

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

Институт математики, физики и информационных технологий
(наименование института полностью)

Кафедра Прикладная математика и информатика
(наименование)

09.04.03 Прикладная информатика
(код и наименование направления подготовки)

Информационные системы и технологии корпоративного управления
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Модели и алгоритмы модуля распределения финансов ERP-системы
предприятия»

Студент

Д.С. Глеске
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.т.н, доцент, С.В. Мкртычев
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Анализ проблемы повышения эффективности использования модулей управления финансами ERP-систем предприятия.....	8
1.1 Архитектурные и функциональные особенности модуля управления финансами предприятия.....	8
1.2 Базовые ERP модели и алгоритмы управления финансовыми потоками предприятия.....	13
1.3 Методы и модели оценки эффективности использования финансового модуля ERP-системы.....	20
Глава 2 Анализ и выбор методологий разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.....	24
2.1 Обзор и анализ ИТ-решений модуля распределения финансов ERP-системы предприятия	24
2.1.1 1С: ERP Управление предприятием. Модуль «Управление финансами и бюджетирование»	24
2.1.2 Галактика ERP. Модуль «Финансовый анализ»	27
2.1.3 ERP SAP. Модуль управления финансами.....	28
2.2 Методологические основы разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия	31
2.2.1 REA-онтология	31
2.2.2 Интеллектуальный анализ данных	33
2.2.3 Искусственные нейронные сети	42
Глава 3 Разработка моделей и алгоритмов модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.....	48
3.1 Модель и алгоритмы искусственной нейронной сети для прогнозного финансового анализа	48

3.2 Реализация искусственной нейронной сети для прогнозного финансового анализа предприятия	53
3.3 Оценка эффективности использования предлагаемого ИТ-решения	61
Заключение	66
Список используемой литературы и используемых источников.....	68

Введение

ERP-система - это набор интегрированных приложений, позволяющих создать интегрированное информационное пространство для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-операций предприятия.

Функциональная архитектура современной ERP-системы представляет собой комплекс взаимосвязанных модулей, обеспечивающих автоматизированную поддержку задач управления хозяйственной и финансовой деятельностью предприятия.

Одной из ключевых задач автоматизированного управления финансовой деятельностью современного предприятия является эффективное распределение финансов последнего.

Следует отметить, что модуль распределения финансов ERP- системы дает любому бизнесу или корпорации инструменты для отслеживания движения финансовых потоков в рамках одной или нескольких компаний, транзакций и валют.

Как показывает практика, эффективность использования указанного модуля ERP- системы зависит от качества математического и алгоритмического обеспечения, положенного в его основу.

Таким образом, **актуальность** темы исследования обусловлена необходимостью разработки моделей и алгоритмов, позволяющих повысить эффективность использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.

Объектом исследования магистерской диссертации является ERP-система предприятия.

Предметом исследования является математическое и алгоритмическое обеспечение модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.

Целью работы является повышение эффективности использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия за счет применения специального математического и алгоритмического обеспечения

при его построении.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать современное состояние проблемы повышения эффективности использования модулей управления финансами ERP-систем предприятия;
- проанализировать и выбрать методологию разработки моделей и алгоритмов управления финансами ERP-системы предприятия;
- разработать модели и алгоритмы модуля распределения финансов ERP-системы предприятия;
- оценить эффективность использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия, построенного на основе предлагаемых моделей и алгоритмов.

Гипотеза исследования: применение разработанных в рамках диссертационного исследования моделей и алгоритмов в качестве основы для построения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия позволит повысить эффективность данного модуля.

Методы исследования. В процессе исследования использованы следующие положения и методы: методы оценки эффективности использования информационных систем управления, REA-онтология, интеллектуальный анализ данных, нейронные сети.

Новизна исследования заключается в разработке новых моделей и алгоритмов, обеспечивающих высокую эффективность использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.

Практическая значимость исследования заключается в возможности практического применения предлагаемых моделей и алгоритмов для повышения эффективности использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.

Теоретической основой диссертационного исследования являются научные труды российских и зарубежных ученых, занимающихся проблемами

проектирования информационных систем управления финансовой деятельностью предприятий социально-экономической сферы.

Основные этапы исследования: исследование проводилось с 2018 по 2021 год в несколько этапов:

На первом этапе (констатирующем этапе) – формулировалась тема исследования, выполнялся сбор информации по теме исследования из различных источников, проводилась формулировка гипотезы, определялись постановка цели, задач, предмета исследования, объекта исследования и выполнялось определение проблематики данного исследования.

Второй этап (поисковый этап) – в ходе проведения данного этапа осуществлялся анализ методологий проектирования математического и алгоритмического обеспечения ERP-систем, были разработаны модели и алгоритмы модуля распределения финансов ERP-системы предприятия, подготовлены и опубликованы научные статьи по теме исследования в научных журналах и сборниках.

Третий этап (оценка эффективности) – на данном этапе осуществлялась проверка адекватности предлагаемых моделей и алгоритмов и оценка эффективности использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия, построенного на их основе, были сформулированы выводы о полученных результатах по проведенному исследованию.

На защиту выносятся:

- модели и алгоритмы модуля распределения финансов ERP-системы предприятия, позволяющих повысить его эффективность;
- результаты оценки эффективности использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия, построенного на основе предлагаемого математического и алгоритмического обеспечения.

По теме исследования опубликована 1 статья:

Глеске Д.С. Возможности ERP-систем // Вестник научных конференций, 2021 (принята к публикации).

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, представлены объект, предмет, цели и задачи и положения, выносимые на защиту диссертации.

В первой главе проанализированы проблемы повышения эффективности модулей управления финансами ERP-систем предприятия. Рассмотрены архитектурные и функциональные особенности модуля управления финансами предприятия. Описаны базовые ERP модели и алгоритмы управления финансовыми потоками предприятия. Рассмотрены методы и модели оценки эффективности использования финансового модуля ERP-системы.

Вторая глава посвящена анализу и выбору методологий разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия. Даны обзор и анализ ИТ-решений модуля распределения финансов ERP-системы предприятия. Рассмотрены REA-онтология, интеллектуальный анализ данных и искусственные нейронные сети.

Третья глава посвящена разработке моделей и алгоритмов модуля распределения финансов ERP-системы предприятия. Реализована модель искусственной нейронной сети для прогнозного финансового анализа предприятия и выполнена оценка эффективности использования модуля распределения финансов ERP-системы, разработанного на ее основе.

В заключении приводятся результаты исследования.

Работа изложена на 72 страницах и включает 34 рисунка, 1 таблицу, 40 источников.

Глава 1 Анализ проблемы повышения эффективности использования модулей управления финансами ERP-систем предприятия

1.1 Архитектурные и функциональные особенности модуля управления финансами предприятия

Автоматизация решений для бэк-офиса улучшает производительность любого предприятия.

В настоящее время работа по финансовому анализу многих крупных предприятий или групповых компаний все еще проводится вручную или некоторые показатели финансового анализа рассчитываются с помощью финансового программного обеспечения.

Такие традиционные модели финансового анализа имеют следующие основные недостатки:

- обратная технология приводит к тому, что результаты анализа представляют собой фиксированные отчеты и форматы, которые невозможно гибко представить в соответствии с потребностями принятия решений на всех уровнях;
- результаты финансового анализа часто остаются в определенном времени или пространстве, не имеют непрерывности и не могут динамически отразить проблему;
- ввиду огромной рабочей нагрузки скорость отклика низкая, а своевременность - невысокая.
- объем анализа узок и не может быть совмещен с другими отделами предприятия для комплексного анализа. Поэтому создание эффективной информационной системы финансового управления имеет большое значение.

ERP (Enterprise Resource Planning) - это платформа, позволяющая решать

задачи управления многообразной хозяйственной и финансовой деятельностью предприятия, обеспечивая пользователям доступ к любому типу данных в режиме реального времени.

Это означает, что любые обновления и изменения доступны через мгновение после их завершения.

Одним из ключевых модулей ERP-системы является модуль управления финансами предприятия или финансовый модуль [27].

Как показал анализ, не существует общепринятого определения модуля управления финансами (МУФ) в рамках ERP.

Согласно CCID Consulting, интегрированный МУФ «может помочь предприятию обрабатывать все виды финансовых данных, а также анализировать, управлять и контролировать финансовую деятельность. Это также может помочь в общении с инвестором. Благодаря интеграции всех видов финансовой информации, МУФ может помочь предприятию осуществлять глобальный контроль и принимать всевозможные стратегические решения на уровне управления предприятием на основе точных данных в режиме реального времени» [40].

На рисунке 1 представлена структурная схема типового МУФ.



Рисунок 1 – Структурная схема МУФ

Ядром модуля является главная книга. Ее можно легко интегрировать с различными операциями и процессами на предприятии, такими как логистика, бухгалтерский учет, управление денежными потоками и т.д.

Главная книга – это центральный узел со всеми данными, которые важны для отчетов и наблюдения в реальном времени.

На самом общем уровне финансовый модуль ERP - это программа, которая собирает финансовые данные, а затем создает отчеты.

Это позволяет предприятию более четко передавать финансовую информацию внешним партнерам, таким как поставщики и клиенты, когда это необходимо.

Как правило, это мощное решение для управления финансовой частью бизнеса и интеграции с другими подразделениями.

МУФ можно интегрировать с производством, продажами, доставкой, управлением и другими подразделениями или компонентами бизнес-архитектуры предприятия.

Все транзакции доступны с любого устройства и в любом месте.

Никакой ручной работы и ошибок в расчетах.

Полная прозрачность и постоянный учет транзакций делают финансовый модуль ERP-системы ценным инструментом.

Рассмотрим функциональные особенности модуля управления финансами ERP-системы.

На рисунке 2 представлено дерево функций типового модуля управления финансами предприятия, построенное в методологии ARIS [21].

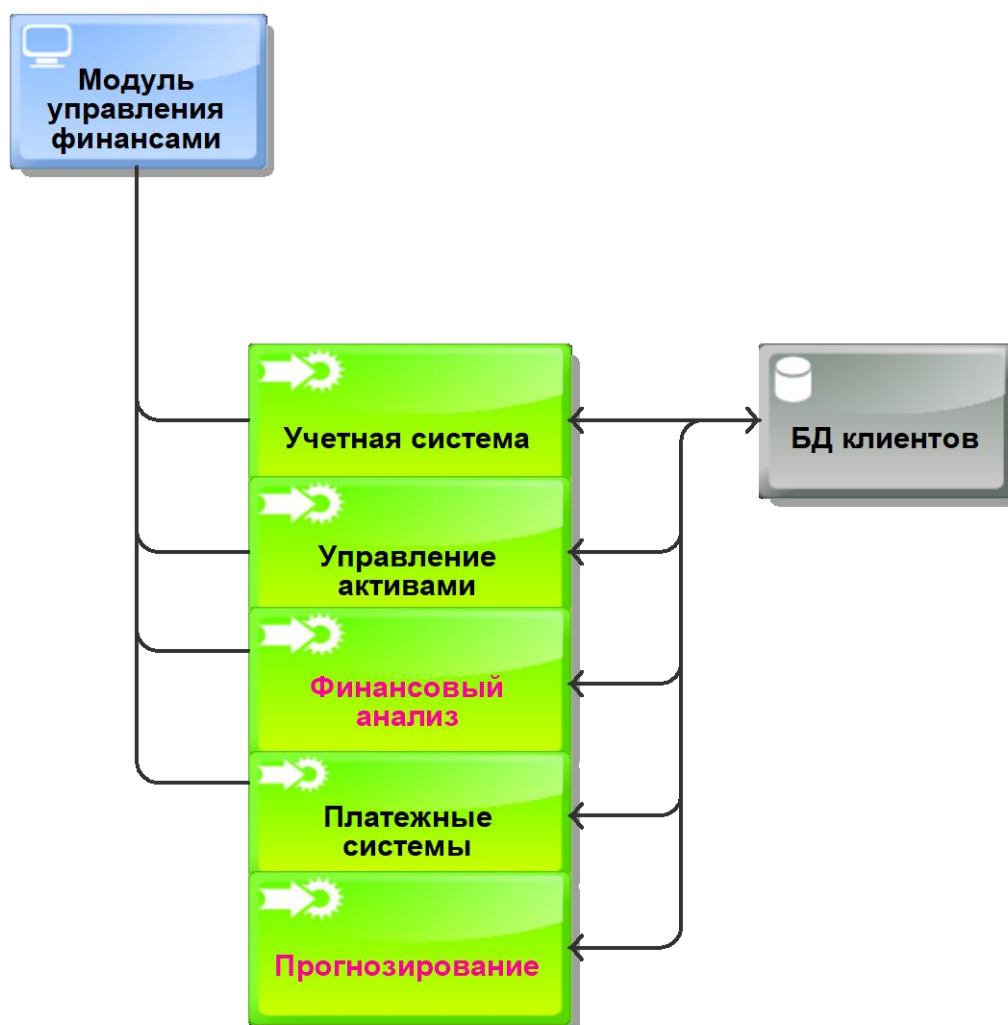


Рисунок 2 – Дерево функций модуля управления финансами предприятия

Клиентская база данных позволяет получать всю информацию о клиентах предприятия и хранить ее в одном месте. Обеспечивает хранение данных о финансовых транзакциях, балансах и личных счетах.

Учетная система обеспечивает информационную поддержку различных видов учета, а том числе бухгалтерского и управленческого. Применение онлайн-отчетов и таблицы обеспечивает видимость и прозрачность финансовых операций.

Управление активами представляет собой мощный инструмент для мониторинга активов и их состояния. Позволяет увидеть движения курсов акций в реальном времени. Формирует расширенные аналитические отчеты.

Финансовая аналитика предоставляет информационные панели в режиме реального времени с данными о дебиторской и кредиторской задолженности, различными типами отчетов и другими важными единицами данных. Все отображается в удобном для пользователя виде с визуальными эффектами.

Платежные системы обеспечивают предоставление клиентам доступа к различным платежным системам, что позволит им легко управлять и вносить какие-либо обновления. Это поможет также сделать все транзакции более безопасными.

Функция прогнозирования финансового модуля предоставит руководству точные прогнозы, основанные на отчетах и текущей ситуации на предприятии. Применение методов интеллектуального анализа существенно повысит эффективность управленческих решений.

К другим функциями МУФ, как правило, относятся простые системы выставления счетов и управления счетами для любой нужной валюты, хранение всех финансовых и операционных показатели будут храниться в одном месте.

Следует отметить, что функциональности МУФ могут отличаться для разных решений ERP.

Если предприятие разработает собственную платформу с финансовым модулем, оно получит реальную возможность реализовать только те функции, которые нужны конкретно для решения его бизнес-задач.

Если используется готовое решение, то возможности управления финансами будут ограничены предлагаемой типовой функциональностью.

Если использовать заказную услугу разработки ERP- системы, можно решить, какие функции будет иметь финансовый модуль ERP- системы.

Как показывает практика, надежный финансовый модуль дает полный контроль над информацией и обеспечивает ее интеграцию с другими подразделениями компании.

Это обеспечивается с помощью таких функций, как кредиторская и

дебиторская задолженность, главная книга, составление бюджета и т.д. [33].

Следует также отметить, что основными функциональными блоками, обеспечивающими поддержку задач распределения финансов, являются блоки финансовой аналитики и прогнозирования.

1.2 Базовые ERP модели и алгоритмы управления финансовыми потоками предприятия

Рассмотрим известные модели и алгоритмы управления финансовыми потоками, которые используются в современных ERP-системах.

Как показал анализ источников, в бухгалтерском и финансовом учете наиболее широко представлены модели, построенные на основе REA-онтологии [37].

Чтобы способствовать пониманию бизнес-онтологии REA в бухгалтерском сообществе, необходимо рассмотреть элементы бухгалтерского учета с двойной записью в форме дебетовой и кредитной нотации.

Дебетовые и кредитные лингвистические термины необходимы для того, чтобы дать событиям прироста и убывания активов, обязательств и капитала последовательную интерпретацию в рамках бухгалтерского учета на основе ALE (Account Level Equivalence, Эквивалентность на уровне учета) баланса.

Это основной вывод, сделанный В. Швайгером при анализе существенных недостатков бизнес-онтологии REA с точки зрения ее применимости в бухгалтерской области.

Чтобы исправить этот недостаток, он разработал модель бухгалтерских операций и ввел типизацию ресурсов ALE (рисунок 3).

