# 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА И ОЦЕНКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИХ НЕЙРОНАХ

## 4.1. Описание результатов испытаний

Испытания проводятся для того, чтобы убедиться, что разработанное программное обеспечение удовлетворяет требованиям поставленной задачи.

При испытании были проведены следующие эксперименты.

1. Распознавание стихотворения по целому тексту.
2. Распознавание стихотворения по одному четверостишию.
3. Распознавание стихотворения по одной строке.
4. Распознавание стихотворения по одному слову.
5. Распознавание стихотворения с вводом текста, отсутствующего в базе.

При проведении перечисленных экспериментов были получены следующие результаты.

1. Распознавание стихотворения по целому тексту происходит верно.
2. Распознавание стихотворения по одному четверостишию происходит верно.
3. Распознавание стихотворения по одной строке происходит верно.
4. Распознавание стихотворения по одному слову происходит верно.
5. Программа выдает сообщение о том, что введенное стихотворение отсутствует в базе.

Во время проведения испытаний программа работала без сбоев.

Результаты проведенных испытаний говорят о том, что разработанное программное обеспечение удовлетворяет поставленным требованиям. Программа успешно обработала некорректно введенные данные и работала стабильно, без аварийных завершений и другого непредвиденного поведения. Обозначенные в постановке задачи на дипломное проектирование требования удовлетворены в полном объеме.

## 4.2. Оценивание надежности программного обеспечения

Надежность программного средства – это его способность с достаточно большой вероятностью безотказно выполнять определенные функции в течение заданного периода времени при заданных условиях. Считается, что в программе произошел отказ, если она не выполнила функции, предусмотренные в техническом задании. Однако наличие ошибок в программе не всегда приводит к отказу. Программа считается надежной, если при ее практическом использовании в требуемых условиях отказы происходят достаточно редко. Убедиться в надежности программы можно при проведении тестирования, а впоследствии и при использовании в практических целях.

Для подсчета количественных показателей надежности в данном дипломном проекте будем использовать модель Коркорэна. Она относится к статическим моделям надежности ПС. Модель рассчитывается на основе N испытаний, в которых произошло Ni ошибок i-го типа, и не связывает возникновение отказов со временем. Для различных типов ошибок модель учитывает изменяющиеся вероятности отказов. Модель Коркорэна выгодно отличается от других моделей тем, что ее относительно легко рассчитать.

В модели Коркорэна для оценки вероятности безотказного выполнения программы используется следующая формула:

где R – показатель уровня надежности,

N0 –число безотказных выполнений программы,

N – общее число выполнений,

K – известное заранее число типов ошибок,

Ni – количество ошибок i-го типа,

ai – вероятность появления ошибки i-го типа.

В модели Коркорэна вероятность ai определяется на основе заранее известных результатов работы схожих по функциональности программных средств.

При тестировании программы было выполнено 80 прогонов. Число ошибок каждого типа и вероятности их появления указаны в таблице 6. 71 испытание из 80 было произведено безуспешно. Всего во время проведения испытаний произошло 9 отказов программы, вызванных одной ошибкой вычисления, одной логической ошибкой, тремя ошибками ввода-вывода, двумя ошибками манипулирования данными и двумя ошибками в базе данных.

**Таблица 6.**

**Выявленные ошибки**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип ошибки | Вероятность появления (ai) | Количество выявленных ошибок (Ni) |
| Ошибки вычисления | 0.09 | 1 |
| Логические ошибки | 0.26 | 1 |
| Ошибки ввода-вывода | 0.16 | 3 |
| Ошибки манипулирования данными | 0.18 | 2 |
| Ошибки сопряжения | 0.17 | 0 |
| Ошибки определения данных | 0.08 | 0 |
| Ошибки в БД | 0.06 | 2 |

Вычислим показатель надежности программы, используя вышеприведенную формулу. В нашем случае N0 = 71, N = 80, K = 7. Отсюда получаем вероятность безотказной работы программы

Таким образом, вероятность того, что программа будет работать без сбоев, равна 89,45%. Такое высокое значение говорит о том, что программа для распознавания текстов с помощью нейронных сетей на динамических нейронах полностью готова к практическому использованию. Программное средство показало высокую степень надежности.

