Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**

**Факультет компьютерных технологий и прикладной математики**

**Кафедра вычислительных технологий**

**СЕМИНАР №1**

**Дисциплина: Приложение нейросетевых алгоритмов**

Работу выполнил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. А. Иванов

Направление подготовки: 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Преподаватель: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. И. Шиян

**Тема**: сиамские нейронные сети (архитектура, математическая модель, область применения).

**Содержание**:

1 Основные понятия

1.1 Обзор нейронных сетей и их применение в машинном обучении

1.2 Понятие сиамских нейронных сетей и их особенности  
 2 Архитектура сиамских нейронных сетей

2.1 Структура сиамской нейронной сети

2.2 Примеры архитектур сиамских нейронных сетей

3 Математическая модель

3.1 Объяснение математических принципов работы сиамских нейронных сетей

3.2 Рассмотрение функций потерь, используемых при обучении сиамских нейронных сетей

4 Область применения

5 Примеры успешного применения сиамских нейронных сетей в различных областях

**1 Основные понятия**

* 1. **Обзор нейронных сетей и их применение в машинном обучении**

Нейронные сети - это модель машинного обучения, вдохновлённая работой человеческого мозга. Они состоят из соединённых и взаимодействующих искусственных нейронов, которые работают с данными для выполнения разнообразных задач. Нейронные сети могут обучаться на больших объёмах данных и извлекать сложные закономерности, которые иногда недоступны для классических алгоритмов.

Применение нейронных сетей в машинном обучении включает классификацию, обнаружение объектов, генерацию контента, обработку естественного языка.

* 1. **Понятие сиамских нейронных сетей и их особенности**

Сиамские нейронные сети - это специальный тип нейронных сетей, который используется для сравнения пар объектов или изображений. Они получили название "сиамские" из-за аналогии с двумя близнецами, которые имеют одинаковую структуру.

Основные особенности сиамских нейронных сетей:

Общие веса: обе ветви сети (для каждого объекта) имеют одинаковую архитектуру и общие веса, что позволяет сравнивать объекты в одном пространстве признаков.

Сравнение пар объектов: сиамские нейронные сети обучаются таким образом, чтобы минимизировать расстояние между представлениями пар объектов одного класса и максимизировать расстояние между представлениями пар объектов разных классов.

Использование функций потерь: для обучения сиамских нейронных сетей часто применяются функции потерь, такие как Contrastive Loss или Triplet Loss, которые помогают сети эффективно учиться сравнивать и классифицировать объекты.

Применение в задачах сравнения и идентификации: сиамские нейронные сети широко используются в задачах распознавания лиц, поиска дубликатов в базах данных, сравнения текстов и других задачах, где требуется сравнение пар объектов.

Сиамские нейронные сети позволяют эффективно извлекать и сравнивать признаки объектов, что делает их мощным инструментом для решения задач сопоставления и классификации объектов в различных областях машинного обучения и искусственного интеллекта.

**2 Архитектура сиамских нейронных сетей**

**2.1 Структура сиамской нейронной сети**

Структура сиамской нейронной сети состоит из двух параллельных ветвей (для каждого объекта), которые имеют общие веса. Основные компоненты структуры включают:

Входные данные: Обе ветви сети получают на вход данные для сравнения, например, изображения лиц или векторы признаков.

Свёрточные слои: В каждой ветви сети обычно присутствуют свёрточные слои, которые помогают извлекать признаки из входных данных.

Полносвязанные слои: После свёрточных слоёв данные передаются через полносвязанные слои, которые обрабатывают признаки и создают представления объектов.

Функция расстояния: В конце каждой ветви сети обычно применяется функция, которая вычисляет расстояние между представлениями объектов. Например, это может быть евклидово расстояние или косинусное расстояние.

Функция потерь: Для обучения сиамской нейронной сети используется функция потерь, такая как Contrastive Loss или Triplet Loss, которая помогает сети настраивать веса таким образом, чтобы минимизировать расстояние между представлениями пар объектов одного класса и максимизировать расстояние между объектами разных классов.

Структура сиамской нейронной сети позволяет эффективно сравнивать и классифицировать пары объектов, минимизируя потери и улучшая качество сопоставления.

**2.2 Какие компоненты включает в себя сиамская нейронная сеть**

Существует несколько популярных архитектур сиамских нейронных сетей, которые успешно применяются в различных областях:

*Siamese Neural Network with Convolutional Neural Networks (CNN):*

Ветви сети содержат свёрточные слои, которые извлекают признаки из изображений.

После свёрточных слоев следуют полносвязные слои для создания представлений объектов.

Функция расстояния и функция потерь используются для сравнения представлений объектов.

*Siamese Recurrent Neural Networks (RNN):*

Вместо свёрточных слоев используются рекуррентные нейронные сети для анализа последовательных данных, таких как текст или временные ряды.

Рекуррентные слои помогают учитывать контекст и последовательность в данных.

*Triplet Siamese Network:*

Эта архитектура включает три входных объекта: анкор (anchor, якорь, объект рассматриваемого класса, с которым будет проводиться сравнение), положительный пример (positive) и отрицательный пример (negative).

Сеть обучается таким образом, чтобы минимизировать расстояние между анкором и положительным примером, и максимизировать расстояние между анкором и отрицательным примером.

*Constrastive Siamese Network:*

Эта архитектура использует Contrastive Loss для обучения сети.

Сеть учится минимизировать расстояние между парами объектов одного класса и максимизировать расстояние между объектами разных классов.