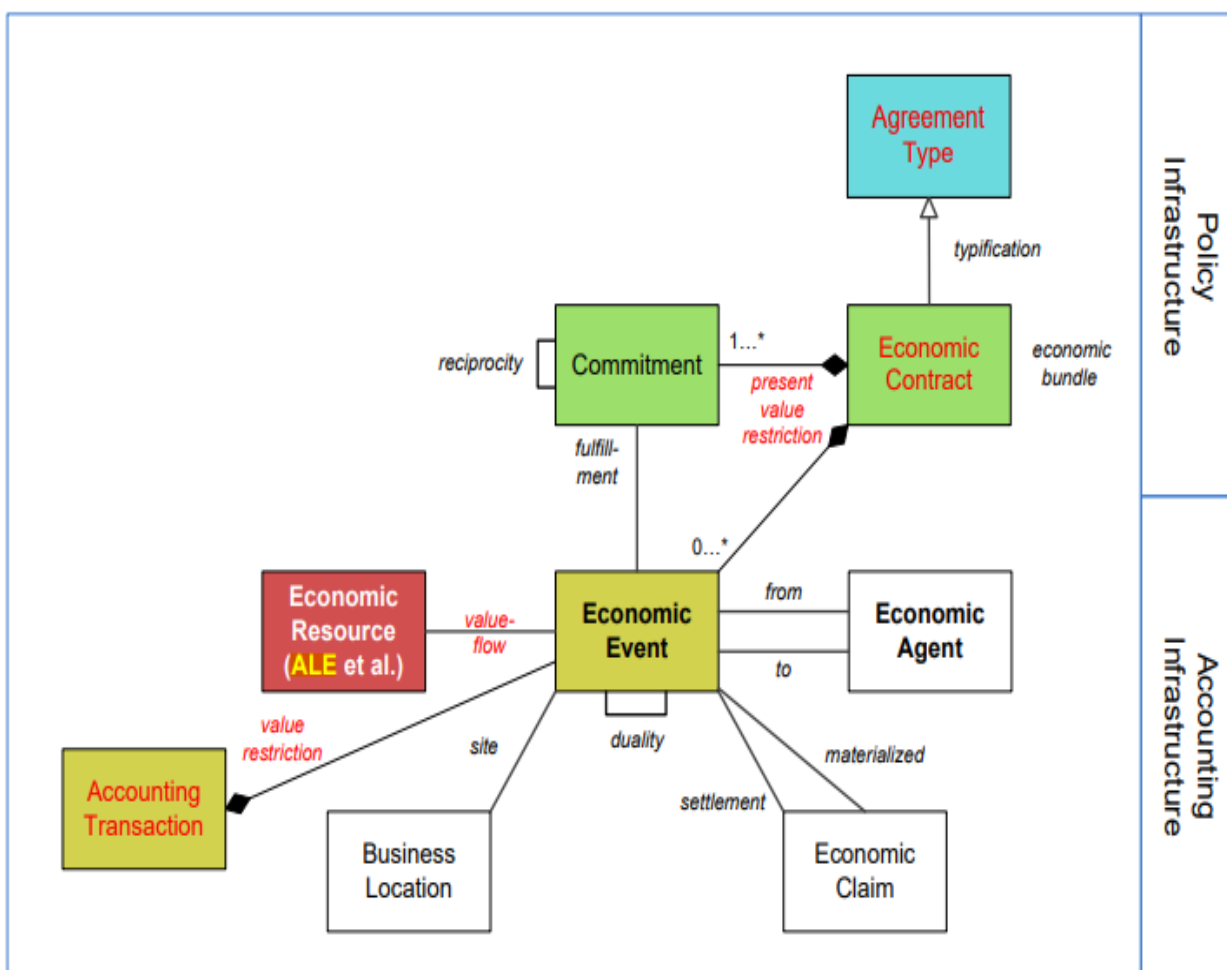


Рисунок 3 – Онтология ALE-учета

Закрытие периода или года является обязательным для аудита, внесения финансовых исправлений, сверки или исправления истории главной книги.

Для изображения алгоритмов используем диаграмму деятельности UML[14].

Диаграмм деятельности - это, по сути, блок-схема, представляющая поток от одного действия к другому. Действие можно описать как работу системы. Основное назначение диаграмм деятельности - фиксировать динамическое поведение системы. Ее также называют объектно-ориентированной блок-схемой.

На рисунке 4 представлен алгоритм закрытия отчетного периода.

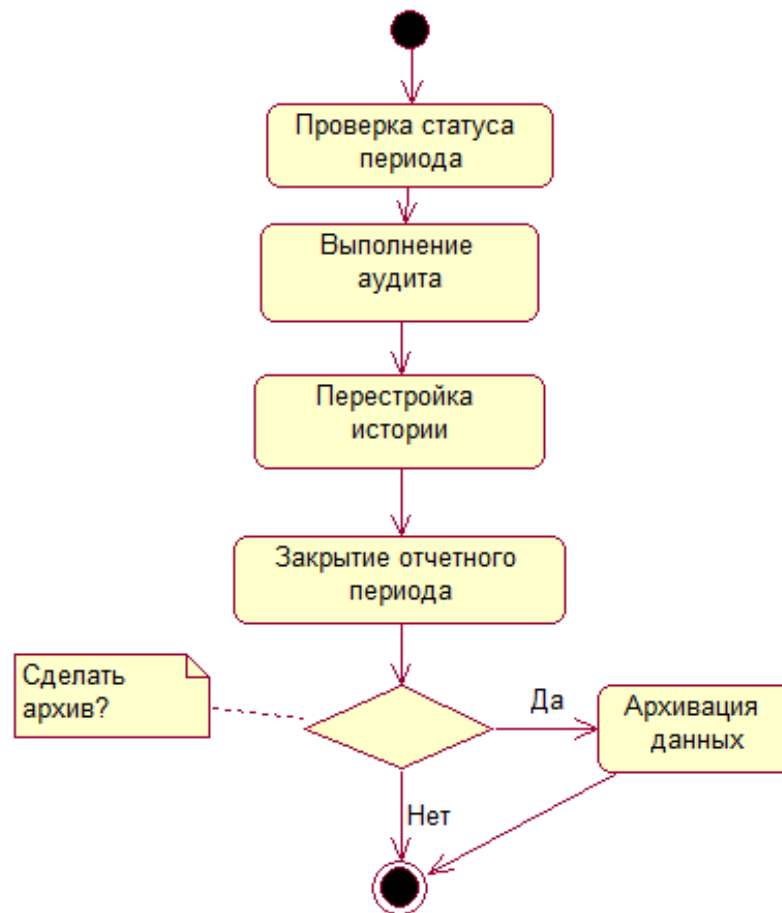


Рисунок 4 – Алгоритм управления закрытием отчетного периода главной книги

В работе [24] проанализированы функции и разработаны бизнес-процессы системы финансового менеджмента на основе моделирования ERP-системы для образовательного учреждения.

Представлена модель системной архитектуры финансовой системы на основе сервисно-ориентированной архитектуры, которая реализует уровень бизнес-процессов, уровень обслуживания и уровень данных многоуровневого повторного использования. Это делает систему слабосвязанной и гибкой, которая лучше адаптируется к потребностям обучения в конкретном учебном заведении.

Процесс подготовки бюджета и аудита проанализирован следующим образом.

Процесс разделен на три основных подпроцесса: подготовка бюджета, аудит бюджета и подтверждение бюджета.

Подготовка бюджета разделена следующим образом: получение бюджета каждого отдела, сводка бюджета, баланс бюджета, обеспечение доступа к бюджетному процессу каждого отдела.

На основании анализа процесса управления финансовым бюджетированием разработан алгоритм подготовки финансового бюджета и аудита бизнес-процесса, который изображен на рисунке 5.

Данный алгоритм реализуется модулем управления финансами ERP-системы.

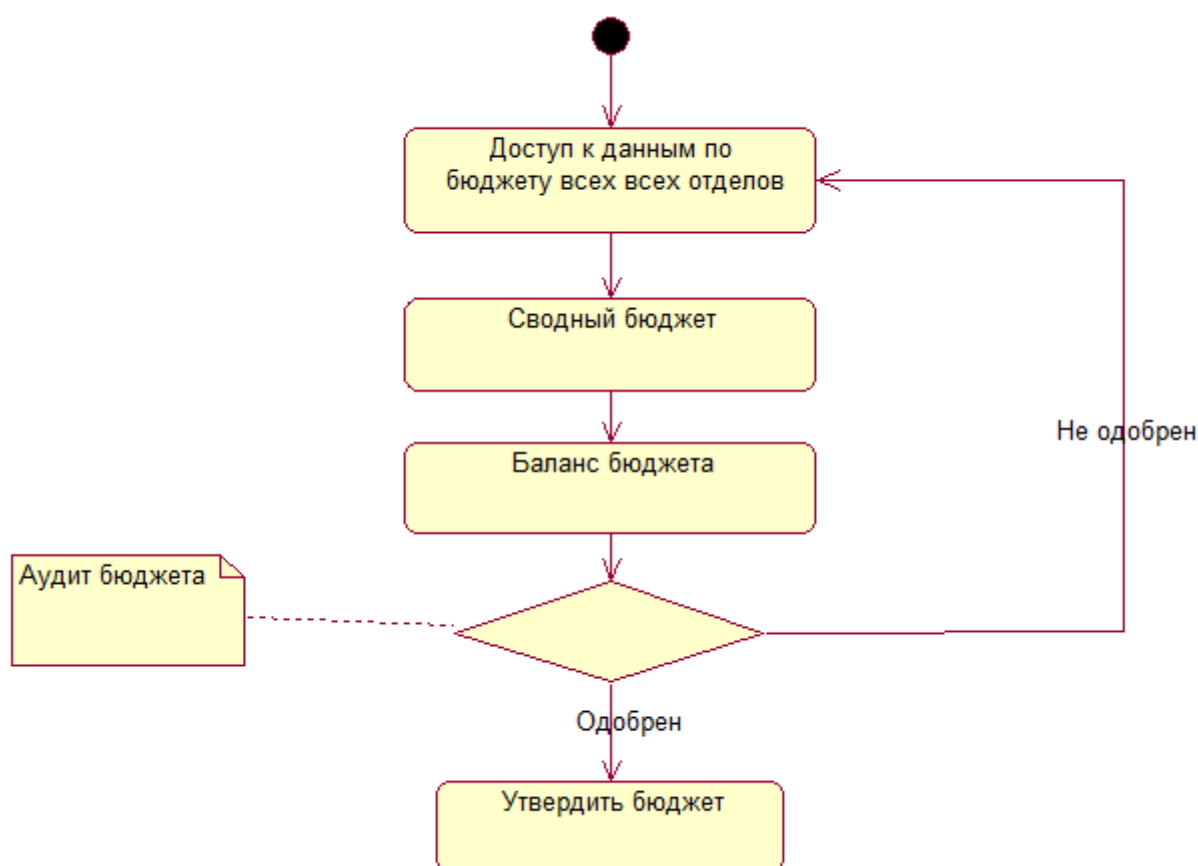


Рисунок 5 – Алгоритм подготовки финансового бюджета и аудита бизнес-процесса

Планирование является ключевым компонентом гарантии производительности при решении задач распределения ресурсов, в том числе

финансовых.

Функция планировщика в ERP-системе - реализация механизмов устойчивости для устранения возможных сбоев.

В этом случае для обеспечения устойчивости лучше всего подходят специальные механизмы перепланирования.

Производительность перепланирования очень важна в контексте крупномасштабных распределенных систем и динамического поведения.

В работе [34] предлагается общий алгоритм перепланирования.

Алгоритм может использовать широкий спектр эвристик планирования, которые могут быть выбраны пользователями заранее, в зависимости от структуры системы.

Компонент перепланирования разработан как сервис промежуточного программного обеспечения, цель которого - повысить надежность крупномасштабных распределенных систем.

Предлагаемый подход поддерживает отказоустойчивость и предлагает улучшенный механизм управления ресурсами. Оценка предложенного алгоритма перепланирования была проведена с использованием моделирования и симуляции.

Алгоритм основан на том, что поток работ по распределению ресурсов построен по модели ориентированного ациклического графа (ОАГ), в котором узлы представляют собой вычисления, а ребра - поток данных между узлами.

Граф описывается как $G(V, E)$,

где:

V - это множество узлов (задач). Обозначим узлы n_1, n_2, \dots, n_k ;

E - множество ориентированных ребер (зависимостей), обозначенных как $e(n_i, n_j)$;

$w: V \rightarrow R_+$ - функция, которая ставит в соответствие вес $w(n_i)$ каждому узлу $n_i \in V$; $w(n_i)$ представляет время выполнения задачи T_i , которая представлена узлом n_i в V ;

• $ew_n: E \rightarrow R_+$ - это функция, которая связывает вес с направленным

ребром; если n_i и n_j - два узла в V , то $ew_n(n_i, n_j)$ обозначает время связи между задачами между T_i и T_j (время, необходимое для передачи данных между процессорами, выполняющими задачи T_i и T_j). Когда два узла запланированы на один и тот же обрабатывающий элемент P , стоимость соединительного ребра становится равной 0.

Пример ОАГ изображен на рисунке 6.

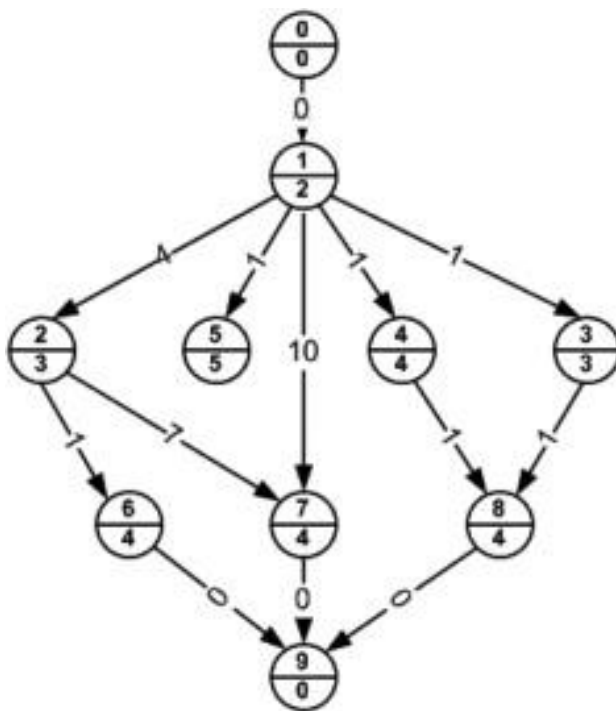


Рисунок 6 – Пример ОАГ

Граф также имеет два виртуальных узла с нулевой стоимостью: начальный узел является начальной точкой программы, а конечный узел представляет собой конец программы.

Узлы графа должны быть назначены доступным ресурсам, а связь, представленная ребрами графа, должна появиться в сети между ресурсами, которым назначены узлы.

В этом предположении планировщик должен определить, как ресурсы, назначенные каждому узлу графа, так и порядок выполнения, если тем же ресурсам назначено больше узлов.

Алгоритм перепланирования, который нацелен на адаптацию к

динамическим изменениям во время выполнения приложения, дает возможность изменить алгоритм планирования, используемый для перепланирования, а также позволяет разработать предварительную конфигурацию стратегия перепланирования, представлен на рисунке 7.

```

H0 = scheduling heuristic,
HR = heuristic used for rescheduling,
H_current = used heuristic,
S1 = rescheduling strategy for inner nodes,
S2 = rescheduling strategy for edge nodes,
P_current = current scheduling for unfinished nodes,
P = previous scheduling,
A = application DAG,
A_current = unfinished DAG tasks,
ERRN = the node where the error had occurred,
AUX1 = is true if just the current node is rescheduled,
AUX2 = is true if we reschedule the current node on another resource

1. H_current = H0;
2. A_current = A;
3. P = null;
4. R = get_available_resources();
5. P_current = schedule(H_current, A_current, R);
6. if(P.task_asoc_to_res <> P_current.task_asoc_to_res)
7.   P = P_current;
8.   submit(A_current, P_current);
9. if(DAG unfinished)
10.  if(error detected)
11.    if (ERRN = inner node)
11.      HR = select_rescheduling_heuristic(S1, AUX1);
12.      if(AUX1 = true)
13.        goto 19;
14.      else
15.        H_current = HR;
16.        A_current = subgraph_cons(A, ERRN);
17.        goto 4;
18.    if (ERRN = edge node)
19.      HR = select_rescheduling_heuristic(S2, AUX2);
20.      A_current = ERRN;
21.      if(AUX2 = true)
22.        H_current = HR;
23.        R = get_available_resources()\P_current.get_res_for(ERRN);
22.        goto 5;
23.      else
24.        goto 8;
25.    goto 9;

```

Рисунок 7 – Алгоритм перепланирования для управления распределением ресурсов

Как показал анализ, главным недостатком рассмотренных моделей и алгоритмов является относительно невысокая эффективность при решении задач финансового анализа и прогнозирования.

1.3 Методы и модели оценки эффективности использования финансового модуля ERP-системы

Как показал анализ специальной литературы, выбор методики оценки эффективности информационных систем управления, к категории которых относится финансовый модуль ERP, является серьезной проблемой.

Рассмотрим наиболее популярные методы оценки эффективности использования информационных систем управления;

- метод Gartner Measurement (Гартнер-измерение).

«Согласно этому методу эффективность определяет, насколько данная информационная система соответствует нуждам пользователя. При этом ориентирование идет не только на внутренние возможности системы, но и на субъективное мнение клиентов и объективные данные различных вариантов внедрения. Для этого качественно оцениваются такие критерии как время, затраченное на настройку системы, реализованные функциональные возможности, среднее число пользователей на один сервер, среднее и пиковое число транзакций в единицу времени, стоимость одной транзакции, среднее и пиковое время отклика системы, используемые методы обучения, стоимость инфраструктуры информационной системы на одного пользователя. На основе такого исследования оценивается конкретный вариант внедрения, при этом он сравнивается с другими (ранее внедренными). И на основе анализа даются рекомендации по улучшению работы информационной системы, подбору оптимальной конфигурации ПО, по наиболее эффективным для данного клиента

методикам обучения, по интеграции информационных систем с другими системами заказчика» [11];

- метод EVS (Economic value sourced, Источник экономической стоимости).

«По мнению аналитиков, специалисты ИТ-подразделения должны продавать свои услуги внутри компании по расценкам, примерно эквивалентным расценкам на внешнем рынке, что позволит компании отслеживать как доходы, так и расходы на ИТ. Таким образом, ИТ-структура из традиционного центра затрат превращается в центр прибыли, и появляется возможность четко определять, каким образом расходуются активы, связанные с ИТ, и увеличиваются доходы акционеров.

В основе EVS лежит метод управления рисками. По мнению Боба Каули, первого вице-президента филиала компании Meta Group и разработчика плана оценки EVS, ИТ могут принести компании пользу только четырьмя основными способами: увеличить доходы, повысить производительность, сократить время выпуска продуктов, снизить риск.

