

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ПГТУ»)

Факультет (институт) _____
Радиотехнический факультет _____

Направление подготовки (специальность) _____
(наименование)

Выпускник:

Фамилия Александров

Имя Илья

Отчество Константинович

Тема ВКР _____

Кафедра Радиотехнических и медико-биологических систем

Заведующий кафедрой _____
(ф.и.о. уч. степень, звание, должность, подпись)

Руководитель _____
(ф.и.о. уч. степень, звание, должность, подпись)

Консультанты _____
(ф.и.о. уч. степень, звание, должность, подпись)

Рецензент _____
(ф.и.о. уч. степень, звание, должность, подпись)

№ приказа об утверждении темы ВКР _____

ВКР начата _____

ВКР закончена _____

№ приказа о допуске к защите ВКР _____

Оценка Государственной экзаменационной комиссии по защите _____

Декан факультета
(Директор института) _____
(_____)

Секретарь Государственной
экзаменационной комиссии _____
(_____)

« _____ » _____ 202_ г.

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке.

Разработан

Данная работа содержит введение, _ разделов, заключение и список использованной литературы. Пояснительная записка изложена на __ страницах.

Annotation

The final qualifying work is devoted to the development of a

.

This work contains an introduction, _ sections, conclusion and a list of references. The explanatory note is set out on __ pages.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ РАДИОТЕХНИКИ	5
1.1 Задачи радиотехники.....	5
1.1.1 Задача обнаружения сигнала.....	5
1.1.2 Задача различения сигналов.....	5
1.1.3 Задача распознавания сигналов	6
1.1.4 Задача фильтрации сигналов.....	6
1.2 Стандартные методы решения задач радиотехники.....	7
1.2.1 Энергетический детектор	7
1.2.2 Корреляционная функции	7
1.2.3 Метод спектрального анализа.....	8
1.2.4 Низкочастотный, высокочастотный, режекторный и полосовой фильтры.....	9
1.3 Методы решения задач радиотехники основанные на нейронных сетях 10	
1.3.1 Линейная нейронная сеть	10
1.3.2 Сверточная нейронная сеть.....	14
1.3.3 Рекуррентная нейронная сеть	14
2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА	15
3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ.....	16
3.1 Инструменты и технологии для разработки	16
3.2 Описание графического интерфейса	16
3.3 Описание исходного кода.....	16
4. ИНСТРУКЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.....	17
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	18
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	19

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Александров						Лит.	Лист	Листов	
Провер.										3	80
								ПГТУ			

ВВЕДЕНИЕ

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ РАДИОТЕХНИКИ

Традиционно радиотехника решает следующие задачи: задача обнаружения сигналов, задача различения сигналов, задача распознавания образов и задача фильтрации сигналов.

1.1 Задачи радиотехники

1.1.1 Задача обнаружения сигнала

Задача обнаружения сигнала сводится к тому, чтобы во входном сигнале наилучшим способом принять решение о наличии или отсутствии искомого образа [1].

Математически постановка задачи выглядит следующим образом: Имеется два возможных сценария сценария. Нулевая гипотеза H_0 – сигнал отсутствует и, наблюдаемый сигнал $y(t)$ состоит только из шума $n(t)$:

$$H_0: y(t) = n(t) \quad (1.1.1.1)$$

Альтернативная гипотеза H_1 – сигнал присутствует: и наблюдаемый сигнал $y(t)$ представляет собой сумму полезного сигнала $S(t)$ и шума $n(t)$:

$$H_1: y(t) = S(t) + n(t) \quad (1.1.1.2)$$

Цель задачи – принять решение о том: какая из гипотез верна, на основе наблюдений $y(t)$.

1.1.2 Задача различения сигналов

Задача различения сигналов сводится к тому, чтобы разработать наилучшее правило или алгоритм, согласно которому обеспечивается принятие решения о том, какой из двух сигналов присутствует на входе в систему [1].

Математически постановка задачи выглядит следующим образом: Имеется набор возможных сигналов $\{S_1(t), S_2(t), S_3(t), \dots, S_M(t)\}$, каждый из которых передается через канал связи. На приёмной стороне получается сигнал $y(t)$, который представляет собой смесь переданного сигнала с шумом $n(t)$:

$$y(t) = S_i(t) + n(t), \quad i = 1, 2, 3, \dots, M \quad (1.1.2)$$

						Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где i – это номер переданного сигнала.

