Republic of Yemen
Ministry of Education and Scientific Research
Azal University for Human Development
Faculty of Engineering & IT

الجمهورية اليمنية
وزارة التربية والتعليم والبحث العلمي
جامعة آزال للتنمية البشرية
كلية الهندسة وتقنية المعلومات

SeedIQ App

تطبيق كشف جودة بذور الذرة (الصفراء) باستخدام الذكاء الاصطناعي

أثير توفيق عبدالكريم المتوكل	2022110084
ريما فؤاد محمد الإرياني	2021100533
سحر أحمد محمد الزريقي	2022110317
شورى أحمد أحمد الزهيري	2021100427
فاطمة ناجي محمد السليماني	2022110089

تحت إشراف:

د.م / وليد الوجيه

البحث مقدم إلى كلية الهندسة وتقنية المعلومات قسم تقنية معلومات، جامعة آزال للتنمية البشرية
لاستكمال متطلبات نيل درجة البكالوريوس في تقنية المعلومات

2025-2026

الآية القرآنية

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى في محكم التنزيل:

(وَآيَةٌ لَهُمُ الْأَرْضُ الْمَيْتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ)

سورة يس آية 33

وقال تعالى أيضا في محكم التنزيل:

(ثُمَّ شَقَقْنَا الأَرْضَ شَقًّا * فَأَنبَتْنَا فِيهَا حَبًّا)

سورة عبس آية 26-27

الملخص (Abstract)

هدف هذا المشروع إلى تقديم حل تقني مبتكر ومستدام لفحص جودة وحيوية بذور الذرة الصفراء في الجمهورية اليمنية، وذلك من خلال تطوير تطبيق هاتف محمول ذكي يعتمد على تقنيات **الرؤية الحاسوبية (Computer Vision)** و**التعلم العميق (Deep Learning)**. يأتي هذا النظام استجابةً للتحديات التي يواجها القطاع الزراعي اليمني المتمثلة في تدني جودة المدخلات الزراعية وصعوبة الفحص المخبري التقليدي للمزارعين في المناطق النائية.

اعتمد النظام في جانبه التقني على معمارية **MobileNetV3** لبناء نماذج تصنيف ذكية أُعدت خصيصاً للعمل بكفاءة على الأجهزة ذات الموارد المحدودة. تم تطوير مسارين للاختبار: الأول يعتمد على **الإضاءة الطبيعية** وحقق دقة بلغت **89.6%**، والثاني يعتمد على تقنية **الإضاءة الخلفية (Backlight)** التي أثبتت كفاءة أعلى في كشف العيوب البنيوية للبذور بدقة وصلت إلى **95.5%**؛ مما يوفر للمزارع خيارات متعددة تتناسب مع ظروفه الميدانية.

تم تنفيذ التطبيق باستخدام إطار عمل **Flutter** مدمجاً بتقنية **TensorFlow Lite** لضمان تنفيذ الاستدلال (Inference) محلياً على الهاتف دون الحاجة لاتصال بالإنترنت، وبزمن استجابة فوري يقل عن **200ملي ثانية**. كما يشتمل التطبيق على نظام متكامل لإدارة المستخدمين، وتوثيق سجلات الفحص باستخدام قاعدة بيانات **SQLite**، مع واجهات برمجية باللغة العربية صُممت لتلائم احتياجات المستخدم الميداني.

تُوج المشروع بتقديم أداة عملية تسهم في رفع كفاءة الإنتاج الزراعي المحلي وتقليل الهدر، ويمثل خطوة رائدة نحو توطين تقنيات الذكاء الاصطناعي لخدمة الأمن الغذائي في اليمن.

الكلمات المفتاحية : الذكاء الاصطناعي، تصنيف البذور، الرؤية الحاسوبية، MobileNetV3، الزراعة الذكية في اليمن، TensorFlow Lite، التعلم العميق.

الإهداء (Dedication)

﴿فرحين بما آتاهم الله من فضله﴾

الحمد لله شكراً وحباً على عظيم فضله، بدءاً وختاماً.

نهدي هذا العمل إلى من قال الله تعالى فيهم: ﴿ووصّينا الإنسان بوالديه إحساناً﴾

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامهن، واحتضننا دعاؤهن قبل أيديهن،

إلى داعماتنا الأُولات وقلوبنا الدافئة: أمهاتنا العزيزات.

وإلى من نحمل أسماءهم بكل فخر واعتزاز، إلى أركاننا الراسخة في الحياة،

إلى من أناروا طريقنا، وكانوا مصدر قوتنا وفخرنا: آباؤنا الكرام.

وإلى من ذلّلوا لنا الصعاب، ومهّدوا لنا دروب النجاح، وكانوا السند بعد الله: أهالينا الأحبة.

شكر وتقدير (Acknowledgment)

نحمد الله حمداً كثيراً طيباً فما تم لنا جهد ولا طابت لنا مساعٍ إلا بتوفيقه ومعيته وتسخيره للأسباب، ونتقدم بأصدق عبارات الشكر الجزيل والتقدير للدكتور المشرف د/ وليد الوجيه على إرشاده وتوجيهاته الثمينة من البداية حتى الإتمام، ونشكر كل فرد في هذا الفريق بذل وساهم في إنجاح وإيصال البحث إلى ما وصل إليه،

ونتقدم بالشكر لدكاترتنا الأفاضل في كلية الهندسة وتقنية المعلومات،

ولا ننسى كل من ساند وأعان وشجع ودعم في سبيل إنجاز بحثنا أهل وأصدقاء وزملاء وكل من كانت له لفته ولو بسيطة في تحقيق هذا الهدف.

إقرار المشرف (Supervisor Certification)

نشهد أن إعداد هذا المشروع أعد بواسطة:

أثير المتوكل، ريما الأرياني، سحر الزريقي، شورى الزهيري، فاطمة السليماني

تم تحت إشرافي في جامعة آزال، كليه الهندسة وتقنية المعلومات قسم تقنية معلومات للحصول على درجة البكالوريوس في تقنية المعلومات.

اسم المشرف

التوقيع

التاريخ

لجنة الحكم والمناقشة (Examination Committee)

عنوان المشروع: تطبيق ذكي لكشف جودة البذور باستخدام الذكاء الاصطناعي.

المشرف

No	الاسم	الوظيفة	الوقيع
1			

لجنة الحكم والمناقشة

No	الاسم	الوظيفة	الوقيع
1			
2			
3			
4			

جدول المحتويات (Table of Contents)

المحتويات

الآية القرآنية I
الملخص (Abstract) II
الإهداء (Dedication) III
شكر وتقدير (Acknowledgment) IV
إقرار المشرف (Supervisor Certification) V
لجنة الحكم والمناقشة (Examination Committee) VI
جدول المحتويات (Table of Contents) VII
قائمة الجداول (List of Tables) XI
قائمة الأشكال (List of Figures) XII
الفصل 1 : المقدمة (Introduction) 1
1.1 المقدمة (Introduction): 2
2.1 مشكلة المشروع (Problem Statement): 2
3.1 أهمية المشروع (Project Importance): 3
4.1 أهداف المشروع (Objectives Project)): 3
5.1 المنهجية (Methodology): 4
1.5.1 جمع المعلومات مراجعة الأدبيات (الدراسات السابقة): 4
2.5.1 تحليل النظام (System Analysis): 4
3.5.1 جمع وإعداد البيانات (Data collection & Preparation): 4
4.5.1 تصميم النظام (System Design): 5
5.5.1 تنفيذ النظام (System Execution): 5
6.5.1 اختبار وتقييم النظام (Testing & Evaluation): 5
7.5.1 توثيق المشروع (Final Report Preparation): 5
6.1 حدود المشروع (Project Scope Limitation): 5
1.6.1 الحدود الزمانية (Time limits): 5
2.6.1الحدود المكانية (Spatial limits): 5
3.6.1 حدود المجال (Field limits): 5
4.6.1 الحدود التقنية (Technical limits): 6
7.1 تنظيم التقارير (Report organization): 6
الفصل 2 : الخلفية النظرية والدراسات السابقة (Background and Literature Review) 7
1.2 مقدمة عن نظام كشف البذور (Background): 8
2.2 الخلفية النظرية (Theoretical Background): 8
1.2.2 الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence): 8
2.2.2 تعلّم الآلة (Machine Learning): 8

3.2.2 التعلّم العميق (Deep Learning): 9
4.2.2 الشبكات العصبية الالتفافية (Convolutional Neural Networks – CNN): 9
5.2.2 هندسة الشبكات العصبية (CNN Architectures): 9
6.2.2 معالجة الصور مسبقاً (Image Preprocessing): 10
7.2.2 زيادة البيانات (Data Augmentation): 10
8.2.2 تقييم أداء النماذج (Model Evaluation Metrics): 10
3.2 السياق الزراعي اليمني (Yemeni agricultural context): 10
4.2 الدراسات السابقة (Literature Review): 11
5.2 التحليل الحرج (Critical Analysis): 16
6.2 ما سيقدمه المشروع (What Project can do): 16
الفصل 3 :تحليل المتطلبات والنمذجة (Requirement Analysis and Modeling) 17
1.3 نظرة عامة عن المشروع (Overview of the project): 18
2.3تحليل المشكلة : 18
1.2.3 وصف مجال المشكلة : 18
2.2.3 تحديد أصحاب المصلحة و احتياجاتهم: 18
3.2.3 تحليل الوضع الحالي و نقاط الضعف: 19
4.2.3 تعريف بيان المشكلة و الأهداف : 19
5.2.3 تعريف فئات المستخدم و خصائصها: 20
6.2.3 تحديد احتياجات المستخدم و تجميع المتطلبات: 21
3.3 دراسة الجدوى (Feasibility Study): 21
1.3.3 الجدوى التقنية: 22
2.3.3الجدوى الاقتصادية: 23
3.3.3 الجدوى التشغيلية: 24
4.3.3 الجدوى الزمنية : 25
4.3 منهجية المشروع (Project Methodology): 27
5.3 تحديد المتطلبات (Define requirements): 27
1.5.3 المتطلبات الوظيفية: 27
2.5.3 المتطلبات غير الوظيفية: 29
6.3 متطلبات النمذجة وبناء التطبيق (Requirements for modeling & building): 30
1.6.3 مخطط حالات الاستخدام(Use Case Diagram) 30
2.6.3 مخطط تسلسل الأحداث(Sequence Diagram) : 33
3.6.3 مخطط تدفق البيانات (Dataflow Diagram) : 41
4.6.3 مخطط العلاقات الكيانية(Entity-Relationship Diagram - ERD): 44
7.3 واجهات المشروع (Project Interface): 45
الفصل 4 : تصميم وتنفيذ النظام (System Design & Implementation 50
1.4المقدمة : 51

