

**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



**XXXII Студенческая международная
заочная научно-практическая
конференция**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ
№9(32)**

г. МОСКВА, 2020



ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

*Электронный сборник статей по материалам XXXII студенческой
международной научно-практической конференции*

№ 9 (32)
Сентябрь 2020 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва
2020

УДК 62+51
ББК 30+22.1
Т38

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Волков Владимир Петрович – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

Елисеев Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, доцент, начальник методологического отдела ООО "Лаборатория институционального проектного инжиниринга";

Захаров Роман Иванович – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последипломного образования (РМАПО) г. Москва;

Зеленская Татьяна Евгеньевна – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

Карпенко Татьяна Михайловна – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

Костылева Светлана Юрьевна – кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

Попова Наталья Николаевна – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

Т38 Технические и математические науки. Студенческий научный форум. Электронный сборник статей по материалам XXXII студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2020. – № 9 (32) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/9%2832%29.pdf

Электронный сборник статей XXXII студенческой международной научно-практической конференции «Технические и математические науки. Студенческий научный форум» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

Оглавление

Секция 1. Технические науки	4
МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЯ Бутенко Виктор Петрович Жуков Алексей Дмитриевич	4
ПРОКЛАДКА ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ В ОТКРЫТУЮ ТРАНШЕЮ Ковзик Никита Сергеевич Боев Михаил Андреевич	9
РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ Гасюк Кристина Владимировна Киямова Айсиля Раисовна Марданшин Рифкат Галимович	12
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕЧАТНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ Гладких Андрей Викторович	16

СЕКЦИЯ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЯ

Бутенко Виктор Петрович

*студент, Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Жуков Алексей Дмитриевич

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент,
Санкт -Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Алгоритм распознавания номерных знаков автомобиля включает в себя пять ключевых этапов:

- Локализация номера
- Нормализация
- Сегментация
- Распознавание
- Синтаксический анализ[1]

Для каждого этапа существует множество различных вариантов решения, но особое внимание стоит уделить этапу распознавания. Отдельно стоит выделить методы, основанные на использовании искусственных нейронных сетей, которых так же существует множество различных типов. Рассмотрению методов подходящих для распознавания символов и посвящена данная статья.

В рамках данной статьи мы рассмотрим три разновидности классификаторов, которые могут быть использованы для решения задачи по распознаванию текста

1. Искусственная нейронная сеть

2. Машина опорных векторов

3. Свёрточные нейронные сети

Данная статья не рассматривает все существующие архитектуры сетей, а лишь собирает в себе методы, о которых необходимо знать вначале разработки решения задачи распознавания.

Искусственные нейронные сети

Представляют из себя несколько полносвязных или частично связанных слоев, каждый слой состоит из нескольких нейронов, пример простой архитектуры сети представлен на рисунке 1, при этом число нейронов на скрытых слоях определяется разработчиком сети, при этом разработчик сталкивается с дилеммой излишнее число нейронов может привести к переобучению-ситуации, когда сеть хорошо распознаёт данные обучающей выборки, но плохо справляется с распознаванием тестовой выборки, а излишне малое число нейронов может привести к плохому качеству распознавания. Точно определить необходимое количество нейронов невозможно, и разработчик может руководствоваться только своим опытом и интуицией[2].

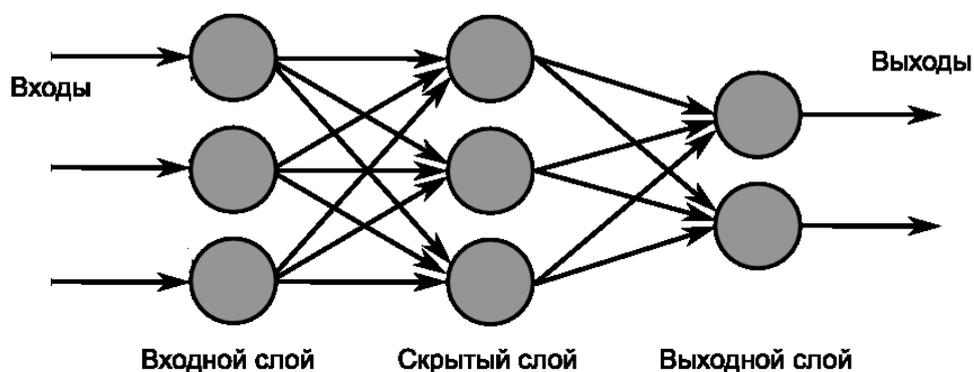


Рисунок 1. Типовая архитектура сети

В зависимости от типа обучения сети делятся на обучение с учителем и без. Обучение с учителем происходит на наборе данных, у каждого элемента которого определено его значение. При обучении без учителя сеть не знает правильного результата обработки и сеть вынуждена сама находить зависимости и признаки в обучающей выборке.

