

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра радіотехніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ
АЛГОРИТМІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТІВ

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи РТ-229м
Спеціальності _____
172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) _____
«Телемедицинні та біомедицинні системи»

_____ Крохін Володимир Олегович
(прізвище та ініціали)

Керівник Петрова О.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Субботін С.О.
(прізвище та ініціали)

2020 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіoeлектроніки, ФРЕТ

Кафедра Радіотехніка та телекомунікації

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) «Телемедицинські та біомедицинські системи»

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТТ

к.т.н, доц. Морщавка С.В.

« » грудня 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Крохін Володимира Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розроблення інформаційної інфраструктури для дослідження матеріалів медичного призначення

керівник проєкту (роботи) Петрова Ольга Анатоліївна, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «6» листопада 2020 року № 315

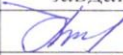
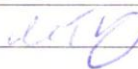
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз предметної області та постановка завдання дослідження. Матеріали та методи. Система моніторингу імплантів медичного призначення. Розробка програми. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Економіко-організаційна частина. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація роботи в Microsoft PowerPoint

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	Петрова О.А., доцент	 01.09.2020	 08.12.2020
6	Левченко Н.М., професор		
7	Якімцов Ю.В., доцент		
нормо-контроль	Мороз Г.В., ст.викладач		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи	1-й тиждень	Завдання
2	Аналіз предметної області	2-3 тижні	Розділ 1
3	Розробка та удосконалення методів, моделей й алгоритмів вирішення задачі	4-5 тижні	Розділ 2
4	Розроблення архітектури системи.	6 тиждень	Розділ 3
5	Розроблення програмного забезпечення системи	7-8 тижні	Розділ 4
6	Тестування та експериментальне дослідження розробленої системи	9 тиждень	Розділ 5
7	Робота над економіко-організаційною частиною	12-й тиждень	Розділ 4
8	Розробка рекомендацій з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	13-й тиждень	Розділ 5
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	14-й тиждень	Додатки
10	Нормоконтроль та рецензування, перевірка на плагіат, оформлення дублінського ядра	15-й тиждень	

Студент(ка)


(підпис)

Крохін В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Петрова О.А.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 89 сторінок, 9 таблиць, 23 рисунки, 26 джерел, 1 додаток

Об'єкт дослідження – процес розпізнавання кольору дентальних імплантів.

Предмет дослідження – методи та засоби розпізнавання кольору дентальних імплантів.

Мета роботи – зменшення вартості стоматологічних послуг за рахунок використання мобільних застосунків для розпізнавання кольору дентальних імплантів.

Матеріали, методи та технічні засоби: методи класифікації, штучні нейронні мережі, python, numpy, pandas, matplotlib, keras, Visual Studio Code.

Результати. Розроблено та реалізовано модель з використанням згорткових нейронних мереж для розпізнавання кольору дентальних імплантів на основі фотографій отриманих з камери смартфона.

Висновки. Розроблена модель розпізнавання кольору дентальних імплантів, що оснований на згорткових нейронних мережах, використовує фотографії отримані зі звичайних смартфонів замість спектографів, що дозволить зменшити вартість стоматологічних послуг.

Галузь використання – стоматологічні клініки.

ЗГОРТКОВІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ,
ДЕНТАЛЬНИЙ ІМПЛАНТ, PYTHON

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1 Мобільна медицина	10
1.2 Визначення кольору емалі зубів	11
1.3 Обладнання для визначення кольору	15
1.4 Визначення кольору	18
1.5 Висновки та постановка завдання дослідження.....	21
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.....	22
2.1 Згорткові нейроні мережі.....	22
2.2 Архітектури згорткових нейронних мереж.....	24
3 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМИ.....	29
3.1 Реалізація навчання	29
3.2 Засоби Python для реалізації штучних нейронних мереж	29
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ	34
4.1 Середовище розроблення	34
4.2 Структура програми	36
5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	44
5.1 Аналіз потенційних небезпек	44
5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	45
5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці	53
5.4 Заходи з пожежної безпеки.....	57
5.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	59
6 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	61
6.1 Планування розробки програмного продукту	61
6.2 Визначення витрат на розробку програмного продукту	64

6.3 Розрахунок витрат на оплату праці	65
6.4 Визначення витрат на матеріали.....	68
6.5 Визначення витрат на спеціальне устаткування	69
6.6 Визначення накладних витрат.....	75
6.7 Оцінка економічної ефективності.....	76
ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	79
Додаток А	82

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЗНМ	– згорткова нейронна мережа
РекНМ	– рекурентна нейронна мережа
РНМ	– рекурсивна нейронна мережа
Шкала Vita	– стандарт відтінків зорового сприйняття кольору зубів
Python	– високорівнева мова програмування
IoMT	– Internet of Medical Things
IoT	– Internet of Things
VS Code	– Visual Studio Code

ВСТУП

Цифрові трансформації в галузі системи охорони здоров'я стосуються виконується з такими пріоритетними напрямками: медична реформа; громадське здоров'я; спеціалізована медицина; доступні та якісні лікарські засоби [1].

Сучасна стоматологія не припиняє розвиватися, во всіх своїх напрямках – від діагностики та планування лікування до совершенствання матеріалів, використовуваних для дентальної реставрації. Технології управляють процесами в клініках і лабораторіях, в той час як інноваційні матеріали відкривають нові можливості для лікування і реабілітації.

Офіційне визначення цифрової стоматології звучить так: це підрозділ стоматології, який містить в себе комп'ютерне моделювання і виготовлення коронок, абатментів, хірургічних шаблонів та ін.

В реальності цифрова стоматологія – це комп'ютер, до якого підключена спеціальна внутрішньоротова (інтраоральна) камера. Цю камеру доктор-стоматолог вводить в ротову порожнину пацієнта і тримає на відстані 5-10 мм від зубів. Камера в цей час робить безліч невеликих фотографій зубів, зображення передаються на комп'ютер, який «склеює» ці фотографії в одну і формує точну копію порожнини рота в оклюзії (оклюзія – це коли обидві щелепи змикаються), що дає нам можливість побачити в цифровому форматі правильно чи змикаються зуби.

Колір є однією з трьох базових складових стоматологічної естетики, тому від правильності підбраного кольору буде прямо залежати задоволення пацієнта зовнішнім виглядом реставрації.

Всі існуючі методики визначення кольору зубів можна розділити на дві великі групи: візуальні і апаратурні. Візуальні методи визначення кольору зубів є суб'єктивний процес і вимагають певних знань і навичок, оптимальних умов, а

також залежить від індивідуальних особливостей, таких як сприйняття кольору і гострота зору доктора.

Вартість послуг можна знизити за рахунок використання більш дешевих технологій з використанням камери смартфона.

Тому завданнями дипломної кваліфікаційної роботи було:

- дослідити існуючі застосування в галузі М-медицини;
- розробити модель та метод розпізнавання кольору дентальних імплантів;
- розробити провести експерименти з дослідження розроблених методів та моделей;
- реалізувати програмне забезпечення для розпізнавання кольору дентальних імплантів.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Мобільна медицина

В світовій літературі під мобільною медициною розуміють використання мобільного зв'язку та пристроїв для надання послуг як пацієнтам так і лікарям.

В світі максимально стимулюється розвиток мобільних медичних програм, так як вони можуть суттєво покращити медичне обслуговування і забезпечення споживачів і фахівців в області охорони здоров'я цінною інформацією про стан здоров'я [2].

Відносно застосування мобільні пристрої можна класифікувати:

- медичні пристрої, що потребують спеціальної реєстрації та сертифікації;
- пристрої, що не кваліфікуються як медичні пристрої та не потребують спеціальної реєстрації та сертифікації;
- пристрої, що використовуються як аксесуар для регульованого медичного пристрою.

Останні розділяють на підгрупи:

- а) пристрої, що забезпечують електроний доспуг до довідкових матеріалів;
- б) пристрої, що використовуються для навчання лікарів;
- в) пристрої, що призначені для інформаційної допомоги пацієнту;
- г) пристрої, що призначені для автоматизації загальних офісних операцій в клініках;
- д) пристрої, що є універсальними інструментами не призначені безпосередньо для медичних цілей;
- е) мобільні медичні програми.

Розглянемо загальні галузі застосування мобільної медицини.

Клінічна дерматологія, для якої М-медицина надає діагностичні можливості, моніторинг потенційно злоякісних і хронічних уражень шкіри на підґрунті об'єктивних даних.

Другим класичним медичним напрямом застосування М-медицини є офтальмологія.

Хоча більшість застосувань використовуються в вищезгаданих галузях, М-медицина використовується майже в усіх галузях охорони здоров'я.

1.2 Визначення кольору емалі зубів

Колір емалі зубів значно варіюється у кожної людини. Той же білий колір має безліч відтінків. При установці пломби лікар підбирає матеріал за шкалою Віта: еталону для максимально точного вибору тональності, що відповідає природному кольору зубів пацієнта.

Найпростішим і поширеним методом цветоопределення традиційно вже багато десятиліть є колірні забарвлення, або гарнітури, або шкали – їх називають по-різному. Сьогодні забарвлень існує безліч. Компанії-виробники композиційних пломбувальних матеріалів, керамічних мас, відбілюючих систем і так далі в більшості своїй створюють адаптований під свій продукт забарвлення з різною кількістю колірних варіантів в складі.

У клінічній практиці поширені такі методики візуального вибору кольору зубів за стандартними шкалами відтінків: шкала Chromascop (Ivoclar – Vivadent, Schaan), система GUMY (Shofu), VITA Linearguide 3D-MASTER, Ducera (Ducera-Dental) [3].

Шкала Vita (Vita, Vitascale) – це стандарт відтінків зорового сприйняття кольору зубів у вигляді палітри зі зразками з пластика або картону.

У шкалі Віта кольору згруповані в 4 великих групи з такими позначеннями:

- червоно-коричневі – А;
- жовто-червоні – В;
- сірі – С;
- сірувато-червоні – Д.

У кожній групі виділені підгрупи відтінків від 1 до 4. Але це все – відтінки білого кольору зі своєю індивідуальною родзинкою. Так, найбільший білий колір зубів за шкалою – це А1, найтемніший – це Д4.

Фахівці фірми VITA систематизували зразки шкали малюнків в колірному просторі природних зубів відповідно до принципів колориметрической класифікації і рівномірно розташували їх за кольорами. Оптимальний розподіл еталонів, складене з урахуванням трьох параметрів (світлинності, насиченості, тону) [3].

Відтінки штучних зубів об'єднані в 5 груп з різним ступенем світлинності. Два кольори на лівій стороні шкали відповідають найсвітлішого рівню (група 1), а три самих крайніх кольору на правій стороні шкали – найтемнішого рівню (група 5). Три інших рівня світлинності, що знаходяться в середині шкали (групи 2, 3, 4), зібрані по домінуючому відтінку. У кожному з цих груп входить по сім кольорів. Насиченість кольору зростає від верхнього зразка до нижнього: від М1 (самого блілого відтінку) до МОЗ (самого інтенсивно забарвленого). У кожному з трьох середніх рівнів світлинності ліві групи, що складаються з двох кольорів, мають більш жовтуваті відтінки (L), а праві групи, що включають по два кольори – мають більш червонуваті відтінки (R) в порівнянні з розташованим в середині домінуючим відтінком М (medium). Всі кольори в одній групі (2L, 3М і 2R) мають однакову світлотой. Значна перевага шкали VITAPAN 3D-Master для фахівця полягає в тому, що процедура визначення кольору систематизована, спрощена і виконується в три логічних етапи: вибір світлинності; вибір цвєтонасиченості зразка; вибір домінуючого відтінку. Для ідентифікації кольору спочатку потрібно визначити рівень світлинності зуба. При цьому порівнюються групи від першої до п'ятої. Для зручності краще

зіставляти середні зразки з кожної групи, тобто 1M1, 2M1, 3M1, 4M1, 5M1. Після визначення рівня світлинності вибирають ступінь насиченості кольору зуба, для цього також використовують середні відтінки M1, M2 і M3. Вибравши найбільш близькі до природного зуба рівні світлинності і насиченості, приступають до визначення домінуючого відтінку (жовтуватий – L, середній – M або червонуватий – R). Фірми, що випускають стоматологічні матеріали (фотополімери), пропонують свої еталонні забарвлення, мають буквено-цифрові індекси, де D / O позначають дентинні або опаківий кольору [3].

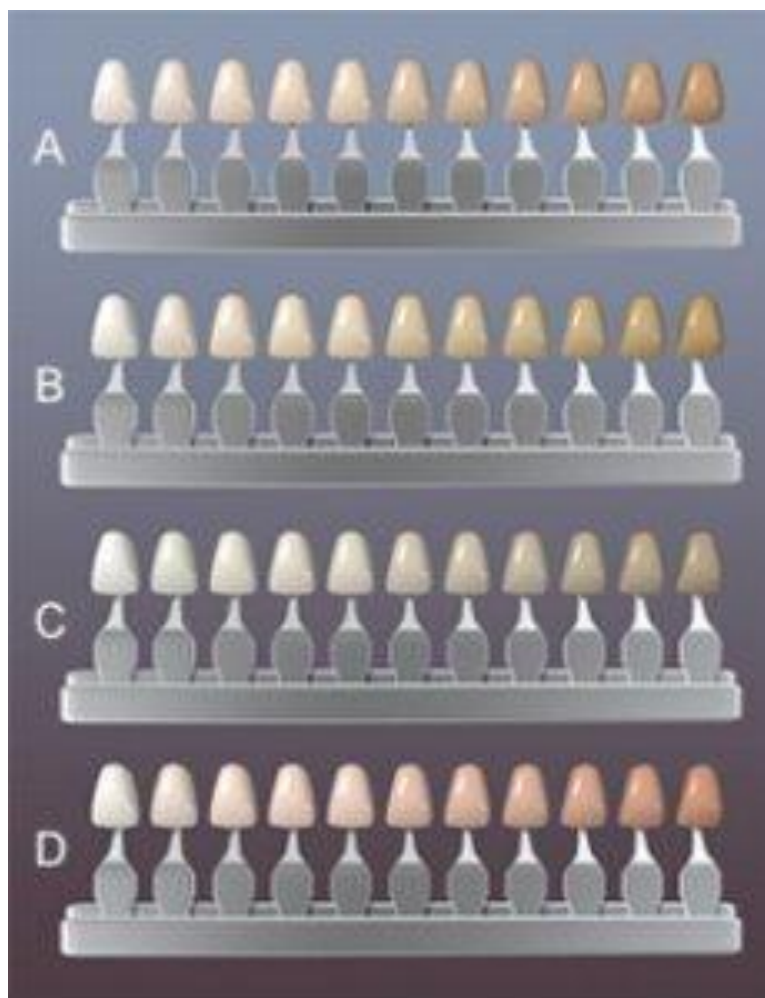


Рисунок 1.1 – Приклад дентальних кольорових шаблонів [3]

На візуальне визначення схожості зразка зі шкали Віта і зубів пацієнта можуть впливати наступні фактори:

– освітлення приміщення, де відбувається огляд;

– фон:

1) колір одягу пацієнта. Якщо його одяг світлий, то і зуби будуть здаватися більш яскравими, якщо ж одяг темний – зуби здаються тьманими;

2) колір стін теж впливає на загальне сприйняття відтінку зубів;

3) макіяж. Засмага на обличчі, яскраві рум'яна і губна помада, і інші елементи мейк-апу спотворюють сприйняття відтінку зубів;

– втома лікаря-стоматолога. Якщо за день стоматолог брав дуже багато пацієнтів, його очі дуже втомилися і йому складно зосередитися, щоб вірно визначити колір зуба за шкалою Віта.



