

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Алгоритмическое и программное обеспечение для семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли

УДК 004.932.2.032.26:004.492.3:630

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Вик Ксения Васильевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШТР	Друки А. А.	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М.В.	К.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

Томск – 2020

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	Общепрофессиональные компетенции
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социальноэкономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
	Профессиональные компетенции
P5	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения.
	Общекультурные компетенции
P8	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации

	современного оборудования и приборов, в управлении коллективом
P9	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P10	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научнопроизводственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Спицын В.Г.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ83	Вик Ксении Васильевной

Тема работы:

Алгоритмическое и программное обеспечение для семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№140-46/с от 19.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является алгоритмическое и программное обеспечение для семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. – Аналитический обзор; 2. Создание базы данных; 3. Описание использованных топологий нейронных сетей; 4. Функция активации; 5. Результаты обучения и тестирования нейронных сетей; 6. Результаты;
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основная часть	Доцент ОИТ ИШИТР, к.т.н., Друки А.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н. Конопский В.Ю.
Социальная ответственность	Доцент ООД ШБИП, к.т.н. Горбенко М.В.
Английский язык	Доцент ОИЯ ШБИП к.филол.н. Аксёнова Н.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Раздел Database creation
Раздел 1 Description of neural network topologies used
Раздел 1.1 Convolutional Neural Network
Раздел 1.2 Convolutional layer
1.3 Max-pooling/Pooling
1.4 Backward Propagation Max-pooling
1.5 Upsampling Techniques

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.03.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Друки А. А.	К.Т.Н		10.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Вик Ксения Васильевна		10.03.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий
 Период выполнения (осенний/ весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.09.2019	Аналитический обзор	15
01.11.2019	Поиск обучающих выборок или их реализация для семантической сегментации изображений	20
30.12.2019	Реализация алгоритмов	15
01.04.2020	Сравнения реализованных алгоритмов с аналогичными решениями	15
01.05.2020	Социальная ответственность	15
01.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
01.05.2020	Заключение	5

**СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Друки А.А.	К.Т.Н.,		

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ83	Вик Ксении Васильевне

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информатика и ВТ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС, ставка дисконтирования = 0,1

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
2. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		26.02.2000 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Вик Ксения Васильевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ83	Вик Ксении Васильевне

Школа	Отделение (НОЦ)
Уровень образования Магистратура	Направление/специальность Информатика и ВТ

Тема ВКР:

Алгоритмическое и программное обеспечение для семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Алгоритмы семантической сегментации изображений дистанционного зондирования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p style="text-align: center;">–Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03I. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Рабочее место при выполнении работ сидя регулируется согласно ГОСТ 12.2.032-78 ТК РФ ФЗ-197 от 30.12.2001</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрений объекта исследований:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Микроклимат рабочего помещения; -Производственное освещение;

	<p>-Расчёт имеющегося освещения для операторов ПЭВМ;</p> <p>-Производственные шумы;</p> <p>-Вибрация;</p> <p>-Электромагнитное поле;</p> <p>-Электробезопасность.</p> <p>–</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>–Утилизация используемого оборудования (компьютер и другая оргтехника). Какие компании занимаются утилизацией данного оборудования</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>–Наиболее типичная чрезвычайная ситуация: ЧС техногенного характера – пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации, огнетушитель.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Вик Ксения Васильевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 108 листах, включает 31 рисунков, 14 таблиц, 50 источников литературы.

Ключевые слова: семантическая сегментация, дистанционное зондирование земли, U-Net, ENet, SegNet.

Объектом исследования является: Алгоритмическое и программное обеспечение для семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли.

Цель работы:

1. Разработка алгоритмов повышающих эффективность семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли. С последующей реализацией, а также сравнение с аналогами.
2. Создание обучающей выборки.

В результате исследования: были проведены анализы алгоритмов семантической сегментации. Проведен поиск баз данных. После того как необходимой базы не было найдено, было принято решение о создании своей собственной базы данных. Которая включает в себя 30 снимков полученных со спутника Landsat 8.

Реализованы: три подхода к семантической сегментации на основе CNN. Проведено обучение и тестирование реализованных алгоритмов, таких как U-Net, ENet, SegNet. Также был проведен поиск аналогичных решений. Проведено сравнение полученных результатов между собой, сравнение с аналогами. Реализация алгоритмов проводилась на языке Python 3 с помощью библиотек: PyTorch.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ДЗЗ – дистанционное зондирование земли.

CNN – convolutional neural network.

AdaGrad – адаптивный градиентный алгоритм.

RMSProp – Среднеквадратическое распространение.

НИР – научно-исследовательская работа.

НС – нейронная сеть.

ЗП – заработная плата.

ПР – прибыль.

РФ – Российская Федерация.

ГОСТ – Государственный стандарт.

СНиП – Строительные нормы и правила.

СН – строительные нормы.

СП – строительные правила.

СанПиН – Санитарные правила, нормы, правила и нормы, гигиенические норматив

Оглавление

Введение.....	16
Цели работы.....	18
Задачи исследования.....	19
1. Аналитический обзор.....	20
1.1 Выбор библиотеки семантической сегментации изображений	20
1.2 Описание использованных архитектур.....	22
2. Создание базы данных.....	28
3. Описание использованных топологий нейронных сетей.....	33
3.1. Сверточная нейронная сеть.....	33
3.2 Max-pooling/Pooling	36
3.3. Backward Propagation Max-pooling	37
3.4. Upsampling Techniques.....	38
4. Функции активации	40
4.1 Softmax	40
4.2 ReLU	40
4.3 PReLU.....	41
4.4.Оптимизатор	42
5. Результаты обучения и тестирования нейронных сетей.....	44
5.1. VGG16	44
5.2 Аугментация	45
6 Результаты.....	48
6.1 Сравнение с аналогами	51
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54

7.1 Организация и планирование работ	54
7.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	59
8 Социальная ответственность	66
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
8.2 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства)	68
8.3 Производственная безопасность	71
8.4 Экологическая безопасность	85
8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
Заключение	90
Список публикаций	91
Список источников	92
Приложение А	97

Введение

За последние несколько лет глубокое обучение стало повсеместным для задач компьютерного зрения, также возрос интерес к обработке снимков, полученных со спутников.

Полученные данные могут использоваться для решения самых различных задач:

- Для мониторинга водоемов, лесов и т.д;
- Обнаружения очагов лесных пожаров;
- Мониторинг и оценка эффективности лесовосстановительной деятельности;
- Контроль вырубки леса, строительство карьеров, незаконные свалки, оценка рациональности при добыче природных ресурсов и пр.;
- Автоматическое создание карт местности;
- Инвентаризация объектов на различных территориях;
- Мониторинг строительных объектов и пр.

Различные методы обработки снимков позволяют ускорить решение той или иной проблемы, а в некоторых случаях полностью автоматизируют этот процесс. Например, решение задачи инвентаризации можно свести к решению задачи поиска и распознавания объектов на изображении. Задачу контроля вырубки лесов можно свести к задаче сравнения площадей лесных массивов, для решения которой нужно автоматическое выделение лесов на изображении, что можно сделать с помощью методов сегментации.

Целью семантической сегментации изображения является классификация каждого пикселя изображения.

Сегментация изображения – это задача компьютерного зрения, которая включает в себя маркировку различных областей изображения на объекты, которые в нем присутствуют.

В настоящее время сверточные нейронные сети довольно распространены в области глубокого обучения. CNN использовались для

задач компьютерного зрения, таких как классификация изображений, обнаружение объектов, генерация изображений и т. д. Как и все другие задачи компьютерного зрения, известно, что глубокое обучение превосходит ранее существующие подходы к сегментации изображений.

Для некоторых, семантическая сегментация изображения и обнаружение объектов могут показаться одинаковыми, поскольку оба включают в себя поиск объектов на изображении и затем их классификацию. Однако оба метода это не одно и то же.

Отличие двух методов заключается в том что, обнаружение объектов включает в себя локализацию всех объектов на изображении, помещение всех обнаруженных объектов в ограничительную рамку и присвоение ей метки.

С другой стороны, семантическая сегментация работает на уровне пикселей, чтобы пометить каждый пиксель классом. Другими словами, семантическая сегментация помечает каждую область изображения

Цели работы

Целями данной работы являются:

- 1) Разработка алгоритмов повышающих эффективность семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли. С последующей реализацией, а также сравнение с аналогами.
- 2) Создание обучающей выборки.

Задачи исследования

Для достижения поставленных целей, были поставлены следующие задачи:

1. Выбрать библиотеку для реализации нейронной сети;
2. Создание и подготовка обучающей выборки по космоснимкам;
3. Разработка архитектуры нейронной сети;
4. Реализация алгоритма;
5. Сравнение реализованных алгоритмов между собой и с аналогами;
6. Подведения итогов по использованным методам.

1. Аналитический обзор

1.1 Выбор библиотеки семантической сегментации изображений

Tensorflow

Созданный Google и написанный на Python и C ++, TensorFlow [1] является одной из лучших библиотек с открытым исходным кодом для численных вычислений.

TensorFlow хорошо подходит для сложных проектов, таких как многослойные нейронные сети. Он используется для распознавания голоса или изображений и текстовых приложений, таких как, например, Google Translate.

Преимущества:

- Для TensorFlow было написано большое количество руководств и документации;
- Он предлагает мощные инструменты для мониторинга процесса обучения моделей и визуализации (Tensorboard);
- Поддерживается большим сообществом разработчиков и технологических компаний;
- Предоставляет сервисные модели;
- Поддерживает распределенное обучение;
- TensorFlow Lite обеспечивает вывод на устройства с низкой задержкой для мобильных устройств;

Недостатки:

- Теряет скорость работы в стандартных тестах по сравнению, например, с CNTK и MXNet;
- Он имеет более высокий порог входа для начинающих, чем PyTorch или Keras. Naked Tensorflow довольно низкоуровневый и требует большого количества стандартного кода, а режим «обнаружения и запуска» для Tensorflow значительно усложняет процесс отладки.

Есть еще одно существенное ограничение: единственным полностью поддерживаемым языком является Python.

PyTorch

PyTorch [2] является преемником Python для библиотеки Lua Torch и отличным конкурентом TensorFlow. Он был разработан Facebook и используется Twitter, Salesforce, Оксфордским университетом и многими другими компаниями.

PyTorch в основном используется для обучения моделей, быстро и эффективно, поэтому данная библиотека становится выбором многих разработчиков.

Преимущества:

- Благодаря архитектуре фреймворка процесс создания модели довольно прост и прозрачен;
- Стандартный режим «определение за выполнением» является ссылкой на традиционное программирование. Фреймворк поддерживает популярные инструменты отладки, такие как pdb, ipdb или PyCharm отладчик;
- Поддерживает декларативный параллелизм данных;
- Он имеет много предварительно обученных моделей и сборных модульных деталей, которые легко комбинировать;

Недостатки:

- Отсутствие поддержки модели;
- Он еще не готов к полной версии в производстве, но план к версии 1.0 выглядит действительно впечатляюще;
- Отсутствует интерфейс для мониторинга и визуализации, такой как TensorBoard, однако он имеет внешнее соединение с Tensorboard.

Keras

Keras [3] - это минимальная библиотека на основе Python, которая может работать поверх TensorFlow, Theano или CNTK. Он был разработан

инженером Google Франсуа Шолле для ускорения экспериментов. Keras поддерживает широкий спектр слоев нейронных сетей, таких как сверточные слои, периодические или плотные.

Эта структура хороша для случаев перевода, распознавания изображений, речи и т. д.

Преимущества:

- Прототипирование действительно быстро и просто;
- Он достаточно мал, чтобы строить модели глубокого обучения для многих слоев;
- Имеет полностью настраиваемые модули;
- Имеет простой и понятный интерфейс, соответственно, хорошо подходит для начинающих;
- Имеет встроенную поддержку для обучения на нескольких графических процессорах;
- Он может быть настроен как оценщик для TensorFlow и обучен на кластерах GPU на платформе Google Cloud;
- Работает на Spark;
- Поддерживает графические процессоры NVIDIA, Google TPU, Open-CL GPU, такие как AMD.

Недостатки:

- Он ограничен бэкэндами Tensorflow, CNTK и Theano.

Keras не так функционален, как TensorFlow, и предоставляет меньше возможностей для управления сетевым подключением, что может быть серьезным ограничением для создания специализированной модели глубокого обучения.

1.2 Описание использованных архитектур

Для сравнения были использованы три архитектуры:

- U-Net [4].
- ENet [5];

- SegNet [6];

U-Net

О. Роннебергер и соавт. (2015) расширили FCN для изображений биологической микроскопии. Авторы создали сеть под названием U-net (рис.1), состоящую из двух частей: сжимающейся части для вычисления характеристик и расширяющейся части для пространственной локализации рисунков в изображении.

Компонент с понижающей дискретизацией или сокращением имеет FCN-подобную архитектуру, извлекающую особенности с 3x3 свертками.

Повышающая дискретизация или при расширении детали используется свертка вверх (или деконволюция), уменьшающая количество карт объектов при увеличении их высоты и ширины. Обрезанные карты объектов из части понижающей дискретизации сети копируются в часть повышающей дискретизации, чтобы избежать потери информации о шаблонах. Наконец, свертка 1x1 обрабатывает карты признаков для генерации карты сегментации и, таким образом, классифицирует каждый пиксель входного изображения. С тех пор архитектура U-сети была широко расширена в последних работах (FPN, PSPNet, DeepLabv3 и т. Д.).

В данной модели не используется полносвязный слой. Как следствие, число параметров модели уменьшается, и ее можно обучить с помощью небольшого набора данных. Например, будет достаточно набора данных с 30 снимками, полученных со спутников.

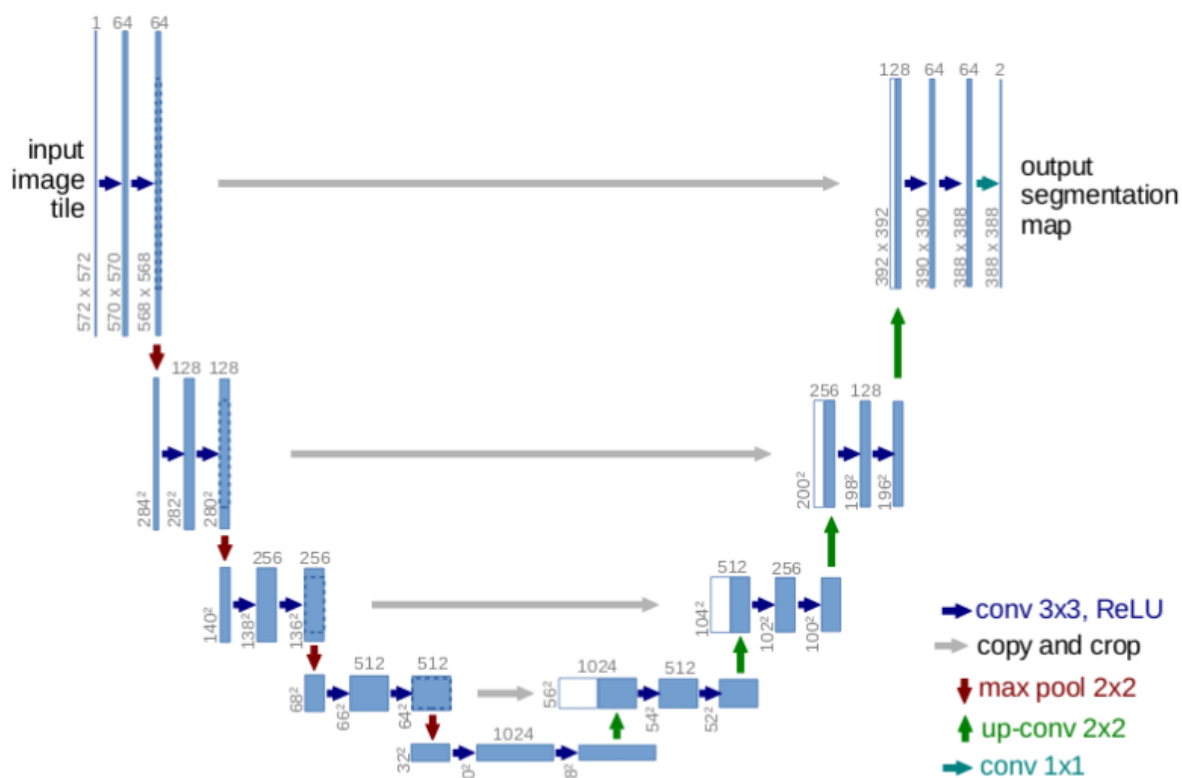


Рисунок 1. Схема U-Net сети

SegNet

Архитектура состоит из последовательности слоев нелинейной обработки (кодеров) и соответствующего набора декодеров, за которым следует пиксельный классификатор. Как правило, каждый кодер состоит из одного или нескольких сверточных уровней с пакетной нормализацией и нелинейностью ReLU с последующим неперекрывающимся максимальным пулированием и подвыборкой. Разреженное кодирование, обусловленное процессом объединения, подвергается повышенной дискретизации в декодере с использованием индексов максимального объединения в последовательности кодирования (рис. 2).

Одним из ключевых компонентов SegNet является использование индексов максимального пула в декодерах для повышения частоты дискретизации карт с низким разрешением. Это имеет важные преимущества сохранения высокочастотных деталей в сегментированных изображениях, а также уменьшения общего количества настраиваемых параметров в декодерах. Вся архитектуру можно обучить сквозным использованием

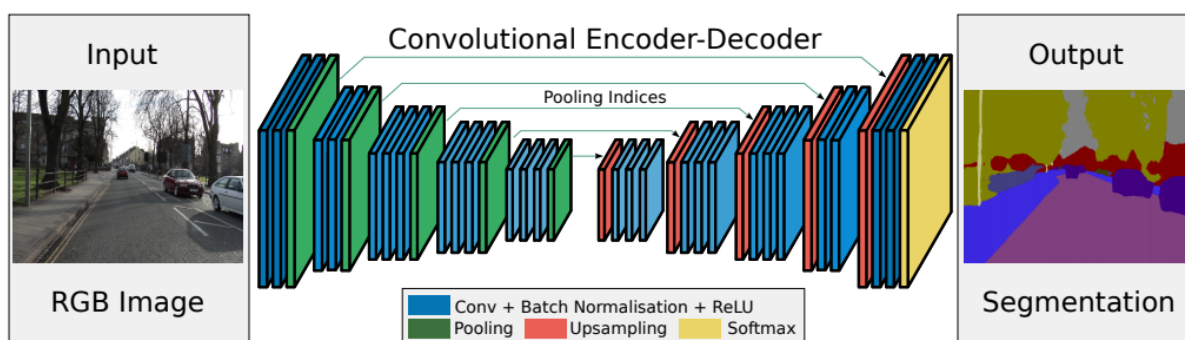


Рисунок 2. SegNet: архитектура декодера кодера

SegNet имеет сеть кодировщиков и соответствующую сеть декодеров, за которой следует последний классификатор пикселей по пикселям.