Методика предполагает точный расчет всех возможных рисков и выгод для бизнеса, связанных с внедрением и функционированием корпоративной информационной системы. При этом расширяется использование таких инструментальных средств для оценки ИТ, как EVA, внутренняя норма прибыли (IRR) и возврат от инвестиций (ROI), за счет определения и вовлечения в оценочный процесс параметров времени и риска.

Управление портфелем активов предполагает, что компании управляют ИТ так же, как управляли бы акционерным инвестиционным фондом с учетом объема, размера, срока, прибыльности и риска каждой инвестиции. Руководитель информационной службы рассматривается в качестве менеджера

фонда» [6];

- метод ROV (Real Options Valuation, справедливая цена опционов).

Основу методики ROV составляет ключевая концепция гибких возможностей компании в будущем. Методика рассматривает ИТ в качестве набора возможностей с большой степенью их детализации. Правильное решение принимается после тщательного анализа широкого спектра показателей и рассмотрения множества результатов или вариантов будущих сценариев, которые в терминах методики именуется динамическим планом выпуска управляющих решений или будущих событий. Цель методики состоит в том, чтобы добиться максимального уровня гибкости, который, в свою очередь, поможет организациям лучше и намного быстрее адаптировать или изменять свой курс в области ИТ;

- метод AIE (Applied information economics, Прикладная информационная экономика).

«Суть этой методики, разработанной Дугласом Хаббардом, руководителем компании Hubbard Ross, состоит в оценке преимуществ, получаемых предприятием от реализации ИТ-проекта, не в финансовом, а в натуральном выражении. В процессе оценки происходит присвоение единиц измерения традиционным нематериальным активам, таким, как уровень удовлетворенности пользователей и стратегическая ориентация, а затем следует определение ценности информации различными инструментальными средствами, позаимствованными из науки, теории управления портфелем активов и теории статистики. Такой подход позволяет подвергнуть анализу различные стратегии с неопределенными результатами, как это часто бывает при инвестициях в ИТ» [6].

На основании проведенного анализа, для финансового модуля в качестве показателя эффективности использования выбрана функциональная эффективность управления, обеспечивающая снижение рисков, связанных с

человеческим фактором [2]:

$$K_{\text{эy}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{y_i}}{n} \quad (1)$$

где:

n - количество функций управления, реализуемых ERP-модулем;

P_{y_i} - вероятность выработки ERP-модулем эффективного управляющего воздействия при реализации i -й функции управления.

Данный метод дает наиболее объективную оценку эффективности использования модулей ERP-системы предприятия.

Выводы к главе 1

Модуль управления финансами предприятия является одним из ключевых модулей ERP-системы. На самом общем уровне финансовый модуль ERP - это программа, которая собирает финансовые данные, а затем создает отчеты. Это позволяет предприятию более четко передавать финансовую информацию внешним партнерам, таким как поставщики и клиенты, когда это необходимо.

Как показал анализ, главным недостатком известных моделей и алгоритмов управления финансами, используемыми в ERP-системах, является относительно невысокая эффективность при решении задач финансового анализа и прогнозирования.

На основании проведенного анализа, для финансового модуля в качестве показателя эффективности использования выбрана функциональная эффективность управления, обеспечивающая снижение рисков, связанных с человеческим фактором. Данный метод дает наиболее объективную оценку эффективности использования модулей ERP-системы предприятия.

Глава 2 Анализ и выбор методологий разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия

2.1 Обзор и анализ ИТ-решений модуля распределения финансов ERP-системы предприятия

Анализ аналогов модуля производился на предмет соответствия следующим критериям:

- качество математического обеспечения финансового анализа и прогнозирования;
- качество алгоритмического обеспечения финансового анализа и прогнозирования;
- эффективность использования.

Рассмотрим ИТ-решения модуля распределения финансов на примере наиболее востребованных в России ERP-систем.

2.1.1 1С: ERP Управление предприятием. Модуль «Управление финансами и бюджетирование»

«В ИТ-решении «1С: ERP Управление предприятием. Модуль «Управление финансами и бюджетирование» реализована возможность ввода заявок на расходование денежных средств, поддерживаются этапы формирования и утверждения заявок, контролируется выполнение платежей по заявкам.

В учете безналичных денежных средств разделены регистрация оперативной информации о входящих и исходящих платежах (по первичным платежным документам) и регистрация выписок (реализованных отдельным документом). Это позволяет повысить оперативность финансового учета (в частности, взаиморасчетов), не искажая при этом учет средств на расчетных счетах, облегчить обработку платежей и выписок, получить полный контроль

за денежными средствами, находящимися в процессе зачисления, списания или перемещения.

Разработана функциональность учета расчетов с банком по эквайринговым операциям. Помимо собственно регистрации операций платежа и возврата по платежным картам, добавлен этап регистрации отчетов от банков по зачислению платежей, списанию возвратов, удержанию комиссии, что позволяет отследить каждую операцию от момента проведения платежа до поступления средств на расчетный счет.

Учет финансовых результатов (прибыли, убытков) ведется в разрезе направлений деятельности предприятия» [1].

Состав направлений в рамках финансового учета на предприятии может определяться очень гибко – например, направления могут соответствовать точкам продаж (для розничных предприятий), ассортименту (для дистрибуторов), проектам и так далее.

Поддерживается описание произвольных правил распределения себестоимости и выручки от продаж на направления деятельности, опирающихся на аналитику продаж.

Все это позволяет детально анализировать эффективность деятельности предприятия и развивать бизнес, оптимизируя состав направлений деятельности.

Основные инновации решения и развитие функциональности финансового учета:

- учет кредитов, депозитов и займов;
- эквайринг (платежные карты);
- гибкие инструменты для ведения платежного календаря;
- расширенные возможности управления текущими платежами;
- маршруты согласования заявок;
- гибкие инструменты для формирования платежных документов на будущие даты;
- инвентаризация касс и расчетных счетов;

- аналитическая отчетность по движению денежных средств;
- использование шаблонов проводок;
- отложенное отражение проводок в учете;
- привязка проводок к документам без трансформации;
- создание документов по типовым операциям;
- аудируемость данных;
- регистрация нефинансовых показателей;
- генерация финансовых отчетов.

На рисунке 8 представлена настроенная методическая модель: план счетов, шаблоны проводок, финансовые отчеты по МСФО.

Наименование	Обратный знак, Счет, Тип итога	Код стр.
Элементы отчета		
[Организация] Отчет о финансовом положении на [Конечная да...]		
Таблица		
Колонки		
Период, год		
Строки		
АКТИВЫ		
Долгосрочные активы		
Основные средства: имущество, машины и обору...	10500, Конечное сальдо	1100
Инвестиционное имущество	11000, Конечное сальдо	1150
Деловая репутация	11500, Конечное сальдо	1200
Нематериальные активы, кроме деловой репутации	12000, Конечное сальдо	1250
Инвестиции, учитываемые по методу долевого участия	13000, Конечное сальдо	1300
Инвестиции в дочерние, ассоциированные и совме...	12500, Конечное сальдо	1350
Долгосрочные биологические активы	13500, Конечное сальдо	1400
Торговая и прочая долгосрочная дебиторская задо...		1450
Долгосрочные запасы	15000, Конечное сальдо	1500
Отложенные налоговые активы	15500, Конечное сальдо	1550
Долгосрочная дебиторская задолженность по налогам	16000, Конечное сальдо	1600
Прочие долгосрочные финансовые активы	17000, Конечное сальдо	1700
Прочие долгосрочные нефинансовые активы	18000, Конечное сальдо	1800

Рисунок 8 – Окно отчета о финансовом положении предприятия

Таким образом, 1С:ERP позволяет не только грамотно организовать финансовый учет на предприятии, но и наладить эффективное использование детализированных данных финансового учета в целях повышения эффективности бизнеса.

2.1.2 Галактика ERP. Модуль «Финансовый анализ»

Модуль «Финансовый анализ» системы Галактика ERP предназначен для проведения анализа финансового состояния предприятия на основании бухгалтерской и управленческой отчетности.

Функциональность модуля включает в себя следующие возможности:

- проводить анализ отчетности, которая может быть сформирована в различных стандартах – РСБУ, МСФО, US GAAP и в специализированных отраслевых формах отчетности;
- проверять поступившие для анализа отчеты на полноту, непротиворечивость и правильность заполнения;
- применять различные методы расчета показателей анализа.

«По каждому показателю пользователь получает детализированную информацию о его источнике, центре ответственности, периоду, валюте и значению. Клиент также имеет интерпретацию (легенду) значений для каждого показателя. Модуль может хранить и применять для расчетов различные индексы и получать результаты расчетов в табличном виде и в виде диаграмм (рисунок 9)» [3].

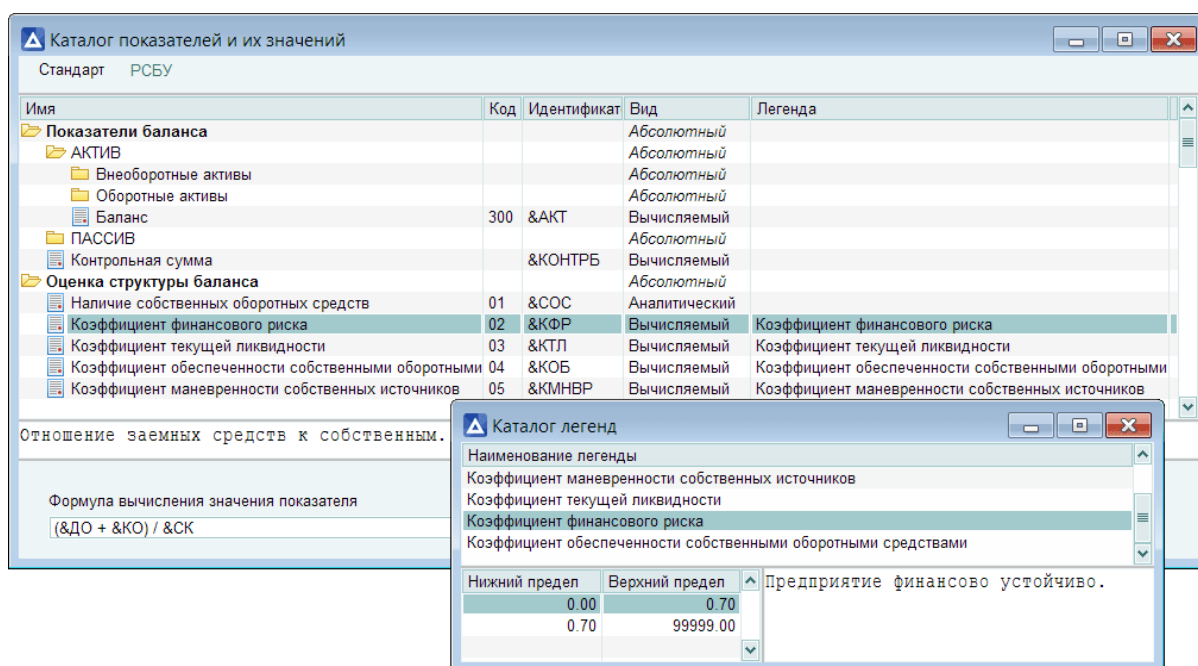


Рисунок 9 – Каталог показателей и их значений

С помощью модуля «Финансовый анализ» может проводиться анализ экономических показателей собственного предприятия:

- на основании бухгалтерской отчетности, сформированной в контуре «Бухгалтерский учет» системы Галактика ERP;
- на основании отчетов контура «Логистика»;
- на основании отчетов, которые были загружены из любых других систем или введены вручную.

Функциональность модуля «Финансовый анализ» позволяет использовать его для анализа финансового состояния не только собственной организации, но и партнеров или конкурентов, используя для этого открытую (публичную) бухгалтерскую отчетность.

2.1.3 ERP SAP. Модуль управления финансами

Программное решение SAP® Business One представляет собой надежное интегрированное решение для оптимизации финансового управления предприятия. Оно автоматизирует повседневные финансовые задачи и интегрирует их с другими бизнес-процессами, такими как закупки и продажи, в режиме реального времени, что позволяет ускорить транзакции и улучшить денежный поток.

По мере роста бизнеса растут и проблемы, связанные с управлением финансами. Без интегрированного и автоматизированного программного решения для управления финансами повышенная сложность бизнеса может перегрузить существующие финансовые и бухгалтерские процессы, что приведет к неэффективности и неточностям, которые могут привести к упущенным возможностям и потере доходов.

SAP Business One отвечает потребностям растущего малого и среднего бизнеса с помощью следующих ключевых финансовых функций:

- бухгалтерский учет - автоматическая обработка всех ключевых

- учетных процессов, таких как записи журнала, дебиторская и кредиторская задолженность;
- контроль (или учет затрат) - точное управление денежным потоком, отслеживание бюджетов и сравнение фактических и плановых показателей;
 - банковские операции и сверка - быстрая обработка всех выверок и всех банковских выписок и платежей различными способами, включая чеки, наличные деньги, кредитные карты и банковские переводы;
 - финансовая отчетность и анализ - создавайте широкий спектр стандартных или настраиваемых финансовых отчетов на основе данных в реальном времени для бизнес-планирования и аудиторских проверок (рисунок 10).

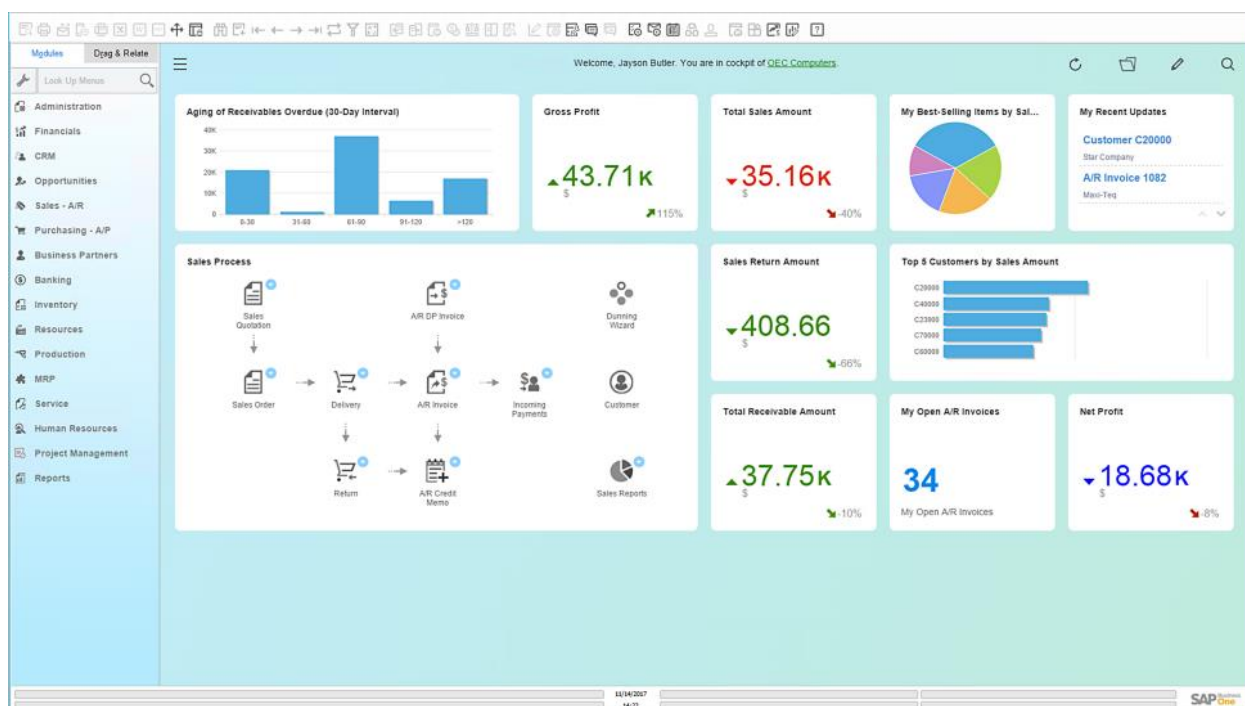


Рисунок 10 – Окно панели финансовых показателей

SAP Business One позволяет получить следующие преимущества для бизнеса:

- оптимизация финансовых операций - автоматизируйте, интегрируйте и управляйте всеми финансовыми процессами в вашей компании с помощью единого решения, устраняя повторяющиеся записи и ошибки;
- более быстрый процесс закрытия - быстрее закрывайте книги с помощью автоматизированных процессов и возможности доступа к точной и своевременной финансовой информации;
- улучшенное принятие решений - получите единое финансовое представление о своем бизнесе за счет интеграции данных бухгалтерского учета с информацией о продажах, закупках, запасах и операционной информации.

Для сравнительного анализа характеристик существующих ИТ-решений модуля распределения финансов ERP-системы предприятия используем таблицу 1.

Критерии оценивания характеристик модуля представлены ниже.

- 0 – полное несоответствие требованиям;
- 1 – значительное несоответствие требованиям;
- 2 – для соответствия требования необходима значительная доработка;
- 3 – для соответствия требования необходима незначительная доработка;
- 4 – незначительное несоответствие требованиям;
- 5 – полное соответствие требованиям.

