



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»
(ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)
Воронежский филиал**

Кафедра математики, информационных систем и технологий

Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

(код, наименование направления подготовки/специальности)

Форма обучения заочная

«К ЗАЩИТЕ ДОПУЩЕН(А)»
Заведующий кафедрой

(подпись)

Черняева С. Н.

(ФИО)

20

Выпускная квалификационная работа

Обучающегося Долгих Алексея Павловича

(фамилия, имя, отчество)

Вид работы выпускная квалификационная работа бакалавра

(выпускная квалификационная работа бакалавра, специалиста, магистра)

Пояснительная записка

Тема Разработка приложения экспертной системы распределения премиального фонда предприятия (на примере ООО «Лебедянский машиностроительный завод»)

(полное название темы квалификационной работы, в соответствии с приказом об утверждении тематики ВКР)

Руководитель работы доцент, к.э.н., Скрипников О.А.

(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Консультант _____

(при наличии)

(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Консультант _____

(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Обучающийся Долгих А.П.

(подпись, фамилия, инициалы, дата)

Воронеж
2024

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»
(ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)
Воронежский филиал**

Кафедра математики, информационных систем и технологий

Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии
(код, наименование направления подготовки/специальности)

Форма обучения заочная

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

(подпись)

Черняева С. Н.

(ФИО)

_____ 20__

**Задание
на выпускную квалификационную работу**

Вид работы ВКР бакалавра
(ВКР бакалавра, ВКР специалиста, ВКР магистра)

Обучающемуся Долгих Алексею Павловичу
(фамилия, имя, отчество)

Тема Разработка приложения экспертной системы распределения
премиального фонда предприятия (на примере ООО «Лебедянский машиностроительный
завод»)

Утверждена приказом ректора университета от _____ 20 __, № _____

Срок сдачи законченной работы _____ 20 ____

Исходные данные (или цель ВКР):

Разработать приложение экспертной системы распределения премиального фонда предприятия _____

Перечень подлежащих исследованию, разработке, проектированию вопросов (краткое содержание ВКР):

(актуальность темы, цели и задачи ВКР; аналитический обзор литературных источников; постановка задачи исследования, разработки, проектирования; содержание процедуры исследования, разработки, проектирования; обсуждение результатов; дополнительные вопросы, подлежащие разработке; заключение – выводы по работе в целом, оценка степени решения поставленных задач, практические рекомендации; и др.)

– Введение. Актуальность выбранной темы, цель и задачи ВКР

– Исследовательский раздел. Экспертные системы. Структура, проектирование и применение экспертных систем. Понятие и значение премирования в организациях. Анализ существующих алгоритмов премирования.

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

– Проектный раздел. Выбор средств реализации. Создание экспертной системы распределения премиального фонда предприятия. Руководство пользователя.

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

– Заключение. Выводы по работе в целом. Оценка степени решения поставленных задач

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

Практические рекомендации

Перечень графического материала (или презентационного материала):

1. Титульный лист

2. Цель и задачи ВКР

3. Существующие подходы к распределению премий

4. Структура и анализ предприятия

5. Структура экспертной системы

6. Выбор средств реализации

7. Машинное обучение в экспертных системах

8. Представление знаний в экспертной системе

9. Особенности реализации экспертной системы

10. Работа системы

11. Результаты ВКР

Консультанты по разделам ВКР (при наличии):

1. _____

(наименование раздела, ученая степень, ученое звание и должность, ФИО консультанта)

2. _____

(наименование раздела, ученая степень, ученое звание и должность, ФИО консультанта)

3. _____

(наименование раздела, ученая степень, ученое звание и должность, ФИО консультанта)

Дата выдачи задания: _____ 20____

Задание согласовано и принято к исполнению: _____ 20____

Руководитель ВКР: доцент, к.э.н., Скрипников О.А. _____

(должность, ученая степень, ученое звание, ФИО)

(подпись)

Обучающийся: Долгих А. П. _____

(учебная группа, ФИО)

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1 Экспертные системы. Структура, проектирование и применение экспертных систем	7
1.1.1. Определение экспертной системы. Основные компоненты экспертной системы.....	7
1.1.2 Применение экспертных систем. Преимущества и недостатки внедрения экспертных систем	9
1.2 Понятие и значение премирования в организациях	12
1.3 Анализ существующих алгоритмов премирования	15
2. ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ	22
2.1 Выбор средств реализации	22
2.2 Создание экспертной системы распределения премиального фонда предприятия	27
2.2.1 Использование алгоритмов машинного обучения в экспертных системах	27
2.2.2 Алгоритмы коллаборативной фильтрации	33
2.2.3 Представление знаний в формируемой экспертной системе.....	38
2.2.4 Реализация экспертной системы	40
2.3 Руководство пользователя	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	50
ПРИЛОЖЕНИЕ	53

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В современном мире эффективное управление персоналом является ключевым фактором успеха для любой организации. Одним из инструментов управления, способствующим мотивации сотрудников и повышению их производительности, является система премирования. Премирование не только стимулирует сотрудников к достижению высоких результатов, но и способствует формированию положительной рабочей атмосферы и улучшению уровня удовлетворённости работой.

Однако эффективная распределительная политика премиальных фондов требует системного подхода и чёткой методологии, учитывающей цели организации, её стратегические приоритеты и специфику деятельности. В этом контексте разработка экспертной системы, способной автоматизировать процесс принятия решений по распределению премий, представляет собой актуальную задачу современного управления персоналом.

Целью данной работы является разработка, которая позволит организациям эффективно управлять процессом премирования с учётом различных факторов, таких как результаты работы сотрудников, выполнение поставленных целей, индивидуальные достижения и вклад в общий успех компании. Для достижения этой цели предполагается анализ существующих подходов к распределению премий, разработка методологии и архитектуры приложения, а также его реализация.

Предмет исследования представляет собой разработку приложения экспертной системы распределения премиального фонда.

Объектом исследования являются процессы управления персоналом и принятия решений по распределению премий в организации.

Целями данной выпускной квалификационной работы являются:

— изучение существующие подходы и методы распределения премиальных фондов в организациях;

- определение основных критериев и параметров, влияющих на процесс принятия решений по распределению премий;
- оценка необходимости создания соответствующей информационной системы;
- изучение структуры экспертной системы, описание основных областей применения экспертных систем;
- проведение анализа языков программирования, которые используются для создания экспертных систем и выполнить их сравнение;
- изучение основных алгоритмов машинного обучения, которые применяются в создании экспертных систем и выбор наиболее подходящего для решения задачи алгоритма;
- описание логики работы экспертной системы, обеспечивающей эффективное функционирование и решение поставленных задач;
- реализация разработанного приложения на основе выбранных технологий и инструментов программирования.

Тема данной выпускной квалификационной работы имеет практическое значение, поскольку позволит организации ООО «Лебедянский машиностроительный завод» оптимизировать процесс принятия решений по распределению премий, увеличить мотивацию сотрудников и повысить общую эффективность работы персонала.

1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Экспертные системы. Структура, проектирование и применение экспертных систем

1.1.1. Определение экспертной системы. Основные компоненты экспертной системы

Экспертная система – это компьютерная программа, которая способна частично заменить эксперта в решении задач для определённой области знаний. Она использует базу знаний, содержащую экспертные знания и правила вывода, чтобы предоставлять пользователю рекомендации или решения по заданным вопросам или проблемам.

В общем виде структура экспертной системы может быть представлена на рис. 1.1.

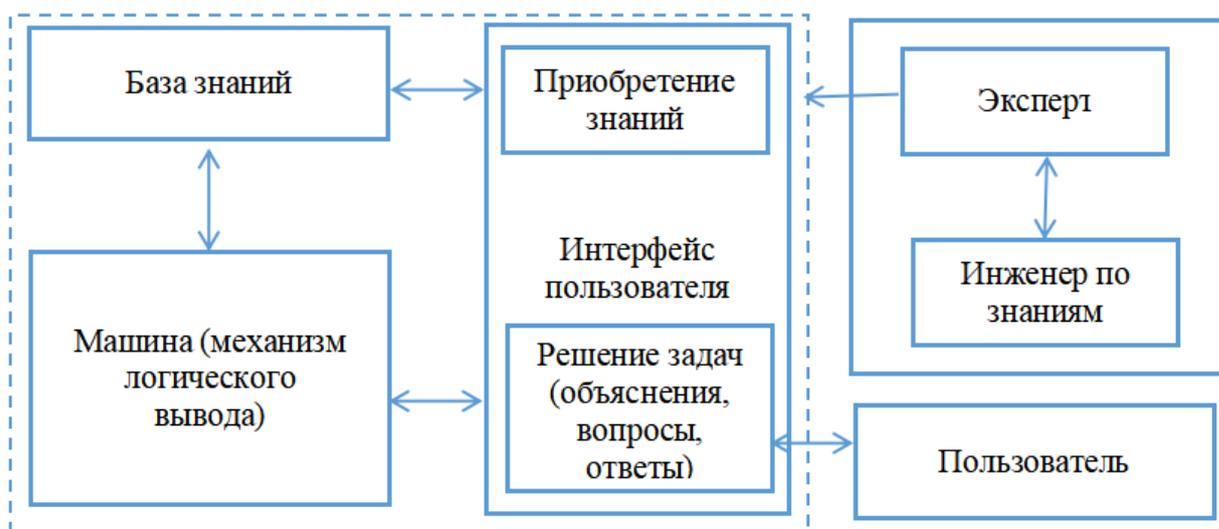


Рисунок 1.1 — Структура экспертной системы

В состав каждой, даже самой простой экспертной системы входит база знаний. Это центральный компонент экспертной системы, который содержит все экспертные знания, правила и факты, необходимые для решения задач. База знаний с точки зрения физической реализации представляет собой базу данных, структурированных в соответствии с определёнными требованиями или форматами данных.

База знаний может содержать информацию о правилах вывода, предпочтениях экспертов, примерах решений и других аспектах, влияющих

на процесс принятия решений. Заполнение базы знаний осуществляется совместно с экспертом в данной сфере, а в последующем решения будут приниматься на основе данных из базы знаний уже без его непосредственного участия. Именно поэтому база знаний в экспертной системе имеет такое значение

Механизм управления знаниями –это компонент экспертной системы, ответственный за обработку запросов пользователя на основе информации из базы знаний. В основе данного алгоритма лежат правила вывода и механизмы логического вывода для генерации рекомендаций или решений на основе предоставленных данных.

Ни одна экспертная система не может обойтись без интерфейса взаимодействия с пользователем. Именно он обеспечивает взаимодействие пользователя с экспертной системой. Интерфейс взаимодействия с пользователем может быть графическим, текстовым, голосовым или комбинированным, в зависимости от специфики системы и предпочтений пользователей.

Основным требованием к интерфейсу является условие сделать процесс взаимодействия пользователя с системой максимально удобным и понятным для конечного пользователя.

Подсистема актуализации знаний, позволяющая поддерживать базу знаний экспертной системы в актуальном состоянии с течением времени –это тоже одна из значимых составляющих экспертной системы. Сюда могут входить как простые механизмы добавления новой информации или коррекции существующей информации в базе знаний, так и более сложные механизмы поиска дополнительной информации из внешних источников или обработки обратной связи от пользователей и включение её результатов в базу знаний.

