

## Глава 4

### Лекция 8. Алгоритмы SANE и H-SANE

# Оглавление

<b>4</b>	<b>Лекция 8. Алгоритмы SANE и H-SANE</b>	<b>1</b>
8.1	Алгоритм SANE . . . . .	2
8.1.1	Навигация в мире со стенами . . . . .	3
8.1.2	Анализ разнообразия весов связей . . . . .	5
8.1.3	Анализ работы ИНС . . . . .	5

## 8.1 Алгоритм SANE

Предложен Дэвидом Мориарти [1]. Представляет вариант коэволюционного алгоритма для эволюции весов и структуры ИНС<sup>1</sup>.

Используется для ИНС прямого распространения с 1 скрытым слоем.

Хромосома – список связей одного нейрона скрытого слоя. Информация о связи:

- Метка нейрона (8 бит)
- Вес связи (16 бит)
- Определение входного/выходного нейрона
  - Метка  $> 127$  – нейрон выходной
  - Индекс нейрона: метка  $\bmod N$
  - $N$  – количество входных или выходных нейронов (в зависимости от значения метки)

Т.к. вся информация кодируется в бинарном виде, то для скрещивания и мутации нейронов применяются 1-точечный кроссинговер и битовая мутация.

Алгоритм – коэволюционный. Информация об ИНС формируется из нескольких нейронов (8.1).

В отличие от алгоритма ESP, в котором каждый нейрон эволюционировал в отдельной популяции, в алгоритме SANE популяция одна, и в ней могут скрещиваться разные нейроны. Поэтому чтобы избежать сложностей в оптимизации весов нейронов, сохраняются удачные комбинации нейронов (т.н. *blueprints*, 8.2), которые составляют отдельную популяцию. Каждая комбинация является массивом указателей и фактически представляет собой ИНС.

---

<sup>1</sup>На мой взгляд алгоритм SANE послужил прототипом для алгоритма ESP, тем более, что научный руководитель и у Гомеса, и у Мориарти – один и тот же и сами они друг с другом были знакомы, т.к. учились примерно в одно время.

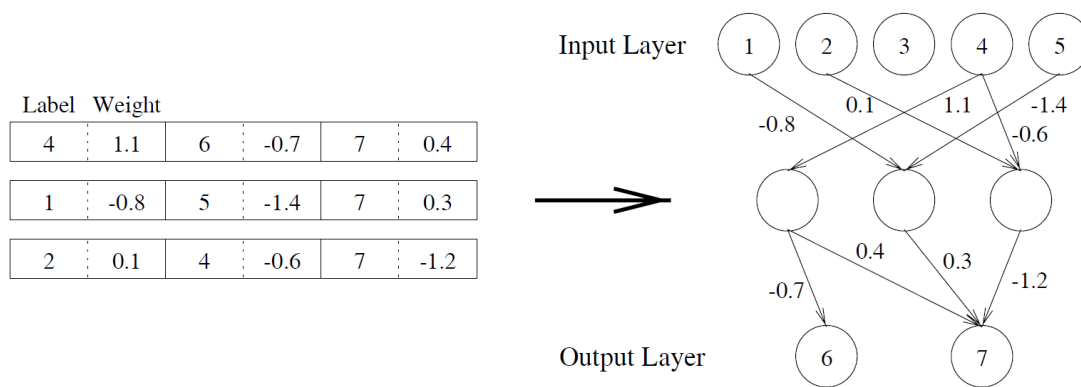


Рис. 8.1: Кодирование информации об ИНС в алгоритме SANE. Использован рисунок из [1].

Количество скрытых нейронов фиксированное и должно определяться заранее. Количество связей у каждого нейрона также фиксировано. Эти два параметра (количество нейронов и количество связей) и определяют свойства структуры ИНС<sup>2</sup>.

Структура алгоритма SANE – стандартная для эволюционного алгоритма. Работа одного поколения представлена алгоритмом 8.1.

### 8.1.1 Навигация в мире со стенами

Рассматривается задача управления мобильным роботом Khepera для избежания столкновений со стенами. ИНС тестируется на компьютерном симуляторе.

Робот Khepera небольшой, 5 см в диаметре, оборудован 8 инфракрасных датчиков препятствий (выдают сигнал в диапазоне 0...1023) и датчиком освещенности (-10...+10). За движение отвечают два колеса, которые приводятся в движение независимыми моторами (-10...+10).