## 4.3. Обоснование экономической эффективности

### 4.3.1. Методика расчета экономической эффективности

Каждый проект внедрения программного средства обработки информации должен быть обоснован расчетом его ожидаемой экономической эффективности.

Для расчета экономической эффективности внедрения данного программного средства сравним затраты при двух вариантах решения задачи:

1. Базовый вариант - работник компании решает задачу собственными силами без использования специально разработанного для этих целей программного средства.
2. Проектируемый вариант - для решения задачи используется программное средство из данного дипломного проекта.

Экономическая эффективность подразделяется на две составляющие: косвенный эффект и прямой эффект.

Косвенный эффект сложно подсчитать, так как он по большей части характеризуется улучшением качественных показателей, например, снижением затрат на сырье и материалы, уменьшением процента брака, привлечением большего числа клиентов, повышением прибыли, уменьшением сумм штрафов. Из-за этого осложнено выявление доли косвенного эффекта от программной обработки данных в общей экономической эффективности, тесно связанной с комплексом мер по повышению производительности компании.

Прямой эффект, в свою очередь, легко формализуется, потому что он отражает экономию материально-трудовых ресурсов и денежных средств, полученную в результате автоматизации решения задач.

К трудовым относятся следующие показатели.

1. Абсолютный показатель снижения трудовых затрат - разность между годовыми трудовыми затратами базового и проектируемого вариантов обработки данных.

где Tб – годовая трудоемкость обработки информации по базовому варианту,

Tп – годовая трудоемкость обработки информации по проектируемому варианту.

1. Коэффициент снижения трудовых затрат отображает значение относительного снижения трудовых затрат.

.

1. Индекс снижения трудовых затрат отображает повышение производительности труда по причине внедрения автоматизированной обработки данных.

К стоимостным показателям относятся:

1. Экономия финансовых затрат за счет автоматизации решения задачи рассчитывается как разница между затратами по базовому и проектируемому вариантами.

где Сб – стоимостные затраты на решение задачи по базовому варианту,

Сп – стоимостные затраты на решение задачи по второму варианту.

Стоимостные затраты на обработку информации по проектируемому варианту рассчитываются по формуле

где Цмч – стоимость машинного часа,

Зч – средняя зарплата оператора за один час,

Кнр – коэффициент накладных расходов.

1. Коэффициент относительного снижения стоимостных затрат отображает, на сколько процентов снизятся затраты при переходе на предлагаемый вариант решения задачи.
2. Индекс снижения затрат показывает, во сколько раз снизятся затраты на решение задачи после внедрения проектируемого варианта.

Кроме показателей, перечисленных выше, будет также полезно подсчитать и другие.

1. Годовой экономический эффект равен сумме прямого и косвенного эффектов.

где Эп – прямой экономический эффект,

Эк – косвенный экономический эффект.

Прямая составляющая экономической эффективности рассчитывается по формуле

где Ен – нормативный коэффициент эффективности вложений капитала,

Кб – затраты капитала при базовом варианте обработки информации,

Кп – затраты капитала при проектируемом варианте обработки информации,

∆К – дополнительные затраты капитала при миграции с базового варианта на проектируемый.

1. Расчетный коэффициент эффективности равен отношению абсолютного снижения стоимостных затрат к дополнительным капитальным вложениям на переходный период.
2. Время окупаемости вложений на внедрение проекта автоматизированной обработки информации обратно пропорционально расчетному коэффициенту эффективности.

### 4.3.2. Расчет показателей экономической эффективности

Используем информацию, приведенную выше, для подсчета показателей экономической эффективности программного обеспечения, разработанного в рамках данной дипломной работы. В первую очередь определим трудовые ресурсы и денежные средства, затрачиваемые на распознавание художественных произведений при базовом и предлагаемом вариантах. Рассчитанные экономические показатели представим в виде таблиц и графиков для удобства восприятия.

