

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

## THE USE OF NEURAL FOR ANTENNA ARRAYS

A. Brusova

*Summary.* Neural networks are universal tools for research and solving various problems. One of the areas of application is radar. In particular, consideration of antennas and radiation patterns. This article is more of an overview than a practical one.

*Keywords:* neural networks, antenna arrays, PAA, radiation pattern.

**Брусова Анна Александровна**

Аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет» (г. Москва)  
SupernaturalAnn@yandex.ru

*Аннотация.* Нейронные сети являются универсальными инструментами для исследования и решения различных задач. Одной из областей применения является радиолокация. В частности, рассмотрение антенн и диаграмм направленности. Данная статья имеет больше обзорный характер, чем практический.

*Ключевые слова:* нейронные сети, антенные решетки, ФАР, диаграмма направленности.

### Введение

Искусственный интеллект в современном мире, несомненно, играет решающую роль, создавая новые возможности для инноваций и роста в различных отраслях. Одним из методов искусственного интеллекта являются нейронные сети.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) — это модель обработки информации, вдохновленная тем, как биологические нервные системы, такие как мозг, обрабатывают информацию. Ключевым элементом этой модели является новая структура системы обработки информации. Он состоит из большого количества тесно взаимосвязанных обрабатывающих элементов (нейронов), работающих в унисон для решения конкретных задач. ИНС, как и люди, учатся на собственном примере. ИНС настраивается для конкретного приложения, такого как распознавание образов или классификация данных, в процессе обучения. Обучение в биологических системах включает в себя корректировку синаптических связей, существующих между нейронами. Это верно и для ИНС. Нейронные сети, обладающие замечательной способностью извлекать смысл из сложных или неточных данных,

могут использоваться для извлечения закономерностей и выявления тенденций, которые слишком сложны, чтобы их могли заметить люди или другие компьютерные технологии. Обученную нейронную сеть можно рассматривать как «эксперта» в той категории информации, которую ей предоставили для анализа. Затем этот эксперт может быть использован для составления прогнозов в новых, представляющих интерес, ситуациях и ответа на интересующие вопросы.

Присущие нелинейности, связанные с диаграммами направленности антенн, делают антенны очень подходящими кандидатами для ИНС.

### Формирование диаграммы направленности антенны для фазированной решётки

*Постановка задачи:*

Дана прямоугольная фазированная антенная решетка (рис. 1), где каждый излучатель задан отдельно и имеет диаграмму направленности вида, представленного на рисунке 2. А общая диаграмма направленности всей антенной решетки изображена на рисунке 3.

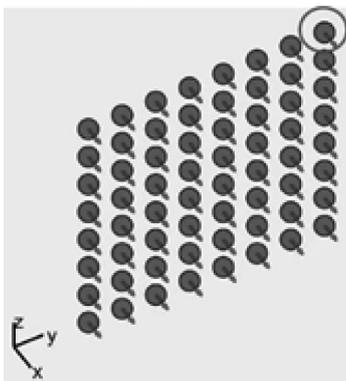


Рис. 1.

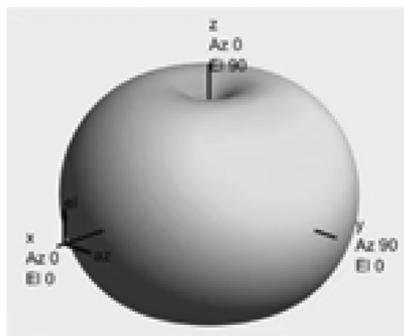


Рис. 2.

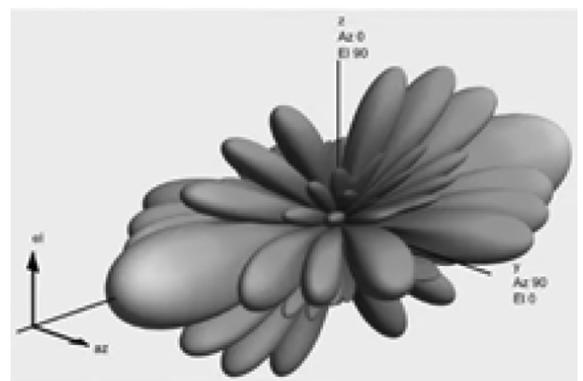


Рис. 3.