Помимо основных компонентов, более сложные экспертные системы могут включать в себя и ряд других составляющих.

— подсистему объяснения решений , которая способна объяснить свои выводы или алгоритмы решения пользователю;

— методы и возможности искусственного интеллекта для решения сложных проблем (данный компонент присутствует не у каждой экспертной системы ввиду своей сложности и затратности при реализации);

1.1.2 Применение экспертных систем. Преимущества и недостатки внедрения экспертных систем

Экспертные системы широко применяются в бизнесе для решения различных задач и оптимизации бизнес-процессов.

Наибольшее распространение получили следующие виды экспертных систем:

— экспертные системы принятия решений и консультирования. Данная группа экспертных систем используется как помощник руководителя и специалиста в принятии решений, при анализе финансовых данных или выборе оптимальных инвестиционных стратегий.

— Экспертные системы автоматизации обслуживания клиентов, предоставления персонализированных рекомендаций и ответов на вопросы. Сюда можно отнести чат-боты, которые активно внедряются различными компаниями для помощи клиентам в быстром получении нужной информации.

— Экспертные системы прогнозирования и планирования. В производственных компаниях экспертные системы могут применяться для прогнозирования спроса на продукцию, оптимизации производственных процессов и планирования производственных мощностей.

— Экспертные системы управления качеством. Экспертные системы используются для анализа данных о качестве продукции, выявления проблемных зон и предложения методов их улучшения.

— В розничных сетях экспертные системы могут помогать оптимизировать управление запасами, прогнозировать спрос на товары и оптимизировать их распределение между различными точками продаж.

— Финансовые экспертные системы. Данная группа экспертных систем предназначена для анализа финансовых отчётов, выявления рисков и предложения способов их снижения.

— Медицинские экспертные системы. В медицинской сфере экспертные системы используются для диагностики заболеваний, определения методов лечения и подбора оптимальных терапевтических решений.

Приведённые примеры –это только небольшая часть возможных сфер применения экспертных систем. Они являются мощным инструментом для повышения эффективности и конкурентоспособности организаций в различных отраслях. Экспертные системы помогают автоматизировать процессы, принимать обоснованные решения и улучшать качество работы компании.

Именно поэтому многие организации стремятся внедрить экспертные системы в свой программный комплекс.

В целом, вне зависимости от отрасли и особенностей организации, внедрение экспертных систем позволяет получить ряд ощутимых преимуществ:

Во-первых, существенно возрастает эффективность принятия решений. Поскольку экспертные системы могут анализировать большие объёмы данных и выявлять скрытые закономерности, они помогают в принятии более обоснованных и качественных решений.

Во-вторых, за счёт включения базы знаний в каждую экспертную систему, доступ к экспертным знаниям и опыту будет возможен даже в случае отсутствия опытного специалиста в организации. Экспертные системы доступны для использования в любое время суток, что позволяет получать рекомендации и решения независимо от временных ограничений.

В-третьих, даже при наличии постоянного эксперта в штате, экспертные системы могут обрабатывать данные и генерировать

рекомендации значительно быстрее, чем человек-эксперт. Поэтому скорость обработки запросов и получения рекомендаций существенно возрастает.

В-четвёртых, контроль качества принимаемых решений. Экспертные системы могут обеспечить стандартизацию процессов и повысить качество работы за счёт снижения вероятности человеческих ошибок.

Все указанные выше преимущества приводят к одному из главных плюсов экспертной системы: автоматизация процессов принятия решений и выполнения задач позволяет сократить временные и финансовые затраты, а также увеличить производительность персонала.

Несмотря на все очевидные плюсы, внедрение и эксплуатация экспертной системы в организации имеет и ряд недостатков, к которым можно отнести:

— ограниченность знаний. Экспертные системы ограничены знаниями, заложенными в их базу данных. Если эксперт был недостаточно компетентен, внесённые им знания будут также некорректно определять работу системы в целом, а любые изменения и правки в уже сформированной базе знаний – это сложный процесс.

— Необходимость поддерживать базу знаний в актуальном состоянии. Одно из самых важных свойств информации — актуальность. Но для базы знаний это свойство имеет ещё большее значение, поскольку именно на качестве данных из базы знаний базируется вся эффективность применения экспертной системы в целом. Для поддержания актуальности и эффективности экспертной системы требуется постоянное обновление базы знаний и алгоритмов работы.

— Сложность разработки экспертной системы – это ещё один достаточно существенный минус внедрения. Разработка и внедрение экспертной системы может потребовать значительных временных и финансовых ресурсов из-за сложности процесса и требований к специализированным знаниям.

— Недостаточная гибкость в нетривиальных задачах. Экспертные системы могут оказаться недостаточно гибкими для решения сложных и нестандартных задач, требующих творческого подхода и анализа.

Несмотря на некоторые недостатки, правильно спроектированная и внедрённая экспертная система может значительно улучшить эффективность и качество работы организации.

1.2 Понятие и значение премирования в организациях

Премирование в организации играет важную роль в мотивации сотрудников и достижении целей организации. Согласно теории управления персоналом, премирование имеет следующие функции:

— мотивационная функция. Премирование является мощным инструментом мотивации.

— удержание перспективных и эффективных сотрудников в организации. Конкуренция на рынке труда заставляет компании бороться за талантливых сотрудников. Хорошая система премирования может быть ключом к привлечению и удержанию опытных и квалифицированных работников.

— Повышение результативности работы сотрудников. Связь между премированием и производительностью часто очевидна. Сотрудники, зная, что их усилия будут вознаграждены, склонны к более эффективной работе.

— Функция формирования корпоративной культуры, что позволяет отразить ценности и цели компании, способствовать формированию единого сообщества и стимулировать сотрудников работать в соответствии с общими целями.

— Повышение удовлетворённости сотрудников и улучшение атмосферы в коллективе.

— Управление поведением сотрудников. Путём премирования желаемого поведения или достижения определённых результатов компания может активно влиять на то, как сотрудники ведут себя и какие приоритеты они ставят.

— Привлечение внимания к ключевым задачам компании. Премии как правило привязываются к определенным приоритетам компании, поэтому менеджмент организации может обеспечить фокусировку усилий сотрудников на самых важных задачах.

Обсуждение премирования невозможно без определения фонда оплаты труда. В нем отражаются все планируемые начисления персоналу организации. Корректная работа с фондом оплаты труда повышает эффективность работы предприятия и рентабельность производства, а также напрямую коррелирует с мотивацией сотрудников.

Фонд оплаты труда рассчитывается по всем видам выплат, которые начисляются сотрудникам данного предприятия. В состав фонда оплаты труда предприятия входят:

- фонд зарплаты (сюда относятся все расходы на фиксированную часть вознаграждений работников);
- премиальный фонд (иными словами, все расходы на поощрения, надбавки и компенсации).

Согласно статье 191 Трудового кодекса, за хорошее исполнение своих трудовых обязанностей руководство компании имеет возможность премировать своих сотрудников. Именно поэтому наличие и эффективная работа с премиальным фондом, как было сказано ранее, тесно коррелирует с мотивацией сотрудников и их вовлеченностью.

Руководство ООО «Лебедянский машиностроительный завод» учитывает данный фактор. Именно он подтолкнул менеджмент предприятия провести анализ и оценку эффективности работы с премиальным фондом, а также оценить опыт подобной работы среди предприятий, находящихся на рынке.

Можно выделить два вида премий:

- премии, предусмотренные системой оплаты труда на основании конкретных показателей и условий премирования, разработанных в компании. Эти премии выступают как часть материальной мотивации

сотрудников. Премии данной категории характеризуются выплатами в определённые периоды. К премиям подобной категории относят ежемесячную, годовую и квартальную премии). Также следует учитывать, что размер данных премий как правило заранее определён.

— Разовые премии, которые не входят в систему оплаты труда. Премии данной группы выплачиваются сотруднику за конкретные достижения, к примеру, за выслугу лет, за выполнение срочного задания или могут быть приурочены событиям, как правило к юбилеям или профессиональным праздникам.

Алгоритм премирования сотрудников на предприятии ООО «Лебедянский машиностроительный завод» может быть проиллюстрирован следующими шагами, определёнными в нормативно-правовых актах.

Поскольку с работником заключается трудовой договор, то, согласно [ст. 57 ТК РФ](#), условия оплаты труда, в число которых входят надбавки, доплаты и прочие поощрительные выплаты, являются обязательными для включения в трудовой договор. Трудовой договор организации содержит все данные о том, при каких условиях и в каком размере будет выплачиваться премия сотруднику.

На данный момент в трудовом договоре ООО «Лебедянский машиностроительный завод» прописано, что премии выплачиваются в соответствии с положением о премировании. Данное положение составляется на всю организацию и распространяется на всех работников.

«Положение о премировании» ООО «Лебедянский машиностроительный завод» состоит из:

— общих положений. Здесь прописано кто имеет право на получение премий, по каким правилам распределяются премии.

— Списка источников премирования. Определение источников премирования необходимо для соблюдения норм налогового законодательства РФ.

— Показателей премирования, а именно:

- А) круга премируемых лиц (название подразделений);
- В) периодичности премирования (у разных кругов премируемых лиц могут быть разные периоды начисления);
- С) сумм премии или процентов;
- Д) условий снижения и невыплат премии (сюда входят, к примеру, опоздание, невыполнение должностной инструкции, нарушение техники безопасности и др.).

1.3 Анализ существующих алгоритмов премирования

Первый наиболее распространённый способ начисления премий внутри организации – это формирование премиального фонда по принципу «сверху вниз». В премиальный фонд компании формируется полностью из дополнительной прибыли. В дальнейшем он распределяется между подразделениями организации и ее сотрудниками. Все доплаты, получаемые сотрудниками в рамках данного подхода к премированию зачастую зависят от их индивидуальных результатов и от общих показателей деятельности предприятия.

Вторым широко применимым способом начисления премий в организации является алгоритм «снизу вверх». В данном случае премиальная часть включается в бюджет как часть фонда оплаты труда. Из этого следует, что потенциальный размер будущей премии зависит только от индивидуальной производительности работников.

Ещё к одним вариантам начисления премий в некоторых организациях относится так называемая система штрафных бонусов. Система штрафных бонусов представляет собой один из вариантов премиальной модели, которая не смотря на отношение к премиальным системам по сути является видом штрафной системы, запрещённой Трудовым кодексом РФ.

В данной системе премирования размер переменной части заработка зависит от количества допускаемых ошибок. Если сотрудник не допускает ошибок или брака, то ему начисляется фиксированная сумма, которая обычно составляет процент от его базовой заработной платы.

Эта система может использоваться в производственной сфере, где нормы выработки зависят от технических параметров процесса или характеристик оборудования. Например, литейщик не сможет увеличить объём выплавляемой стали, не меняя технологические процессы. Важно отметить, что структура материального поощрения должна быть разработана с учётом индивидуальных особенностей организации.