Основными недостатками использования искусственных нейронных сетей для распознавания текста является (не правильная минимизация ошибки из-за особенностей обучения) и чрезмерный рост количество входных данных при увеличении разрешения, например, в случае монохромного изображения размером 32×32 пикселя число входных сигналов равно 1024, но при увеличении разрешения до 64×64 пикселя число входных параметров вырастает до 4096 входных сигналов, что существенно увеличивает время обучения и уменьшает точность результата. Поскольку сеть получает на вход последовательность входных сигналов, то распознаваемое изображение при обучении необходимо вначале векторизовать, но при данном действии возникает следующая проблема, поскольку на векторизованном изображении пропадает связь между пикселями на изображении, то есть нарушаются структурные зависимости

Машины опорных векторов

Идея машины опорных векторов состоит в построении гиперплоскости, выступающей в качестве поверхности решений, максимально разделяющей положительные и отрицательные примеры [2;3]. Пример разделения двух классов гиперплоскостью представлен на рисунке 2.

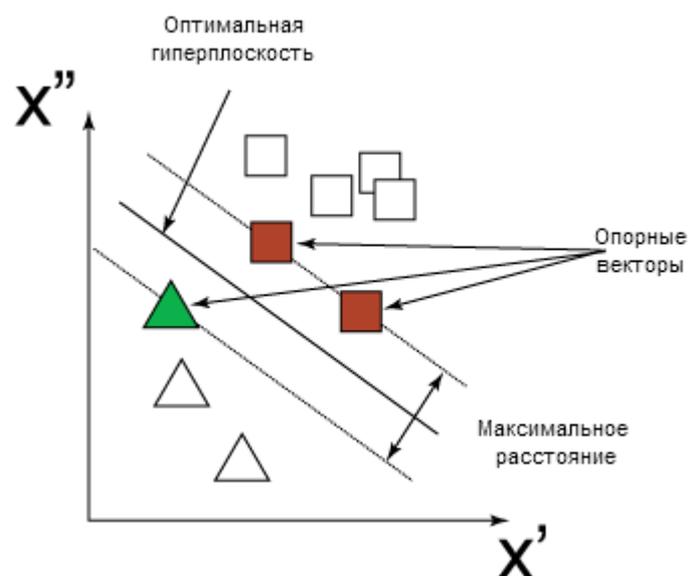


Рисунок 2. Разделение двух классов в машине опорных векторов

Это метод обучения с учителем, который благодаря отличному от используемого в искусственных нейронных сетях алгоритмам обучения не имеет склонность застревать в локальных минимумах и позволяет системе минимизировать ошибку. Но данная система также, как и предыдущая обладает недостатками по росту числа входных параметров, а также потерю структурных зависимостей на изображении.

Сверточные нейронные сети

Структурные зависимости на изображении несут важнейшую часть полезной информации. Поэтому возникает необходимость учитывать структуру изображения, но обычные искусственные нейронные сети были не способны на это. С целью решить эту проблему и были разработаны сверточные нейронные сети, которые используют метод свертки изображения с ядром свёртки, который известен из дисциплин связанных с обработкой изображений и активно применяется для выделения и подчеркивания границ, медианной фильтрации и других схожих методов. Однако в отличии от ядра свёртки с заранее определенными коэффициентами сверточная нейронная сеть подбирает необходимые коэффициенты входе обучения, таким образом, чтобы выделить на изображении признаки необходимые сети для верного распознавания изображения, на каждом слое сеть может использовать несколько сверток с разными ядрами, пример архитектуры такой сети представлен на рисунке 3. Несколько сверток используются для выделения различных признаков, а также для выделения признаков из набора признаков, что оказывается крайне полезно для успешной работы сети. Кроме того, использование свёрток благодаря их возможности уменьшать размерность входного изображения, позволяет решить проблему роста количества входных аргументов.

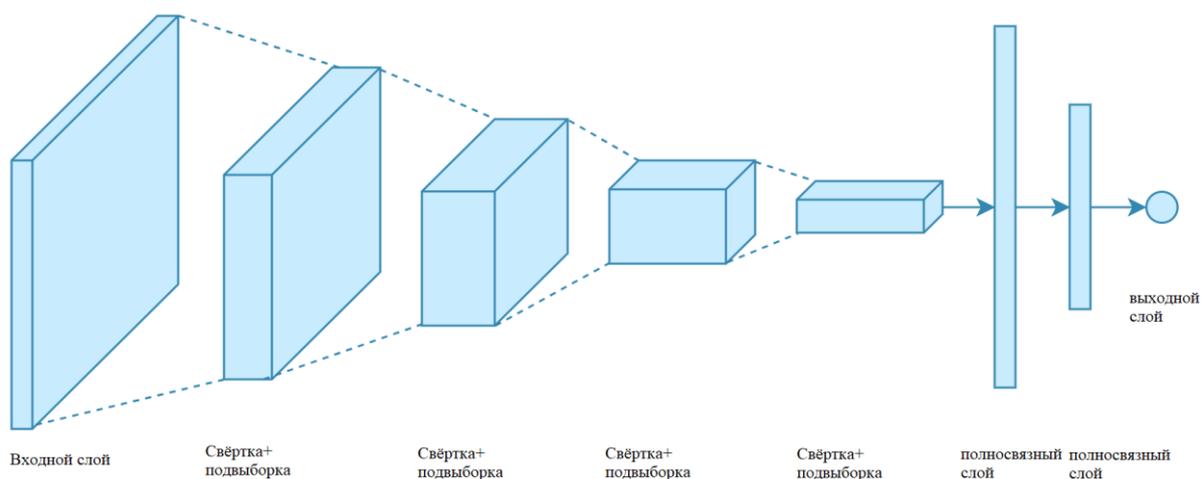


Рисунок 3. Архитектура свёрточной нейронной сети

Благодаря тому, что свёрточные сети обладают способностью извлекать структурные признаки из изображений, их наиболее часто используют для обработки визуальных образов [4] в том числе и для распознавания символов на изображении.