Цель задачи – на основе наблюдаемого сигнала $y(t)$ сделать вывод о том, какой именно сигнал $s_i(t)$ был передан.

1.1.3 Задача распознавания сигналов

Задача распознавания сигналов сводится к тому, чтобы разработать наилучший алгоритм, согласно которому по наблюдаемому сигналу после выявления всех полезных образов определить их принадлежность к соответствующим объектам – источникам полезных сигналов [1].

Математически постановка задачи выглядит следующим образом: Имеется сигнал $y(t)$, который состоит из образов $\{S_1(t), S_2(t), S_3(t), \dots, S_M(t)\}$ и шума шума $n(t)$:

$$y(t) = \sum_{i=0}^M S_i(t) + n(t), \quad i = 1, 2, 3, \dots, M \quad (1.1.3)$$

Цель задачи – на основе наблюдаемого сигнала $y(t)$ идентифицировать и разделить все образы $s_i(t)$, которые были переданы.

1.1.4 Задача фильтрации сигналов

Задача фильтрации сигналов сводится к тому, чтобы разработать наилучший алгоритм, согласно которому из поступающего сигнала полезный сигнал будет выделяться наиболее точно с учетом имеющихся помех [1].

Математически постановка задачи выглядит следующим образом: Имеется сигнал $y(t)$, который является суммой полезного сигнала $S(t)$ и шума $n(t)$:

$$y(t) = S(t) + n(t) \quad (1.1.4.1)$$

Цель задачи – создать фильтр, который удаляет шум $n(t)$ и оставляет полезный сигнал $S(t)$ максимально неизменным. Фильтр можно описать как линейную систему, которая преобразует входной сигнал $y(t)$ в выходной сигнал $x(t)$:

$$x(t) = h(t) * y(t) \quad (1.1.4.2)$$

где, $h(t)$ – импульсная характеристика фильтра, а $*$ – это операция свертки.

						Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Импульсная характеристика определяет, каким образом фильтр воздействует на входной сигнал. В частотной области эта операция выражается через преобразование Фурье:

$$X(f) = H(f) \cdot Y(f) \quad (1.1.4.3)$$

где, $X(f)$, $H(f)$, $Y(f)$ – это преобразование Фурье выходных сигналов, импульсной характеристики фильтра и входного сигнала соответственно.

1.2 Стандартные методы решения задач радиотехники

Для решения каждой из поставленных задач разработаны специальные методы, основанные на: на сравнении общей энергии, корреляционной функции, спектральной характеристики, низкочастотных, высокочастотных, полосовых и режекторных фильтров.

1.2.1 Энергетический детектор

Энергетический детектор – это метод, основанный на сравнении общей энергии сигнала $y(t)$ с некоторым пороговым значением p . Энергию сигнала можно оценить с помощью следующего выражения:

$$E_y = \int_{-\infty}^{+\infty} |y(t)|^2 dt \quad (1.2.1.1)$$

Если энергия сигнала превышает заданный порог, делается вывод о наличии сигнала.

$$E_y > p \quad (1.2.1.2)$$

Энергетический детектор позволяет решить задачу обнаружения сигнала.

1.2.2 Корреляционная функции

С помощью корреляционной функции сравнивается входной и эталонный сигналы. На выходе рассчитывается величина в промежутке от 0 до 1, что описывает две крайности от «сигналы совершенно различны» до «сигналы совершенно идентичны» соответственно. Математическое представление функции выглядит следующим образом:

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$r = \frac{\sum_{i=0}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=0}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=0}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1.2.2.1)$$

где, r – значение корреляционной функции, x_i – значение входного сигнала, y_i – эталонный сигнал, \bar{x} – математическое ожидание входного сигнала, \bar{y} – математическое ожидание эталонного сигнала, N – размер исследуемого промежутка сигнала.

После расчета устанавливается допустимый порог, при достижении которого будет считаться, что входной сигнал содержит образ, который необходимо обнаружить, либо идентичен ему:

$$r > p \quad (1.2.2.2)$$

где, p – пороговое значение идентичности сигналов.

Корреляционная функция достаточно удобный инструмент, с помощью которого можно решать задачи обнаружения сигнала, различения сигналов и распознавания образов в сигнале.