Снижение фиксированной части заработной платы означает ухудшение финансового положения работника, что противоречит законодательству. Поэтому в отношении сотрудников, получающих только базовую сумму, нельзя применять денежные санкции. Однако если в системе оплаты труда внедрена переменная составляющая, это может послужить инструментом для введения штрафов.

Работа с проектной схемой премирования является одной из наиболее прозрачных и наглядных. В ней сотрудникам начисляется премия после успешного завершения определённого замысла или задачи, сумма заранее оговаривается.

Существует несколько механизмов расчёта проектных премий:

- комиссионные, в этом случае размер зависит от процента, который заказчик готов выплатить исполнителям за выполнение проекта;
- сумма проектной премии обычно определяется руководителем и может зависеть от разных факторов, включая сложность задачи и внутренние ресурсы фирмы, выделяемые на вознаграждение за конкретную работу.

При правильном построении система премирования помогает стимулировать развитие и рост сотрудников, повышать их профессиональную активность, а также укреплять связи между компанией и её работниками.

Помимо проектных схем, широкое распространение получили бонусные выплаты. Бонусные выплаты – это вознаграждения, размер которых зависит от финансовой успешности компании или её подразделения.

Чем выше уровень прибыли, тем более значительные бонусы получают сотрудники.

Классический пример – это ежегодная выплата высшему руководству компании. Однако в некоторых случаях бонусы не ограничиваются этим и распределяются на уровне всей организации в зависимости от показателей разных отделов. Затем руководители подразделений производят оценку вклада каждого сотрудника в общий успех группы и определяют индивидуальный размер премии.

Этот метод особенно эффективен, если компания придаёт большое значение коллективной работе или если сотрудники в разных подразделениях выполняют схожие функции. В некоторых случаях такие выплаты могут осуществляться и ежемесячно, но при этом процедура расчёта становится более сложной, так как необходимо постоянно оценивать финансовые показатели компании. Оптимальным вариантом может быть регулярный квартальный расчёт бонусов.

Выплаты за лояльность – это вид систем премирования, который связан с поощрением длительности работы сотрудников в компании. Одним из традиционных способов оценки этой лояльности является «тринадцатая зарплата», выплачиваемая в конце года.

Кроме того, когда фирма делает акцент на развитии определённых направлений, могут вводиться специальные системы премирования. Например, дополнительные выплаты за рационализаторские предложения, способствующие улучшению процессов производства.

При использовании таких премиальных систем особенно важно, чтобы они не нарушили производственное планирование и расчёты по заработной плате.

Важно помнить, что структура материального поощрения должна быть разработана индивидуально с учётом текущих показателей труда, уровня текучести кадров и финансового положения организации.

Также можно выделить и целевые премии – это вид систем премирования, при котором размер вознаграждения зависит от достижения конкретных целей и выполнения планов.

Преимуществом метода целевого премирования является гибкость. Если какое-то из направлений работы компании не достигает ожидаемых результатов, можно установить дополнительную целевую задачу, выполнение которой будет влиять на размер премии.

А основным недостатком данного метода премирования можно назвать его сложность, поскольку многие системы оплаты по результату могут оказаться слишком сложными и фрагментарными.

Использование интегральных коэффициентов. Интегральный коэффициент – это механизм, который позволяет учесть незафиксированные предварительно, но важные для компании показатели при расчёте премии.

Интегральный коэффициент включает в себя:

— индивидуальный коэффициент. Он учитывает, насколько хорошо сотрудник выполняет свои задачи.

— Коэффициент правильности поведения подразделения. Он показывает, насколько хорошо подразделение выполняет свои задачи.

— Коэффициент правильности поведения компании. Он учитывает, насколько хорошо компания выполняет свои задачи.

В результате произведения этих коэффициентов получается интегральный коэффициент, который влияет на размер премии.

Важно помнить, что структура материального поощрения должна быть разработана индивидуально с учётом текущих показателей труда, уровня текучести кадров и финансового положения организации

Обобщая все вышеизложенное, необходимо подчеркнуть, что система премирования – это сложный комплекс мер, которые направлены на повышение лояльности и мотивации персонала, улучшение показателей эффективности труда и развитие организации.

Система премирования может включать и стимулирующие выплаты за победу в конкурсах, выступления от лица организации. Специальные бонусы начисляются только в особых случаях. При этом нужно сделать так, чтобы на них могли рассчитывать все сотрудники, которые проявили себя.

Обобщая все вышесказанное, хотелось бы привести те плюсы и минусы каждой из схем премирования, которые были проанализированы выше (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Преимущества и недостатки выделенных способов премирования

Способ	Преимущества	Недостатки
Премирование текущей деятельности	система проста в начислении и эффективна для контроля работы низового персонала. Она подходит для сотрудников, чья работа не имеет непосредственного влияния на финансовые показатели компании.	недостаточное стимулирование сотрудников, работающих в центрах прибыли, где эффективность их деятельности влияет на доходы фирмы.
Выплаты за лояльность	способствует созданию чувства приверженности компании её сотрудников.	может стать непонятной и менее мотивирующей из-за отсутствия строгих принципов начисления.
Проектные схемы	они наглядны и логичны, что делает их простыми в применении. Особенно подходят для групп, работающих над проектами, и для руководителей.	ограниченность сферы применения – эффективны только для проектной деятельности.
Бонусная система	связывают индивидуальное вознаграждение с результатами труда всей компании, что обеспечивает их наглядность. Они подходят для стимулирования групповой работы.	низкая оперативность и сложность оценки вклада каждого специалиста.
Целевое премирование по результату	эти схемы обеспечивают соответствие выплат достижениям каждого сотрудника и эффективно стимулируют специалистов, работающих на результат.	разработка и внедрение этих систем – достаточно сложный, высокозатратный процесс.

В России большинство компаний используют сложные системы вознаграждений, которые можно адаптировать под разные категории сотрудников. Например, бухгалтеры и грузчики могут получать премии за

выполнение своих обязанностей, в то время как руководители высшего звена могут получать бонусы за достижение определённых результатов. Важно также определить соотношение между базовым окладом и переменной частью зарплаты. Сотрудники, работающие на процесс, должны получать большую базовую часть, а те, кто работает на результат – повышенную переменную часть.

Анализ структуры предприятия ООО «Лебедянский машиностроительный завод» позволил выделить следующие основные подразделения (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Структура предприятия

Как было сказано ранее, для осуществления премирования было принято решение разработать экспертную систему, которая отражала бы требования к более персонифицированному способу начисления премий сотрудникам, в зависимости от подразделения.

К примеру, сотрудники отдела кадров и персонал чугуно-литейного цеха не могут оцениваться по одним и тем же показателям (о чем было подробно сказано выше), поэтому для каждого из подразделений требуется адаптировать текущую систему премирования.

В результате проведённого анализа были сформированы требования к разрабатываемой системе. В рамках данной выпускной квалификационной работы требуется разработать экспертную систему, которая позволяла бы:

- удобным образом для сотрудника финансового отдела хранить результаты опроса эксперта;
- вносить данные сотрудника, премиальный коэффициент которого требуется определить;
- на основе данных из базы знаний оптимально рассчитать наиболее подходящий коэффициент премии для выбранного сотрудника;
- оценить качество полученного прогноза;
- предоставить возможность проводить анализ сразу нескольких сотрудников одновременно в рамках разработанной экспертной системы;
- предоставить удобное для сотрудника хранение полученных результатов;
- получать помощь в интерпретации полученных результатов для ускорения процесса принятия решения.

2. ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ

2.1 Выбор средств реализации

Для решения задачи, поставленной в рамках данной выпускной квалификационной работы требуется выбрать оптимальный для этого язык разработки.

Язык программирования, используемый для написания экспертной системы, должен соответствовать определенным требованиям. К числу основных требований, которые предъявляются к потенциальному языку программирования, можно отнести, во-первых, возможность с его помощью описывать сложные знания и правила, которые характерны для экспертных систем.

Во-вторых, язык программирования, который будет выбран для последующей разработки экспертной системы должен включать в себя удобные средства для описания правил вывода и их применения к данным для получения решений

Немаловажной является и наличие механизмов для представления и манипулирования знаниями, в число которых входят факты, правила, исключения и т.д, а также доступ к разным способам хранения знаний. Это позволяет в последующем эффективно управлять знаниями и правилами в разработанной экспертной системе.

Ну и не последним в списке критериев выбора подходящего языка программирования будет последующее удобство его использования.

Для написания экспертных систем часто используются такие языки, как Prolog, Lisp, Python, Java и др. Каждый из них обладает своими преимуществами и недостатками в контексте разработки экспертных систем и может быть выбран в зависимости от требований, предъявляемых к системе.

В данной выпускной квалификационной работе стоял выбор между тремя языками программирования: Python, Java и Prolog.

Java – это язык программирования общего назначения, отличающийся строгой типизацией. Он также относится к объектно-ориентированному типу

языков программирования. Java используется для написания приложений и программных кодов, которые смогут работать на различных платформах, таких как серверы, компьютеры и ноутбуки, мобильные устройства и приставки.

Python смело можно назвать самым популярным и быстроразвивающимся языком программирования. Он относится к группе объектно-ориентированных языков. Сам язык был разработан на основе языке C. Python имеет с широкий набор дополнительных библиотек. Это позволяет ему эффективно интегрироваться со множеством различных языков программирования, например Java, C, C++.

Prolog отличается по своей природе от языков общего назначения, таких как C++, Java, Python, Javascript и т. д. Он относится к группе логических языков, которые имеют свои определённые особенности. Prolog разработан исключительно как декларативный язык программирования. Он используется чаще всего для доказательства теорем, проектирования экспертных систем, обработки естественного языка и т.д.

Далее хотелось бы оценить особенности каждого из трёх языков отдельно.

Начнём с языка программирования Python.

Преимуществами Python при разработке экспертных систем являются, во-первых, простота его использования. Язык выгодно выделяется простым и понятным синтаксисом. Это даёт возможность даже новичку легко адаптироваться к его особенностям и разрабатывать несложные экспертные системы.

Во-вторых, Python имеет обширную базу специализированных библиотек и фреймворков, к числу которых относят PyKE, PyCLIPS и PyDatalog и т.д.. Эти библиотеки были специально разработаны для создания экспертных систем.

В-третьих, как говорилось ранее, Python достаточно легко интегрируется с другими языками программирования. Это позволяет легко

внедрять разработанные с его помощью экспертные системы в существующие большие системы компании или ранее установленные приложениями.

Не смотря на все очевидные плюсы, Python имеет и ряд определённых недостатков, которые могут существенно затруднить разработку экспертной системы с помощью данного языка программирования.

Во-первых, недостатком языка смело можно назвать его производительность. Для выполнения задач с большими вычислениями может потребоваться больше времени и больший объем ресурсов.

Во-вторых, ограниченная параллельность процессов, которая способна повлиять на производительность параллельных экспертных систем.

Также нельзя не упомянуть и те особые возможности, которые получает разработчик, используя Python в качестве основного языка для разработки экспертной системы.

К этим возможностям относятся:

— наличие динамической типизации, что обеспечивает гибкую и динамическую манипуляцию правилами и упрощает изменение и адаптацию экспертных систем «на лету».

