Федеральное государственное образовательное бюджетное

учреждение высшего образования

**«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»**

Факультет прикладной математики и информационных технологий

Департамент анализа данных, принятия решений и финансовых технологий

**Выпускная квалификационная работа**

на тему: «Разработка программного приложения для идентификации повреждений плодов яблок»

Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Профиль «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах»

Выполнил студент учебной группы:

ПМ18-1

Федоров Дмитрий Андреевич

Москва

Содержание

[Введение 3](#_Toc97664274)

[Описание проблемы 5](#_Toc97664275)

[Глава 1. Анализ существующих решений 8](#_Toc97664276)

[Определение повреждений яблок с использованием Multi-Scale Dense Classification Network 8](#_Toc97664277)

[Набор данных 8](#_Toc97664278)

[Алгоритм 9](#_Toc97664279)

[Результаты 10](#_Toc97664280)

[Определение повреждений яблок с при помощи анализа нескольких признаков (Multi-feature Fusion) 12](#_Toc97664281)

[Описание оборудования 12](#_Toc97664282)

[Определение цвета яблок 13](#_Toc97664283)

[Определение размера яблок 14](#_Toc97664284)

[Определение формы яблок 14](#_Toc97664285)

[Определение повреждений 14](#_Toc97664286)

[Результаты 14](#_Toc97664287)

[Выявление дефектов яблок на основе FCM-NPGA и многомерного анализа изображений 16](#_Toc97664288)

[Набор данных 16](#_Toc97664289)

[Алгоритм 16](#_Toc97664290)

[Результаты 17](#_Toc97664291)

[Литература 18](#_Toc97664292)

# 1. Введение

С развитием компьютерных алгоритмов и рынка технологий для сельскохозяйственной отрасли повышаются и ожидания качества и стандартов производимых продуктов, а следовательно, и потребность в быстром и точном определении характеристик пищевых продуктов и их классификация. В данный момент большинство процессов по контролю качества продуктов во время их выращивания и на стадии сбора выполняются в полу-ручном или полностью ручном формате, что занимает большое количество времени и подвержено ошибкам, связанным с человеческим фактором, невнимательностью. Компьютерное зрение представляет собой одну из возможностей для автоматизации процесса контроля качества, которая не требует значительных изменений в процессе выращивания фруктов и овощей. Анализ и обработка изображений находят широкое применение в процессах сельскохозяйственной промышленности. Проведенные исследование и тесты подтверждают потенциал использования компьютерного зрения для выявления повреждений на плодах и задач их классификации.

В ходе данной работы будет описана и рассмотрена проблема автоматического определения повреждений и болезней плодов яблок с помощью технологий компьютерного зрения, существующие разработки и их применение.

Сельскохозяйственная отрасль входит в десятку ведущих отраслей, в которых применение компьютерного зрения может принести значительный эффект. Потенциал внедрения данной технологии был исследован и признан еще до начала 21 века. Автоматизация процесса контроля качества выращиваемых плодов стала более возможной в последние года из-за создания новых алгоритмов и методов обработки изображения, которые позволяют упростить процесс внедрения и сделать его дешевле.

В ходе проведенных исследований были выявлены основные принципы и шаги обработки изображений:

* Low-level processing (низкоуровневая обработка) – первый уровень обработки изображений, который включает в себя получение изображения от камер и перевод его в цифровую форму и предварительную обработку, которая приводит изображения к единому формату, убирая шумы, искажения и корректируя цветовые уровни.
* Intermediate-level processing (промежуточная обработка) – уровень обработки, на котором происходит выделение объекта на изображении. От точности выполнения промежуточной обработки зависит точность выполнения дальнейшего определения повреждений. Сегментация и выделение объектов может быть осуществлена 3 разными способами: пороговая сегментация, сегментация на основе краев и сегментация на основе областей. Результатом промежуточной обработки является выделение плода на изображении.
* High-level processing (высокоуровневая обработка) – последний уровень обработки, в котором происходит распознавание поврежденных плодов и их классификация. Высокоуровневая обработка включает в себя использование алгоритмов глубокого обучений и статистических методов.

