

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЗАДАННОЙ ФОРМЫ

Н.И. Корсунов¹, М.В. Михелева², М.С. Розанов²

1 - Белгородский государственный университет Российская Федерация, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

2 - Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

В работе рассматривается задача генерирования периодических сигналов заданной формы с использованием нейронных сетей. Сигнал задается набором дискретных значений. Требуется восстановить непрерывный сигнал с заданной погрешностью, обучая нейронную сеть с минимальным числом нейронов скрытого слоя.

1. РЕЛАКСАЦИОННЫЙ ГЕНЕРАТОР

Существует широкий класс генераторов, у которых пассивные цепи, где возбуждаются и поддерживаются колебания, не обладают колебательными свойствами (например комбинации ёмкостей C и сопротивлений R). В подобных генераторах за каждый период колебаний теряется и вновь пополняется значительная часть всей колебательной энергии. Период генерируемых колебаний при этом определяется временем релаксации (процесса установления равновесия) в этих цепях. Такие генераторы называют релаксационными.[4] В этом случае форма колебаний определяется совместно свойствами колебательных цепей и активного элемента и может быть весьма разнообразной — от скачкообразных, почти разрывных колебаний (например, мультивибраторы) до колебаний, сколь угодно близких к гармоническим (RC-генератор синусоидальных колебаний - рисунок 1). Эта особенность релаксационных генераторов широко используется для получения электрических колебаний специальной формы, например генерации гармонических колебаний звуковой и сверхнизкой частот.

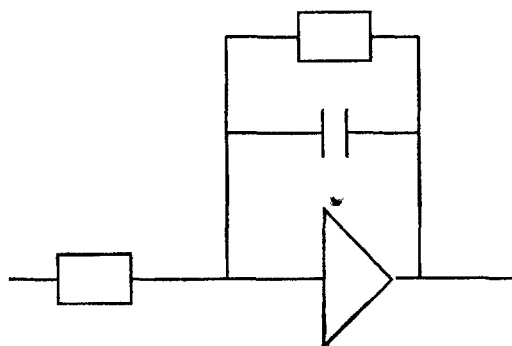


Рис. 1. Релаксационный генератор

Генератор реализуется на основе решения дифференциальных уравнений:

— на участке возрастания функции $\frac{dy}{dt} + a_1 y = A_1$;

— на участке убывания функции A_1 принимает значение 0.

Начальные условия $y_i(0) = b_i$.

Существует возможность построить релаксационный генератор без решения дифференциальных уравнений, для этого предлагается использовать нейронную сеть.

2. НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА

Сигнал задается набором дискретных значений – обучающей выборкой. Каждый пример обучающей выборки представляет собой пару значений: вход и желаемый выход нейронной сети. Известна статья [1], в которой предлагается методика синтеза двухслойной нейронной сети переменной структуры для аппроксимации одномерных функций, где функция активации типа арктангенс. Это пригодно для аппроксимации функций, но не для релаксационного генератора, так как функция должна быть неразрывной и периодической во времени. Нами предлагается использовать нейронную сеть с базисно-радиальной функцией активации: $f(g) = Ae^{-(ag^2)}$ – функция активации гауссиан.

Эту функцию представим в виде $f(t) = f_1(t) + f_2(t)$, где

$$f_1(t) = \begin{cases} Ae^{-(ag^2)}, & \text{на участке возрастания функции;} \\ 0, & \text{на участке убывания функции.} \end{cases}$$

$$f_2(t) = \begin{cases} 0, & \text{на участке возрастания функции;} \\ Ae^{-(ag^2)}, & \text{на участке убывания функции.} \end{cases}$$

Предлагается создавать двухслойную нейронную сеть. В нейронной сети число нейронов скрытого слоя заранее неизвестно, а определяется в процессе создания сети, и напрямую зависит от сложности заданного набора дискретных значений.