2.4 التصميم الهندسي (System Design): 51
1.2.4 الهيكلية المعمارية للنظام(System Architecture) : 51
2.2.4 تصميم وتنفيذ قاعدة البيانات المحلية :(Local Database Implementation)..... 53
3.2.4 هندسة واجهات المستخدم (UI/UX Engineering): 55
3.4 بناء وتدريب النماذج الذكية لتصنيف البذور (Dual-Model Development) 57
1.3.4 مبررات استراتيجية النماذج المتعددة :(Technical Rationale) : 57
2.3.4 الأساس العلمي لتقنية الفحص الضوئي (Optical Inspection of Seed Viability) : 57
3.3.4 تصنيف النماذج بناءً على ظروف الإضاءة: 58
4.3.4 منهجية جمع العينات والتحقق التجريبي (Sample Acquisition & Empirical Validation) :..... 58
5.3.4 بروتوكول التصوير الرقمي وهندسة البيانات(Digital Imaging Protocol) : 59
6.3.4 نظام هندسة ومعالجة البيانات (Data Processing System):..... 60
7.3.4 معمارية النموذج والتدريب (MobileNetV3 Architecture & Training) :..... 73
8.3.4 نتائج التدريب والتحقق (Experimental Results & Evaluation) : 80
4.4التنفيذ والربط التقني(System Implementation & Integration) :..... 82
1.4.4بيئة التطوير والتقنيات المستخدمة(Development Stack) : 82
2.4.4آلية تكامل النموذج مع التطبيق(Model Integration Logic) : 83
3.4.4الخوارزميات البرمجية لمحرك التطبيق(Application Core Algorithms) : 83
الفصل 5 : الاختبار والمناقشة(Testing & Discussion) 87
1.5 المقدمة : 88
2.5 بيئة الاختبار(Experimental Setup) : 88
3.5اختبار وظائف التطبيق(Functional Testing) : 88
4.5 نتائج تقييم الأداء والمقارنة بين النماذج:(Performance Evaluation & Model Comparison) .. 88
1.4.5نتائج اختبار نموذج الإضاءة الخلفية:(Backlight Model Results) 89
2.4.5نتائج اختبار نموذج الإضاءة الطبيعية(Natural Light Model Results) : 89
3.4.5تحليل المقارنة بين النموذجين(Comparative Analysis) : 89
5.5 مناقشة واستنتاجات الاختبار (Discussion of Findings): 89
6.5 اختبار كفاءة الأداء وزمن الاستجابة(Performance & Latency Testing) : 90
1.6.5 سرعة الاستدلال اللحظي(Inference Latency) : 90
2.6.5 استهلاك موارد النظام(Resource Consumption) : 90
7.5 اختبار الواجهات : 90
1.7.5 واجهة الشعار(Splash Screen): 90
2.7.5 واجهات المصادقة والتحقق(Authentication & Verification Screen) 91
3.7.5 الواجهة الرئيسية (Home Screen): 94
4.7.5واجهات الفحص الجديد لنموذج الإضاءة الخلفية : 95
5.7.5 واجهات الفحص الجديد لنموذج الإضاءة الطبيعية: 96
6.7.5 واجهة الملف الشخصي (Profile Screen):..... 97

8.5 ملخص نتائج الاختبار والمناقشة:(Summary of Findings) 99
الفصل 6 : النتائج والمناقشات (Results and Discussions) 100
والاستنتاجات والأعمال المستقبلية (Conclusions and Future Work) 100
1.6 النتائج والمناقشات (Results and Discussions) 101
1.1.6 النتيجة العامة (General Results): 101
2.1.6 النتائج التفصيلية(Detailed Results) : 101
2.6 الاستنتاجات والأعمال المستقبلية(Conclusions and Future Work) 101
1.2.6 الاستنتاجات(Conclusions) : 101
2.2.6 الأعمال المستقبلية(Future Work) : 102
قائمة المراجع (References) 104
الملاحق 106

قائمة الجداول (List of Tables)

جدول 1-2 الدراسات السابقة 14
جدول 2-2 مقارنة بين المشروع الحالي الدراسات السابقة 16
جدول 1-3 التكاليف الثابتة 23
جدول 2-3 التكاليف المستمرة للإستدامة 24
جدول 3-3 الجدوى الزمنية 25
جدول 4-3 توصيف عمليات مخطط حالات الاستخدام 30
جدول 5-3 توصيف عمليات مخطط تسلسل الأحداث 33
جدول 6-3 توصيف عمليات مخطط تدفق البيانات 41
جدول 7-3 توصيف عمليات مخطط الكيانات العلائقية 44
جدول 1-4 نتائج تدريب النماذج 80
جدول 1-5 اختبار وظائف النظام 88
جدول 2-5 أداء المسارين البرمجيين في النظام 89
جدول 3-5 نتائج فحص سرعة الاستدلال الحظي 90

قائمة الأشكال (List of Figures)

رسم توضيحي 3-1 التكاليف الثابتة .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
رسم توضيحي 3-2لمخطط الخطة الزمنية 26
رسم توضيحي 3-3 لمنهجية Agile 27
رسم توضيحي 3-4 مخطط حالات الاستخدام (المصادقة والإدارة) 31
رسم توضيحي 3-5 ادارة السجلات 32
رسم توضيحي 3-6 مخطط حالات الاستخدام للإدارة 32
رسم توضيحي 3-7 مخطط حالات الاستخدام (التحليل الأساسي) 33
رسم توضيحي 3-8 مخطط تسلسل الأحداث تسجيل الدخول 35
رسم توضيحي 3-9 مخطط تسلسل الأحداث لتحليل جودة البذور 36
رسم توضيحي 3-10 مخطط تسلسل الأحداث لإعادة تعيين كلمة المرور 37
رسم توضيحي 3-11 مخطط تسلسل الاحداث لإدارة السجلات 38
رسم توضيحي 3-12 مخطط تسلسل الأحداث لاستخدام وضع الضيف 39
رسم توضيحي 3-13 مخطط تسلسل الأحداث لمعالجة الاخطاء 40
رسم توضيحي 3-14 مخطط تسلسل الأحداث للتصدير والابلاغ 41
رسم توضيحي 3-15 مخطط تدفق البيانات المستوى الصفري 43
رسم توضيحي 3-16 مخطط تدفق البيانات للمستوى الأول 43
رسم توضيحي 3-17 مخطط الكيانات العلائقية 45
رسم توضيحي 3-18 واجهة الشعار 46
رسم توضيحي 3-19 واجهة تسجيل الدخول 46
رسم توضيحي 3-20 واجهة انشاء حساب 47
رسم توضيحي 3-21 واجهة نسيان كلمة المرور 47
رسم توضيحي 3-22 واجهة تعيين كلمة مرور جديدة 47
رسم توضيحي 3-23 واجهة ادخال رمز التأكيد 47
رسم توضيحي 3-24 واجهة نتيجة الفحص 48
رسم توضيحي 3-25 واجهة التطبيق الرئيسية 48
رسم توضيحي 3-26 خيارات التصدير 48
رسم توضيحي 3-27 واجهة سجلات الفحص 49
رسم توضيحي 3-28 القائمة الجانبية في وضع الضيف 49
رسم توضيحي 3-29 القائمة الجانبية في وضع انشاء حساب 49
رسم توضيحي 4-1 للهيكلية المعمارية للنظام 53
رسم توضيحي 4-2 بعض واجهات التطبيق 56
رسم توضيحي 4-3 لدليل برمجي على الهوية البصرية والألوان 57
رسم توضيحي 4-4 لصور اختبار الانبات للعينات 59
رسم توضيحي 4-5 لنتيجة خوارزمية القص مرئية 61
رسم توضيحي 4-6 خوارزمية قص الصورة 62
رسم توضيحي 4-7 لنتيجة خوارزمية التحجيم والحشو 63
رسم توضيحي 4-8 خوارزمية تغييرالحجم مع الحشو 64
رسم توضيحي 4-9 لخصائص البذرة الفيزيائية 65
رسم توضيحي 4-10 للمخطط الانسيابي لخوارزميةاستخراج الخصائص الفيزيائية 66
رسم توضيحي 4-11 لنتيجة خوارزمية التحويل للون الرمادي 67
رسم توضيحي 4-12 للمخطط الانسيابي لخوارمية تحويل البذرة للون الرمادي 68
رسم توضيحي 4-13 لنتيجة خوارزمية قص منطقة الجنن 69
رسم توضيحي 4-14 للمخطط الانسابي لخوارزمية قص منطقة الجنين 69
رسم توضيحي 4-15 للمخطط النسيابي لخوارزمية تحسين البيانات 71