Кодировщик:

- На энкодере выполняются свертки и Maxpooling.
- Есть 13 сверточных слоев от VGG-16. (Оригинальные полностью связанные слои отбрасываются.)
- При выполнении максимального пула 2×2 соответствующие максимальные индексы пула (местоположения) сохраняются.

Дешифратор:

- На декодере выполняется повышающая дискретизация и свертки. Наконец, для каждого пикселя есть функция активации softmax.
- Во время повышающей дискретизации (рис.3) максимальные индексы пула на соответствующем уровне кодера вызываются для повышающей выборки, как показано выше.
- Наконец, классификатор softmax класса K используется для прогнозирования класса для каждого пикселя.

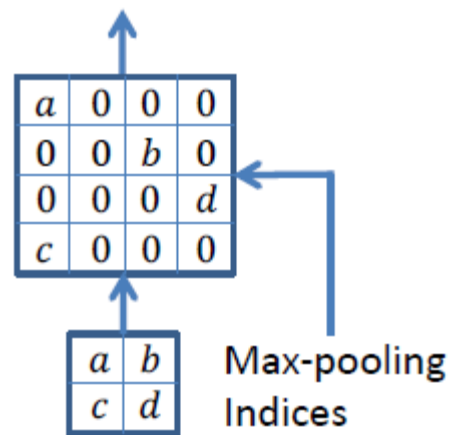


Рисунок 3. Повышение дискретизации с использованием индексов максимального объединения

Enet

Enet, в отличие от вышеизложенных моделей, состоит из блоков с нетривиальной структурой, называемой bottleneck (Рис. 4).

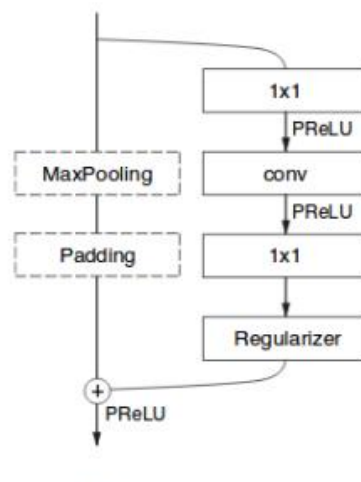


Рисунок 4. Архитектура bottleneck

Bottleneck [7] состоит из основной ветви с макс-пулингом и паддингом и вспомогательной (со свертками), затем результаты ветвей сливаются и проходят через активацию PRelu. Каждый блок состоит из трех сверточных слоев:

- 1×1 – проекция, уменьшающая размерность;
- Основная свертка 3×3 (обозначается conv);

- 1×1 – расширение между всеми свертками стоит активационный PRelu слой.

Enet содержит в 10-тки раз меньше параметров, чем Unet и SegNet, что хорошо сказывается на скорости работы и делает эту модель применимой для сегментации на мобильных устройствах в реальном времени.

2. Создание базы данных

Для поставленной цели необходим набор данных (снимки дистанционного зондирования земли), а в частности снимки лесов, на которых будет присутствовать:

- Лесной пожар (огонь);
- Выгоревшая площадь;
- Дым от пожара;
- Водоемы;
- Лес;

В результате проведен обширный анализ сторонних источников и веб-сайтов с доступом к спутниковым снимкам, в хорошем качестве. По итогу изучения, отобран один сервис, с открытым доступом к спутниковым снимкам.

Снимки предоставлены в открытом доступе на сайте USGS[8] Использовались данные со спутника Landsat 8. Почему был выбран именно этот спутник?

Landsat 8[9] (впервые известный как «Миссия по обеспечению непрерывности передачи данных Landsat») был запущен 11 февраля 2013 года с авиабазы Ванденберг в Калифорнии на ракете Atlas-V.

На спутнике находятся Операционный наземный имиджер (OLI) и Тепловой инфракрасный датчик (TIRS).

Программа Landsat является наиболее продолжительным проектом по получению спутниковых фотоснимков Земли. Установленное оборудование на спутниках Landsat 8 снимает около 400 сцен в день. Эти снимки являются уникальным ресурсом для проведения множества научных исследований в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, образования. Landsat 8 имеет 9 спектральных диапазонов, включая панорамирование.

Основные научные задачи, решаемые спутником Landsat 8, следующие:

- Сбор и сохранение многоспектральных изображений среднего разрешения (30 метров на точку) в течение не менее чем 5 лет;
- Сохранение геометрии, калибровки, покрытия, спектральных характеристик, качества изображений и доступности данных на уровне, аналогичном предыдущим спутникам программы Landsat;
- Бесплатное распространение изображений, полученных с помощью Landsat 8.

Ниже представлен сайт USGS (рис.5)

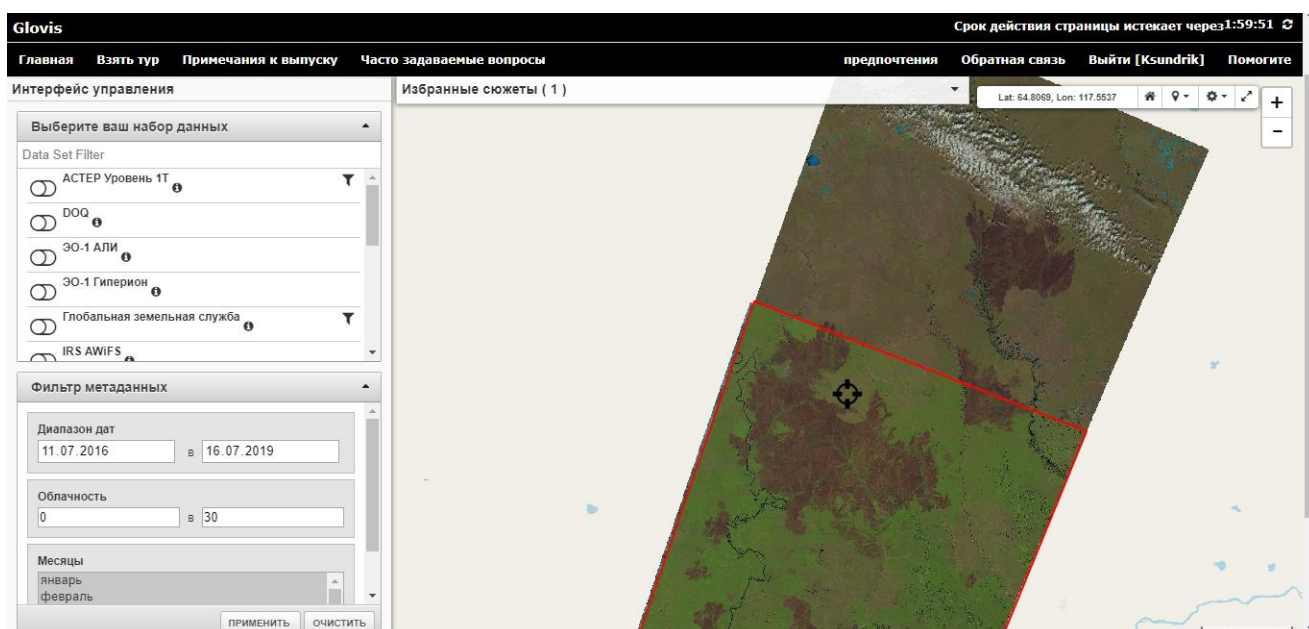


Рисунок 5 – Веб-сайт glovis.usgs.gov/app

Веб-сайт удобен в использовании и интуитивно понятен. Также, можно выбрать и другие спутники, но основная часть спутников снята с орбиты, действующие спутники Landsat 8 и Sentinel[10].

Sentinel-2 по характеристикам проигрывает Landsat 8, проведем сравнение в таблице 1:

Таблица 1. Сравнение Landsat 8 vs Sentinel-2

Характеристики	Landsat 8	Sentinel-2
Расчетный срок функционирования, год,	5—10	7
Высота орбиты, км	705	785
Режим съемки	Моно съемка	Гиперспектральный
Ширина полосы съемки, км	185	290
Размер сцены	185 км x 180 км	100x100 км
Периодичность съемки, сутки	400	10
Спектральные полосы	9 - в видимом диапазоне волн, в ближнем ИК и в дальнем ИК, с разрешением снимков от 15 до 100 метров на точку	13 - спектральных диапазонов в диапазоне от видимого и ближнего инфракрасного (VNIR) до коротковолнового инфракрасного (SWIR) длин волн на 290-километровой полосе.

Основные предпочтения были по размерам сцены, а также, сколько снимков в сутки делает спутник. Поэтому, был выбран Landsat 8

Одним из преимуществ веб-сайта USGS, был поиск по заданным координатам, что облегчило бы поиск пожаров, т.к. зная нужные координаты, можно ввести их и сайт отобразит место поиска. В связи с тем, что возникли проблемы с заданием координат в систему, а именно при указании нужной точки система переносила в одно и то же место в океане. Поэтому данная функция не использовалась, поиск был осуществлен вручную, что заняло достаточно много времени.

Разработан набор данных с названием «forest», который содержит 30 снимков дистанционного зондирования Земли с пространственным разрешением 8000x8000.

Создание масок для снимков производилась в программе Adobe Photoshop[11]. Это самый трудоёмкий процесс, но данный метод приносит

достаточно хороший результат, но применять его в больших количествах не рекомендуется.

Ниже представлены снимки, которые будут подаваться на входной сигнал (рис.6), а также маска (рис.7) к снимку, которая подается на выходной сигнал при обучении. Обозначения на маске:

1. Зеленый – лес;
2. Чёрный – выгоревшая территория;
3. Белый – дым от пожара;
4. Голубой – водоемы;
5. Красный – огонь;

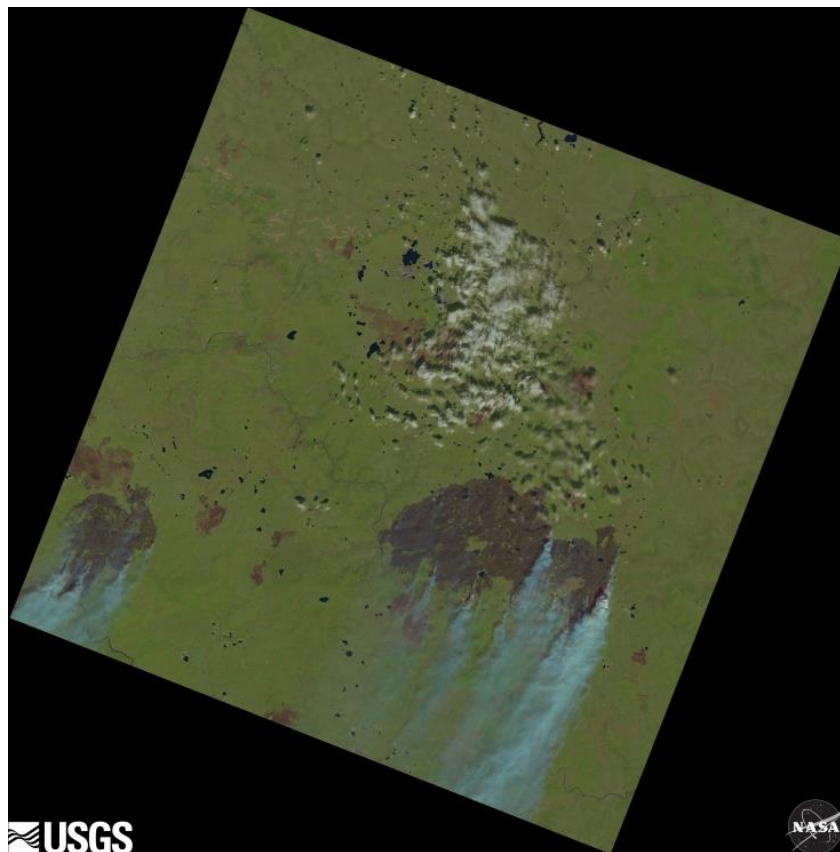


Рисунок 6. Снимок входного изображения.

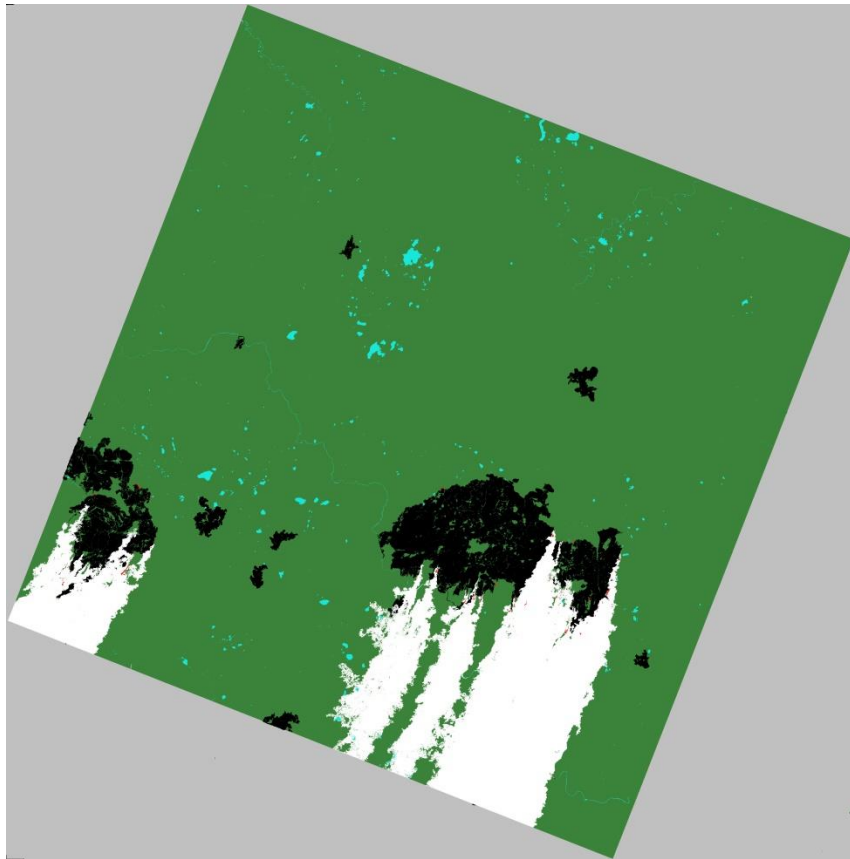


Рисунок 7. Сегментированный снимок.

3. Описание использованных топологий нейронных сетей

3.1. Сверточная нейронная сеть

Сверточные нейронные сети (ConvNets / CNN)[12] очень похожи на обычные нейронные сети. Они составлены из нейронов с обучаемыми весами и уклонами. Все советы и рекомендации, которые выучили или использовали для обычных нейронных сетей, также применимы к CNN.

Единственное различие между CNN и обычной нейронной сетью состоит в том, что CNN предполагает, что ввод - это изображение. Это значительно уменьшает количество параметров для настройки в сети.

Изображение - это не что иное, как матрица значений пикселей. Таким образом, если изображение имеет размер $40 * 40 * 1$, мы можем выровнять его и затем передать его модели. Итак, нам потребуется 1600 нейронов на входном слое. Но не все изображения черно-белые, некоторые могут быть цветными. Таким образом, каждое цветное изображение имеет 3 слоя каждый слой для соответствующего красного, зеленого и синего цветов соответственно. Итак, теперь для подачи цветного изображения размером $40 * 40 * 3$ нам нужно 4800 нейронов на входном слое. Эта сумма все еще кажется управляемой, но ясно, что эта полностью связанная структура не масштабируется для больших изображений. В данной работе, у нас есть изображение размером $1200 * 1200 * 3$, поэтому теперь нам нужно припл. 4,3 миллиона нейронов во входном слое. Таким образом, мы видим, как размер изображения увеличивается, количество требуемых нейронов увеличивается экспоненциально, что делает модель вычислительно дорогой и неосуществимой.

Для сравнения, в CNN мы предполагаем, что вход является изображением, следовательно, мы можем использовать эту информацию так, чтобы сделать нашу модель недорогой и быстрой в вычислительном отношении.

Как мы видим (рис.8), входное изображение имеет размер $10 * 10 * 1$, размер ядра - $3 * 3 * 1$, а выходное изображение - $8 * 8 * 1$. Поэтому в CNN

вместо того, чтобы вычислять каждый пиксель отдельно, мы обрабатываем группу пикселей. И эта группа определяется размером ядра. CNN только настраивает значения ядра, и, следовательно, для настройки требуется только 9 переменных, что намного ниже, чем в обычной нейронной сети. Теперь, если изображение имеет размер $10 * 10 * 3$, тогда размер ядра также будет равен $3 * 3 * 3$, и, следовательно, нам потребуется 27 параметров для настройки, что все еще очень мало. Здесь выходное изображение будет иметь размер $8 * 8 * 1$.

Очевидно, что CNN является предпочтительным выбором по сравнению с обычными нейронными сетями, когда требуется обработка изображений.

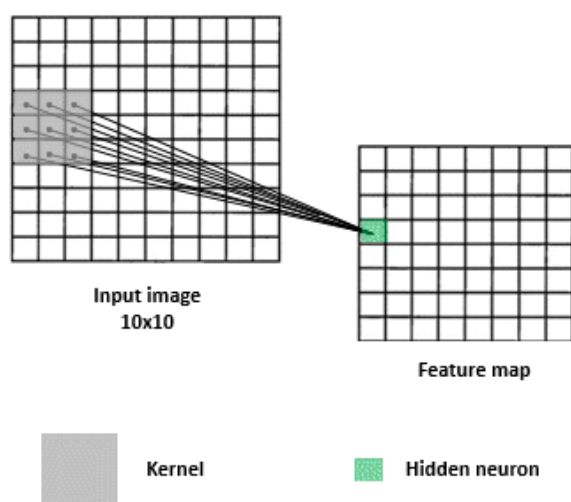


Рисунок 8 – Работа CNN.