Таблица 1 - Сравнительный анализ существующих ИТ-решений модуля распределения финансов ERP-системы предприятия

Характеристика/Аналог (макс.-5)	1С: ERP. Модуль «Управление финансами и бюджетирование»	Галактика ERP. Модуль «Финансовый анализ»	SAP ERP. Модуль управления финансами
качество математического обеспечения финансового анализа и прогнозирования	Нет данных	Нет данных	Нет данных
качество алгоритмического обеспечения финансового анализа и прогнозирования	Нет данных	Нет данных	Нет данных
эффективность использования	3	2	1
Итого	3	2	1

Как показал анализ, в описаниях рассмотренных модулей нет сведений об используемом математическом и алгоритмическом обеспечении финансового анализа и прогнозирования, что не позволяет объективно оценить их возможности.

Поэтому представляется целесообразным разработать новые модели и алгоритмы распределения финансов и реализовать их на доступной платформе ERP.

Это подтверждает актуальность темы магистерской диссертации.

2.2 Методологические основы разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия

В области моделирования эффективных информационных систем управления финансовой сферой следует выделить работы В. Маккарти, С.В. Мкртычева, В. Швайгера, Wu Ya, специалистов фирмы 1С и др.

Анализ источников позволил констатировать недостаточность работ в области разработки моделей и алгоритмов распределения финансов ERP-системы предприятия.

2.2.1 REA-онтология

В большинстве работ в качестве базовой методологии моделирования модулей управления финансами ERP-систем рассматривается REA (Resources-Events-Agents) – онтология.

Модель учета REA была предложена В. Маккарти, чтобы концептуализировать логику учета с точки зрения экономических ресурсов (R), которыми обмениваются в экономических событиях (E) между собой экономические агентами (A) [31].

В рамках системы бухгалтерского учета REA-онтология рассматривает теорию бухгалтерского учета с точки зрения запасов и потоков.

Эта структура, называемая моделью учета REA, разработанная с использованием методов моделирования данных.

Основная структура модели состоит из множеств, представляющих экономические ресурсы, экономические события и экономических агентов, а также отношения между этими множествами. Экономическим ядром модели учета REA является принцип двойственности. Отношение двойственности выражает экономическое обоснование того, что дефицитные ресурсы имеют положительную цену, которая должна быть уплачена в сделке обмена между покупателем и продавцом.

REA-модель тесно связывает экономические ресурсы с материальными активами. Она явно отделяет экономические требования от экономических ресурсов, чтобы подчеркнуть временной дисбаланс между потоками экономических ресурсов в экономических транзакциях, таких как, например, продажа по кредитной карте и продажа по счету.

Гиртс и Маккарти распространили модель учета REA на бизнес-онтологию REA, которая также содержит экономические контракты и инфраструктуру учетной политики (рисунок 11) [29].

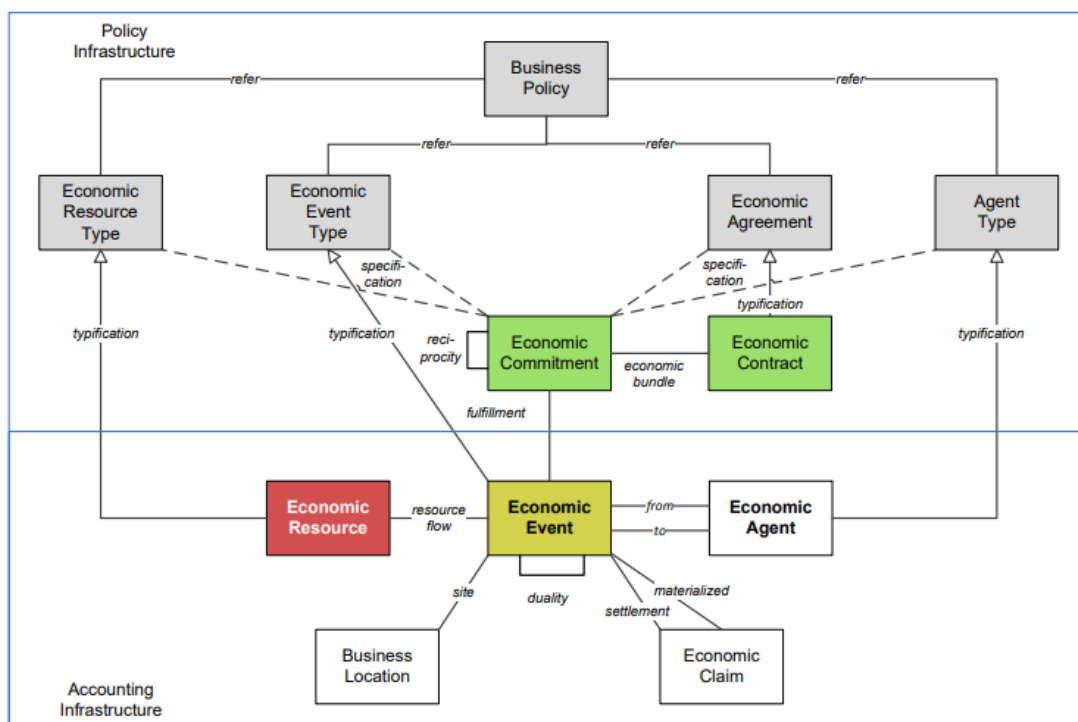


Рисунок 11 - Бизнес-онтология REA - инфраструктура бухгалтерского учета и политики

Они определили экономические контракты как экономические связи экономических обязательств, которые соответствуют принципу взаимности.

Принцип взаимности является концептуальным аналогом принципа двойственности.

Таким образом, REA-онтология позволяет создавать модели эффективных учетных систем, в том числе систем бухучета.

Однако она не подходит для решения задач финансового анализа и прогнозирования.

2.2.2 Интеллектуальный анализ данных

Как показал анализ литературы, в настоящее время для решения задач управления финансами в ERP-системах применяются методы интеллектуального анализа (Data mining).

Интеллектуальный анализ данных - это процесс анализа огромных объемов данных для обнаружения бизнес-аналитики, которая помогает компаниям решать проблемы, снижать риски и использовать новые возможности [39].

Интеллектуальный анализ данных может дать ответ на бизнес-вопросы, решение которых вручную занимало слишком много времени. Используя ряд статистических методов для анализа данных различными способами, пользователи могут определять закономерности, тенденции и взаимосвязи, которые в противном случае они могли бы упустить. Они могут применять эти результаты, чтобы предсказать, что может произойти в будущем, и предпринять действия, чтобы повлиять на результаты бизнеса.

Интеллектуальный анализ данных используется во многих областях бизнеса и исследований, включая управление финансами, продажи и маркетинг, образование и т.д. При правильном использовании интеллектуальный анализ данных может обеспечить серьезное преимущество

перед конкурентами, позволяя предприятиям больше узнавать о клиентах, разрабатывать эффективные маркетинговые стратегии, увеличивать доходы и сокращать расходы.

Процесс интеллектуального анализа данных состоит из следующих шагов [17]:

– определение цели.

Четкая и ясная бизнес-цель - ключ к успеху любого проекта интеллектуального анализа данных. Для некоторых проектов бизнес может быть относительно ясным, но для большинства проектов интеллектуального анализа данных трудно дать очень четкие бизнес-цели. Поэтому, как лицо, принимающее бизнес-решения по проекту, очень важно сделать четкое описание соответствующей бизнес-логики и целей интеллектуального анализа данных до начала проекта. В противном случае бесцельный анализ данных явно не увенчается успехом;

– обработка данных.

Обработка данных в основном включает сбор и отбор данных. Методы сбора данных могут быть разными, в основном в зависимости от открытого источника данных и соображений финансирования проекта. Цель интеллектуального анализа данных определяет подходы к сбору данных. Основная задача этого шага - выявить и собрать данные, которые можно использовать для интеллектуального анализа;

– преобразование данных.

Метод преобразования данных определяется в основном типом интеллектуального анализа данных, инструментом интеллектуального анализа данных и технологией интеллектуального анализа данных. Несколько типичных методов преобразования: реорганизационная классификация, преобразование символа в числовое значение, математическое преобразование и т.д.;

– интеллектуальный анализ данных.

Основными методами интеллектуального анализа данных являются классификация, кластерный анализ, модель прогнозирования, анализ временных рядов и анализ ссылок;

– оценка результатов.

Оценка результатов относится к преобразованию результатов интеллектуального анализа данных в коммерческую ценность, то есть на основе знаний, извлеченных с помощью интеллектуального анализа данных, предоставления разумных рекомендаций для реального бизнеса и преобразования их в модель, понятную пользователю.

В общем виде схема процесса интеллектуального анализа данных представлена на рисунке 12.



Рисунок 12 – Схема процесса Data mining

Для достижения наилучших результатов интеллектуального анализа данных требуется множество инструментов и методов.

Некоторые из наиболее часто используемых функций представлены ниже.

Очистка и подготовка данных - этап, на котором данные преобразуются в форму, подходящую для дальнейшего анализа и обработки, например, для выявления и удаления ошибок и отсутствующих данных.

Искусственный интеллект (ИИ) - эти системы выполняют аналитическую деятельность, связанную с человеческим интеллектом, такую как планирование, обучение, рассуждение и решение проблем;

Изучение правил ассоциации - эти инструменты, также известные как анализ рыночной корзины, ищут взаимосвязи между переменными в наборе данных, например, определяют, какие продукты обычно покупаются вместе.

Кластеризация - процесс разделения набора данных на набор значимых подклассов, называемых кластерами, чтобы помочь пользователям понять естественную группировку или структуру данных.

Классификация - этот метод назначает элементы в наборе данных целевым категориям или классам с целью точного прогнозирования целевого класса для каждого случая в данных.

Анализ данных - процесс преобразования цифровой информации в полезную бизнес-аналитику.

Хранилище данных - большой набор бизнес-данных, используемый для помощи организации в принятии решений. Это основополагающий компонент большинства крупномасштабных усилий по интеллектуальному анализу данных.

Машинное обучение - метод компьютерного программирования, который использует статистические вероятности, чтобы дать компьютерам возможность «учиться» без явного программирования.

Регрессия - метод, используемый для прогнозирования ряда числовых значений, таких как продажи, температуры или цены акций, на основе определенного набора данных.

Интеллектуальный анализ данных подходит для решения практически любой бизнес-задачи, связанной с данными, в том числе:

- увеличение дохода;

- понимание клиентских сегментов и предпочтений;
- привлечение новых клиентов;
- улучшение перекрестных продаж и дополнительных продаж;
- удержание клиентов и повышение лояльности;
- повышение ROI;
- обнаружение мошенничества;
- выявление кредитных рисков;
- мониторинг эксплуатационных показателей и др.

Благодаря применению методов интеллектуального анализа данных решения могут быть основаны на реальной бизнес-аналитике, а не на инстинктах или интуиции, и обеспечивать стабильные результаты, позволяющие предприятиям опережать конкурентов.

В настоящее время технологии Data mining активно интегрируются с корпоративными приложениями, включая системы бизнес-аналитики, CRM, ERP, финансовое и другое корпоративное программное обеспечение, с которыми они должно взаимодействовать для максимальной окупаемости инвестиций.

В работе [22] описаны особенности применения технологии Data mining в ERP-системах:

- общая ценность ERP часто определяется плотностью потока данных платформы. Это означает, что чем больше ценных данных вы передадите по определенному каналу, тем лучше будут ваши результаты со временем. Однако сам по себе объем не обязательно является преимуществом, если множественность этих элементов не анализируется и не оптимизируется с самого начала. Именно здесь на первый план выходит «настоящая» эффективность интеллектуального анализа данных в ERP;
- более широкое использование автоматизированных устройств. Современные ERP-системы далеки от устаревших конфигураций, которые в первую очередь зависели от плоского пользовательского

интерфейса во внешнем интерфейсе, привязанного к платформам РСУБД в серверной части. К современным ERP-платформам были применены многочисленные инновации, включая появление «умных» языков программирования, более тонких и сложных платформ управления данными и способности интегрировать интеллектуальный анализ данных ERP с множеством устройств для сбора данных. Следовательно, использование устройств ERP резко возросло и теперь применяется множеством способов передачи / извлечения данных, начиная от уровня кассового терминала и кончая бухгалтерской книгой бэк-офиса. Некоторые из этих нововведений включают; системы связи ближнего поля (NFC), устройства для улучшения зрения, непосредственно задействованные в активном производственном цехе, мобильные устройства для продаж и закупок, а также активные/пассивные RFID-метки, которые управляют данными элементарных затрат и продаж как для управления запасами / отгрузкой, так и для финансового управления уровни в реальном времени;

- оптимизация управления данными в реальном времени. По сути, ценность интеллектуального анализа данных ERP зависит от элементарной гарантии качества отдельных записей. Одна неверная конфигурация записи, умноженная на любое экспоненциальное количество записей, начнет расти как снежный ком. ERP - платформа может потерять ценные данные, когда система в них больше всего нуждается.

Основу методов интеллектуального анализа данных, применяемых в ERP-системах, составляют всевозможные методы классификации, моделирования и прогнозирования, основанные на применении деревьев решений, искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов [38].

Классификация - это функция интеллектуального анализа данных, которая назначает элементы коллекции целевым категориям или классам [23].

Цель классификации - точно предсказать целевой класс для каждого случая в данных. Например, модель классификации может использоваться для определения соискателей кредита с низким, средним или высоким кредитным риском.

Классификация требуется для выяснения в какой группе данный экземпляр набора тестируемых данных относится к данному классу набора данных для обучения. Она разделяет данную информацию на подклассы, которые зависят от некоторых наблюдаемых параметров.

Для интеллектуального анализа данных используются несколько различных типов методов: деревья решений (ID3, C4.5, CART), k-ближайшие соседи, алгоритм «априори», наивный байесовский алгоритм, нейронные сети.

В целом, для техники классификации используются три подхода: машинное обучение, статистическая основа и нейронные сети. Рассматривая эти подходы в целом, мы можем определить разные классификаторы.

Классификация имеет бесчисленное количество приложений в распознавании речи, компьютерном зрении, финансовом анализе, биологической классификации [35].

Рассмотрим пример применения дерева решений для решения задач управления финансами методом классификации [30].

Дерево решений - это дерево решений на основе метрик (ДРОМ), которое объединяет линейный классификатор и дерево решений.

Предлагаемый метод построения дерева решений используется для уменьшения количества деревьев.

Этот метод может лучше повысить эффективность дерева решений при решении задач классификации.

Используя расстояния Махаланобиса для классификации, наиболее эффективный метод классификации выбирается для подмножества признаков каждого подмножества ДРОМ.

Если эффективная классификация некоторого подмножества не может быть проведена, при выборе оптимального метода классификации будет

принят метод пороговой оценки.

Используемый алгоритм представляет собой управляемый алгоритм, который представляет собой предварительно заполненный набор классифицированных обучающих наборов с меткой.

Алгоритм ДРОМ - это рекурсивный алгоритм. В качестве критерия ветвления используется пороговый метод.

Предположим, что $T = \{t_i\}$, где $1 \leq i \leq c$ представляет набор образцов, c - количество классов образцов.

Предположим, что $A = \{a_i\}$, где $1 \leq i \leq m$ представляет пространство признаков, m - количество атрибутов, $B = \{b | b \in A\}$ - пространство степеней A .

Предположим, что β_e было преобразовано в порог ошибочной классификации, а β_c - порог перекрестной неправильной классификации.

Для надмножества $C \subset T$, C содержит несколько классов образцов. $b \in B$ принадлежит набору атрибутов. Образец включен в эту категорию. Выбор коллекции $b_{best} \in B$ является целью, чтобы можно было правильно классифицировать большинство образцов C .

Если образец класса t_i ошибочно классифицирован по отношению к t_j , тот же класс будет t_i и t_j , и они будут ждать следующего уровня, чтобы продолжить классификацию.

В эксперименте данные каждой группы были разделены на две части: A и B . Данные этих двух частей обучены и проверены, и получены четыре результата классификации. Они оба являются A проверкой, A обучением; B проверкой, A обучением; B обучением A проверкой; B обучением B проверкой.

Каждый результат, полученный в результате анализа и улучшения алгоритма дерева решений, представляет собой матрицу.

Количество образцов правильно представлено элементами по диагонали матрицы.

Класс i ошибочно классифицируется как класс j , а матрица равна $[i, j]$ ($i \neq j$).

На рисунке 13 показан процесс проверки результатов классификации для несогласованности и согласованности t_1 и t_5 .