Список литературы:

1. Свирин И. С. Некоторые аспекты автоматического распознавания автомобильных номеров / И. С. Свирин, А. А. Ханин // Алгоритмы безопасности. 2010. №3. С. 26-29.
2. Кан К. Нейронный сети. Эволюция / К. Кан: Литрес, 2018. 380 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание/ С. Хайкин М: Издательский дом Вильямс, 2008. 1103 с.
4. The EMNIST Dataset – [Электронный ресурс] – режим доступа – URL: <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/convolutional-neural-network> (Дата обращения 5.08.2020).

ПРОКЛАДКА ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ В ОТКРЫТУЮ ТРАНШЕЮ

Ковзик Никита Сергеевич

*студент, Национальный исследовательский университет "МЭИ",
РФ, г. Москва*

Боев Михаил Андреевич

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор,
Национальный исследовательский университет "МЭИ",
РФ, г. Москва*

Традиционным методом прокладки оптических волокон, который по-прежнему используется в большинстве развивающихся стран, является траншейный метод. Он включает в себя создание траншеи путем ручной или механизированной выемки грунта. Этот подход предпочтителен в странах, где дешевый ручной труд.

Процедура прокладки – следующая:

- выкапывают траншею глубиной около 1,5 м и шириной 45 см;
- затем траншею покрывают слоем мелкого песка толщиной 10 см;
- кабель прокладывают (рис. 3.1) над песчаным слоем. Он защищает кабель от земляной влаги;
- затем проложенный кабель снова покрывают слоем песка толщиной около 10 см;
- траншею покрывают кирпичом и грунтом, чтобы защитить кабель от механических повреждений.

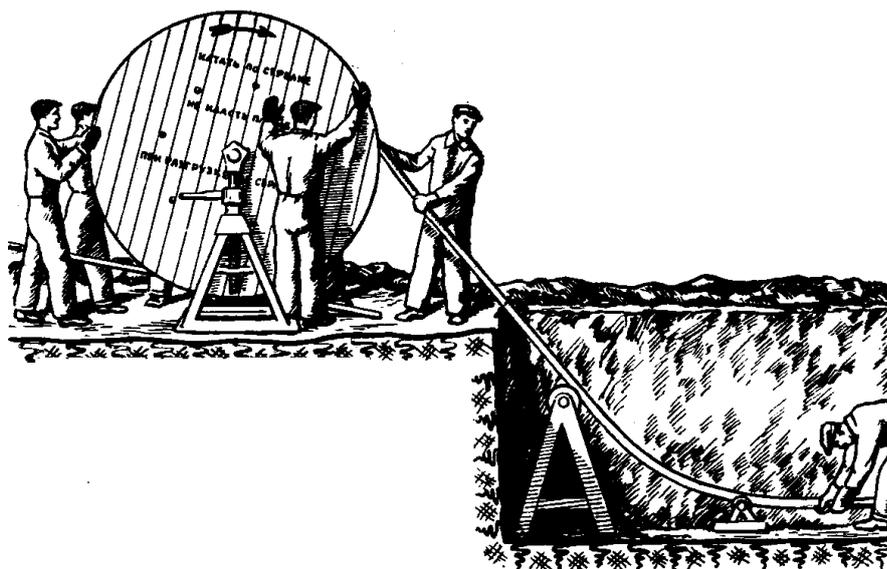


Рисунок 3.1. Прокладка оптического кабеля в открытую траншею

При прокладке кабелей в отрытую траншею основные механические воздействия это: растяжение-сжатие, изгиб, кручение, раздавливающие нагрузки.

Растяжение-сжатие. Появление напряжения растяжения при прокладке в грунте может быть вызвано несоблюдением скорости самой укладки, а также возможностью заедания механизма при раскатки кабеля с барабана. Избежать этого можно, если придерживаться следующих правил:

- использование кабельных роликов, при правильной расстановки которых, можно добиться наилучшего движения кабеля по кабельной трассе;
- избегать вращения барабана и раскрутки кабеля из-за тяги кабеля;
- скорость размотки должна быть равномерной;
- необходимо обеспечить свободное вращение барабана;
- кабель разматывают с верха, а не наоборот;
- кабель кладут зигзагообразно с небольшим резервом по длине

Изгиб. Деформация изгиба возникает на углах кабельной линии. Если трасса имеет изгибы, необходимо обустроить траншею с учетом рассчитанных минимальных и максимальных радиусов изгиба для каждого кабеля.

Также прокладка кабеля должна не иметь резких углов, а рабочие должны устанавливать угловые ролики.

Кручение. Эта деформация возникает в следствие осевого кручения кабеля вдоль длины кабельной трассы. Установка компенсаторов кручения поможет свести на нет этот тип деформации. Вдобавок к этому, правильно рассчитанная ширина траншеи не позволит кабелю свободно извиваться внутри нее.