В каждом из 3 типов обработки идет непрерывное взаимодействие с базой знаний в которой хранятся необходимые материалы (коэффициенты моделей, примеры для обучения и классификации) для выполнения точной классификации. Для повышения качества автоматизации процесса контроля качества плодов базу знаний необходимо пополнять материалами и периодически пересчитывать коэффициенты моделей.

***Рисунок 1. Общий алгоритм обработки изображений***

Diagram

Description automatically generated

# 2. Описание проблемы

На данный момент яблочная промышленность является одной из самых быстро развивающихся среди всех фруктов в мире.

Качество выращиваемых яблок напрямую определяет возможности для дальнейшего развития яблочной промышленности. В то же время различные повреждения и болезни яблок, и несвоевременное их предотвращение становится одним из ключевых показателей в качестве плодов и доходности бизнеса по выращиванию яблок, что также напрямую наносит вред для развития всей сельскохозяйственной отрасли. В связи с этим решение проблемы определения и распознавания повреждений и болезней яблок поможет повысить качество конченого продукта и внесет положительное влияние на отрасль и инвестиции в нее.

В настоящее время определение поврежденных плодов выполняется в ручном или полуавтоматическом режиме и сильно зависит от человеческого фактора. В настоящее время автоматизация используется при сортировке собранных плодов по весу и форме.

Одной из основных проблем автоматизированного распознавания поврежденных плодов является внешнее сходство некоторых болезней и их стадий, что может привести к большим расхождениям в результатах и несвоевременному устранению проблем, которое отразится на общем качестве урожая фруктов и нанесет ущерб бизнесу. Решением этой проблемы становится использование нейронных сетей и алгоритмов глубокого обучения (Deep learning) для повышения точности результатов. Параллельное внедрение технологий IoT (Internet of Things – интернет вещей) помогает постоянно контролировать качество выращиваемых плодов, что уменьшает количество затрачиваемого человеком времени и сокращает влияние человеческого фактора на процесс контроля качества яблок.

Как было описано ранее, задача определения повреждений на плодах подразделяется на 3 основных подзадачи:

* Сбор и первичная обработка изображений
* Выделение плодов яблок на изображении
* Определение повреждений плода

В ходе данной работы основными элементами исследования станут выделение плодов яблок на изображении и последующее определение повреждений на них. В качестве данных для обучения модели будут использоваться готовые и промаркированные наборы данных.

Далее будут рассмотрены несколько примеров существующих решений и принцип их работы. На основании приведенных примеров будет сформирован финальный план создания и тестирования модели.

Практическое применение модели, определяющей повреждённые плоды имеет две основных области применения:

* Идентификация поврежденных плодов на производстве (в садах) для своевременного реагирование и устранения причин болезни \ вырубка больного дерева и тд
* Классификация плодов в распределительных центрах магазина для оценки качества и сверки с заявленным в договоре

Одними из самых распространенных и наиболее опасных для экономики производства яблок являются следующие болезни и повреждения:

1. Физические повреждения – плоды яблок поврежденные при помощи физического воздействия погоды, птиц или других вариантов. Физические повреждения не несут за собой серьезных последствий для всего урожая или конкретных деревьев, так как нанесены точечно и не способно распространиться.

***Рисунок 2. Физическое повреждение яблока***



1. Парша (apple scab) – болезнь приводит к образованию темных пятен или повреждений на листьях, плодах, а иногда и на молодых веточках. Пораженные растения могут преждевременно сбрасывать плоды. Поражаются все виды яблонь, хотя некоторые сорта обладают большей устойчивостью. Яблоневая парша встречается везде, но наиболее сильно проявляется в местах с прохладным и влажным климатом. Это заболевание может привести к большим потерям урожая и поэтому имеет экономическое значение для производителей яблок.

***Рисунок 3. Парша***



1. Плодовая гниль (ring rot) - болезнь характеризуется слегка впалыми поражениями с чередующимися коричневыми кольцами на инфицированных плода. В последние семьдесят лет высокая заболеваемость яблоневой плодовой гнилью постепенно становится серьезной проблемой в плодоводстве. С плодовой гнилью трудно бороться, поскольку патоген может заражать плоды на стадии роста и вызывать гниль во время хранения. Инфекция вызывает потери до 50% до сбора урожая и еще 79% теряется при хранении на восприимчивых сортах яблони.