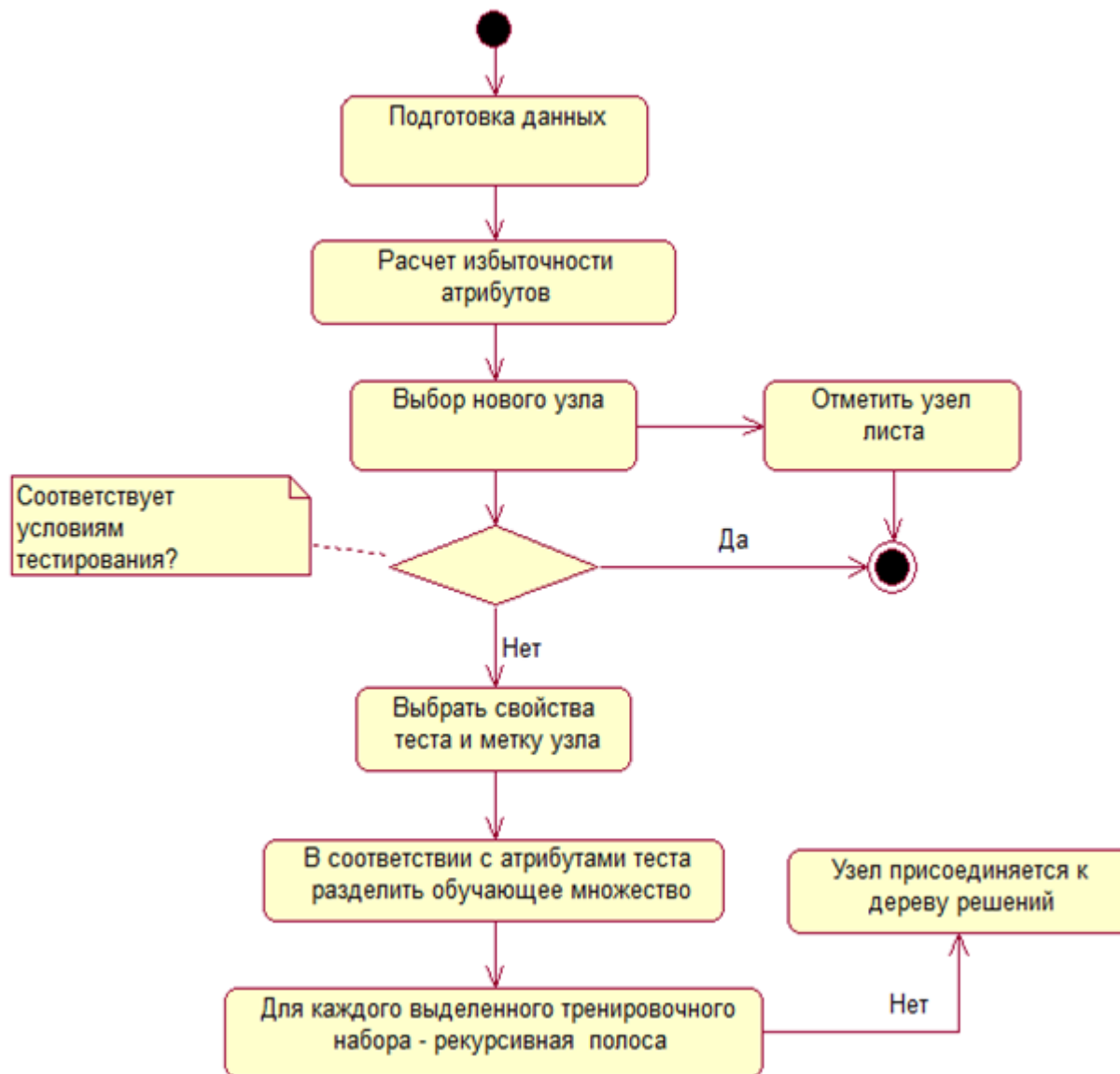


Рисунок 13 - Улучшенная блок-схема алгоритма дерева решений

Следует отметить, что деревья решений имеют ряд недостатков, которые ограничивают их применения в ERP-системах.

Деревья решений чувствительны к шумам во входных данных.

Так, небольшие изменения обучающей выборки могут привести к глобальным корректировкам модели, что скажется на смене правил классификации и интерпретируемости модели.

Кроме того, разделяющая граница имеет определенные ограничения, из-

за чего дерево решений по качеству классификации уступает другим методам [20].

2.2.3 Искусственные нейронные сети

Рассмотрим особенности применения искусственных нейронных сетей в ERP-системах.

Нейронные сети широко применяются при решении задач классификации.

Нейронные сети, также известные как искусственные нейронные сети или моделируемые нейронные сети, являются подмножеством машинного обучения и лежат в основе алгоритмов глубокого обучения [12].

Их название и структура вдохновлены человеческим мозгом, имитируя способ, которым биологические нейроны передают друг другу сигналы [32].

Искусственные нейронные сети состоят из слоев узлов, содержащих входной слой, один или несколько скрытых слоев и выходной слой.

Каждый узел или искусственный нейрон соединяется с другим и имеет связанный вес и порог.

Если выходной сигнал любого отдельного узла превышает заданное пороговое значение, этот узел активируется, отправляя данные на следующий уровень сети.

В противном случае никакие данные не передаются на следующий уровень сети.

Следует отметить, что нейронная сеть, состоящая из более чем трех слоев, включая входные и выходные данные, может считаться алгоритмом глубокого обучения.

Нейронная сеть, состоящая всего из двух или трех слоев, - это просто типовая нейронная сеть.

Структурная схема типовой нейронной сети представлена на рисунке 14.

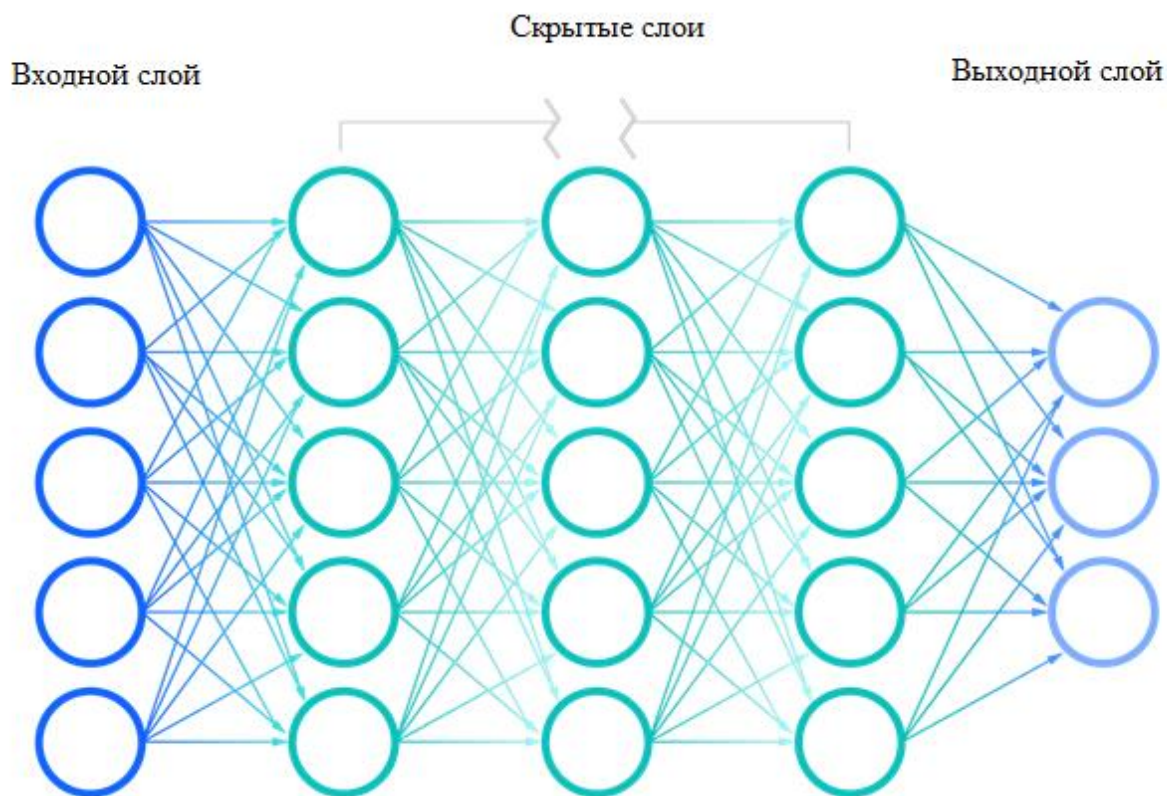


Рисунок 14 – Схема ИНС

Нейронные сети полагаются на обучающие данные, чтобы учиться и со временем повышать свою точность. Однако, как только эти алгоритмы обучения настроены на точность, они становятся мощными инструментами в области информатики и искусственного интеллекта, позволяя нам классифицировать и кластеризовать данные с высокой скоростью.

Обучение нейронных сетей происходит с помощью метода обратного распространения ошибки в два этапа.

На первом этапе делается предсказание ответа.

На втором этапе ошибка между фактическим ответом и предсказанным минимизируется.

Рассмотрим примеры применения нейронных сетей в решении задач прогнозирования в ERP-системах.

В работе [36] рассматривается идея прогнозирования высокой эффективности внедрения ERP на основе организационных профилей. Для этого была разработана экспертная система с использованием метода

искусственной нейронной сети (ИНС) для определения взаимосвязей между некоторыми организационными факторами и эффективностью ERP.

Алгоритм разработки экспертной системы прогнозирования эффективности ERP-системы представлен на рисунке 15.

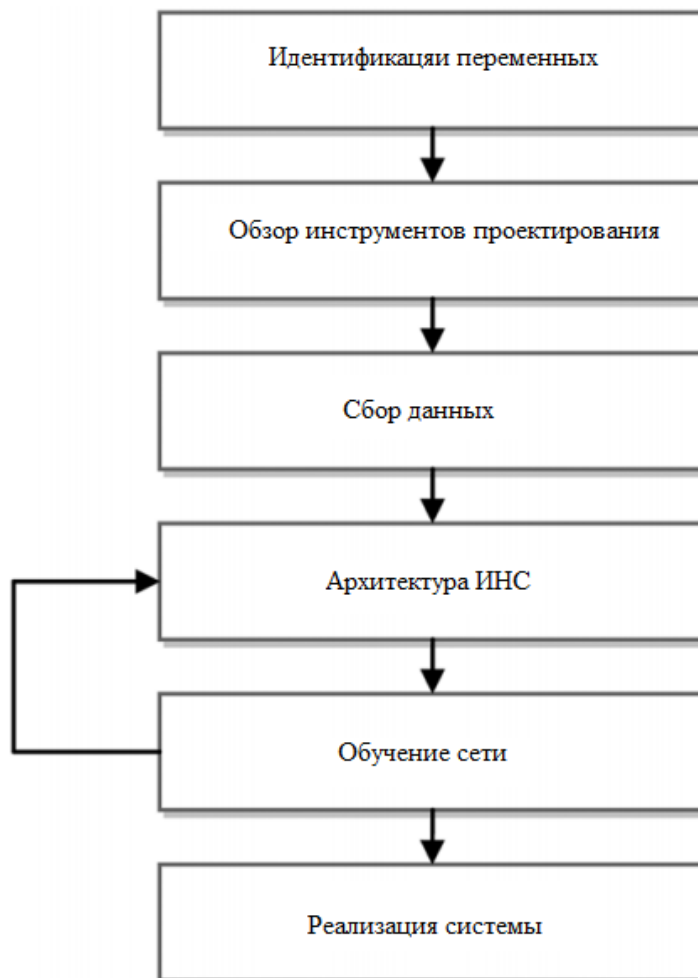


Рисунок 15 – Алгоритм разработки прогнозирования эффективности ERP-системы

Роль экспертной системы заключается в подготовке к получению данных от новых предприятий, которые хотят внедрить ERP, и прогнозированию вероятного уровня эффективности системы.

В работе [26] представлены исследование и моделирование системы, которая может дать прогноз товаров, необходимых для инвентаризации предприятия, в зависимости от прошлой истории продаж этого предприятия в отношении событий, происходящих в разные периоды времени.

Предлагаемая система представляет собой нейронную сеть с обратным

распространением ошибки, которая извлекает данные, содержащиеся в ERP, для создания календаря ожиданий с точки зрения количества и характера товаров, необходимых для определенной корпорации, на основе выборок продаж во временных интервалах с определенными событиями.

В системе используется метод классификации.

На рисунке 16 представлена потоковая диаграмма используемой ИНС.

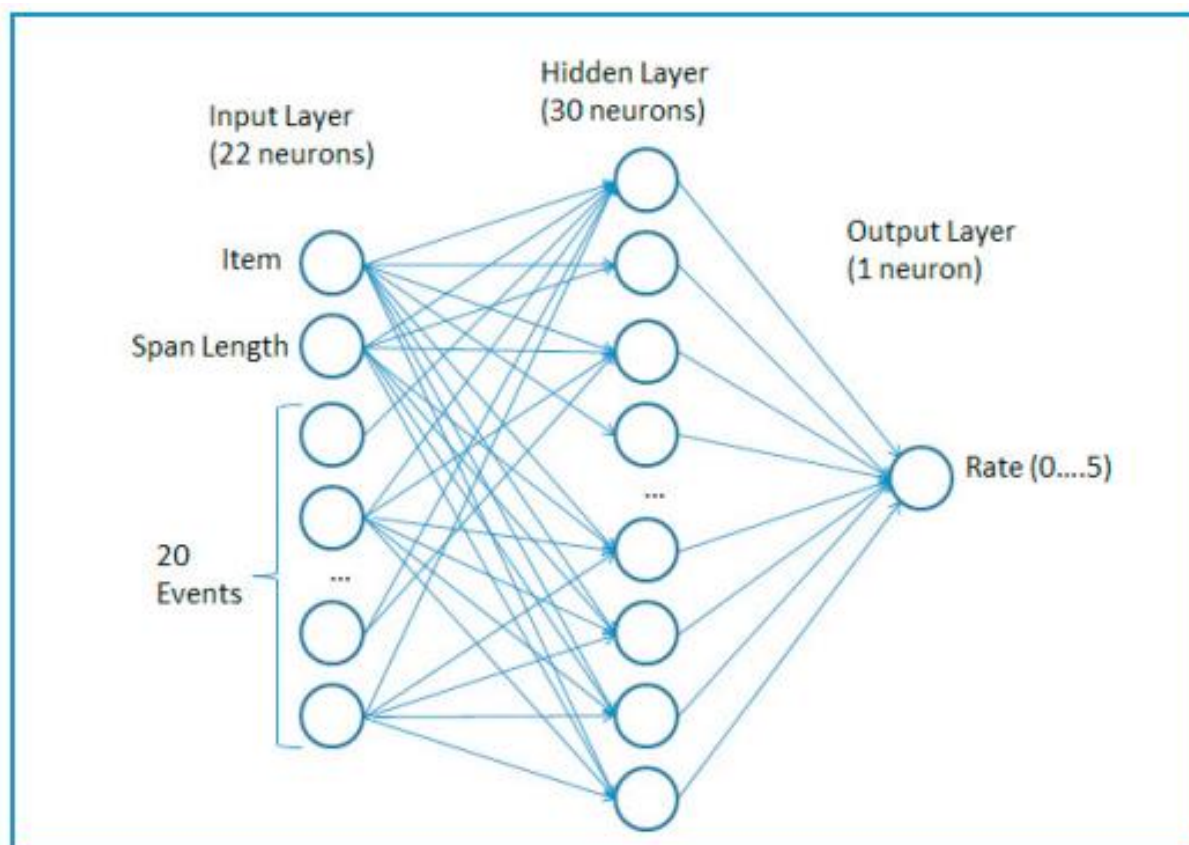


Рисунок 16 – Поточковая диаграмма ИНС

Для увеличения скорости обработки используется каскадная нейронная сеть с тремя этапами, которая на первом этапе использует фактор, представляющий класс элемента. Выходные данные первого этапа активируют, в положительных случаях, второй уровень, который относит каждый подкласс к первому классу и определяет его скорость.

Этот результат аналогичным образом активирует третий и последний этап, на котором каждый элемент относится к определенному подклассу.

В работе [25] делается попытка использовать искусственные нейронные сети для выбора идеальной ERP для любого предприятия.

Построена трехуровневая нейронная сеть с обратным распространением ошибки для анализа принципа и модели подходящей ERP (рисунок 17).

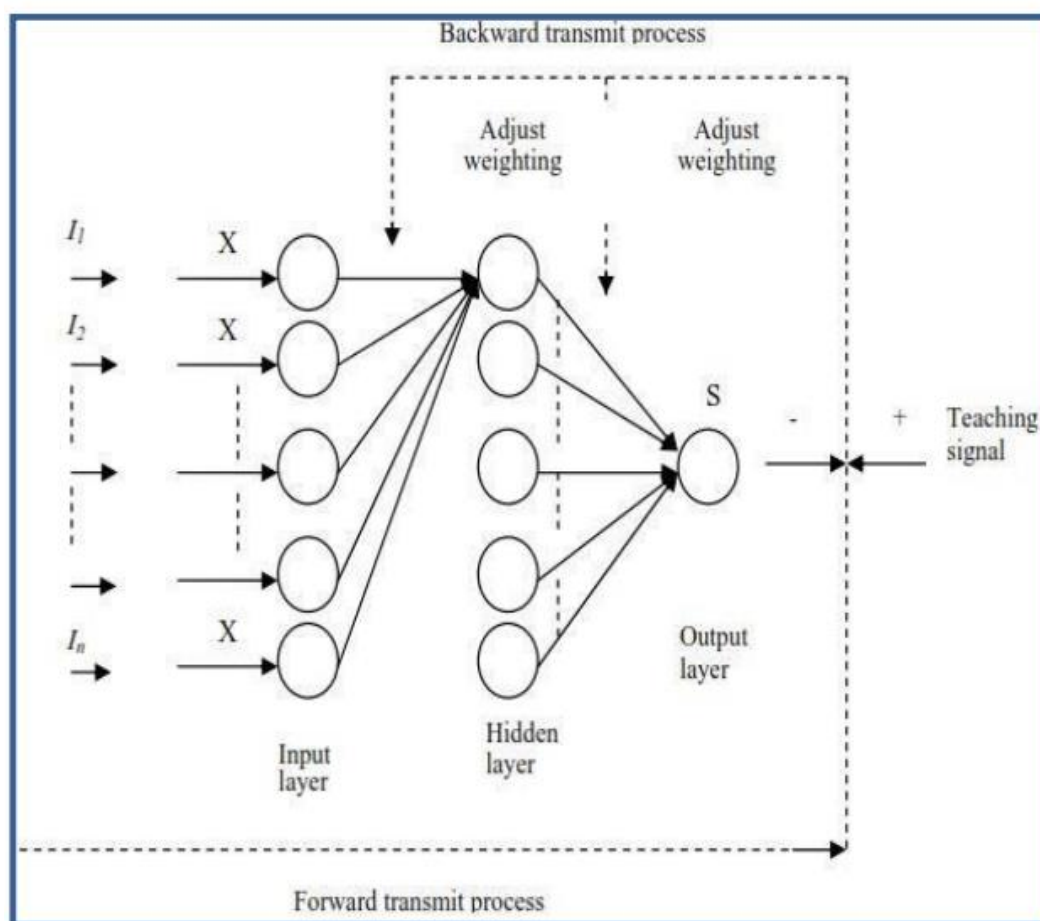


Рисунок 17 – Схема ИНС с обратным распространением ошибки

Используя образцы для обучения и проверки нейронной сети, авторы пришли к выводу, что применение нейронных сетей является эффективным методом прогнозирования подходящей ERP.