Для решения задачи управления роботом ИНС имела 9 входов, 8 скрытых нейронов, 2 выхода.

Приспособленность определялась как расстояние по Евклиду, которое робот смог проехать от первоначальной позиции. Перед каждым запуском робот устанавливался в случайную позицию.

Тестирование проходило в двух режимах:

1. Стандартное тестирование. Оценивалась успешность эволюции нейронных сетей с течением времени.
2. Тестирование с поломкой. После 80 поколений эволюции правый задний датчик начинает всегда выдавать максимальный сигнал (имитация поломки). После этого в течение последующих поколений ИНС должна «научиться» игнорировать этот датчик. Что у нее и получилось.

<sup>2</sup>В рамках используемой топологии с 1 скрытым слоем.

---

**Алгоритм 8.1** Поколение алгоритма Symbiotic Adaptive NeuroEvolution (SANE)

---

- 1: **Сброс приспособленностей нейронов в популяции комбинаций.**
  - 2: **Для каждой комбинации.**
    - Выбор соответствующих нейронов.
    - Формирование ИНС.
    - Оценка ИНС.
    - Присваивание полученного значения приспособленности текущей комбинации.
  - 3: **Обновить приспособленность нейрона = средняя приспособленность 5 лучших ИНС, включающих этот нейрон.**
  - 4: **Сортировка популяции нейронов по приспособленности.**
  - 5: **Скрещивание.**
    - Скрещиваются только 25% лучших особей.
    - После скрещивания остается только 1 случайный потомок.
    - Вместо второго потомка используется один из родителей.
    - Два потомка замещают худших особей.
  - 6: **Мутация.**
    - Проводится для всех нейронов.
    - Вероятность мутации 0,1% на каждый бит для всех особей.
  - 7: **Скрещивание комбинаций.**
    - 1- точечный кроссинговер.
    - Точки разрыва только между указателями.
    - Все остальное как в скрещивании нейронов.
  - 8: **Мутация комбинаций.**
    - Только для комбинаций-потомков.
    - 1% вероятность перенаправить указатель на другой нейрон.
    - 50% вероятность перенаправить указатель на нейрон-потомок.
-

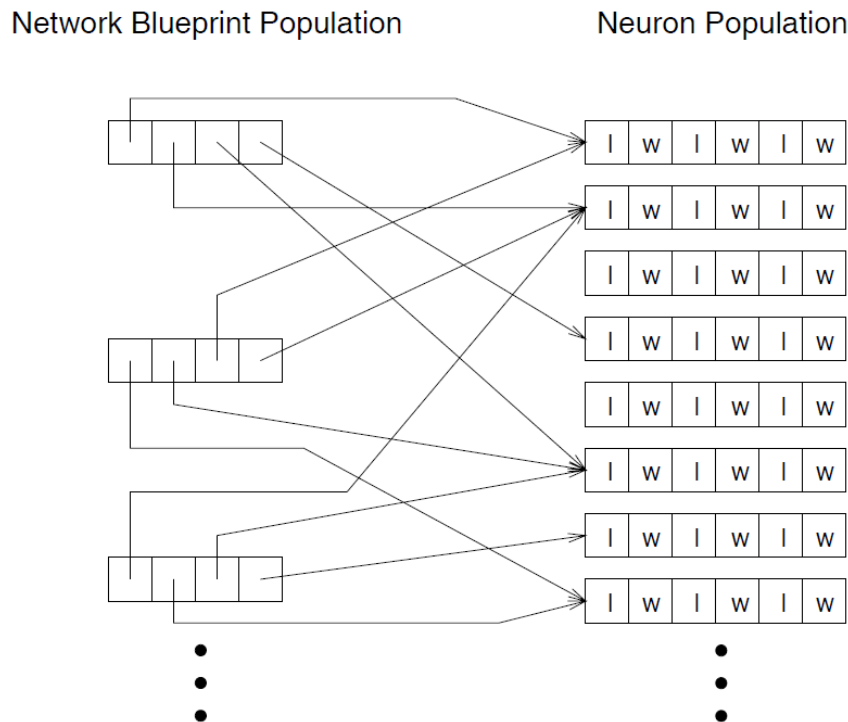


Рис. 8.2: Кодирование информации об ИНС в алгоритме SANE. Использован рисунок из [1].