В год сотруднику требуется распознать около тысячи художественных произведений. До внедрения предлагаемого программного средства на каждое распознавание он тратил в среднем 12 минут. Таким образом, годовая трудоемкость решения задачи по базовому варианту равна

Зарплата сотрудника составляет 42000 рублей в месяц или приблизительно 250 рублей в час. Отсюда получаем годовые стоимостные затраты на решение задачи по базовому варианту

C использованием разработанного в рамках данного дипломного проекта программного средства для распознавания художественных произведений затраты материально-трудовых ресурсов и денежных средств снизятся.

Трудовые затраты сотрудника, решающего задачу по проектируемому варианту включают в себя две составляющие. Во-первых, время на ознакомление с программным средством, изучение способов работы с ним составит 80 минут. Во-вторых, время, затрачиваемое на распознавание одного художественного произведения, составит в среднем 1 минуту. Отсюда получаем годовую трудоемкость решения по проектируемому варианту

Теперь посчитаем абсолютные показатель снижения трудовых затрат.

Коэффициент относительного снижения трудовых затрат равен

И наконец индекс снижения трудовых затрат получаем равным приблизительно

Теперь рассчитаем стоимостные экономические показатели. Нам уже известно, что сотрудник при работе по предлагаемому варианту в год на решение задачи затрачивает 18 часов. Допустим, что при переходе на автоматизированную обработку данных его зарплата не изменится. Стоимость машинного часа примем равной 10 рублям и возьмем стандартное значение коэффициента накладных расходов в 0,1. Стоимостные затраты на решение задачи по проектируемому варианту будут равны

Теперь рассчитаем абсолютное снижение стоимостных затрат.

Коэффициент относительного снижения стоимостных затрат равен

В конце получим индекс снижения стоимостных затрат

В таблице 7 представлены все вычисленные трудовые и стоимостные показатели экономической эффективности перехода на предлагаемый вариант решения задачи с использованием программного обеспечения для распознавания художественных произведений.

Следующим шагом рассчитаем оставшиеся показатели экономической эффективности всего проекта. Сначала вычислим годовой экономический эффект. Для этого определим себестоимость разработанного в рамках данного дипломного проекта программного средства. Она складывается из капитальных вложений на покупку, поддержку и эксплуатацию программно-аппаратного комплекса, использованного при разработке, и расходов на заработную плату разработчиков. Затраты на заработную плату разработчикам вычислим по формуле

где n – число разработчиков, участвовавших в проекте,

C – заработная плата специалиста (в час),

T – количество человеко-часов, потребовавшихся для разработки данного дипломного проекта.

Программа разрабатывалась в течение трех месяцев с участием одного разработчика, заработная плата которого составляла 21000 рублей в месяц или примерно 125 рублей в час. Трудоемкость разработки составила 504 человека-часа. Расходы на заработную плату разработчиков за весь период равны

Единовременные капитальные вложения считаем равными K = 7000 рублей. Отсюда получаем суммарную себестоимость данного программного средства:

**Таблица 7.**

**Показатели экономической эффективности.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип показателя | Трудовые показатели | Стоимостные показатели |
| Затраты при базовом варианте решения задачи | 200 часов | 50000 руб. |
| Затраты при проектируемом варианте решения задачи | 18 часов | 5130 руб. |
| Абсолютное снижение затрат | 192 часа | 44870 руб. |
| Относительное снижение затрат | 91 % | 89,74% |
| Индекс снижения затрат | 11,1 раз | 9,7 раз |

Себестоимость использования базового варианта считаем равным нулю. Тогда дополнительные затраты капитала при миграции с базового варианта на проектируемый равны

Нормативный коэффициент эффективности считаем равным Ен = 0,15. Теперь можем рассчитать прямой экономический эффект. Он равен

Косвенный экономический эффект от миграции на автоматизированный вариант обработки информации проявляется, например, из-за сокращения количества ошибок в расчетах. В итоге мы получили, что годовой экономический эффект равен

Определим теперь расчетный коэффициент эффективности.

Время окупаемости вложений составит

Так как годовой экономический эффект получился достаточно невысоким, требуется принимать во внимание снижение трудовых затрат сотрудников, занятых решением задачи, а также учитывать косвенный экономический эффект, который непросто формализовать и выразить в цифрах, как уже было сказано выше. По итогам общей оценки рассчитанных значений экономических показателей можно сделать вывод о том, что с экономической точки зрения переход на использование разработанного программного средства эффективен.