Таким образом, цель этого исследования состоит в том, чтобы учитывать в основном три фактора. среди многих других, которые влияют на выбор подходящей ERP.

На основании анализа рассмотренных методологий разработки математического и алгоритмического обеспечения ERP-систем принято решение использовать для разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия методы интеллектуального анализа данных.

В качестве инструмента анализа и прогнозирования выбрана искусственную нейронную сеть.

Выводы к главе 2

Как показал анализ, в современных ERP-системах в качестве основной методологии моделирования используется REA (Resources-Events-Agents)– онтология. Данная методология позволяет создавать модели эффективных учетных систем, в том числе систем бухучета и не подходит для решения задач финансового анализа и прогнозирования.

Применение деревьев решений в ERP-системах ограничено ввиду известных недостатков данных алгоритмов и сложности их реализации.

На основании анализа рассмотренных методологий разработки математического и алгоритмического обеспечения ERP-систем принято решение использовать для разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия методы интеллектуального анализа данных. В качестве инструмента анализа и прогнозирования выбрана искусственная нейронная сеть.

Глава 3 Разработка моделей и алгоритмов модуля распределения финансов ERP-системы предприятия

3.1 Модель и алгоритмы искусственной нейронной сети для прогнозного финансового анализа

«Прогнозный финансовый анализ предполагает прогнозирование значений показателей финансовых результатов и финансового состояния организации и последующее сравнение полученных прогнозных значений указанных показателей с соответствующими их фактическими значениями.

Прогнозирование показателей финансовых результатов и финансового состояния рассматривается в качестве составляющей финансового прогнозирования деятельности организации.

Финансовое прогнозирование — это важнейшая составляющая финансового планирования, представляющая собой исследование и разработку возможных путей развития финансов предприятия в будущем.

Его задача — определить предполагаемый объем финансовых ресурсов в прогнозируемом периоде, найти источники их формирования и направления наиболее эффективного использования на основе анализа складывающихся тенденций и с учетом воздействия на них различных факторов» [9, 18].

Рассмотрим задачу прогнозирования.

Предприятию, которое занимается продажей собственной продукции необходимо спрогнозировать платежеспособность своих потенциальных клиентов.

Для решения данной задачи используем метод классификации искусственного анализа данных.

В нашем случае модель классификации — это модель, которая прогнозирует риск неплатежеспособности. Она может быть разработана на основе данных наблюдений для многих клиентов предприятия в течение определенного периода времени.

Задача классификации начинается с набора данных, в котором известны назначения классов.

Таким образом – целью прогнозирования является платежеспособность клиентов.

Для решения задачи построим линейный классификатор на основе искусственной нейронной сети [13].

Задача заключается в обучении ИНС правильно классифицировать клиентов: разделять на клиентов, принадлежащих классу 1 (с высокой платежеспособностью) и классу 2 (с низкой платежеспособностью) с учетом набора некоторых параметров.

Для рассматриваемого случая используем следующие параметры:

«Параметр 1» - количество дней с момента совершения последнего платежа;

«Параметр 2» - средняя частота совершения платежей в днях.

Для обучения ИНС для такого количества параметров можно использовать линейный классификатор.

Основная идея линейного классификатора заключается в том, что признаковое пространство может быть разделено гиперплоскостью на два полупространства, в каждом из которых прогнозируется одно из двух значений целевого класса.

Если это можно сделать без ошибок, то обучающая выборка называется линейно разделимой.

На рисунке 18 представлен алгоритм построения линейного классификатора на основе ИНС.

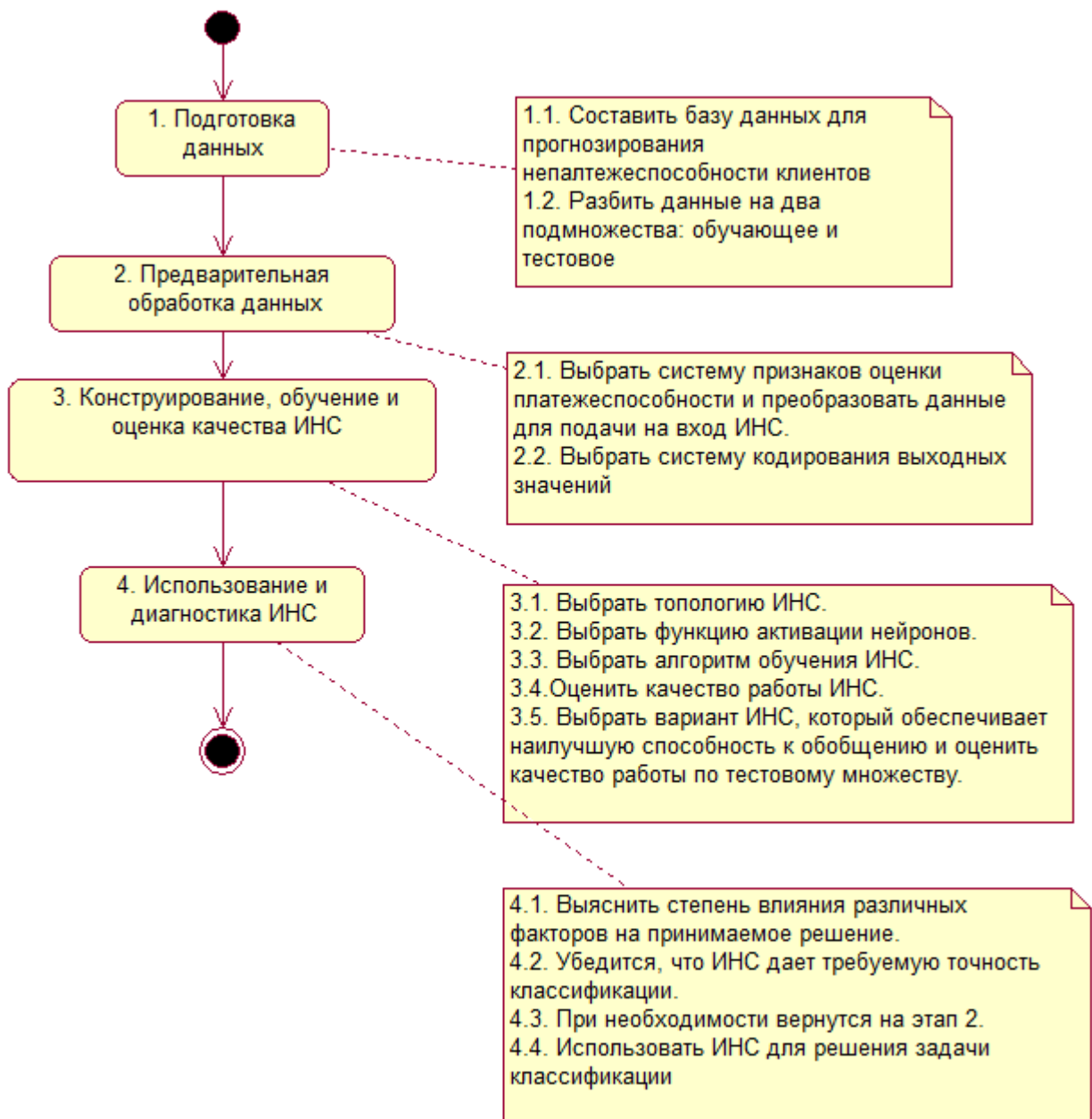


Рисунок 18 - Алгоритм построения линейного классификатора на основе ИНС

Математически линейный классификатор может быть описан как логистическая регрессия вида [10]:

$$p_+ = P(y_i = 1 | \vec{x}_i, \vec{w}), \quad (2)$$

где:

p_+ - прогнозируемая вероятность отнесения класса X_i к «+».

Для решения поставленной задачи используем однослойную ИНС прямого распространения с N-нейронами в скрытом слое (рисунок 19).

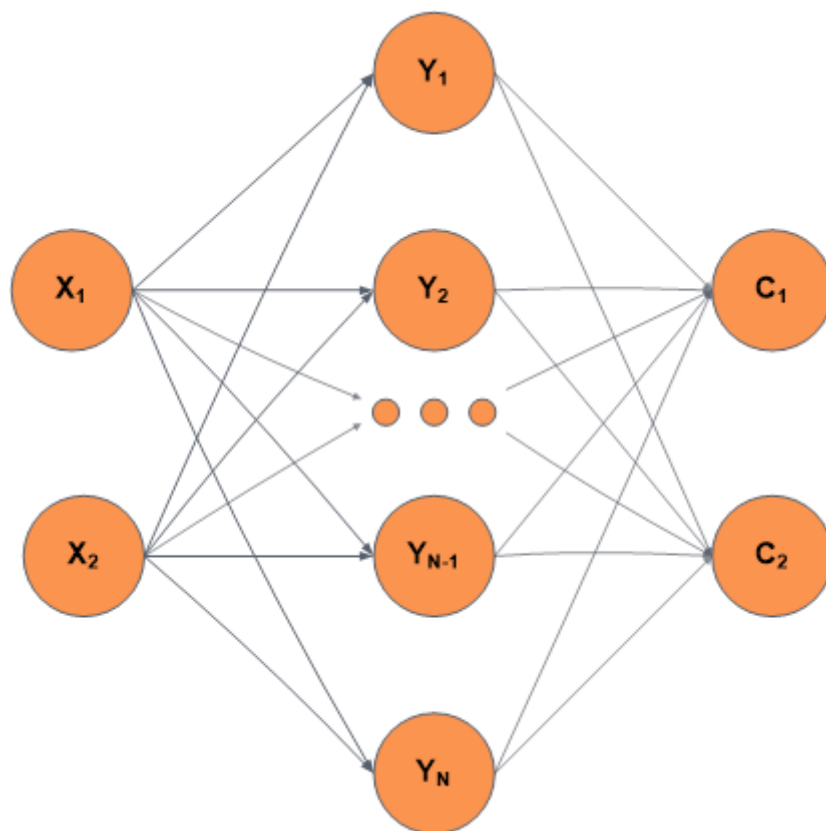


Рисунок 19 - Модель однослойной ИНС прямого распространения с N -нейронами в скрытом слое

Однослойная ИНС представляет собой структуру взаимодействия нейронов, в которой сигналы со входного слоя сразу направляются на выходной слой, который, собственно говоря, не только преобразует сигнал, но и сразу же выдаёт ответ.

1-й входной слой только принимает и распределяет сигналы, а нужные вычисления происходят уже во втором слое. Входные нейроны являются объединёнными с основным слоем с помощью синапсов с разными весами, обеспечивающими качество связей.

В ИНС прямого распространения сигнал перемещается строго по направлению от входного слоя к выходному. Движение сигнала в обратном направлении не осуществляется и в принципе невозможно. Сегодня разработки этого плана распространены широко и на сегодняшний день успешно решают задачи распознавания образов, прогнозирования и кластеризации [15].

Для обучения нейронной использован метод обратного распространения ошибок.

Рассмотрим данный метод (рисунок 20)

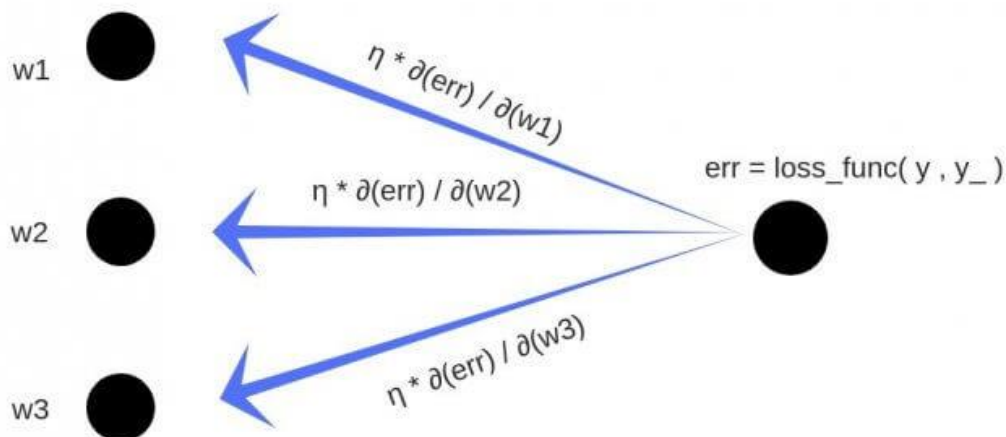


Рисунок 20 – Метод обратного распространения ошибок

Суммарная ошибка ($total_error$) вычисляется как разность между ожидаемым значением « y » (из обучающего набора) и полученным значением « $y_$ » (рассчитанное на этапе прямого распространения ошибки), проходящих через функцию потерь ($cost\ function$).

Частная производная ошибки вычисляется по каждому весу (эти частные дифференциалы отражают вклад каждого веса в общую ошибку ($total_loss$)).

Затем эти дифференциалы умножаются на число, называемое скоростью обучения или $learning\ rate$ (η).

Полученный результат затем вычитается из соответствующих весов.

В результате получатся следующие обновленные веса:

$$w1 = w1 - (\eta * \partial(err) / \partial(w1))$$

$$w2 = w2 - (\eta * \partial(err) / \partial(w2))$$

$$w3 = w3 - (\eta * \partial(err) / \partial(w3))$$

Разработан алгоритм обратного распространения ошибок (рисунок 21).

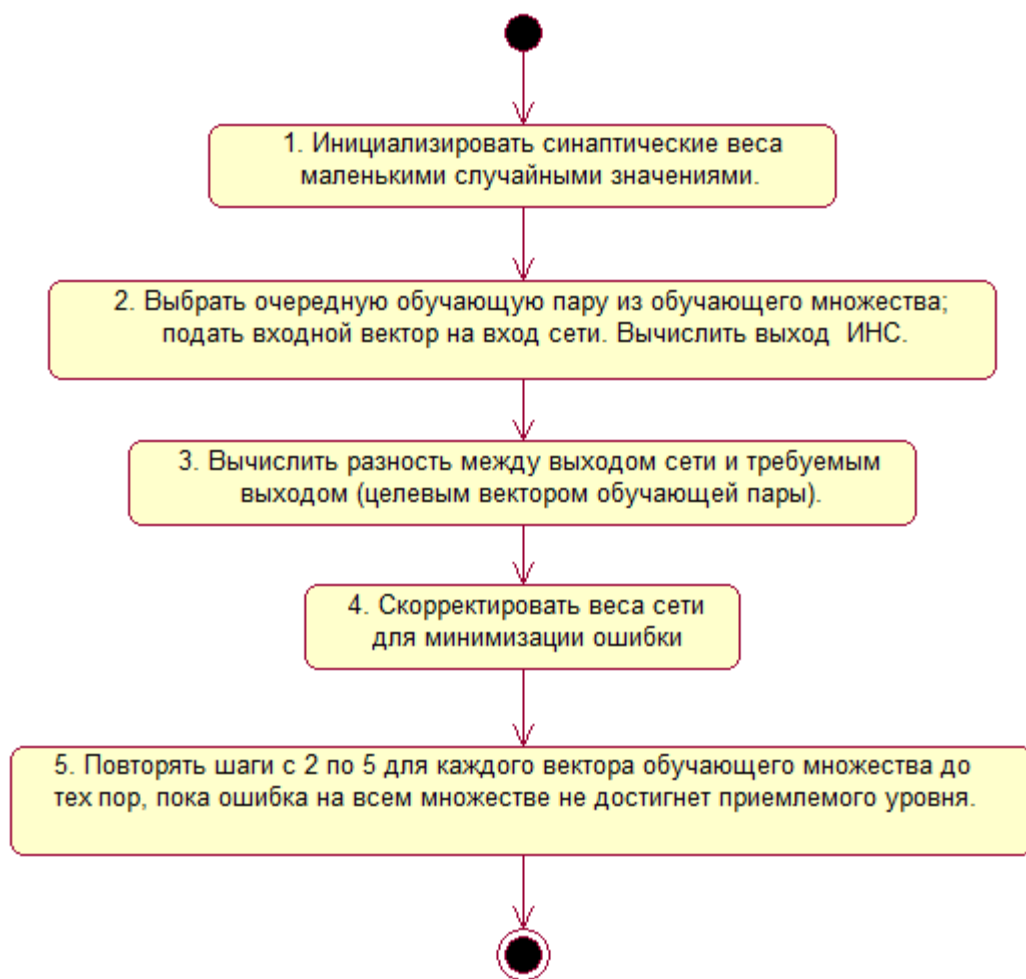


Рисунок 21 - Алгоритм обратного распространения ошибок

Для проверки адекватности предлагаемой модели ИНС выполнена ее реализация.

3.2 Реализация искусственной нейронной сети для прогнозного финансового анализа предприятия

ИНС для прогнозного финансового анализа реализована в рамках конфигурации типового ИТ-решения «1С: ERP. Управление финансами».

Как следует из выше изложенного, необходимо сформировать выборку, в которой указываем при каждом сочетании параметра 1 и параметра 2, к какому классу относится клиент.

Пусть признак принадлежности к классу 1 равен 1, а к классу 2 – 0,

соответственно.

Для формирования выборки используем документ 1С, в котором параметр 1 выводится в колонке «Число1», а параметр 2 - в колонке «Число2» табличной части документа, соответственно (рисунок 22).

