиками и способностями человеческих ресурсов. Такой вывод подчёркивает практическую значимость применения C4.5 в задачах интеллектуального анализа данных в сфере управления персоналом.

Таким образом, по итогам первой фазы можно сделать вывод о том, что алгоритм C4.5, даже без дополнительных модификаций, способен эффективно решать задачи классификации в рамках анализа персональных данных, и может использоваться в качестве базовой модели для дальнейших сравнений и улучшений. Это подтверждается высоким уровнем точности, продемонстрированным в ходе тестирования, и делает C4.5 надёжным ориентиром при оценке других алгоритмов.

Таблица 5 – Точность модели для полных атрибутов

Алгоритм классификации данных	Набор данных 1	Набор данных 2	Набор данных 3
C4.5	94.03%	98.79%	89.43%
Оптимизированный алгоритм C4.5	86.05%	98.73%	83.44%

Проведённый анализ результатов тестирования алгоритма показал чёткую зависимость между качеством классификации и двумя важнейшими параметрами исследуемых данных — объёмом выборки и наличием в ней выбросов. Выводы, сделанные на основе эксперимента, подтверждают, что увеличение количества данных в обучающем наборе оказывает положительное влияние на точность работы алгоритма: при наличии большего объёма информации алгоритм способен точнее выявлять скрытые закономерности и строить более надёжные модели классификации.

В то же время было установлено, что присутствие аномальных значений, известных как выбросы, в значительной степени снижает точность

алгоритмической обработки. Такие выбросы, будучи нетипичными или искажающими статистику наблюдений, затрудняют процесс обучения и увеличивают вероятность ошибок при прогнозировании. Следовательно, качество предварительной обработки данных, включая этап фильтрации и нормализации, приобретает решающее значение при построении интеллектуальных моделей анализа.

Наглядное отображение процесса кластеризации данных, выполненного в рамках тестирования усовершенствованного алгоритма C4.5, представлено на рисунках 21, 22 и 23. Эти визуализации демонстрируют, как изменяется структура группировки данных в зависимости от используемых наборов и параметров, что, в свою очередь, позволяет глубже понять поведение алгоритма при различных условиях входных данных.

