

СИМУЛЯЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В работе моделируется процесс естественного отбора в заранее определенной среде с заданными параметрами выживания и жизни организмов.

ВВЕДЕНИЕ

Нейросети отлично подходят для моделирования естественного отбора в среде с заданными параметрами, так как они способны самосовершенствоваться и находить оптимальные решения без помощи человека. Это позволяет им со временем адаптироваться под любые условия среды. В представленной работе моделируется программа, позволяющая наблюдать за процессом естественного отбора, где каждый представитель среды обладает нейронной сетью, которая определяет его поведение.

I. СТРУКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Нейронная сеть – это последовательность нейронов, соединенных между собой синапсами.

Нейрон – это вычислительная единица, которая получает информацию, производит над ней простые вычисления и передает ее дальше. Они делятся на три основных типа: входной (квадрат), скрытый (круг) и выходной (треугольник) (см. рис.1).

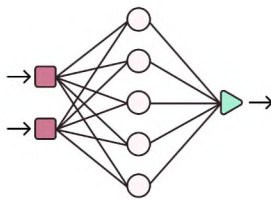


Рис. 1 – Схема нейронной сети

Синапс – связь между двумя нейронами. У синапсов есть один параметр – вес. Благодаря ему, входная информация изменяется, когда передается от одного нейрона к другому. Допустим, есть три нейрона, которые передают информацию следующему. Тогда имеем три веса, соответствующие каждому из этих нейронов. Информация того нейрона, у которого вес больше и будет доминировать у следующего нейрона.

Геном – набор всех характеристик, синапсов и весов в нейронной сети.

На рисунке 2 изображена часть нейронной сети, где I_1 , I_2 – входные нейроны; H – скрытый нейрон; w_1 , w_2 – веса.

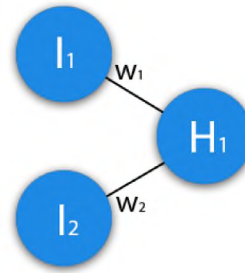


Рис. 2 – Схема работы нейронной сети

$$H_{input} = (I_1 * W_1) + (I_2 * W_2), \quad (1)$$

$$H_{output} = f_{activation}(H_{input}). \quad (2)$$

Из формулы 1 видно, что входная информация – это сумма всех входных данных, умноженных на соответствующие им веса. Тогда дадим на вход 1 и 0. Пусть $w_1 = 0.4$ и $w_2 = 0.7$ входные данные нейрона 1 будут следующими: $1 * 0.4 + 0 * 0.7 = 0.4$. Теперь, когда есть входные данные, можно получить выходные данные, подставив входное значение в функцию активации. Выходные данные передаются дальше. Это повторяется для всех слоев, пока не доходит до выходного нейрона. Функция активации – это способ нормализации входных данных. То есть, если на входе будет большое число, пропустив его через функцию активации, получается выход в нужном диапазоне.

II. ПОСТОЯНИЕ СОБСТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В разработанном приложении есть двумерное пространство, ограниченное непроходимыми для представителей среды барьерами (стенами). Также внутри среды существуют стены, которые не создают замкнутых зон, но ограничивают некоторые возможности для перемещения представителей среды. Цель представителя среды – просуществовать как можно большее количество времени. Для этого ему необходимо непрерывно получать энергию, так как для существования он постоянно ее расходует. У представителя среды есть два способа получения энергии. Первый – поедание еды, что увеличивает количество энергии у представителя среды. Еда с некоторой периодичностью появляется в среде. Второй – атака других представителей среды, что уменьшает

количество энергии у атакуемого представителя и увеличивает количество энергии у атакующего.

Представитель среды, построенной модели, описывается ниже приведенными элементами: характеристики, геном, нейронная сеть и поведение. Характеристики представителя среды:

- Травоядность – количество энергии, получаемое за сбор еды.
- Плотоядность – количество энергии, получаемое за атаку представителя среды с нулевой толщиной кожи.
- Толщина кожи – минимальный порог плотности атакующего данного представителя среды, который должен быть, чтобы забрать у него энергию.
- Фамилия.