Подобно традиционным нейронным сетям, сверточные нейронные сети также представляют собой последовательность слоев. Каждый слой преобразует входное изображение в выходное изображение с некоторой дифференцируемой функцией, которая может иметь или не иметь параметры.

Архитектура ConvNet состоит из трех типов уровней: сверточного уровня, пула и полносвязного слоя (рис.9).

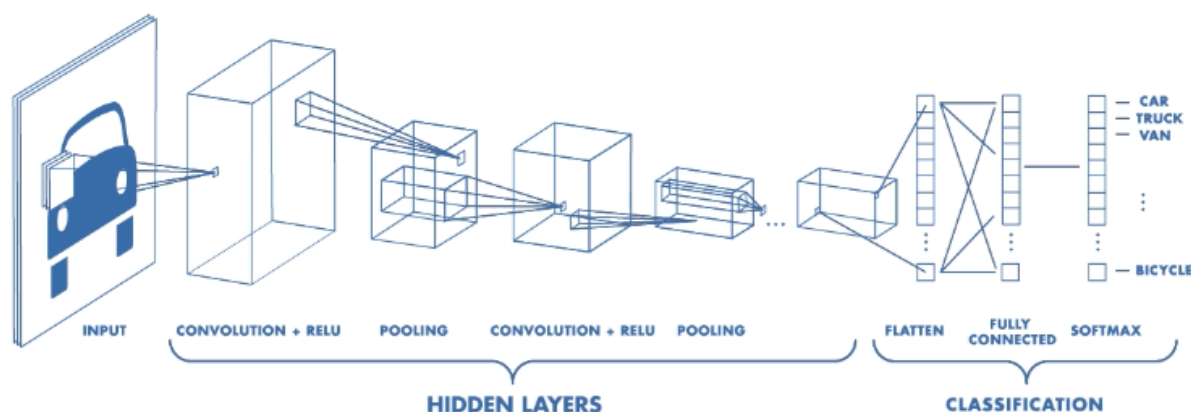


Рисунок 9. Простая архитектура.

Простая архитектура ConvNet может иметь архитектуру [INPUT-CONV-RELU-POOL-FC]. Более детально:

1. Слой INPUT будет содержать входное изображение в виде трехмерного массива значений пикселей.
2. Слой CONV будет вычислять произведение точек между ядром и подмассивом входного изображения того же размера, что и ядро. Затем он суммирует все значения, полученные из точечного произведения, и это будет значение в один пиксель для выходного изображения. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет покрыт весь входной образ и для всех ядер.
3. Слой RELU будет применять функцию активации $\max(0, x)$ ко всем значениям пикселей выходного изображения.
4. Слой POOL будет выполнять понижающую дискретизацию по ширине и высоте изображения, что приведет к уменьшению размера изображения.
5. Уровень FC (Fully-Connected) будет вычислять оценку класса для каждой категории классификации.

Таким образом, ConvNets преобразовывают исходное изображение слой за слоем из исходных значений пикселей в итоговые оценки классов. Уровень RELU и POOL реализуют постоянную функцию, и на этом уровне

не нужно обучать переменным. Параметры на уровне FC и CONV будут обучаться с использованием оптимизатора градиентного спуска.

Сверточный слой

Этот слой (рис. 10) является ядром ConvNet. Это делает большую часть вычислительной тяжелой работы.

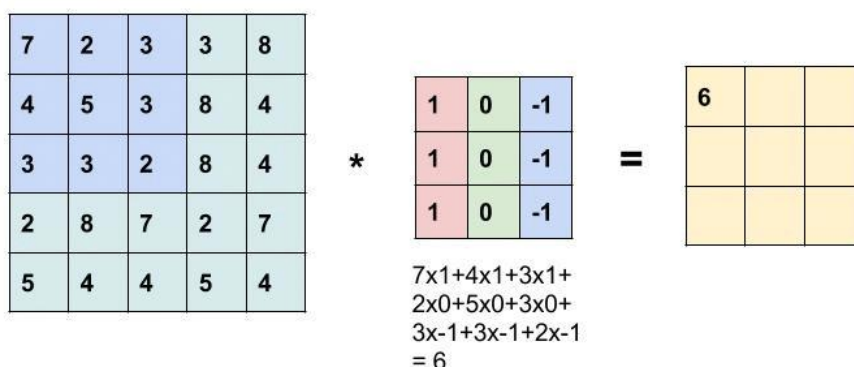


Рисунок 10. Сверточный рабочий слой.

3.2 Max-pooling/Pooling

Max-pooling (максимальный пул)[13]— это процесс дискретизации на основе выборки. Его задача заключается в том, чтобы уменьшить выборку входного представления (изображения, выходной матрицы скрытого слоя и т.д.), Уменьшив его размерность и сделав допущения относительно предположений о свойствах, содержащихся в выбранных субрегионах.

Это делается с целью того, чтобы частично помочь в адаптации, предоставляя абстрактную форму представления. Помимо этого, он сокращает вычислительные затраты за счет уменьшения количества исследуемых параметров и обеспечивает базовую неизменность перевода для внутреннего представления.

Максимальное объединение выполняется путем применения фильтра \max к (обычно) неперекрывающимся субрегионам исходного представления.

Разберемся на примере (рис.11):

Допустим, у нас есть матрица 4×4 , представляющая наш начальный ввод. Предположим, что у нас есть фильтр 2×2 , который мы будем использовать для нашего ввода. Шаг будет 2 (то есть (d_x, d_y) для перехода по нашему входному сигналу будет $(2, 2)$) и не будет перекрывать регионы.

Для каждой из областей, представленных фильтром, мы возьмем максимум этой области и создадим новую выходную матрицу, где каждый элемент является максимумом области в исходном вводе.

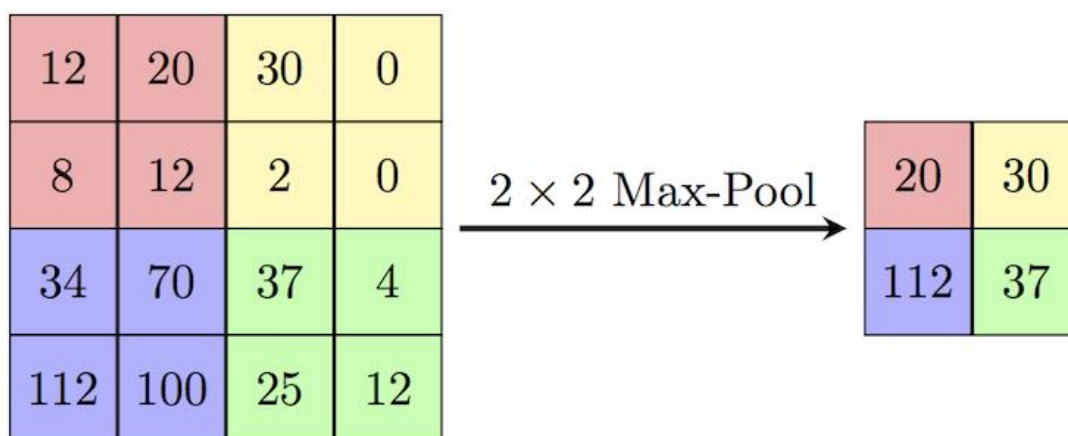


Рисунок 11. Пример Max-pool

3.3. Backward Propagation Max-pooling

Из главы об обратном распространении [14] мы узнаем, что узел \max просто выступает в роли маршрутизатора, давая входной градиент «dout» на вход, значение которого больше нуля.

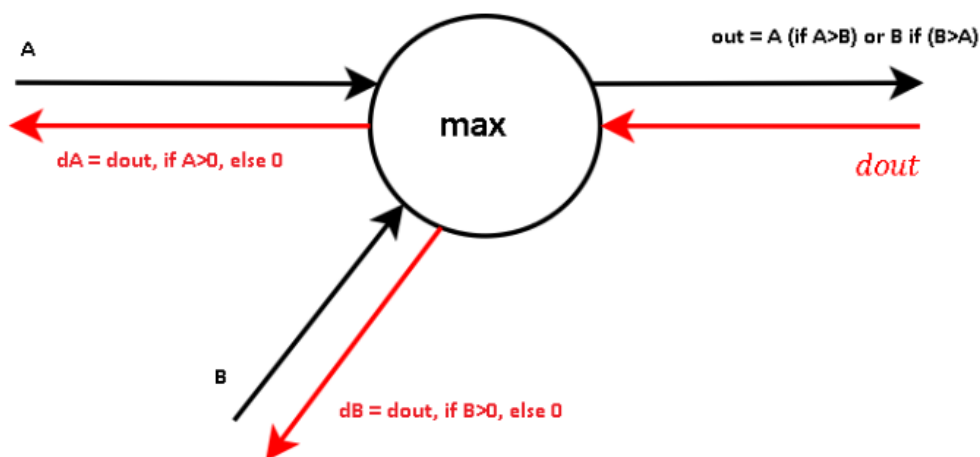


Рисунок 12. Узел max

Можно считать, что в максимальном пуле на графике вычислений используется ряд максимальных узлов. Рассмотрим обратное распространение максимального пула (рис.13), как произведение между маской, содержащей все элементы, которые были выбраны во время прямого распространения и dout.

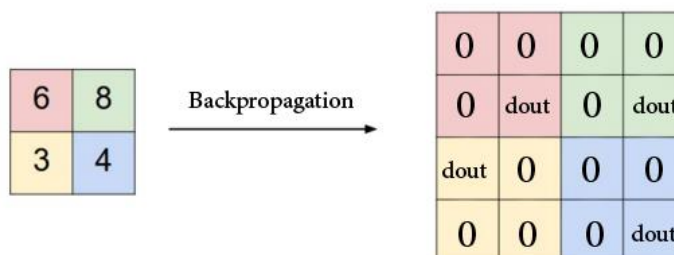


Рисунок 13. обратное распространение максимального пула

Другими словами, градиент по отношению к входному слою максимального пула будет тензорным числом нулей, кроме тех мест, которые были выбраны во время прямого распространения.

3.4. Upsampling Techniques

Сеть с понижающей дискретизацией является интуитивно понятной и известной всем нам, но очень мало обсуждается о различных методах, используемых для повышения дискретизации.

Наиболее широко используемые методы повышения дискретизации в сетях кодировщиков-декодеров. В данной работе использовался метод:

Max-Unpooling [15]: уровень (рис.14) Max-Pooling в CNN берет максимум среди всех значений в ядре. Для того чтобы выполнить максимальное удаление из буфера, сначала индекс максимального значения сохраняется для каждого уровня максимального объединения во время этапа кодирования. Затем, сохраненный индекс используется на этапе декодирования, где входной пиксель сопоставляется с сохраненным индексом, заполняя нули везде.

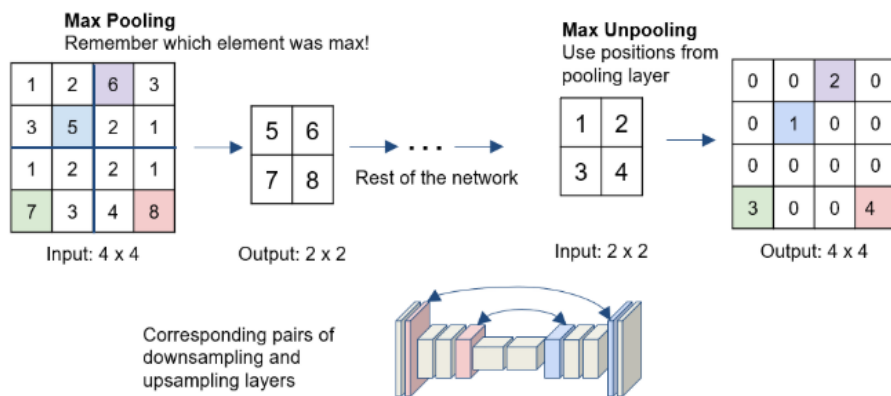


Рисунок 14. Max-Unpooling Upsampling

4. Функции активации

4.1 Softmax

Функция $\text{Softmax}(x)$ [16] – это также просто нелинейность, но она особенная в том, что обычно это последняя операция, выполняемая в сети. Потому, что он принимает вектор действительных чисел и возвращает распределение вероятностей. Его определение заключается в следующем, x – является вектором действительных чисел (положительным, отрицательным, без ограничений). Тогда i -й компонент $\text{Softmax}(x)$ является (формула 1):

$$\frac{\exp(x_i)}{\sum \exp(x_j)} \quad (1)$$

Должно быть понятно, что на выходе получено распределение вероятностей: каждый элемент неотрицателен, а сумма по всем компонентам равна 1.

Вы также можете думать об этом как о применении к входу поэлементного оператора возведения в степень, чтобы все было неотрицательным, а затем делении на константу нормализации.

4.2 ReLU

При оптимизации нейронной сети могут возникнуть две проблемы: эффекты второго порядка в функциях активации и насыщение активированного объекта.

Эффекты второго порядка вызывают проблемы, потому что линейные функции легче оптимизировать, чем их нелинейные аналоги.

Насыщение происходит, когда выполняются два условия: во-первых, функция активатора асимптотически плоская, а во-вторых, абсолютное значение входа в устройство достаточно велико, чтобы вызвать падение функции активатора в асимптотически плоской области.

Поскольку градиент в плоской области близок к нулю, маловероятно, что обучение посредством стохастического градиентного спуска будет продолжать обновлять параметры функции соответствующим образом.

Это часто возникает при использовании функций активации \tanh и sigmoid .

Популярная единица, которая избегает этих двух проблем, является выпрямленной линейной единицей или ReLU [17].

Мы используем функцию активации $g(z) = \max(0, z)$.

Эти единицы линейны почти везде, что означает, что они не имеют эффектов второго порядка, а их производная равна 1 везде, где активирована единица, поэтому они избегают насыщения.

В PyTorch вы можете создать слой ReLU, используя простую функцию `relu1 = nn.ReLU` с аргументом `inplace = False`.

Поскольку функция ReLU применяется поэлементно, нет необходимости указывать входные или выходные размеры.

Аргумент `inplace` определяет, как функция обрабатывает ввод. Если для `inplace` установлено значение `True`, то вход заменяется выводом в памяти. Это может уменьшить использование памяти, но может быть недопустимым для вашего конкретного случая использования. Также не рекомендуется в документации PyTorch. Если для `inplace` установлено значение `False`, то и вход, и выход сохраняются отдельно в памяти.

Как только мы определили слой ReLU, все, что нам нужно сделать, это поместить его между сверточными слоями в нашем последовательном контейнере.

4.3 PReLU

PReLU [18] или Parametric ReLU— это логическое развитие обыкновенной активационной функции ReLU. Основное отличие между ними состоит в том, что у PReLU есть обучаемые параметры.

PReLU определяется следующей формулой 2:

$$f(y_i) = \begin{cases} y_i, & \text{if } y_i > 0 \\ a_i y_i, & \text{if } y_i \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

В этой формуле y_i — это то, что приходит на вход активационной функции канала i , а a_i — это коэффициент, отвечающий за наклон отрицательной

части. Индекс i у параметра a_i показывает, что нелинейная активация может быть разной для разных каналов. При этом, если a_i приравнять к нулю, активационная функция превратится в простую ReLU.

Формулу 2 можно записать ещё и немного по-другому, формула 3:

$$f(y_i) = \max(0, y_i) + a_i \min(0, y_i) \quad (3)$$

Вот как выглядит PReLU на рисунке 15, при параметре $a_i = 0.25$:

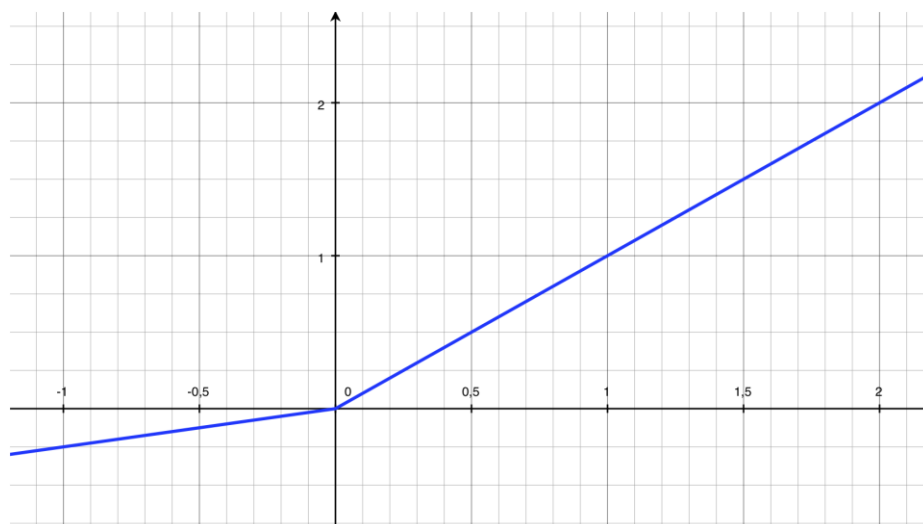


Рисунок 15. PReLU

4.4. Оптимизатор

Adam[19] – это алгоритм оптимизации, который можно использовать вместо классической процедуры стохастического градиентного спуска для итеративного обновления весов сети на основе обучающих данных.

Преимущества алгоритма в использовании Adam в невыпуклых задачах оптимизации состоят в следующем:

- Просто для реализации;
- Вычислительно эффективен;
- Маленькие требования к памяти;
- Инвариант к изменению масштаба градиента по диагонали;
- Хорошо подходит для задач, которые являются большими с точки зрения данных и / или параметров;
- Подходит для нестационарных целей;

- Подходит для задач с очень шумными / или редкими градиентами;

- Гиперпараметры имеют интуитивно понятную интерпретацию и обычно требуют небольшой настройки;

Adam отличается от классического стохастического градиентного спуска.

Стохастический градиентный спуск[20] поддерживает единую скорость обучения (называемую альфа) для всех обновлений веса, и скорость обучения не изменяется во время тренировки. Скорость обучения поддерживается для каждого веса сети (параметра) и отдельно адаптируется по мере развития обучения.

Adam объединил в себе преимущества двух других расширений стохастического градиентного спуска:

- **Адаптивный алгоритм градиента (AdaGrad)** [21], который поддерживает скорость обучения по параметру, что повышает производительность при проблемах с редкими градиентами (например, проблемы с естественным языком и компьютерным зрением).

- **Среднеквадратическое распространение (RMSProp)**[22], которое также поддерживает скорости обучения по каждому параметру, которые адаптированы на основе среднего значения последних градиентов для веса (например, как быстро оно изменяется). Это означает, что алгоритм хорошо справляется с онлайн и нестационарными задачами (например, с шумом).