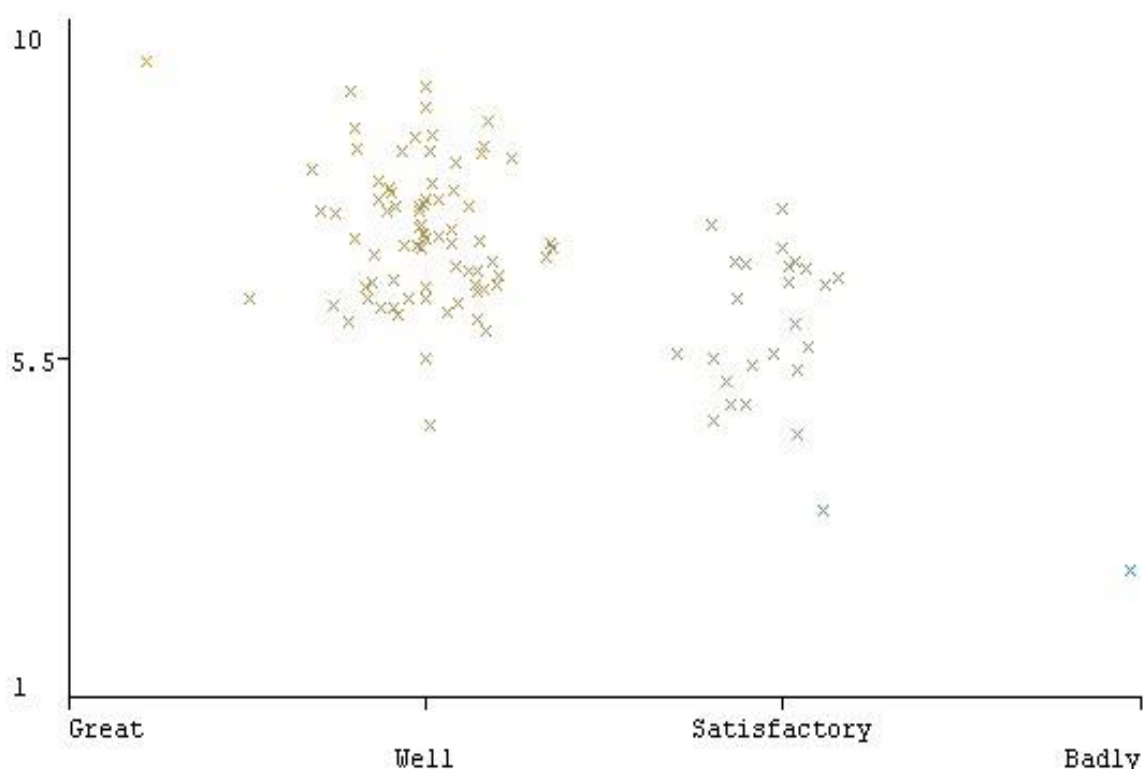


Рисунок 21 – Кластеризация оптимизированным алгоритмом C4.5 набора данных 1 (100 данных)

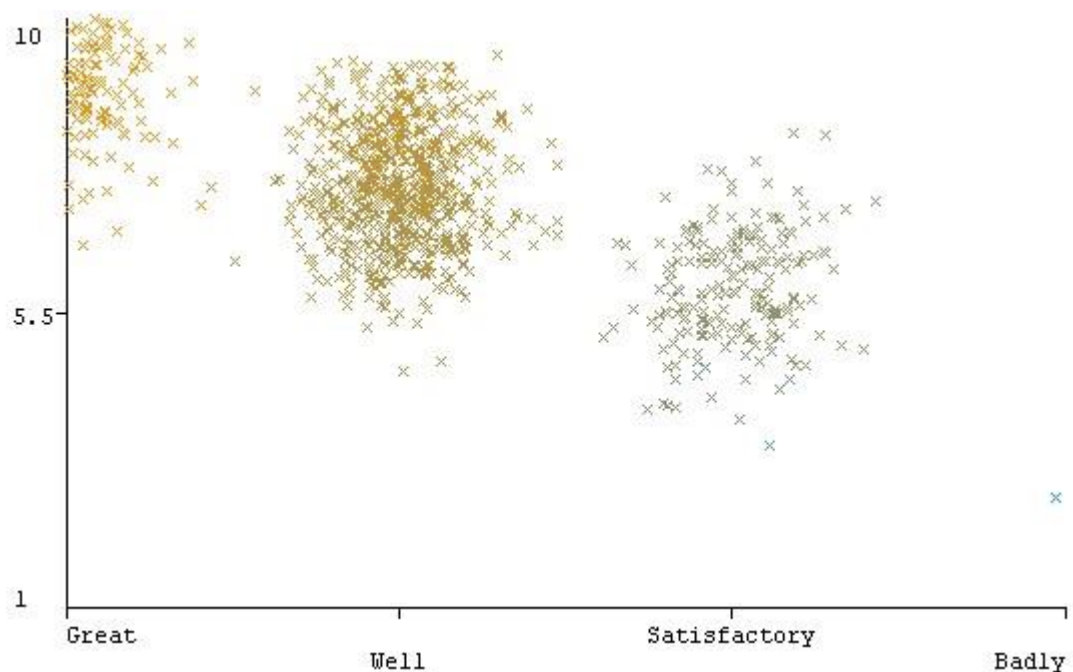


Рисунок 22 – Кластеризация оптимизированным алгоритмом C4.5 набора данных 2 (1000 данных)