***Рисунок 4. Плодовая гниль***



# 3. Анализ существующих решений

## 3.1 Определение повреждений яблок с использованием Multi-Scale Dense Classification Network

В примере будет рассмотрено применение Multi-Scale convolutional нейронная сеть, которая используется для определения 11 различных видов заболеваний на основании анализа изображений плодов и листьев яблонь.

В работе были использованы следующие подходы:

* Для дополнения набора данных был использован метод Cycle-GAN, который позволил сгенерировать изображения двух болезней на поверхности здоровых яблок.
* Multi-scale Dense нейронная сеть была использована для определения заболеваний.

### 3.1.1 Набор данных

Изображения, используемые в данной работе, состоят из изображений плодов яблок, собранных в полевых условиях, поэтому количество изображений плодовой гнили намного меньше, чем изображений других типов болезней. Такое распределение изображений не подходит для качественного обучения нейронной сети. Для решения этой проблемы был использован алгоритм Cycle-GAN, который предназначен для переноса стиля изображения путем обучения на двух различных типах. Работу алгоритма можно описать следующим образом:

1. Формируется 2 пространства изображений со здоровыми плодами и плодами с болезнями (X и Y);
2. Алгоритму задается задача по преобразованию изображения из пространства X в пространство Y;
3. Алгоритм преобразует изображение с использованием генератора F(x);
4. Для определения принадлежит ли изображение к пространству Y алгоритм использует дискриминатор DY.

***Рисунок 5. Алгоритм создания повреждения на яблоке***

Graphical user interface, diagram

Description automatically generated

Cycle-GAN был обучен на большом количестве изображений, которые был предварительно обработаны по яркости, вращению и зеркальному отображению. После обучения алгоритм был применен для создания изображений с плодовой гнилью.

Полученные изображения, были предоставлены экспертам по болезням, которые отобрали 500 изображений каждого типа болезни, которые могли быть использованы в качестве обучающих образцов. Эти сгенерированные изображения были добавлены в набор данных.

### 3.1.2 Алгоритм

Для определения болезней на изображения со сложным фоном увеличивается количество слоев в нейронной сети. Однако, такой подход ведет к тому, что с увеличением глубины слоев нейронная сеть теряет особенности изображения из нижних слоев, что приводит к неадекватному использованию признаков изображения. В связи с этим, когда сеть достигает определенной глубины увеличение числа слоев не может продолжать улучшать ее возможности.

В качестве основы были выбраны сети Inception-V$ и Inception-ResNet-V2, так как семейство сетей inception показало высокую производительность в задачах классификации. Идеи Multi-Scale соединения и DenseNet были использованы для построения новых моделей и повышения их производительности.

Структура сетей Inception показана на рисунке 6, где Stem - базовая структура извлечения признаков, состоящая из множества операций свертки и объединения. Модуль Inception-X изучает особенности изображения с помощью архитектуры передачи признаков.

***Рисунок 6. Структура сетей Inception***

Diagram

Description automatically generated

Один из основных механизмов модуля Inception показан на рисунке 7. Существует два основных вклада структуры Inception:

1. Свертка 1×1 для повышения и понижения размерности;
2. Cвертка и агрегирование по нескольким измерениям одновременно.

Inception-ResNet-V2 вводит модуль ResNet по сравнению с Inception-V4, что еще больше улучшает производительность сети.

***Рисунок 7. Модуль Inception***

Diagram

Description automatically generated

DenseNet использовалась для объединения признаков разной глубины путем установления плотных связей между передними и задними слоями, тем самым достигая повторного использования признаков.

В качестве примера взяты четыре модуля Inception-A в Inception-V4, показанные на рисунке 8. Выход первого блока Inception обрабатывается функцией H1 и затем используется в качестве входа второго блока Inception. Выход второго блока Inception каскадируется с выходом предыдущего блока после работы функции H2. Их объединение является входом третьего блока Inception. Выход третьего блока Inception каскадируется с выходом двух предыдущих блоков Inception после выполнения функции H3 и затем принимается в качестве входа четвертого блока Inception. Наконец, выходы всех блоков Inception объединяются в качестве входа последующей сети.