1.2.3 Метод спектрального анализа

Спектральный анализ позволяет выявить во входном сигнале характерные частоты, которыми описывается искомый образ и на этой основе сделать вывод о наличии эталонного сигнала во входном. Спектральный анализ строится на преобразовании Фурье. Преобразование Фурье – это математическая операция, которая позволяет перевести функцию времени в функцию частоты. Для аналоговых сигналов оно имеет следующий вид:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) e^{-j\omega t} dt \quad (1.2.3.1)$$

где, $s(t)$ функция входного сигнала, ω – круговая частота, $-j$ – мнимая единица.

Для дискретного сигнала преобразование выглядит следующим образом:

$$X_p(k) = \sum_{n=0}^N x_p(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}, \quad k = 0, 1, \dots, N \quad (1.2.3.2)$$

где, $x_p(n)$ – дискретный сигнал, N – размерность дискретного сигнала, $-j$ – мнимая единица.

						Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

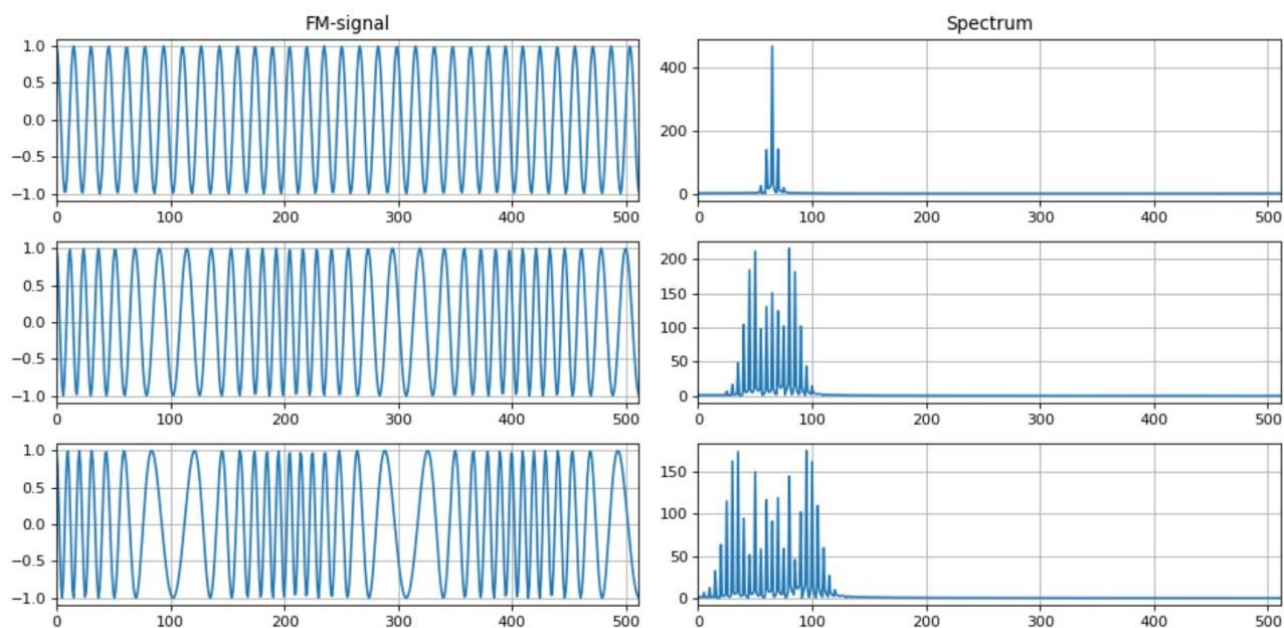


Рисунок 1.1 - Сигналы с различной степенью частотной модуляции и их спектры.

Как можно заметить на Рисунок 1.1 спектр имеет ярко выраженные пики на определенных значениях частоты. В сравнении данных значений с эталонными и заключается метод спектрального анализа.

Метод спектрального анализа позволяет решать задачи обнаружения сигнала, различения сигналов и распознавания образов в сигнале.

1.2.4 Низкочастотный, высокочастотный, режекторный и полосовой фильтры

Низкочастотный фильтр – это фильтр, который пропускает низкие частоты и подавляет высокие. Его импульсная характеристика выглядит следующим образом:

$$H(f) = \begin{cases} 1 & \text{if } |f| \leq f_c \\ 0 & \text{if } |f| > f_c \end{cases} \quad (1.2.4.1)$$

где, f_c – частота среза.