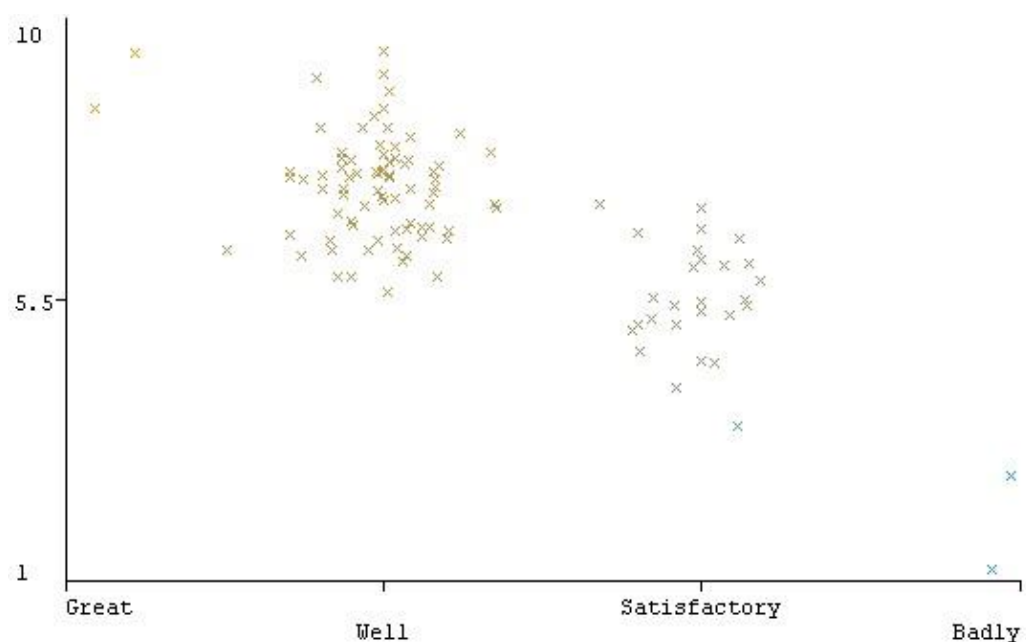


Рисунок 23 – Кластеризация оптимизированным алгоритмом C4.5 набора данных 3 (100 данных с выбросами)

Во второй фазе данного исследования основное внимание уделяется сравнению точности работы заранее отобранных алгоритмов на специально

подготовленных наборах данных, в которых выполнено сокращение числа атрибутов за счёт исключения менее значимых признаков. Для проведения данного этапа эксперимента в качестве основных объектов анализа выбраны набор данных 1 и набор данных 2.

Главная цель процедуры сокращения атрибутов заключается в выявлении и выборе наиболее значимых и релевантных параметров, которые в наибольшей степени влияют на качество классификации и позволяют сохранить при этом достаточный уровень информативности данных. Данный процесс редукции признаков реализуется посредством применения логических рассуждений и экспертного анализа, что обеспечивает осознанный и обоснованный выбор удаляемых и сохраняемых атрибутов.

Одним из ключевых преимуществ сокращения числа атрибутов является существенное уменьшение как временных, так и вычислительных затрат, связанных с этапами предварительной обработки и подготовки данных. Снижение размерности входной информации облегчает работу алгоритмов и повышает общую эффективность обработки без значительных потерь в точности.

В таблице 6 представлены конкретные атрибуты, которые были исключены из первоначального полного набора данных, а также обоснование их удаления, чтобы провести тестирование алгоритмов уже на сокращённых выборках. Эти выбранные для удаления признаки основываются на детальном логическом анализе и представляют собой параметры, обладающие наименьшим вкладом в успешность классификации.

Таблица 6 – Важные атрибуты из сокращения атрибутов

Фактор	Значения
Предыстория и демография	Возраст, годы работы, год повышения 1, год повышения 2, год повышения 3

Результаты, полученные в процессе тестирования выбранных алгоритмов на специально подготовленных наборах данных с уменьшенным количеством атрибутов, были аккуратно собраны и представлены в таблице 7. Проведённый анализ данных позволил выявить, что базовый алгоритм C4.5 вновь показал более высокий уровень точности по сравнению с его оптимизированной модификацией. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что при значительном сокращении числа задействованных признаков наблюдается ощутимое снижение точности работы обеих моделей. Это свидетельствует о том, что уменьшение объёма входных данных негативно сказывается на качестве классификации, что необходимо учитывать при дальнейшем использовании и доработке алгоритмов. Это снижение связано с тем, что уменьшение объёма информации, поступающей на вход классификаторов. Таким образом, несмотря на сохранение относительного превосходства классического алгоритма C4.5, в целом сокращение атрибутов оказывает ощутимое влияние на эффективность алгоритмической классификации и требует взвешенного подхода при отборе признаков для анализа.