— Наличие библиотек искусственного интеллекта и машинного обучения (например, библиотек TensorFlow, scikit-learn). Это позволяет разработчику интегрировать методы искусственного интеллекта в экспертные системы.

Далее рассмотрим особенности языка Java для проектирования экспертных систем.

Java, в отличие от Python за счёт наличия виртуальной машины (JVM), является более производительным языком. Все сложные и большие вычисления будут проходить быстрее и с меньшим числом задействованных ресурсов.

Также Java характеризуется и своей строгой типизацией, а также инструментами статической проверки типов. За счёт этого, Java обеспечивает

более быстрое обнаружение ошибок и, как следствие, снижение вероятности ошибок в будущем уже во время выполнения запросов в сложных экспертных системах.

Тем не менее, недостатки языка программирования Java могут повлиять на выбор его в качестве основного языка.

Во-первых, сложность синтаксиса может стать существенным минусом для начинающего разработчика. Синтаксис Java смело можно назвать многословным, строгое следование объектно-ориентированной парадигме может также увеличить время разработки.

Во-вторых, несмотря на наличие библиотек, экспертные системы, разработанные на Java могут иметь более долгую кривую обучения по сравнению с более простыми языками сценариев.

Рассмотрим третий из выбранных языков программирования: Prolog. Его отличие от двух других рассматриваемых языков состоит в принадлежности к иному классу языков программирования – группе логических языков. Это является его большой особенностью в сравнении с языками Python и Java, поскольку существенно отличает Prolog от этих двух языков.

К преимуществам Prolog можно отнести его декларативный синтаксис, который основан на логических предикатах и правилах. Именно он обеспечивает естественный и интуитивно понятный способ представления экспертных знаний и делает язык программирования Prolog подходящим для разработки систем на основе правил.

Prolog также имеет свой встроенный механизм вывода, который автоматически обрабатывает выполнение правил, а также включает в себя и логический вывод, упрощая разработку экспертных систем.

К недостаткам языка относят, во-первых, его ограниченную производительность. Prolog относится к языкам интерпретируемой группы, а значит не имеет собственной оптимизации. Это может привести к более низкой производительности по сравнению с компилируемыми языками.

Во-вторых, нельзя не упомянуть про его ограниченную область применения. К области применения языка Prolog относятся только системы на основе правил и задачи символического рассуждения. Это делает языка программирования Prolog менее универсальным, поскольку он не очень хорошо подходит для областей, требующих численных вычислений.

Нельзя не сказать, что синтаксис языка Prolog— это особенный синтаксис. Освоение его может занять достаточное время, следовательно, повлиять на скорость разработки проектируемой экспертной системы.

Но, следует отметить, что логическая парадигма программирования Prolog обеспечивает красивое и лаконичное представление знаний, основанных на правилах. Поэтому она в целом хорошо подходит для экспертных систем.

Кратко результаты сравнительного анализ трёх наиболее популярных языков приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнение языков программирования

Критерий	Python	Java	Prolog
Простота и понятный синтаксис	+	-	-
Наличие готовых библиотек	+	+	-
Производительность	-	+	-
Совместимость	+	+	-
Простота обучения	+	-	+

На основе проведённого анализа средств реализации будем использовать в качестве основного языка программирования Python. Он обладает большим количеством встроенных библиотек, которые могут быть использованы для решения задач, поставленных в ходе данной выпускной квалификационной работы.

2.2 Создание экспертной системы распределения премиального фонда предприятия

2.2.1 Использование алгоритмов машинного обучения в экспертных системах

Под машинным обучением понимается область искусственного интеллекта, которая включает в себя разработку алгоритмов и статистических моделей, позволяющих компьютерам обучаться, делать прогнозы или принимать решения на основе имеющихся данных без явного участия пользователя.

Для создания алгоритмов и моделей машинного обучения используются математические инструменты из различных областей знаний, таких как математическая статистика, численные методы, математический анализ, методы оптимизации, теория вероятностей, теория графов и т.д.

Отличие классических алгоритмов программирования от алгоритмов машинного обучения состоит в том, что классическим алгоритмам дают точные и полные правила решения задачи, а алгоритмам машинного обучения доступны только данные для создания модели.

Преимуществами использования алгоритмов машинного обучения являются:

— Возможность автоматизации. С помощью алгоритмов машинного обучения можно автоматизировать многие повторяющиеся задачи и процессы, тем самым уменьшить ручное вмешательство и, как следствие, значительно сэкономить время и ресурсы.

— Все модели машинного обучения способны обрабатывать большие объёмы данных и адаптироваться к изменяющимся условиям или требованиям.

— Алгоритмы машинного обучения способны проводить анализ сложных шаблонов данных и принимать решения или делать прогнозы как на основе новых данных, так и на основе уже имеющихся. Это позволяет получать точные и эффективные результаты.

Основной особенностью машинного обучения является то, что программист не даёт системе готовые и ясно сформулированные инструкции инструкции. Машина программируется на их самостоятельный поиск и последующую аналитику на основе исходных данных, которые у неё имелись. Механизмы машинного обучения позволяют находить закономерности по ряду признаков, классифицировать и группировать объекты, а также осуществлять прогнозирование.

Основные сферы применения алгоритмов машинного обучения приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Сферы применения алгоритмов машинного обучения

Сфера	Описание
Здравоохранение	машинное обучение используется для диагностики заболеваний, персонализированных рекомендаций по лечению, разработки лекарств и анализа медицинских изображений
Финансы	алгоритмы и методы машинного обучения используются для обнаружения фактов мошенничества, в процедурах оценки рисков или сегментации клиентов
Электронная коммерция	машинное обучение обеспечивает работу рекомендательных систем, классификации продуктов, прогнозирования спроса и анализа поведения клиентов
Обработка естественного языка	машинное обучение используется для анализа естественного языка, более точного перевода, а также для создания чат-ботов
Обработка изображений и видео	методы машинного используются для обнаружения объектов, распознавания лиц или номеров машин, а также в процессах видеонаблюдения

Тема машинного обучения очень популярна в данный момент. Существуют много примеров эффективности данных алгоритмов, с которыми мы можем столкнуться и в повседневной жизни.

Однако, нельзя не отметить и те минусы, которые они несут в себе. К основным минусам механизмов машинного обучения можно отнести

— жёсткую зависимость от данных. Все модели машинного обучения полагают, что полученные ими на данные считаются

качественными и подходящими для обучения. Но понятно, что иногда это может не соответствовать действительности. Поэтому контроль за качеством данных играет огромную роль. Неточные или недостаточные данные могут привести к некорректным прогнозам.

— Некоторые алгоритмы машинного обучения, в частности модели глубокого обучения, не обладают таким важным качеством, как интерпретируемость. Это затрудняет последующее понимание и объяснение того, как данные модели приходят к определенным прогнозам или тем или иным решениям.

— Если в данных, которые предоставлены машине, есть «шум» или нерелевантные закономерности, то некоторые модели машинного обучения могут войти в состояние переобученности. Это приводит к неудовлетворительным результатам в реальных задачах.

Описание алгоритмов машинного обучения может быть проиллюстрировано с помощью схемы (рис. 2.1)



Рисунок 2.1 — Алгоритмы машинного обучения

Алгоритмы машинного обучения играют важную роль в экспертных системах, позволяя им принимать обоснованные решения, давать пользователю рекомендации или автоматизировать решение задач на основе имеющихся данных.

Многие алгоритмы машинного обучения могут быть использованы в экспертных системах. Однако, можно выделить группу алгоритмов, которые применяются в системах данного вида наиболее часто.

Во-первых, это деревья решений. Деревья решений используются для задач классификации и регрессии в экспертных системах, где они помогают в принятии решений, разделяя данные на ветви на основе значений признаков. Пример представления дерева решений приведён на рис. 2.2.

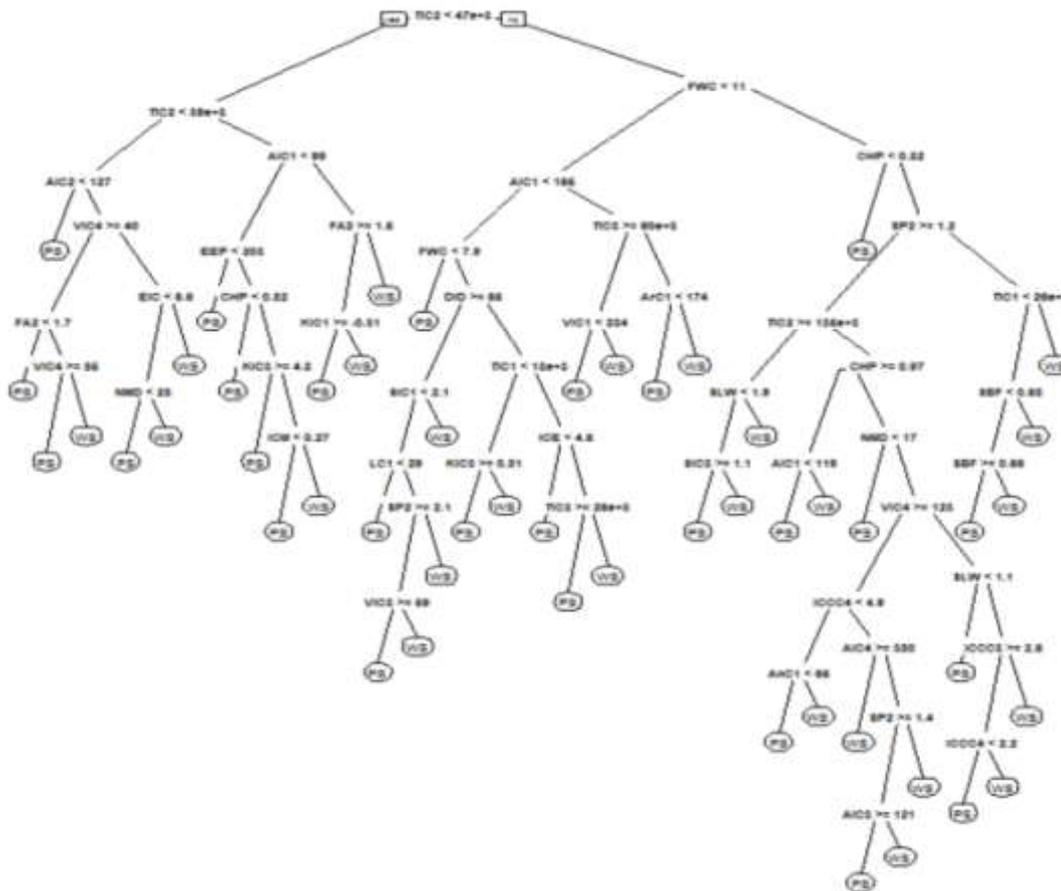


Рисунок 2.2 — Пример дерева решений

Для построения дерева решений все обучающие данные должны быть помечены (причём данным алгоритмом могут обрабатывать как

категориальные, так и числовые признаки). Деревья решения используются для решения задач классификации или прогнозирования.