Сечение диаграммы направленности, где угол места равен 0 (рис 4).

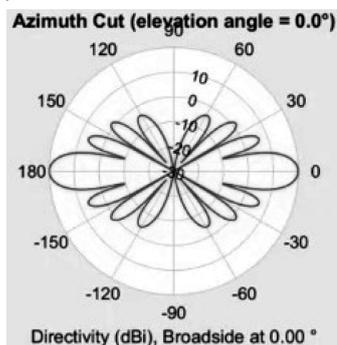


Рис. 4.

В качестве зондирующего сигнала применяется ЛЧМ длительностью 0,1 миллисекунда, с частотой девиации 100 кГц. Цель располагается на расстоянии 5 километров.

Как мы можем увидеть, помеховая составляющая на данный момент отсутствует, поэтому все великолепно распознается, виден корреляционный пик.

В корне меняет ситуацию появление помех (Гауссовский шум). В данном случае помеха промоделирована в правом боковом лепестке. Координаты помехи — азимут 21 градус угол места 0.

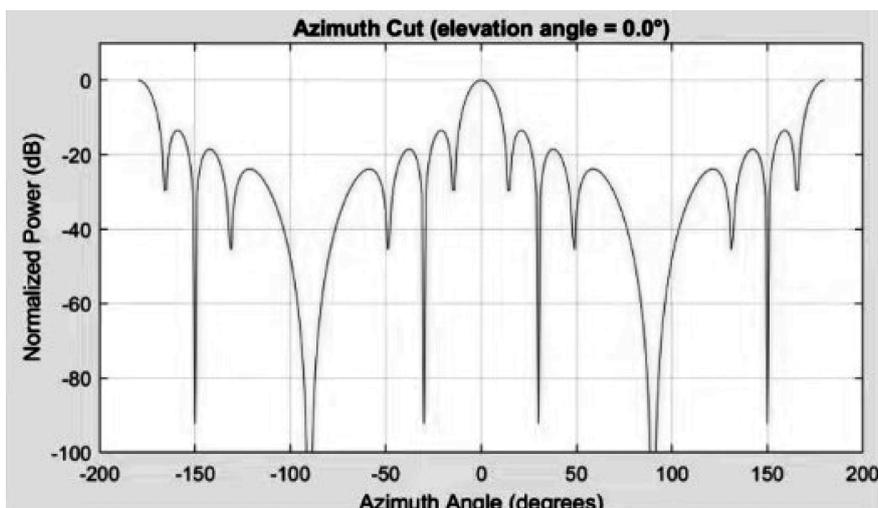


Рис. 5.