Раздавливание. Данный тип механической нагрузки возникает, если засыпать кабель сверху земель, не очищенной от камней и мусора. Также необходимо выравнивать траншею перед укладкой кабеля и очищать ее от крупных камней, корней деревьев и мусора, который может повредить оболочку кабеля. А сдавливающая деформация возникает из-за слишком узкой траншеи. В этом случае надо расширить нынешнюю траншею, если это возможно, или спроектировать другой путь на кабельной трассе.

Список литературы:

1. Прокладка оптического кабеля в грунт 22.04.2016 [Электронный ресурс]. ВОЛС.ЭКСПЕРТ [Официальный сайт]. URL: <https://vols.expert/useful-information/prokladka-kabelya-v-grunt/> (дата обращения 06.08.2020);
2. Прокладка ВОЛС в грунте (в земле) [Электронный ресурс]. СВЯЗЬКОМПЛЕКТ [Официальный сайт]. URL: https://skomplekt.com/technology/prokladka_vols_v_grunte_zemle.htm/ (дата обращения 06.08.2020);
3. Способы прокладки оптических кабелей при построении ВОЛС 22.02.2016 [Электронный ресурс]. Studfiles [Официальный сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/5444060/page:7/> (дата обращения 06.08.2020)

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Гасюк Кристина Владимировна

студент, Набережночелнинский филиал Казанского национального исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева-КАИ, РФ, г. Набережные Челны

Киямова Айсиля Раисовна

студент, Набережночелнинский филиал Казанского национального исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева-КАИ, РФ, г. Набережные Челны

Марданишин Рифкат Галимович

научный руководитель, канд. физ.-мат. наук, заведующий кафедрой, Набережночелнинский филиал Казанского национального исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева-КАИ, РФ, г. Набережные Челны

Распознавание объектов - одна из важных частей ИТС. Для решения этой задачи созданы различные методики на основе CNN: R-CNN [1], Fast-RCNN [4], Faster-RCNN [3], SSD [5], YOLO [2].

Время обработки имеет высокое значение для ИТС-систем, поэтому был выбран YOLO-v3. По точности он не является лидером, но этот метод достаточно точен для нашей задачи (его точность сопоставима с точностью SSD) и он в три раза быстрее. Однако у этого метода есть такой недостаток: он плохо работает с небольшими объектами [9].

YOLO-v3 делит изображение на части $S \times S$ и предсказывает координаты и достоверность каждого ограничивающего прямоугольника. Классы прогнозируются для каждого ограничивающего прямоугольника.

В YOLO-v3 использована новая структура Darknet-53 для распознавания образов (Рисунок 1).

	Type	Filters	Size	Output
	Convolutional	32	3 × 3	256 × 256
	Convolutional	64	3 × 3 / 2	128 × 128
1×	Convolutional	32	1 × 1	
	Convolutional	64	3 × 3	
	Residual			128 × 128
	Convolutional	128	3 × 3 / 2	64 × 64
2×	Convolutional	64	1 × 1	
	Convolutional	128	3 × 3	
	Residual			64 × 64
	Convolutional	256	3 × 3 / 2	32 × 32
8×	Convolutional	128	1 × 1	
	Convolutional	256	3 × 3	
	Residual			32 × 32
	Convolutional	512	3 × 3 / 2	16 × 16
8×	Convolutional	256	1 × 1	
	Convolutional	512	3 × 3	
	Residual			16 × 16
	Convolutional	1024	3 × 3 / 2	8 × 8
4×	Convolutional	512	1 × 1	
	Convolutional	1024	3 × 3	
	Residual			8 × 8
	Avgpool		Global	
	Connected		1000	
	Softmax			

Рисунок 1. Darknet-53

Этот алгоритм широко используется для распознавания объектов. Исследователи [2], [7], [6] применили YOLO для задачи обнаружения объектов путем устранения негативного влияния погодных условий на качество изображений.

Методы, основанные на CNN, очень эффективны в устранении проблем, связанных с погодными условиями. Несколько современных методов представляют разнообразие подходов и архитектур, которые могут быть построены на основе CNN, и важность их производительности. Основываясь на описании метода и представленных метрических и субъективных результатах, некоторые из изученных сетей были использованы в исследовании.

В [8] предложен метод классификации погоды. Сама по себе классификация погоды является очень сложной задачей, которая обычно решается дорогостоящими методами или малоэффективными методами, обеспечивающими оценку нескольких типов погоды. Для использования сверточных нейронных сетей и многоклассовых наборов данных для более

эффективной и универсальной классификации погоды предназначен метод, предложенный [8].

Исследовательская работа, проделанная авторами в [8], включает обучение векторной машины на 1100 изображениях (70% обучение и 30% тестирование) для каждого из пяти типов погоды (солнечная, туманная, пасмурная, дождливая и снежная). Кроме того, была сравнена эффективность 10 различных методов CNN, и полученное среднее значение было использовано для определения наилучшего. Результаты (Таблица 1) анализа, представленного в статье, показывают значительное превосходство сети ResNet50. Работа доказывает, что ResNet 50 может использоваться не только как средство распознавания изображений, но и как средство распознавания погоды.

Таблица 1.