Таблица 7 – Точность модели снижения атрибутов

Алгоритм классификации данных	Набор данных 1	Набор данных 2
C4.5	61.06%	63.21%
Оптимизированный алгоритм C4.5	55.32%	60.16%

В результате проведённого эксперимента полученные данные свидетельствуют о том, что исходный набор данных содержит значительное количество атрибутов, которые оказывают существенное влияние на общую точность работы классификатора. Это позволяет сделать обоснованный вывод о том, что большинство признаков, включённых в исходный набор, являются важными и значимыми, и их обязательно нужно учитывать при построении

модели для достижения наилучших результатов. Вместе с тем, следует отметить, что при применении комбинации атрибутов, выбранных в ходе процедуры сокращения на втором этапе исследования, точность классификации оказалась выше, чем в случаях, когда использовались минимальные по количеству признаки.

Подробные итоги тестирования различных алгоритмов на наборах данных, содержащих только те атрибуты, которые были признаны наиболее значимыми, представлены в таблице 8. В ходе этого этапа эксперимента наблюдалось, что классический алгоритм C4.5 демонстрировал максимальную точность при работе с набором данных, состоящим из 100 записей. Однако при анализе более объёмного набора данных, включающего 1000 записей, оптимизированная версия алгоритма показала даже лучшие результаты по сравнению с оригинальным вариантом, характеризуясь более высокой точностью и устойчивостью работы. Это указывает на потенциал улучшенной модели при масштабировании и работе с большими объёмами данных. Такие результаты подчеркивают важность выбора подходящего алгоритма в зависимости от объёма и состава данных, а также подтверждают целесообразность применения методов оптимизации в задачах интеллектуального анализа данных.

Таблица 8 – Точность модели для атрибута важности

Алгоритм классификации данных	Набор данных 1	Набор данных 2
C4.5	95.63%	99.89%
Оптимизированный алгоритм C4.5	79.49%	99.91%

В ходе экспериментов было выявлено, что алгоритм классификации C4.5 обладает значительным потенциалом для применения в задачах, связанных с управлением талантами и интеллектуальным анализом данных. Результаты показывают высокую пригодность данного классификатора в

рамках поставленных задач, что подтверждает его востребованность и надежность в подобных сферах.

Тестирование показало, что классический алгоритм C4.5 обладает заметным преимуществом по точности по сравнению с альтернативными методами. В то же время оптимизированный алгоритм, хотя и продемонстрировал немного меньшую точность, особенно при небольших объемах данных, всё же показал достойные результаты, а его основным преимуществом стало значительно более быстрое время обработки информации, что особенно важно при анализе больших массивов данных и показано в данной работе.

Заключение

В условиях стремительного развития информатизации архивных систем, особенно в эпоху, когда на первый план выходят технологии больших данных, крайне важно уделять особое внимание грамотному управлению кадровыми архивами. Необходимо существенно ускорить процессы информатизации данных архивов, а также максимально эффективно задействовать потенциал цифровых технологий для оптимизации рабочих процессов внутри предприятий и организаций. Такой подход способствует не только упорядочиванию хранения информации, но и улучшению оперативности доступа к данным, что в конечном итоге влияет на качество принимаемых управленческих решений.

В процессе формирования управленческих решений существует ряд важных аспектов, которые следует тщательно учитывать для достижения наиболее точного и обоснованного результата. Во-первых, необходимо иметь чёткое и ясное понимание поставленной цели — то есть, ещё до того, как будет принято конкретное решение, следует чётко осознавать, к какому результату стремимся прийти. Это помогает избежать неопределённости и излишних действий в ходе процесса.

Во-вторых, нужно чётко определить состав участников, задействованных в принятии решения, а также распределить между ними функции и задачи. Важно понять, кто именно будет участвовать в каждой стадии процесса: одни сотрудники могут заниматься анализом и сбором информации, другие — оценкой и контролем, а третьи — непосредственно принятием решения. Правильное распределение ролей и ответственность за каждый этап являются краеугольным камнем успешного и своевременного принятия управленческого решения руководителем.