Наивный байесовский алгоритм – это один из алгоритмов машинного обучения, который успешно зарекомендовал себя в экспертных системах для решения задач классификации, в приложениях обработки естественного языка или анализе настроений.

Наивный байесовский алгоритм предполагает независимость между признаками и требует помеченных обучающих данных с априорными вероятностями для каждого класса.

Схематически идею данного алгоритма можно проиллюстрировать с помощью схемы, представленной на рис. 2.3.

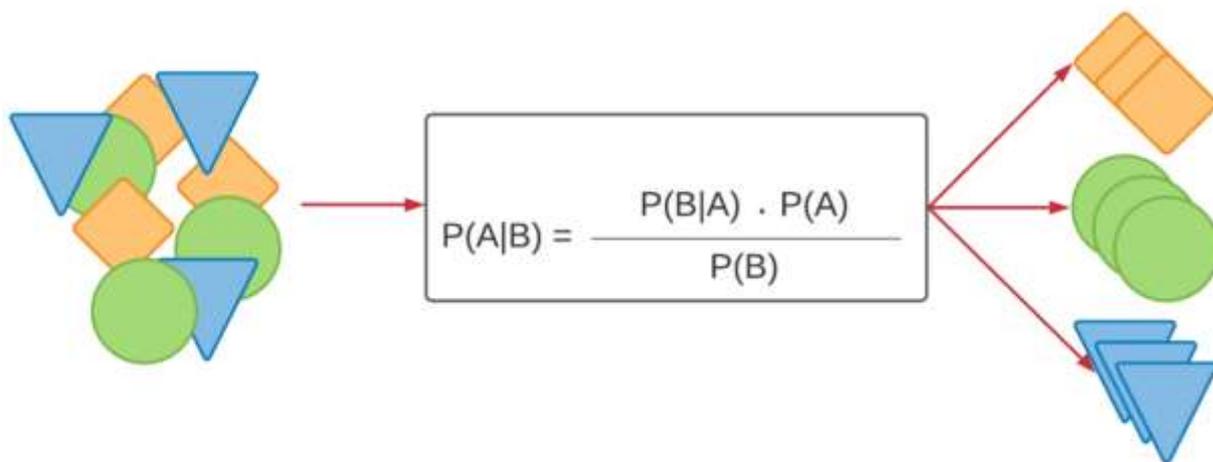


Рисунок 2.3 — Идея наивного байесовского алгоритма

Чаще всего данный алгоритм используется для классификации документов, электронных писем или текстовых данных по predetermined категориям.

Метод опорных векторов используется для задач классификации и регрессии в экспертных системах. Особенно эффективен данный метод при работе со сложными границами решений или данными высокой размерности.

Схематически идею данного метода можно проиллюстрировать следующим образом (рис. 2.4):

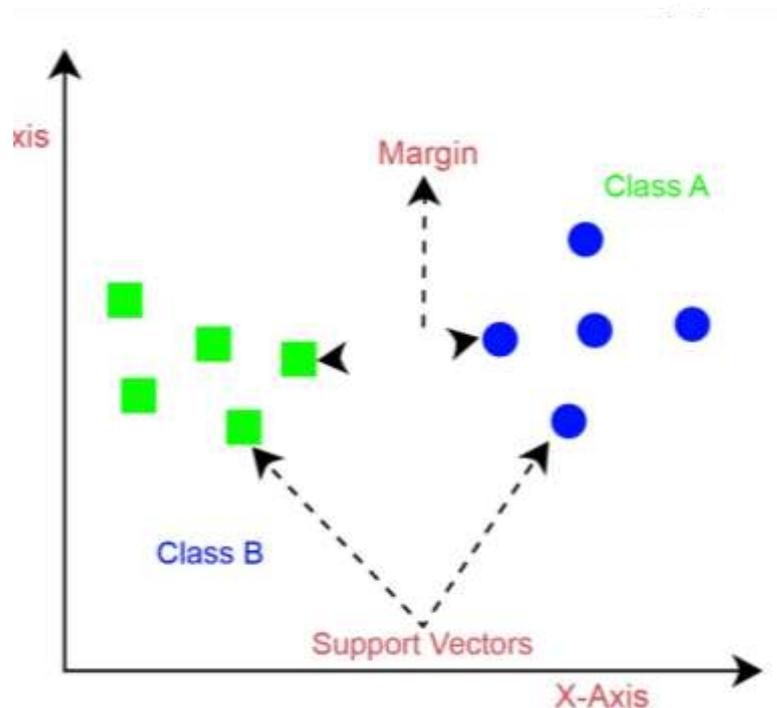


Рисунок 2.4 — Метод опорных векторов

Метод опорных векторов требует помеченных обучающих данных и лучше всего работает с линейно разделяемыми данными. Он позволяет решать задачи классификации, задачи, направленные на распознавание изображений, или обнаружение мошенничества.

Метод случайного леса – это один из методов обучения с учителем, используемый для задач классификации и регрессии в экспертных системах, Метод позволяет увеличить точность прогнозирования.

Идея разбиения исходных данных в методе случайного леса представлена на рис. 2.5.

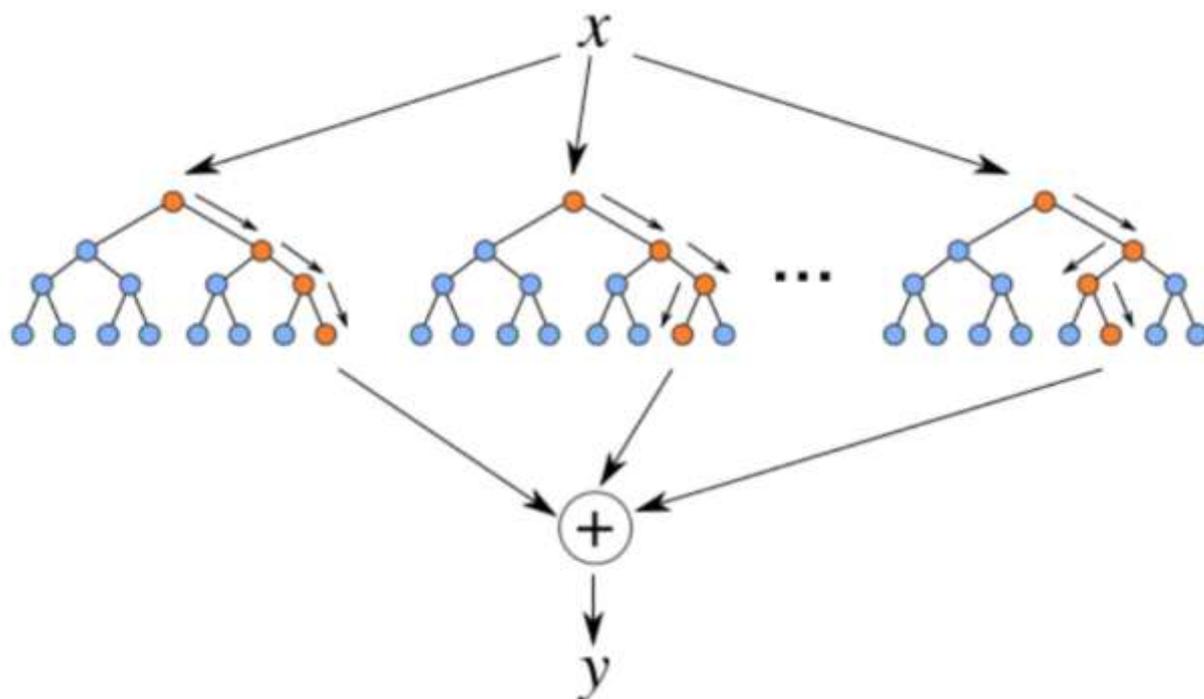


Рисунок 2.5 — Метод случайного леса

Для эффективной работы метод случайного леса требует помеченных обучающих данных и позволяет обрабатывать большие наборы данных с высокой размерностью.

Алгоритм коллаборативной фильтрации – это один из алгоритмов машинного обучения, который основан на формировании одинаковых рекомендаций исходя из принадлежности к одной группе.

В основу данного алгоритма ложится идея, что одинаково оценённые пользователи будут иметь одинаковые рекомендации и иные показатели.

Данный алгоритм будет являться основой разрабатываемой системы, поэтому более подробно он будет рассмотрен далее.

2.2.2 Алгоритмы коллаборативной фильтрации

Алгоритм коллаборативной фильтрации ранее считался одним из популярных алгоритмов рекомендательных систем.

Действительно, ранее широко использовался термин «рекомендательная система» наряду с термином «экспертная система».

Определение «экспертная система» уже было дано в Главе 1 данной выпускной квалификационной работы, требуется пояснить, что ранее подразумевалось под рекомендательной системой. Ранее под

рекомендательной системой понималась программа, которая на основе анализа предыдущего опыта пользователей пытается предсказать, что может быть интересно пользователю с аналогичными предпочтениями.

Однако, все исследователи в настоящее время сходятся к одному: быстрое развитие технологий и общность алгоритмов, которые лежат в основе рекомендательной и экспертной системы на данный момент описывают один большой класс систем.

Поэтому на данный момент наиболее корректное определение рекомендательной системы сформулировано следующим образом: рекомендательная система – это отдельная система, которая может являться компонентом экспертной системы, либо компонентом иного программного приложения.

Применение алгоритмов коллаборативной фильтрации – это условие получения качественных рекомендаций на основе имеющегося набора данных о предпочтениях.

Но что, если под предпочтениями и оценками пользователя принять предпочтения и оценки эксперта для нескольких групп, отличающихся по определённому набору признаков. Приняв данные оценки, как исходные данные для работы механизмов коллаборативной фильтрации можно расширить область применения данных алгоритмов. В частности, можно использовать их для получения результатов об оптимальном способе премирования сотрудников.

Основные типы коллаборативной фильтрации представлены на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 — Основные виды коллаборативной фильтрации

Рассмотрим виды коллаборативной фильтрации более подробно.

Для начала обсудим особенности коллаборативной фильтрации на основе пользователей.

В данном алгоритме сходства между пользователями рассчитываются на основе их прошлых взаимодействий с элементами.

Рекомендации для целевого пользователя генерируются путём идентификации пользователей со схожими предпочтениями (оценками). Для количественной оценки сходства между предпочтениями пользователей обычно используются такие меры сходства, как косинусное сходство или коэффициент корреляции Пирсона.

Коллаборативная фильтрация на основе элементов опирается на идею о том, что сходства между элементами рассчитываются на основе оценок или взаимодействий, которые они получили от пользователей. Для

количественной оценки сходства между элементами также обычно используются такие меры тесноты связи, как косинусное сходство или коэффициент корреляции Пирсона.

Применение коллаборативной фильтрации позволяет получить ряд преимуществ:

- коллаборативная фильтрация позволяет получить персонализированные рекомендации на основе оценок похожих пользователей, что повышает качество итогового результата.

- Данная группа алгоритмов позволяет эффективно обрабатывать большие наборы данных с большим количеством пользователей и элементов, что делает ее интегрируемой в достаточно большие и сложные системы.

- Методы, которые лежат в основе алгоритмов коллаборативной фильтрации, позволяют увидеть иногда не самые очевидные взаимосвязи.

