Урок 19. Структура нейронной сети: слои, связи и архитектура

7 класс · Урок 19 из 34 · 45 минут

Урок искусственного интеллекта для 7 класса: структура нейронной сети. Понятное объяснение, практические задания и материалы для занятия.

Структура нейронной сети определяет путь данных через слои и связи. Вы прочитаете схему, разберёте типы слоёв и спроектируете распознаватель значков для собственной игры.

Содержание урока

1. Вход в тему: те же элементы
2. Слои и архитектура
3. Разные типы преобразований
4. Архитектурная мастерская
5. Итоги урока

01. Цель урока

Научиться читать и объяснять архитектуру простой нейронной сети.

К концу урока ученики смогут:

- различать входной, скрытый и выходной слои
- объяснять роль связей и понятие архитектуры
- согласовывать размеры входа и выхода с задачей
- отделять устройство модели от доказательств её качества

02. Ход урока

Этап	Мин	Учитель	Ученики
Этап 1. Вход в тему: те же элементы	5	Предлагает пробу со связями	Сравнивают пути сигнала
Этап 2. Слои и архитектура	10	Объясняет части модели	Читают полносвязную схему
Этап 3. Разные типы преобразований	10	Разбирает архитектуру из статьи	Отделяют известное и неизвестное
Этап 4. Архитектурная мастерская	14	Помогает обосновать архитектуру	Проектируют распознаватель для своей игры
Этап 5. Итоги урока	6	Проверяет различия понятий	Объясняют выбор устройства

03. Этап 1. Вход в тему: те же элементы 5 минут

Говорим ученикам

Сегодня разберём структуру нейронной сети: слои, связи и архитектуру. В прошлый раз мы увидели путь данных через связанные элементы. Теперь выясним, как устройство этого пути связано с задачей.

На листке нарисуйте три кружка и соедините их так, чтобы сигнал мог пройти от первого к последнему. Затем измените только связи, сохранив число кружков. Обсудите, какие пути исчезли или появились. Одинаковое число элементов ещё не означает одинаковое устройство.

Для учителя

Это короткая проба чтения графа. Не превращайте её в вычислительное упражнение. Ученик должен заметить, что связи задают доступные пути. Основное объяснение слоёв начинается в следующем этапе.

04. Этап 2. Слои и архитектура 10 минут

Говорим ученикам

Слой — группа элементов на одном шаге преобразования в выбранной архитектуре. Входной слой принимает числовое представление данных. Скрытые слои выполняют промежуточные преобразования. Выходной слой формирует результат, который интерпретируют по задаче. Слово «скрытый» означает положение внутри модели, а не секретность или невозможность изучения.

Архитектура описывает устройство сети: какие в ней слои, сколько в них элементов и как они соединены. В простой полносвязной сети каждый элемент слоя передаёт результат каждому элементу следующего слоя. В других архитектурах связи организуют иначе.

Вход и выход согласуют с данными и результатом. Если маленькое чёрно-белое изображение представлено шестнадцатью значениями яркости, можно подать эти значения как шестнадцать входных чисел. Если задача состоит в выборе одной из четырёх категорий, выход может содержать четыре оценки. Сколько промежуточных элементов нужно, нельзя установить только по числу категорий: это отдельное решение, которое проверяют опытами.

Число слоёв не доказывает качество. Сравнивают результат на одинаковой задаче и проверочных данных, учитывая также время и ресурсы. Иначе разные схемы нельзя честно сопоставить.

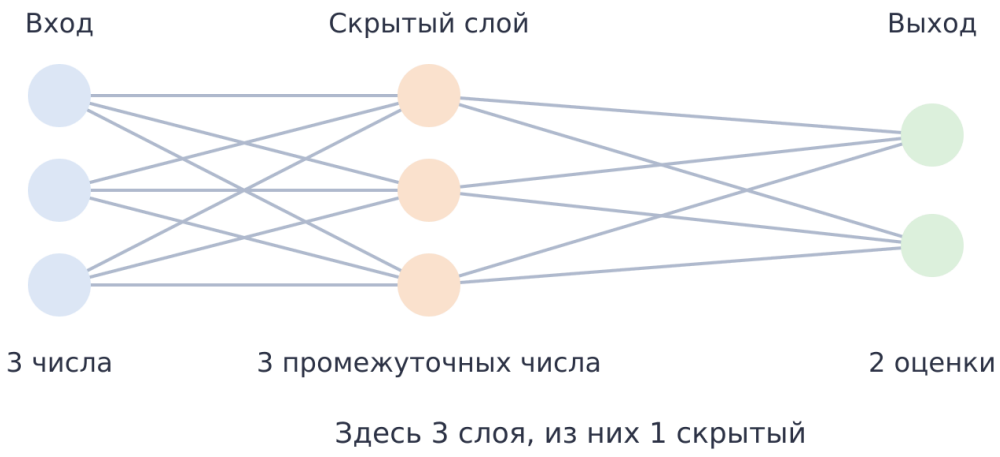


Схема показывает порядок и связи, но не величины весов. Нейроны скрытого слоя не обязаны иметь отдельные человеческие названия.