Сравнение моделей распознавания погоды на основе CNN

Model	Mean average precision
CaffeNet	0.7591
PlacesCNN	0.7627
ResNet 50	0.7767
ResNet 101	0.7681
ResNet 152	0.7504
VGG_CNN_F	0.7134
VGG_CNN_F	0.6849
VGG_CNN_F	0.7060
VGGNet16	0.7194
VGGNet19	0.6948

Список литературы:

1. Chen, Y., Hu, W. Robust vehicle detection and counting algorithm adapted to complex traffic environments with sudden illumination changes and shadows. Technology: Chemical technology. 2020. doi:10.3390/s20092686.
2. Dey R., Bhattacharjee D., Nasipuri M. (2020) Object Detection in Rainy Condition from Video Using YOLO Based Deep Learning Model. Advanced Computing and Systems for Security. pp 121-131. 2020.

3. Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., Malik, J. Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. *Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 580-587. 2014.
4. Girshick, R. Fast R-CNN. *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 1440-1448. 2015.
5. Guerra, J. , Khanam, Z., Ehan, Sh., Stolkin, R., McDonald-Maier, Kl. Weather Classification: A new multi-class dataset, data augmentation approach and comprehensive evaluations of Convolutional Neural Networks. *Computer Vision and Pattern Recognition*. 2018.
6. Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S. SSD: Single shot multibox detector. *European Conference on Computer Vision. Lecture Notes in Computer Science*, pp. 21–37. 2016.
7. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. pp. 779-788. 2016.
8. Ren, S., He, K., Girshick, R., Sun, J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. pp. 1137-1149. 2017.
9. Zhao, S-Q., Liu, P., Yang, J., Li, S. A Fast Detection Method for Road Monitoring. 2018. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*. 2018. doi: 10.12783/dtcse/cmee2017/20051.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕЧАТНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Гладких Андрей Викторович

*магистрант, Новосибирский государственный технический университет (НЭТИ),
РФ, г. Новосибирск*

На сегодняшний день для поставщиков услуг сотовой связи в России остро стоит вопрос развёртывания 5G – нового поколения сетей мобильной связи, так как в других развитых странах уже начали тестироваться и применяться системы, основанные на 5G. Их появление связано с постоянно быстрорастущей потребностью в высокоскоростной передаче данных, которая может изменить взаимоотношения человека и машин во многих сферах нашей жизни и производства [1]. Увеличение пропускной способности достигается, в основном, за счёт повышения частотного спектра (от 2 до 6 ГГц) и, как следствия, расширения канала связи. Частоты 2,4 и 5 ГГц уже давно используются устройствами с Wi-Fi, 2-2,7 ГГц – гаджетами с 4G LTE. В России планируется использовать части диапазонов 3,4÷3,8 ГГц и 4,8÷4,99 ГГц, как и в остальном мире.

Антенны, которые могут охватить такой большой диапазон частот называются сверхширокополосными или UWB (англ. Ultra-Wide Band). Основным трендом при конструировании подобных антенн является миниатюризация. В данной статье предлагается пример оптимизированной по габаритам и характеристикам антенна для диапазонов частот, рассмотренных выше.

За основу была взята дискоконусная антенна, обладающая всенаправленностью в горизонтальной плоскости и многодиапазонностью. На рисунке 1 изображена дискоконусная антенна после переноса в печатный вид. Для наглядности материал основания сделан полупрозрачным.

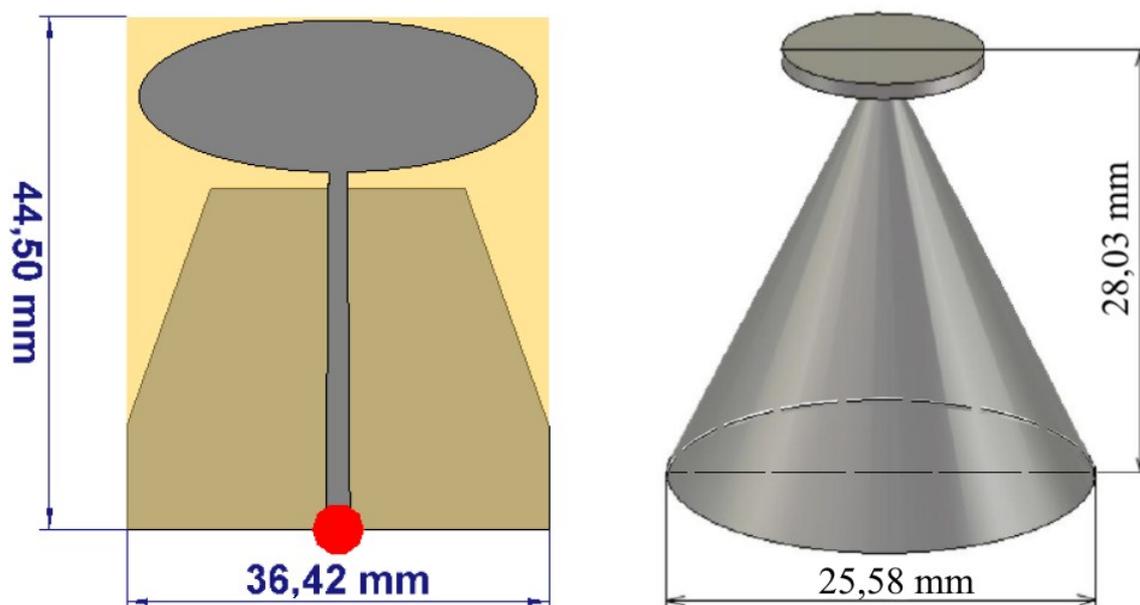


Рисунок 1. Дисконусная антенна в печатном виде и традиционном с основными размерами, рассчитанными для частоты 3,6 ГГц