Однако, наряду с преимуществами, которые есть у данной группы алгоритмов, они имеют и ряд недостатков, которые могут повлиять на качество исходного результата.

Главная проблема данных алгоритмов – это проблема «холодного старта». Коллаборативная фильтрация испытывает трудности при обработке данных, имеющих некоторую неполноту. Это затрудняет предоставление точных рекомендаций до тех пор, пока не будет доступно достаточно данных.

В Python есть несколько библиотек, включающих реализации алгоритмов коллаборативной фильтрации:

- Surprise;
- LightFM;
- Implicit;
- scikit-learn.

Поставленная в рамках данной выпускной квалификационной работы задача должна быть решена с помощью одной из представленных библиотек.

Для того, чтобы выбрать библиотеку для решения поставленной задачи, рассмотрим особенности каждой из них.

Surprise – это библиотека Python, которая включает в себя множество алгоритмов коллаборативной фильтрации.

Её отличительными особенностями являются простота использования, наличие разнообразных алгоритмов, к примеру, алгоритмов факторизации матриц (SVD, SVD++), коллаборативной фильтрации на основе k-NN и др. Также данная библиотека предлагает разработчику инструменты для проверки и настройки параметров.

Библиотека. LightFM реализует в большей степени механизмы гибридной фильтрации, сочетая фильтрацию на основе пользователей с методами фильтрации на основе содержимого. За счёт этого она более эффективная и масштабируемая, подходит для больших наборов данных. Но на сложность настройки моделей, предлагаемых данной библиотекой, это также существенно влияет. Помимо этого, документация по данной библиотеке не такая обширная, как у некоторых других библиотек, что может быть проблемой для новых пользователей.

Implicit – это библиотека Python, ориентированная на коллаборативную фильтрацию для неявных наборов данных (т. е. наборов данных, где взаимодействия явно не оцениваются пользователями, а выводятся из поведения пользователя). В основе лежат алгоритмы, использующие принципы альтернативных наименьших квадратов (ALS) и байесовского персонализированного ранжирования (BPR). Но документация по этой библиотеке также весьма небольшая, что может составлять сложность в ее изучении.

Библиотека scikit-learn (также известная как sklearn) – это популярная библиотека машинного обучения на Python. Она предоставляет простые и эффективные инструменты для получения и анализа данных.

В отличие от прошлых библиотек, она имеет последовательную и понятную документацию что позволяет новичкам легко начать работу с машинным обучением.

Библиотека содержит в себе широкий спектр алгоритмов, таких как классификация, регрессия, кластеризация и уменьшение размерности, а также предлагает инструменты предварительной обработки данных.

Хотя scikit-learn хорошо работает с достаточно большими наборами данных, она может не лучшим образом показать себя для очень больших наборов данных или приложений реального времени.

2.2.3 Представление знаний в формируемой экспертной системе

Как было сказано в Главе 1 данной выпускной квалификационной работы, знания в экспертной системе представляют одну из главных ценностей.

База знаний в экспертной системе может быть представлена в различных формах, которые обеспечивают хранение и управление знаниями.

Наиболее классический, конечно, вариант представления в виде реляционной базы данных, которая использует таблицы для хранения данных, где каждая строка представляет собой запись, а столбцы — атрибуты этих записей. Подобный вариант представления базы знаний хорошо подходит для структурированных данных, а также поддерживает SQL для запросов и управления данными.

Вариант представления базы знаний в формате семантических сетей позволяет получить графическое представление о структуре базы знаний. В данном случае узлы представляют собой объекты или концепции, а связи между ними — отношения.

Продукционные системы представляют собой совокупность правил вида "если-условие-то-действие", которые применяются для вывода новых знаний или принятия решений. Подобный вариант представления знаний легко модифицировать и расширять.

Объектно-ориентированные базы данных основаны на интеграции концепций объектно-ориентированного программирования и базы данных, позволяя хранить объекты с их методами и состояниями.

Документо-ориентированные базы данных хранят данные в виде документов и хорошо подходят для работы с неструктурированными или полуструктурированными данными.

Именно такой вариант организации базы знаний системы будет использован.

Для того, чтобы сохранить все требуемые знания, эксперту необходимо заполнить файл электронной таблицы, который хранит в себе указание типа сотрудника и его характеристики (рис. 2.7).

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Тип сотрудника	Возраст	Стаж	Должностной уровень	Функциональная область	Ответственность	Уровень вовлеченности	Специализация	ПРЕМИЯ
1	23	1	1	3	2	2	4	0.18
2	45	20	1	3	2	2	4	0.2
3	35	10	2	2	1	1	2	0.12
4	48	20	3	4	4	4	4	0.34
5	34	12	4	4	4	4	5	0.4

Рисунок 2.7 — Файл электронной таблицы

В качестве основных критериев были выбраны:

- должностной уровень (чем выше уровень должности, тем больше значение).

- Стаж работы. Данный показатель будет участвовать в расчётах выплат за лояльность, которые предоставляются сотрудникам при достижении определённого стажа работы в организации.

- Функциональная область (значение показателя соответствует подразделению, где работает сотрудник).

- Ответственность. Сотрудники, занимающие более ответственные и критические должности, будут иметь здесь более высокий коэффициент. Причём, следует отметить, уровень ответственности может быть не связан с уровнем должности сотрудника (все оценивается экспертом исходя из объективных показателей).

- Уровень вовлеченности сотрудника в достижение целей организации. Здесь могут быть оценены как показатели достижения

производственных или иных целей, так и другие факторы, значимые для эксперта.

— Некоторые виды премий могут быть связаны с определёнными специализациями или навыками сотрудников. Отражение специализации является важным при назначении премии.

Чтобы не увеличивать время разработки системы, было принято решение заносить результаты опроса экспертов непосредственно в электронную таблицу, без какого-либо дополнительно разрабатываемого ПО.

Таблицы с кодами некоторых критериев также хранятся отдельно и будут использованы в последующем.

2.2.4 Реализация экспертной системы

Модуль work_with_data.py.

В машинном обучении деление данных для обучения является важным шагом, который влияет на точность и обобщающую способность модели. Данный модуль как раз предназначен для обучения модели для ее последующего использования.

Основные группы, на которые делятся данные:

— тренировочный набор – это основной набор данных, используемый для обучения модели.

— Валидационный набор используется для настройки определённых модели или выбора наилучшей модели. Зачастую помогает избежать переобучения.

— Тестовый набор используется для окончательной оценки качества модели. Тестовый набор помогает понять, как модель будет работать на новых, ранее не исследованных данных.

```
from sklearn import model_selection as cv
import pandas as pd
import numpy as np
# загружаем датасет
df = pd.read_csv('../ml-latest-small/ratings.csv')
# делим данные на тренировочный и тестовый наборы
train_data_info_info, test_data_info_info =
cv.train_test_split(df, test_size=0.20)
# создаём две матрицы - для обучения и для теста
```

```

train_data_info_matrix_info = np.zeros((n_sotr, n_pos))
for line in train_data_info.itertuples():
train_data_info_matrix[line[1] - 1, line[2] - 1] = line[3]
test_data_info_matrix = np.zeros((n_sotr, n_pos))
for line in test_data_info.itertuples():
test_data_info_matrix[line[1] - 1, line[2] - 1] = line[3]

```

Рассмотрим более подробно модули и библиотеки, которые были использованы в данном решении.

Модуль `model_selection` предоставляет разработчику методы для разделения данных на тренировочные и тестовые наборы.

`Pandas` —это удобная библиотека для работы с данными, предназначенная для удобного и эффективного анализа данных и манипуляций с ними. Именно она предоставляет структуры данных, такие как `DataFrame` и `Series`, которые упрощают обработку данных. В данном случае загрузка электронной таблицы происходит с помощью загрузки её в `DataSet` как раз средствами данной библиотеки.

Библиотека `numpy` используется для научных вычислений в Python. Она позволяет работать с большими многомерными массивами и матрицами, а также содержит функции для выполнения высокоуровневых математических операций.

Также в этом модуле запоминается, сколько сотрудников было в таблице, заполненной экспертом. Поскольку в последующем именно это количество будет важно для выбора подходящего прогноза

Модуль prediction.py.

Обученная модель далее может использоваться для получения прогноза о премиальном коэффициенте отдельного сотрудника исходя из близости его показателей к другим сотрудникам, данные которых имеются в базе знаний.

Для этого в модуле `prediction.py` реализован метод `predict`, имеющий следующую структуру:

```

def predict(ratings, similarity):
mean_rating = ratings.mean(axis=1)
r_diff = (ratings - mean_rating[:, np.newaxis])
pred = mean_rating[:, np.newaxis] + similarity.dot(r_diff)
      / np.array([np.abs(similarity).sum(axis=1)]).
return pred

```

Логику работы данного метода можно проиллюстрировать с помощью диаграммы деятельности (рис. 2.8).

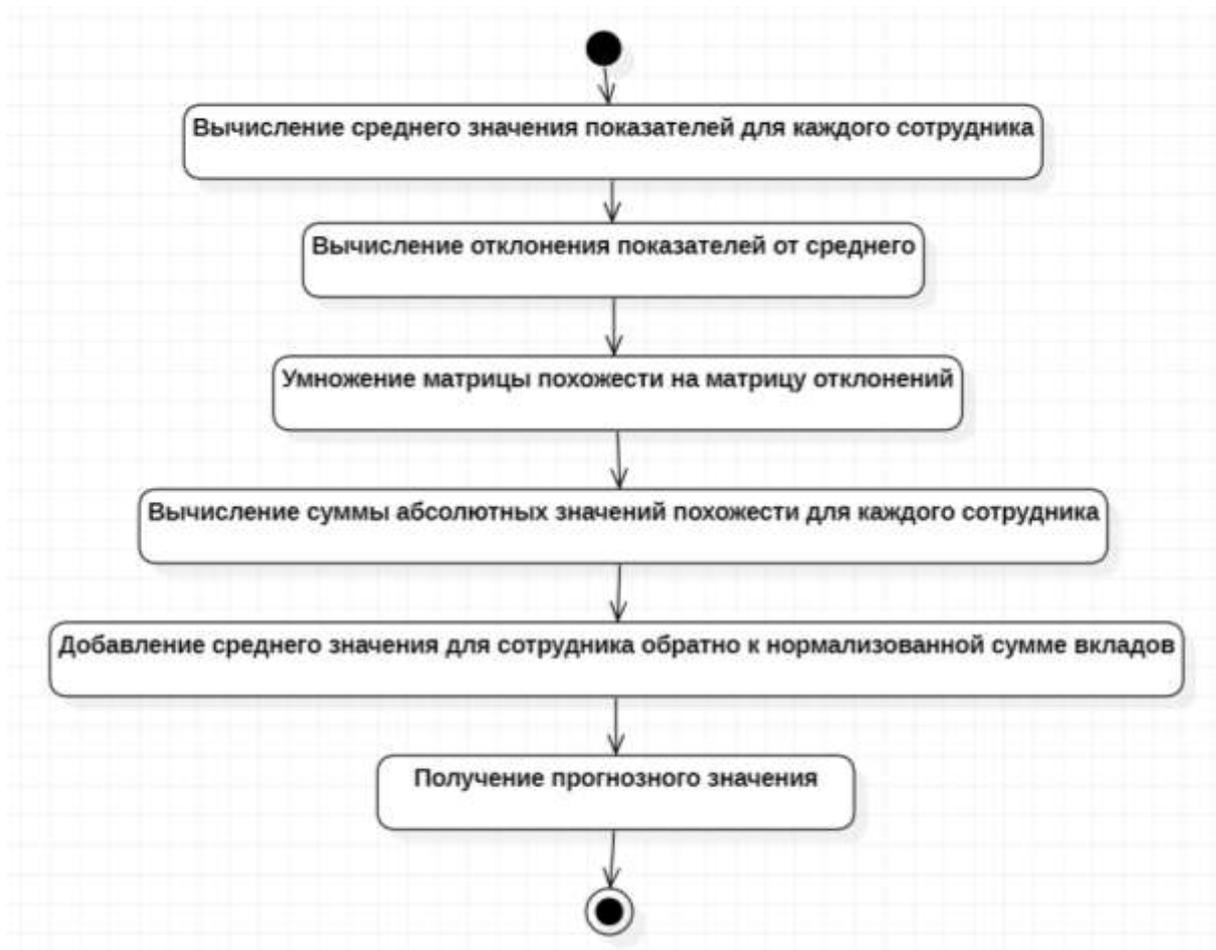


Рисунок 2.8 — Диаграмма деятельности метода predict

Таким образом, метод предсказывает коэффициенты для каждого сотрудника, основываясь на сходстве между сотрудниками и их отклонениями от средних показателей.