**3 Математическая модель**

**3.1 Объяснение математических принципов работы сиамских нейронных сетей**

Сиамские нейронные сети работают на основе математических принципов, направленных на минимизацию расстояния между представлениями объектов одного класса и максимизацию расстояния между объектами разных классов:

*Представление объектов:*

Каждый объект (например, изображение лица или вектор признаков) представляется вектором, полученным на выходе сети после обработки входных данных.

*Функция расстояния:*

Для сравнения представлений объектов используется функция расстояния, такая как евклидово расстояние или косинусное расстояние. Чем меньше расстояние между представлениями объектов одного класса, тем лучше.

*Функция потерь:*

Для обучения сети используется функция потерь, такая как Contrastive Loss или Triplet Loss. Она определяет ошибку между предсказанными и ожидаемыми значениями и используется для коррекции весов сети.

*Обучение:*

В процессе обучения сети для каждой пары объектов задаётся правильная метка (принадлежат ли объекты одному классу или разным).

Сеть обучается таким образом, чтобы минимизировать расстояние между представлениями объектов одного класса и максимизировать расстояние между объектами разных классов.

*Использование пар объектов:*

Для обучения сиамской сети часто используются пары объектов одного класса (положительные примеры) и объекты разных классов (отрицательные примеры), чтобы обучить сеть эффективно разделять объекты по классам.

**3.2 Рассмотрение функций потерь, используемых при обучении сиамских нейронных сетей**

Функции потерь, используемые при обучении сиамских нейронных сетей, играют ключевую роль в оптимизации модели для эффективного сравнения объектов. Вот две основные функции потерь, которые часто применяются в сиамских сетях:

*Contrastive Loss (Контрастная потеря):*

Описание: Contrastive Loss используется для обучения сети таким образом, чтобы минимизировать расстояние между представлениями объектов одного класса и максимизировать расстояние между объектами разных классов.

Формула: f_1, где Y - метка (1 для пары объектов одного класса, 0 для пары объектов разных классов), D - расстояние между представлениями объектов, m - пороговое значение.

Применение: Contrastive Loss помогает модели учиться эффективно разделять объекты по классам, минимизируя внутриклассовое расстояние и максимизируя межклассовое расстояние.

*Triplet Loss (Тройная потеря):*

Описание: Triplet Loss используется с тремя примерами: анкором (anchor), положительным примером (positive) и отрицательным примером (negative). Цель - минимизировать расстояние между анкором и положительным примером, и максимизировать расстояние между анкором и отрицательным примером.

Формула: f_2, где d(a, p) - расстояние между анкором и положительным примером, d(a, n) - расстояние между анкором и отрицательным примером, margin - заранее заданный порог.

Применение: Triplet Loss способствует формированию более компактных представлений объектов одного класса и более разреженных представлений объектов разных классов.

**4 Область применения**

Сиамские нейронные сети находят широкое применение в различных областях благодаря их способности сравнивать и классифицировать объекты. Самые популярные области применения сиамских нейронных сетей:

*Распознавание лиц:*

Сиамские нейронные сети эффективно применяются для распознавания лиц, где задача состоит в сравнении лиц для их идентификации или верификации.

*Поиск дубликатов:*

В области поиска дубликатов (например, визуальных или текстовых данных) сиамские сети помогают эффективно определять сходство между объектами.

*Рекомендательные системы:*

Сиамские сети используются в рекомендательных системах для сравнения предпочтений пользователей и предложения персонализированных рекомендаций.

*Биометрическая идентификация:*

В области биометрической идентификации сиамские сети помогают сравнивать биометрические данные (например, отпечатки пальцев, голос) для идентификации личности.

*Определение схожести текстов:*

Сиамские сети применяются для сравнения и классификации текстов, например, для определения схожести между документами или поиска плагиата.

*Медицинская диагностика:*

В медицинской области сиамские сети используются для сравнения медицинских изображений или анализа биомедицинских данных.

*Детектирование аномалий:*

Сиамские нейронные сети могут применяться для обнаружения аномалий в данных, выявления необычных или подозрительных паттернов.

**5 Примеры успешного применения сиамских нейронных сетей в различных областях**

Эти примеры демонстрируют мощность и эффективность сиамских нейронных сетей в различных областях, подчёркивая их значимость и потенциал для улучшения качества сравнения и классификации объектов:

*FaceNet:*

Область: Распознавание лиц.

Описание: FaceNet использует сиамскую архитектуру для извлечения компактных представлений лиц, которые затем используются для идентификации и верификации лиц.

Успех: FaceNet достиг высокой точности в распознавании лиц и стал одним из самых эффективных методов в этой области.

*Siamese LSTM для детектирования дубликатов в тексте:*

Область: Поиск дубликатов текста.

Описание: Сиамские LSTM (Long Short-Term Memory) сети используются для сравнения текстовых данных и определения их сходства.

Успех: Этот подход позволяет эффективно находить дубликаты текста и использовался, например, в поисковых системах.

*Deep Matching and Validation Network (DMVN) для рекомендательных систем:*

Область: Рекомендательные системы.

Описание: DMVN использует сиамскую архитектуру для сравнения предпочтений пользователей и рекомендации контента.

Успех: DMVN позволяет создавать более точные и персонализированные рекомендации для пользователей, улучшая их опыт использования платформы.

*Metric Learning for Large Scale Image Classification:*

Область: Классификация изображений.

Описание: Сиамские сети применяются для изучения эффективных представлений изображений, улучшая классификацию и сравнение изображений.

Успех: Этот подход помогает повысить точность классификации изображений и ускорить процесс обучения на больших наборах данных.