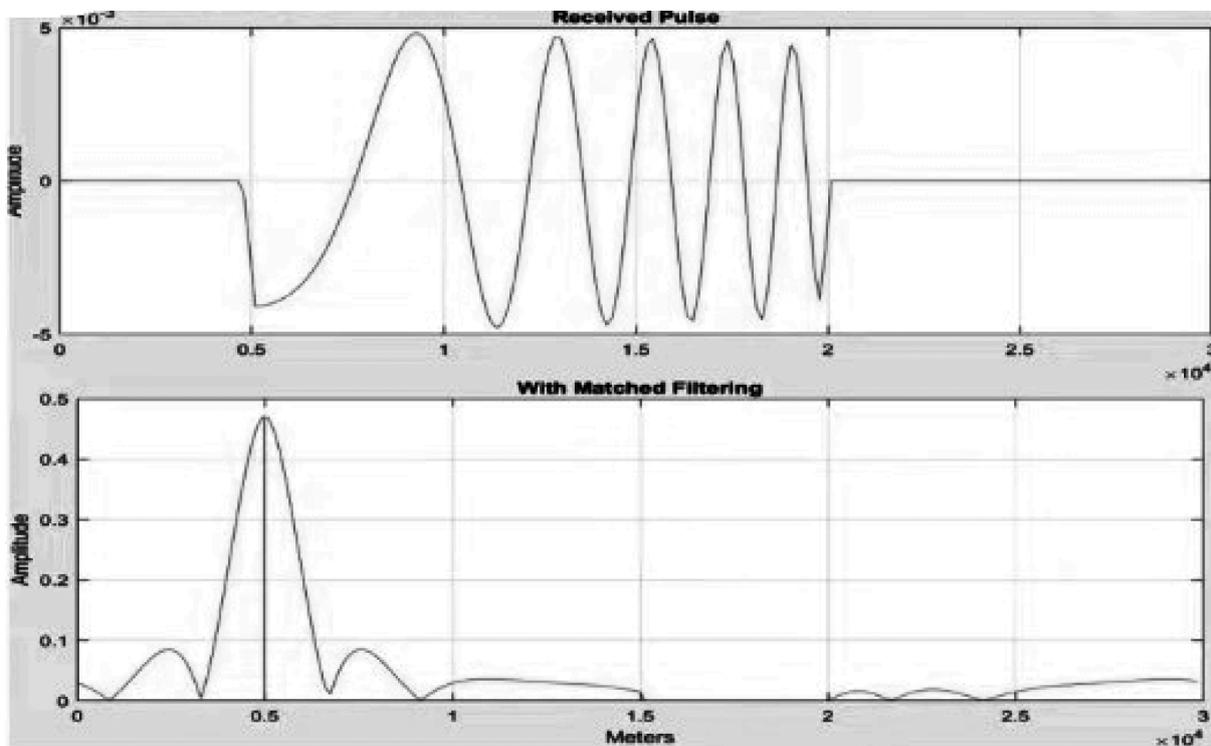


Рис. 6.