Формируемая в процессе работы алгоритма матрица похожести будет вид, представленный на рис. 2.9:

	A	B	C	D	E
		1	2	3	4
1	0	0.87	0.74	0.45	
2	0.87	0	0.75	0.46	
3	0.74	0.75	0	0.28	
4	0.45	0.46	0.28	0	

Рисунок 2.9 — Матрица похожести

Внутри матрицы на пересечении строк и столбцов находятся косинусные расстояния между разными типами сотрудников, которые присутствуют в исходных данных.

Косинусные расстояния находятся с помощью метода библиотеки `scikit-learn`.

```
similarity=pairwise_distances(train_data_info_matrix,  
metric='cosine')
```

Косинусное расстояние измеряет угол между двумя векторами в пространстве признаков.

Косинусное расстояние принимает значения от 0 до 2, где:

— 1 указывает на полное совпадение направлений векторов иными словами, на максимальное сходство.

— 0 указывает на ортогональность векторов, т.е. никакого сходства.

— -1 указывает на противоположные направления векторов, т.е. на их максимальное различие.

После заполнения матрицы косинусных расстояний, в таблице закрашиваются те ячейки, в которых находятся наибольшие значения. При этом нужно обязательно учесть, что данные, относительно которых выполнялся прогноз, в выборе максимума не участвуют.

Поиск наибольшего значения и закрашивание соответствующей ячейки в жёлтый цвет выполняется следующим образом:

```
def highlight_max_in_excel(file_path, output_path):  
    # Открытие файла  
    Excel workbook = load_workbook(file_path)  
    sheet = workbook.active  
    # Определение диапазона строк и столбцов  
    max_row = sheet.max_row  
    max_col = sheet.max_column  
    # Определение стиля заливки для наибольших значений  
    fill = PatternFill(start_color="FFFF00", end_color="FFFF00",  
fill_type="solid")  
    # Поиск и закрашивание наибольших значений в каждом столбце,  
    начиная со второго  
    for col in range(2, max_col + 1):  
        max_value = None  
        max_cell = None  
        for row in range(2, max_row + 1):  
            cell = sheet.cell(row=row, column=col)
```

```

value = cell.value
if max_value is None or (value is not None and
value >max_value):
max_value = value
max_cell = cell
if max_cell is not None:
max_cell.fill = fill
# Сохранение файла с изменениями
workbook.save(output_path)

```

Модуль *RMSE.py*

Для оценки качества прогноза используется метрика RMSE (среднеквадратическая ошибка), которая рассчитывает среднее расстояние между прогнозируемыми значениями из модели и фактическими значениями в наборе данных.

Для оценки качества прогноза модели используется следующий метод:

```

defrmse(prediction, ground_t):
prediction = prediction[ground_t.nonzero()].flatten()
ground_t = ground_t[ground_t.nonzero()].flatten()
return sqrt(mean_squared_error(prediction, ground_t))

```

Более наглядно алгоритм расчёта RMSE можно проиллюстрировать с помощью диаграммы деятельности (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 — Диаграмма деятельности расчёта RMSE

Очевидно, что чем ниже RMSE, тем лучше данная модель может использоваться на подобном наборе данных. Однако, нельзя не заметить, что диапазон набора данных, с которым работает модель, важен для определения того, является ли заданное значение RMSE достаточно низким или нет.

2.3 Руководство пользователя

Как было сказано ранее, для удобства работы финансового отдела было принято решение вносить коэффициенты в электронную таблицу. Поэтому в ходе опроса эксперта ему требуется заполнить данные по значениям коэффициентов и показателям премии без использования дополнительных программных решений.

Результат заполнения таблицы экспертом будет иметь следующий вид (рис. 2.11):

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Тип сотрудника	Возраст	Стаж	Должностной уровень	Функциональная область	Отвественность	Уровень вовлеченности	Специализация	ПРЕМИЯ
1	23	1	1	3	2	2	4	0.18
2	45	20	1	3	2	2	4	0.2
3	35	10	2	2	1	1	2	0.12
4	48	20	3	4	4	4	4	0.34
5	34	12	4	4	4	4	5	0.4
6	33	6	1	2	3	3	4	0.15
7	50	30	1	3	3	3	4	0.2
8	40	10	1	3	3	3	2	0.18
9	30	5	2	2	1	1	2	0.11

Рисунок 2.11 — Таблица, заполненная экспертом

После заполнения таблицы экспертом в отдельном файле сотрудник финансового отдела, который отвечает за распределение премиального фонда, заносит данные по одному или нескольким сотрудникам, прогнозные значения по которым требуется получить (рис. 2.12).

A	B	C	D	E	F	G	H
Тип сотрудника	Возраст	Стаж	Должностной уровень	Функциональная область	Отвественность	Уровень вовлеченности	Специализация
Иванов	27	5	1	2	3	2	4
Петров	44	15	1	3	2	2	4
Сидоров	55	30	2	2	1	2	2

Рисунок 2.12. — Таблица, заполненная сотрудником финансового отдела

Далее, сотруднику требуется запустить exe-файл с экспертной системой. Результаты работы будут сохранены в ту же книгу, где хранились данные о сотрудниках, заполненных специалистом финансового отдела на новом листе (рис. 2.13).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Иванов	Петров	Сидоров
1	0	0.81	0.42	-0.35	-0.65	0.65	0.63	0.54	0.23	0.82	0.87	0.43
2	0.81	0	-0.23	-0.66	-0.71	0.42	0.81	0.64	0.53	0.80	0.82	0.45
3	0.42	-0.23	0	-0.72	-0.73	0.36	0.24	0.22	0.87	0.33	0.32	0.89
4	0.35	-0.66	-0.72	0	0.76	0.58	0.54	0.48	-0.23	0.25	0.22	-0.24
5	-0.65	-0.71	-0.73	0.76	0	0.32	0.44	0.31	-0.33	-0.10	-0.11	-0.21
6	0.65	0.42	0.36	0.58	0.32	0	0.77	0.74	-0.34	0.87	0.84	0.15
7	0.63	0.81	0.24	0.54	0.44	0.77	0	0.82	0.21	0.33	0.35	0.11
8	0.54	0.64	0.22	0.48	0.31	0.74	0.82	0	0.02	0.42	0.44	0.41
9	0.23	0.53	0.87	-0.23	-0.33	-0.34	0.21	-0.02	0	0.22	0.31	0.84
Иванов	0.82	0.80	0.33	0.25	-0.10	0.87	0.33	0.42	0.22	0	0.87	0.54
Петров	0.87	0.82	0.32	0.22	-0.11	0.84	0.35	0.44	0.31	0.87	0	0.52
Сидоров	0.43	0.45	0.89	-0.24	-0.21	0.15	0.11	0.41	0.84	0.54	0.52	0

Рисунок 2.13 — Таблица, полученная в результате работы системы

Как подчёркивалось выше, в определении максимально «похожего» сотрудника не участвуют новые данные. Поэтому они не закрашиваются, даже при наличии большего значения (рис. 2.14).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Иванов	Петров	Сидоров
1	0	0.81	0.42	-0.35	-0.65	0.65	0.63	0.54	0.23	0.82	0.87	0.43
2	0.81	0	-0.23	-0.66	-0.71	0.42	0.81	0.64	0.53	0.80	0.82	0.45
3	0.42	-0.23	0	-0.72	-0.73	0.36	0.24	0.22	0.87	0.33	0.32	0.89
4	0.35	-0.66	-0.72	0	0.76	0.58	0.54	0.48	-0.23	0.25	0.22	-0.24
5	-0.65	-0.71	-0.73	0.76	0	0.32	0.44	0.31	-0.33	-0.10	-0.11	-0.21
6	0.65	0.42	0.36	0.58	0.32	0	0.77	0.74	-0.34	0.87	0.84	0.15
7	0.63	0.81	0.24	0.54	0.44	0.77	0	0.82	0.21	0.33	0.35	0.11
8	0.54	0.64	0.22	0.48	0.31	0.74	0.82	0	0.02	0.42	0.44	0.41
9	0.23	0.53	0.87	-0.23	-0.33	-0.34	0.21	-0.02	0	0.22	0.31	0.84
Иванов	0.82	0.80	0.33	0.25	-0.10	0.87	0.33	0.42	0.22	0	0.87	0.54
Петров	0.87	0.82	0.32	0.22	-0.11	0.84	0.35	0.44	0.31	0.87	0	0.52
Сидоров	0.43	0.45	0.89	-0.24	-0.21	0.15	0.11	0.41	0.84	0.54	0.52	0

Значение у сотрудника Петрова выше, но он не может использоваться для получения коэффициента, т.к. не содержался в исходной базе знаний

Рисунок 2.14 — Пояснения к заполненной таблице

Также на экран в консоль выводится информация о коэффициенте RMSA, которая может помочь сотруднику финансового отдела оценить качество прогноза при необходимости (рис. 2.15).

```
User-based CF RMSE: 3.3359002165272122
Item-based CF RMSE: 3.559460954114629
```

Рисунок 2.15 — Коэффициенты качества прогноза

Для последующего анализа полученных данных требуется свериться с теми премиальными коэффициентами, которые были указаны в исходной таблице. Например, сотрудник Иванов больше всего по своим результирующим показателям похож на сотрудника 2 из базы знаний, поэтому его рекомендуемый коэффициент премии – 0.2. Сотрудник Петров получил одинаковые коэффициенты схожести с сотрудниками 1 и 7 с коэффициентами 0.2 и 0.18. Выбор окончательного коэффициента из двух будет отдан сотруднику финансового отдела. Сотрудник Сидоров получил наибольший коэффициент схожести с сотрудником 3 из исходной базы. Поэтому его премиальный коэффициент будет равен 0.12.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Грамотное использование информационных систем для оптимизации деятельности организации в современном мире – это одно из важных и необходимых условий. Внедрение информационных систем, систем принятия решений и экспертных систем в частности позволяет оптимизировать процесс принятия решений, сделать их более точными и обоснованными, а также независимыми от эмоций и иных проявлений человеческого фактора.