Ответ или признак класса выводится в колонке «Ответ».

N	Число1	Число2	Ответ
1	8,00	3,00	1,00
2	6,00	2,00	1,00
3	3,00	2,00	
4	9,00	3,00	1,00
5	1,00	1,00	
6	8,00	3,00	1,00
7	2,00	2,00	
8	8,00	2,00	1,00
9	3,00	3,00	
10	2,00	2,00	
11	7,00	2,00	1,00
12	2,00	1,00	
13	3,00	2,00	
14	7,00	2,00	1,00
15	10,00	2,00	1,00
16	4,00	3,00	
17	1,00	2,00	
18	10,00	3,00	1,00
19	2,00	3,00	
20	3,00	1,00	
21	7,00	3,00	1,00

Рисунок 22 - Обучающая выборка для ИНС

Для данной задачи будет создана ИНС и поэтому реквизиты документа «Вес1» и «Вес2» использоваться не будут [8].

Далее разрабатываются следующие справочники:

- Справочник «Входной слой» (рисунок 23),

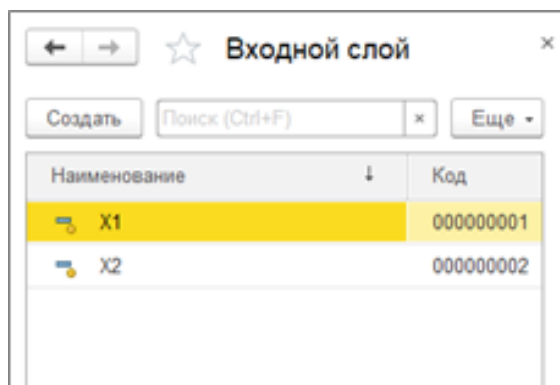


Рисунок 23 - Список справочника «Входной слой»

– Справочник «Скрытый слой» (рисунок 24),

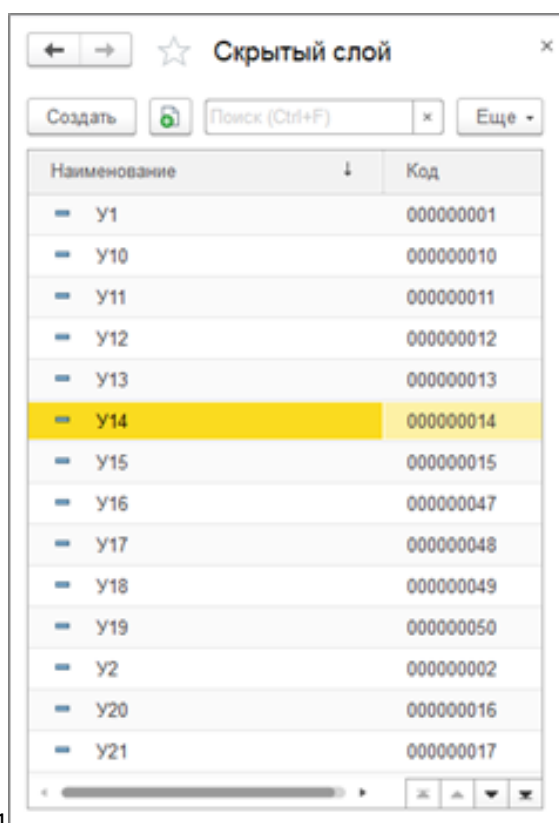


Рисунок 24 - Список справочника «Скрытый слой»

– Справочник «Выходной слой» (рисунок 25).

Наименование	Код
C1	000000001
C2	000000002

Рисунок 25 – Список справочника «Выходной слой»

– Справочник «Сеть» (рисунок 26).

Наименование	Код	Вход	Выход	Вес
y1-c1	000000005	У1	С1	0,6000
y2-c1	000000008	У2	С1	0,0051
x1-y3	000000009	Х1	У3	0,0307
x2-y3	000000010	Х2	У3	0,9714
y3-c1	000000011	У3	С1	0,2712
x1-y4	000000012	Х1	У4	0,4490
x2-y4	000000013	Х2	У4	0,2511
y4-c1	000000014	У4	С1	-0,8350
x1-y5	000000015	Х1	У5	0,3906
x2-y5	000000016	Х2	У5	0,3830
y5-c1	000000017	У5	С1	0,7197
x1-y6	000000018	Х1	У6	0,9108
x2-y6	000000019	Х2	У6	0,5120
y6-c1	000000020	У6	С1	0,0917

Рисунок 26 – Список справочника «Сеть»

Первые 3 справочника содержат наименования нейронов каждого из указанных слоев. Справочник «Сеть» содержит веса синапсов, соединяющие нейроны (реквизиты «Вход» и «Выход») с указанием веса синапса в реквизите «Вес». Если вес указан как нулевой, значит, связь между указанными

нейронами отсутствует.

Для работы и обучения ИНС используются матрицы и операции над ними: сложение, умножение.

Фрагмент кода 1С8 для построения ИНС представлен на рисунке 27.

```
СтруктураСкрытогоСлоя = Новый Структура;  
  
Для nn = 1 По 2 Цикл  
  
    Для НомерНейрона = 1 По НейроныСкрытый Цикл  
  
        СтруктураСкрытогоСлоя.Вставить("Синапс"+Строка(nn)+"_"+строка(Номер  
Нейрона), получитьвес(ПолучитьВершинуВход(nn),  
ПолучитьВершинуСкрытую(НомерНейрона)));  
  
        КонечЦикла;  
  
    КонечЦикла;  
  
    СтруктураВыходногоСлоя = Новый Структура;  
  
    Для НомерНейрона = 1 По НейроныСкрытый Цикл  
  
        Для nn = 1 По 2 Цикл  
  
            СтруктураВыходногоСлоя.Вставить("Синапс"+Строка(НомерНейрона)+"_"+  
строка(nn), получитьвес(ПолучитьВершинуСкрытую(НомерНейрона),  
ПолучитьВершинуВыход(nn)));  
  
            КонечЦикла;  
  
        КонечЦикла;
```

Рисунок 27 - Фрагмент кода 1С8 для построения ИНС

Для правильного обучения ИНС, последняя должна в процессе обучения построить функцию-классификатор, которая будет разделять клиентов на 2

подмножества (рисунок 28).

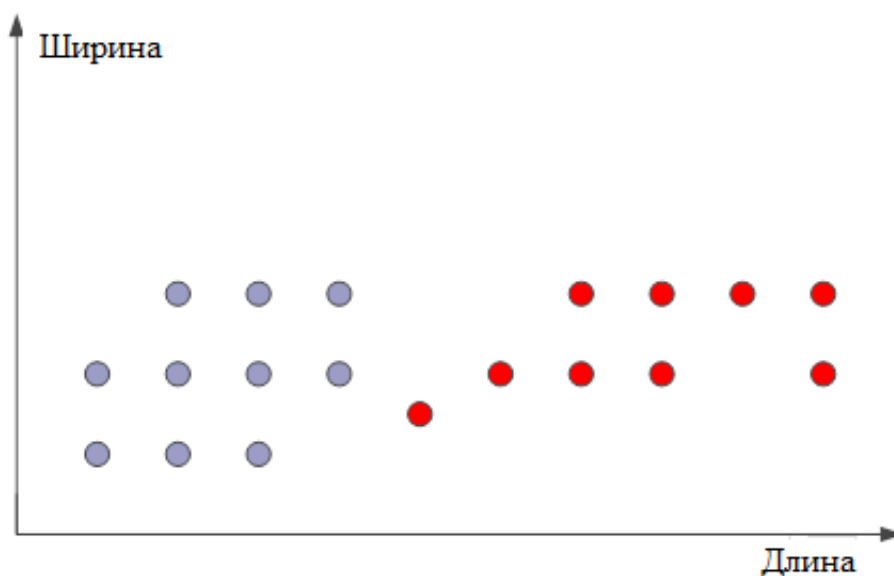


Рисунок 28 - График исходной выборки клиентов

Данные множества разделяются линейной функцией.

Для этого выполняется нормировка входных данных по формуле:

$$X_{Ni} = \frac{2(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} - 1 \quad (3)$$

Результат представлен на рисунке 29.

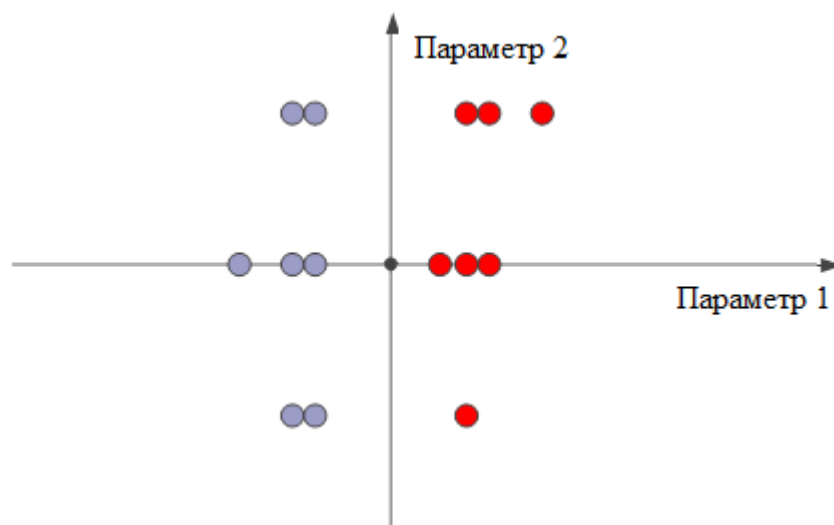


Рисунок 29 - График нормированной выборки клиентов

После того, как значения обучающей выборки нормированы, необходимо рассчитать значение входного сигнала для каждого нейрона скрытого слоя.

В качестве функции активации используется сигмоидальная функция вида [19]:

$$Y(t) = \frac{1}{(1 + e^{-t})} \quad (4)$$

Модель расчета значений входного сигнала для каждого нейрона скрытого слоя по данной формуле представлена на рисунке 30.

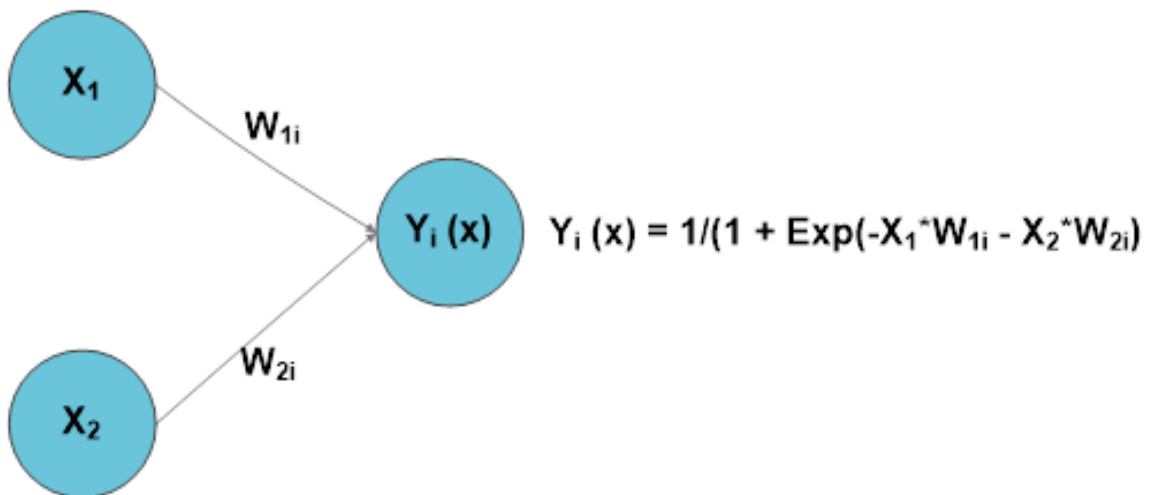


Рисунок 30 - Модель расчета значений входного сигнала для каждого нейрона скрытого слоя

В качестве X_i используем нормированные значения X_{Ni} .

Далее реализуем произведения матриц средствами 1С8 путем перебора в двойном цикле элементов двух структур, либо табличных частей.

Фрагмент кода 1С8 для реализации матриц представлен на рисунке 31.

Для НомерНейрона = 1 По НейроныСкрытый Цикл

Для кк = 0 по (Объект.ТабличнаяЧасть1.количество()-1) Цикл

Для nn = 1 По 2 Цикл

Ключ = "Синапс"+строка(nn)+"_" + строка(НомерНейрона);

СкрытогоСлоя=СтруктураСкрытогоСлоя[Ключ];

//перебираем ТЧ документа

Если nn=1 Тогда

весСтр0 = Объект.ТабличнаяЧасть1[кк].Число1;

ВесСтр = 2 * (весСтр0 - мин1) / (макс1-мин1) - 1

Иначе

весСтр0 = Объект.ТабличнаяЧасть1[кк].Число2;

ВесСтр = 2 * (весСтр0 - мин2) / (макс2-мин2) - 1

КонецЕсли;

резСумма = резСумма -

СкрытогоСлоя*ВесСтр;

КонецЦикла;

РезУ.Вставить("резУ"+строка(НомерНейрона)+"_" + строка(кк),
1/(1+Exp(резСумма)));

резСумма = 0;

КонецЦикла;

КонецЦикла;

Рисунок 31 - Фрагмент кода 1С8 для реализации матриц

Для описания алгоритма обратного распространения ошибок использованы следующие выражения:

$$\delta_j = f'(net_j) * \sum_k \delta_k * w_{jk} \quad (5)$$

$$f'(net_j) = f(net_j) * (1 - f(net_j)) \quad (6)$$

$$\delta_j = f(net_j) * (1 - f(net_j)) * \sum_k \delta_k * w_{jk} \quad (7)$$

Пример реализации одного из блоков с произведением матриц средствами 1С8 представлен на рисунке 32.

```
Рез_и = Новый Структура;
```

```
резСумма_и = 0;
```

```
Для nn = 1 По 2 Цикл
```

```
Для kk = 0 по (Объект.ТабличнаяЧасть1.количество()-1) Цикл
```

```
Для НомерНейрона = 1 По НейроныСкрытый Цикл
```

```
Ключ = "резУ" + строка(НомерНейрона) + "_" + строка(kk);
```

```
РезУ_ = РезУ[Ключ];
```

```
Ключ2 = "Синапс"+строка(НомерНейрона) + "_" + строка(nn);
```

```
ВыходногоСлоя = СтруктураВыходногоСлоя[Ключ2];
```

```
резСумма_и = резСумма_и - ВыходногоСлоя*РезУ_;
```

```
КонецЦикла;
```

```
Рез_и.Вставить("рез"+строка(nn)+"_"+строка(kk),  
1/(1+Ехр(резСумма_и)));  
резСумма_и = 0;
```

```
КонецЦикла;
```

```
КонецЦикла;
```

Рисунок 32 - Фрагмент кода 1С8 для реализации блоков с произведением матриц

При решении задачи варьировалось количество нейронов внутреннего слоя в интервале [2, 80].

Оптимальные решения были получены на 80 нейронах скрытого слоя.

3.3 Оценка эффективности использования предлагаемого ИТ-решения

Как было отмечено выше, модуль распределения финансов предприятия реализован на основе типового ИТ-решения «1С: ERP. Управление финансами

2».

Структурная схема ИТ-решения представлена на рисунке 33.

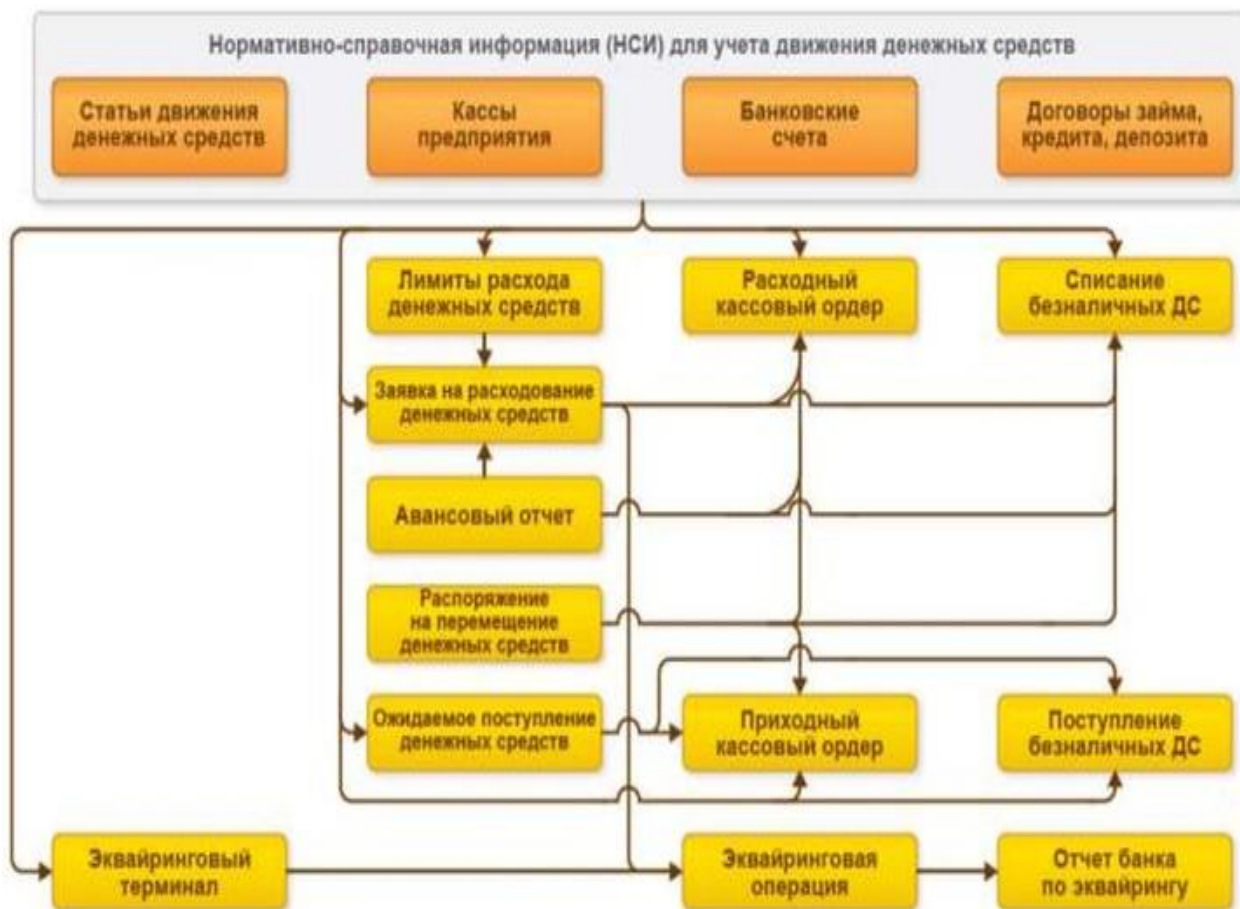


Рисунок 33 – Структурная схема ИТ-решения «1С: ERP. Управление финансами 2»

Структурная схема модуля распределения финансов ERP-системы предприятия, основанная на технологии интеллектуального анализа данных и ИНС, представлена на рисунке 34.