5. Результаты обучения и тестирования нейронных сетей

Для обучения нейронной сети был создан набор данных «forest», который содержит в себе 30 снимков дистанционного зондирования Земли, из них 80% данных идут на обучающую выборку, а 20% на тестирование. Пространственное разрешение снимков 8000/8000 на пиксель. Каналы снимков составляют (RGB).

Обучающие примеры представляют собой набор снимков и маску. В зависимости от цвета, каждый элемент маски представляет собой определённый объект на снимке (рис 7).

Используемые снимки были сжаты до разрешения 1200 на 1200. Обучение производилось на 10 эпохах по 500 итерации в каждой, где использовались фрагменты 256 на 256. В обучении участвовали 24 снимка, а для контрольной проверки использовались 6 снимков. Также в обучении применялась аугментация, где каждый снимок подвергался изменению для того чтобы каждая итерация не повторялась.

Для обучения использовалась аугментация и предобученная модель VGG16

5.1. VGG16

VGG16 [23]— модель сверточной нейронной сети, предложенная К. Simonyan и А. Zisserman из Оксфордского университета в статье “Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition”. Модель достигает точности 92.7% — топ-5, при тестировании на ImageNet в задаче распознавания объектов на изображении. Этот датасет состоит из более чем 14 миллионов изображений, принадлежащих к 1000 классам.

VGG16 — одна из самых знаменитых моделей, отправленных на соревнование ILSVRC-2014[24]. Она является улучшенной версией AlexNet[25], в которой заменены большие фильтры (размера 11 и 5 в первом и втором сверточном слое, соответственно) на несколько фильтров размера 3x3, следующих один за другим. Сеть VGG16(рис.16) обучалась на

протяжении нескольких недель при использовании видеокарт NVIDIA TITAN BLACK.

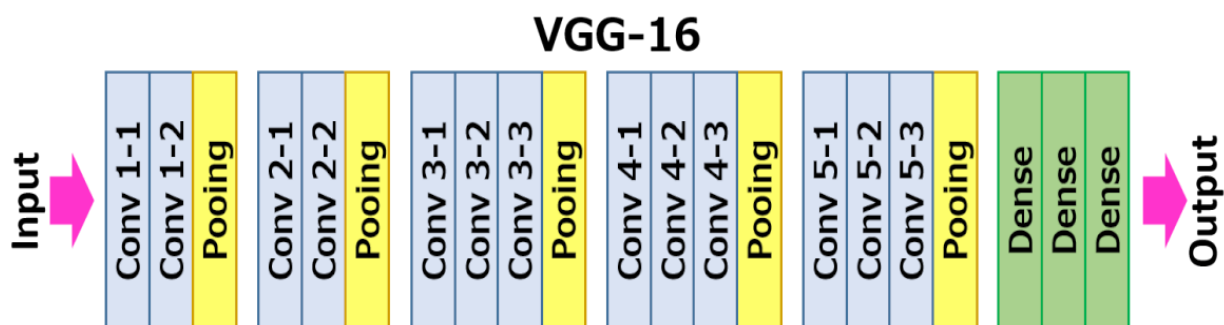


Рисунок 16. VGG16

ImageNet[26] — набор данных, состоящий из более 15 миллионов размеченных высококачественных изображений, разделенных на 22000 категорий. Изображения были взяты из интернета и размечены вручную людьми-разметчиками с помощью краудсорсинговой площадки Mechanical Turk от Amazon.

Архитектура VGG16 представлена на рисунке 17.

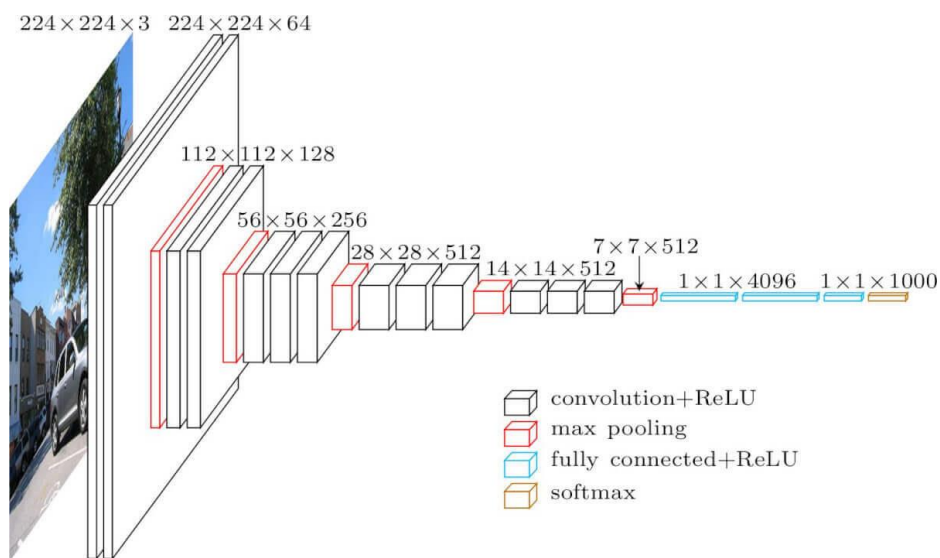


Рисунок 17 Архитектура VGG16

5.2 Аугментация

Аугментация данных[27] — является важным этапом обучения для небольших наборов данных. Аугментация понимается как увеличение базы данных для обучения через модификацию существующих данных. При

использовании метода аугментации улучшают обобщающую способность модели. Модифицируется только тренировочный набор данных, тестовый же набор остаётся неизменным.

Данный метод на небольших данных выступает способ регуляризации и не дает возможность переобучаться на малопредставленных классах. Также позволяет добавить к датасету новые примеры для обучения, которые нейросеть еще не видела.

В данной работе применялась аугментация:

- поворот изображения на произвольный градус;
- сжатие по осям;
- растяжение по осям;
- зеркальное отображение по осям;
- Гауссово размытие[28];
- изменение яркости, контраста;

Прогнозирование на обучающем наборе при разных архитектурах (рис.18,19,20): Слева оригинальный снимок, по середине обучающий пример, справа предсказанный результат.

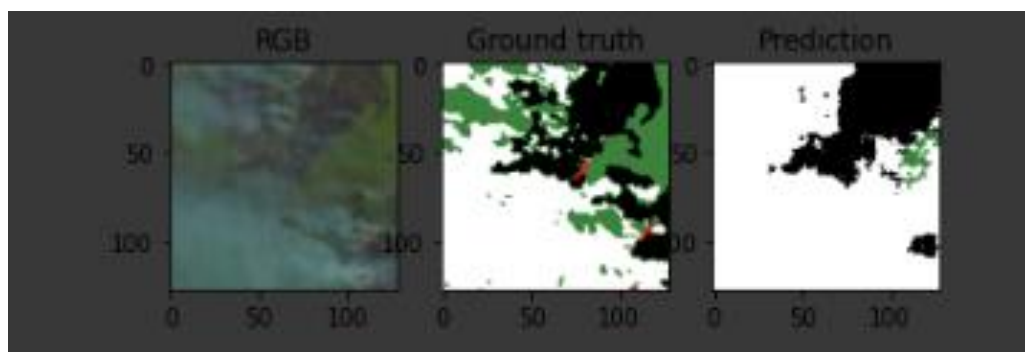


Рисунок 18. Процесс обучения для ENet.

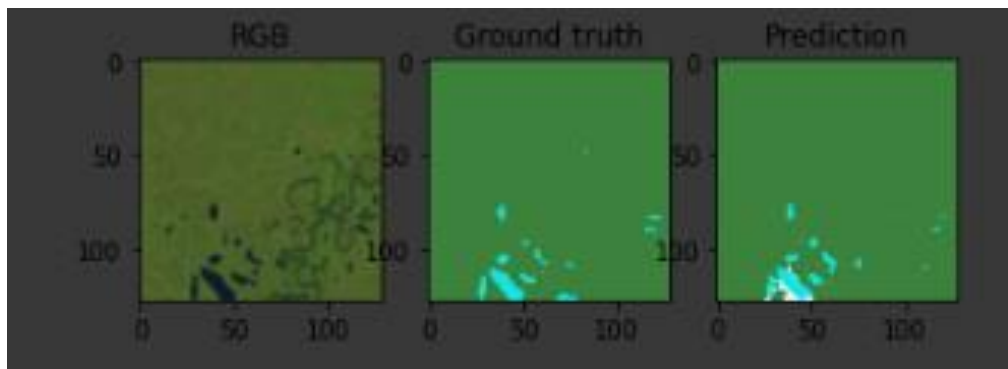


Рисунок 19. Процесс обучения для SegNet.

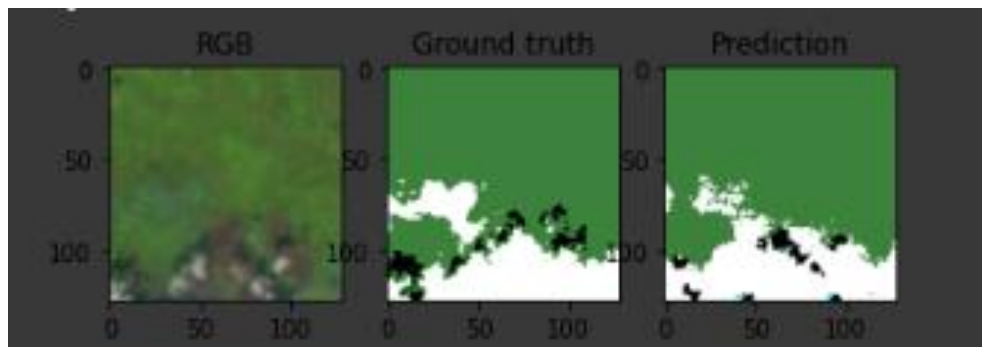


Рисунок 20. Процесс обучения для U-Net.

6 Результаты

В разделе представлены результаты прогнозирования разных архитектур сегментации. Сравним получившиеся результаты между собой и оригиналом (рис.21), для SegNet(рис.22), U-Net(рис.23) и ENet (рис.24).

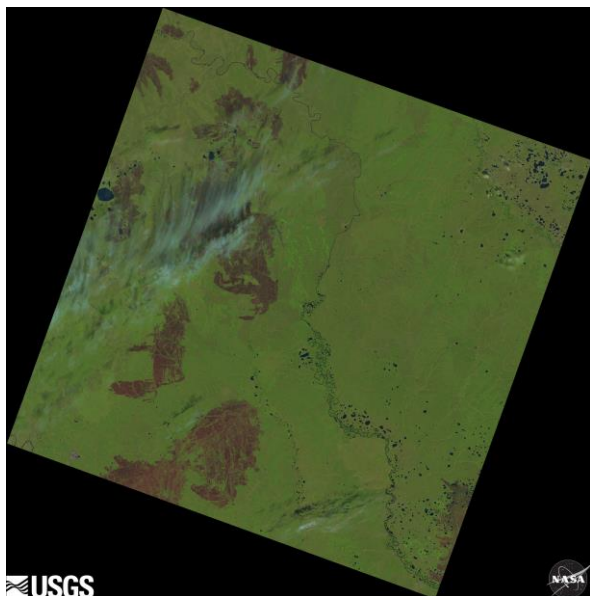


Рисунок 21. Оригинал.

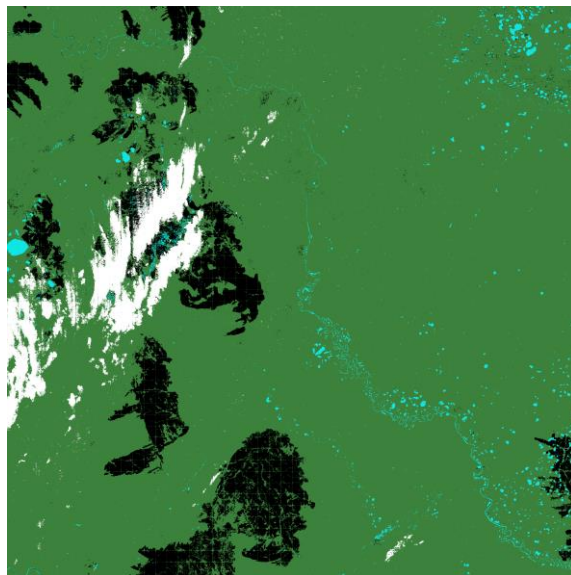


Рисунок 22. Предсказанный результат для SegNet.

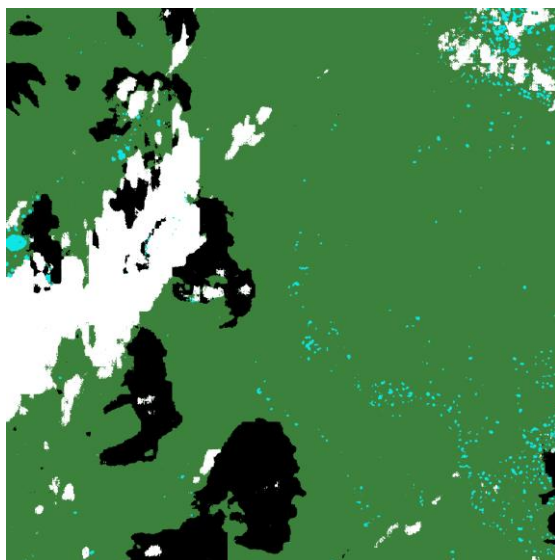


Рисунок 23. Предсказанный результат U-Net.

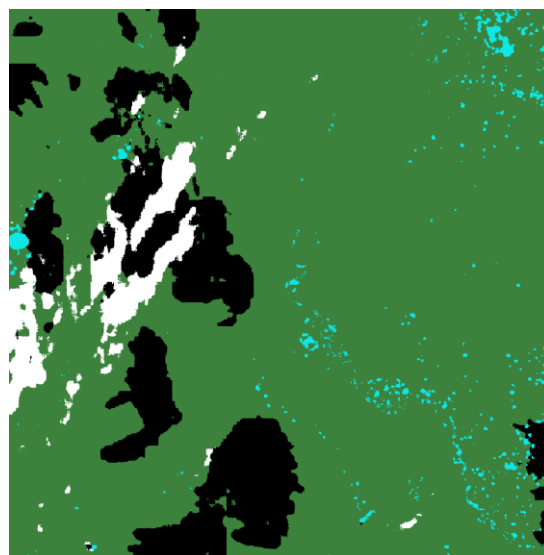


Рисунок 24. Предсказанный результат ENet.

По выходу сети, видно, что SegNet(рис.22) справилась с семантической сегментации лучше, чем U-Net и ENet.

Для примера приведён график обучения SegNet(рис.25), ENet (рис.26), U-Net(рис.27). В таблице 2 представлены данные обучающей и тестовой выборки.

Таблица 2. Сравнение обучения и тестирования

SegNet	ENet	U-Net
Epoch 10	Epoch 10	Epoch 10
Train:	Train:	Train:
Loss: 0.470	Loss: 0.417	Loss: 0.569
Accuracy: 98.828	Accuracy: 95.761	Accuracy: 94.179
Test:	Test:	Test:
Loss: 0.615	Loss: 0.723	Loss: 0.564
Accuracy: 97.033	Accuracy: 91.107	Accuracy: 95.975

На ниже представленных графиках – синим цветом обозначается обучающая выборка, а оранжевым цветом тестовая.

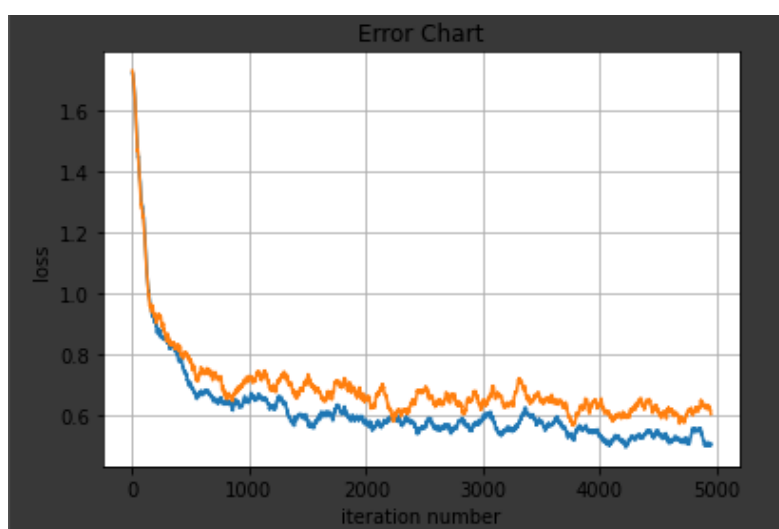


Рисунок 25. График обучающей и тестовой выборки для SegNet

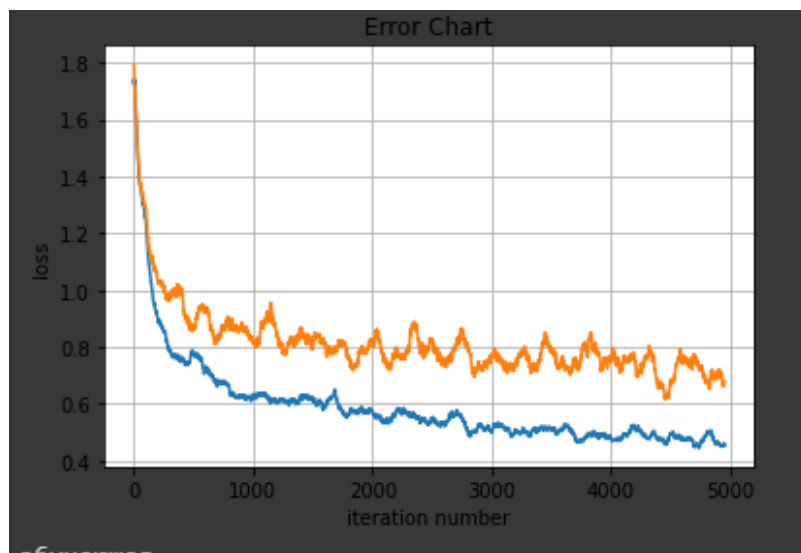


Рисунок 26. График обучающей и тестовой выборки для E-Net

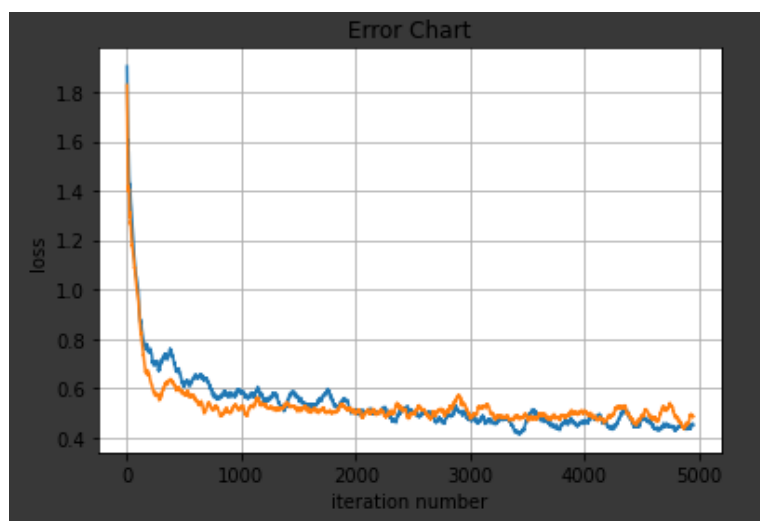


Рисунок 27. График обучающей и тестовой выборки для U-Net

По приведенным выше результатам (см. таблицу 2) можно увидеть, что точность предобученной нейронной сети SegNet на тестовой выборке выше, чем у E-Net и U-Net (скорее всего). На обучающей выборке точность нейронных сетей не отличается. По полученным результатам (см. рис 25, 26, 27 и таблицы 2) можно сделать вывод, что предобученная нейронная сеть SegNet лучше E-Net и U-Net.