Нейронная сеть представителя среды состоит из набора 24-х входных нейронов: 8x2 нейронов координат ближайших объектов по одному из 8 направлений (вверх, вниз, влево, вправо, вверх-влево, вверх-вправо, вниз-влево, вниз-вправо) и 8 нейронов, показывающих тип ближайшего объекта. Типы объектов:

- Друг – если ближайший объект по направлению – представитель среды и его фамилия такая же, как у данного представителя среды, или если найденный и данный представители среды не могут друг друга атаковать.
- Враг – если ближайший объект по направлению – представитель среды и он не подходит под тип Друг.
- Еда – если ближайший объект по направлению – еда.
- Стена – если ближайший объект по направлению – стена.
- Пустота – если по данному направлению нет никакого объекта.

Также в нейронной сети представителя есть 20 скрытых нейронов и 3 выходных, отвечающие за x, y координаты вектора направления движения и скорость движения. В самых простейших нейросетях связи между нейронами изначально определены, но в разработанной модели нейросеть сама определяет, как ей расставлять синапсы между нейронами. Например, при заданном количестве синапсов равном 20, при начальном создании представителя среды, нейросеть случайно расставит 20 синапсов между всеми нейронами, назначив случайные веса для каждого из синапсов. Это позволяет нейросети адаптироваться к любым условиям с ограниченным количеством синапсов, что уменьшает количество вычислений, если сравнивать ее с обычной полносвязной нейросетью (если рассматривать уже обученные модели нейронных сетей).

Но в то же время увеличивает время приспособления нейросети к условиям среды, из-за увеличения количества комбинаций построение нейросети. В то время как в простой полносвязной нейросети единственное, что должна делать нейросеть – изменять веса, подбирая их так, чтобы выполнять задачу все лучше и лучше, разработанная нейронная сеть представителя среды помимо весов самих синапсов, также должна подобрать оптимальную комбинацию синапсов. Поведение. Каждый представитель среды имеет набор поведенческих функций, которые срабатывают при определенных условиях.

- Сбор еды. Если представитель среды достаточно близко приближается к еде, то она уничтожается, а представитель среды получает энергию, в размере его характеристики травоядности.
- Атака представителя среды: если представитель среды достаточно близко приближается к другому представителю среды, который отмечен типом Враг, он пытается его атаковать. Если разность характеристик плотности атакующего и толщины кожи атакуемого больше нуля (назовем эту разность силой атаки), то считается, что представитель среды способен совершить атаку. После вычисления силы атаки, если представитель среды способен совершить атаку, то у атакуемого отнимается энергия, в количестве силы атаки, умноженной на коэффициент, чуть больше единицы, а атакующему прибавляется энергия, в количестве силы атаки.
- Размножение: когда представитель среды накапливает достаточное количество энергии, необходимое для размножения, то рядом с собой он создает копию себя, передавая своей копии половину своей энергии, а также копию своего генома. После чего новый представитель среды мутирует.
- Мутация (в контексте модели) – при копировании генома у каждой характеристики, синапсов и весов нейронной сети, записанных в геном, есть небольшой шанс изменить свое значение на другое случайное.
- Уничтожение: если в какой-то момент симуляции энергия представителя среды опускается ниже нуля, он удаляется из симуляции.

Представители среды при первой включении симуляции появляются со случайным геномом. Со временем представители среды, которым повезло появиться с более приспособленным геномом размножаются, и количество особей с их геномом (или похожим, учитывая то, что существуют мутации) увеличивается, а количество представителей среды с геномом, не приспособ-

ленном к среде, уменьшается. Чем дольше симуляция будет работать, тем более приспособленные представители среды будут населять ее. Таким образом, через какое-то время получаются идеально приспособленные к среде представители. Также со временем количество представителей стабилизируется и будет держаться в определенном диапазоне, так как количество еды, появляющееся в среде, имеет периодичность между появлением новой еды.

Химич Николай Александрович, студент группы 124405, kulturpro@gmail.com.

Быков Алексей Дмитриевич, студент группы 124405, lesha.bykov.03@gmail.com.

Научный руководитель: Шатилова Ольга Олеговна, старший преподаватель кафедры вычислительных методов и программирования, магистр технических наук, o.shatilova@bsuir.by.

III. Выводы

Разработанная программа позволяет наглядно увидеть процесс естественного отбора.

1. Нейронная сеть / гл. ред. Ю. С. Осипов.В. // М. : Большая российская энциклопедия – 2004-2017.