***Рисунок 8. Пример работы модулей Inception***

A screenshot of a computer

Description automatically generated with low confidence

Multi-scale соединение позволяет функциям сети разной глубины функционировать в окончательном обучении, что еще больше улучшает использование функций нижнего слоя.

### 3.1.3 Результаты

Результаты определения различных заболеваний приведены в таблице 1. Точность1 - результат модели Multi-scale Dense Inception-V4, Точность2 - результат модели Multi-scale Dense Inception-ResNet-V2.

Из результатов, приведенных в таблице 1, видно, что самая высокая точность определения у здоровых плодов яблони. Поскольку различие между общим заболеванием и серьезными заболеваниями не очевидно, точность результата определения. Кроме того, признаки изображений серой пятнистости яблони и ржавчины кедровой яблони имеют определенное сходство, поэтому среди тестовых образцов выдается несколько неточных результатов диагностики. Однако, объединив результаты различных категорий, две новые модели показали превосходные результаты и могут быть использованы на практике.

***Таблица 1. Результаты применения Multi-scale Dense Inception алгоритмов***

Table

Description automatically generated

## 3.2 Определение повреждений яблок с при помощи анализа нескольких признаков (Multi-feature Fusion)

Работа описывает разработку устройства по обнаружению дефектов плодов и их сортировке в полевых условиях с использованием алгоритмов нейронных сетей. Для оценки яблок были выбраны 4 характеристики: цвет, форма, дефекты поверхности и размер. Были разработаны алгоритмы для определения и различения этих четырех признаков при помощи компьютерного зрения и других алгоритмов. После определения четыре признака были объединены в одну модель для классификации на 3 категории: яблоки первого сорта, яблоки второго сорта и яблоки других сортов.

### 3.2.1 Описание оборудования

Оборудование для сортировки яблок состояло из механизма наведения, транспортировочного устройства, устройства обнаружения, исполнительного механизма и устройства сбора, а камеры были установлены для обзора яблока с трех сторон:

***Рисунок 9. Устройство оборудования по сортировке яблок***

Diagram, engineering drawing

Description automatically generated

***Рисунок 10. Алгоритм работы оборудования по сортировке яблок***

Diagram

Description automatically generated

### 3.2.2 Определение цвета яблок

Для определения цвета использовалась модель цветового пространства HSV. Модель способна различать оттенки, насыщенность и значение яркости цвета яблока.

Оттенок менее всего подвержен влиянию освещения и наиболее подходит для определения различных цветов яблок. Для преобразования изображения в пространство HSV использовалась библиотека OpenCV. Для получения диапазона от 0 до 180 значения оттенка было поделено на 2. Для анализа из изображения были извлечены красный, желтый и фоновый компоненты.

Для финальной оценки и описания цвета яблока было использовано соотношение количества красных пикселей в оттенке к общему количеству пикселей в области яблока.

### 3.2.3 Определение размера яблок

Для определения размера яблока была использована минимальная окружность яблока, полученная с изображения с верхней камеры. На основе минимальной окружности был рассчитан максимальный диаметр поперечного сечения яблока.

### 3.2.4 Определение формы яблок

Для оценки формы яблок использовались индекс округлости и индекс формы.

Индекс округлости () высчитывался по формуле:

– площадь яблока на изображении (количество пикселей);

– периметр яблока на изображении (количество пикселей на окружности).

Чем ближе значение индекса к единице, тем более круглой считается форма.

Индекс формы () высчитывался по формуле:

– длина яблока по вертикали;

– длина яблока по горизонтали.

Значение индекса интерпретируются следующим образом: 0.8-0.9 – сплющенное, 0.9-1.0 – круглое, более 1 – вытянутое, продолговатое.

### 3.2.4 Определение повреждений

Определение повреждений выполнялось с помощью TensorFlow и модели SSD MultiBox.

Для обучения использовался, промаркированный при помощи инструмента LabelImg toolbox, набор данных, загруженный в сеть классификации MobeleNetV2.

Разработанная модель показала точность в 95% на тестовой выборке.

### 3.2.5 Результаты

Для проверки работоспособности оборудования было выбрано 510 яблок. Яблоки были вручнуб классифицированы, а после переданы для классификации при помощи оборудования. Результаты автоматического отбора яблок приведены в таблице 2.