رسم توضيحي 4-16 لنسبة توليد صور الإضاءة الطبيعية 71
رسم توضيحي 4-17 لنسبة توليد صور الإضاءة الخلفية 72
رسم توضيحي 4-18 لتقسيم البيانات 72
رسم توضيحي 4-19 المخطط الانسيابي لخوارمية الاستدلال واتخاذ القرار 73
رسم توضيحي 4-20 للمخطط الانسيابي لخوارزمية بناء نموذج بدون الإضاءة 76
رسم توضيحي 4-21 للمخطط الالنسيابي لخوارزمية بناء نموذج الإضاءة الخلفة 77
رسم توضيحي 4-22 للمخطط الانسيابي لخوارزمية تدريب النماذج 78
رسم توضيحي 4-23 للمخطط الانسابي لخوارزمية تحويل النموذج 79
رسم توضيحي 4-24 لمنحنى التعلم نموذج الإضاءة الخلفية 81
رسم توضيحي 4-25 لمنحنى التدريب لنموذج الإضاءة الطبيعية 82
رسم توضيحي 4-26 للهيكلية البرمجية للمشروع 83
رسم توضيحي 4-27 للمخطط الانسيابي لخوارزمية تحمل وإدارة النماذج 84
رسم توضيحي 4-28 للمخطط الالنسيابي لخوارزمية الاستدلال والتدفق اللحظي 86
رسم توضيحي 5-1 لاختبار واجهة الشعار 91
رسم توضيحي 5-2 واجهة تسجيل الدخول 92
رسم توضيحي 5-3 واجهة انشاء حساب جديد 92
رسم توضيحي 5-4 لأخطاء الادخال عند إنشاء حساب جديد 93
رسم توضيحي 5-5 واجهات إعادة تعيين كلمة المرور 93
رسم توضيحي 5-6 لاختبار واجهات اعادة تعيين كلمة المرور 94
رسم توضيحي 5-7 واجهة الشاشة الرئيسية 94
رسم توضيحي 5-8 لاختبار الفحص الجديد الإضاءة الخلفية 95
رسم توضيحي 5-9واجهات فحص نموذج إضاءة طبيعية 96
رسم توضيحي 5-10 اختبار واجهة السجلات 97
رسم توضيحي 5-11 لواجهة الملف الشخصي للمستخدم 98
رسم توضيحي 5-12 لأخطاء الادخال واجهة الملف الشخصي 98

الفصل 1 : المقدمة
(Introduction)

1.1 المقدمة (Introduction):

الزراعة إحدى الركائز الأساسية للاقتصاد اليمني، ويعتمد السكان في اليمن بشكل كبير على الحبوب مثل القمح والذرة والشعير في غذائهم اليومي. وعلى الرغم من التحديات الاقتصادية والظروف الطبيعية التي يواجهها بلدنا اليمن، إلا أن هناك جهودًا مستمرة لتحسين جودة المحاصيل وزيادة إنتاجيتها، لما لها من أثر كبير ومباشر على الأمن الغذائي والسعي نحو الاكتفاء الذاتي من الحبوب.

إحدى المشكلات التي تواجه القطاع الزراعي هي ضعف جودة البذور المستخدمة في الزراعة؛ فالاعتماد على بذور تالفة أو غير سليمة يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية، وتقليل جودة المحاصيل، وزيادة الهدر في الموارد الزراعية وطاقات الأيدي العاملة. وتشكل هذه العواقب عبئًا اقتصاديًا على المزارعين، وفي الوقت ذاته تؤثر سلبًا على أمننا الغذائي المحلي، وتقلل من القدرة التنافسية للمنتجات الزراعية في الأسواق المحلية والخارجية.

ونظراً لعدم تطبيق تقنيات التكنولوجيا وتقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي في اليمن، يهدف مشروعنا إلى تطوير نظام ذكي يُمكّن المزارعين من الفحص السريع والبسيط لبذور الذرة (الصفراء) قبل الزراعة. يتيح هذا النظام تصنيف البذور إلى (جيد \ تالف)، وتحديد مواصفات البذرة، مما يُثري المزارع ببيانات تُمكّنه من اتخاذ قرارات دقيقة مبنية على معلومات موثوقة بدلاً من الاعتماد على التجربة وحدها.

سيسهم هذا النظام في تحسين جودة بذور الذرة (الصفراء)، وزيادة الإنتاجية، وتقليل الهدر في الموارد الزراعية، كما يعزز قدرة المزارعين على إنتاج محاصيل صحية وسليمة. ويُوفر هذا النظام خدمة سهلة وغير مكلفة، يستطيع الحصول عليها حتى أبسط المزارعين، ويُعدّ هذا المشروع خطوة نحو إدخال الحلول الذكية في الزراعة اليمنية.

2.1 مشكلة المشروع (Problem Statement):

يواجه القطاع الزراعي في اليمن تحديًا كبيرًا يتمثل في انخفاض جودة البذور المستخدمة في الزراعة، نتيجة ضعف الوعي الزراعي لدى عدد من المزارعين وغياب الأساليب العلمية في اختيار البذور وفحصها قبل الزراعة. تؤدي هذه المشكلة إلى سلسلة من الآثار السلبية على عدة مستويات، منها:

- انخفاض الإنتاجية الزراعية بسبب ضعف إنبات البذور وإصابة المحاصيل بالأمراض والآفات.
- ارتفاع التكاليف الزراعية نتيجة الحاجة لاستخدام مبيدات إضافية أو إعادة شراء بذور جديدة.
- تراجع الأمن الغذائي وزيادة الاعتماد على الاستيراد لتغطية النقص في المحاصيل المحلية مثل القمح والذرة والشعير.

كما يُعاني المزارعون من صعوبة التمييز بين البذور السليمة والمصابة، خاصة تلك التي تحمل آفات غير ظاهرية كالفطريات والتلف الداخلي للبذرة مثل ضعف حيوية جنين البذرة، مما يؤدي إلى خسائر مادية وجهد ضائع .من هنا تبرز الفجوة التقنية المتمثلة في غياب أدوات محلية ذكية وسهلة الاستخدام لفحص جودة البذور بتكلفة منخفضة. ويهدف هذا المشروع إلى سد هذه الفجوة من خلال تطوير نظام ذكي يعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل جودة البذور بدقة وسرعة، بما يسهم في رفع الإنتاجية، وتقليل الخسائر، وتعزيز الاكتفاء الذاتي الزراعي في اليمن.

3.1 أهمية المشروع (Project Importance):

جودة البذور عامل بالغ الأهمية وواحد من العوامل الرئيسية التي تحدد نجاح أو فشل عملية الزراعة. استخدام بذور رديئة يؤدي إلى هدر كبير في الوقت والموارد ويضعف إنتاجية المحاصيل. يهدف هذا المشروع إلى تمكين مزارعي الذرة من اتخاذ قرارات صحيحة مبنية على البيانات، مما يسهم في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتقليل الهدر وتعزيز الأمن الغذائي.

يوفر التطبيق طريقة سهلة وغير مكلفة اقتصادياً تناسب فئة المزارع اليمني وملائمة لظروفه المادية. صُمم التطبيق ليكون متسامحاً مع اختلاف ظروف التصوير (دقة الكاميرا، جودة الصور، الزوايا، الإضاءة)، مما يجعله تطبيقاً مسانداً للمزارع اليمني ومراعياً لظروفه وجودة هاتفه الذي يستخدمه.

يلعب هذا البحث دوراً محورياً في دعم الاقتصاد من خلال تقليل الاعتماد على الاستيراد وزيادة الإنتاج المحلي لمحصول الذرة الصفراء، الذي يعد من المحاصيل الأساسية. كما يسهم في تحسين المستوى المعيشي للمزارعين ويعزز الاستدامة البيئية من خلال تقليل استخدام المبيدات والأسمدة بشكل غير ضروري.

4.1 أهداف المشروع Objectives Project)):

يهدف هذا المشروع إلى تحقيق الأهداف الرئيسية التالية:

الهدف الرئيسي الأول: تطوير نموذج ذكاء اصطناعي دقيق قادر على تصنيف جودة بذور الذرة الصفراء إلى فئتين (صالحة /تالفة):

- تصميم وتدريب نموذج تعلم عميق باستخدام CNN قادر على تصنيف جودة بذور الذرة (الصفراء) إلى فئتي (صالحة/تالفة).
- **استهداف دقة لا تقل عن 90 %**على مجموعة اختبار محجوزة.

الهدف الرئيسي الثاني: تطوير تطبيق هاتف ذكي سهل الاستخدام.

- بناء تطبيق عملي يعمل على نظام (Android).
- توفير واجهة مستخدم عربية مبسطة تمكن المزارعين من فحص البذور والحصول على نتائج فورية.
- ضمان زمن استجابة أقل من 3 ثوانٍ على الأجهزة متوسطة المواصفات.

الهدف الرئيسي الثالث: توفير نظام متكامل لإدارة البيانات

- إنشاء نظام محلي (SQLite) لإدارة سجلات الفحوصات.
- توفير ميزات حفظ النتائج وتصدير التقارير بصيغ PDF وCSV.
- توفير ميزة مشاركة النتائج.

5.1 المنهجية (Methodology):

تعتمد المنهجية المستخدمة في هذا البحث على نهج بناء constructive approach لتطوير نظام ذكي تم تصميمة للمزارعين. ويستخدم النظام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق لكشف وتحليل جودة البذور وتوفير بيانات تساعد المزارع على اتخاذ قرارات دقيقة. تمت صياغة اهداف البحث لمعالجة التحديات التي يواجها المزارع اليمني.

1.5.1 جمع المعلومات مراجعة الأدبيات (الدراسات السابقة):

تم اجراء مراجعات لبحوث سابقة للحصول على صورة واضحة وفهم شامل للأبحاث في مجال الذكاء الاصطناعي في الرؤية الحاسوبية والتعلم العميق. وتم تحديد الأوراق البحثية والدراسات السابقة ذات الصلة من خلال البحث المنهجي في المواقع العلمية. تم تحليل نقاط القوة والضعف في الدراسات السابقة لتحديد الفجوات البحثية التي يعالجها المشروع. حيث ركزت مراجعة الدراسات السابقة على (الذكاء الاصطناعي - تقنيات deep learning – تقنيات المعالجة المسبقة preprocessing - التقنيات المستخدمة في الكشف عن الأشياء – أنظمة كشف جودة البذور).

2.5.1 تحليل النظام (System Analysis):

تحديد متطلبات النظام من حيث المستخدمين والبيانات والوظائف المطلوبة.

تعريف نوع المستخدمين:

- المستخدم المسجل: يمكنه حفظ نتائج الفحص وسجلاته.
- المستخدم الضيف: يمكنه إجراء الفحص دون حفظ النتائج (تخزين مؤقت).

3.5.1 جمع وإعداد البيانات (Data collection & Preparation):

تمثل مرحلة جمع وإعداد البيانات حجر الأساس في بناء نموذج الذكاء الاصطناعي، حيث تعتمد دقة النموذج وكفاءته بشكل كبير على جودة البيانات وتنوعها.