Выход нейрона скрытого слоя вычисляется по формуле:

$$y_{h_k(p)} = f \left(\sum_{h_{(k-1)}=0}^{H(k-1)} w_{h_k, h_{(k-1)}} \cdot y_{h_{(k-1)}(p)} \right), \quad (2.1)$$

выход нейрона выходного слоя вычисляется:

$$y_{h_k(p)} = \sum_{h_{(k-1)}=0}^{H(k-1)} w_{h_k, h_{(k-1)}} \cdot y_{h_{(k-1)}(p)}, \quad (2.2)$$

где h_k – индекс нейрона k -го слоя сети; H_k – число нейронов k -го слоя сети; p – номер примера, $p \in \{1, \dots, P\}$; $y_{h_k(p)}$, $y_{h_{(k-1)}(p)}$ – выходы h_k – го и $h_{(k-1)}$ – го нейронов соответственно, k – го и $(k-1)$ – го слоев при подаче на вход нейронной сети p – го примера; $w_{h_k, h_{(k-1)}}$ – вес к h_k – му нейрону k -го слоя от $h_{(k-1)}$ – го нейрона предыдущего $(k-1)$ –го слоя;

При создании нейронной сети, нейроны добавляются только в первый слой сети.

Каждый нейрон, добавляемый в первый слой сети представляет собой в пространстве $\{X, Y\}$ кривую типа гауссиан (рисунок 2).

Решение может быть представлено как итерационный процесс, состоящий из следующих шагов:

— Подключение нового нейрона скрытого слоя;

— Оптимизация ошибки предсказания значений в максимальном количестве точек для текущего нейрона путем подбора весов синапса градиентным методом;

Если достигнута заданная точность и аппроксимировано все обучающее множество, то процесс можно остановить, в противном случае – процесс повторяется сначала, причем параметры уже обученных нейронов фиксируются.

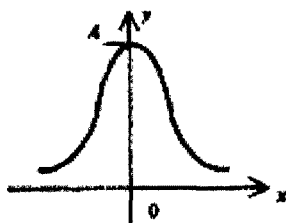


Рис 2 - Кривая типа гауссиан, реализуемая нейроном сети

Затем осуществляется расчет весов выходного слоя нейронной сети методом сингулярных разложений.

Итак, будем создавать двухслойную нейронную сеть, реализующую кусочную аппроксимацию функции. Обученная нейронная сеть подбирает точки переключения генератора (коэффициенты A и a).

В теории нейронных сетей известен метод обучения по минимизации квадрата ошибки[3]. При этом все весовые коэффициенты настраиваются параллельно. Основываясь на этом в [2] предложено параллельное определение весов в нейронной сети.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложено генерирование периодических сигналов заданной формы с использованием нейронных сетей, которые задаются набором дискретных значений.

Нейронная сеть восстанавливает непрерывный сигнал с заданной погрешностью. В результате обучения нейронной сети получаются коэффициенты и границы интервалов для генерации сигналов, аппроксимируемых $\sum A_i e^{t^2 / \sigma_i^2}$.

Библиографический список

1. Томашевич Н.С. Об одном методе решения задачи аппроксимации функций с помощью двуслойной сети переменной структуры. Сб. Докл. IV Всероссийской конференции «Нейрокомпьютеры и их применение», Москва, 2001.
2. Доррер М.Г. Аппроксимация многомерных функций полутораслойным предиктором с произвольными преобразователями //Сибирский журнал вычислительной математики /РАН. Сибирское отделение.- Новосибирск, 1998.
3. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И Д. Рудинского – М. Финансы и статистика, 2004. – 344 с.:ил.
4. Иццоки Я. С., Овчинников Н. И., Импульсные и цифровые устройства, М., 1972.

NEURONET ALGORITHMS OF GENERATING SIGNALS OF DESIRED FORM

N.I.Korsunov, M.V. Mikheleva, M.S.Rozanov

The article deals with the problem of generating periodic signals of desired form using neuronets. The signal is specified with the set of discrete values. We need to restore continuous time signal with prearranged fault, training the neuronet with minimal quantity of buried layer electrons.