05. Этап 3. Разные типы преобразований

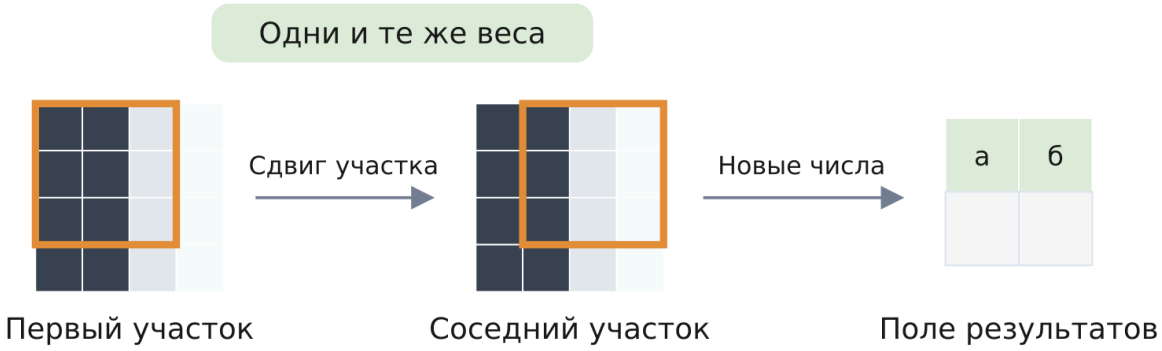
10 минут

Говорим ученикам

Свёрточный слой обрабатывает небольшие участки изображения. В каждом месте он использует одни и те же веса и получает числа, зависящие от содержимого участка. Например, обученные веса могут помогать находить границу между светлой и тёмной областью. После обработки разных участков получается новое поле чисел: их расположение помогает понять, где встретилась такая деталь. Следующие слои могут учитывать сочетания найденных деталей.

Одни и те же веса используют в разных местах, чтобы узнавать похожую деталь и слева, и справа на изображении. На схеме показано, как выбранный участок сдвигается, а правило его обработки сохраняется.

Полносвязный слой получает числа предыдущего слоя: каждый его элемент связан со всеми элементами предыдущего. Так он может объединять сведения о разных найденных признаках. В конце сети распознавания полносвязные слои помогают получить числовую оценку для каждой категории. Полносвязный слой может находиться и внутри сети; в реальной архитектуре между слоями бывают и другие операции.



а и б — числа, полученные для двух показанных положений участка

Оранжевая рамка перемещается по изображению, а веса сохраняются. Для каждого положения получается своё число; значения здесь не рассчитываем.

Реальный случай. Восемь обучаемых слоёв

В статье 2012 года Алекс Крижевский, Илья Суцкевер и Джеффри Хинтон описали сеть для классификации изображений: пять свёрточных и три полносвязных слоя с обучаемыми параметрами. ImageNet — большой набор изображений с подписями. На соревновании 2012 года системы сравнивали по ошибкам при распознавании изображений, и описанная в статье сеть показала высокий результат. В одной архитектуре соединили поиск признаков на небольших участках с получением итоговых оценок категорий.

Говорим ученикам

На учебной схеме мы считали и входной слой. В статье авторы посчитали только слои с настраиваемыми параметрами: пять свёрточных и три полносвязных. Входной слой и промежуточные операции без таких параметров не вошли в число восемь. Это число обозначает слои обработки, а не отдельные нейроны. Подробное устройство свёртки сейчас не рассчитываем: нам важно увидеть, что архитектуру выбирают под форму данных и результат.

Задание 1. Что сообщает схема?

По схеме урока определите число слоёв и число скрытых слоёв. Назовите сведения, которые схема даёт о связях, и два свойства, которые по ней установить нельзя. Затем объясните, почему восемь обучаемых слоёв в реальной работе не означают восемь отдельных нейронов. Затем проверьте короткий эскиз: для картинки 4 × 4 клетки указаны четыре входных числа, а для четырёх отдельных оценок категорий — одно выходное. Объясните, какие подписи противоречат выбранному представлению данных.