Рисунок 1.2 – Приклад порівняння [4]

1.3 Обладнання для визначення кольору

Апаратні методи визначення кольору природних зубів на відміну від візуальних методів не залежать від суб'єктивної думки доктора і колірних відтінків навколишнього середовища. Суть цих методів полягає в об'єктивному комп'ютерному аналізі зображення, отриманого при ідеальних оптичних умовах, потім на його основі складається якісна карта відтінків зуба із зазначенням прозорості [4].

За способом вимірювання колірних характеристик прилади можна розділити на дві групи: колориметри і спектрофотометри [6].

Класифікувати прилади для аналізів спектрів можна декількома основними способами.

За типом оптичних схем:

- звичайні пристрої, що мають оформлені окремо коліматорні і камерну труби;
- автоколімаційна прилади, де конструктивно з'єднані колімактор і камера.

За принципом диспергирования:

- призмові;
- з дифракційними ґратами;
- інтерференційні.

За способом реєстрації спектра:

- візуальні (спектроскопи);
- фотографічні (спектрографи);
- фотоелектричні (монохроматори і поліхроматор).

По призначенню:

- монохроматори – прості і подвійні, які виділяють вузьку спектральну область або спектральну лінію;

- поліхроматор, що виділяють одночасно кілька вузьких областей спектра або кілька спектральних ліній;
- спектрографи і спектроскопи, що дозволяють отримувати або спостерігати одночасно широкі області спектра;
- спектрометри – прилади, скануючі спектри за допомогою фотоелектричного або теплового приймача і реєструючого пристрою.

Спектрофотометр (лат. Spectrum – видиме, бачення, грец. Φῶς, родовий відмінок φῶτός – світло і μέτρον – вимірюю) – прилад, призначений для вимірювання відносин двох потоків оптичного випромінювання, один з яких – потік, що падає на досліджуваний зразок, інший – потік, що випробував ту чи іншу взаємодію зі зразком. Дозволяє проводити вимірювання для різних довжин хвиль оптичного випромінювання, відповідно в результаті вимірювань виходить спектр відносин потоків.

Денситометр (від лат. Densitas – щільність і ... metria) – прилад для вимірювання оптичної щільності проявлених фотографічних матеріалів. Використовується в медицині, фотографії, кіновиробництві, поліграфії для визначення кольорних невідповідностей тиражного відбитка і т. д.

Денситометри розрізняють: за принципом вимірювань (прямий відлік і принцип порівняння), за характером світлоприймачів (очей, фотоелемент або фотопомножувач), по характеру видаються даних (нерегіструючі і автоматизовані реєструючі прилади) і по величині вимірюваного поля (власне денситометри і мікроденситометри, звані також Мікрофотометр).

Спектрофотометр (від спектр, фото і вимір) – прилад для дослідження властивостей різних речовин на основі аналізу спектрального складу відбитого або пройшло через речовину випромінювання в оптичному діапазоні по відображенню (поглинання) різних довжин хвиль електромагнітного випромінювання. Так само використовується для вимірювання спектральних характеристик випромінювачів і об'єктів, що взаємодіяли з випромінюванням, а також для спектрального аналізу і фотометрірованія.

В таблиці 1.1 наведено порівняння вартості найбільш популярного обладнання.

Таблиця 1.1 – Порівняння вартості обладнання

№	Фото	Характеристики	Вартість
1		VITA Easyshade® V[8] – компактний, ергономічний спектрофотометр з інтуїтивно зрозумілим сенсорним дисплеєм. Сучасна вимірювальна техніка для визначення основного кольору зубів і кольору окремих областей зубів. Результати в колірних стандартах VITA, а також відомості про вибілених кольорах відповідно до Американської Стоматологічної Асоціацією (ADA). Відображення значень Lab і LCh.	90 046 грн
2		SpectroShade Micro [9] – один з найточніших і надійних апаратів для вимірювання кольору зубів. Він дозволяє визначати колір як натуральних зубів, так і ортопедичних конструкцій в будь-яких умовах. SpectroShade Micro стане Вашим щоденним помічником у визначенні та відтворенні точного кольору. Апарат оцінює загальний колір зубів, вимірюючи три різні області зуба, детально відображає дентин на поверхні зуба і аналізує напівпрозорість. Таким чином, ми отримуємо точну інформацію про дентине і емалі, що дозволяє правильно підібрати лабораторні композити. Функція порівняння двох кольорів дозволяє оцінити колір до і після відбілювання або перевірити, чи є колір реставрації точною копією оригінального зуба.	4 490,00 USD

Продовження таблиці 1.1

№	Фото	Характеристики	Вартість
3		Borea [9] Датчик CMOS: 400×400 рх. Спектрофотометр: діапазон вимірювання 400-700 nm. Розмір вимірювальної головки в мм: L.76 / Діаметр 25. Екран: touchscreen. Роздільна здатність: 320x240 NTSC. Батарея: Li-Po 3,7 V 2200 mAh. Обсяг пам'яті: 40 shade taking files. Вага наконечника: 390 g. Розміри наконечника: L. 210 X w.75x h 155. Розміри док-станції в мм: L.133 x w.101 x h 43. USB: 1 USB 2.0. Вага док-станції: 340 g. Головне зарядне: 5V 1Ah.	441 543 грн
4		Бездротова інтраоральна камера 3Shape TRIOS (3Shape A/S, Дания) [10]. За допомогою цих сканерів можливо отримати результати в природних кольорах, що дозволяють оцінити лікування, а також визначити колір зубів. Однак говорити, що визначення кольору в даному випадку буде більш точним, ніж при використанні спектрофотометра, некоректно.	1256516.77 грн

1.4 Визначення кольору

Вимірювання кольору – розділ колориметрії, об'єктивний спосіб визначення характеристик світлового потоку вихідного від джерела видимого світла (об'єкта) із застосуванням оптичних пристроїв (приладів) з метою виключення суб'єктивного фактора – зорового відчуття від дії світла.

Цифрове зображення – це дискретна функція двох простору-ських змінних $f(x, y)$, певна в кінцевій області плоско-сті XY , приймаюча безліч невід'ємних цілих значень з діапазону $[0, 2n-1]$, де n -ціле. Те єсть $f(x, y) \geq 0, 0 \leq$

$x \leq a$, $0 \leq y \leq b$, де $f(x, y)$ – ціле число, що позначає номер діапазону деякої шкали, відповідний яскравості зображення в пікселі з координатами (x, y) ; a – ширина; b – висота зображення. Функція f представлена таблично у вигляді прямокутної матриці. Елементи матриці теж називаються пікселями (від англ. pixel – picture element). На логічному рівні уявлення бінарних, полутонових індєксованих зображень задаються двомірною матрицею, кольорові і багатоспектральні зображення – трьохвимірною матрицею.

Основне завдання колірних моделей – уможливити завдання квітів уніфікованим чином. По суті колірні моделі задають певні системи координат, які дозволяють однозначно визначити колір.

Найбільш популярними на сьогоднішній день є наступні колірні моделі: RGB (використовується в основному в моніторах і камерах), CMY (K) (використовується в поліграфії), HSB та HSI (широко використовується в машинному зорі і дизайні).

Для опису колірної моделі HSB необхідно уточнити визначення таких характеристик кольору, як кольоровість, насиченість і яскравість.

Кольоровість (колірний тон) або хроматика – числова характеристика, що має однакове значення для всіх відтінків одного кольору (наприклад, яскраво-червоний або темно-червоний) і різні значення для будь-якої пари відтінків різних кольорів (наприклад, яскраво-червоний і яскраво-синій). Визначає розташування кольору на колірному колі в градусах. Кольоровість позначають першою літерою слова hue (відтінок) – H. Кольори з різною кольоровою гамою описують назвами на природній мові (наприклад, блакитний, помаранчевий). Наприклад, зеленого кольору відповідає значення H120 °, а синього – H240 °.

Насиченість – це інтенсивність певного тону. Насичений колір можна назвати соковитим, глибоким, в той час як, менш насичений – приглушеним, наближеним до сірого. Повністю ненасичений колір буде відтінком сірого. Насиченість 50 означає, що ми маємо справу з 50%-ним відтінком

спектрального кольору. Насиченість позначають першою літерою слова saturation (насиченість) – S. На колірному колі кольору рівній насиченості розташовуються уздовж концентричних кіл, а все ступеня насиченості одного кольору можна простежити уздовж радіуса, що з'єднує білу точку в центрі і точку спектрального кольору на колі.

Яскравість – це енергетична характеристика світла, що візуально сприймається як величина, на яку колір відрізняється від чорного. Яскравість позначають першою літерою слова brightness (яскравість) – B. Яскравість вимірюється у відсотках. Виходить, що $B = 0\%$ відповідає чорному кольору, $B = 100\%$ – відсутності доданого чорного. На колірному колі кольору рівній яскравості розташовуються уздовж концентричних кіл, а все ступеня яскравості одного кольору можна простежити по радіусу, що з'єднує чорну крапку в центрі і точку спектрального кольору на колі.

На основі цих параметрів побудована колірна модель HSB. Основа моделі колірний круг. Виходячи з цього, колірний простір моделі HSB можна розглядати як "стопку" лежать один на одному модифікацій колірного кола. "Нижній" колірний круг з яскравістю кольорів $B = 0\%$ візуально сприймається як чорний. "Верхній" колірне коло складають кольору з максимальною яскравістю $B = 100\%$. Ось S (насиченість) моделі HSB не має фіксованого напрямку. Значення цієї змінної – відстань від центру колірного кола до точки, відповідної заданому кольору

Для визначення функції розподілу яркостей півтонування використовується гістограма. Нехай L-максимально можливе значення яркості. Обчислити гістограму означає побудувати масив H розміром в 256 елементів, значення яких дорівнюють кількості пікселів з яскравістю, рівною номеру елемента $H(i)$, т. ін. Обчислення виконуються проходом по всіх пікселях зображення і додаванням єдиниці до значення відповідного елемента масиву H.

1.5 Висновки та постановка завдання дослідження

Перевагою цифрових технологій є те, що вони не залежать від суб'єктивних відчуттів і психологічних чинників лікаря-стоматолога. Але основним недоліком апаратних методів визначення кольору дентальних імплантів є висока вартість і необхідність обов'язкової сертифікації медичних апаратів, що робить їх менш доступними. Тому було поставлене завдання розроблення моделі для розпізнавання кольору дентальних імплантів з використанням снимків з мобільних телефонів.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Типи штучних нейронних мереж, що використовуються для розпізнавання образів:

- багатошаровий перцептрон;
- згорткова нейронна мережа (ЗНМ);
- рекурсивна нейронна мережа (РНМ);
- рекурентна нейронна мережа (РекНМ).

Для вирішення завдання визначення кольору дентальних імплантів в моделі будуть використовуватись 40 класів відтінків, тому для подальшого вивчення були розглянуті згорткові нейронні мережі.

2.1 Згорткові нейронні мережі

Згорткова нейронна мережа (ЗНМ, англ. Convolutional neural network (CNN)) – спеціальна архітектура штучних нейронних мереж, входить до технології глибокого навчання (англ. Deep learning) [11].

Ця технологія побудована за аналогією з принципами роботи зорової кори головного мозку, в якій були відкриті так звані прості клітини, що реагують на прямі лінії під різними кутами, і складні клітини, реакція яких пов'язана з активацією певного набору простих клітин [12]. Ці мережі було натхнено біологічними процесами, вони є варіаціями багатошарових перцептронів, розробленими для використання мінімальної попередньої обробки.

Згорткові мережі мають широке застосування в розпізнаванні зображень та відео, рекомендаційних системах та обробці природної мови.

На відміну від класичних нейронних мереж, на вхід окремого шару потрібно подавати тривимірну матрицю, проте на виході із шару її розмірність може бути змінена.

Найбільш популярними є наступні типи шарів: вхідний, згортковий, шари субдискретизації, повноз'єднаний [13].

Зазвичай вхідний шар лише трансформує двовимірне зображення у тривимірну матрицю. Зріз отриманої матриці має такі самі розміри як і зображення, проте містить інформацію лише про один із трьох компонентів кольору, отже глибина вихідної матриці буде дорівнювати 3.

Згортковий шар – це основний компонент цього типу штучних нейронних мереж.

Цей шар здійснює згортку результату попереднього шару. Кожен такий шар повинен мати наступні характеристики:

- розмір рецептивного поля F відповідає за кількість нейронів попереднього шару, які будуть зв'язані з одним нейроном у цьому шарі;
- глибина K відповідає за кількість нейронів у цьому шарі (скільки нейронів, такою і буде глибина матриці на виході);
- крок S контролює як сильно будуть перекриватися рецептивні поля;
- розмір нульового доповнення P дозволяє контролювати розмір вихідної матриці — залежно від нього вхід на краях буде доповнено нулями.

Кожен нейрон у цьому шарі представлений фільтром (ядром) – матрицею розміром $F \times F \times K$, її параметри змінюються під час навчання. За допомогою цього фільтра формується двовірсна карта активації, яка є зрізом вихідної матриці шару.

Шар субдискретизації змінює розмірність карти ознак, це дозволяє спростити обчислення а також може запобігати перенавчанню. Метод максимізаційної підвиборки показав найкращі практичні результати. Його ідея полягає у тому що ми для кожного зрізу вхідної матриці застосовуємо фільтр розміром $\frac{F}{2} \times \frac{F}{2} \times K$: заміняємо 4 числа на максимальне з них, та на виході отримуємо матрицю з меншою у 2 рази розмірністю.

Також важливим є повнозв'язний шар за допомогою якого визначається клас на основі отриманих ознак. Цей шар працює повністю аналогічно шару з класичних штучних нейронних мереж.

2.2 Архітектури згорткових нейронних мереж

До класичних архітектур відносять – LeNet-5, AlexNet, VGG 16 [14].

До сучасних архітектур відносять – Inception, ResNet, ResNeXt, DenseNet.

Модель LeNet-5 [15] Янна Лекуна була розроблена в 1998 році для ідентифікації рукописних цифр для розпізнавання поштового індексу в поштової службі. Ця новаторська модель значною мірою представила згорткову нейронну мережу, якою ми її знаємо сьогодні. Архітектура наведена на рис. 2.1.