В качестве подложки был взят материал был взят материал RT/duroid 5880 толщиной 0,508 мм, который полезен своей низким коэффициентом диэлектрической проницаемости и тангенсом угла диэлектрических потерь, а также их низкой анизотропией в зависимости от частоты, что делает его наиболее подходящими для СВЧ-устройств, где потери должны быть минимальны. Наиболее важные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики RT/duroid5880

Характеристика	Значение
Диэлектрическая проницаемость, $f = 10$ ГГц	2,2±0,02
Тангенс угла диэлектрических потерь, $f = 10$ ГГц	0,0009
Толщина подложки, мм	0,508
Толщина фольги, мкм	18

Моделирование проводилось с помощью ПО CST Microwave Studio. Оптимизация проводилась с помощью глобального алгоритма (CMA Evolutionary Strategy) с последующим применением локального алгоритма (Trust Region Framework). После применения конструктивных принципов улучшения

характеристик, описанных в [2] и [3], антенна приняла вид, представленный на рисунке 2.

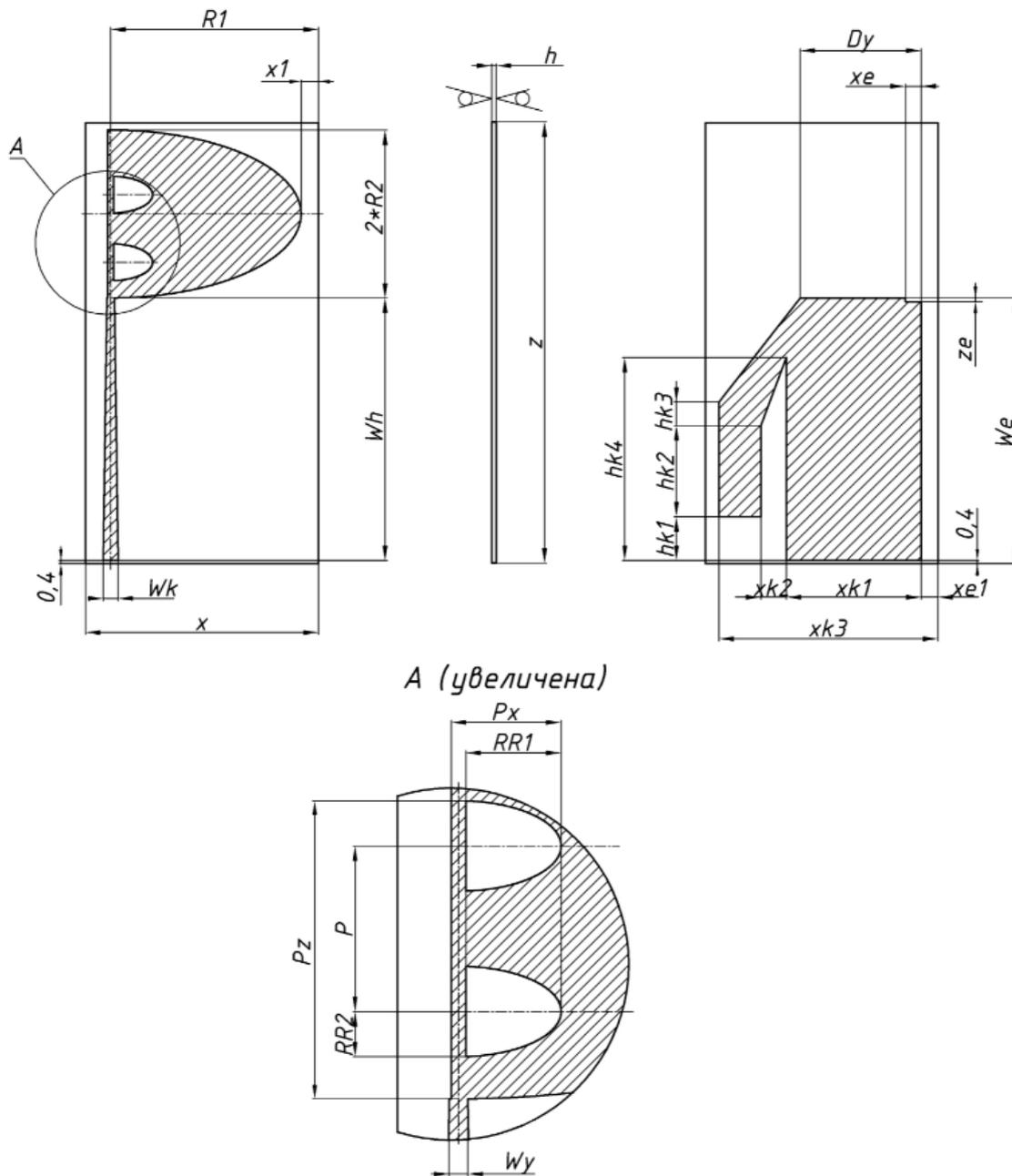


Рисунок 2. Вид дискоконусной антенны после применения техник по улучшению характеристик