مصادر البيانات:

- تم الحصول على عينات بذور ذرة صفراء من "مخزن البذور في الإدارة العامة للبذور" (مشروع إكثار البذور).
- شملت العينات ثلاث فئات: طازجة، مخزنة، وتالفة.
- تم إنشاء فئة رابعة (ميتة حرارياً) مخبرياً بتعريض بذور سليمة لدرجة حرارة 70 مئوية.

حجم البيانات:

- تم جمع 1600 صورة مرجعية أولية (400 صورة لكل فئة)
- بعد تطبيق تقنيات تحسين البيانات(Data Augmentation) ، تم توسيع مجموعة البيانات إلى 34,440 صورة

تقسيم البيانات:

- 70% : للتدريب(Training)

- 15% : للتحقق(Validation)
- 15% : للاختبار(Test)

4.5.1 تصميم النظام (System Design):

- تصميم واجهات التطبيق: سيتم استخدام Flutter لتطوير الواجهة الأمامية.
- تصميم قاعدة البيانات.
- بناء نموذج الذكاء الاصطناعي لتحليل الصور: سيتم استخدام Pythonمع TensorFlow لبناء النموذج.

5.5.1 تنفيذ النظام (System Execution):

- تطوير التطبيق وربطه بالنموذج الذكي.
- اختبار النموذج على مجموعة بيانات حقيقية من صور البذور للتأكد من دقة.

6.5.1 اختبار وتقييم النظام (Testing & Evaluation):

- قياس دقة النظام وكفاءته في تصنيف البذور.
- جمع آراء المستخدمين وتحليل مدى رضاهم عن النظام ونتائجه.

7.5.1 توثيق المشروع (Final Report Preparation):

إعداد تقرير المشروع وشرح جميع مراحل التطوير والنتائج، والتوصيات المستقبلية.

6.1 حدود المشروع (Project Scope Limitation):

1.6.1 الحدود الزمانية (Time limits):

سوف يتم تطبيق المشروع في 2025 - 2026

2.6.1 الحدود المكانية (Spatial limits):

سوف يتم تطبيق المشروع في أمانة العاصمة ومحافظة صنعاء.

3.6.1 حدود المجال (Field limits):

المجال الوظيفي: يشمل التطبيق الفحص الاساسي مع إمكانية الاحتفاظ بالنتائج وعرضها في أي وقت.

المجال التقني: يعمل التطبيق على أنظمة Android فقط، مع واجهة مستخدم بسيطة وسهلة الاستخدام.

المجال الجغرافي:

صنعاء – اليمن.

المجال البشري:

موجه لمزارعين بذور الذرة (الصفراء)الذين يحتاجون خدمات فحص البذور.

المجال المالي:

المشروع غير ربحي ويهدف لتقديم خدمة فحص للبذور.

4.6.1 الحدود التقنية (Technical limits):

- دقة النموذج تعتمد على جودة وكمية البيانات المجمعة.
- الأداء قد يختلف حسب مواصفات الهاتف الذكي المستخدم.

7.1 تنظيم التقارير (Report organization):

مقدمة التوثيق:

يحتوي هذا الجزء على بداية التوثيق (آية قرآنية وخلاصة واهداء وشكر وتقدير وجدول المحتويات).

الفصل الأول (المقدمة):

يحتوي هذا الفصل على (مقدمة عن المشروع وخلفية وسياق المشروع ومشكلة المشروع واهداف المشروع ومنهجية المشروع واهمية المشروع وتنظيم التقارير).

الفصل الثاني (الخلفية النظرية والدراسات السابقة):

يحتوي هذا الفصل على (الخلفية النظرية والدراسات السابقة).

الفصل الثالث (تحليل المتطلبات والنمذجة):

يحتوي هذا الفصل على (نظرة عامة عن المشروع، دراسة جدوى المشروع، جمع متطلبات المشروع، تحديد متطلبات المشروع، تحديد متطلبات النمذجة، تحليل النظام وتصميم أولي لواجهات المشروع).

الفصل الرابع (تنفيذ المشروع):

يستعرض الفصل المنهجية المتبعة في صياغة **التصميم الهندسي** لنظام(Seeds IQ) ويتناول الجانب **التنفيذي** بشقيه البرمجي والذكاء الاصطناعي، متضمناً آليات معالجة البيانات وتدريب نموذج .**MobileNetV3**

الفصل الخامس (اختبار المشروع):

يحتوي هذا الفصل على (اختبار لتنفيذ واجهات المشروع).

الفصل السادس (الاستنتاجات والتوصيات المستقبلية):

يحتوي هذا الفصل على (الاستنتاجات والتوصيات المستقبلية وقائمة المراجع والملاحق).

الفصل 2 : الخلفية النظرية والدراسات السابقة
Background and) (Literature Review

1.2 مقدمة عن نظام كشف البذور (Background):

تُعد جودة البذور الركيزة الأساسية للقطاع الزراعي في اليمن وفي العالم أجمع؛ حيث ترتبط إنتاجية المحاصيل ومعدلات الإنبات ارتباطاً وثيقاً بمدى سلامة البذور المستخدمة. وعلى الصعيد العالمي، يواجه القطاع الزراعي تحديات هائلة تتمثل في فقدان نسبة كبيرة من المحاصيل سنوياً بسبب استخدام بذور غير صالحة أو مصابة، مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية تقدر بمليارات الدولارات ويهدد الأمن الغذائي العالمي. وفي سياق السعي لتجاوز هذه التحديات، اتجهت الأبحاث والدراسات الحديثة نحو تطوير تقنيات ذكية قادرة على تمييز البذور الصالحة من التالفة بدقة عالية لضمان استدامة الإنتاج وتقليل الفاقد الزراعي.

ومن أبرز التحولات التقنية في هذا المجال هو الاعتماد على تقنيات الفحص غير الإتلافي (Non-Destructive Testing)؛ وهو عبارة عن منهجية فحص متطورة تتيح تقييم جودة البذور وخصائصها الحيوية دون الحاجة إلى تدمير العينة أو تغيير تركيبها الكيميائي والفيزيائي، مما يسمح بإعادة استخدام البذور المفحوصة في عملية الزراعة لاحقاً. ومع التطور المتسارع في مجالات الذكاء الاصطناعي، والرؤية الحاسوبية، والتصوير الطيفي، أصبحت هذه التقنيات هي الخيار الأمثل والبديل الفعال للطرق التقليدية التي تعتمد على اختبارات الإنبات اليدوية أو التحاليل الكيميائية المجهدة والمستهلكة للوقت.

يهدف هذا الفصل إلى استعراض أبرز الدراسات السابقة ذات الصلة بمجال كشف جودة البذور، سواء تلك التي اعتمدت على تقنيات التصوير المتقدمة (مثل التصوير الطيفي والأشعة السينية)، أو الدراسات التي دمجت بين الرؤية الحاسوبية وخوارزميات التعلم العميق. ويأتي هذا العرض لإبراز الجهود العلمية المبذولة دولياً ومحلياً، والتعرف على المميزات والقيود التي واجهتها تلك الدراسات، بما يساهم في تحديد الفجوات البحثية وتوضيح القيمة المضافة لهذا المشروع ضمن سياقه

2.2 الخلفية النظرية (Theoretical Background):

تُعَدّ عملية تقييم جودة البذور من المجالات التي نالت اهتماماً متزايداً في السنوات الأخيرة، نظراً لدورها المباشر في تحسين الإنتاجية الزراعية وتقليل الفاقد. فالبذور السليمة تمثل الأساس لنجاح عملية الإنبات ونمو النبات، بينما يؤدي استخدام البذور التالفة إلى انخفاض المحصول وخسائر اقتصادية. وقد أسهم التطور التقني في ظهور أساليب حديثة تعتمد على الذكاء الاصطناعي وخوارزميات التعلّم العميق، بما في ذلك الشبكات العصبية الالتفافية (CNN)، لتقديم حلول دقيقة وسريعة للكشف عن جودة البذور. وفيما يلي عرض لأهم المفاهيم العلمية المرتبطة بموضوع هذا المشروع:

1.2.2 الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence):

الذكاء الاصطناعي يمثل نقلة نوعية في مجال الزراعة الدقيقة، حيث يعتمد على تحليل الصور والبيانات الضخمة لاتخاذ قرارات فورية ودقيقة. ومن أبرز تطبيقاته الواعدة، فحص جودة البذور وتصنيفها آلياً، مما يوفر بديلاً سريعاً وموثوقاً عن الطرق التقليدية التي كانت تعتمد على الفحص البصري اليدوي، والذي تتسم به البطء وارتفاع احتمالية الخطأ البشري. في هذا المشروع، تم توظيف هذه التقنيات لتطوير نظام ذكي قادر على التمييز الفعال بين البذور عالية الجودة والتالفة، لدعم المزارعين في تحقيق أعلى إنتاجية للمحاصيل الزراعية.[1]

2.2.2 تعلّم الآلة (Machine Learning):

تعلّم الآلة يُعَدّ أحد الفروع الرئيسة للذكاء الاصطناعي، ويقوم على تدريب الخوارزميات باستخدام بيانات سابقة لاستخلاص أنماط يمكن الاستفادة منها في التنبؤ والتصنيف. وعند تطبيقه على فحص البذور، يتم إدخال صور متعددة لأنواع مختلفة من البذور الصالحة والتالفة، ليتعلم النظام الخصائص المميزة لكل فئة. وبذلك يمكن للنظام أن يتعرّف لاحقاً على بذور جديدة لم يسبق له التعامل معها، مع تحسين أدائه تدريجياً كلما زادت كمية البيانات المدخلة وجودتها.[2]

3.2.2 التعلّم العميق (Deep Learning):

التعلّم العميق هو فرع متقدم من الذكاء الاصطناعي، يقوم على استخدام شبكات عصبية اصطناعية متعددة الطبقات (Deep Neural Networks) لمعالجة البيانات المعقدة مثل الصور، واستخلاص الأنماط الدقيقة منها دون الحاجة إلى تدخل بشري مستمر.[3] وذلك من خلال اتباع الخطوات الأساسية:

1. جمع صور البذور وتصنيفها إلى فئتين (جيدة وتالفة).
2. تجهيز الصور، والذي يتضمن توحيد أحجامها، وتحسين جودتها، وتطبيع قيمها الرقمية لتكون مناسبة للنموذج.
3. تدريب نموذج CNN على الصور المجهزة لتمييز الخصائص المميزة للبذور الجيدة عن التالفة.
4. اختبار النموذج والتحقق من دقته باستخدام صور لم يسبق له رؤيتها.
5. دمج النموذج في النظام النهائي لتقديم تصنيف تلقائي وسريع للبذور.