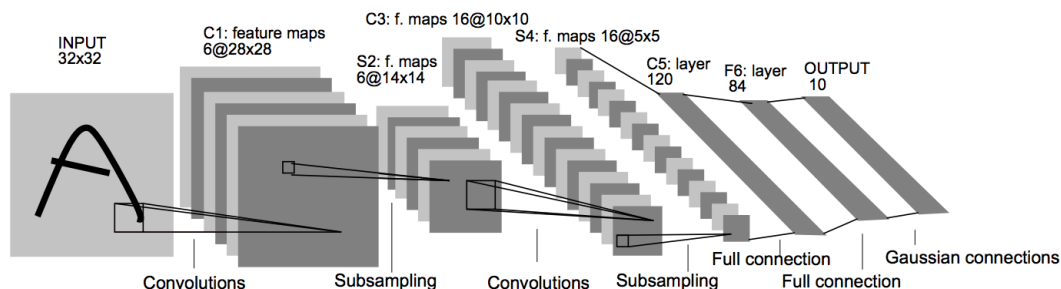


Рисунок 2.1 – Архітектура LeNet-5 [14]

Згорткові шари використовують підмножину каналів попереднього шару для кожного фільтра, щоб зменшити обчислення і змусити порушити симетрію в мережі. Шари субдискретизації використовують форму середнього об'єднання.

Стаття [15] вважається однією з найвпливовіших у сфері дослідження згорткових мереж. В роботі розглятура нейромережа Alex Net, яка складалась з п'яти згорткових шарів, як і чергувались з під вибірковими та трьох повністю

з'єднаних шарів. Мережа здатна класифікувати об'єкти серед 100 різних категорій, а загальне число параметрів у мережі складало 6,5 млн. екземплярів. Архітектура наведена на рисунку 2.2.

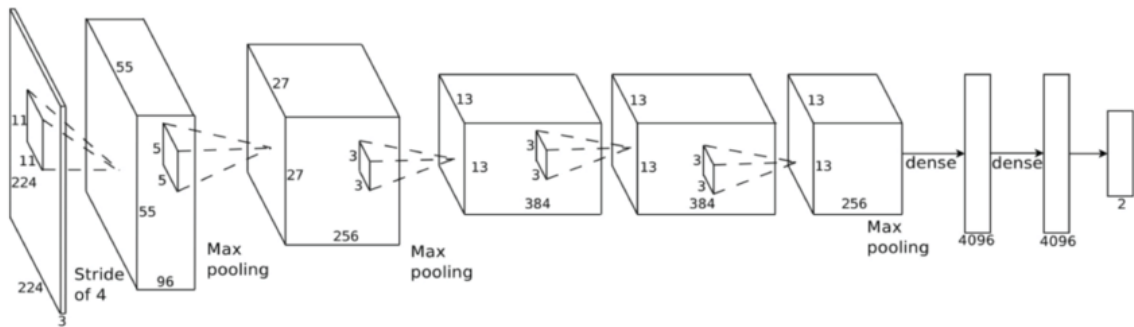


Рисунок 2.2 – Архітектура Alex Net [14]

Модель мережі VGG-16 [17] була представлена в 2014 році, і пропонує більш глибокий, але простіший варіант згорткових структур, про які йшлося вище. На момент введення ця модель вважалася дуже глибокою (рис. 2.3).

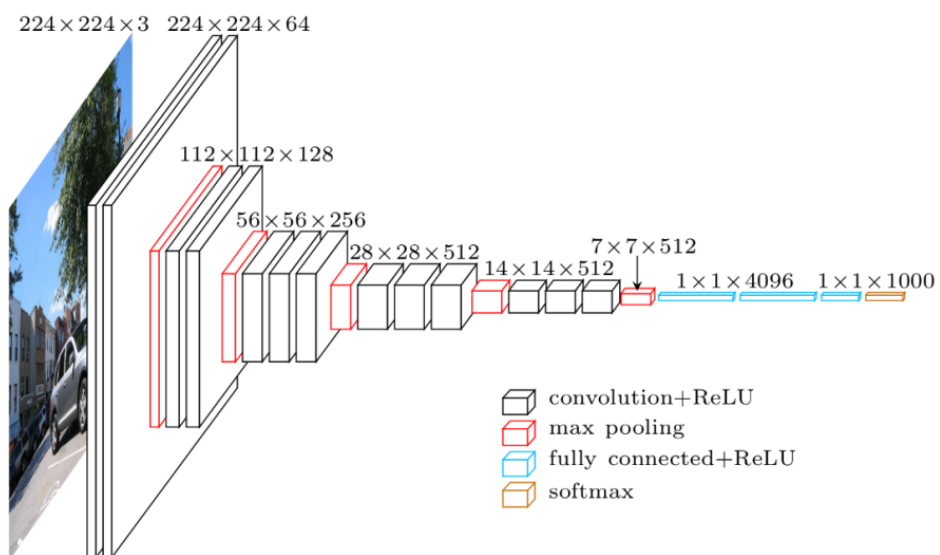


Рисунок 2.3 – Архітектура VGG мережі [17]

Розроблена мережа GoogLe Net була описана в статті [18], складалась з 22 шарів та суттєво відходила від загальноприйнятої на той час архітектури з послідовним з'єднанням згорткових та під вибірових шарів, тобто модулі введення (рис. 2.4, 2.5).

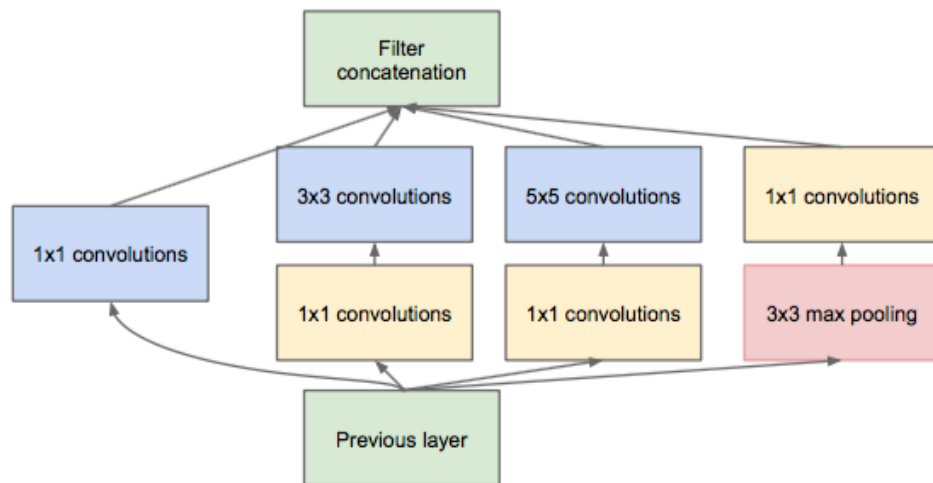


Рисунок 2.4 – Один модуль мережі зі зменшенням [14]

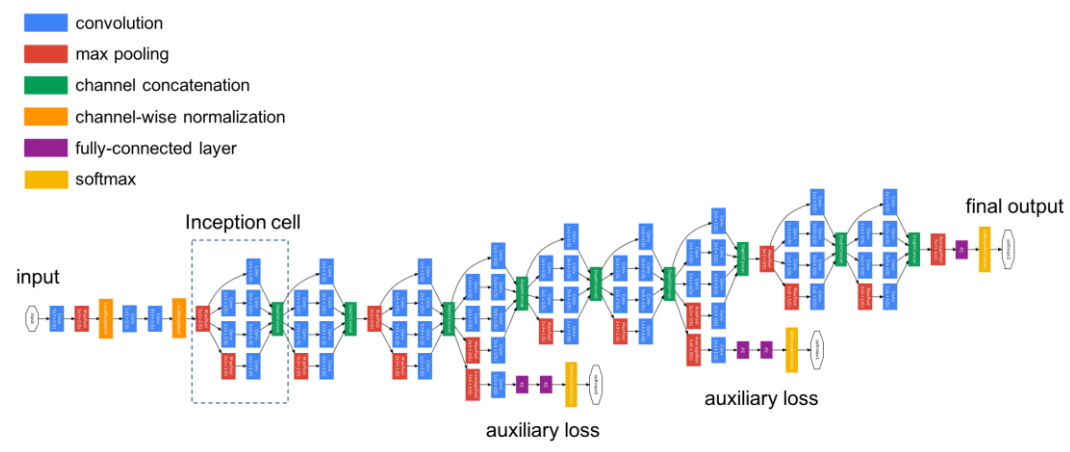


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд мережі [14]

У 2015 році Microsoft представила неймережу з 152 шарами, що була описана у роботі “Deep Residual Learning for Image Recognition” [6], що встановила нові рекорди та практично не поступається людині у сфері виявлення об’єктів на зображенні.

Radial Based CNN (R-CNNs) вперше був описан в публікаціях [7]. В статті описується механізм в якому вікна різних розмірів ковзають по зображенню і до кожного знімку з вікна застосовуються описані вище мережі (рис.2.6, 2.7).

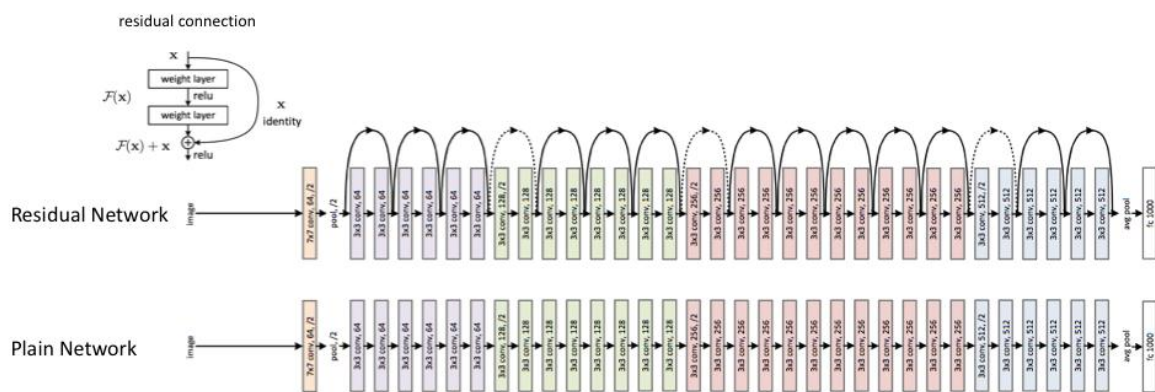


Рисунок 2.6 – Загальна архітектура мережі Res Net [14]

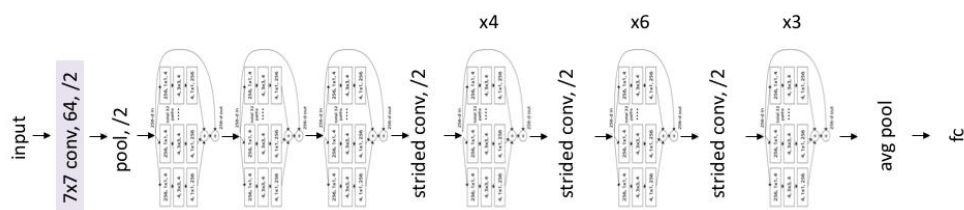


Рисунок 2.7 – Загальна архітектура мережі Res Net [14]

Ідея щільних згорткових мереж DenseNet [14] проста: може бути корисним посилення на карти функцій з попередніх часів у мережі. Таким

чином, карта особливостей кожного шару об'єднується з входом кожного наступного шару в межах щільного блоку (рис. 2.8). Це дозволяє пізнішим шарам у мережі використовувати безпосередньо функції попередніх шарів, заохочуючи повторне використання функцій у мережі. Автори стверджують, "об'єднання карт функцій, засвоєних різними шарами, збільшує варіацію введення наступних шарів і покращує ефективність" (рис. 2.9).

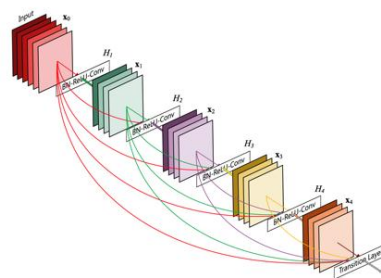


Рисунок 2.8 – Карта особливостей

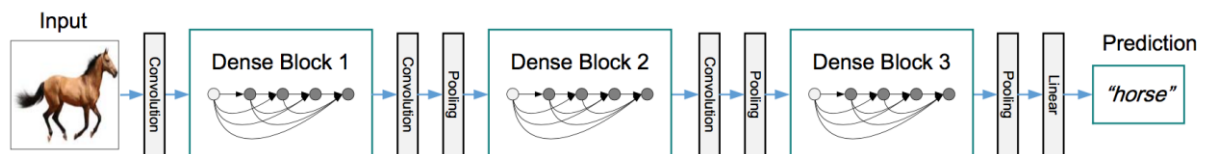


Рисунок 2.9 – Загальна архітектура мережі [14]

3 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМИ

3.1 Реалізація навчання

Для обраної моделі виділено 40 класів відтінків.

Алгоритм обробки зображень для створення навчальної вибірки для згорткової нейронної мережі складається з наступних кроків:

- видалення шумів на зображенні;
- сегментація (бінарізація) зображення;
- виділення меж на зображенні;
- формалізація дескриптора об'єкта;
- класифікація дескриптора.

3.2 Засоби Python для реалізації штучних нейронних мереж

Python – високорівнева мова програмування. Синтаксис ядра Python мінімалістичний. Стандартна бібліотека містить значний обсяг корисних функцій. Python підтримує декілька парадигм програмування, в тому числі структурне, функціональне, об'єктно-орієнтоване, імперативне і аспектно-орієнтоване. До основних властивостей мови належить динамічна типізація, автоматичне звільнення пам'яті, зручні стандартні типи даних, обробка виключень. Код в Python зазвичай збирається у функції та класи, які потім можна об'єднати в модулі, які в свою чергу вже при бажанні об'єднуються в пакети.

Останнім часом Python став більш затребуваним в області Data Science. Це стало можливим завдяки появі бібліотек, здатних обробляти і візуалізувати великі дані на рівні MATLAB, Mathematica і R.

Python SciPy Stack – набір бібліотек, спеціально призначених для наукових обчислень. Кожен, хто зібрався використовувати Python в науці, повинен познайомитися з цим стеком.

Самий фундаментальний пакет – NumPy. Він дозволяє виконувати основні операції над n-масивами і матрицями: додавання віднімання, ділення, множення, транспонування, обчислення визначника і т.д. Завдяки механізму векторизації, NumPy підвищує продуктивність і, відповідно, прискорює виконання операцій.

SciPy – бібліотека в складі Python SciPy Stack, що не заплутатися. Вона містить модулі для лінійної алгебри, оптимізації, інтеграції та статистики. SciPy працює спільно з NumPy, що дозволяє їй значно розширити функціональність. Два аргументи, чому ця бібліотека дійсно хороша.

Pandas – це пакет, призначений для простий і інтуїтивно зрозумілою роботи з «поміченими» і «реляційними» даними. Теж працює в зв'язці з NumPy, і крім математичних обчислень забезпечує їх агрегацію і візуалізацію.