Третьим аспектом является необходимость снижения степени неопределённости и минимизации рисков настолько, насколько это возможно. Достигается это путём тщательного сбора и анализа информации, что само по

себе требует значительного времени и ресурсов, и в то же время сопряжено с риском возникновения новых переменных, которые могут повлиять на исход.

Четвёртый шаг — это непосредственный выбор решения и последующее информирование коллектива. Очень важно объяснить сотрудникам причины, по которым было принято то или иное решение, чтобы получить их понимание и поддержку. На основании обратной связи от сотрудников следует провести оценку итогов и, при необходимости, внести корректировки в первоначальное решение.

Безусловно, стоит подчеркнуть, что применение различных инструментов поддержки принятия решений даже при использовании одного и того же исходного набора данных может привести к различным результатам. Это объясняется тем, что каждый метод обладает своей уникальной логикой обработки информации, различным уровнем чувствительности к входным параметрам и особенностями интерпретации данных. Именно по этой причине разработанная методика должна рассматриваться как надёжный и универсальный фундамент, позволяющий провести всесторонний анализ и определить наиболее подходящий, эффективный и доминирующий инструмент, который будет оптимально адаптирован к специфике конкретной управленческой задачи.

На фоне постоянно возрастающей сложности и изменчивости внешней среды, процессы принятия решений (ППР) приобретают всё более важное значение, а их структура становится более многогранной. Принятие решений можно охарактеризовать как процесс выбора наилучшего варианта из множества альтернатив, направленного на достижение поставленных целей. Иными словами, ППР предполагает использование доступной информации и имеющегося опыта для формирования обоснованного суждения или выбора.

Внедрение наиболее рациональных и эффективных подходов к ППР способно значительно упростить деятельность управленческого звена в организации, способствуя повышению качества принимаемых решений,

оптимизации процессов управления и ускоренному достижению стратегических и оперативных целей предприятия.

В рамках настоящего магистерского исследования, учитывая трудности с доступом к реальным данным, касающимся оценки человеческого потенциала, для моделирования и проведения классификационного анализа были созданы синтетические (искусственно сгенерированные) данные. На их основе был разработан эксперимент, направленный на апробацию модели классификации. Важно понимать, что результаты, полученные в ходе анализа искусственных данных, и созданная на их базе классификационная модель, построенная с использованием предложенного алгоритма, не могут полностью отразить всю полноту и сложность реальных практических ситуаций. Тем не менее, они формируют прочную концептуальную и методическую базу, на основе которой в дальнейшем могут быть проведены аналогичные исследования уже с применением фактических данных. Это, в свою очередь, позволит существенно повысить практическую значимость и прикладную ценность разработанного решения, основанного на улучшенной версии алгоритма C4.5.

В современном управлении человеческими ресурсами существует широкий спектр задач, решение которых может быть значительно улучшено с применением методов интеллектуального анализа данных и систем поддержки принятия решений. К таким задачам относятся, в частности: эффективный отбор и найм новых сотрудников, оптимальное распределение персонала по должностям с учётом их компетенций, планирование карьерного роста сотрудников, выявление и устранение дефицита навыков через организацию целевого обучения как для новых, так и для уже работающих специалистов, а также прогнозирование уровня производительности работников и определение будущей потребности предприятия в кадровом ресурсе.

Если изначально обеспечить корректную постановку целей, задач и требований к создаваемой системе поддержки принятия решений (СППР),

можно добиться не только высокой эффективности, но и надёжности в решении обозначенных управленческих задач, что особенно важно в условиях динамично меняющейся бизнес-среды.

В рамках данного исследования была разработана и предложена информационная система, предназначенная для поддержки принятия решений в сфере управления персоналом. Эта система ориентирована на реализацию широкого круга задач управления кадрами и построена с опорой на современные облачные технологии. Последние обеспечивают ей ряд значительных преимуществ, таких как масштабируемость ресурсов, высокая степень надёжности хранения и обработки данных, гибкость в адаптации под различные организационные потребности и высокая доступность.