***Таблица 2. Результаты алгоритма, анализирующего несколько факторов***

Table

Description automatically generated

Дальнейшее улучшение результатов возможно при применении вращающего устройства в оборудовании по классификации для получения более точной информации о яблоке.

## 3.3 Выявление дефектов яблок на основе FCM-NPGA и многомерного анализа изображений

Для определения дефектов яблок в работе был предложен алгоритм, основанный на сегментации при помощи Fuzzy C-means и нелинейного генетического алгоритма (NPGA), и последующего анализа изображений.

При обработке изображение было очищено и улучшено при помощи дробного дифференцирования: с изображения был удален шум и краевые точки. После обработки изображение сегментировалось и после сегментации определялись повреждения плодов.

***Рисунок 11. Алгоритм FCM-NGPA и многомерного анализа***

Diagram

Description automatically generated

### 3.3.1 Набор данных

В качестве выборки в работе были использованы 2000 яблок, приобретенных на рынке. 1200 яблок были не повреждены, а остальные 800 имели различные повреждения и были использованы для тестирования модели.

Отобранные яблоки были сфотографированы в специальных условиях, для облегчения определения яблока на изображении и повышении качества самого изображения.

Полученные изображения были обработаны при помощи алгоритма дробных вычислений, что позволило удалить шум изображений и более четко выделить границы яблока.

### 3.3.2 Алгоритм

Для сегментации поверхности яблока и выделения дефектов использовался алгоритм FCM. Однако использование только этого алгоритма является неточным, так как результаты могут быть подвержены сильному искажению из-за различий в освещении или ракурсе снимка. Для повышения точно был применен генетический алгоритм нелинейного программирования (NPGA), который позволил более четко выделить детали изображения.

***Рисунок 12. Сегментация изображения с применением FCM-NPGA***

A picture containing indoor, fruit, different, plant

Description automatically generated

После сегментации изображений был применен алгоритм многомерного анализа изображений и места повреждений были выделены на изображении.

***Рисунок 13. Сегментация изображения с применением FCM-NPGA и многомерного анализа***

A picture containing indoor, different

Description automatically generated

### 3.3.3 Результаты

Результаты эксперимента показали, что метод FCM-NPGA хорошо справляется с сегментацией изображений с выраженными геометрическими характеристиками, а метод многомерного анализа позволяет доопределить эти сегменты. Общая точность эксперимента составила 98%, что означает, что в 98% случаев дефекты на изображении были выделены верно.

# 4. Разработка модели

## 4.1 Описание датасета

## 4.2 Теоритечесая справка

Ниже будет приведен набор методов и алгоритмов обработки изображений, который будет использоваться в разработке модели по определению болезней плодов яблок по фото

### 4.1.1 Определение объектов

Первым шагом в разработке модели является определеление яблок на фото и выделение их как отдельных объектов. Для этих целей будет использована модель YOLO (you only look once)

# 5. Результаты

# 6. Заключение

# Литература

(список не полный и не оформлен – далее буду приводить его к корректному формату и добавлять другую литературу)

1. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.698474/full#T1>
2. <https://www.researchgate.net/publication/354329724_Infield_Apple_Detection_and_Grading_Based_on_Multi-Feature_Fusion>
3. <https://www.researchgate.net/publication/339329227_Detection_of_Apple_Defects_Based_on_the_FCM-NPGA_and_a_Multivariate_Image_Analysis/fulltext/5e4bdb3fa6fdccd965af24b4/Detection-of-Apple-Defects-Based-on-the-FCM-NPGA-and-a-Multivariate-Image-Analysis.pdf>
4. <https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Osco/publication/347891669_ATSS_Deep_Learning-Based_Approach_to_Detect_Apple_Fruits/links/5fe614cb45851553a0ee3832/ATSS-Deep-Learning-Based-Approach-to-Detect-Apple-Fruits.pdf?origin=publication_detail>
5. <https://jonathan-hui.medium.com/object-detection-speed-and-accuracy-comparison-faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656ae359>
6. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7238364>
7. <https://www.researchgate.net/publication/271432601_Design_of_Crop_Yield_Estimation_System_for_Apple_Orchards_Using_Computer_Vision>
8. <https://www.goodfruit.com/computer-vision-systems-can-count-apples-and-provide-a-new-perspective-on-crop-load/>
9. https://www.researchgate.net/publication/341670138\_Apple\_Defect\_Detection\_Using\_Deep\_Learning\_Based\_Object\_Detection\_For\_Better\_Post\_Harvest\_Handling
10. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8517256/>
11. https://www.researchgate.net/publication/342763588\_Deep\_Learning\_for\_Apple\_Diseases\_Classification\_and\_Identification
12. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8517256/
13. https://ginfo.news/yablochnaya-i-grushevaya-promyshlennost-veroyatno-budet-stoit-2-mlrd-cherez-10-let/
14. https://pdf.sciencedirectassets.com/272413/1-s2.0-S0888327020X00082/1-s2.0-S0888327020303083/am.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjED4aCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQCIsyu5xa4FsU%2FlcbKf8ImLho1JT0dblfH5CrEwrmp58AIhAI5rxT%2FmkE208kxQ0Am019DkP8mzD8%2B9kKSZyT%2F%2Fi9jiKvoDCGcQBBoMMDU5MDAzNTQ2ODY1IgwhSRMkenlR3xZ99w4q1wMFyAFMJRPZy89nP3UU2VNmcGJRVv6eiz%2B8d9aeN%2FeRmuvWPyXtjFnoLoWoz9qkjVLDxTU65sOCtYNLdDYknwTs9BxJ%2BjsRss4O9blqVy52VlzFNNzg6vli7Z7Xyi81AW6lBzBvGoO5TKVTtr0sV0zHSe3C2lXJpDZqsRjCe05rGuU1MwCTlmVT6LZ2lToN%2BcL1ZoXcGZKYvJucFtQAL%2BYeZ96SFWcfrXxoRUVjXFIo6awQktxS9dF09CpVVekQiwd9bBS2b1cLxdwTA77dce98%2F5oY7uhB7MH5qohZVK4mIeSaAT0pJWsHeTVJ2GoL75JSK5tbhIy0HGyJj9qWQlaretj6SgAaXzRdjO2GNNyYc4G7PyhixWlP%2Fxkg%2Bpnal6mPcXxtFQGAN7cETfxjIN4iB8Pa7eTw1kl2bqTHuqHdh6y6NboASBN7YPXDF3BUphO1g7GfPlOgPLw3Uo1YvASMENQthOVaC%2Bjew7uFmps%2BtrBDTRhS2QrHhTL3dvPXI0zhrtsn1VHTfYiivuCMVBlYpMqOfWT6xmPSuH2HF%2FlX2NWNks1L0o9JlZyoOQLl4qrFl3RkmBcWiC5dBlS5Nx1Gr3Q8LSqSTwSRoi11XlYoTYzYCcjnvnswkpO3jwY6pAHcUpQLQoGB3tEZXGGejJtYEDGJZaJcPtxsvA8lEuqctje30fEqxRvwFQp%2BBZi2XsA%2B3Gok5PwrljPqpnWR9lQX9qwCEzdLWfLtGRCHRaB4AKvwG8Gzv0ptzf91V1lrnUU3bGa23OJ6W9PpKRyFBbaLZAhf8NP6j9i1lAqNJX2829VU1ac9dDxz%2BzAPQbgpvY7bEHvBQMQITiER5Sthijn7pcKLvg%3D%3D&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20220123T220501Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=300&X-Amz-Credential=ASIAQ3PHCVTYURPSOAUC%2F20220123%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\_request&X-Amz-Signature=f6db6079f443d8d3cb2553f76101c7b9258fabaeae54515389b93c10c8aa942e&hash=aa00f5d316dba6c9bd8acdf24d2aed9cd7d4ddcf9a2cb067fae886e7a3453aa5&host=68042c943591013ac2b2430a89b270f6af2c76d8dfd086a07176afe7c76c2c61&pii=S0888327020303083&tid=pdf-c92ae5ba-68d3-4625-9da2-27fb39115dfa&sid=4fa18a5b7c46b54fac2ab02969a8b18f0aa4gxrqb&type=client