Matplotlib є основним інструментом для візуалізації даних на мові Python, підтримується різними платформами і IDE (iPython, Jupyter та ін.)

Саме можливості Matplotlib дозволяють розглядати Python, як повноправного конкурента MATLAB або Mathematica. З її допомогою можна створювати: лінійні графіки; графіки розсіювання; гістограми; кругові діаграми; стовбурові ділянки; контурні ділянки; спектрограми.

Бібліотека низкоуровневою, що означає великий обсяг коду для розширеної візуалізації. Але продуктивність і робота зі звичною мовою дозволяють закрити очі на цей недолік.

Seaborn базується на Matplotlib, але оптимізований для візуалізації статистичних моделей: теплові карти, розподілу, результати математичних операцій. Незважаючи на зазначені можливості, більшість розробників використовує бібліотеку для відображення простих тимчасових розподілів.

На відміну від Seaborn, Bokeh не залежить від Matplotlib. Основна область його застосування – веб, де візуалізація даних відбувається відповідно до стилю d3.js (Data-Driven Documents). Візуально графіки, побудовані за допомогою Bokeh, виглядають привабливіше, ніж в попередніх двох випадках.

Plotly – онлайн інструмент для візуалізації даних з підтримкою Python, R, MATLAB, Perl, Julia, Arduino і REST. Бібліотека містить шаблони і заготовки для підвищення продуктивності. Є один мінус – виконання коду відбувається на серверній стороні, після чого зображення готове до публікації в інтернеті. Втім, є спосіб це обійти.

SciKit – інструмент для обробки зображень і імітації штучного інтелекту. Він ґрунтується на бібліотеці SciPy і відповідає за реалізацію алгоритмів машинного навчання. SciKit, як і його математична основа, демонструє високу продуктивність, і має якісну документацію.

Theano – одна з найпотужніших бібліотек завдяки:

- тісної інтеграції з NumPy;
- використання CPU і GPU для підвищення продуктивності;
- присутності вбудованих механізмів оптимізації коду;
- розширення для юніт-тестування та самоперевірки.

Theano використовується там, де необхідно зробити обчислення з великою точністю максимально швидко, наприклад в нейронних мережах і машинному навчанні.

Keras – це API глибокого навчання, написаний на Python, що працює на платформі машинного навчання TensorFlow [20]. Він був розроблений з акцентом на швидкі експерименти. Можливість якнайшвидшого переходу від ідеї до результату є ключовим фактором для проведення хороших досліджень.

Фреймворк Keras поширюється на умовах вільної ліцензії і може безкоштовно використовуватися в комерційних проектах. Він сумісний з будь-якими версіями Python, від 2.7 до 3.8.

TensorFlow – найпопулярніший інструмент для машинного навчання нейромереж.

Принципи роботи з tensorflow досить прості. Ми повинні скласти граф операцій, потім передати в цей граф дані і дати команду зробити обчислення.

У нього є два елементи:

- набір `tf.Operation`, який представляє одиниці обчислень;
- набір `tf.Tensor`, який представляє одиниці даних.

Щоб tensorflow міг навчати модель нам потрібно додати ще 2 речі: функцію втрат і сам алгоритм оптимізації.

Об'єкт `tf.Session` інкапсулює середу, в якій виконуються об'єкти `Operation` і оцінюються об'єкти `Tensor`.

На рисунку 3.1 наведено процес створення моделі.

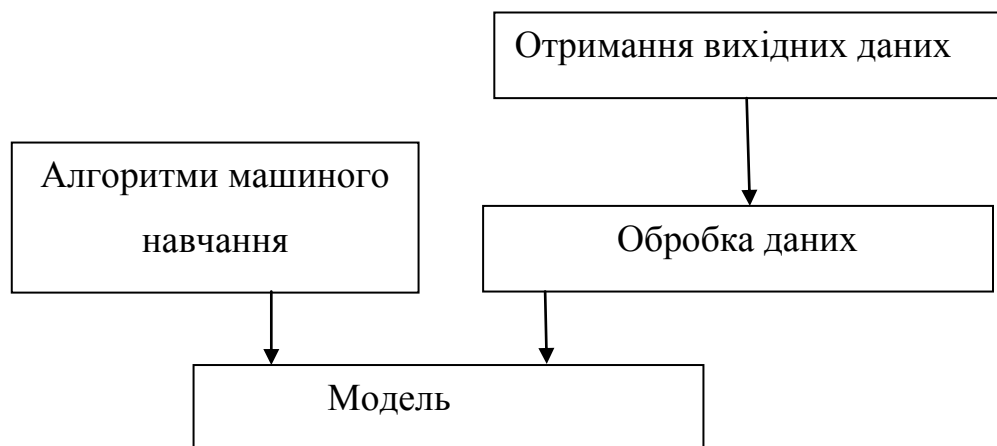


Рисунок 3.1 – Процес створення моделі

В таблиці 3.1 приводяться доступні моделі в Keras.

Таблиця 2.1 – Доступні моделі в Keras

Модель	Розмів	Тор-1 точність	Тор-5 точність	Пераметри	Глибина
<u>Xception</u>	88 MB	0.790	0.945	22,910,480	126
<u>VGG16</u>	528 MB	0.713	0.901	138,357,544	23
<u>VGG19</u>	549 MB	0.713	0.900	143,667,240	26
<u>ResNet50</u>	98 MB	0.749	0.921	25,636,712	–
<u>ResNet101</u>	171 MB	0.764	0.928	44,707,176	–
<u>ResNet152</u>	232 MB	0.766	0.931	60,419,944	–
<u>ResNet50V2</u>	98 MB	0.760	0.930	25,613,800	–
<u>ResNet101V2</u>	171 MB	0.772	0.938	44,675,560	–
<u>ResNet152V2</u>	232 MB	0.780	0.942	60,380,648	–
<u>InceptionV3</u>	92 MB	0.779	0.937	23,851,784	159
<u>InceptionResNetV2</u>	215 MB	0.803	0.953	55,873,736	572
<u>MobileNet</u>	16 MB	0.704	0.895	4,253,864	88
<u>MobileNetV2</u>	14 MB	0.713	0.901	3,538,984	88
<u>DenseNet121</u>	33 MB	0.750	0.923	8,062,504	121
<u>DenseNet169</u>	57 MB	0.762	0.932	14,307,880	169
<u>DenseNet201</u>	80 MB	0.773	0.936	20,242,984	201
<u>NASNetMobile</u>	23 MB	0.744	0.919	5,326,716	–
<u>NASNetLarge</u>	343 MB	0.825	0.960	88,949,818	–
<u>EfficientNetB0</u>	29 MB	–	–	5,330,571	–
<u>EfficientNetB1</u>	31 MB	–	–	7,856,239	–
<u>EfficientNetB2</u>	36 MB	–	–	9,177,569	–
<u>EfficientNetB3</u>	48 MB	–	–	12,320,535	–
<u>EfficientNetB4</u>	75 MB	–	–	19,466,823	–
<u>EfficientNetB5</u>	118 MB	–	–	30,562,527	–
<u>EfficientNetB6</u>	166 MB	–	–	43,265,143	–
<u>EfficientNetB7</u>	256 MB	–	–	66,658,687	

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ

4.1 Середовище розроблення

Visual Studio Code – це сервіс, що позиціонується як «легкий» редактор коду для кроссплатформенної розробки додатків [24].

VS Code дозволяє розробляти як консольні додатки, так і додатки з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайти, веб-додатки, веб-служби як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ.

У редакторі присутні вбудований відладчик, інструменти для роботи з Git і засоби рефакторинга, навігації по коду, автодоповнення типових конструкцій і контекстної підказки.

Продукт підтримує розробку для платформ ASP.NET і Node.js, і вважається легковажним рішенням, яке дозволяє обійтися без повної інтегрованого середовища розробки.

Великим плюсом редактора є підтримка великої кількості мов, таких як C ++, C #, Python, PHP, JavaScript та інших.

Можливості Visual Studio Code:

- вбудовані інструменти інтеграції з GitHub, GIT, а також Visual Studio Team Services для швидкого тестування, складання, упаковки та розгортання різних типів додатків;
- зручність роботи з Unity-проектами;
- робота з Mono і Node.js за допомогою вбудованого відладчика;
- підтримка TypeScript і JavaScript;
- публікація створених додатків в Microsoft Azure через сервіс Visual Studio Team Services;
- підтримка практично всіх мов програмування;

- написання коду для конкретного завдання з його подальшою інтеграцією в проект (з надбудовою або безпосередньо);
- велика бібліотека шаблонів, готових фрагментів коду і сніпетів з можливістю додавання своїх елементів;
- одночасна робота з декількома проектами (в декількох вікнах);
- інтерфейс можна розділити на дві панелі для порівняння коду;
- функція налагодження.

Переваги Visual Studio Code (рис. 4.1):

- безліч налаштувань (як всієї програми, так і інтерфейсу);
- розширювана бібліотека доповнень і готових рішень;
- мультифункціональність (редактор підтримує майже всі мови, які використовуються для створення додатків);
- простота і гнучкість.

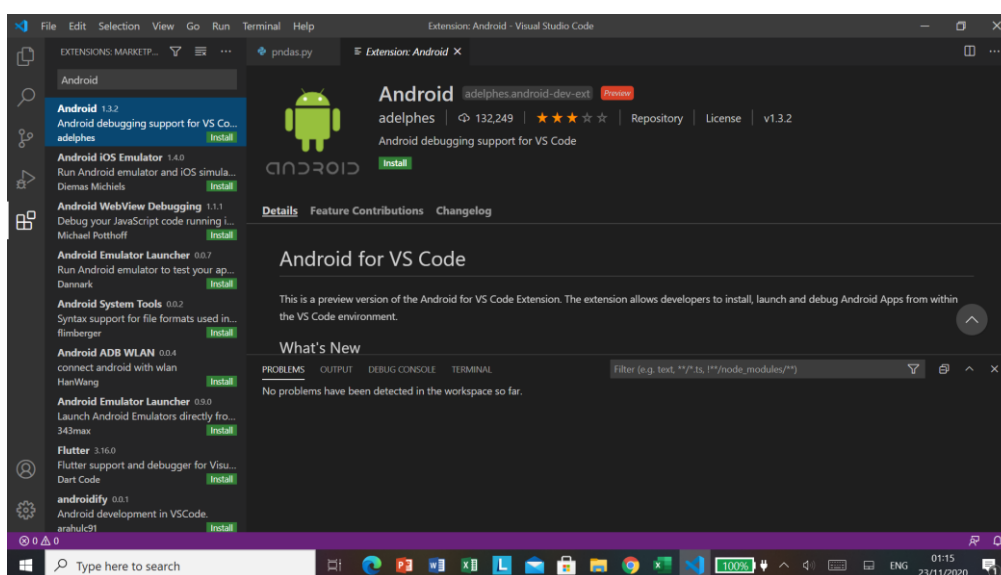


Рисунок 4.1 – Інтерфейс VS Code

З 2018 року у VSCode з'явилося розширення для Python.

Основні можливості редактора:

- підтримка Python 3.4 і вище, а також Python 2.7;
- автоматичне доповнення коду за допомогою IntelliSense;
- лінійні;
- налагодження;
- сніппети;
- модульне тестування;
- автоматичне використання conda і віртуальних середовищ;
- редагування коду в середовищах Jupyter і Jupyter Notebooks.

Незважаючи на те, що VS Code – це просто редактор коду, а не повноцінна IDE, він дозволяє налагоджувати код Python прямо в робочій області. У нього є багато функцій, які повинні бути у доброго відладчика:

- автоматичне відстеження змінних;
- відстеження виразів;
- точки переривання;
- інспекція стека викликів.

4.2 Структура програми

Розроблене програмне забезпечення складається з трьох основних пакетів – попередня оброблення даних, навчання, тестування (рис.4.2).

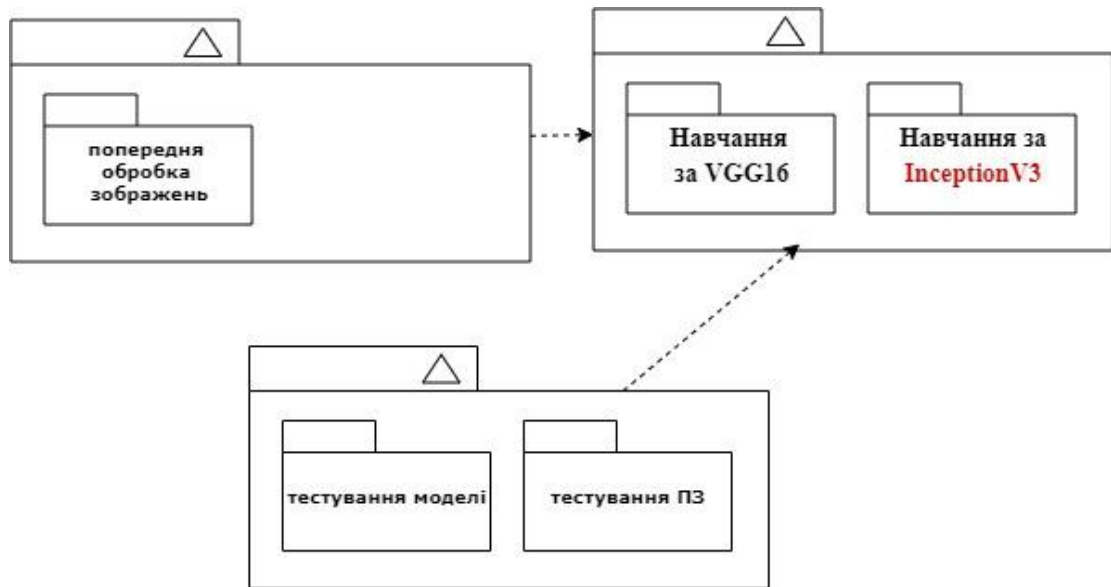


Рисунок 4.2 – Структура пакетів застосування

Основний алгоритм визначення кольору наведено на рисунку 4.3.



Рисунок 4.3 – Процес визначення кольору дентального імпланта

Процес навчання нейронної мережі для отримання моделі для визначення відтінків дентальних імплнтів наведено на рис. 4.4.


```
transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406],
                      [0.229, 0.224, 0.225]))
```

Для використання моделей згорткових нейронних мереж необхідно встановити tensorflow.

```
pip install --upgrade pip
```

```
pip install tensorflow.
```

Або зібрати, для чого необхідно виконати наступні кроки:

– встановити залежності для пакету TensorFlow pip:

```
pip3 install six numpy wheel
```

```
pip3 install keras_applications==1.0.6 --no-deps
```

```
pip3 install keras_preprocessing==1.0.5 --no-deps;
```

– до віртуального оточення встановити Bazel [22];

– для зібрання необхідно встановити Install MSYS2 [23];

– виконати конфігурацію системи:

```
python ./configure.py;
```

– створити pip пакет:

```
bazel build //tensorflow/tools/pip_package:build_pip_package.
```

Відповідно до обраної моделі ми використовуємо методи:

a) `tf.keras.applications.VGG16(`

```
    include_top=True,
```

```
    weights="imagenet",
```

```
    input_tensor=None,
```

```
    input_shape=None,
```

```
pooling=None,
classes=1000,
classifier_activation="softmax",);
```

```
б) tf.keras.applications.InceptionV3(
    include_top=True,
    weights="imagenet",
    input_tensor=None,
    input_shape=None,
    pooling=None,
    classes=1000,
    classifier_activation="softmax",
).
```

4.3 Тестування моделі

Результат роботи нейронної мережі залежить від декількох факторів:

- якості і кількості навчальних даних;
- типу архітектури нейронної мережі;
- кількості параметрів обраної мережі.