Высокочастотный фильтр – это фильтр, который пропускает высокие частоты и подавляет низкие. Его импульсная характеристика выглядит следующим образом:

$$H(f) = \begin{cases} 0 & \text{if } |f| \leq f_c \\ 1 & \text{if } |f| > f_c \end{cases} \quad (1.2.4.2)$$

где, f_c – частота среза.

Полосовой фильтр – это фильтр, который пропускает частоты в определенном диапазоне и подавляет все остальные. Его импульсная характеристика выглядит следующим образом:

$$H(f) = \begin{cases} 1 & \text{if } f_l \leq |f| \leq f_h \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.2.4.3)$$

где, f_l – нижняя граница полосы пропускания, f_h – верхняя граница полосы пропускания.

Режекторный фильтр – это фильтр, который подавляет частоты в определенном диапазоне и пропускает все остальные. Его импульсная характеристика выглядит следующим образом:

$$H(f) = \begin{cases} 0 & \text{if } f_l \leq |f| \leq f_h \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.2.4.3)$$

где, f_l – нижняя граница полосы пропускания, f_h – верхняя граница полосы пропускания.

1.3 Методы решения задач радиотехники основанные на нейронных сетях

Нейронные сети разделяют на три типа: линейные, сверточные и рекуррентные. Каждый тип решает свои задачи и применим при различных условиях.

1.3.1 Линейная нейронная сеть

Линейная нейронная сеть представляет собой совокупность нейронов, или персептронов, которые организованы в слои и соединены между собой.

Входной слой выполняет функцию распределения данных. Выходной слой обрабатывает информацию, поступающую от предыдущих слоев, и выдает конечные результаты.

Слои, находящиеся между входным и выходным, называются промежуточными или скрытыми, и они также занимаются обработкой данных. Каждый нейрон предыдущего слоя соединен синаптическими связями со всеми

нейронами следующего слоя, что создает однородную и регулярную топологию многослойной нейронной сети [5].

Искусственный нейрон выглядит следующим образом:

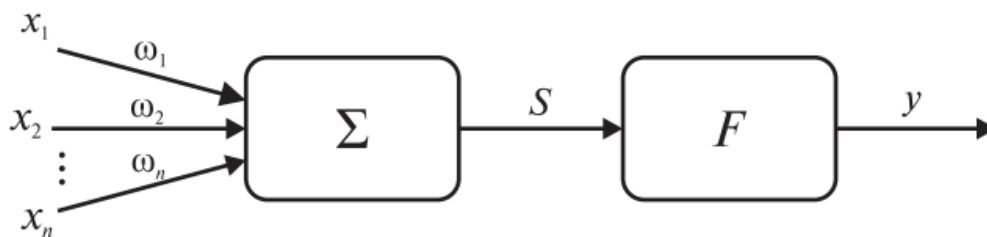


Рисунок 1.2 – Искусственный нейрон

где, x – входной сигнал, ω – весовой коэффициент, S – взвешенная сумма, F – оператор нелинейного преобразования, y – выходной сигнал.

Математически расчет искусственного нейрона выглядит следующим образом:

$$y = F(\sum_{i=1}^n \omega_i x_i) = F(WX) \quad (1.3.1.1)$$

где, X – вектор входного сигнала, W – весовой вектор, F – оператор нелинейного преобразования, y – выходной сигнал.

Сумма произведений входных сигналов на весовые коэффициенты называется взвешенной суммой. Она представляет собой скалярное произведение вектора весов на входной вектор:

$$S' = F(\sum_{i=1}^n \omega_i x_i) = F(WX) = |W||X| \cos(\alpha) \quad (1.3.1.2)$$

где, $|W|$ и $|X|$ – длины векторов W и X соответственно, α угол между векторами W и X .

В качестве оператора нелинейного преобразования используется функция активации. Пусть T – порог нелинейного элемента, который характеризует положение функции активации по оси абцисс. С учетом T взвешенную сумму можно представить следующим образом:

$$S = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i - T = S' - T \quad (1.3.1.3)$$

Одной из наиболее простых и популярных функций активации является сигмоида:

$$y(S) = \frac{1}{1+e^{-cS}} \quad (1.3.1.4)$$

где, S – сумма $C > 0$ – коэффициент, характеризующий ширину сигмоидной функции по оси абцисс.