4.2.2 الشبكات العصبية الالتفافية (Convolutional Neural Networks – CNN):

تُعدّ الشبكات العصبية الالتفافية من أبرز تقنيات التعلّم العميق وأكثرها استخداماً في تحليل الصور. وتتميز بقدرتها على استخلاص الخصائص البصرية الدقيقة مثل اللون، والشكل، والملمس من الصور الرقمية، مما يجعلها مناسبة جداً للكشف عن الفروق بين البذور السليمة والتالفة. كما تمتاز الـ CNN بقدرتها على التعامل مع كميات ضخمة من الصور بدقة عالية، الأمر الذي يجعلها خياراً مثالياً لتطوير برنامج ذكي يُعنى بتقييم جودة البذور في البيئة الزراعية.[4]

5.2.2 هندسة الشبكات العصبية (CNN Architectures):

تختلف التصاميم أو البنى الخاصة بالشبكات العصبية الالتفافية (CNN Architectures) في طريقة تحليلها للصور واستخلاص الملامح.[5] من أشهر هذه البنى:

- **VGG**: معمارية عميقة وبطيئة ولكنها دقيقة، مناسبة للتطبيقات التي تتطلب دقة عالية على حساب السرعة.
- **ResNet :** تستخدم "اتصالات قفزية (Skip Connections) "لحل مشكلة تلاشي التدرج (Vanishing Gradient) ، مما يسمح ببناء شبكات عميقة جداً.
- **MobileNet:** صممت خصيصاً للأجهزة المحمولة والمدمجة(Edge Devices) ، باستخدام تقنية "الالتفاف القابل للفصل عميقا (Depthwise Separable Convolution) "لتقليل عدد العمليات الحسابية.

في هذا المشروع، تم اختيار معمارية **MobileNetV3** تحديداً، وهي أحدث إصدارات عائلةMobileNet ، وذلك للمبررات التالية:

1- مصممة للعمل بكفاءة على الهواتف الذكية.
2- تحقق توازناً ممتازاً بين الدقة والسرعة.
3- متوفرة بنسختين(Small) للمهام البسيطة، (Large) للمهام المعقدة مما يتيح المرونة في التصميم.

6.2.2 معالجة الصور مسبقاً (Image Preprocessing):

هي الخطوة الأولى قبل إدخال الصور إلى نموذج الذكاء الاصطناعي، وتشمل عمليات مثل تعديل الإضاءة، وتغيير حجم الصور، وتحويل الألوان، وإزالة الضوضاء لتحسين جودتها مما تساعد على تحسين وضوح صور البذور وجودتها، مم يمكّن النموذج من التعرّف بدقة على خصائص البذور مثل العيوب أو التلف.

الترشيح (Filtering) : هو من التقنيات الأساسية ضمن المعالجة المسبقة، ويستخدم لتحسين جودة الصور من خلال إزالة الضوضاء أو إبراز التفاصيل المهمة مثل الحواف. من أبرز أنواع المرشحات المستخدمة في معالجة الصور:

- **المرشح المتوسط (Median Filter):** يستخدم لإزالة الضوضاء العشوائية (مثل الضوضاء الملحية والفلفلية) مع الحفاظ على تفاصيل الحواف. تم استخدام هذا المرشح في مشروعنا لتنظيف صور البذور قبل تحليلها.
- **مرشح غاوسي :(Gaussian Filter)** يستخدم لتنعيم الصورة والتقليل من التموجات البسيطة.
- **مرشح سوبل :(Sobel Filter)** يستخدم لاكتشاف الحواف والعناصر البارزة في الصورة. ساهم هذا المرشح في تحسين قدرة النموذج على تحديد حدود البذرة بدقة.

تسهم هذه العمليات في تحسين أداء النموذج الذكي أثناء عملية التدريب والتصنيف، إذ تجعل الصور أكثر وضوحاً وانتظاماً، مما يساعد في استخراج الخصائص البصرية بشكل أكثر دقة. [6]

7.2.2 زيادة البيانات (Data Augmentation):

تهدف زيادة البيانات إلى توسيع حجم مجموعة البيانات من خلال إنشاء نسخ معدّلة من الصور الأصلية، مثل تدوير الصور، أو قلبها، أو تغيير الإضاءة والألوان مما يُسهم في زيادة تنوّع الصور المستخدمة لتدريب النموذج، مما يجعله أكثر قدرة على التعرّف على البذور في ظروف مختلفة كاختلاف الزوايا أو الإضاءة. [7]

8.2.2 تقييم أداء النماذج (Model Evaluation Metrics):

تعد عملية تقييم الأداء خطوة أساسية لتحديد مدى نجاح النموذج في تنفيذ المهام الموكلة إليه. وتستخدم مجموعة من المقاييس الرياضية لتقييم جودة الأداء، من أبرزها: الدقة **(Accuracy)** التي تمثل نسبة التنبؤات الصحيحة، والاستدعاء **(Recall)**، والدقة النوعية**(Precision)** ، ودرجة التوازن **(F1-score)** التي تدمج بين الدقة والاستدعاء لقياس كفاءة النموذج في التمييز بين الفئات المختلفة. تُستخدم هذه المقاييس للحكم على مدى نجاح النموذج في تصنيف البذور بدقة، ولمقارنة أداء النماذج المختلفة واختيار الأفضل بينها لتصنيف جودة البذور [8]

3.2 السياق الزراعي اليمني (Yemeni agricultural context):

تزرع في اليمن أنواع متعددة من الذرة، وتُعد المحصول الرئيسي في العديد من المناطق. تعاني البذور المحلية من مشاكل تلف متعددة ناتجة عن الرطوبة العالية أثناء التخزين، سوء ظروف التخزين (درجات حرارة مرتفعة، تهوية غير كافية)، والإصابات الحشرية.

أظهرت المقابلات التي أجريناها مع مزارعي الذرة في محافظة صنعاء وأمانة العاصمة أن الفحص التجريبي اليدوي هو الأسلوب السائد لتقييم جودة البذور. هذا الأسلوب وقت، وغير دقيق في اكتشاف التلف الداخلي (مثل موت الجنين أو التلف الحراري)، مما يؤدي إلى:

- زراعة بذور تالفة بنسبة قد تصل إلى 20-30% في بعض الحالات
- انخفاض الإنتاجية بنسبة تتراوح بين 15% إلى 40%
- خسائر اقتصادية تُقدر بملايين الريالات سنوياً

كما تؤكد المصادر المحلية أن فحص جودة البذور في المختبرات المتخصصة (مثل مختبرات وزارة الزراعة) يستغرق وقتاً طويلاً (أيام إلى أسابيع) ويتطلب تكاليف مرتفعة غير متاحة للمزارع البسيط.

4.2 الدراسات السابقة (Literature Review):

تستعرض الدراسة [9] تطبيق Seed Scan – AI Seed Identifier للتعرّف على البذور عبر الهاتف المحمول.

التقنية المستخدمة: يعتمد التطبيق على تقنيات الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) المدعومة بخوارزميات التعلّم العميق (Deep Learning) لتصنيف الصور الملتقطة بواسطة كاميرا الهاتف، إضافة إلى قاعدة بيانات نباتية مرجعية للتعرّف على الأنواع.

الاستنتاجات: أظهرت الدراسة أن التطبيق يوفّر أداة سريعة وسهلة الاستخدام للتعرّف على أنواع البذور المختلفة في الميدان، مما يختصر الوقت والجهد مقارنة بطرق الفرز اليدوي. ومع ذلك، تظل دقته مرتبطة بجودة الصورة وتنوّع العينات في قاعدة البيانات، إضافة إلى أنه يركز على التعرّف النوعي أكثر من تقييم جودة أو صلاحية البذور للزراعة.

تستعرض الدراسة [10] تطبيق Seed Identifier – Scanner ID للتعرّف على البذور باستخدام الذكاء الاصطناعي عبر الهاتف المحمول

التقنية المستخدمة: يعتمد التطبيق على تقنيات التعرّف البصري باستخدام الذكاء الاصطناعي (AI) ومعالجة الصور، حيث يقوم المستخدم بالتقاط صورة للبذرة باستخدام كاميرا الهاتف، ثم يقوم التطبيق بتحليل الصورة وتحديد نوع البذرة باستخدام قاعدة بيانات نباتية مرجعية.

الاستنتاجات: أظهرت الدراسة أن التطبيق يوفّر وسيلة سريعة وفعّالة للتعرّف على أنواع البذور المختلفة، مما يسهل على المزارعين والهواة تحديد البذور بدقة. ومع ذلك، تظل دقة التعرف مرتبطة بجودة الصورة وظروف الإضاءة، وقد تكون بعض النتائج غير دقيقة في حالات معينة.

تستعرض الدراسة [11] تطبيق KaveriQC لتحسين فحص جودة البذور وإدارة البيانات عبر الهاتف المحمول

التقنية المستخدمة: يعتمد التطبيق على تقنيات إدخال البيانات الرقمية (Digital Data Entry) والتوثيق الرقمي (Digital Documentation)، حيث يُمكّن المستخدمين من إدارة عينات البذور، تسجيل أرقام الدُفعات، وإتمام عمليات التحقق بسهولة. يتم ذلك من خلال واجهة مستخدم بديهية تسمح بالتحقق الفوري وتوثيق البيانات بشكل فعال.

الاستنتاجات: أظهرت الدراسة أن التطبيق يُحسن من دقة وكفاءة عمليات فحص جودة البذور، مما يُسهم في ضمان مطابقة كل دفعة لمعايير الصناعة. كما يُسهم في تسهيل عمليات التتبع والتوثيق، مما يُحسن من الامتثال للمعايير واللوائح. ومع ذلك، تظل فعاليته مرتبطة بتوفر الأجهزة الذكية وتدريب المستخدمين على استخدام التطبيق بشكل صحيح ، وقد تكون بعض النتائج غير دقيقة في حالات معينة بحسب دقة الصور المأخوذة.