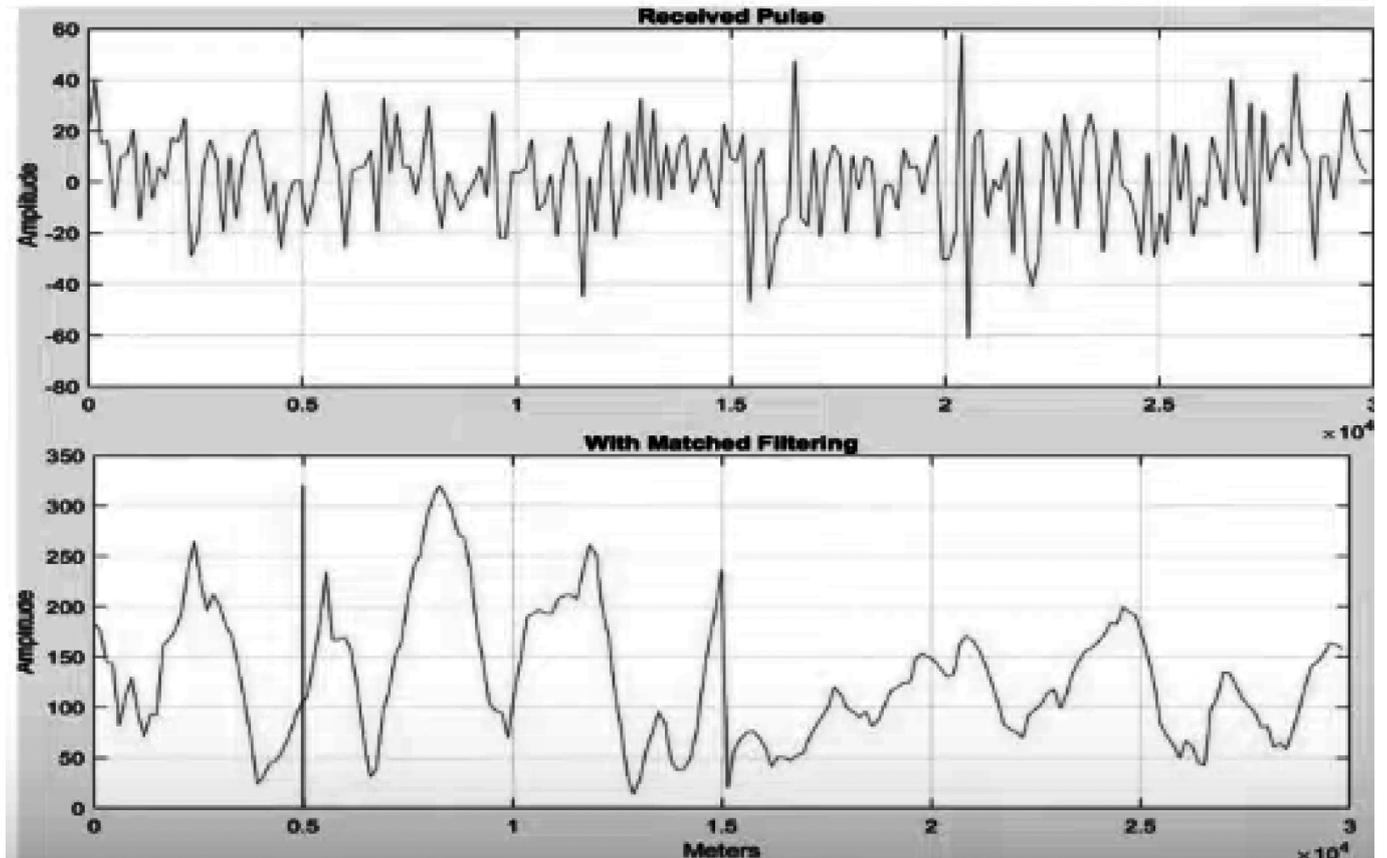


Рис. 7.

На выходе мы видим, что сигнал зашумлен и обнаружения нет. Есть необходимость осуществлять адаптацию.

**ФАР как линейная нейронная сеть**

Рассмотрим, что собой представляет антенная решетка. В простом виде ее можно характеризовать следующей структурной схемой (рисунок 8). Она мало чем отличается от обычной однослойной нейронной сети (рисунок 9). Разница заключается только в функции активации. Поэтому, почему бы не заменить функцию активации на линейную. Тогда две схемы — первая (рисунок 8) и третья (рисунок 10) ничем не отличаются. Поэтому, в данной задаче удобно использовать однослойную линейную нейронную сеть.

**Адаптация диаграммы направленности**

Адаптация произошла успешно. Получены диаграммы адаптации. Где синяя диаграмма — после линейной нейронной сети. Также проводилось сравнение этой сети с оптимальным фильтром, который дает максимум отношения сигнал/шум. Как можно видеть, корреляционный пик оптимального фильтра выше. Это логично, так как задача классическая, где все известно. Поэтому, оптимальная фильтрация работает здесь более качественно. Но, нейронные сети будут проявлять свою

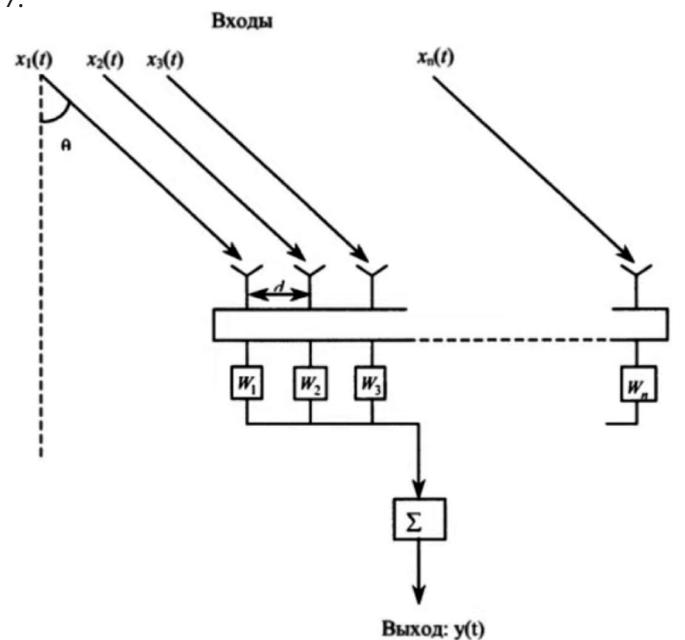


Рис. 8.

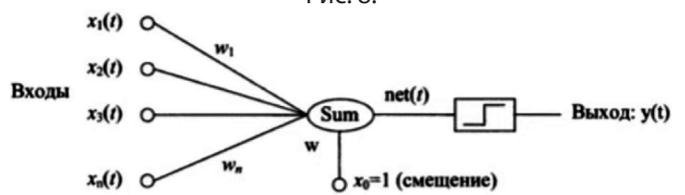


Рис. 9.