Диаграммы снижения трудовых и стоимостных затрат на распознавание художественных произведений при базовом и предлагаемом вариантах приведены на рисунках 21 и 22.

**Рис. 21. Диаграмма снижения трудовых затрат**

**Рис. 22. Диаграммы снижения стоимостных затрат**

Из этих диаграмм хорошо видно, что относительные снижения трудовых и стоимостных затрат примерно равны между собой. Так происходит по причине того, что основная часть затрат на решение задачи представляет собой расходы на заработную плату сотрудников.

## Выводы по главе 4

Четвертая глава дипломной работы посвящена экспериментальному тестированию и оценке экономической эффективности разработанного программного средства для распознавания текстов с помощью нейронных сетей на динамических нейронах.

В ходе проведения тестирования не было зафиксировано сбоев в работе программы. Программа работала корректно, выдавала правильные результаты, на введенные пользователем данные отвечала согласно ожиданиям.

Были рассмотрены основные модели оценки надежности программных средств. Для оценки надежности разработанного программного средства была выбрана модель Коркорэна как наиболее подходящая в данном случае.

После всех вычислений коэффициент надежности программы получился равным примерно 89%. Такой относительно высокий результат говорит о готовности программы к внедрению в практическую эксплуатацию.

В последнем параграфе были вычислены основные показатели экономической эффективности программного средства. Эти вычисления заключались, главным образом, в сравнении между собой затрат при двух вариантах решения задачи:

1. Базовый вариант - работник компании решает задачу собственными силами без использования специально разработанного для этих целей программного средства.

2. Проектируемый вариант - для решения задачи используется программное средство из данного дипломного проекта.

В результате проведенных исследований было вынесено решение о том, что разработанное программное средство для распознавания текстов с помощью нейронных сетей на динамических нейронах имеет высокую экономическую эффективность.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом написания данного дипломного проекта является решение задачи разработки программного обеспечения для распознавания текстов при помощи нейронных сетей на динамических нейронах. Разработанная программа удовлетворяет всем условиям, поставленным в момент постановки задачи. Сформулированная цель данной дипломной работы полностью достигнута.

Исследования возможностей существующего программного обеспечения, которое базируется на нейроне Маккалока – Питтса, показало необходимость разработки новой программы, которая будет обладать рядом преимуществ и не будет иметь недостатков предшественников.

Разработанная программа была протестирована и отлажена, а также была подвергнута оценке надежности и экономической эффективности.

В результате вычислений установлена высокая вероятность того, что разработанная программа будет работать без сбоев. Сделан вывод, что программа для распознавания текстов с помощью нейронных сетей на динамических нейронах готова к практической эксплуатации.

На основании результатов вычисления основных экономических показателей вынесено заключение о высокой экономической эффективности разработанного в рамках данного дипломного проекта программного средства.