### 8.1.2 Анализ разнообразия весов связей

Для оценки результатов обучения нейронов<sup>3</sup> рассматривалось также и разнообразие их весов связей. Это тем более важно, что популяция была одна и никакого искусственного разграничения нейронов в этой популяции не было предусмотрено. Т.е. в стандартном эволюционном алгоритме веса нейронов скорее всего сошлись бы к одному и тому же вектору. Однако, благодаря использованию популяции комбинаций в популяции нейронов присутствовало разнообразие.

Анализ весов связей производился с применением метода главных компонент, т.е. веса проецировались на плоскость двух собственных векторов для матрицы ковариации весов с максимальными собственными числами. Пример распределение проекций на последнем поколении эволюции показан на рис. 8.3. Из рисунка видно, что можно выделить кластеры нейронов, что говорит о появлении аналога специализации для отдельных нейронов. В результате этой специализации нейроны выполняют различные функции и в успешную ИНС должны быть включены нейроны с разной специализацией.

### 8.1.3 Анализ работы ИНС

Для более полного анализа полученных решений, было проведено исследование, как влияют различные комбинации входных сигналов на работу нейронов найденной лучшей ИНС. Используются следующие комбинации:

- Молчание.

<sup>3</sup>Здесь и далее представлены результаты анализа по решению задачи навигации, описанной выше.

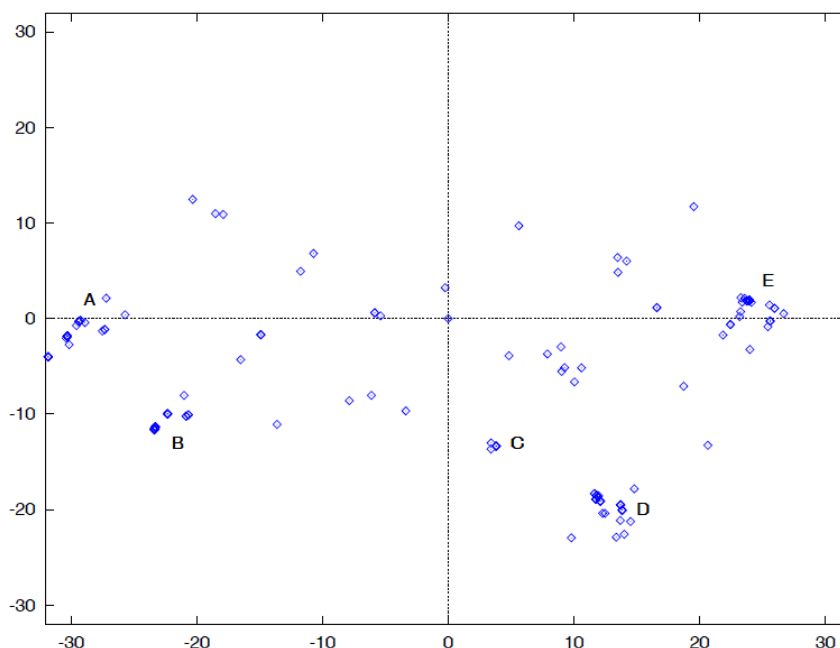


Рис. 8.3: Проекция весов связей на плоскость двух главных компонент. Заглавными буквами обозначены группы (кластеры) нейронов. Использован рисунок из [1].

- Объект слева.
- Объект спереди.
- Объект справа.
- Объект сзади.

Чтобы изучить каждый скрытый нейрон в отдельности, другие нейроны временно отключались и рассматривалось как выходной сигнал анализируемого нейрона повлияет на команды, подаваемые на приводы колес.

В результате выявлены особенности работы нейронов, представленные в табл. 4.1

Нейрон	Назначение
1	Движение вперед и замедление, если замечен объект слева.
2	Движение вправо для уворачивания от препятствия слева.
3	Движение влево для уворачивания от препятствия вправо.
4	Небольшой импульс для движения вправо, если появляется объект слева.
5	Усиливает нейроны 3 и 6.
6	Движение влево для уворачивания от препятствия вправо.
7	Движение вперед и компенсация лишних поворотов. Замедление при появлении объектов спереди и справа.
8	Движение вправо для уворачивания от препятствия слева.

Таблица 4.1: Результаты анализа работы нейронов в нейросетевом решении задачи навигации мобильного робота. Используются данные из [1]

# Литература

- [1] David E. Moriarty. *Symbiotic Evolution Of Neural Networks In Sequential Decision Tasks*. PhD thesis, Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin, 1997.