Значения геометрических параметров после оптимизации, указанных на рисунке 2, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Значения геометрических параметров антенны после оптимизации

x	z	h	Wk	Wh	R1	R2	x1	xe1	xk1	xk2	xk3	Dy
27,5	52,5	0,508	1,75	31,55	24,55	10	2,05	2	15	3	24,95	13,4
xe	ze	We	hk1	hk2	hk3	hk4	Wy	RR1	Px	P	RR2	Pz
1,8	0,45	31,65	5,2	10,85	2,8	24,15	0,9	4,95	5,65	8,05	2,2	14,5

На рисунке 3 отображён график коэффициента стоячей волны (КСВ) в зависимости от частоты. Стоит отметить, что полученная антенна имеет хорошее согласование в полосе частот 2,2÷5,6 ГГц (КСВ менее 1,5), а полоса пропускания (по уровню $КСВ \leq 2$) составляет около 6,6 ГГц.

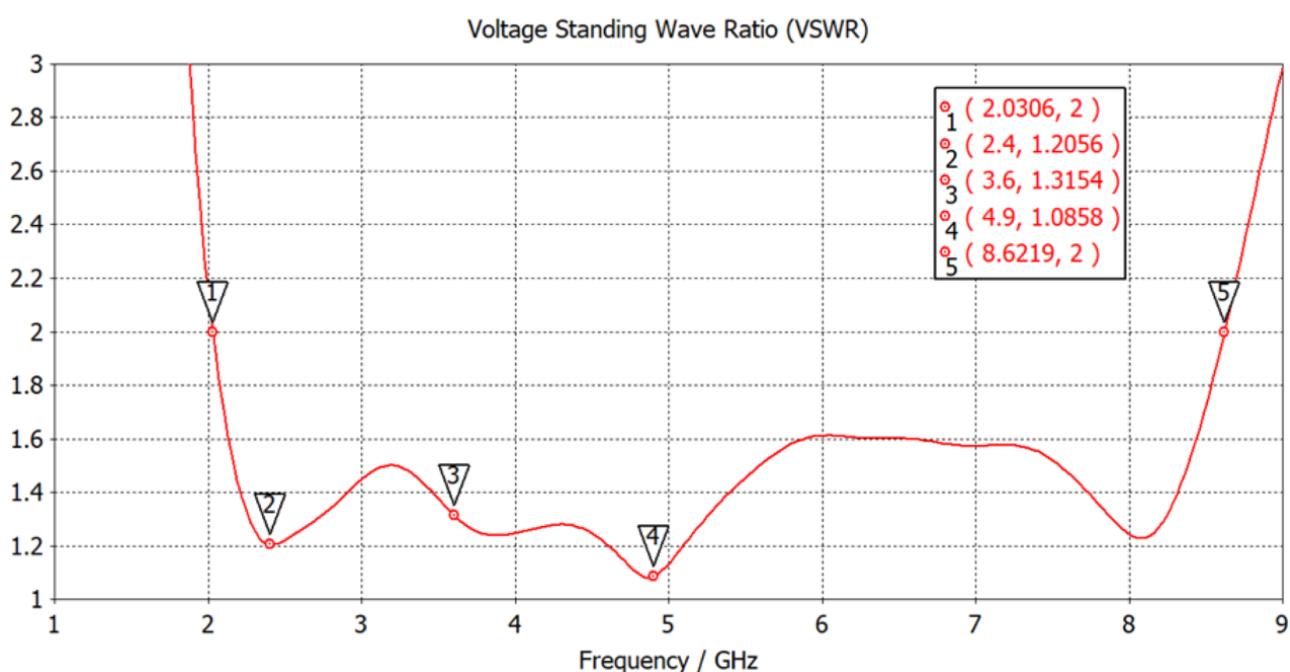


Рисунок 3. График коэффициента стоячей волны в зависимости от частоты

Исходя из графика рисунка 3 вычисляется относительная ширина полосы пропускания:

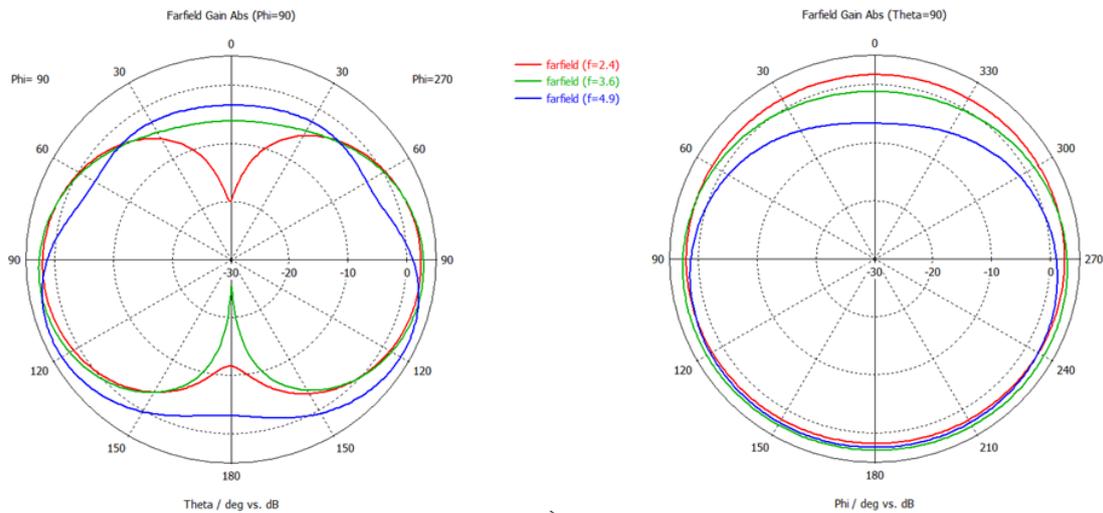
$$\frac{\Delta f}{f_{cp}} = \frac{f_B - f_H}{(f_B + f_H)/2} \cdot 100\% = \frac{8,622 - 2,031}{\frac{(8,622+2,031)}{2}} \cdot 100\% \approx 123,74\%$$