6.1 Сравнение с аналогами

В настоящее время созданы и успешно используются дистанционные системы космического, мониторинга состояния лесов. Такие системы позволяют в режиме реального времени получать информацию о пожарной обстановке в лесах на всей территории РФ. Однако глубина обработки этой информации не всегда достаточна, в частности, не реализованы функции прогнозирования динамических параметров лесных пожаров.

Проведем сравнение с аналогами:

1. UCI Machine Learning Repository [29];

В первой работе П. Кортес и А. Морайс Подход к интеллектуальному анализу данных для прогнозирования лесных пожаров с использованием метеорологических данных. Осуществляется анализ полученных данных со спутников, а также, определяются территории выгорания. Также у них обширный набор данных, как метеорологических, так и снимков с пожарами. База данных с снимками закрыта для общего использования.

2. Сегментация спутниковых снимков на примере распознавания деревьев [30];

Реализована базовая полностью сверточная сеть, которая использует простую структуру кодера-декодера для решения задач семантической сегментации. Он состоит только из сверточных и пулирующих слоев, без каких-либо полностью связанных слоев. Это позволяет делать прогнозы на входах произвольного размера. При распространении изображения по нескольким слоям пула разрешение карт объектов понижается, что из-за потери информации во время операций объединения приводит к картам грубой сегментации с низким разрешением.

Решение легко распространяется на ситуации с большим количеством меток, таких как дороги, деревья или реки. В таких сценариях есть больше классов в выходных данных сети. Исходные выходные данные могут быть использованы для ускорения создания карт, но после простой обработки они

также могут предоставить пользователю различные типы информации о местности, такие как средний размер здания, занимаемая площадь земли, ширина улицы, количество деревьев и т.д.

3. Semantic Segmentation of Aerial images Using Deep Learning [31];

Данная статья посвящена Сегментации зданий по аэрофотоснимкам (спутник/дрон). Использовалась сверточная НС. В работе, использовались изображения высокого разрешения и размера, поэтому изображения были обрезаны, а их размер был уменьшен, чтобы обучение сети не занимало слишком много времени. Эта модель основана на модели U-Net, которая широко используется для сети, выход которой имеет тот же формат, что и вход.

Преимущества:

- Это очень эффективный и простой метод получения результата с высокой точностью.
- Это новейшая и улучшающая методика, которая регулярно обновляется, чтобы в будущем у нас была лучшая модель.
- Вы можете получить высокую точность при очень небольшом количестве данных.

Недостатки:

- Для этого требуется очень высокая вычислительная мощность, что делает его немного дорогостоящей процедурой.
- Высококачественный графический процессор является обязательным условием, в противном случае обучение займет слишком много времени.
- Граничная часть некоторых помеченных изображений не слишком четкая, но это можно решить с помощью большого набора данных или применения CRF (условных случайных полей).
- Настройка гиперпараметров занимает много времени.

Вывод: Первый аналог использовал библиотеку Keras, также у него присутствует прогнозирование лесных пожаров по метеоданным. Имеется

хорошая база спутниковых снимков, которая применяется для подсчёта выгоревшей территории, но данные в закрытом доступе.

Остальные аналоги использовали модель U-net. Только один аналог также использовал предобученную модель VGG-16. Модель U-Net показала высокую точность при очень ограниченном наборе данных.

В нашем случае, по приведенным результатам можно сделать вывод, что нейронная сеть SegNet показала лучшие результаты сегментации. Нейронные сети U-Net и ENet показали схожие, но менее качественные результаты.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной научно-исследовательской работы, а также определение организационных и экономических условий её эффективного функционирования. Приводится оценка полных денежных затрат на исследования.

Научно-исследовательская работа направлена на разработку алгоритмов повышающих эффективность семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли. Разработанный алгоритм осуществляет сегментацию и распознавание объектов на снимках ДЗЗ. Системы такого рода используются в картографии. Все большее применение распознавание объектов находит и в частном бизнесе: в геологии, в ГИС системах.

7.1 Организация и планирование работ

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность.

Число исполнителей не превышает трёх. Поэтому линейный график является наиболее удобным и компактным способом представления данных планирования.

Результатом планирования является линейный график реализации научно-исследовательской работы. Полученный график выполнения научно-исследовательской работы приведён в таблице 4.

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Данный пункт содержит полный перечень проводимых работ, их исполнителей и рациональную продолжительность. В той связи, что было только три исполнителя результат планирования представлен как линейный график реализации проекта, для его построения, хронологически упорядоченные данные были сведены в таблицу 4.

Таблица 4 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей		
		НР	НК	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, НК, И	100	100	75
Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, НК, НИ	90	90	75
Разработка календарного плана	НК, И	0	25	100
Исследование и выбор методов сегментации	НК, И	0	40	85
Выбор программного обеспечения, библиотеки, языка программирования	НК, И	0	30	90
Создание обучающей и тестовой выборки	НР, НК И	30	50	100
Проектирование архитектуры приложения	И	0	0	100
Разработка приложения для семантической сегментации снимков	НК, И	0	30	70
Тестирование конечного ПО	И	0	0	100
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	0	0	100
Подведение итогов	НР, НК, И	30	30	100

Продолжительность этапов работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в календарных днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель;
- научный консультант.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} \quad (5)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, в данном случае $K_{д} = 1$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{РД} \cdot T_{к}, \quad (6)$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{к}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле 4

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}} \quad (7)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 52$);

$T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 10$).

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 5 приведены продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (1). Столбцы 6 и 8 содержат

величины трудоемкости этапа для каждого из трех участников проекта (научный руководитель, научный консультант и инженер) с учетом коэффициента $K_{\text{д}} = 1$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{\text{ож}} * K_{\text{д}}$. Столбцы 9 и 11 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на $T_{\text{к}}$. Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 6 и 8 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта в рабочих днях. Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{\text{кд}}$ (данные столбцов 9 и 11) далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты.

Таблица 5 – Трудозатраты на выполнение проекта

	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.					
		tmin	tmax	toж	ТРД			ТКД		
					НР	НК	И	НР	НК	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, НК, И	2	5	3,2	3,84	3,84	2,88	4,6272	4,6272	3,4704
Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	НР,НК, НИ	2	4	2,8	3,024	3,024	2,52	3,64392	3,64392	3,0366
Разработка календарного плана	НК, И	2	4	2,8	0	0,84	3,36	0	1,0122	4,0488
Исследование и выбор методов сегментации	НК, И	3	5	3,8	0	1,824	3,876	0	2,19792	4,67058
Выбор программного обеспечения, библиотек, языка программирования	НК, И	3	6	4,2	0	1,512	4,536	0	1,82196	5,46588
Создание обучающей и тестовой выборки	НР, НК И	340	355	346	124,56	207,6	415,2	150,0948	250,158	500,316
Проектирование архитектуры приложения	И	10	12	10,8	0	0	12,96	0	0	15,6168
Разработка приложения для семантической сегментации снимков	НК, И	30	40	34	0	12,24	28,56	0	14,7492	34,4148
Тестирование конечного ПО	И	7	10	8,2	0	0	9,84	0	0	11,8572
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	5	7	5,8	0	0	6,96	0	0	8,3868
Подведение итогов	НР, НК, И	5	8	6,2	2,232	2,232	7,44	2,68956	2,68956	8,9652
Итого:				427,8	133,656	233,112	498,132	161,0555	280,9	600,2491

7.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя, научного консультанта и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = MO/25,083 \quad (8)$$

Учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ГП} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной

части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. В нашем случае исполнитель работает по 6-дневке.

Таблица 6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	47104,00	1877,92	134	1,699	427 538,53
НК	29 500	1176,09	233	1,699	465 575,22
И	15470	616,75	498	1,699	521 833,40
Итого:					1 703 887,01

Таким образом затраты на разработку составили 1 703 887,01рублей.

Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{соц.} = 1 703 887,01 * 0,3 = 511 166,10$ руб.

Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э} \quad (9)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{э} = 6,59$ руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4 для инженера ($T_{рд}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} * K_t, \quad (10)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рд}$, в данном случае приравнивается 0,6.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} * K_C \quad (11)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	3 067,68 *0,8	0,282	5 700,91
Итого:			5 700,91

Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:
$$C_{ам} = \frac{N_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_d}, \quad (12)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Ноутбук: $0.4 * 40000 * 5\,700,91 * 1 / 1968 = 46\,348,86$ руб.

Амортизация для монитора отдельно от ПК не рассчитывается.

Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.:

$$C_{\text{проч.}} = (1\,703\,887,01 + 513\,684,35 + 561\,487,71 + 970,5 + 46\,348,86) \cdot 0,1 = 282\,637,84$$

Расчет общей себестоимости

Таблица 8. Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб
Основная заработная плата	$C_{зп}$	1 703 887,01
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц.}$	511 166,10
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	5 700,91
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	46 348,86
Прочие расходы	$C_{проч}$	278 533,68
Итого:		2 499 864,6

Таким образом затраты на разработку составили 2 499 864,6рублей.

Расчет прибыли

Поскольку в данном случае просчитать точную прибыль не представляется возможным, принимается значение равное 20% от себестоимости проекта:

$$2\,499\,864,6 * 0,2 = 499\,972,92\text{руб.}$$

Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат и прибыли:

$$(2\,499\,864,6 + 499\,972,92) * 0,2 = 599\,967,50\text{руб.}$$

Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$2\,499\,864,6 + 499\,972,92 + 599\,967,50 = 3\,599\,805,02\text{руб.}$$

7.3. Оценка экономической эффективности проекта

Выполнение научно-исследовательских работ оценивается уровнями достижения экономического, научного, научно-технического и социального эффектов.

Научно-исследовательская работа (НИР) — работа научного характера, связанная с научным поиском, проведением исследований, экспериментами в целях расширения имеющихся и получения новых знаний, проверки научных гипотез, установления закономерностей, проявляющихся в природе и в обществе, научных обобщений, научного обоснования проектов.

Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов выполняемых исследований в других НИР и ОКР и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой продукции.

Под социальным эффектом понимается «совокупность социальных результатов, получаемых от реализации инвестиций в реальном секторе экономики, проецируемых на качество социальной среды и имеющих как положительные, так и отрицательные значения»

Экономический эффект — разность между результатами деятельности хозяйствующего субъекта и произведенными для их получения затратами на изменения условий деятельности. Различают на положительный и отрицательный экономический эффект.

Положительный экономический эффект достигается в случае, когда результаты деятельности предприятия (в стоимостном выражении) превышают затраты. Этот эффект называется прибылью. Для его получения

необходимо расширение производства, либо экономия ресурсов на единицу продукта, либо и то, и другое.

Отрицательный эффект – это, если затраты превышают результаты, то есть убыток.

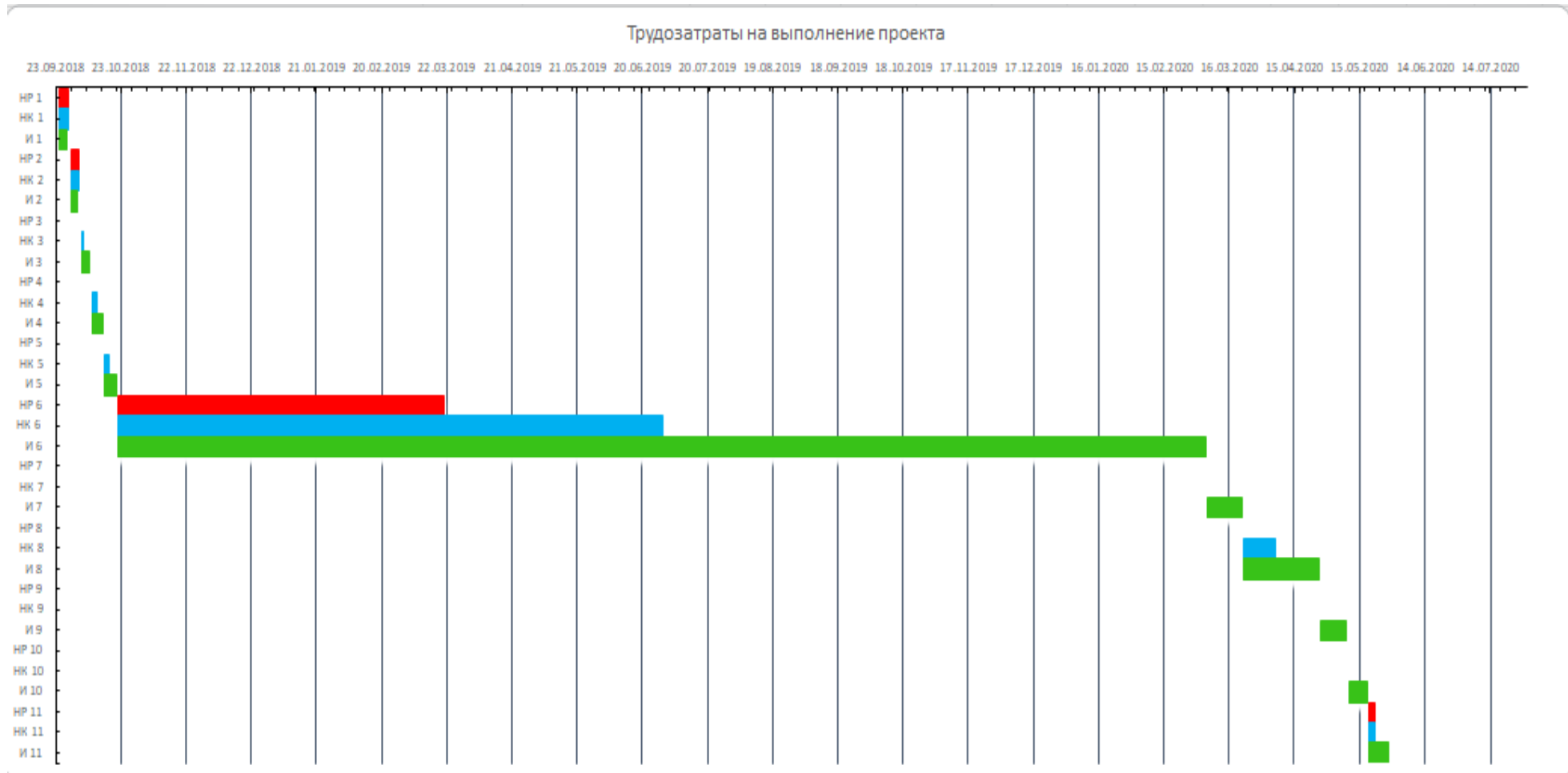
Результаты разработки могут быть использованы для кластеризации частей изображения в соответствии с принадлежностью к определенному классу объектов.

Данные алгоритмы находят применение при решении задач обнаружения и распознавания снимков ДЗЗ, в частности распознавание водоемов, дыма, выгоревшей площади леса, пожаров.

На данном этапе разработки нет возможности оценить экономический эффект. Данная разработка предназначена для использования во всех сферах, связанных с детектированием и распознаванием ДЗЗ, и для оценки экономического эффекта требуется более глубокое системное исследование.

Для решения этой задачи в дальнейшем необходимо рассчитывать данный показатель, исходя из конкретных условий и масштабы использования.

Таблица 9 - Линейный график работ



8 Социальная ответственность

Объектом дипломной работы является разработка алгоритмов семантической сегментации изображений дистанционного зондирования земли.

Основной задачей проекта является сегментация и распознавания снимков дистанционного зондирования земли.

Независимо от конкретного применения, взаимодействие пользователя с разработанной программой в любом случае производится с помощью программных и аппаратных средств ПЭВМ, а также с помощью периферийных устройств, подключенных к ПЭВМ.

Данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов производственной среды для операторов ПЭВМ а так же разработке программ по минимизации воздействия вредоносного и опасного влияния выявленных факторов, а также программ по снижению вредных воздействий на окружающую среду, экономии невозобновимых ресурсов и защите в чрезвычайных ситуациях.

Работа выполнялась в десятом корпусе ТПУ (четвертый этаж) в отделении информационных технологий. Аудитория 402 (рис.28) была помещением выполнения исследования.

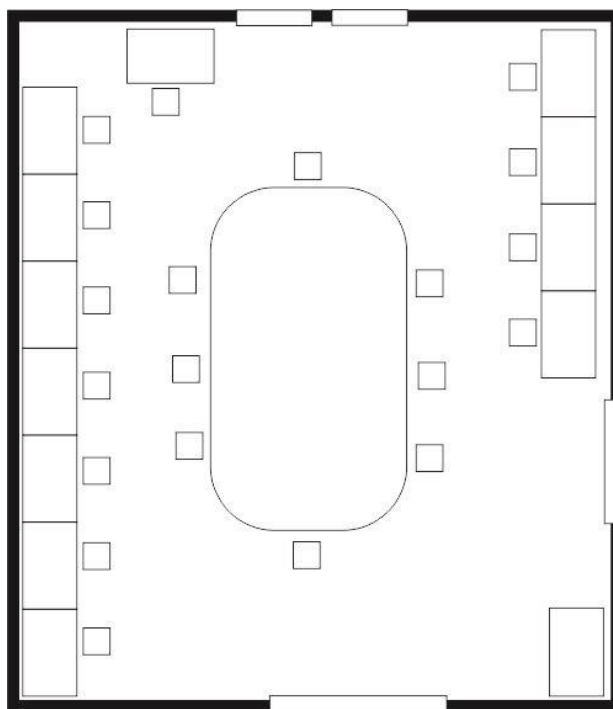


Рисунок 28. Схема аудитории 402

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Вся трудовая деятельность, организация рабочих мест регламентируется различными нормативными правовыми документами, такими как: ГОСТ, СанПиН, СНиП. Следует дать расшифровку данным определениям.