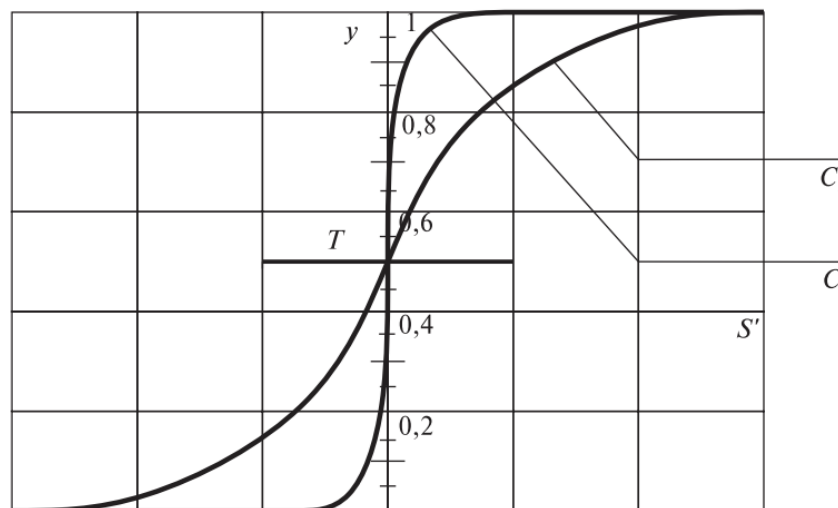


Рисунок 1.3 – Функция активации сигмоида

Слой нейронной сети – это множество нейронных элементов, на которые в каждый такт времени параллельно поступает информация от других нейронных элементов сети. Однослойная нейронная сеть будет выглядеть следующим образом [5]:

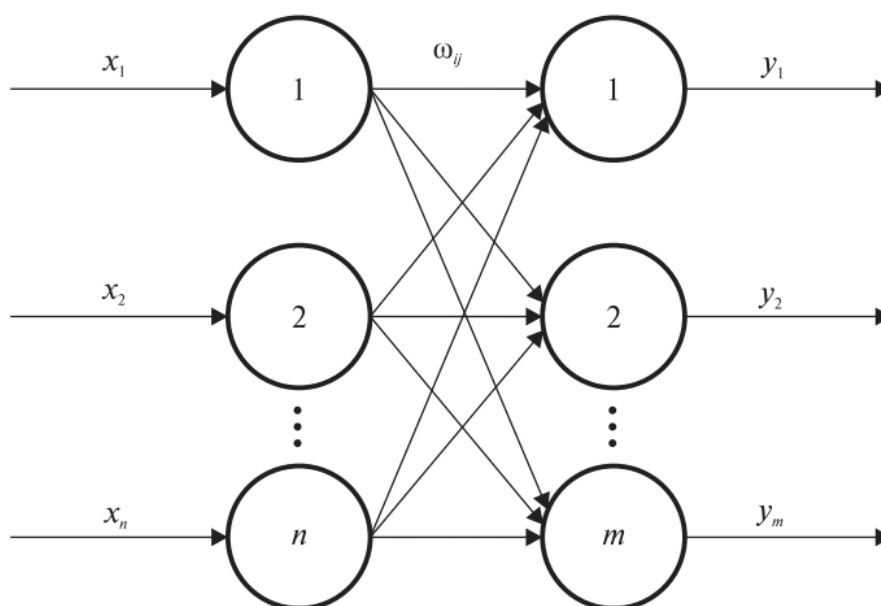


Рисунок 1.4 – Топология однослойной нейронной сети

Тогда выходное значение j -го элемента второго слоя будет рассчитываться по следующей формуле:

$$y_j = F(S_j) = F(\sum_{i=1}^n \omega_{i,j} x_i - T_j) \quad (1.3.1.5)$$

где, T_j – порог j -го нейронного элемента выходного слоя, $\omega_{i,j}$ – сила синаптической связи между i -м нейроном распределительного слоя и j -м нейроном обрабатывающего слоя.

Совокупность весовых коэффициентов W можно представить в виде матрицы, размерностью $m \times n$:

$$W = \begin{bmatrix} \omega_{11} & \cdots & \omega_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{n1} & \cdots & \omega_{nm} \end{bmatrix} \quad (1.3.1.6)$$

Тогда вектор – столбец взвешенной суммы в матричном виде определяется по следующей формуле:

$$S = W^T X - T \quad (1.3.1.7)$$

где, T – вектор-столбец порогов нейронных элементов второго слоя.