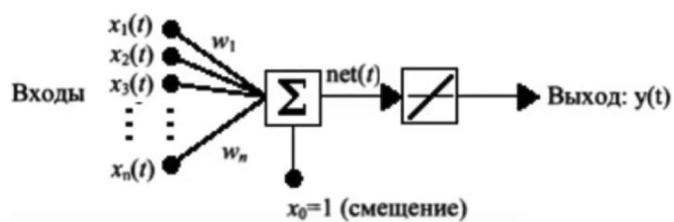


Рис. 10.

эффективность, когда ситуация будет нелинейная и неоднородная, и когда помехи будут не стационарными. В таком случае, существенный выигрыш ожидается за нейронными сетями.

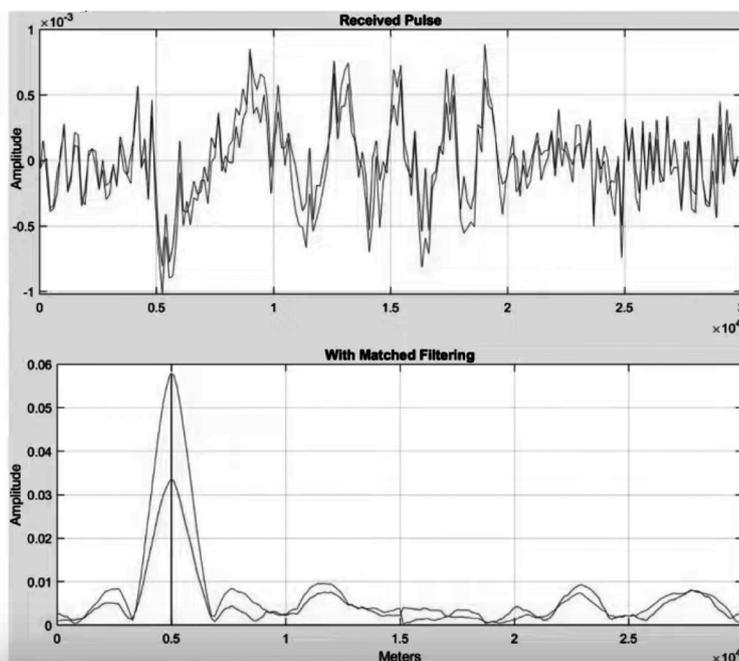
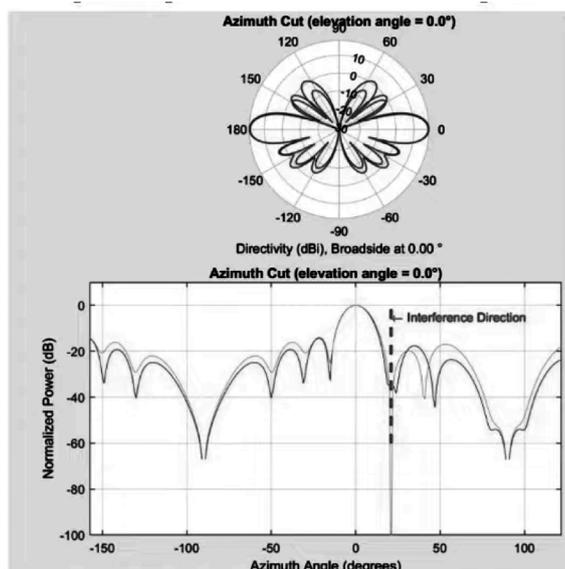


Рис. 11.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Станислав Осовский; [пер. с польск. И.Д. Рудинского]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Горячая линия — Телеком, 2017. — 448 с.: рис.
2. А. Али, А.В. Николаев, П.А. Титовец. Нейронная сеть для восьмиэлементной фазированной антенной решетке. Телекоммуникации и информационные технологии. — 2021. — Т. 8. — № 2. — С. 5–13.
3. Ф.М. ГАФАРОВ, А.Ф. ГАЛИМЯНОВ. Искусственные нейронные сети и приложения. — 2018. учеб пособие УДК 004.032.26. — С. 1–121.
4. Доррер, М.Г. Моделирование нейронных сетей в системе MatLab: лабораторный практикум / М.Г. Доррер; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. — Красноярск, 2021. — 98 с.
5. Ланкин Ю.П., Басканова Т.Ф. Нейронные сети для сложных систем и сигналов // Ползуновский альманах №3, 2007. С. 11–13.
6. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание: Пер. с англ — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.

© Брусова Анна Александровна (SupernaturalAnn@yandex.ru)  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»