Межгосударственный стандарт (ГОСТ) [32] – это государственный стандарт, который формулирует требования государства к качеству продукции, работ и услуг, имеющих межотраслевое значение.

Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность (СанПиН) [33] – это государственные подзаконные нормативные правовые акты с описаниями и требованиями безопасных и безвредных для человека, популяции людей и потомков факторов среды обитания и их оптимальных и безопасных количественных параметров с целью сохранения здоровья и нормальной жизнедеятельности.

Строительные нормы и правила (СНиП) [34] – это совокупность принятых органами исполнительной власти нормативных актов технического,

экономического и правового характера, регламентирующих осуществление градостроительной деятельности, а также инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования и строительства.

8.2 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства)

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[35] (утверждены 30 мая 2003 года) регулируют порядок организации рабочего процесса для лиц, труд которых связан с компьютерной техникой. Требования документа распространяются на персональные компьютеры, периферийные устройства (клавиатуры, принтеры, модемы, блоки бесперебойного питания и т.д.). В данном разделе рассмотрены основные нормативные документы, выполнение которых необходимо для безопасного исполнения рабочих обязанностей диспетчером, который проводит большую часть времени за компьютером.

Статья 27[36] Закона о санитарно-эпидемиологическом благополучии от 30 марта 1999 года регулирует вопросы влияния различных устройств (в том числе и ЭВМ) на здоровье работника.

Статья 22[37] Трудового кодекса РФ устанавливает обязательства работодателя обеспечивать безопасность работника и соответствие условий труда всем необходимым требованиям.

«ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере»[38] (утв. Приказом Минсвязи РФ от 02.07.2001 N 162) регламентирует вопрос работы с компьютером. Согласно данному документу, без перерыва работник может находиться за монитором компьютера не более двух часов.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном разделе рассмотрены основные нормативные документы, выполнение которых необходимо для безопасного исполнения рабочих

обязанностей диспетчером, который проводит большую часть времени за компьютером.

Требования к организации рабочих мест пользователей:

- Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [39] и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам». СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;
- Организация рабочего пространства (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность к индивидуальной регулировки высоты рабочей поверхности, такой как кресло и создавать удобную позу для сидячей работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное рабочее пространство (не менее 60 - 120см), позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения, а также размещения необходимой документации;

На рисунке 29 схематично представлены требования к рабочему месту. На рисунке 30 схематично представлено неправильно оборудованное рабочее место

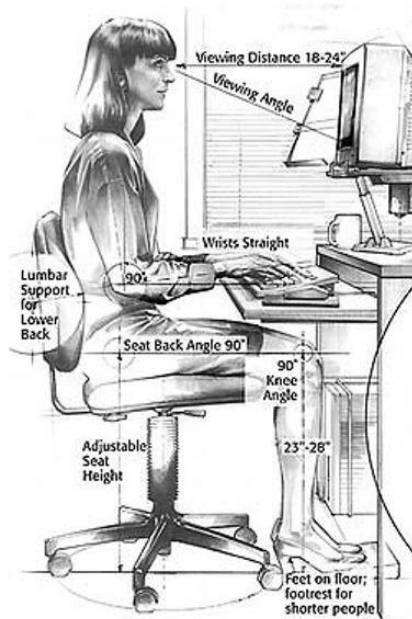


Рисунок 29. Правильная организация рабочего места



Рисунок 30. Неправильная организация рабочего места

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20

минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);

- обеденный перерыв не менее 40 минут.

8.3 Производственная безопасность

Для обеспечения безопасности во время эксплуатации и разработки программы, необходимо провести анализ вредных и опасных воздействий на человека, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проекта. При этом производственный фактор является вредным, в том случае если он приводит к заболеванию работника. В случае если его воздействие может привести к травме, то фактор является опасным.

Все производственные факторы классифицируются на следующие группы элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Далее будут рассмотрены физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, свойственные как рабочей зоне программиста, так и рабочей зоне пользователя готового продукта.

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования

Производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются на опасные и вредные. Опасным производственным фактором называется фактор, воздействие которого приводит к травме или резкому ухудшению здоровья. Вредным производственным фактором является фактор, воздействие которого приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

На оператора ПЭВМ в течение рабочего дня воздействует множество различных производственных факторов, каждый из которых влияет на производительность, работоспособность и физическое состояние.

Возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице 10

Таблица 10 Возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице

Источник фактора, наименование работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Работа за ПЭВМ	1.Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 2.Повышенная или пониженная влажность воздуха; 3.Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4.Повышенный уровень электромагнитных излучений. 5. Монотонный режим работы 6. Умственное перенапряжение	1. Опасность поражения электрическим током; 2. Опасность возникновения пожара.	1. Электробезопасность. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ; 2. СанПиН 2.2.4.548-96; 3. Естественное и искусственное освещение. СП 51.13330.2011; 4. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки СН 2.2.4/2.1.8.562-96 ; 5. СанПиН 2.2.4.1191-03; 6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов.

Микроклимат рабочего помещения

Микроклимат, оказывает непосредственное воздействие на один из важнейших физиологических процессов — терморегуляцию, имеет огромное значение для поддержания комфортного состояния организма.

Пониженная температура может привести к простудным заболеваниям, высыхание слизистых оболочек. Для отвода избыточного тепла из помещений небольших размеров применяются вентиляционные установки и дефлекторы,

а для охлаждения воздуха – кондиционеры. Для обеспечения нормальной температуры в зимнее время используются системы отопления.

В производственных помещениях микроклимат характеризуется температурой, влажностью, скоростью движения воздуха и давлением. Для того чтобы физиологические процессы в организме человека протекали нормально, окружающая атмосфера должна воспринимать тепло, вырабатываемое организмом. Соотношение между вырабатываемым человеком теплом и охлаждающей способностью среды, обеспечивающей сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения терморегуляции и создающей предпосылки для нормальной работоспособности, характеризует комфортные метеорологические условия.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Исходя из СанПин 2.2.4.548-96 значения температуры, влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла, выделяемого в помещении, и периода года.

В таблицах 11 и 12 приведены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для оператора ЭВМ. В данном случае работа относится к категории труда легкая.

Таблица 11 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Наименование параметра	Численное значение	
	Холодный период	Теплый период
Температура воздуха, 0С	22 – 24	23 – 25
Относительная влажность(%), не более	40 – 60	40 – 60
Скорость движения воздуха на рабочем месте, м/с	0,1	0,1
Барометрическое давление, мм рт.ст.	740	740

Таблица 12 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин			Температура воздуха ниже оптимальных величин	Температура воздуха выше оптимальных величин
Холодный	19,0- 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
Теплый	20,0- 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3

В учебной аудитории 402 поддерживается, согласно неоднократным замерам, проведенным в разные периоды года (теплый и холодный), температура равная 19–20 С°, при относительной влажности в 55–58%. В

помещении функционирует система принудительной вентиляции. Проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание помещения. В зимнее время в помещении предусмотрена система водяного отопления со встроенными нагревательными элементами и терморегуляторами. Данные параметры микроклимата соответствуют требованиям СанПин 2.2.4.548-96.

Производственное освещение

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, возникающим при работе с ПЭВМ. Причиной недостаточной освещенности являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с дисплеем ПЭВМ и занимает от 80 % рабочего времени. Недостаточность освещения снижает производительность труда, увеличивает утомляемость и количество допускаемых ошибок, а также может привести к появлению профессиональных болезней зрения.

Существуют общие требования и рекомендации к организации освещения на рабочем месте:

- Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.
- Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева, а дисплеи монитора были ориентированы боковой стороной к световым проемам [40].

Требования к освещению приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Вид	Требование
Освещенность на рабочем столе	200-400 лк
Освещенность на экране ПК	Не выше 200 лк
Блик на экране	Не выше 40 кд/м ²
Прямая блеклость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости	
Между рабочими поверхностями	3:1-5:1
Между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	Не более 10%

Расчет имеющегося освещения для операторов ПЭВМ

Из схемы, которая представлена на рисунке 27 видно, что помещение имеет 2 двери и 2 окна. Площадь помещения составляет 45 м² (длина 9000, ширина 5000 мм, высота от уровня пола 3000 мм). Первой задачей размещения светильников является определение расчетной высоты подвеса H_D :

$$H_D = H - h_{\bar{n}} - h_{\delta}, \quad (13)$$

где H – высота помещения, м;

$h_{\bar{n}}$ – расстояние светильников от перекрытия, как правило, принимается в пределах 0–1,5 м;

h_{δ} – высота рабочей поверхности над полом, м.

Соблюдение данных мер позволит сохранить зрение работника или избежать пагубного воздействия на глаза. Так как высота потолка данного помещения 3,0 м, то оптимальное значение размещения 3,0 м.

Светильники с линейными излучателями (люминесцентными лампами) обычно располагают рядами параллельно длинной стороне помещения или стене с окнами. В зависимости от уровня нормированной освещенности и возможности размещения светильники располагают непрерывными рядами или рядами с разрывами. Нежелательно размещать светильники в один ряд, это допускается только для узких помещений.

Коэффициенты отражения был получен исходя из источника [41].
Формулы для расчетов основаны на источнике [42] страница 154.

Высота рабочей поверхности $h_p = 0,7$ м;

Размеры помещения: $A = 9$ м; $B = 5$ м; $H = 2,9$ м; $S = 45$ м²;

Коэффициент отражения потолка $\rho_{п} = 70\%$ (для побеленного потолка).

Коэффициент отражения стен $\rho_{ст} = 50\%$.

Коэффициент отражения пола $\rho_{р} = 30\%$.

Коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли $K_3 = 1,5$

Коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1$ (для люминесцентных ламп).

Параметр для светильника типа ОДР с защитной решеткой $\lambda = 1,1 - 1,3$.

Световой поток одной лампы $\Phi = 2500$ лм.

Рассчитали индекс помещения i по формуле 14, смотреть формулу 15.

$$i = \frac{S}{H(A+B)}, \quad (14)$$

где S – площадь помещения; H – высота помещения; A – длина помещения; B – ширина помещения.

$$i = \frac{45}{3 \cdot (9+5)} = 1,07, \quad (15)$$

Получили в результате значение $i = 1,0$. Исходя из значения индекса помещения, согласно СНиП II-4-79 [43] коэффициент использования светового потока равен $\eta = 45 \%$. Требуемое количество люминесцентных ламп по формуле 16:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z \cdot 100\%}{\Phi \cdot \eta}, \quad (16)$$

где Φ – световой поток; E_n – освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения; K – коэффициент пульсации освещенности; Z – коэффициент неравномерности освещения; N – количество рядов светильников.

Согласно СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 [44] нормированная степень освещенности для рассматриваемого помещения составляет 300 лк.

Вычислим требуемое количество люминесцентных ламп формуле 4, смотреть формулу 16:

$$N = \frac{300 \cdot 45 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2500 \cdot 0,46} = 19,3, \quad (17)$$

Получили значение светового потока, равное 19,3. Округлив до ближайшего целого, получим 19 ламп. Такое количество ламп можно получить, применяя 2 ряда светильников по 5 светильников в ряд по 2 лампы. Итого 20 ламп.

На основании полученного значения рассчитали фактическое значение освещения в помещении по формуле:

$$E_{\text{факт}} = \frac{\Phi \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100\%}, \quad (18)$$

где Φ – световой поток; E_n – освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения; K – коэффициент пульсации освещенности; Z – коэффициент неравномерности освещения; N – количество рядов светильников.

Вычислим фактическое значение освещения в помещении формуле 18, смотреть формулу 19:

$$E_{\text{факт}} = \frac{2500 \cdot 20 \cdot 0,46}{45 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 309,76, \quad (19)$$

В результате получили значение $E_{\text{факт}} = 309,76$ лк. Согласно СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 [45] освещённость для офисных помещений при общем освещении составляет 300 лк.

Производственные шумы

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху. Источниками звука являются колебания материальных частиц и тел, передаваемых жидкой, твердой и газообразной средой.

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Ненормированный показатель шума на рабочих местах оказывает влияние на психологическое состояние работника. У сотрудника на поставленной ему задаче снижаются концентрация и сосредоточенность, а повышается уровень утомляемости и стресса. Повышенный уровень шума может привести к нарушению слуха или являться помехой для коммуникаций между сотрудниками.

Для избегания вышеуказанных последствий воздействия описываемого фактора, необходимо соблюдать следующие требования, обозначенные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03В таблице 14, приведены допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

Таблица 14 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звука в дБА								
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ

Измерение уровня звука и уровней звукового давления проводится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника(ков) звука [46].

Большинство производственных процессов сопровождается воздействием на работающих шума. Любой звук характеризуется частотой колебаний f (Гц), интенсивностью I (Вт/м²) и звуковым давлением p (Па). Скорость колебаний частиц среды зависит от мгновенного звукового давления и акустического сопротивления сред, формула 20 :

$$v = \frac{p}{\rho * c}, \quad (20)$$

где ρ -плотность среды, равная 1,2 кг/м³;

c - скорость распространения звуковых волн в данной среде, равная 343,3 м/с Интенсивность звука определяется по среднему значению звуковой энергии, проходящей в единицу времени через единицу площади, перпендикулярной направлению распространения звука, формула 21:

$$I = p * v = \frac{p^2}{\rho * c}, \quad (21)$$

где I - интенсивность звука, Вт/м²; V - мгновенная скорость колебаний, м / с Уровень интенсивности звука в децибелах (дБ) определяют по формуле 22:

$$L_i = 10 * \lg \frac{I}{I_0}, \quad 22$$

где. I_0 - интенсивность звука на пороге слышимости равная $1 \cdot 10^{-12}$ Вт/м² Подставив все значения в формулу, получим $L_i = 55$ дБ

На рабочем месте уровень шума является допустимым, так как не вызывает значительного беспокойства, и не влияет на психологическое состояние.

Вибрация

Основу гигиенического нормирования вибрации составляют критерии здоровья человека при воздействии на него вибрации с учетом напряженности и тяжести труда. Вибрацию разграничивают на опасную и безопасную, научно обоснованные значения параметров, которой составляют гигиенические нормы вибрации.

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах — это установление допустимых значений характеристик вибрации, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и в течение многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

Применение гигиенических норм дает возможность объективно оценивать условия труда на каждом рабочем месте, определять степень виброопасности, производить выбор методов и средств виброзащиты.

Основными документами, регламентирующими уровень вибрации на рабочих местах, являются ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» и СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Воздействие вибрации на человека классифицируется по способу ее передачи и направлению действия. В зависимости от способа передачи вибрацию подразделяют на общую (вибрацию рабочих мест), передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную — передающуюся через руки (или ноги) человека.

Общая вибрация с частотой менее 0,7 Гц (качка) неприятна, но не вызывает резонансных колебаний. Резонанс человеческого тела, отдельных его органов наступает под действием внешних сил при совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил. Для всего тела первая собственная частота лежит в диапазоне 4–6 Гц, вторая и третья (менее выраженные) — в диапазонах 10–12 Гц и 20–25 Гц соответственно. Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в диапазонах 6–9 Гц.

Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, начиная с пальцев, распространяется на всю кисть, предплечье, при этом нарушается снабжение конечностей кровью. Одновременно локальные вибрации действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, что приводит к деформациям и подвижности суставов.

В офисном помещении отсутствуют источники вибрации, таким образом, нет особой необходимости проводить соответствующие защитные мероприятия.

Электромагнитные поля

Источниками повышенной напряженности электромагнитного поля в данном случае является персональный компьютер.

Согласно СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах, 8 часовой рабочий день для сотрудника на своем рабочем месте, с предельно допустимым уровнем напряженности должен составлять не более 8 кА/м, а уровень магнитной индукции – 10 мТл. Соблюдение данных норм дает возможность избежать негативного воздействия электромагнитных излучений[47].

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется включать в одну розетку не более двух

компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля.

К средствам индивидуальной защиты при работе на компьютере относят спектральные компьютерные очки для улучшения качества изображения и защиты от избыточных энергетических потоков видимого света и для профилактики. Очки уменьшают утомляемость глаз на 25-30 %. Их рекомендуется применять всем операторам при работе более 2 ч в день, а при нарушении зрения на 2 диоптрии и более – независимо от продолжительности работы.

Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий, и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества[48].

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- Рода и величины напряжения и тока;
- Частоты электрического тока;
- Пути тока через тело человека;
- Продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- Условий внешней среды.

Помещение кабинета по электробезопасности относится к помещению без повышенной опасности, т.е. сухое, хорошо отапливаемое помещение с ток

непроводящими полами, с температурой 18-21° и влажностью 40-50 согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.

Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями воздействия на человека токов и напряжений прикосновения и утверждаться в установленном порядке.

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- Конструкцией электроустановок;
- Техническими способами и средствами защиты;
- Организационными и техническими мероприятиями.

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- Защитные оболочки;
- Защитные ограждения (временные или стационарные);
- Безопасное расположение токоведущих частей;
- Изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- Изоляция рабочего места;
- Малое напряжение;
- Защитное отключение;
- Предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

На рабочем месте администратора размещены дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке

создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

8.4 Экологическая безопасность

В ходе проектной деятельности возможно вредное воздействие на литосферу, которое объясняется из-за утилизации электронной техники: компьютеров, сканеров и т.п.

При утилизации персонального компьютера были выявлены особо вредные выбросы согласно ГОСТ Р 51768-2001. В случае выхода из строя компьютеров, они списываются и направляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих. В настоящее время в Томской области утилизацией занимаются две компании: городской полигон и ООО НПП «Экотом». Утилизацией опасных бытовых отходов занимаются компании: ООО «Торем», ООО «СибМеталлГрупп».