На практике чаще всего применяется многослойная нейронная сеть, которая содержит несколько скрытых слоев и выглядит следующим образом [5]:

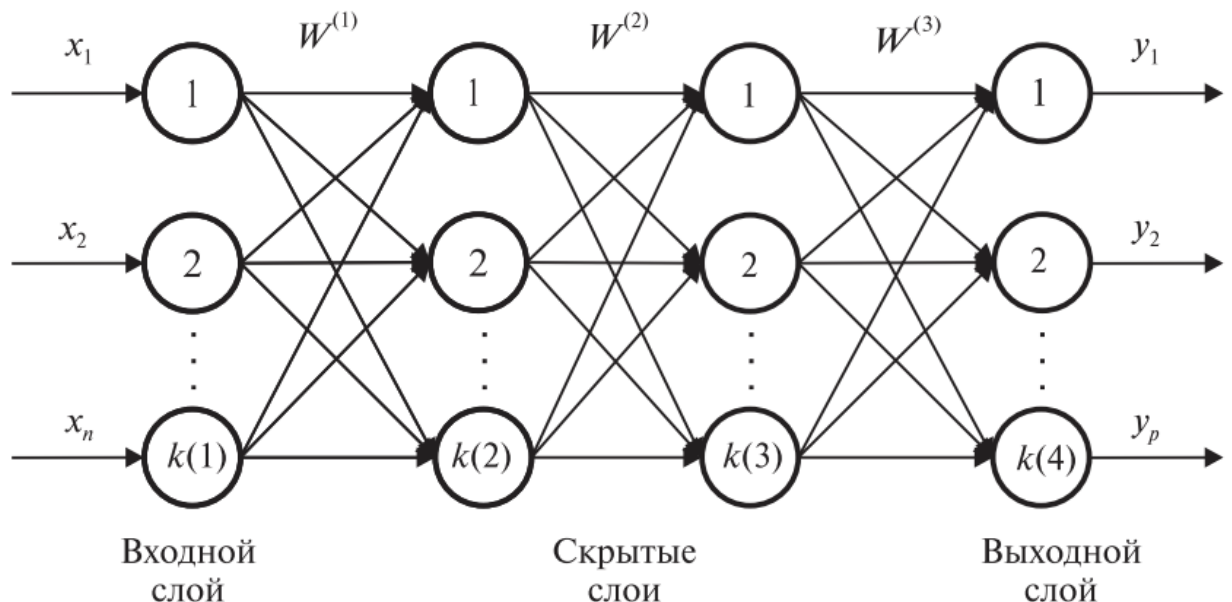


Рисунок 1.5 – Топология линейной нейронной сети

Общее количество синаптических связей многослойной линейной нейронной сети определяется по формуле:

$$V = \sum_{i=1}^p k(i)k(i+1) + \sum_{i=1}^p k(i+1) \quad (1.3.1.8)$$

где, p – общее количество слоев нейронной сети, $k(i)$ – количество нейронных элементов в i -м слое.

Здесь будет текст о том какие задачи из радиотехники может решить линейная нейронная сеть.

1.3.2 Сверточная нейронная сеть

Здесь будет текст описания сверточных нейронных сетей.

Здесь будет текст о том какие задачи из радиотехники может решить сверточная нейронная сеть.

1.3.3 Рекуррентная нейронная сеть

Здесь будет текст описания рекуррентных нейронных сетей.

Здесь будет текст о том какие задачи из радиотехники может решить рекуррентная нейронная сеть.

2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА

						Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ

3.1 Инструменты и технологии для разработки

3.2 Описание графического интерфейса

3.3 Описание исходного кода

						Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. ИНСТРУКЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

						Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

						Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тисленко В.И. Статистическая теория радиотехнических систем: Учеб. пособие. – Томск: Томский государственный университет управления и радиоэлектроники, 2003. – 153 с.
2. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. 2е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
3. Яневич Ю. М. Задачи приема сигналов и определения их параметров на фоне шумов учебное пособие / Ю.М. Яневич; Санкт-Петерб. гос. ун-т. — Санкт-Петербург : С.-Петербургский государственный университет, 2004. — 86 с.
4. Осадченко, В. Х. Фильтры высоких и низких частот : [учеб.-метод. пособие] / В. Х. Осадченко, Я. Ю. Волкова, Ю. А. Кандрина; [под общ. ред. В. Х. Осадченко] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 80 с.
5. Головкин, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учеб. пособие / В. А. Головкин, В. В. Краснопрошин. – Минск : БГУ, 2017. – 263 с.