تستعرض الدراسة [12] تطبيق Track Seeds لتحسين تتبع إنبات البذور باستخدام الذكاء الاصطناعي

التقنية المستخدمة: يعتمد التطبيق على تقنيات الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) والذكاء الاصطناعي (AI)، حيث يقوم بتحليل الصور الملتقطة للبذور المنبثقة لتحديد نوعها ومرحلة نموها.

الاستنتاجات: أظهرت الدراسة أن التطبيق يُحسن من دقة وكفاءة عمليات تتبع إنبات البذور، مما يُسهم في تحسين جودة المحاصيل الزراعية. ومع ذلك، تظل فعاليته مرتبطة بتوفر الأجهزة الذكية وتدريب المستخدمين على استخدام التطبيق بشكل صحيح.

تستعرض الدراسة [13] تطبيق AIseed لتحليل الصور واختبار جودة البذور باستخدام الذكاء الاصطناعي

التقنية المستخدمة: يعتمد التطبيق على تقنيات تحليل الصور باستخدام الذكاء الاصطناعي والرؤية الحاسوبية، حيث يقوم بتحليل صور البذور لتحديد خصائصها مثل الشكل، اللون، والملمس، مما يمكّن من تقييم جودتها بشكل غير تدميري.

الاستنتاجات: أظهرت الدراسة أن تطبيق AIseed يُعد أداة فعّالة في اختبار جودة البذور، حيث يمكّن من إجراء تقييمات دقيقة وسريعة دون الحاجة إلى تدمير العينات و لكن دقة التقييم تعتمد على جودة الصور الملتقطة والإضاءة، وقد تتأثر النتائج إذا كانت البذور صغيرة جدًا أو تشبه بعضها في اللون أو الشكل، كما أن بعض الأنواع النادرة قد لا تكون موجودة في قاعدة البيانات، مما يقلل من دقة التعرف.

تستعرض الدراسة [14] أداة Seed QA في تقييم جودة البذور باستخدام الذكاء الاصطناعي التقنية المستخدمة:

التقنية المستخدمة: تستخدم أداة Seed QA تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل الصور لتقييم جودة البذور، حيث تقوم بتحليل الصور الملتقطة للبذور وتقديم تقييم شامل لجودتها.

الاستنتاجات: أظهرت الدراسة أن أداة Seed QA تسهم في تحسين دقة وكفاءة عمليات تقييم جودة البذور، مما تساعد في اتخاذ قرارات زراعية أكثر فعالية و لكن تعتمد دقة الأداة على جودة الصورة والإضاءة، كما قد تتأثر النتائج بعوامل خارجية مثل جودة الإضاءة أثناء التصوير، و دقة الكاميرا المستخدمة، و طبيعة العينة التي يتم تحليلها.

جدول 1-2 الدراسات السابقة

الدراسة	التقنيات المستخدمة	المزايا	العيوب	الدروس المستفادة للمشروع الحالي
[9]	- الرؤية الحاسوبية التعلم العميق (Deep Learning) قاعدة بيانات نباتية	- التعرف الفوري على نوع البذرة من صورة الهاتف معلومات عن النوع والعائلة سهولة الاستخدام الميداني	- دقة التعرف تعتمد على جودة الصورة والإضاءة صعوبة التمييز بين أنواع متشابهة محدودية قاعدة البيانات للأنواع النادرة	تطبيق خطوات معالجة الصور مسبقاً بناء قاعدة بيانات واسعة تشمل الأنواع و الحالات
[10]	التعرف البصري بالذكاء الاصطناعي قاعدة بيانات للبذور	تحديد نوع البذرة بسرعة أداة تعليمية ومفيدة للمزارعين والهواة	تعتمد الدقة على الصورة والإضاءة قاعدة البيانات قد لا تشمل جميع الأنواع بعض النتائج غير مؤكدة للأنواع النادرة	دمج تقنيات متعددة لرفع الكفاءة تحسين الواجهة التفاعلية لجعل النظام سهل تحسين دقة التمييز
[10]	التوثيق الرقمي إدارة بيانات البذور عبر الهاتف قواعد بيانات مركزية	تتبع دفعات البذور توثيق البيانات تحسين إدارة الجودة تقارير إدارية متكاملة	لا يوفر تحليل آلي للجودة يعتمد كلياً على إدخال المستخدم يحتاج اتصالاً مستمراً بالإنترنت غير مصمم للمزارعين المباشرين	أهمية نظام إدارة البيانات ضرورة وجود نظام لا يعتمد على الانترنت تصميم واجهة مبسطة للمزارعين

الدراسة	لتقنيات المستخدمة	المزايا	العيوب	الدروس المستفادة للمشروع الحالي
[11]	الرؤية الحاسوبية الذكاء الاصطناعي لتصنيف البذور تحليل مراحل النمو	تتبع إنبات البذور تقييم نمو البذور تحسين إدارة المحاصيل تنبؤات بالنمو المستقبلي	حساس جداً لجودة الصور يحتاج ظروف تصوير مثالية محدودية الأنواع المدعومة صعوبة التمييز بين الأنواع المتشابهة	ضرورة معالجة مشاكل جودة الصور أهمية زيادة البيانات للأنواع المختلفة تطوير خوارزميات مقاومة للضوضاء
[12]	تحليل الصور باستخدام الذكاء الاصطناعي الرؤية الحاسوبية تقييم غير تدميري للبذور	تقييم سريع ودقيق لجودة البذور يقلل الحاجة للفحص اليدوي مناسب للإنتاج الكبير توفير في التكاليف	عدم مراعاة الظروف الميدانية محدودية قاعدة البيانات الدقة تعتمد على جودة الصور و الإضاءة صعوبة تمييز البذور الصغيرة	تصميم نظام يعمل في ظروف غير مثالية إنشاء قاعدة بيانات شاملة تطوير معالجة مسبقة ذكية للصور
[13]	الذكاء الاصطناعي المتقدم تحليل الصور الشامل تقييم متعدد المعايير	تقديم تقييم شامل لجودة البذور تحسين كفاءة اتخاذ القرارات الزراعية يقلل الاعتماد على الفحص اليدوي نتائج كمية دقيقة	حساسية للضوء و الظل صعوبة مع الأنواع المتشابهة قاعدة بيانات غير شاملة يحتاج أجهزة عالية المواصفات	تطوير نماذج مقاومة للتغيرات الضوئية تحسين التمييز بين الأنواع المتشابهة تحسين كفاءة النظام للأجهزة المتوسطة

5.2 التحليل الحرج (Critical Analysis):

توضح الدراسات السابقة أن معظم تطبيقات كشف جودة البذور مثل Seed Scan – AI Seed Identifier وSeed Identifier – Scanner ID و AIseed تعتمد بشكل كبير على جودة الصور الملتقطة لتحديد نوع البذور أو تقييم جودتها. هذا الاعتماد يجعل نتائج الكشف عرضة للأخطاء عند وجود ضعف في الإضاءة، انخفاض دقة الكاميرا، أو تشابه كبير بين البذور، مما يحد من دقة وكفاءة هذه التطبيقات في الظروف الميدانية الحقيقية لمعالجة هذا، سيدمج تطبيقنا وحدة معالجة مسبقة تقوم بفلترة الصورة وتجهيزها للفحص سنقوم أيضًا بتدريب نموذجنا على صور التُقطت تحت ظروف تصوير مختلفة وصور يتم توليدها بظروف معينة كتغيير زوايا ودقة التصوير وضبابية .

6.2 ما سيقدمه المشروع (What Project can do):

يقدم مشروعنا (SeedIQ App) حلاً متكاملاً يتفوق على الدراسات والتطبيقات السابقة في عدة جوانب:

جدول 2-2 مقارنة بين المشروع الحالي الدراسات السابقة

الجانب	الدراسات السابقة	مشروعنا
نوع التصنيف	التعرف على الأنواع بشكل أساسي	تقييم الجودة والحيوية (صالحة/تالفة)
ظروف التصوير	حساسة جداً للإضاءة وجودة الصورة	معالجة مسبقة متكيفة، تدريب على ظروف متنوعة
الاعتماد على الإنترنت	معظمها يحتاج اتصالاً بالإنترنت	يعمل دون إنترنت(On-device AI)
التكلفة	فحص مخبري مكلف	مجاني بعد تحميل التطبيق
الوقت	أيام إلى أسابيع (الفحص المخبري)	أقل من ثانيتين
توثيق النتائج	معظمها لا يوفر حفظاً للنتائج	قاعدة بيانات محلية، تصدير تقاريرPDF/CSV

من خلال هذا النهج التكنولوجي، يسهم المشروع في تقليل الهدر الناتج عن استخدام البذور التالفة وتحقيق استفادة أكبر من الموارد الزراعية، كما يفتح المجال لتطبيقات مستقبلية في تحسين جودة البذور ومراقبة المحاصيل بشكل أكثر ذكاءً وفعالية.

الفصل 3 :تحليل المتطلبات والنمذجة
(Requirement Analysis and Modeling)

1.3 نظرة عامة عن المشروع (Overview of the project):

في هذا الفصل، سنتناول تحليل المتطلبات الوظيفية وغير الوظيفية، ودراسة الجدوى بأبعادها الأربعة (تقنية، اقتصادية، تشغيلية، زمنية)، ونمذجة النظام باستخدامUML لضمان نجاح تطبيق "كشف جودة البذور" في التمييز بين البذور الصالحة والفاسدة بدقة وكفاءة. سيتم تحديد أصحاب المصلحة واحتياجاتهم، إضافة إلى جمع المتطلبات الوظيفية وغير الوظيفية للنظام مع ترتيب أولوياتها وفقًا لأهمية كل منها في تحقيق أهداف المشروع.

سوف يتم اعتماد منهجية أجايل (Agile) في تطوير البرمجيات، لما توفره من مرونة عالية في الاستجابة للتغيرات وتحديث التطبيق بشكل تكراري. هذا النهج يتيح إدخال تحسينات مستمرة بناءً على ملاحظات المستخدمين ونتائج الاختبارات العملية، مما يضمن تقديم قيمة فعلية تخدم المزارعين والباحثين والمختصين في مجال الزراعة.