Современные подходы к анализу и прогнозированию в области кадрового менеджмента всё чаще опираются на технологии Big Data и инструменты интеллектуального анализа информации. Эти технологии позволяют не только обогатить и углубить имеющуюся информацию, но и создать эффективные механизмы подбора сотрудников, оценки их профессионального потенциала, расчёта ключевых показателей эффективности (KPI) и повышения стабильности кадрового состава. Всё это способствует более точной настройке процессов подбора и управления талантами, снижая риски неэффективных кадровых решений и способствуя росту производительности на уровне всей организации.

На основании изложенного автором предполагается дальнейшее развитие исследования в направлении динамического управления спросом и предложением на кадровом рынке, с интеграцией различных стратегий принятия решений. Это должно обеспечить повышение точности оценки ситуации, улучшить реакцию на изменения условий и повысить общую информативность поддержки, оказываемой руководителям при принятии кадровых решений.

В рамках проведённого исследования были достигнуты следующие научные и практические результаты: произведён всесторонний анализ

современного состояния вопроса в области ППР; выявлены потенциальные риски, связанные с принятием неверных управленческих решений; рассмотрены и проанализированы существующие методы управления персоналом; проведён сравнительный анализ подходов к реализации СППР; разработана концептуальная модель предлагаемой системы; осуществлено тестирование методов классификации на подготовленных наборах данных, в результате чего удалось определить наиболее эффективный подход.

Полученные в ходе работы результаты обладают как научной новизной в области разработки и проектирования СППР, так и практической значимостью для организаций, стремящихся повысить эффективность своих управленческих решений и минимизировать риски, связанные с человеческим фактором.

Таким образом, можно сделать обоснованный вывод: при чёткой постановке целей, последовательной реализации этапов разработки и применении современных информационных технологий возможно создание действительно эффективной и востребованной системы поддержки принятия решений, способной значительно повысить управленческую результативность.

Гипотеза, сформулированная в начале исследования, о том, что внедрение современных ИТ-инструментов в процессы управления персоналом положительно влияет на результативность деятельности управленческого звена и общую конкурентоспособность предприятия, получила подтверждение на основании анализа проведённых экспериментов и разработанных решений.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Андреев Г.И., Смирнов С.А., Тихомиров В.А. В помощь написания диссертации и рефератов: основы научной работы. М.: Финансы и статистика, 2004. 272 с.
2. Балдин К.В. Управленческие решения: учебник. М.: Дашков и К, 2007. 496 с.
3. Баронин С.А. Основы менеджмента, планирования и контроллинга в недвижимости. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2012. 160 с.
4. База данных "Контрагент" [Электронный ресурс]. URL: <http://www.k-agent.ru> (дата обращения: 20.08.2016)
5. Беляев А.М., Иванов И.Н. Производственный менеджмент: учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2013. 574 с.
6. Богатко А.Н. Система управления развитием предприятия. М.: Финансы и статистика, 2013. 240 с.
7. Вертакова Ю.В. Управленческие решения: разработка и выбор. М.: КноРус, 2019. 392 с.
8. Волков Ю.Г. Диссертация: подготовка, защита, оформление. М.: Гардарики, 2002. 160 с.
9. Гапоненко Т.В. Управленческие решения. М.: РАГС, 2007. 264 с.
10. Голубков Е.П. Методы принятия управленческих решений. М.: Дело и Сервис, 2018. 416 с.
11. Грибов В.Д. Основы экономики, менеджмента и маркетинга. М.: КноРус, 2016. 224 с.
12. Гукасян Н.А. Менеджмент предприятия. СПб.: ВНМ, 2015. 160 с.
13. Данько Т.П., Голубев М.П. Менеджмент и маркетинг, ориентированный на стоимость. М.: ИНФРА-М, 2013. 416 с.
14. Демин Г.А. Методы принятия управленческих решений [Электронный ресурс]. URL: <http://www.psu.ru> (дата обращения: 12.10.2023)