На рисунку 4.4 зображено процес конструювання моделі.



Рисунок 4.4 – Процес конструювання моделі

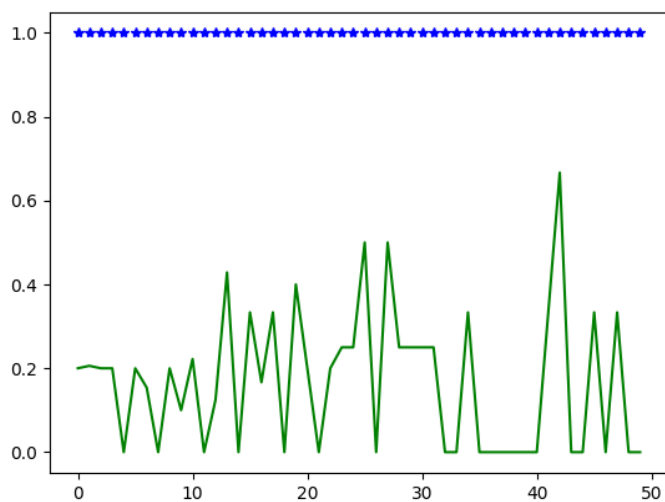


Рисунок 4.7 – Розподіл похибки прогнозування моделі InceptionV3

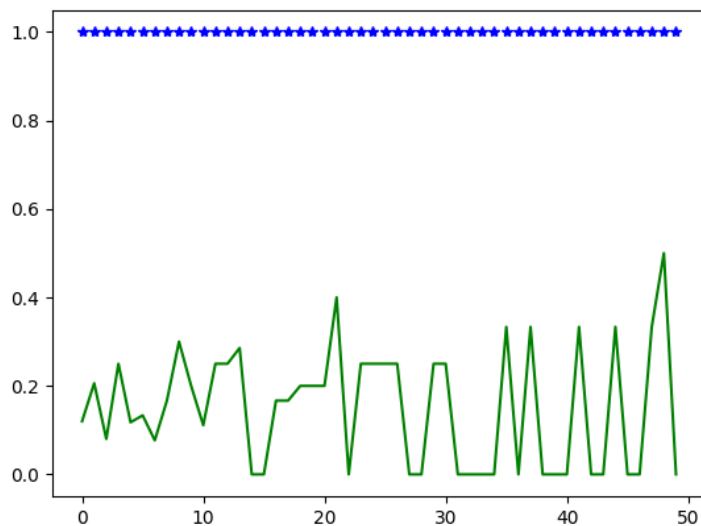


Рисунок 4.8 – Розподіл похибки прогнозування моделі VGG16

Тому робимо висновок, що потрібні більш якісні фотографії, виділяти шуми при попередній обробці даних та розроблення нових моделей навчання.

4.4 Тестування програмного забезпечення

Грамотне програмування на Python крім власне написання коду включає також його тестування.

Visual Studio Code вміє автоматично розпізнавати тести в unittest, pytest або Nose. У нашому проєкті є модульний тест, який можна використовувати для прикладу.

Щоб запустити існуючі тести, з будь-якого файлу Python викличте правою кнопкою миші контекстне меню і виберіть пункт Запустити поточний тестовий файл.

Потрібно буде вказати використовуваний для тестування фреймворк, шлях пошуку і шаблон для імені файлів тестів. Ці настройки зберігаються як параметри робочої області в локальному файлі `.vscode / settings.json`. Для нашого проєкту потрібно вибрати unittest, поточну папку і шаблон `*_test.py`.

Тепер можна запустити всі тести, клікнувши на Run Tests в рядку стану або з палітри команд.

Також тести можна виконувати окремо, що дозволяє економити багато часу, працюючи тільки з невдалими методами.

Результати тестів відображаються у вкладці Output (розділ Python Test Log меню, що випадає).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

В дипломному проекті проводиться дослідження методів та реалізація алгоритмів розпізнавання характеристик дентальних імплантів.

При роботі фахівця постійно або періодично діють наступні небезпечні і шкідливі чинники:

- невідповідність ергономічних характеристик устаткування нормованим величинам внаслідок нераціональної організації робочого місця;
- підвищені статичні навантаження користувачів ПК, пов'язані з повторенням однотипних рухів кистями рук може призвести до защемлення нерву у зап'ястному каналі (тунельний синдром);
- можливість ураження електрострумом внаслідок небезпечного рівня напруги в електричному ланцюзі, тому у приміщенні можуть виникнути аварійні ситуації: замикання, загоряння проводки, поразка електрострумом, що може привести до електротравм або летальних наслідків;
- небезпеки, пов'язані з підвищеним рівнем шуму, який створюється устаткуванням та людьми, що знаходяться у приміщенні, і які призводить до погіршення слуху;
- невідповідність нормам параметрів мікроклімату;
- незадовільні умови освітлення робочого місця, в наслідок не рівномірного розподілу освітлювальних приладів;
- небезпеки, пов'язані з підвищеним рівнем вібрації;
- можливість загорянь внаслідок порушень правил пожежної безпеки, що може призвести до пожеж;

– непоінформованість персоналу у відповідній послідовності дій в умовах надзвичайної ситуації, що призводить до травмування та до інших непередбачених негативних наслідків.

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Забезпечення безпеки праці, організації оптимальних умов праці, а також захисту навколишнього середовища досягається шляхом дотримання норм і проведення заходів, передбачених законодавчими актами України.

Згідно ПУЕ [1] приміщення конструкторського бюро відноситься до категорії «Приміщення без підвищеної небезпеки», тому що характеризуються відсутністю умов, що створюють особливу або підвищену небезпеку.

Всі металеві частини повинні бути заземлені на третій провід спеціальних триконтактних розеток. Струмопровідні кабелі повинні бути розташовані у вигляді схованої проводки в стінах, таким чином, щоб контакт із кабелем був неможливий. Над кожною розеткою повинен бути попереджувачий напис.

Електрична ізоляція забезпечується конструкціями пристроїв і способами їхнього підключення. У процесі експлуатації періодично проводиться перевірка якості ізоляції, шляхом виміру її опору [2]. Відповідно до ПУЕ в електроустановках до 1000В мінімальне значення опору ізоляції силових і освітлювальних електропроводок на ділянці між суміжними запобіжниками або за останніми запобіжниками між будь-яким проведенням і землею становить не менш 0,5 М Ом.

Відповідно до ПУЕ захисне заземлення застосовується у всіх електроустановках змінного струму під напругою 380 В и вище й постійного струму 440В и вище. У приміщеннях з підвищеною небезпекою заземлення використовується в електроустановках змінного струму напругою 42 В та постійного струму 110 В [1]. Захисному заземленню підлягають корпуси

трансформаторів, оболонки кабелів, металеві огороження електроустановок відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом [3].

Вирівнювання потенціалів досягаються шляхом устрою контурних заземлювачів. У приміщеннях вирівнювання потенціалів здійснюється з'єднанням металевих стоек ЕОМ, корпусів апаратів світильників і іншого устаткування з усіма доступними для дотику металевими конструкціями будинку, спорудження, а також з контуром шиною захисного заземлення.

Електричний поділ мережі припускає розділ мережі на окремі електрично непов'язані між собою ділянки за допомогою розділових трансформаторів. Підвищення електробезпечності відбувається за рахунок зменшення ємкості мережі й підвищення опору ізоляції фаз мережі щодо землі.

Подвійна ізоляція забезпечує застосування крім основної, робочої ізоляції струмоведучих частин ще одного шару додаткової ізоляції, що ізолює людину від металевих неструмоведучих частин, які можуть випадково виявитися під напругою. При застосуванні електроустаткування з подвійною ізоляцією не потрібно ні заземлення, ні занулення їхніх корпусів [3].

Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики покриття технологічних підлог варто виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. До загальних мір захисту від статичної електрики можна віднести загальне й місцеве зволоження повітря.

Розрахуємо захисне заземлення для приміщення з розмірами $L = 7\text{ м}$, $B = 3\text{ м}$, $R_{\text{е}} = 8\text{ Ом}$, $U = 380\text{ В}$.

Параметри вертикально стрижня: $l_{\text{с}} = 3\text{ м}$, $d = 0,012\text{ м}$.

Ширина смуги $b_{\text{с}} = 0,025\text{ м}$, $\rho_{\text{вим}} = 92\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Кліматична зона III, склад ґрунту – однорідний, вологість повітря – нормальна.

Визначаємо необхідний опір штучного заземлювача R_u , Ом, якщо передбачається використання також природного заземлювача R_u , за формулою:

$$R_u = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3}, \text{ Ом};$$

де R_e – опір розтіканню струму природних заземлювачів, Ом;

R_3 – розрахунковий нормований опір заземлювального пристрою (ЗП), Ом.

$$R_e = 8, R_3 = 4$$

$$R_u = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3} = \frac{8 \times 4}{8 - 4} = 8$$

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot \Psi, \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

$\rho_{\text{вим}}$ – питомий опір землі, отриманий у результаті вимірів, Ом·м;

Ψ – коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання чи висихання ґрунту.

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot \Psi = 92 \cdot 1,3 = 119,6 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Обчислимо опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлювача R_e , Ом. Для стрижневого заземлювача круглого перерізу, заглибленого в ґрунт (рисунок 5.1), розрахункова формула має вигляд:

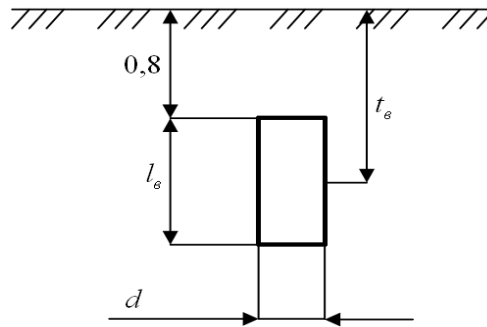


Рисунок 5.1 – Схема залягання стрижневого трубчастого заземлювача

$$R_{\epsilon} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\epsilon}} \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\epsilon}}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t_{\epsilon} + l_{\epsilon}}{5 \cdot t_{\epsilon} - l_{\epsilon}} \right), \text{ Ом};$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м; $\rho = 119,6$ Ом·м;

l_{ϵ} – довжина вертикального стрижня, м; $l_{\epsilon} = 3$ м;

d – діаметр перерізу стрижня, м; $d = 0,012$ м

t_{ϵ} – відстань від поверхні ґрунту до середини довжини вертикального стрижня, яка обчислюється за формулою:

$$t_{\epsilon} = 0,8 + \frac{1}{2} l_{\epsilon}, \text{ м.}$$

$$t_{\epsilon} = 0,8 + \frac{1}{2} l_{\epsilon} = 0,8 + 1/2 \cdot 3 = 0,8 + 1,5 = 2,3 \text{ м}$$

Тоді $R_{\epsilon} = 40,58$ Ом.

Розрахуємо наближену (мінімальну) кількість вертикальних стрижнів:

$$n' = \frac{R_{\epsilon}}{R_u}, \text{ шт.},$$

де R_{ϵ} – опір розтікання струму одиночного вертикального заземлювача, Ом; $R_{\epsilon} = 40,58$ Ом

R_u – необхідний опір штучного заземлювача, Ом; $R_u = 8,00$ Ом.

$$n' = \frac{R_{\epsilon}}{R_u} = \frac{40,58}{8,00} = 5,07 \text{ шт.}$$

Якщо виходити з розмірів контуру:

$$n = \frac{P}{a}, \text{ шт.},$$

де P – периметр прямокутника (приміщення), м. Який визначається за формулою:

$$P = 2 \cdot (L + B), \text{ м},$$

L – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

$$P = 2 \cdot (7 + 3) = 20 \text{ м},$$

a – відстань між стрижнями, обумовлена зі співвідношення, м:

$$a = k \cdot l_{\epsilon},$$

де l_{ϵ} – довжина вертикального стрижня, м;

k – коефіцієнт кратності, який дорівнює 1, 2, 3 (для заглиблених стаціонарних заземлювачів $k=1$).

$$a = k \cdot l_{\epsilon} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м}.$$

Тоді $n = \frac{P}{a} = \frac{20}{3} = 6,67$ приймаємо $n = 8$ шт.

Отриману кількість стрижнів округляють до більшого довідкового значення, але не менше n' .

Визначаємо довжину горизонтальної смуги при конфігурації групового заземлювача – контур:

$$l_z = 1,05 \cdot a \cdot n, \text{ м,}$$

де n – кількість вертикальних стрижнів; $n = 8$ шт.

a – відстань між вертикальними стрижнями, м; $a = 3$ м.

$$l_z = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 8 \cdot 3 = 25,20 \text{ м.}$$

Обчислити опір розтіканню струму горизонтальної з'єднуючої смуги R_z , Ом. У випадку горизонтального смугового заземлювача (рисунок 5.2) розрахунок виконується за формулою:

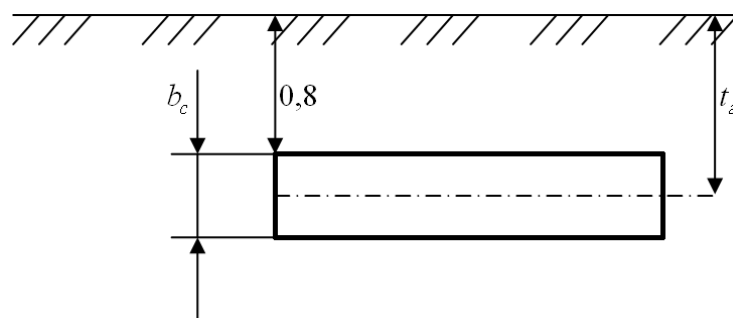


Рисунок 5.2 – Схема горизонтального смугового заземлювача

$$R_z = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_z} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_z^2}{b_c \cdot t_z}, \text{ Ом,}$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

l_z – довжина горизонтальної смуги, м;

b_c – ширина смуги, м;

t_z – відстань від поверхні ґрунту до середини ширини горизонтальної смуги, яка обчислюється за формулою:

$$t_z = 0,8 + \frac{1}{2} b_c, \text{ м.}$$

$$t_z = 0,8 + \frac{1}{2} * 0,025 = 0,81 \text{ м.}$$

Тоді:

$$R_z = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_z} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_z^2}{b_c \cdot t_z} = 8,34 \text{ Ом.}$$

Розрахувати еквівалентний опір розтіканню струму групового заземлювача:

$$R_{zp} = \frac{R_g \cdot R_z}{R_g \cdot \eta_z + R_z \cdot \eta_g \cdot n}, \text{ Ом,}$$

де R_g – опір розтікання струму одиночного вертикального заземлювача, Ом;

R_z – опір розтікання струму горизонтальної смуги, Ом;

η_g, η_z – коефіцієнти використання вертикальних стрижнів і горизонтальної смуги, Ом (додаток Б, В); $\eta_g = 0,59$; $\eta_z = 0,37$

n – кількість вертикальних стрижнів.

$$R_{zp} = \frac{R_g \cdot R_z}{R_g \cdot \eta_z + R_z \cdot \eta_g \cdot n} = 6,22 \text{ Ом.}$$

Отриманий опір розтіканню струму групового заземлювача не повинен перевищувати необхідний опір, визначений у пункті 5.2.

$$R_{zp} \leq R_u$$

$$6,22 \text{ Ом} \leq 8,00 \text{ Ом}.$$

Умова виконана, рішення завдання вірне.