▼ Для учителя

В схеме три слоя и один скрытый. Между соседними слоями показаны все связи. Неизвестны веса, точные правила преобразования, данные обучения и качество. В статье слой содержит много элементов; восемь — количество определённых этапов с параметрами, а не нейронов. Принимайте другие действительно неизвестные свойства. В коротком эскизе нужны 16 входных значений яркости и четыре отдельных выходных оценки. Число элементов скрытого слоя из этого условия не следует.

06. Этап 4. Архитектурная мастерская 14 минут

Говорим ученикам

Вы уже знаете, какие части схемы отвечают за вход и результат. Теперь придумайте, как использовать распознавание значков в собственной игре. Игрок рисует значок, а программа определяет, какое действие он выбрал. Вам предстоит показать, какие данные получит сеть и что будут означать её ответы.

Сейчас вы будете работать как автор технического рисунка. Читатель должен по рисунку восстановить, какие числа входят, как связаны слои и что означают выходы. Неподписанная группа кружков для этого недостаточна.

Задание 2. Сеть для моей игры

Придумайте игру или интерактивную историю, в которой игрок выбирает действие нарисованным значком. Выберите четыре возможных действия и создайте для каждого чёрно-белый значок на поле 4 × 4 клетки. Подпишите, что произойдёт в игре после его распознавания.

Нарисуйте схему распознавателя. На вход передаётся яркость каждой клетки, а на выходе нужна отдельная оценка для каждого из четырёх действий. Определите число входных значений и выходных оценок; вход разрешается показать одной группой с подписью.

Скрытую часть сети выберите сами: покажите слои и связи. Отметьте, что задано условиями игры, а что вы решили выбрать сами. Запишите вопрос, на который хотите ответить после обучения сети. Например, сможет ли она различать похожие значки?

Обменяйтесь эскизами. По рисунку соседа восстановите, как игрок выбирает действие и как числа проходят через сеть. Уточните непонятные подписи и объясните одну правку. Готовый результат — эскиз для обсуждения будущей игры; работающая обученная сеть на этом уроке не создаётся.

▼ Для учителя

При выбранном представлении нужны 16 входных значений и четыре выходные оценки. Действия игры, значки, число скрытых элементов и слоёв ученики выбирают сами. Проверяйте, различимы ли придуманные значки и понятно ли назначение каждого выхода. Засчитывайте согласованную с задачей схему, объяснение связей и вопрос для будущего

испытания. Больше слоёв само по себе не доказывает лучшего распознавания. Не требуйте обучать сеть, писать код или находить единственную правильную скрытую архитектуру. Достаточно четырёх простых значков, эскиза и короткого обмена: всё это входит в 14 минут.

07. Этап 5. Итоги урока 6 минут

Говорим ученикам

Прочитайте свой архитектурный эскиз как путь данных. Назовите, что задаёт условие задачи, а что вы выбрали как вариант архитектуры.

Главное за урок

- Входной слой принимает числа, скрытые слои преобразуют их, а выходной слой формирует результат, например оценки категорий изображения.
- Архитектура нейронной сети задаёт, сколько в ней слоёв и элементов и как они соединены, поэтому одинаковое число нейронов допускает разное устройство сети.
- Если каждый пиксель чёрно-белой картинки 4 × 4 представлен одним значением яркости, нужны 16 входных значений, а для четырёх категорий можно получить четыре выходные оценки.
- Свёрточный слой применяет один набор параметров к разным небольшим областям изображения, а полносвязный связывает каждый свой элемент со всеми элементами предыдущего слоя.
- Пользу дополнительного слоя проверяют по ответам сети на одинаковых проверочных данных, учитывая ошибки, время работы и затраты вычислительных ресурсов.

Итоговые вопросы

1. Что означает слово «скрытый» в названии слоя?

2. Почему большее число слоёв нейронной сети само по себе не означает лучшее качество распознавания?

3. Почему в сети, которая выдаёт по одной оценке для каждой из четырёх категорий, число выходов задано, а число скрытых нейронов нужно выбирать и проверять?

▼ Для учителя

1. Промежуточное положение между входом и выходом. 2. Нужны результаты на одинаковых проверочных данных и условия сравнения: число слоёв не показывает, какие ошибки делает сеть. 3. В этой задаче нужны четыре оценки категорий, но промежуточные вычисления можно организовать разными способами; число скрытых нейронов выбирают и проверяют опытами.

▼ Для учителя

Источники

1. Krizhevsky, Sutskever, Hinton: ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. 2012. Подтверждающая фраза: «consists of five convolutional layers, some of which are followed by max-pooling layers, and three fully-connected layers». Материал старше 2024 года.