كما ستُستخدم أدوات النمذجة المختلفة مثل مخططات حالات الاستخدام (Use Case Diagrams) لعرض التفاعلات بين المستخدمين والنظام، ومخططات التسلسل (SequenceDiagrams) لتوضيح تبادل البيانات بين المكونات، إضافة إلى مخططات تدفق البيانات (DFD) لتوضيح مسار معالجة الصور والبيانات داخل النظام، ومخططات العلاقات بين الكيانات (ERD) لتصميم قاعدة البيانات الخاصة بتخزين صور البذور ونتائج الفحص .يهدف هذا التحليل إلى بناء تطبيق ذكي وفعّال يعتمد على تقنيات التعلم العميق ومعالجة الصور، بحيث يلبي احتياجات المستخدمين، ويساهم في رفع كفاءة عمليات الزراعة وتحسين جودة الإنتاج، من خلال أتمتة عملية التمييز بين البذور الجيدة والتالفة بدقة وموثوقية عالية. يمهد هذا التحليل الطريق لمرحلة التصميم والتنفيذ الفعلية في الفصول القادمة.

2.3 تحليل المشكلة :

1.2.3 وصف مجال المشكلة :

يركز المشروع على تطوير تطبيق ذكي يمكّن المزارعين والباحثين من التمييز بين بذور الذرة الصفراء الجيدة والتالفة بدقة وكفاءة عالية . يهدف التطبيق إلى توفير حل فعال من حيث الوقت والتكلفة لفحص جودة وحيوية البذور، ما يساعد على اتخاذ قرارات دقيقة قبل الزراعة، وتقليل الخسائر الزراعية وزيادة إنتاجية المحاصيل وتحسين جودتها. يعتمد المشروع على تقنيات الرؤية الحاسوبية والتعلم العميق لمعالجة صور البذور الملتقطة بكاميرا عالية الدقة وتحليلها باستخدام خوارزميات مدربة مسبقًا للتفريق بين البذور السليمة والتالفة. بعد المعالجة، يقدم التطبيق نتائج دقيقة عبر واجهة تطبيق سهلة الاستخدام، ما يمكّن المزارعين من اتخاذ القرار بسرعة وسهولة. يوفر هذا الحل بديلاً آليًا وفعالًا للطرق اليدوية التقليدية، ويساهم في دعم القرارات الزراعية وتقليل الهدر وتعزيز استدامة الموارد الزراعية، بما يعود بالنفع على القطاع الزراعي بشكل عام.

2.2.3 تحديد أصحاب المصلحة و احتياجاتهم:

تُعَدُّ عملية فحص البذور من أهم المراحل في العملية الزراعية، إذ تؤثر بشكل مباشر على نجاح الزراعة وإنتاجية المحاصيل. ومع ذلك، فإن الأساليب التقليدية التي يعتمد عليها المزارعون في اليمن لفحص البذور، مثل الفرز

اليدوي أو الاعتماد على الخبرة الشخصية، تواجه العديد من العيوب التي تحد من فعاليتها. من أبرز هذه العيوب قلة الدقة في التمييز بين البذور السليمة والتالفة، حيث يعتمد المزارع غالبًا على المظهر الخارجي فقط لتقدير صلاحية البذور، مما يؤدي إلى أخطاء شائعة تؤثر على جودة الإنتاج وتزيد من احتمالية فشل بعض المحاصيل. كما أن عملية الفرز اليدوي تتطلب وقتًا وجهدًا كبيرين، خاصة عند التعامل مع كميات كبيرة من البذور، ما يرهق المزارعين ويجعل العملية غير عملية، ويكون هذا صعبًا بشكل خاص على كبار السن. إلى جانب ذلك، تفتقر الطرق التقليدية إلى المعايير الموحدة، حيث تختلف نتائج الفحص تبعًا لخبرة المزارع أو الباحث، مما يجعل النتائج غير دقيقة وغير قابلة للاعتماد عليها بشكل كامل، ويؤدي إلى تفاوت في جودة الزراعة وزيادة الخسائر الناتجة عن زراعة بذور تالفة أو غير مناسبة.من هنا تظهر الحاجة الملحّة لأصحاب المصلحة الأساسيين إلى تطبيق ذكي وموثوق يساعد على تحديد جودة وحيوية البذور بدقة وفي وقت قصير، ويشمل هؤلاء المزارعون لإجراء فحص سريع ودقيق للبذور قبل الزراعة، الباحثون الزراعيون للحصول على بيانات إحصائية ونتائج دقيقة لأغراض البحث والتطوير، ووزارة الزراعة والجهات الداعمة للقطاع الزراعي للاستفادة من البيانات المجمعة بعد إخفاء هوية المستخدمين لوضع السياسات الزراعية ومتابعة جودة البذور على مستوى المناطق أيضا يساعد المستخدم الضيف حيث يمكنه استخدام وظيفة الفحص الأساسية دون إنشاء حساب . يسهم هذا التطبيق في تقليل الهدر الزراعي وزيادة الإنتاجية وتحسين كفاءة استغلال الموارد، بما يعزز استدامة الزراعة في اليمن.

3.2.3 تحليل الوضع الحالي و نقاط الضعف:

يواجه المزارع اليمني تحديات كبيرة في مجال فحص جودة وحيوية البذور، إذ يعتمد على الطرق التقليدية المجهدة وغير الدقيقة، مما يحد من إنتاجيته ويقلل من العائد الزراعي لديه. وفيما يلي توضيح لأهم نقاط الضعف المرتبطة بالوضع الحالي :

استنزاف الوقت والجهد: عملية فرز وفحص البذور بالتجربة أو مخبرياً تستغرق وقتًا طويلاً وتتطلب ظروف فحص معينة مما يكلف المزارع مادياً لتكاليف الفحص وتأخر نتائج الفحص .

صعوبة الوصول إلى التقنيات الحديثة: ارتفاع تكاليف الأجهزة المتخصصة في فحص البذور، بالإضافة إلى محدودية المعرفة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، يجعل المزارع اليمني يفتقر إلى حلول تقنية متقدمة يمكن أن تحسن من جودة الفحص والإنتاج الزراعي.

4.2.3 تعريف بيان المشكلة و الأهداف :

يواجه المزارعون اليمنيون تحديات كبيرة في التمييز بين البذور السليمة والبذور التالفة، حيث يعتمدون غالبًا على الفحص اليدوي أو البصري أو التجربة التي تستغرق أياماً . هذه الطرق قد تؤدي إلى زراعة بذور تالفة أو منخفضة الجودة، مما ينعكس سلبًا على إنتاجية المحاصيل ويزيد من التكاليف. بالإضافة إلى ذلك، يفتقر المزارعون إلى تقنيات متقدمة تساعدهم على تقييم جودة البذور بدقة وسرعة قبل عملية الزراعة، مما يعيق تحسين العملية الإنتاجية الزراعية.

تتمثل الأهداف الرئيسية لمعالجة هذه التحديات في تطوير نظام ذكي يعتمد على تقنيات التعلم العميق (Deep Learning) والشبكات العصبية الالتفافية (CNN) لتمييز وفرز البذور الجيدة من التالفة بدقة عالية. يجب أن يكون

هذا التطبيق موثوقًا، سريعًا، وسهل الاستخدام، بحيث يمكّن المزارعين من الحصول على نتائج دقيقة خلال وقت قصير، دون الحاجة إلى خبرة تقنية متقدمة.

. هذه النتائج تسهم في مساعدة المزارعين على اختيار البذور المناسبة، مما يقلل من نسبة الهدر ويزيد من فرص الحصول على محاصيل ذات جودة عالية.

وتهدف التحسينات المرتبطة بالتطبيق إلى رفع كفاءة العملية الزراعية عبر:

1) تطوير التطبيق لفحص بذور الذرة (الصفراء).
2) تحقيق دقة تصنيف لا تقل عن 90% على مجموعة اختبار محجوزة.
3) تقليل التكاليف الناتجة عن زراعة بذور تالفة أو ضعيفة الجودة.

باختصار، يركز المشروع على تطوير تطبيق ذكي وعملي لفحص جودة وحيوية البذور باستخدام الذكاء الاصطناعي، بما يسهم في تعزيز الإنتاجية الزراعية، تقليل الخسائر، وتحقيق استدامة أكبر في الزراعة اليمنية.

5.2.3 تعريف فئات المستخدم و خصائصها:

يلعب هذا القسم دوراً مهماً في فهم احتياجات المستخدمين للنظام وضمان تصميمه بطريقة تلبي توقعاتهم. الخطوة الأولى هي تحديد فئات المستخدمين وخصائصهم، حيث يساعد ذلك في تطوير واجهة سهلة ومناسبة لكل فئة.

في مشروع كشف البذور، يمكن تحديد ثلاث فئات رئيسية من المستخدمين:

1) مزارعين حبوب الذرة الصفراء:

- الخصائص: هم المستخدمون الأساسيون للنظام. لديهم خبرة في الزراعة وزراعة البذور، ويختلف مستوى معرفتهم بالتقنيات الحديثة بين مستخدم وآخر. بعضهم معتاد على استخدام الهواتف الذكية والأجهزة البسيطة، بينما قد يحتاج الآخرون إلى واجهات أكثر بساطة وسهولة في الاستخدام.
- الاحتياجات: يحتاج المزارعون إلى تطبيق سريع ودقيق يمكنه تمييز البذور الصالحة من التالفة بسهولة، وتقديم نتائج واضحة تساعدهم على اختيار البذور المناسبة للزراعة، وتقليل الهدر، وزيادة إنتاجية محاصيلهم.

2) الأشخاص العاديون الذين يزرعون في منازلهم أو حدائقهم:

- الخصائص: هم مستخدمون غير محترفين لديهم خبرة بسيطة أو محدودة في الزراعة، ويهتمون بزراعة بذور سليمة لتحسين نمو نباتاتهم.
- الاحتياجات: يحتاج هؤلاء المستخدمون إلى واجهة سهلة وبسيطة تعرض نتائج الفحص بشكل مباشر وسهل الفهم، مع تعليمات واضحة حول كيفية التعامل مع البذور الصالحة والتخلص من التالفة، دون الحاجة إلى معرفة تقنية متقدمة.