Программное средство распознает художественные произведения из числа сохраненных в ее базе. При этом для успешного распознавания достаточно ввести лишь небольшой отрывок текста, например, одну строку или даже одно слово.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров Ю.И., Анохин К.В., Соколов Е.Н., Греченко Т.Н. и др. Нейрон. Обработка сигналов. Пластичность. Моделирование. Фундаментальное руководство //Изд-во Тюменского государственного университета. 2008 . 548 с.
2. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973.
3. Беркинблит М.Б. Нейронные сети – М.: Издательство МИРОС, 1993.
4. Вальцев В.Б, Лавров В.В. Целесообразное фрагментирование информации на входе в мозг // "Информационные технологии", №2, 2006, с.22-30.
5. Веденов А. А. Моделирование элементов мышления. М.: Наука, 1988. 159 с.
6. Виноградова О.С. Нейронаука конца второго тысячелетия: смена парадигм // Журнал высш. нервн. деятел. 2000. Т. 50. С. 743-774.
7. Вороновский Г. К., Махотило К. В., Петрашев С. Н., Сергеев С. А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. — Харьков: Основа, 1997. — 112 с. — ISBN 5-7768-0293-8.
8. Голубев Ю. Ф. Нейросетевые методы в мехатронике. — М.: Изд-во Моск. унта, 2007. — 157 с. — ISBN 978-5-211-05434-9.
9. Горбань А. Н., Дунин-Барковский В. Л. и др. Нейроинформатика. — Новосибирск: Наука, 1998.
10. Дунин-Барковский В. Л., Терехин А. Т. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: тенденции развития исследований и разработок // Микропроцеcсорные средства и системы. 1990. N 2. C. 12-14.
11. Еремин Д. М., Гарцеев И. Б. Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления. — М.: МИРЭА, 2004. — 75 с. — ISBN 5-7339-0423-2.
12. Клини С. Математическая логика// М.: Мир, 1973. 480 с.
13. Комарцова Л. Г., Максимов А. В. Нейрокомпьютеры. — 1-е. — Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — С. 320. — ISBN 5-7038-1908-3
14. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — М.: Горячая линия - Телеком, 2001. — 382 с. — ISBN 5-93517-031-0.
15. Мак-Каллок У., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Нейрокомпьютер. –1992. - №3/4. – Р.40-50.
16. Минский М., Пейперт С. Перцептроны / пер. с англ. М.: Мир, 1971. 261 с. (Англ. оригинал: Minsky M., Papert S. Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry. Cambridge, MA: MIT Press, 1969.).
17. Миркес Е. М. Нейрокомпьютер. Проект стандарта. — Новосибирск: Наука, 1999. — 337 с. — ISBN ISBN 5-02-031409-9.
18. Николлс Дж., Мартин Р., Валлас Б., Фукс П. От нейрона к мозгу – М.: Издательство Эдиториал УРСС, 2003.
19. Розенблат Ф. Принципы нейродинамики. Перцептроны и теория механизмов мозга / пер. с англ. М.: Мир, 1965. 175 с. (Англ. оригинал: Rosenblatt F. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Washington, D.C.: Spartan Books, 1962.)
20. Савельев А. В. На пути к общей теории нейросетей. К вопросу о сложности // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. — 2006. — № 4—5. — С. 4—14.
21. Тадеусевич Рышард, Боровик Барбара, Гончаж Томаш, Леппер Бартош. Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ / Перевод И. Д. Рудинского. — М.: Горячая линия — Телеком, 2011. — 408 с. — ISBN 978-5-9912-0163-6..
22. Терехин А.Т., Будилова Е.В. Сетевые механизмы биологической регуляции // Успехи физиологических наук. 1995. Т. 26. N 4. С.75-97.
23. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейросетевые системы управления. — М.: Высшая школа, 2002. — 184 с. — ISBN 5-06-004094-1.
24. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. Теория и практика // М.: Мир, 1992. 240 с.
25. Фриман Дж.У., Динамика мозга в восприятии и сознании: творческая роль хаоса // В сб. «Синергетика и психология». Вып.3. "Когнитивные процессы", Издательство «Когито-Центр", 2004.
26. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс // Neural Networks: A Comprehensive Foundation.- 2-е. М.: «Вильямс», 2006. -1104 с.
27. Цетлин М.Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. — М.: Наука, 1969. 316с.
28. Швырков В.Б. Теория функциональной системы как методологическая основа нейрофизиологии поведения // Успехи физиологических наук. 1978. Т. 9. №1. С.81-105.
29. Ясницкий Л. Н. Введение в искусственный интеллект. — М.: Издат. центр «Академия», 2005. — 176 с. — ISBN 5-7695-1958-4.
30. Bechtel W, Abrahamsen A. Connectionism and the Mind: Parallel Processing, Dynamics, and Evolution in Networks, 2002.
31. Grossberg Stephen. 1988. Neural Networks and Natural Intelligence. MIT Press, Cambridge, MA.
32. Hebb, D. O. The organization of behavior: a neuropsychological theory. New York (2002) (Оригинальное издание — 1949)
33. Lipman R. An introdaction to computing with neural nets // IEEE Acoustic,Speech and Signal Processing Magazine,1987,no 2,p 4-22.
34. Rosenblatt F. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Washington, DC: Spartan Books (1962).