У розділі НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними [4] передбачені гігієнічні вимоги до організації устаткування робочих місць ВДТ ЕОМ і ПЭВМ. Конструкція робочого стола повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки й забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного устаткування (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Висота робочої поверхні робочого стола із ВДТ повинні регулюватися в межах 680...800 мм, а ширина й глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина – 800..1000 мм). Приймаємо робочу поверхню з розмірами 1400x800. Площа дозволяє нам розмістити додаткові меблі для зберігання документів, магнітних дисків, полками, стелажми, тумбами й т.п .

Велике значення надається ергономічним та естетичним вимогам. Цього домоглися за допомогою колірного рішення приміщення й устаткування з урахуванням вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям» – у приміщеннях стіни пофарбовані фарбами пастельних тонів [4].

Під час організації робочого простору необхідно враховувати індивідуальні антропометричні параметри користувача з відповідними допусками на можливі зміни робочих поз та потребу у переміщеннях.

При організації роботи для збереження здоров'я, запобігання професійних захворювань і підтримки працездатності передбачені внутрішні регламентовані перерви для відпочинку. Тривалість обідньої перерви визначається чинним законодавством про працю й Правилами внутрішнього трудового розпорядку на виробництві.

Для підвищення продуктивності праці, а також зниження рівня стомлюваності при роботі передбачені десятихвилинні перерви щогодини.

Для запобігання підвищеним статичним навантаженням, зокрема, «тунельному синдрому», користувачам ПК рекомендовано:

- для запобігання «тунельного синдрому» робоче місце має бути зручним і ергономічно продуманим;
- працюючи за клавіатурою, необхідно стежити, щоб кут згину руки в лікті був прямим, тобто 90° ;
- дотримуватися оптимальної висоти клавіатури від підлоги – 65-75 см;
- користуватися ергономічними і зручними особисто для вас миші і клавіатури;
- використовувати силіконові подушки в якості опори для кисті [5].

5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

При виборі приміщення для розміщення робочих місць ПЕОМ необхідно враховувати, що вікна можуть давати блискість екранах дисплеїв і викликати значне осліплення в тих, хто сидить перед ними, особливо влітку та всонячні дні.

Приміщення з ПЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення. При незадовільному освітленні знижується продуктивність праці оператора ПЕОМ, можливі короткозорість, швидка втомленість.

Розміщення робочих місць оператора (користувача) повинно відповідати ГОСТ 22269- 76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.»

Не допускається розташування робочих місць ПЕОМ у підвальних і цокольних поверхах.

Робочі місця з ВДТ і ПЕОМ при виконанні творчої роботи, яка потребує значної розумової напруги чи великої концентрації уваги, слід ізолювати одне від одного перегородкою висотою 1,5-2,0 м. Площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, повинна становити не менше як 6.0 м^2 , об'єм приміщення – не менше як 20 м^3 .

Поверхня підлоги має бути рівною, без вибоїн, неслизькою, зручною для очищення та вологого прибирання, мати антистатичні властивості.

Для оздоблення приміщень з ВДТ повинні використовуватися дифузно-відзеркалюючі матеріали з коефіцієнтами відбиття: стелі – 0,7-0,8; стін – 0,4-0,5; підлоги – 0,2-0,3.

Забороняється застосовувати для оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

Робочі місця з ВДТ повинні розташовуватись на відстані не менше як 1,5 м від стіни з віконними прорізами, від інших стін – на відстані 1м; між собою на відстані не менше як 1,5м.

Оптимальні норми температури повітря в робочій зоні виробничих приміщень у холодний і перехідний періоди року при II категорії робіт згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [6] – $20...23^{\circ}\text{C}$, відносна вологість – 60...40%, швидкість руху повітря – 0.2 м/сек. У теплий період року температура – $22...25^{\circ}\text{C}$, відносна вологість – 60...40%, швидкість руху повітря – 0.2 м/сек.

Для забезпечення вищевказаних параметрів передбачене застосування вентиляції – природної (аерації й провітрювання), механічної (загальнобмінної, місцевої приточної і витяжної), кондиціювання повітря.

У приміщенні забезпечений приплив свіжого повітря, кількість якого визначається техніко-економічним розрахунком і вибором схеми системи вентиляції. Мінімальна витрата повітря визначається з розрахунку $50...60 \text{ м}^3/\text{год}$ на одну людину, але не менш дворазового повітрообміну в годину.

При невеликому забрудненні зовнішнього повітря кондиціонування приміщень здійснюється із перемінними витратами зовнішнього повітря й рециркуляційного.

При розміщенні робочих місць необхідно виключити можливість прямого засвічування екрана джерелом природного освітлення.

Вимоги до освітлення для візуального сприймання операторами інформації з двох різних носіїв (з екрана ВДТ та паперового носія) різні. Надто низький рівень освітленості погіршує сприймання інформації при читанні документів, а надто високий призводить до зменшення контрасту зображення знаків на екрані. Тому відношення яскравості екрана ВДТ до яскравості оточуючих його поверхонь не повинно перевищувати у робочій зоні 3:1.

Всі норми по освітленості беруться згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення» [7]. Штучне освітлення в приміщеннях здійснюється системою загального рівномірного освітлення. При цьому штучне освітлення застосовують не тільки в темний, але й у світлий час доби.

Штучне освітлення повинно забезпечити на робочих місцях ПЕОМ освітленість 300-500 лк. При природному освітленні слід передбачити наявність сонцезахисних засобів, з цією метою можна використовувати плівки з металізованим покриттям або жалюзі з вертикальними ламелями, що регулюються.

Найбільш прийнятними для приміщень є люмінесцентні лампи ЛБ (білого світла) потужністю 20, 40 або 80 Вт, які встановлюються в світильники типу ЛСП. Допускається застосування ламп накаливання у світильниках місцевого освітлення.

Загальне освітлення варто виконувати у виді суцільних чи переривчастих ліній світильників, розташованих збоку від робочих місць.

На робочому місці має бути забезпечена рівномірна освітленість за допомогою переважно відбитого або розсіяного світла розподілу.

Для запобігання засвітленню екранів ВДТ прямими світловими потоками лінії світильників повинні бути розташовані з достатнім бічним зміщенням відносно рядів робочих місць або зон, а також паралельно до світлових отворів. Бажане розміщення вікон з одного боку робочих приміщень. При цьому кожне вікно повинно мати світлорозсіюючі штори з коефіцієнтом відбивання 0,5-0,7.

Розташовувати робоче місце обладнане ВДТ, необхідно таким чином, щоб в поле зору оператора не потрапляли вікна або освітлювальні прилади; вони не повинні знаходитися й безпосередньо за його спиною.

Світлових відблисків з клавіатури, екрана та від інших частин ВДТ у напрямку очей оператора не повинно бути. Для їх виключення необхідно застосовувати спеціальні екранні фільтри, захисні козирки або розташовувати джерела світла паралельно напрямку погляду на екран ВДТ з обох сторін.

Для запобігання засліплення світильники місцевого освітлення повинні мати відбивачі з непрозорого матеріалу чи скло молочного кольору. Захисний кут відбивача повинен бути не менше 40 градусів.

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [8] зниження шуму, створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму проникаючого ззовні, є дуже важливим завданням. Зниження шуму в джерелі виникнення забезпечується застосуванням пружних прокладок між основою машини, приладу й опорною поверхнею. Як прокладки використовуються гума, повсть, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки із синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, – прокладки з м'якої гуми, повсті, товщиною 6-8 мм.

Рівні вібрації під час виконання робіт з ЕОМ у виробничих приміщеннях не перевищують допустимих значень, визначених у ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [9] та ДСН 3.3.6-039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [10].

Нормування технологічної вібрації (загальної і локальної) відбувається:

- в залежності від її спрямування у кожній октавній смузі (1,6-1000 Гц);
- з середньоквадратичними віброшвидкостями $(1,4-0,28) \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$;
- логарифмічними рівнями віброшвидкості (115-109 дБ);
- віброприскоренням $(85-0,1) \text{ м/с}^2$.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для офісного приміщення обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні обладнаному ПК з ВДТ:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у офісному приміщенні обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);
- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали [11].

Оскільки офісне приміщення обладнане ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016

«Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості [12].

Обладнання, силові та освітленні мережі офісного приміщення обладнаного ПК з ВДТ відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 яка відповідає класу пожежанебезпечної зони П-Па до якої належить приміщення.

З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в офісному приміщенні обладнаному ПК з ВДТ передбачені наступні протипожежні заходи:

- згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» [13], в офісному приміщенні обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК 6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика;

- оскільки офісне приміщення що обладнане ПК з ВДТ має площу 21 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штуки (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

5.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Порядок дій сил цивільного захисту у вогнищі хімічного ураження.

Вогнища хімічного ураження (ВХУ) виникають у результаті застосування супротивником ОР, а також при руйнуванні хімічно небезпечних об'єктів, які виготовляють чи використовують у технології СДОР (такі вогнища прийнято називати вторинними). При надходженні перших даних про виникнення ВХУ начальники і штаби ЦО оповіщають населення в зоні зараження і у районах, яким загрожує небезпека від хмари зараженого повітря, яка поширюється, ставлять завдання хімічній і медичній розвідкам, віддають розпорядження про проведення заходів щодо захисту населення, приймають рішення й організовують проведення РІНР у вогнищах. До РІНР залучаються окремі батальйони спеціального захисту, підрозділи хімічного захисту військових частин ЦО, зведені загони (команди) протирадіаційного і протихімічного захисту, медичні формування, команди знезаражування й інші спеціально підготовлені й оснащені підрозділи і формування. собовий склад сил ЦО, що вводиться у ВХУ, забезпечується ЗІЗ органів дихання і шкіри, антидотами, індивідуальними протихімічними пакетами.

Першими у ВХУ для надання допомоги ураженим вводяться медичні підрозділи військових частин і формування медичної служби ЦО, а також підрозділи хімічного захисту та формування протирадіаційного і протихімічного захисту. Основні завдання цих сил – надання негайної медичної допомоги ураженим, їх евакуація на незаражену місцевість і проведення дегазації території, споруд і техніки. У першу чергу евакуюють людей, які не мають засобів захисту органів дихання, потім тих, хто має протигази і вже одержали першу медичну допомогу; в останню чергу евакуюють людей, укритих в обладнаних фільтровентиляційними установками сховищах [14].

При проведенні рятувальних робіт у вторинному вогнищі ураження основні зусилля спрямовуються на локалізацію джерел отруйної речовини і запобігання її подальшого надходження на місцевість і в повітря.

Підрозділи хімічного захисту і формування протирадіаційного та протихімічного захисту в період проведення рятувальних робіт у ВХУ дегазують ділянки місцевості і доріг, будинки і споруди, проводять санітарну обробку особового складу військових частин, формувань і населення, знезаражують їх засоби захисту й одяг. Черговість проведення цих робіт визначається начальником ЦО, виходячи з конкретної обстановки. Для санітарної обробки населення, яке евакуюється з ВХУ, і дегазації транспортних засобів поблизу маршрутів евакуації на незараженій місцевості підрозділами хімічного захисту частин ЦО розгортаються пункти спеціальної обробки.

РІНР у ВХУ виконуються в протигазах і засобах захисту шкіри. Тривалість роботи змін у ВХУ залежить, головним чином, від припустимого часу безупинного перебування в ЗІЗ. Щоб уникнути перегріву і виходу його з ладу через теплові удари застосовують спеціальні комбінезони, що екранують, і поливання захисних костюмів водою.

Роботи проводяться з максимальною інтенсивністю до повного їх завершення в найкоротший термін, із залученням необхідної кількості сил і засобів та з дотриманням заходів безпеки. Заміна формувань здійснюється за рахунок резервів і залучення додаткових спеціальних формувань. У залежності від хімічної обстановки у вогнищах РІНР можуть проводитися послідовно (спочатку в окремих, найбільш важливих місцях) або одночасне на всій території ВХУ. Вогнища вважаються ліквідованими, коли перебування людей без засобів захисту в них стає безпечним. На період проведення робіт вогнище ураження оточується, встановлюється комендантська служба й організовується охорона громадського порядку [14].

6 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

У дипломній кваліфікаційній роботі магістра досліджено методи методи та засоби розпізнавання кольору дентальних імплантів та розроблено програмне забезпечення для навчання та розпізнавання кольору з використанням камери мобільного телефону.

Впровадження в експлуатацію розробленого програмного забезпечення (ПЗ) в стоматологічних клініках дозволить покращити якість послуг та використовувати звичайні смартфони замість спектрометрів.

У розробці беруть участь програміст із заробітною платою 6000 грн. на місяць і консультант із заробітною платою 8130 грн. на місяць. На розробку проєкту було витрачено два місяці. Розробка ПЗ розпочалася 07 вересня і має бути виконано до 13 листопада 2020 року.

6.1 Планування розробки програмного продукту

На рисунку 6.1 представлений укрупнений алгоритм розробки нової програми [19].

При плануванні розробки програмного продукту необхідно врахувати витрати робочого часу на виконання основних етапів роботи, що включають планування й аналіз вимог (предметної області), проектування й іспит програмного продукту [19].



Рисунок 6.1 – Укрупнений алгоритм програми

Результати планування заносяться до табл. 6.1.

На підставі алгоритму визначаємо етапи роботи, необхідні при розробці, визначаємо їх трудомісткість та тривалість виконання.

Необхідні початкові дані:

- час на розробку – до 3 міс.;
- консультант працює – до 0,25 міс. (10 дн.) з заробітною платою 8130 грн./міс;
- програміст працює – до 2,30 міс. (50 дн.) з заробітною платою 6000 грн./міс.