Эксплуатация объекта не подразумевает никаких вредных аспектов, которые могли бы неблагоприятно повлиять на окружающую среду.

8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований

Чрезвычайная ситуация — это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

Наиболее типичной ЧС для помещения операторной является пожар. Он может возникнуть вследствие причин электрического и неэлектрического характеров. К причинам электрического характера можно отнести короткое замыкание, искрение, статическое электричество. К причинам неэлектрического характера относится неосторожное обращение с огнем, курение, оставление без присмотра нагревательных приборов.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара[49].

Наиболее типичной ЧС для нашего объекта является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности в кабинете и т.д.

К противопожарным мероприятиям в помещении относятся следующие мероприятия:

1. помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

2. каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре и уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

- пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения которых регламентированы строительными нормами СНиП 2.01.02-85.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- Периодическая проверка проводки;
- Отключение оборудования при покидании рабочего места;
- Проведение с работниками инструктажа по пожарной безопасности.

Для увеличения устойчивости помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения. Оборудовать помещение огнетушителями, планами эвакуации, а также назначить ответственных за противопожарную безопасность. Согласно НПБ 166-97 необходимо проводить своевременную проверку огнетушителей. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре.

Одними из наиболее вероятных видов чрезвычайных ситуаций являются пожар, а также взрыв на рабочем месте.

Всякий работник при обнаружении пожара должен:

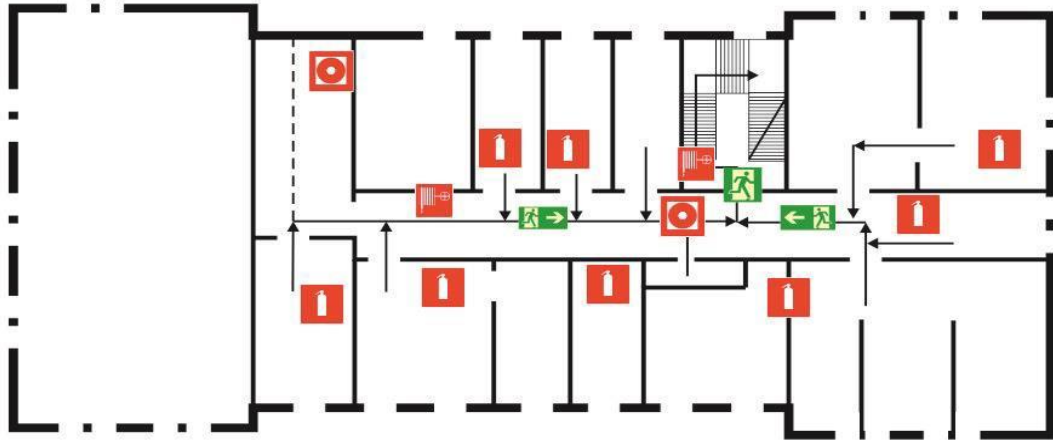
1. Незамедлительно сообщить об это в пожарную охрану;
2. Принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
3. Отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

Учебные аудитории 10 корпуса ТПУ оснащены ручными углекислотными огнетушителями ОУ-2 по одному на аудиторию, а также аптечками первой помощи согласно требованиям ГОСТ Р 51057-01 [50].

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Рабочее место располагается в 10 корпусе ТПУ 402 аудитория. На рисунке 31 представлен план эвакуации четвертого этажа 10 корпуса.

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ ПРИ ПОЖАРЕ И ДРУГИХ ЧС



Действия при пожаре Сохранять спокойствие!	
1 Сообщить по телефону: 01, сот 010	- адрес объекта - место возникновения пожара - свою фамилию - ориентироваться по знакам направления движения
2 Эвакуировать людей	- взять с собой пострадавших
3 По возможности принять меры по тушению пожара	- использовать средства противопожарной защиты - при необходимости обесточить помещение



Рисунок 31 – План эвакуации

Заключение

Технологии глубокого обучения существенно улучшили и упростили алгоритмы семантической сегментации, проложив путь для более широкого применения в реальной жизни. Концепты приложений, показанных в статье, не являются исчерпывающими, так как сообщество исследователей постоянно стремится улучшить точность и производительность этих алгоритмов в реальном мире.

Также, была размечена обучающая выборка, состоящая из 30 снимков ДЗЗ, полученных при помощи спутника Landsat 8 с сайта glovis, данные находятся в открытом доступе. Полученные снимки были размечены для обучения и тестирования нейронных сетей. Для реализации прогнозирования при использовании библиотеки PyTorch.

Реализована аугментация, чтобы избежать переобучения нейронной сети и увеличить её качество. Реализованные методы аугментации улучшают обобщающую способность модели. При этом модифицируется только тренировочный набор данных, а тестовый остаётся неизменным. Предложенный метод на небольших наборах выступает как способ регуляризации и не позволяет переобучаться на мало представленных классах.

Были протестированы нейронные сети: U-Net, SegNet и ENet. SegNet показала себя в семантической сегментации лучше, чем остальные, что можно увидеть по представленным результатам

Список публикаций

1. Вик К.В., Коваль Д.И., Иванова Ю.А. Детектирование объектов изображений на основе метода деревьев решений // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 17-20 Февраля 2020. - Томск: ТПУ, 2020 - С. 160-162
2. Вик К.В., Кривошеев Н.А., Анфёров И.А. Разработка рекуррентной нейронной сети для генерации текстов // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 17-20 Февраля 2020.
3. Вик К.В. Прогнозирование лесных пожаров по метеоданным с анализом спутниковых снимков. // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно - практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 17-20 Февраля 2020 - Томск: ТПУ, 2020 - С. 154 .

Список источников

1. TensorFlow [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/TensorFlow> (дата обращения: 8.02.2020)
2. PYTORCH [Электронный ресурс] // URL: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html> (дата обращения: 8.02.2020)
3. Keras [Электронный ресурс] // URL: <https://riptutorial.com/ru/keras> (дата обращения: 8.02.2020)
4. Применение нейронной сети архитектуры U-Net для сегментации [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-nei-ronnoi-seti-arhitektury-u-net-dlya-segmentatsii-stm-izobrazhenii> (дата обращения: 8.02.2020)
5. ENet [Электронный ресурс] // URL: <http://enet.bespin.org/> (дата обращения: 8.02.2020)
6. SegNet [Электронный ресурс] // URL: <https://mi.eng.cam.ac.uk/projects/segnet/> (дата обращения: 8.02.2020)
7. Architecture Bottleneck [Электронный ресурс] // URL: <http://www.vldb.org/conf/1999/P5.pdf> (дата обращения: 8.02.2020)
8. USGS science for a changing world [Электронный ресурс] // URL: glovis.usgs.gov/app (дата обращения: 16.03.2020)
9. Sharing Earth Observation Resources. [Электронный ресурс] // URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/1/landsat-8-ldcm> (дата обращения: 16.02.2020)
10. Sentinel [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ecoruspace.me/Sentinel+2A.html>. (дата обращения: 16.02.2020)
11. Adobe Photoshop [Электронный ресурс] // URL: <https://www.adobe.com/ru/products/photoshop.html?/> (дата обращения: 16.04.2020)

12. Convolutional Neural Networks (CNNs / ConvNets) [Электронный ресурс]
// URL: <https://cs231n.github.io/convolutional-networks/> (дата обращения: 21.03.2020)
13. Max-pooling/Pooling [Электронный ресурс] // URL:
https://computersciencewiki.org/index.php/Max-pooling/_Pooling (дата обращения: 21.03.2020)
14. Как реализовать алгоритм обратного распространения с нуля в Python [Электронный ресурс] // URL:
<https://www.machinelearningmastery.ru/implement-backpropagation-algorithm-scratch-python/> (дата обращения: 21.03.2020)
15. Upsampling Techniques [Электронный ресурс] // URL:
<https://towardsdatascience.com/transposed-convolution-demystified-84ca81b4baba> (дата обращения: 21.03.2020)
16. Softmax [Электронный ресурс] // URL:
https://pytorch.org/tutorials/beginner/nlp/deep_learning_tutorial.html (дата обращения: 21.03.2020)
17. ReLU Layer in PyTorch [Электронный ресурс] // URL:
<https://www.aiworkbox.com/lessons/how-to-define-a-relu-layer-in-pytorch> (дата обращения: 21.03.2020)
18. PReLU [Электронный ресурс] // URL:
<https://medium.com/@congyuzhou/prelu-e0bc339d9c01> (дата обращения: 21.03.2020)
19. Adam — latest trends in deep learning optimization. [Электронный ресурс]
// URL: <https://towardsdatascience.com/adam-latest-trends-in-deep-learning-optimization-6be9a291375c> (дата обращения: 28.03.2020)
20. Стохастический градиентный. [Электронный ресурс] // URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Стохастический_градиентный_спуск (дата обращения: 28.03.2020)

21. Джон Дючи, Элад Хазан и Йорам Сингер. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.jmlr.org/papers/volume12/duchi11a/duchi11a.pdf>. Журнал исследований машинного обучения, 12: 2121–2159, 2011. (дата обращения: 28.03.2020)
22. Таймен Тилеман и Джеффри Хинтон. [Электронный ресурс] // URL: <https://docs.exponenta.ru/deeplearning/ug/specify-training-options-in-custom-training-loop.html>. (дата обращения: 28.03.2020)
23. RMSprop [Электронный ресурс] // URL: <https://medium.com/@congyuzhou/rmsprop-658a82ef7bfe> (дата обращения: 18.04.2020)
24. VGG16 Transfer Learning – Pytorch [Электронный ресурс] // URL: <https://www.kaggle.com/carloalbertobarbano/vgg16-transfer-learning-pytorch> (дата обращения: 18.04.2020)
25. ILSVRC-2014 [Электронный ресурс] // URL: <https://neurohive.io/en/tag/segmentation/> (дата обращения: 18.04.2020)
26. AlexNet [Электронный ресурс] // URL: <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/alexnet-svjortohnaja-nejronnaja-set-dlja-raspoznavanija-izobrazhenij/> (дата обращения: 18.04.2020)
27. Vgg-PyTorch 0.3.0 [Электронный ресурс] // URL: <https://pypi.org/project/vgg-pytorch/> (дата обращения: 18.04.2020)
28. Augmentetion [Электронный ресурс] // URL: <https://habr.com/ru/company/smartengines/blog/264677/> (дата обращения: 21.04.2020)
29. UCI Machine Learning Repository [Электронный ресурс] // URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Forest+Fires> (дата обращения: 21.04.2019)
30. Сегментация спутниковых снимков на примере распознавания деревьев [Электронный ресурс] // URL: <https://deepsense.ai/satellite-images-semantic-segmentation-with-deep-learning/> (дата обращения: 21.04.2019)

31. Semantic Segmentation of Aerial images Using Deep Learning [Электронный ресурс] // URL: <https://towardsdatascience.com/semantic-segmentation-of-aerial-images-using-deep-learning-90fdf4ad780> (дата обращения: 21.04.2019)
32. Межгосударственный стандарт [Электронный ресурс]. // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
33. СанПин [Электронный ресурс]. // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
34. Снип [Электронный ресурс]. // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
35. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.
36. Статья 27. Санитарно-эпидемиологическое требование к условиям работы с источниками физических факторов воздействия на человека.
37. ТК РФ Статья 22. Основные права и обязанности работодателя.
38. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.
39. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
40. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты – М.: Издательство стандартов, 1979. – 10 с.
41. Метод коэффициента использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.websor.ru/metodkoeffi.html>
42. Кнорринг, Г. М. Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1981. – 288 с.
43. СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение

44. СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
45. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Постановление от 21 июня 2016 года N 81. Министерстве юстиций Российской Федерации.
46. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
47. Метод коэффициента использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.websor.ru/metodkoeffi.html> (Дата обращения: 04.06.2020)
48. Электробезопасность [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электробезопасность>
49. ГОСТ Р 51057-01. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 48 с.
50. ГОСТ Р 51057-2001 Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200027410>

Приложение А

Раздел 1

Algorithmic and software for semantic segmentation of remote sensing images

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Вик Ксения Васильевна		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШИТР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Друки А.А.	К.Т.Н		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Аксёнова Н. В.	к.филол.н.		

Database creation

For this purpose, you need a data set (images of remote sensing of the earth), and in particular, images of forests, on which will present:

- forest fire (fire);
- Burnt area;
- Smoke from the fire;
- Ponds;
- Forest;

As a result, an extensive analysis of third-party sources and websites with access to satellite images in good quality was carried out. According to the results of the study, one service was selected, with open access to satellite images.

The images were on open access on the USGS website [8]. Data from the Landsat 8 satellite were used.

Landsat 8 [9] (first known as the “Landsat Data Continuity Mission”) was launched on February 11, 2013 from the Vandenberg Air Force Base in California with the Atlas-V rocket.

There are an Operational Ground Imager (OLI) and a Thermal Infrared Sensor (TIRS) on a satellite.

The Landsat program is the longest-running satellite imagery project on the Earth. The installed equipment on Landsat 8 satellites shoots about 400 scenes per day. These images are a unique resource for conducting many scientific research in the field of agriculture, cartography, geology, forestry, and education. Landsat 8 has 9 spectral ranges, including panning.

The main scientific problems solved by the Landsat 8 satellite are as follows:

- Collection and storage of multispectral images of medium resolution (30 meters per point) for at least 5 years;

- Preservation of geometry, calibration, coverage, spectral characteristics, image quality and data availability at a level similar to previous Landsat satellites;
- Free distribution of images obtained using Landsat 8.

Below is the USGS website (Fig. 5)

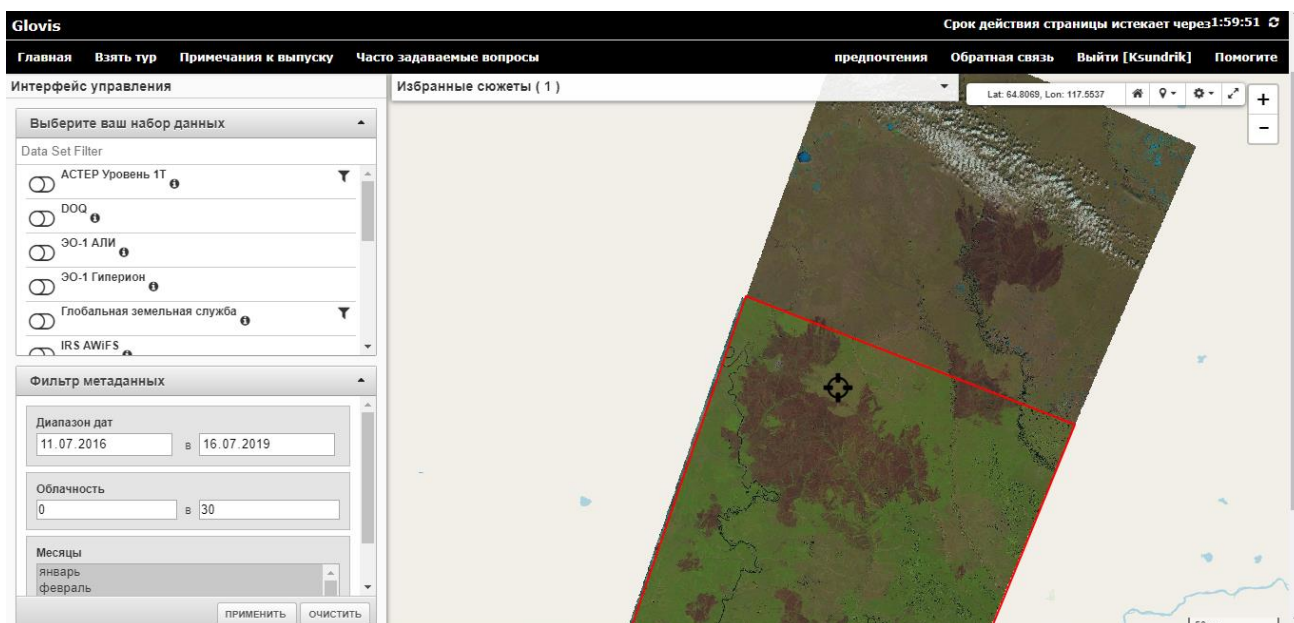


Figure 5 - Website glovis.usgs.gov/app

The website is comfortable and understandable for using. You can also choose other satellites, but the majority of the satellites have been taken from the orbit, the existing satellites Landsat 8 and Sentinel [10].

According to the characteristics, Sentinel-2 is better than Landsat 8, let us see its comparison in the table 1:

Table 1. Comparison of Landsat 8 vs Sentinel-2

Characteristics	Landsat 8	Sentinel-2
Estimated operation life, year	5—10	7
Orbit height, km	705	785
Shooting mode	Mono survey	Hyperspectral
Width lanes, km	185	290

Scene size	185 km x 180 km	100x100 km
Frequency survey, day	400	10
Spectral bands	9 - in the visible wavelength range, in the near IR and in the far IR, with 15 to 100 GSD	13 - spectral ranges ranging from visible and near-IR range (VNIR) to short-wave infrared (SWIR) wavelengths on the 290-kilometer band.

The main preferences were the size of the scene and the amount of pictures taken by a satellite per day. Therefore, Landsat 8 was chosen.

One of the advantages of the USGS website was the search for the given coordinates, which would facilitate the search for fires, as knowing the desired coordinates, you can enter them and the site displays the search location. Due to the fact that there were problems with setting coordinates in the system, namely, when specifying the desired point, the system moved to the same place in the ocean. Therefore, this function was not used, the search was carried out manually, which took quite a lot of time.

A data set with the name "forest" was developed, which contains 30 images of the Earth remote sensing with a spatial resolution of 8000x8000.

Creating masks for snapshots was performed in Adobe Photoshop [11]. This is the most time-consuming process, but this method brings a good enough result, but it is not recommended to use it in large quantities.

6. The pictures presented below will be fed to the input signal (Fig. 6), as well as the mask (Fig. 7) to the picture, which is fed to the output signal during training. There are some notations on the mask:

- Green - forest;
- Black - burned out territory;
- White - smoke from a fire;
- Blue - ponds;
- Red – fire.