Особенно это актуально в вопросах распределения финансов организации. Именно поэтому решение ООО «Лебедянский машиностроительный завод» по разработке небольшой экспертной системы для расчёта коэффициентов премии сотрудников можно с уверенностью считать обоснованным.

В рамках данной выпускной квалификационной работы были решены все задачи, которые ставились в начале ее написания.

Во-первых, были изучены существующие подходы и методы распределения премиальных фондов в организациях. Был приведен подробный и всесторонний анализ наиболее известных подходов, а также их преимуществ и недостатков.

Во-вторых, были определены основные критерии и параметры, влияющие на процесс принятия решений по распределению премий. Были указаны особенности, которые присущи ООО «Лебедянский машиностроительный завод» и выделены те моменты, которые могут быть улучшены за счёт внедрения экспертной системы.

В-третьих, была изучена структура экспертной системы, а также описаны основные области применения экспертных систем.

В-четвёртых, был проведён подробный и детальный анализ языков программирования, которые используются для создания экспертных систем и выполнено их сравнение. По результатам анализа, язык программирования

Python был выбран в качестве основного языка разработки экспертной системы.

В-пятых, были изучены основные алгоритмы машинного обучения, которые применяются для создания экспертных систем, был выбран наиболее подходящий по мнению автора способ решения поставленной задачи. Была описана логика работы экспертной системы, а также выполнена реализация разработанного приложения на основе выбранных технологий и инструментов программирования.

Задача, поставленная в рамках данной выпускной квалификационной работы была решена в полном объёме в соответствии с пожеланиями руководства ООО «Лебедянский машиностроительный завод».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 06.04.2024)
2. Автоматизация проектирования вычислительных систем. Языки, моделирование и базы данных / ред. М. Брейер. – М.: Мир, 2022. – 190 с.
3. Боклаг, Н. Ю. Основы программирования на языке Python / Н. Ю. Боклаг. – М.: Бибком, 2021. – 685 с.
4. Боковой, Ю. В. Особенности методологии проектирования информационных систем для малого и среднего бизнеса / Ю.В. Боковой. – М.: Синергия, 2021. – 317 с.
5. Бэрри, П. Изучаем программирование на Python / П. Бэрри. – М.: Эксмо, 2023. – 897 с.
6. Васильев А. Н. Python на примерах. Практический курс по программированию / А.Н. Васильев. – М.: Наука и техника, 2021. – 432 с.
7. Вейценбаум, Дж. Возможности вычислительных машин и человеческий разум / Дж. Вейценбаум. – М.: Радио и связь, 2022. – 368 с.
8. Вендров, А. М. Практикум по проектированию программного обеспечения экономических информационных систем / А.М. Вендров. – М.: Финансы и статистика, 2021. – 415 с.
9. Вичугова, А. А. Методы и средства концептуального проектирования информационных систем: сравнительный анализ структурного и объектно-ориентированного подходов / А.А. Вичугова. – М.: Синергия, 2024. – 255 с.
10. Джексон П. Введение в экспертные системы / П. Джексон. – М.: Вильямс, 2021.– 624 с.
11. Джарратано Дж. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Дж. Джарратано, Г. Райли. – М.: Вильямс, 2022. – 1152 с.
12. Златопольский Д. М. Основы программирования на языке Python / Д.М. Златопольский. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 277 с.

13. Ипатова, Э. Р. Методологии и технологии системного проектирования информационных систем / Э.Р. Ипатова, Ю.В. Ипатов. – М.: Флинта, 2021. – 290 с.
14. Леоненков А. В. Самоучитель UML: учебник/ СПб: БХВ – Петербург, 2022. – 235 с.
15. Люгер, Дж.О. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.О. Люгер. – М.: Диалектика, 2019. – 864 с.
16. МакГрат М. Python. Программирование для начинающих / М. МакГрат. – М.: Эксмо, 2023. – 727с.
17. Мартишин, С.А. Базы данных. Практическое применение СУБД SQL и NoSQL-типа для применения проектирования информационных систем. Учебное пособие. Гриф МО РФ / С.А. Мартишин. – М.: Инфра-М, Форум, 2021. – 340 с.
18. Морозова В.А. Представление знаний в экспертных системах / В.А. Морозова, В.И. Паутов. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2023. – 120 с.
19. Поспелов, Д.А. Фантазия или наука. На пути к искусственному интеллекту / Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 2021. – 224 с.
20. Путилин, А. Б. Компонентное моделирование и программирование на языке UML. Практическое руководство по проектированию информационных систем / А.Б. Путилин, Е.А. Юрагов. – М.: ИТ Пресс, 2021. – 320 с.
21. Слепцов, А.И. Автоматизация проектирования управляющих систем гибких автоматизированных производств: моногр. / А.И. Слепцов, А.А. Юрасов. – М.: Техника, 2021. – 139 с.
22. Эрик М. Изучаем Python. Программирование игр, визуализация данных, веб-приложения / М. Эрик. – М.: Питер, 2023. – 551 с.
23. Культин Н.Б. Экспертная система как инструмент поддержки принятия управленческих решений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2021. – № 3 (121).

24. Melville P., Sindhvani V. Recommender Systems. / Sammut C., Webb G.I. (eds) Encyclopedia of Machine Learning. - Springer, Boston, MA, 2021.
25. Tan C.F. An Expert Carbide Cutting Tools Selection System for CNC Lathe Machine / C.F. Tan, V.K. Kher, N. Ismail // International Review of Mechanical Engineering. – 2022. – 6(7). – P.1402-1405.
26. Экспертные системы: определение и классификация. [Электронный ресурс]. URL: http://itmu.vsu.ru/Posobija/Predstavlenie_znan/htm/2_t.htm (дата обращения: 20.04.2024).
27. Feigenbaum Edward The Age of Intelligent Machines. [Электронный ресурс]. URL: [frame.html](#) (дата обращения: 17.05.2024).
28. Expert Systems and Applied Artificial Intelligence. University of Missouri–St. Louis. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.umsl.edu/~joshik/msis480/chapt11.htm> (дата обращения: 03.05.2024).
29. Rinu Gur What is an expert system in artificial intelligence - how does it solve problems. [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/@rinu.gour123/what-is-expert-system-in-artificial-intelligence-how-it-solve-problems-83bbaf3f93c3> (дата обращения: 15.05.2024).
30. Lutkevich B. Expert system / B. Lutkevich. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/expert-system>. (дата обращения: 16.05.2024).

ПРИЛОЖЕНИЕ

```
from scikit-learn import model_selection as cv
import pandas as pd
import numpy as np

# загружаем датасет
df = pd.read_csv('../ml-latest-small/ratings.csv')

n_sotr = df['userId'].unique().shape[0]
n_pos = df['movieId'].unique().shape[0]

def scale_movie_id(input_id):
    return np.where(input_list == input_id)[0][0] + 1

df['movieId'] = df['movieId'].apply(scale_movie_id)

# делим данные на тренировочный и тестовый наборы
train_data_info, test_data_info = cv.train_test_split(df,
test_size=0.20)

# создаём две user-item матрицы - для обучения и для теста
train_data_info_matrix = np.zeros((n_sotr, n_pos))
for line in train_data_info.itertuples():
    train_data_info_matrix[line[1] - 1, line[2] - 1] = line[3]

test_data_info_matrix = np.zeros((n_sotr, n_pos))
for line in test_data_info.itertuples():
    test_data_info_matrix[line[1] - 1, line[2] - 1] = line[3]

from scikit-learn.metrics.pairwise import pairwise_distances
import numpy as np
from rmse import rmse

from work_with_data import train_data_info_matrix,
test_data_info_matrix, n_sotr, n_pos

def predict(ratings, similarity):
    if type == 'user':
        mean_rating = ratings.mean(axis=1)
        r_diff = (ratings - mean_rating[:, np.newaxis])
        pred = mean_rating[:, np.newaxis] + similarity.dot(r_diff) /
        np.array([np.abs(similarity).sum(axis=1)]).T
    elif type == 'item':
        pred = ratings.dot(similarity) /
        np.array([np.abs(similarity).sum(axis=1)])
    return pred
```

```

# считаем косинусное расстояние
user_similarity = pairwise_distances(train_data_info_matrix,
metric='cosine')
item_similarity = pairwise_distances(train_data_info_matrix.T,
metric='cosine')

item_prediction = predict(train_data_info_matrix,
item_similarity, type='item')
user_prediction = predict(train_data_info_matrix,
user_similarity, type='user')

print('User-based CF RMSE: ' + str(rmse(user_prediction,
test_data_info_matrix)))
print('Item-based CF RMSE: ' + str(rmse(item_prediction,
test_data_info_matrix)))

from scikit-learn.metrics import mean_squared_error
from math import sqrt
import numpy as np

def rmse(prediction, ground_t):
    prediction = prediction[ground_t.nonzero()].flatten()
    ground_t = ground_t[ground_t.nonzero()].flatten()
    return sqrt(mean_squared_error(prediction, ground_t))

import scipy.sparse as sp
from scipy.sparse.linalg import svds
from rmse import rmse
import numpy as np

from work_with_data import train_data_info_matrix,
test_data_info_matrix, n_sotr, n_pos

# делаем SVD
u, s, vt = svds(train_data_info_matrix, k=10)
s_diag_matrix = np.diag(s)

# предсказываем
X_pred = np.dot(np.dot(u, s_diag_matrix), vt)

# выводим метрику
print('User-based CF MSE: ' + str(rmse(X_pred,
test_data_info_matrix)))

from openpyxl import load_workbook

```

```

from openpyxl.styles import PatternFill

def highlight_max_in_excel(file_path, output_path):

    # Открытие файла

    Excel workbook = load_workbook(file_path)

    sheet = workbook.active

    # Определение диапазона строк и столбцов

    max_row = sheet.max_row

    max_col = sheet.max_column

    # Определение стиля заливки для наибольших значений

    fill = PatternFill(start_color="FFFF00", end_color="FFFF00",
fill_type="solid")

    # Поиск и закрашивание наибольших значений в каждом столбце,
начиная со второго

    for col in range(2, max_col + 1):

        max_value = None

        max_cell = None

        for row in range(2, max_row + 1):

            cell = sheet.cell(row=row, column=col)

            value = cell.value

            if max_value is None or (value is not None
and value >max_value):

                max_value = value

                max_cell = cell

            if max_cell is not None:

                max_cell.fill = fill

    # Сохранение файла с изменениями

```

```
workbook.save(output_path)

# Использование функции

input_file = "raiting.xlsx"

output_file = "results.xlsx"

highlight_max_in_excel(input_file, output_file)
```