Таблиця 6.1 – Характеристика виконуваних робіт з розробки програмного продукту

Найменування робіт	Трудомісткість		Виконавці		Тривалість розробки, днів
	люд.- днів	% до підсумку	спеціаль-ність	кількість осіб	
1 Вивчення й аналіз предметної області	10	16,7	Програміст, консультант	2	5
2 Розрахунки	4	6,6	Програміст, консультант	2	2
3 Розробка програми					
3.1 Проєктування програмного продукту	20	33,3	Програміст	1	20
3.2 Розробка модулів	10	16,7	Програміст	1	10
3.3 Компонівка програми	10	16,7	Програміст	1	10
4 Тестування і налагодження програмного продукту	6	10	Програміст, консультант	2	3
Разом	60	100			50 10

Останнім етапом планування розробки програмного продукту є зведений стрічковий графік Ганта (табл. 6.2).

Графік побудований згідно табл. 6.2, де темносірим позначений програміст, а світлосірим – консультант.

Для визначення витрат на розробку програмного продукту складається калькуляція кошторисної вартості робіт, яка включає наступні пункти:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на єдиний соціальний внесок;

- витрати на спеціальне обладнання;
- матеріали і комплектуючі вироби;
- накладні витрати;
- податки [19].

6.3 Розрахунок витрат на оплату праці

Фонд оплати праці складається з основної заробітної плати і додаткової заробітної плати програміста та консультанта, відповідно основна заробітна плата працівника визначається тарифними ставками, посадовими окладами, відрядними розцінками, її розмір залежить від результатів роботи самого працівника [19].

Фонд оплати праці фахівців, грн., розраховується на основі формули (6.1):

$$\text{ФОП} = \text{ЗП}_{\text{осн.}} + \text{ЗП}_{\text{дод.}}, \quad (6.1)$$

де $\text{ЗП}_{\text{осн.}}$, $\text{ЗП}_{\text{дод.}}$ – основна та додаткова заробітна плата фахівців-розроблювачів програмного продукту, грн. [19].

Розраховується основна заробітна плата, грн., на основі формули (6.2):

$$\text{ЗП}_{\text{осн.}} = \text{ЗП}_{\text{ден.}} \cdot \text{Д}_{\text{розр.}}, \quad (6.2)$$

де $\text{ЗП}_{\text{ден.}}$ – денна заробітна плата фахівця, грн./день;

$\text{Д}_{\text{розр.}}$ – тривалість розробки програмного продукту, днів [19].

Денна заробітна плата фахівців, грн./день, розраховується на основі формули (6.3):

$$ЗП_{\text{ден.}} = \frac{О}{Д_{\text{роб.дн.}}}, \quad (6.3)$$

де $О$ – посадовий оклад фахівця, грн. (приймається посадовий оклад консультанта – 8130, програміста – 6000);

$Д_{\text{роб.дн.}}$ – кількість робочих днів в місяці [19].

Обчислимо:

$$ЗП_{\text{ден.прогр.}} = \frac{6000}{22} = 272,73,$$

$$ЗП_{\text{ден.конс.}} = \frac{8130}{22} = 369,54.$$

Розраховується основна заробітна плата програміста та консультанта, грн.:

$$ЗП_{\text{осн.прогр.}} = 272,73 \cdot 50 = 13636,50,$$

$$ЗП_{\text{осн.конс.}} = 369,54 \cdot 10 = 3695,40.$$

Результати розрахунків зведені в табл. 6.3.

Величина додаткової заробітної плати визначається кінцевими результатами діяльності підприємства і виступає у формі премій, винагород, заохочувальних виплат, доплат за особливі умови праці, оплати за невідпрацьований час (відпустки, лікарняні) [19].

Таблиця 6.3 – Розрахунок основної заробітної плати фахівців

Посада виконавця	Чисельність фахівців, осіб	Місячний оклад фахівців, грн.	Кількість робочих днів розробки програми	Сума основної заробітної плати фахівців, грн.
Програміст	1	6000	50	13636,50
Консультант	1	8130	10	3695,40
Разом	2	-	-	17331,90

Розраховується додаткова заробітна плата фахівців, грн., на основі формули (6.4):

$$ЗП_{\text{дод}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot K_{\text{дод.з.}}, \quad (6.4)$$

де $K_{\text{дод.з.}}$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати, приймається 0,17 [19].

Обчислимо:

$$ЗП_{\text{дод. прог.}} = 13636,50 \cdot 0,10 = 1363,65,$$

$$ЗП_{\text{дод. конс.}} = 3695,40 \cdot 0,10 = 369,54.$$

Розраховується загальна заробітна плата фахівців, грн.

$$\text{ФОП}_{\text{конс.}} = 3695,40 + 369,54 = 4064,94,$$

$$\text{ФОП}_{\text{фах.}} = 13636,50 + 1363,65 = 15000,15.$$

Результати розрахунків фонду заробітної плати наводяться у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Фонд заробітної плати фахівців

Посада виконавця	Основна зарплата, грн.	Додаткова зарплата, грн.	Всього фонд оплати праці, грн.
Програміст	13636,50	1363,65	15000,15
Консультант	3695,40	369,54	4064,94
Разом	17331,90	1733,19	19065,09

Розраховуються відрахування на соціальні заходи – єдиний соціальний внесок (відрахування до Пенсійного фонду, фонду страхування на випадок тимчасової непрацездатності, фонду страхування по безробіттю та фонду страхування від нещасних випадків на виробництві), грн., на основі формули (6.5):

$$B_{\text{с.з.}} = (3П_{\text{осн.}} + 3П_{\text{дод.}}) \cdot K_{\text{с.з.}}, \quad (6.5)$$

де $K_{\text{с.з.}}$ – коефіцієнт відрахувань на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок), згідно діючого законодавства 0,22 [19].

Обчислимо:

$$B_{\text{с.з.}} = (17331,90 + 1733,19) \cdot 0,22 = 4194,32.$$

6.4 Визначення витрат на матеріали

До складу матеріальних витрат включають вартість сировини, основних матеріалів, покупних комплектуючих виробів, напівфабрикатів, послуги виробничого характеру сторонніх підприємств, паливо та енергію та технологічні потреби [19].

Прямі матеріальні витрати, грн., розраховується на основі формули (6.6):

$$B_{\text{мат.}} = \sum q_i \cdot C_i, \quad (6.6)$$

де C_i – ціна i -го матеріалу, грн./од.;

q_i – норма витрат матеріалу, нат.од. [19].

Обчислимо:

$$B_{\text{мат1}} = 1 \cdot 120,80 = 120,80,$$

$$B_{\text{мат2}} = 1 \cdot 650,00 = 650,00,$$

$$B_{\text{мат3}} = 1 \cdot 15,50 = 15,50,$$

$$B_{\text{мат4}} = 1 \cdot 138,00 = 138,00,$$

$$B_{\text{мат5}} = 5 \cdot 79,00 = 395,00,$$

$$B_{\text{мат6}} = 1 \cdot 161,00 = 161,00.$$

Розрахунок прямих матеріальних витрат приведений у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Прямі матеріальні витрати

Назва матеріалу	Одиниця вимірювання	Норма витрат, нат.од.	Ціна, грн./нат.од.	Сума, грн.
1 Папір	пачка	4	207,50	830,00
2 Картридж	од.	1	650,30	650,30
Разом	—	—	—	1480,30

6.5 Визначення витрат на спеціальне устаткування

Ця стаття витрат є комплексною і охоплює зокрема витрати, що включають амортизаційні відрахування, витрати на електроенергію, оплату праці з відповідними відрахуваннями на соціальні заходи робітників, які обслуговують обладнання, при цьому спочатку обов'язково складається річний

кошторис витрат на утримання обладнання та відповідно на його експлуатацію [19].

Річна сума амортизаційних відрахувань, грн., розраховується на основі формули (6.7):

$$A_{\text{річ.}} = B_{\text{перв.}} \cdot \frac{H_a}{100\%}, \quad (6.7)$$

де $B_{\text{перв.}}$ – первісна вартість комп'ютера, грн.;

H_a – річна норма амортизації, % [19].

Первісна вартість комп'ютера, грн., розраховується на основі формули (6.8):

$$B_{\text{перв.}} = B_{\text{придб.}} \cdot (1 + K_{\text{тр.в.}}), \quad (6.8)$$

де $B_{\text{придб.}}$ – вартість придбання (сума, сплачена постачальнику), грн., приймається 6099,00;

$K_{\text{тр.в.}}$ – коефіцієнт транспортних витрат, який враховує витрати на доставку, монтаж та налагодження, приймається 0,05 [19].

Обчислимо:

$$B_{\text{перв.}} = 6099,00 \cdot (1 + 0,05) = 6403,95 \text{ грн.},$$

$$A_{\text{річ.}} = 6403,95 \cdot 0,25 = 1600,99 \text{ грн.}$$

Річні витрати на електроенергію, грн., розраховується на основі формули (6.9):

$$B_{\text{ел.річн.}} = P_n \cdot F_{\text{еф}} \cdot K_{\text{зав}} \cdot K_{\text{зп}} \cdot \Pi_{\text{ел}}, \quad (6.9)$$

де P_n – номінальна потужність персонального комп'ютера (ПК), кВт/год., приймається за паспортом комп'ютера 0,4;

$F_{\text{еф}}$ – річний ефективний фонд роботи ПК, год.;

$K_{\text{зав.}}$ – середній коефіцієнт завантаження за часом, приймається 0,9;

$K_{\text{зп}}$ – коефіцієнт завантаження за потужністю, приймається 0,4;

$\Pi_{\text{ел}}$ – ціна електроенергії, грн./кВт-год., приймається 2,11 [19].

Річний ефективний фонд роботи обчислюється на основі формули (6.10):

$$F_{\text{еф}} = (D_{\text{кал}} - D_{\text{вих}} - D_{\text{св}}) \cdot t_{\text{зм}} - t_{\text{п.св.}} - t_{\text{обсл.}}, \quad (6.10)$$

де $D_{\text{кал}}$, $D_{\text{вих}}$, $D_{\text{св}}$ – відповідно календарні, вихідні та святкові дні (на 2019 рік – 365, 104, 11);

$t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год., за даними підприємства приймається вісім;

$t_{\text{п.св.}}$ – скорочення робочих днів перед святковими днями на 1 год., на 2019 рік становить сім год.;

$t_{\text{обсл}}$ – час обслуговування ПК, приймається 104 год. [19].

Обчислимо:

$$F_{\text{еф}} = (365 - 104 - 11) \cdot 8 - 7 - 104 = 1889,$$

$$B_{\text{ел.річн.}} = 0,4 \cdot 1889 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 2,11 = 573,95.$$

Розраховується річний фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу, за умови, що один місяць – чергова відпустка, використовується формула (6.11):

$$\Phi ОП_{\text{обсл.річн.}} = (3П_{\text{осн.обсл.}} + 3П_{\text{доод.обсл.}}) \cdot \frac{t_{\text{обсл.}}}{F_{\text{еф.}}}, \quad (6.11)$$

де $ЗП_{\text{осн.обсл.}}$ – основна заробітна плата обслуговуючого персоналу, приймається посадовий оклад 7446,00 грн.;

$ЗП_{\text{дод.обсл.}}$ – додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн., розраховується за формулою (6.4) [19].

Обчислимо:

$$ЗП_{\text{дод.обсл.}} = 7446,00 \cdot 0,10 = 744,60,$$

$$\Phi ОП_{\text{обсл.річн.}} = (7446,00 + 744,60) \cdot 12/1889 = 52,03 \text{ грн.}$$

Розраховуються відрахування на соціальні заходи по заробітній платі обслуговуючого персоналу, грн., на основі формули (6.12):

$$В_{\text{с.з.обсл.}} = \Phi ОП_{\text{обсл.річн.}} \cdot K_{\text{с.з.}}, \quad (6.12)$$

Обчислимо:

$$В_{\text{с.з.обсл.}} = 52,03 \cdot 0,22 = 11,45.$$

Розраховуються витрати на поточний ремонт устаткування, грн., на основі формули (6.13):

$$В_{\text{пот.рем.}} = В_{\text{перв.}} \cdot K_{\text{пот.рем.}}, \quad (6.13)$$

де $K_{\text{пот.рем.}}$ – коефіцієнт витрат на поточний ремонт, приймається 0,03 [19].

Обчислимо:

$$В_{\text{пот.рем.}} = 6403.95,00 \cdot 0,03 = 192,12.$$

Розраховуються інші витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн., на основі формули (6.14):

$$V_{\text{ін.}} = (A_{\text{річн.}} + V_{\text{ел.річн.}} + \text{ФОП}_{\text{обсл.}} + V_{\text{с.з.обсл.}} + V_{\text{пот.рем.}}) \cdot K_{\text{інш.}}, \quad (6.14)$$

де $K_{\text{інш.}}$ – коефіцієнт інших витрат, приймається 0,03 [19].

Обчислимо:

$$V_{\text{ін.}} = (1600,99 + 573,95 + 52,03 + 11,45 + 192,12) \cdot 0,03 = 72,89.$$

Розраховуються річні витрати на утримання та експлуатацію обладнання на основі формули (6.15):

$$V_{\text{у.е.о.}} = \Phi_{\text{річн.}} + V_{\text{ел.річн.}} + \text{ФОП}_{\text{обсл.}} + V_{\text{с.з.обсл.}} + V_{\text{пот.рем.}} + V_{\text{ін.}} \quad (6.15)$$

Обчислимо:

$$V_{\text{у.е.о.}} = 1600,99 + 573,95 + 52,03 + 11,45 + 192,12 + 72,89 = 2503,43.$$

Річні витрати на утримання та експлуатацію обладнання (спеціального устаткування) наводяться в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Кошторис витрат на обладнання

Найменування статей витрат	Сума, грн.
1. Амортизація	1600,99
2. Витрати на електроенергію	573,95
3. Основна та додаткова зарплата обслуговуючого персоналу	52,03
4. Відрахування на соціальні заходи	11,45
5. Витрати на поточний ремонт	192,12
6. Інші витрати	72,89
Разом	2503,43

Розраховуються експлуатаційні витрати на 1 годину роботи ПК, грн./год., на основі формули (6.16):

$$V_{\text{експл.1год.}} = V_{\text{у.е.о.}}/F_{\text{еф.}} \quad (6.16)$$

Обчислимо:

$$V_{\text{експл.1год.}} = 2503,43/1889 = 1.33.$$

Розраховуються експлуатаційні витрати на весь час роботи ПК при написанні програмного продукту, грн., на основі формули (6.17):

$$V_{\text{експл.}} = V_{\text{експ.1год.}} \cdot t_{\text{м.ч.}}, \quad (6.17)$$

де $t_{\text{м.ч.}}$ – час роботи ПК при написанні програмного продукту, в середньому робота за комп'ютером приймається 8 год./добу [19].

Показник розраховується на основі формули (6.18):

$$t_{\text{м.ч.}} = D_{\text{роб.прогр.}} \cdot 8, \quad (6.18)$$

де $D_{\text{роб.прогр.}}$ – кількість днів роботи програміста при розробці програмного продукту [19].