15. Егоршин А.П. Основы менеджмента. Н.Новгород: НИМБ, 2012. 320 с.
16. Ермакова Н.Б. Риск-менеджмент организации. М.: Дашков и К, 2014. 380 с.
17. Карданская И.Л. Основы принятия управленческих решений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 12.10.2023)
18. Казаков Ю.В. Системный подход к научно-исследовательской работе [Электронный ресурс]. URL: <https://dspace.tltsu.ru> (дата обращения: 12.10.2023)
19. Кибанов А.Я., Дуракова И.Б. Управление персоналом организации [Электронный ресурс]. URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 12.10.2023)
20. Козин В.Н., Литягина С.В. Как работать над управленческим решением. М.: КНОРУС, 2013. 190 с.
21. Кузин Ф.А. Кандидатская диссертация. М.: Ось-89, 2001. 224 с.
22. Мамаева Л.Н. Менеджмент организации. М.: КноРус, 2013. 232 с.
23. Новиков А.М. Как работать над диссертацией. М.: Эгвес, 1999. 104 с.
24. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2011. 573 с.
25. Пустынникова Е.В. Экономика предприятий. М.: КНОРУС, 2015. 288 с.
26. Райзберг Б.А. Диссертация и учёная степень. М.: ИНФРА-М, 2002. 400 с.
27. Ревенко Н.Ф. Организация производства и менеджмента. М.: Высшая школа, 2014. 207 с.
28. Ситников С.Г. Производственный менеджмент на предприятиях. М.: Гор. линия-Телеком, 2013. 276 с.
29. Смирнов Э.А. Разработка управленческих решений. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. 271 с.

30. Тихомирова О.Г., Варламов Б.А. Менеджмент организации. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. 256 с.
31. Фатхудинов Р.А. Производственный менеджмент. СПб.: Лидер, 2011. 494 с.
32. Шекова Е.Л., Тульчинский Г.Л. Менеджмент и маркетинг в сфере культуры. СПб.: Лань, 2012. 160 с.
33. Шемякина Т.Ю., Селивохин М.Ю. Производственный менеджмент. М.: АльфаМ, 2013. 272 с.
34. Ackoff R.L. Towards a system of systems concepts // Management Science. 1971. Vol. 17, no. 11. P. 661-671.
35. Aning J., George P.G., Enoch N.A. Predicting the Remaining Lifetime of Transformers // American Journal of Engineering. 2020. Vol. 8. P. 627-638.
36. Checkland P. Systems Thinking, Systems Practice. Chichester: Wiley, 1999. 330 p.
37. Drucker P.F. The Practice of Management. New York: Harper Business, 2006. 400 p.
38. Endo K., Fujioka G., Okano D. Energy efficiency in production systems // Nature Energy. 2018. Vol. 3. P. 345-350.
39. Ho J.K.W., Hoorn J.F. Quantum affective processes for decision-making // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Article 22855.
40. Johannesson P., Söderström E. Information Systems Engineering. Hershey: IGI Global, 2008. 318 p.
41. McNurlin B.C. Information Systems Management. 8th ed. Upper Saddle River: Pearson, 2008. 672 p.
42. Schirner M., Deco G., Ritter P. Learning how network structure shapes decision-making // Nature Communications. 2023. Vol. 14. Article 38626.
43. Senge P.M. The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. New York: Doubleday, 2006. 445 p.
44. Shahabi R.S. An ANP-SWOT approach for interdependency analysis // Energy Policy. 2014. Vol. 67. P. 767-775.

45. Shen B. et al. Harnessing microcomb-based parallel chaos // Nature Communications. 2023. Vol. 14. Article 40152.
46. So-In C. et al. Information Systems for Intelligent Systems [Электронный ресурс]. URL: <https://link.springer.com> (дата обращения: 12.10.2023)
47. Sterman J.D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling. Boston: McGraw-Hill, 2000. 982 p.
48. Sun Z., Kong X. Multi-attribute fuzzy pattern decision making // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Article 43753.
49. Von Bertalanffy L. General System Theory. New York: George Braziller, 1968. 289 p.
50. Wang H. et al. Emergency medical facilities location // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Article 44209.