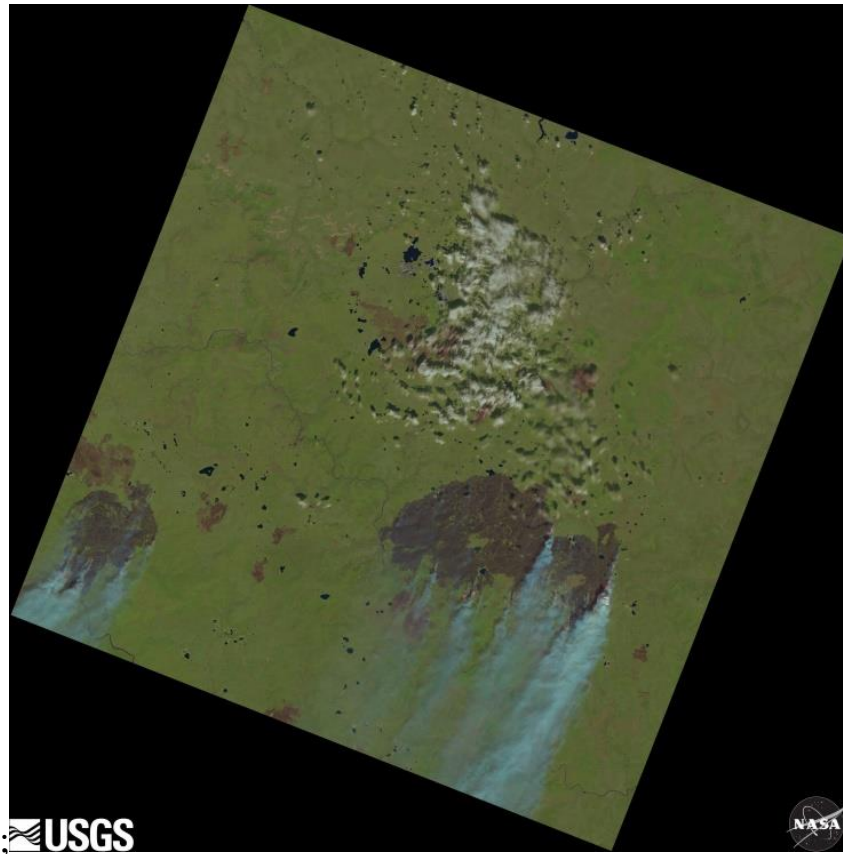


Figure 6. A snapshot of the input image.

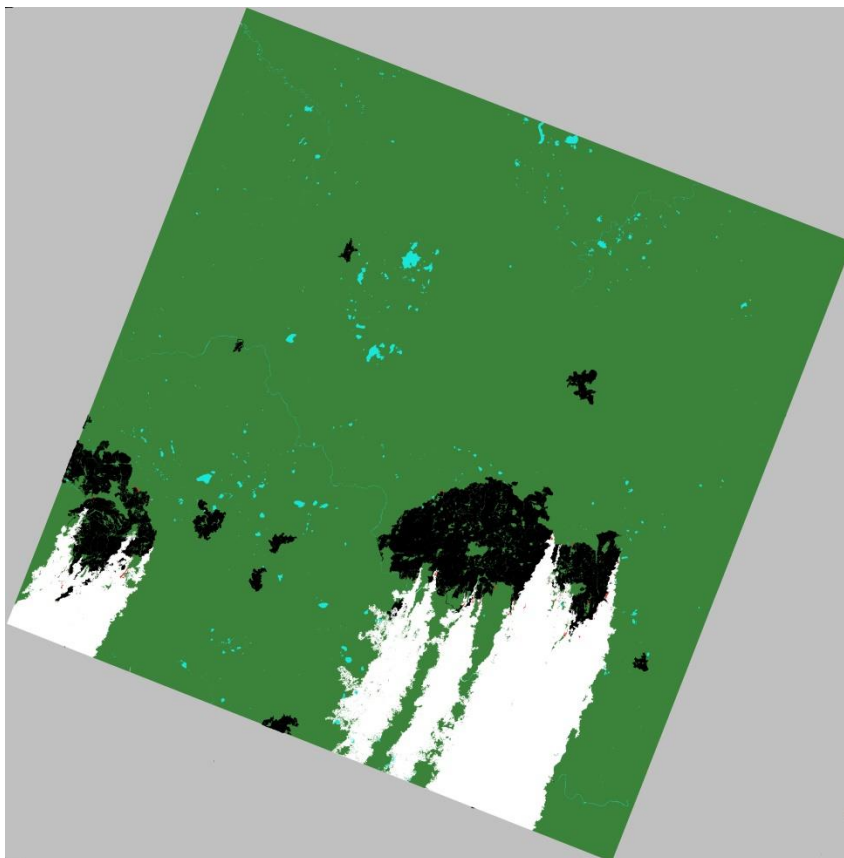


Figure 7. Segmented snapshot.

Description of neural network topologies used

Convolutional Neural Network

Convolutional neural networks (ConvNets / CNN) [12] are very similar to ordinary neural networks. They are composed of neurons with trained weights and biases. All the tips and tricks that have been learnt or used for conventional neural networks also apply to CNN.

The only difference between CNN and a conventional neural network is that CNN assumes that the input is an image. This greatly reduces the number of settings to configure on the network.

An image is nothing more than a matrix of pixel values. Thus, if the image has a size of $40 * 40 * 1$, we can align it and then pass it to the model. So, we need 1600 neurons in the input layer. But not all images are black and white, some may be colour. Thus, each color image has 3 layers, each layer is relevant to red, green and blue colors, respectively. So, now for supplying a color image $40 * 40 * 3$ in size, we need 4800 neurons in the input layer. This amount still seems manageable, but it is clear that this fully connected structure does not scale for large images. In this work, we have an image of size $1200 * 1200 * 3$, so now we need approx. 4.3 million neurons in the input layer. Thus, we see how the image size increases, the number of required neurons increases exponentially, which makes the model computationally expensive and impracticable.

For comparison, at CNN we assume that the input is an image, therefore, we can use this information to make our model inexpensive and computationally fast.

As we see (Fig. 8), the input image has a size of $10 * 10 * 1$, the core size is $3 * 3 * 1$, and the output image is $8 * 8 * 1$. Therefore, instead of computing each pixel separately in CNN, we are processing a group of pixels. And this group is determined by the size of the core. CNN only tunes the core values, and therefore only 9 variables are required for tuning, which is much lower than in a normal neural network. Now, if the image has a size of $10 * 10 * 3$, then the kernel size will

also be $3 * 3 * 3$, and therefore, we need 27 parameters to configure, which is still very small. Here the output image will be $8 * 8 * 1$ in size.

CNN is obviously the preferred choice over conventional neural networks when image processing is required.

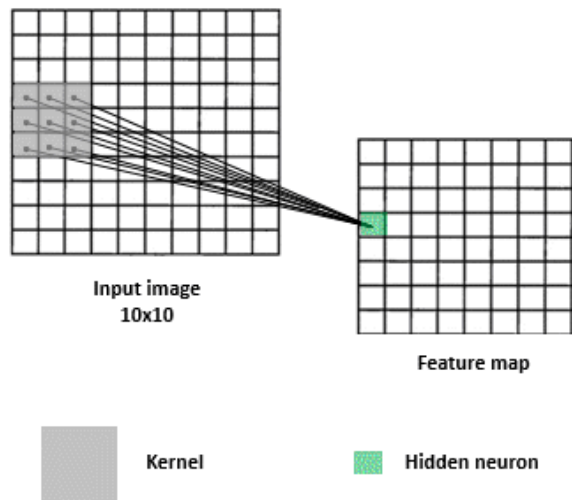


Figure 8 - CNN operation.

Like traditional neural networks, convolutional neural networks also represent a sequence of layers. Each layer has a different function, which may or may not have parameters.

The ConvNet architecture consists of three types of levels: a convolutional level, a pool, and a fully connected layer (Fig. 9).

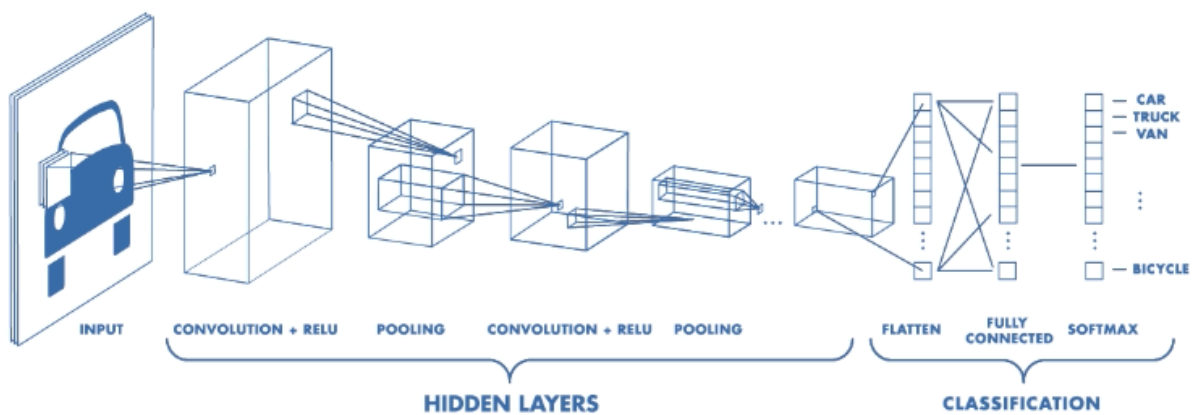


Figure 9. Simple architecture.

Simple architecture ConvNet can have the architecture [INPUT-CONV-RELU-POOL-FC]. In more detail:

1. The INPUT layer will contain the input image as a three-dimensional array of pixel values.
2. The CONV layer will calculate the product of the points between the core and the subarray of the input image of the same size as the core. Then, it sums up all the values obtained from the point product, and this will be the value of one pixel for the output image.
3. The RELU layer will apply the activation function $\max(0, x)$ to all pixel values of the output image.
4. The POOL layer will downsample the width and height of the image, which will reduce the size of the image.
5. The FC level (Fully-Connected) will calculate the grade score for each classification category.

In this way, ConvNets transform the original image layer by layer from the original pixel values to the final grade estimates. The RELU level and the POOL implement a constant function, and at this level you do not need to teach variables. Parameters at the FC and CONV level will be trained using the gradient descent optimizer.

Convolutional layer

This layer (Figure 10) is the core of ConvNet. This does most of the computational hard work.

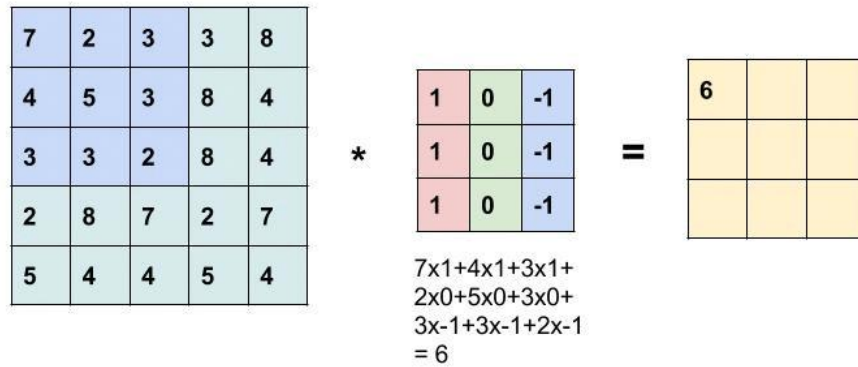


Figure 10. Convolutional working layer.

Max-pooling/Pooling

Max-pooling [13] is a sampling based sampling process. Its task is to reduce the selection of the input representation (image, output matrix of the hidden layer, etc.). Having reduced its dimension and admitted assumptions of the properties contained in the selected subregions.

The main aim is to partially help in adaptation by providing an abstract form of presentation. In addition, it reduces computational costs by reducing the number of parameters studied and provides basic translation immutability for internal representation.

Maximum merging is accomplished by applying the max filter to the (usually) non-overlapping subregions of the original view.

Let us look at an example (Fig. 11):

Suppose, we have a 4x4 matrix representing our initial input. Suppose, we have a 2x2 filter that we will use for our input. The step will be 2 (i.e. (dx, dy) to go through our input signal will be (2, 2)) and will not overlap regions.

For each of the areas represented by the filter, we take the maximum of this area and create a new output matrix, where each element is the maximum of the area in the original input.

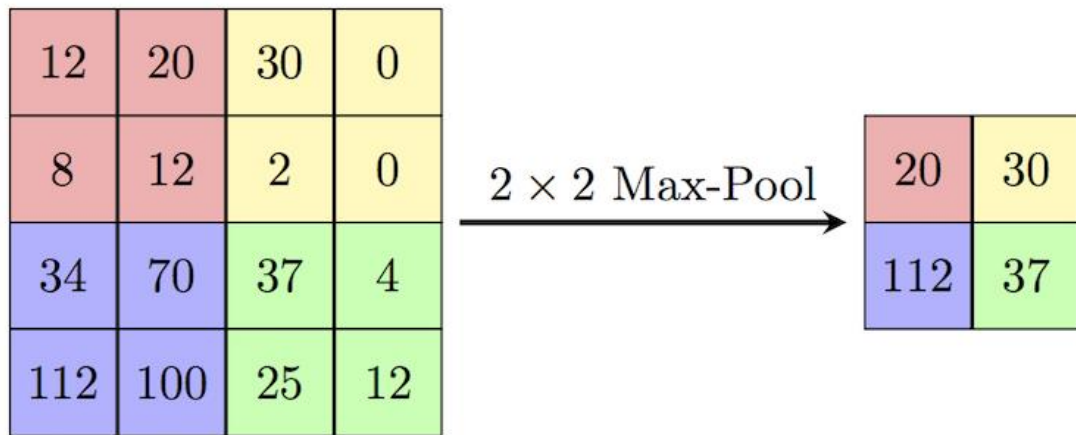


Figure 11. Example Max-pool

Backward Propagation Max-pooling

From the chapter on backpropagation [14] we learn that the max node simply acts as a router, giving the input gradient “dout” to an input whose value is greater than zero.

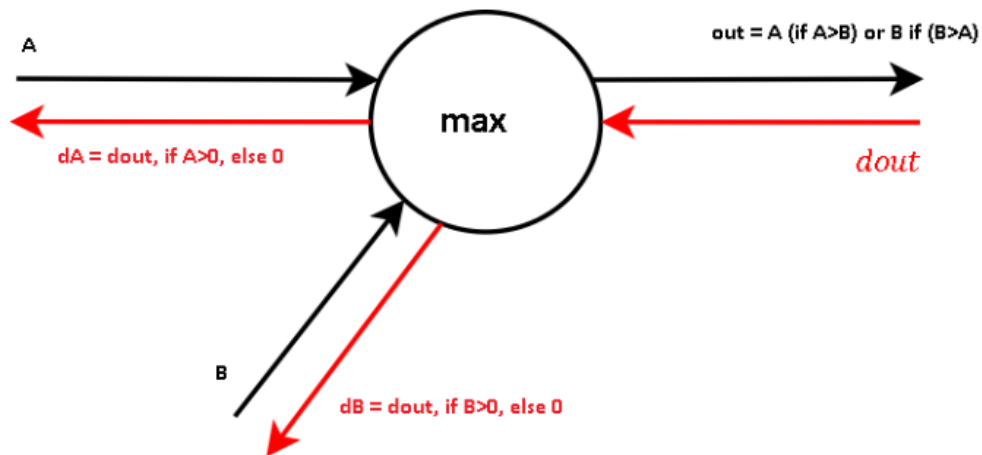


Figure 12. Node max

We can assume that in the maximum pool on the calculation graph a number of maximum nodes is used. Let us consider the backward distribution of the maximum pool [15] (Fig. 13) as the product between the mask containing all the

elements that were selected during the direct distribution and dout.

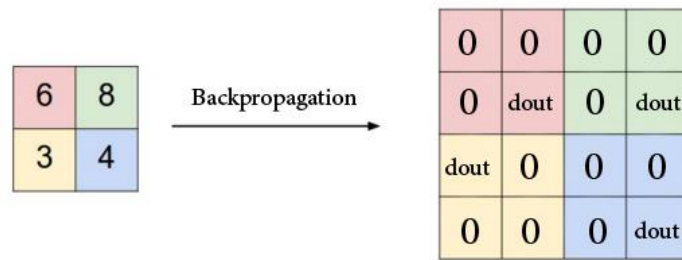


Figure 13. Reverse distribution of the maximum pool

In other words, the gradient with respect to the input layer of the maximum pool will be the tensor number of zeros, except for those places that were selected during direct distribution.

Upsampling Techniques

The downsampling network is intuitive and known to all of us, but very little is discussed about the various methods used to upsampling.

The most commonly used upsampling techniques in encoder / decoder networks. In this work, we used the method:

Max-Unpooling [16]: level (Fig. 14) Max-Pooling in CNN takes a maximum among all values in the core. In order to perform maximum deletion from the buffer, first, the maximum value index is stored for each level of maximum union during the encoding step. Then, the stored index is used in the decoding step, where the input pixel is mapped to the stored index, filling zeros everywhere.

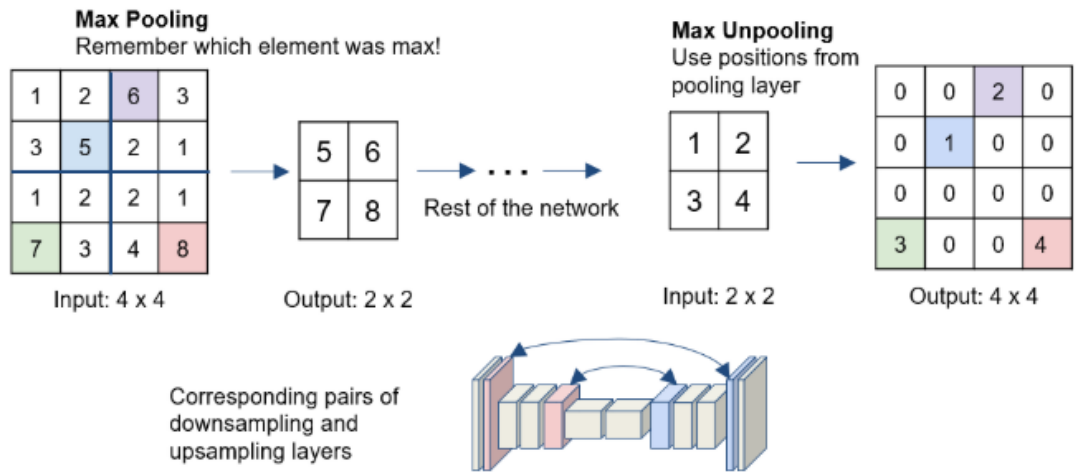


Figure 14. Max-Unpooling Upsampling