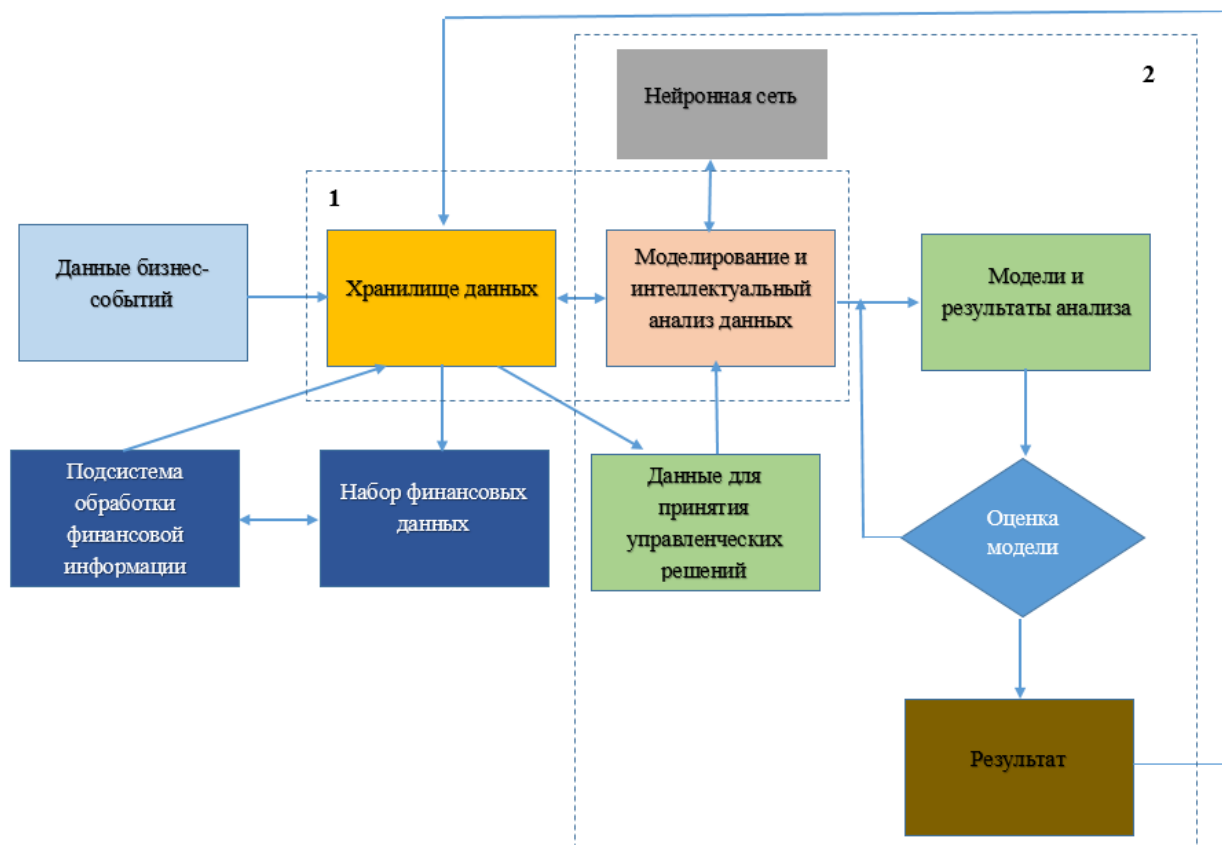


Рисунок 34 - Структурная схема модуля распределения финансов ERP-системы предприятия

Как следует из структурной схемы, модуль распределения финансов ERP-системы предприятия состоит из двух подсистем:

- подсистемы обработки и анализа финансовой информации;
- подсистемы принятия решений по распределению финансов на основе интеллектуального анализа информации с применением ИНС.

Данные в хранилище данных выбираются и классифицируются в соответствии с потребностями обработки финансовой информации и принятия финансовых управленческих решений.

На основе хранилища данных формируется витрина данных финансовой информации и принятия финансовых управленческих решений.

На основе витрины данных финансовой информации обеспечивается создание различных визуальных информационных отчетов в соответствии с потребностями пользователей.

Поскольку при принятии решений по финансовому менеджменту

необходимо использовать информацию, полученную в результате обработки финансовой информации, данные, обработанные подсистемой обработки финансовой информации, должны быть возвращены в хранилище данных, помимо предоставления пользователям информации.

После обработки хранилища данных создается витрина данных для принятия решений финансового управления [16].

На этой основе, используя технологию интеллектуального анализа данных, организован механизм поддержки принятия решений руководителями предприятия.

Для оценки эффективности использования предлагаемого решения используем формулу расчета функциональной эффективности управления финансовой деятельностью предприятия (1.1).

Как было отмечено выше, основными функциями управления, влияющими на качество управленческих решений, являются финансовый анализ и прогнозирование.

Подсистемы, реализующие указанные функции, построены на основе нейронных сетей, что исключает риски, связанные с человеческим фактором.

Следовательно:

$$K_{эу} = 2/2 = 1$$

$K_{эу} > 0.5$, что свидетельствует о высокой функциональной эффективности управления финансовым модулем ERP-системы.

Таким образом, гипотеза исследования подтверждена.

Выводы к главе 3

Одной из задач финансового прогнозирования является эффективное использование финансовых ресурсов предприятия на основе анализа складывающихся тенденций и с учетом воздействия на них различных факторов. Для решения данной задачи используется метод классификации искусственного анализа данных. В рассматриваемом случае модель классификации – это модель, которая прогнозирует риск

неплатежеспособности клиентов. Она может быть разработана на основе данных наблюдений для многих клиентов предприятия в течение определенного периода времени.

Для решения данной задачи разработана модель и алгоритм обучения линейного классификатора на основе однослойной ИНС прямого распространения с N-нейронами в скрытом слое.

ИНС для прогнозного финансового анализа реализована в рамках конфигурации типового ИТ-решения «1С: ERP. Управление финансами» с помощью встроенного языка программирования 1С8.

Разработана структурная схема модуля распределения финансов ERP-системы предприятия, в основу которого положены предлагаемое математическое и алгоритмическое обеспечение.

Оценка эффективности использования предлагаемого решения подтвердила высокую функциональную эффективность управления финансовым модулем ERP-системы.

Заключение

Одной из ключевых задач управления финансовой деятельностью современного предприятия является эффективное распределение его финансов.

Следует отметить, что модуль распределения финансов ERP- системы дает любому бизнесу или корпорации инструменты для отслеживания движения финансовых потоков в рамках одной или нескольких компаний, транзакций и валют.

Как показывает практика, эффективность использования финансового модуля ERP- системы зависит от качества математического и алгоритмического обеспечения, положенного в его основу.

Магистерская диссертация посвящена актуальной проблеме разработки моделей и алгоритмов модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.

Выполненные в работе научные исследования представлены следующими основными результатами:

- проанализировано современное состояние проблемы повышения эффективности модулей управления финансами ERP-систем предприятия. Как показал анализ, главным недостатком известных моделей и алгоритмов управления финансами, используемыми в ERP-системах, является относительно невысокая эффективность при решении задач финансового анализа и прогнозирования. На основании проведенного анализа, для финансового модуля в качестве показателя эффективности использования выбрана функциональная эффективность управления, обеспечивающая снижение рисков, связанных с человеческим фактором. Данный метод дает наиболее объективную оценку эффективности использования модулей ERP-системы предприятия;
- проанализированы методологии разработки моделей и алгоритмов распределения финансов ERP-системы предприятия. На основании

анализа рассмотренных методологий разработки математического и алгоритмического обеспечения ERP-систем принято решение использовать для разработки математического и алгоритмического обеспечения модуля распределения финансов ERP-системы предприятия методы интеллектуального анализа данных. В качестве инструмента анализа и прогнозирования выбрана искусственная нейронная сеть;

- для решения задачи финансового прогнозирования предприятия разработаны модель и алгоритм обучения линейного классификатора на основе однослойной ИНС прямого распространения с N-нейронами в скрытом слое для решения задачи. ИНС реализована в рамках конфигурации типового ИТ-решения «1С: ERP. Управление финансами» с помощью встроенного языка программирования 1С8;
- выполнена оценка эффективности использования предлагаемого решения, которая подтвердила высокую функциональной эффективности управления модуля распределения финансов ERP-системы предприятия.

Таким образом, в работе решена актуальная научно-практическая проблема разработки моделей и алгоритмов модуля распределения финансов ERP-предприятия.

Гипотеза исследования подтверждена.

Значение диссертационной работы определяется тем, что в ее рамках исследованы возможности повышения эффективности использования модуля распределения финансов ERP-системы предприятия за счет применения специального математического и алгоритмического обеспечения при его построении.

Список используемой литературы и используемых источников

1. 1С: ERP. Управление финансами [Электронный ресурс]. URL: <https://itrp.ru/produkty/upravlenie-finansami-v-1s-erp/> (дата обращения: 29.03.2021).
2. Вдовин В. М. Предметно-ориентированные экономические информационные системы / Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Шурупов А.А., - 3-е изд. - Москва : Дашков и К, 2016. - 388 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://znanium.com/catalog/product/415090> (дата обращения: 31.03.2021).
3. Галактика ERP. Модуль «Финансовый анализ» [Электронный ресурс]. URL: <https://topsoft.by/products/erp/finansy/upravlenie-finansami/modul-finansovuj-analiz/> (дата обращения: 29.03.2021).
4. ГОСТ 24.103-84. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Основные положения.
5. ГОСТ 24.702-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения.
6. Информационная система предприятия: эффекты или эффективность? [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.iteam.ru/informatsionnaya-sistema-predpriyatiya-effekty-ili-effektivnost/> (дата обращения: 29.03.2021).
7. Как работает нейронная сеть: алгоритмы, обучение, функции активации и потери [Электронный ресурс]. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/osnovy-nejronnyh-setej-algoritmy-obuchenie-funkcii-aktivacii-i-poteri/> (дата обращения: 29.03.2021).
8. Корпоративный мозг на 1С и Python [Электронный ресурс]. URL: <https://infostart.ru/1c/articles/1061729/> (дата обращения: 29.03.2021).
9. Крылов С. И. Финансовый анализ : учебное пособие / С. И. Крылов. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. —

160 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68507.html> (дата обращения: 01.04.2021).

10. Линейные модели классификации и регрессии [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/323890/> (дата обращения: 02.04.2021).

11. Оценка эффективности информационных систем [Электронный ресурс]. URL: <https://bcoll.ru/1242-otsenka-effektivnosti-informatsionnyh-sistem/> (дата обращения: 29.03.2021).

12. Павлова А. И. Информационные технологии: основные положения теории искусственных нейронных сетей : учебное пособие / А. И. Павлова. — Новосибирск : Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», 2017. — 191 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/87110.html> (дата обращения: 01.04.2021).

13. Применение нейронных сетей для задач классификации [Электронный ресурс]. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/classification> (дата обращения: 01.04.2021).

14. Самуйлов С. В. Объектно-ориентированное моделирование на основе UML : учебное пособие / С. В. Самуйлов. Саратов : Вузовское образование, 2016. - 37 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/47277.html> (дата обращения: 29.03.2021).

15. Типы нейронных сетей. Принцип их работы и сфера применения [Электронный ресурс]. URL: <https://otus.ru/nest/post/1263/> (дата обращения: 02.04.2021).

16. Управление бизнесом в цифровой экономике: вызовы и решения : монография / под ред. И. А. Аренкова, Т. А. Лезиной, М. К. Ценжарик, Е. Г. Черновой. - Санкт-Петербург : СПбГУ, 2019. - 360 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1244177> (дата обращения: 03.04.2021).

17. Федин Ф. О. Анализ данных. Часть 2. Инструменты Data Mining :

учебное пособие / Ф. О. Федин, Ф. Ф. Федин. — Москва : Московский городской педагогический университет, 2012. — 308 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/26445.html> (дата обращения: 01.04.2021).

18. Финансовое прогнозирование [Электронный ресурс]. URL: <http://www.finansi24.ru/finansovprognozirovanie.htm> (дата обращения: 29.03.2021).

19. Функции активации нейросети [Электронный ресурс]. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/activation-functions/> (дата обращения: 02.04.2021).

20. Что такое дерево решений и где его используют? [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/life/152868-chto-takoe-derevo-resheniy-i-gde-ego-ispolzuyut> (дата обращения: 02.04.2021).

21. BPM with ARIS [Электронный ресурс]. URL: http://cdn.ariscommunity.com/community2/documents/urelation/BPM-ARIS_Part2.pdf (дата обращения: 29.03.2021).

22. Carlton R. 3 ways ERP can increase data mining efficiency [Электронный ресурс]. URL: <https://www.erpfocus.com/three-ways-erp-can-increase-data-mining-efficiency-3931.html> (дата обращения: 29.03.2021).

23. Classification [Электронный ресурс]. URL: https://docs.oracle.com/cd/B28359_01/datamine.111/b28129/classify.htm#DMCO N004 (дата обращения: 01.04.2021).

24. Deli Yin. Study on the Simulative Financial Management System in ERP Education, IERI Procedia, Volume 2, 2012, P. 642-648.

25. Elyacoubi A., Attariuas H., Aknin N. (2018) An Intelligent Model for Enterprise Resource Planning Selection Based on BP Neural Network. In: Ben Ahmed M., Boudhir A. (eds) Innovations in Smart Cities and Applications. SCAMS 2017. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 37. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74500-8_19.

26. Farhata J., Owayjan M. ERP Neural Network Inventory Control, Complex Adaptive Systems Conference with Theme: Engineering Cyber Physical Systems,

CAS October 30 – November 1, 2017, Chicago, Illinois, USA.

27. Finance module in ERP software – key features and components [Электронный ресурс]. URL: <https://diceus.com/what-does-erp-stand-for-in-finance/> (дата обращения: 29.03.2021).

28. Financial Management Software with SAP Business One [Электронный ресурс]. URL: <https://www.seidor.us/content/seidor-us/en/blog/financial-management-software-with-SAP-Business-One.html> (дата обращения: 29.03.2021).

29. Geerts G., McCarthy W.E.: Policy Level Specification in REA Enterprise Information Systems. Journal of Information Systems 20(2), 37-63 (2006).

30. Maozhu Jin, Hua Wang, Qian Zhang, Cheng Lo, Financial Management and Decision Based on Decision Tree Algorithm, Wireless Pers Commun (2018) 102:2869–2884.

31. McCarthy W.: The REA Accounting Model – A Generalized Framework for Accounting Systems in a Shared Data Environment. The Accounting Review LVII(3), 554-578 (1982).

32. Neural Networks [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibm.com/cloud/learn/neural-networks> (дата обращения: 29.03.2021).

33. Nine Key Features of ERP Financial Management Systems [Электронный ресурс]. URL: <https://www.selecthub.com/enterprise-resource-planning/erp-financial-management-functions/> (дата обращения: 29.03.2021).

34. Olteanu A., Pop F., Dobre C., Cristea V. A dynamic rescheduling algorithm for resource management in large scale dependable distributed systems, Computers & Mathematics with Applications, Vol. 63, Issue 9, 2012, P. 1409-1423.

35. Rahul Katarya, A Study on different data mining classifiers, Conference Proceedings: 2018 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), 2018.

36. S. Rouhani, Ahad Zare Ravasan, ERP success prediction: An artificial neural network approach, Scientia Iranica, Volume 20, Issue 3, 2013, P. 992-1001.

37. Schwaiger Walter S.A. REA Business Management Ontology:

Conceptual Modeling of Accounting, Finance and Management Control [Электронный ресурс]. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1612/paper6.pdf> (дата обращения: 29.03.2021).

38. Wei Li, Qiling Zhou, Junying Ren, Samantha Spector. Data mining optimization model for financial management information system based on improved genetic algorithm/ Information Systems and e-Business Management (2020), P. 748-765.

39. What is Data Mining? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.talend.com/resources/what-is-data-mining/> (дата обращения: 29.03.2021).

40. Wu Yan. A Study on the Construction of Finance Management Information System under the Environment of ERP, ICETMS 2013, P. 693-695.