Обчислимо:

$$t_{\text{м.ч.}} = 50 \cdot 8 = 400,$$

$$V_{\text{експл.}} = 1,33 \cdot 400 = 530,11 \text{ грн.}$$

6.6 Визначення накладних витрат

Накладні (непрямі) витрати – це витрати, які пов’язані не з виготовленням конкретних виробів напряму, а з процесом виробництва в цілому, включаючи зокрема такі витрати, як зарплата управлінського персоналу, утримання та експлуатація будівель, комунальні послуги та ін., відповідно розраховуються накладні (непрямі) витрати на основі формули (6.19):

$$V_{\text{накл.}} = (ЗП_{\text{осн.прогр.}} + ЗП_{\text{осн.конс.}}) \cdot K_{\text{накл.в.}}, \quad (6.19)$$

де $K_{\text{накл.в.}}$ – коефіцієнт накладних витрат, приймається 0,50 [19].

Обчислимо:

$$V_{\text{накл.}} = (1363,50 + 3695,40) \cdot 0,50 = 8665,95.$$

Дані розрахунків витрат на розробку програмного продукту наводяться в табл. 6.7.

Розраховуються загальні витрати на розробку програмного продукту, грн., на основі формули (6.20):

$$V_{\text{заг.}} = ЗП_{\text{осн.}} + ЗП_{\text{дод.}} + V_{\text{с.с.}} + V_{\text{мат.}} + V_{\text{експл.}} + V_{\text{накл.}}. \quad (6.20)$$

Обчислимо:

$$V_{\text{заг.}} = 17331,90 + 1733,19 + 4194,32 + 1480,30 + 530,11 + 8665,95 = 33935,77$$

грн

За результатами розрахунків, наведених у табл. 6.7, можна зробити висновок, що найбільшу питому вагу у витратах на розробку програмного продукту займають витрати на оплату праці фахівців.

Таблиця 6.7 – Калькуляція собівартості робіт з розробки програми

Найменування статей витрат	Сума, грн.	Питома вага, %
1. Основна зарплата	17331,90	51,07
2. Додаткова зарплата	1733,19	5,11
3. Відрахування на соціальні заходи	4194,32	12,36
4. Матеріальні витрати	1480,30	4,36
5. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (експлуатаційні витрати)	530,11	1,56
6. Накладні витрати	8665,95	25,54
Разом	33935,77	100,00
Прибуток 30%	10392,50	
Разом	45034,16	
Податок на додану вартість 20%	9006,83	
Разом	54040,99	

6.7 Оцінка економічної ефективності

На даний момент (до реалізації програмного забезпечення) процес було організовано таким чином, що підтримкою даної діяльності займався аналітик. У результаті впровадження програмного продукту менеджери зможуть виконувати власну діяльність без звернень до аналітика, тобто аналітика можна буде скоротити.

Час роботи аналітика обходився в 60 гривень. Відповідно 500 годин – 30000 гривень на рік. Програма окупиться менш ніж за 2 роки, що менше навіть

самого жорсткого нормативу для автоматизованих систем рівного 3 роки.
Розробка програми економічно ефективна.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено дослідження методів та засобів визначення кольору дентальних імплантів.

В роботі досліджено методи та технічні засоби визначення кольору дентальних імплантів. Досліджено вартість спектографів і доведено, що використання звичайних мобільних телефонів дозволить знизити вартість послуг цифроової медицини.

Розроблена модель розпізнавання кольору дентальних імплантів, що основана на згорткових нейроних мережах, використовує фотографії отримані зі звичайних смартфонів замість спектографів, що дозволить зменшити вартість стоматологічних послуг.

Для оброблення зображень, та навчання нейроних мереж використовувалась мова python та пакети numpy, pandas, os, keras, tensorflow, matplotlib. Були дослідженні дві моделі VGG16 та Interception V3 з використанням вільних баз даних та попередньої обробки зображень.

Подальший розвиток роботи повинний бути спрямований в отримання більш точної моделі, та впровадження розробленої моделі в мобільне застосування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Медична реформа [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/reformi/rozvitok-lyudskogo-kapitalu/reforma-sistemi-ohoroni-zdorovya> .
2. Мінцер О.П. Шляхи розвитку мобільної медицини [Текст] / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія, 2016. – № 3. – С. 5-11.
3. Расцветки искусственных зубов для визуального измерения цвета [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dentaltechnic.info/index.php/obshie-voprosy/cvetovedenie-v-jesteticheskoy-stomatologii/330-rascvetkiiskusstvennyhzubovdlyavizualnogoizmereniyacveta>
4. Полифертова С.Ю. Современные способы аппаратного определение цвета реставраций в стоматологии [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/10/72699>.
5. Леманн К.М. Візуальний та цифровий способи визначення кольору [Текст] / К.М. Леманн, Г. Шеллер // Новини стоматології, 2013. – № 1. – С.30-32.
6. Контрольно-вимірювальні прилади [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://proizvodim.com/kontrolno-vimiryuvalni-priladi.html> .
7. VITA Easyshade® V [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.vita-zahnfabrik.com/pdb_GG2G50G200_en,98478.html.
8. SpectroShade Micro [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://spectroshade.us/products/spectroshade-micro-ii>
9. BOREA [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://borea.dental/the-rayplicker/?lang=en>.
10. 3Shape TRIOS [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.3shape.com/en/scanners/trios-4?gclid=CjwKCAiA8Jf-BRB-EiwAWDtEGiDfQzRG9ze6n_Vri4Ookvape4tOb7hryRbP5qg7kAaZE935L1rCaxoCOPiQAvD_BwE .

11. Li H. The Prediction in Computer Color Matching of Dentistry Based on GA+BP Neural Network" / H. Li, L. Lai, L. Chen, Ch. Lu, Q. Cai // Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2015, – 7 p.

12. Заряєва Д.М. Пошук об'єктів у відеопотоціза допомогою згорткових нейронних мереж [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/konffacuv16_71.pdf.

13. Згорткова нейронна мережа [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B0

14. Jordan J. Common architectures in convolutional neural networks. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.jeremyjordan.me/convnet-architectures/>.

15. LeCun Y. Gradient-Based learning, applied to documents recognition [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://yann.lecun.com/exdb/publis/pdf/lecun-98.pdf>.

16. Krizhevsky A. ImageNet classification with deep convolutional neural networks/ A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton // Neural Information Processing Systems, 2012. – pp. 1097-1105.

17. Simonyan K. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition / K. Simonyan, A. Zisserman, // CoRR, abs/1409.1556, 2014.

18. Szegedy Ch. Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1512.00567> .

19. Chu S.J. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects / S.J. Chu, R.D. Trushkowsky, R.D. Paravina // J Dent. – 2010. – P. 2-16.

20. Convolutional Neural Network (CNN) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.tensorflow.org/tutorials/images/cnn> .

21. Keras [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://keras.io/api/applications>.
22. Basel [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.bazel.build/versions/master/install-windows.html>.
23. MSYS2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.msys2.org/>.
24. Код Visual Studio [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/visual-studio-code/>.
25. Dataset collection [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://humansintheloop.org/dataset-collection/?utm_term=image%20dataset&utm_campaign=New+campaign+-+lead+search&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=9918518833&hsa_cam=9626582376&hsa_grp=100496667993&hsa_ad=425618078848&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-413220300404&hsa_kw=image%20dataset&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=CjwKCAiA_eb-BRB2EiwAGBnXXo1IsdukCcbWOrcXj52m6oE92j7jwiIJNFAKYu1WFSGCNEDqEoHwahoC-4UQAvD_BwE.
26. Тестирование в Django [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://djbook.ru/rel1.8/topics/testing/index.html>

ДОДАТОК А

ТЕКСТ ПРОГРАМИ

```
Datapreprocessing.py
import hashlib
import tensorflow as tf
import os
import glob
import cv2
import random
from lxml import etree
from PIL import Image
from shutil import copyfile

from object_detection.utils import label_map_util
from object_detection.utils import dataset_util

RANDOM_SEED = 42
flags = tf.app.flags

def create_directory_if_not_exists(directory):
    if not os.path.exists(directory):
        os.makedirs(directory)

def preprocess_image(image_path, horizontal_flip=False):
    img = cv2.imread(image_path, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
    clahe = cv2.createCLAHE(clipLimit=2.0, tileGridSize=(16,16))
```

```

cl = clahe.apply(img)
if horizontal_flip:
    cl = cv2.flip(cl, 1)
# Image.fromarray(cl).show()
return cv2.imencode('.jpeg', cl)[1].tostring()

def get_image_full_path(dataset_directory, image_subdirectory, filename):
    full_path = os.path.join(dataset_directory, image_subdirectory, filename +
'.png')
    if not os.path.isfile(full_path):
        full_path = os.path.join(dataset_directory, image_subdirectory, filename
+ '.jpg')
    return full_path

def get_horizontal_flipped_index(i):
    # Input: the index number
    # Output: the corresponding horizontally flipped index
    # Example: get_horizontal_flipped_index(13) = 23
    if (i - 10 % 20) // 10 in [1,3]:
        return i - 10
    else:
        return i + 10

def dict_to_tf_example(data,
                        dataset_directory,
                        label_map_dict,
                        categories,
                        image_subdirectory='JPEGImages',
                        flip=False,

```

```

eval=False):

    full_path = get_image_full_path(dataset_directory, image_subdirectory,
data['filename'])
    if eval:
        cop = 'data/inference/' + dataset_directory.split('/')[ -2] + '-' +
data['filename'] + '.' + full_path.split('.')[ -1]
        copyfile(full_path, cop)
        encoded_jpg = preprocess_image(full_path, horizontal_flip=flip)

width = int(data['size']['width'])
height = int(data['size']['height'])

xmin = []
ymin = []
xmax = []
ymax = []
classes = []
classes_text = []
if 'object' not in data.keys():
    print('No label detected in the xml format')
else:
    for obj in data['object']:
        if obj['name'] in categories:
            if flip:
                print('flip')
                c = str(get_horizontal_flipped_index(int(obj['name'])))
                xmin.append(1.0 - float(obj['bndbox']['xmax']) / width)
                ymin.append(float(obj['bndbox']['ymin']) / height)

```

```

        xmax.append(1.0 - float(obj['bbox']['xmin']) / width)
        ymax.append(float(obj['bbox']['ymax']) / height)
        classes_text.append(c.encode('utf8'))
        classes.append(label_map_dict[c])
    else:
        c = obj['name']
        xmin.append(float(obj['bbox']['xmin']) / width)
        ymin.append(float(obj['bbox']['ymin']) / height)
        xmax.append(float(obj['bbox']['xmax']) / width)
        ymax.append(float(obj['bbox']['ymax']) / height)
        if max([float(obj['bbox']['xmin']) / width,
float(obj['bbox']['ymin']) / height, float(obj['bbox']['xmax']) / width,
float(obj['bbox']['ymax']) / height]) > 1.0:
            print('error')
            raise Exception('oops')
        classes_text.append(c.encode('utf8'))
        classes.append(label_map_dict[c])

```

```

example = tf.train.Example(features=tf.train.Features(feature={
    'image/height': dataset_util.int64_feature(height),
    'image/width': dataset_util.int64_feature(width),
    'image/filename': dataset_util.bytes_feature(
        data['filename'].encode('utf8')),
    'image/source_id': dataset_util.bytes_feature(
        data['filename'].encode('utf8')),
    'image/encoded': dataset_util.bytes_feature(encoded_jpg),
    'image/format': dataset_util.bytes_feature('jpeg'.encode('utf8')),
    'image/object/bbox/xmin': dataset_util.float_list_feature(xmin),
    'image/object/bbox/xmax': dataset_util.float_list_feature(xmax),

```

```

    'image/object/bbox/ymin': dataset_util.float_list_feature(ymin),
    'image/object/bbox/ymax': dataset_util.float_list_feature(ymax),
    'image/object/class/text': dataset_util.bytes_list_feature(classes_text),
    'image/object/class/label': dataset_util.int64_list_feature(classes),
  ))

```

```

  return example

```

```

def extract_examples_list(dataset, categories, data_dir):
    all_examples = [p.split('/')[-1].split('.')[0] for p in
glob.glob(os.path.join(data_dir, 'Annotations', '*.xml'))]
    return all_examples

```

```

def get_data(example, annotations_dir):
    path = os.path.join(annotations_dir, example + '.xml')
    with tf.gfile.GFile(path, 'r') as fid:
        xml_str = fid.read()
    xml = etree.fromstring(xml_str)
    return dataset_util.recursive_parse_xml_to_dict(xml)['annotation']

```

```

def extract_datapoint(example, annotations_dir, data_dir, label_map_dict,
categories, eval=False):
    data = get_data(example, annotations_dir)
    tf_example = dict_to_tf_example(data, data_dir, label_map_dict,
categories, eval=eval)
    return tf_example

```

```

def extract_flipped_datapoint(example, annotations_dir, data_dir,
label_map_dict, categories):

```

```

    data = get_data(example, annotations_dir)
    tf_example = dict_to_tf_example(data, data_dir, label_map_dict,
categories, flip=True)
    return tf_example

def extract_dataset(dataset):
    data_dir = dataset
    annotations_dir = os.path.join(data_dir, 'Annotations')
    label_map_dict = label_map_util.get_label_map_dict(os.path.join(data_dir,
'pascal_label_map.pbtxt'))
    categories = list(label_map_dict.keys())
    all_examples_list = extract_examples_list(dataset, categories, data_dir)
    train_datapoints = []
    eval_datapoints = []
    random.seed(RANDOM_SEED)
    random.shuffle(all_examples_list)
    limit = int(len(all_examples_list) * flags.FLAGS.train_eval_ratio)
    training_examples = all_examples_list[:limit]
    eval_examples = all_examples_list[limit:]
    for idx, example in enumerate(all_examples_list):
        print(data_dir, example)
        if example in training_examples:
            print('Training')
            train_datapoints.append(extract_datapoint(example, annotations_dir,
data_dir, label_map_dict, categories))
        if example in eval_examples:
            print('Eval')
            eval_datapoints.append(extract_datapoint(example, annotations_dir,
data_dir, label_map_dict, categories, eval=True))

```

```

    return train_datapoints, eval_datapoints

def extract_all_datasets(datasets):
    training = []
    eval = []
    for dataset in datasets:
        print(dataset)
        t, e = extract_dataset(dataset)
        training += t
        eval += e
    return training, eval

def main(_):
    match = '_output'
    training_path = os.path.join(flags.FLAGS.data_folder, 'train' + match +
'.record')
    val_path = os.path.join(flags.FLAGS.data_folder, 'val' + match + '.record')
    train_writer = tf.python_io.TFRecordWriter(training_path)
    val_writer = tf.python_io.TFRecordWriter(val_path)
    datasets = glob.glob(flags.FLAGS.data_folder + '/*' + match + '/')
    i = 0
    training, eval = extract_all_datasets(datasets)
    print('Training examples', len(training))
    print('Eval examples', len(eval))
    for tf_example in training:
        train_writer.write(tf_example.SerializeToString())
    train_writer.close()
    for tf_example in eval:
        val_writer.write(tf_example.SerializeToString())

```

```
val_writer.close()
```

```
if __name__ == '__main__':
```

```
    tf.app.run()
```