где f_B и f_H – верхняя и нижняя частота рабочего диапазона соответственно.

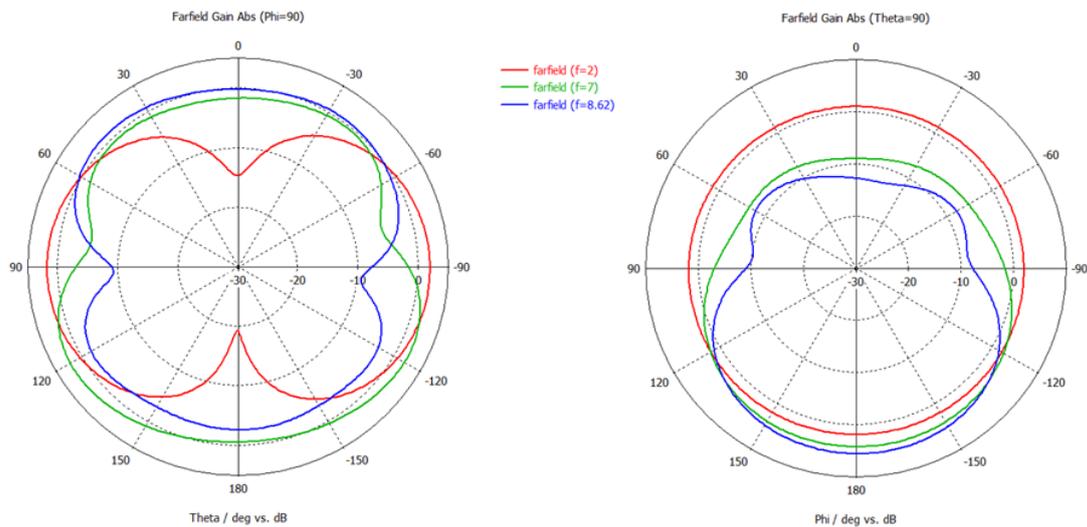
Также по этому графику вычисляется коэффициент перекрытия:

$$k = \frac{f_B}{f_H} = \frac{8,622}{2,031} \approx 4,25.$$

На рисунке 4 изображены диаграммы направленности в Е- и Н-плоскостях на различных частотах (выбраны середины используемых частот и границы полосы пропускания).



а)



б)

Рисунок 4. Диаграммы направленностей а) в Е- и Н- плоскостях при частотах 2,4 ГГц, 3,6 ГГц и 4,9 ГГц; б) в Е- и Н- плоскостях при частотах 2 ГГц, 7 ГГц и 8,62 ГГц

Перейдём к выводам. Среди преимуществ разработанной антенны можно выделить: многодиапазонность и сверхширокая полоса пропускания ($\Delta f/f_{cp} = 124\%$, коэффициент перекрытия равен $k = 4,25$ в диапазоне частот $2,03 \div 8,62$ ГГц); практически круговая диаграмма направленности в Н-плоскости, особенно при частоте ниже 3,6 ГГц; коэффициент усиления больше 2 дБ при частоте 2 ГГц и выше без использования экрана (с экраном в среднем выше); размеры: 52,5 мм x 27,5 мм x 0,508 мм.

Все описанные преимущества делают целесообразным применение для сверхширокополосных беспроводных устройств; систем, использующих стандарты 5G, 4G LTE, Wi-Fi и т.д. Полезные свойства антенны могут быть использованы в будущем, к примеру, для следующего поколения мобильной связи.

Список литературы:

1. Тихвинский, В.О. Сети мобильной связи 5G. Технологии, архитектура и услуги = 5G mobile networks. Technologies, architecture and services / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, В. А. Коваль. - Москва: Медиа Паблишер, 2019. - 375 с. : ил., табл.
2. Liang, X.L. Ultra-Wideband Antenna and Design. Ultra Wideband Current Status and Future Trends, pp. 127-152, 2012.
3. Абдрахманова, Г.И. Сверхширокополосная антенна на основе фрактальных структур [Текст] / Г.И. Абдрахманова, Багманов В.Х. // Электротехнические и информационные комплексы и системы.– 2013.-№3. – С. 52-59

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**ТЕХНИЧЕСКИЕ
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

*Электронный сборник статей по материалам XXXII
студенческой международной научно-практической конференции*

№ 9 (32)
Сентябрь 2020 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@nauchforum.ru

16+