3) الباحثون الزراعيون:

- الخصائص: هم مستخدمون متخصصون يمتلكون خلفية علمية وأكاديمية قوية في مجال العلوم الزراعية. يتميزون بالدقة العالية، والقدرة على التعامل مع البيانات المعقدة والتقنيات الحديثة، ويهدفون دائمًا إلى تحليل جودة البذور من منظور علمي لتطوير السلالات أو إجراء الدراسات الميدانية.
- الاحتياجات: يحتاج هؤلاء المستخدمون إلى تطبيق يوفر تحليلات بيانية مفصلة(Detailed Analytics) ، وتقارير تقنية دقيقة حول حيوية وجودة البذور. كما يحتاجون إلى إمكانية تصدير البيانات، وتوفر أدوات

للمقارنة بين عينات مختلفة، مع وجود مرجعيات علمية تدعم نتائج الفحص لضمان دقة أبحاثهم وتطوير الإنتاج الزراعي بشكل مستدام.

بهذه الطريقة، يضمن التطبيق خدمة المستخدمين بشكل عملي وفعال، سواء كانوا مزارعين محترفين أو أفراد يزرعون في منازلهم، ويساعدهم على تحسين جودة البذور وزيادة نجاح الزراعة.

6.2.3 تحديد احتياجات المستخدم و تجميع المتطلبات:

يُعد جمع احتياجات المستخدمين خطوة أساسية لضمان تصميم تطبيق فعال ودقيق لكشف جودة وحيوية البذور. من خلال التعامل مع المستخدمين وفهم احتياجاتهم، يمكن تطوير واجهة تطبيق يخدمهم بشكل مباشر ويحقق أهداف المشروع. تم تحديد الاحتياجات التالية بناءً على خصائص كل فئة مستخدم:

1) **احتياجات المزارعين:**

- فحص سريع ودقيق: يحتاج المزارعون إلى تطبيق يتيح لهم تمييز البذور الصالحة من التالفة بسرعة ودقة قبل الزراعة.
- واجهة سهلة الاستخدام: يفضل المزارعون واجهة بسيطة وبديهية يمكن الوصول إليها عبر الهواتف الذكية أو الأجهزة اللوحية، مع عرض واضح للنتائج والتنبيهات.

2) **احتياجات الأشخاص العاديين (الذين يزرعون في منازلهم أو حدائقهم):**

- سهولة الاستخدام: يحتاج هؤلاء المستخدمون إلى واجهة واضحة وبسيطة تعرض نتائج الفحص مباشرة دون تعقيد، مع شرح مختصر لكيفية التعامل مع البذور الصالحة والتالفة.
- إرشادات عملية: يجب أن يقدم تطبيق تعليمات واضحة وعملية حول كيفية اختيار البذور وتجهيزها للزراعة بشكل صحيح.
- نتائج موثوقة وسريعة: يحتاج المستخدمون إلى نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات بشأن الزراعة اليومية.

3) **احتياجات الدعم الفني والصيانة (اختياري وبسيط):**

- متابعة النظام: يحتاج أي دعم فني بسيط لضمان عمل التطبيق بشكل صحيح وتحديث قاعدة البيانات أو الخوارزميات عند الحاجة.
- التعامل مع المشكلات الفنية الطفيفة: توفير أدوات تشخيص بسيطة أو دعم عن بُعد لحل أي مشاكل تشغيلية للنظام.

3.3 دراسة الجدوى (Feasibility Study):

هنا المراحل التي سيتم دراسة الجدوى بها:

1) دراسة الجدوى التقنية.
2) دراسة الجدوى الاقتصادية .
3) دراسة الجدوى التشغيلية .
4) دراسة الجدوى الزمنية .

1.3.3 الجدوى التقنية:

تعتمد هذه المرحلة على التقنيات والبرمجيات المستخدمة في المشروع وتقسم الى مكونات مادية ومكونات برمجية بالإضافة الى المهارات.

مـــن خلال دراسة احتياجات التطبيق المادية الكفيلة بتشغيل التطبيق وذلك من خلال دراسة التقنية المتوفرة في السوق وللتوافق بين احتياجات ومتطلبات التطبيق وبين التقنية المتوفرة في السوق وبعد النظر وجدنا أن الاحتياجات المادية كالتالية :

1.1.3.3 المكونات المادية (Hardware):

1) هاتف ذكي.
2) لابتوب.
3) مودم.

2.1.3.3 المكونات البرمجية (Software):

1) **Windows 10:** نظام التشغيل المستخدم.
2) **Intllij IDEA :** برنامج لتطوير تطبيقاتAndroid .
3) **Figma:** لتصميم واجهات المستخدم.
4) **Sqlite:** قاعدة بيانات محلية.
5) **LD Player:** محاكي أندرويد لاختبار التطبيق قبل نشره على أجهزة حقيقية.
6) **drow.io:** لتصميم المخططات.
7) **Visual Studio Code**: محرر أكواد للعمل في بيئة python.

3.1.3.3 المهارات (Skills):

1) **مدير مشروع:** يتطلب منه القدرة على التخطيط والتنفيذ والإشراف على جميع جوانب المشروع و تقديم الدعم للمستخدمين وحل المشكلات التقنية .
2) **مطور تطبيق:** يتطلب منه القدرة على تطوير تطبيقات موبايل باستخدام بيئة (Flutter).
3) **مصمم واجهات المستخدم:** يتطلب منه القدرة على تصميم واجهات التطبيق وتجربة المستخدم.
4) **مدرب نموذج :** يتطلب من القدرة على التعامل مع الشبكات العصبية ونموذج MobileNetV3 .
5) **دعم فني:** لتقديم الدعم للمستخدمين وحل المشكلات التقنية.

1.1.3.3 نشر نموذج الذكاء الاصطناعي :

سيتم تحويل نموذج الشبكة العصبية الالتفافية (CNN) إلى TensorFlow Lite ليعمل مباشرة على جهاز المستخدم، مما يلغي الحاجة إلى اتصال إنترنت دائم، ويقلل من تكاليف الخادم، ويوفر تحليلاً أسرع، وهو أمر بالغ الأهمية للمناطق ذات الاتصال الضعيف في اليمن. ومن المتوقع أن يواجه تشغيل النموذج على أجهزة متنوعة المواصفات بعض التحديات، مثل اختلاف سرعة المعالج وسعة الذاكرة بين الأجهزة، ما قد يؤثر على سرعة الأداء. لذلك، سيتم

العمل على تحقيق التوازن بين دقة النموذج وحجمه، بحيث يكون النموذج خفيفًا بما يكفي لتشغيله بسرعة على الأجهزة منخفضة المواصفات، مع الحفاظ على مستوى عالٍ من الدقة في التمييز بين البذور السليمة والتالفة.

2.3.3الجدوى الاقتصادية:

1.2.3.3 تكاليف مستمرة:

- تكاليف خدمة الموظف التقني.
- تكاليف الصيانة.

2.2.3.3 تكاليف ثابتة:

جدول 1-3 التكاليف الثابتة

العدد	المتطلبات	السعر
1	مودم	$25
1	جهاز كمبيوتر	$300
1	Windows 10	Free
	المجموع	$325

3.2.3.3 المنافع من المشروع:

تُظهر دراسة الجدوى الاقتصادية أنّ المشروع يمكن أن يكون مجديًا، حيث إنّ المنافع تفوق التكاليف، وتتمثل في الآتي:

1) **تحسين جودة الإنتاج الزراعي:** رفع كفاءة عملية الزراعة من خلال استخدام بذور سليمة فقط، مما ينعكس إيجابًا على كمية المحصول وجودته.
2) **تقليل الهدر والتكاليف:** خفض نسبة الخسائر الناتجة عن زراعة بذور تالفة، وبالتالي تقليل التكاليف المترتبة على المزارعين.
3) **تسريع عملية الفحص:** إتاحة وسيلة آلية سريعة لفحص كميات كبيرة من البذور بدقة أعلى مقارنة بالفحص اليدوي.
4) **المساهمة في الاستدامة:** تعزيز استدامة الموارد الزراعية عبر تحسين كفاءة استغلال الأرض والمياه باستخدام بذور عالية الجودة.

3.2.3.3 خطة الاستدامة والتكاليف المستمرة :

نظراً لأن هذا التطبيق يهدف إلى دعم المزارعين وتحسين جودة الإنتاج المحلي وذلك بشكل غير ربحي، فإن خطة الاستدامة تركز على استمرارية العمل لضمان بقاءه فعالاً ومتاحاً للمستخدمين لفترة طويلة دون الحاجة إلى تمويل تجاري. سيتم الإشراف على التطبيق وصيانته من قبل فريق المشروع بشكل تطوعي .

جدول 4-3 التكاليف المستمرة للإستدامة

البند	التكلفة الشهرية	الملاحظات
الانترنت والكهرباء	$5	لتشغيل النظام ومتابعته
صيانة وتحديث التطبيق	$50	يتم من قبل الفريق
المجموع	$55	الشهري

3.3.3 الجدوى التشغيلية:

سهولة التشغيل والصيانة: التطبيق مصمم بواجهة استخدام واضحة وبنية خلفية مرنة، مما يتيح إجراء التحديثات الدورية والصيانة دون الحاجة إلى خبرات تقنية متقدمة.

دعم اتخاذ القرارات الزراعية: يوفّر التطبيق وسيلة تقنية تساعد المزارعين في اختيار البذور السليمة، وتقليل الاعتماد على الفحص التقليدي، مما يساهم في رفع كفاءة العملية الزراعية.

التحديث الفوري للبيانات: يتيح التطبيق معالجة صور البذور وعرض النتائج بشكل لحظي، مما يسهم في دقة المعلومات المتاحة للمزارعين والباحثين ويعزز من فعالية اتخاذ القرار.

إمكانية التشغيل عن بُعد: يمكن استخدام التطبيق من أي مكان عبر هواتف Andriod دون الحاجة لوجود المستخدمين في المختبرات أو مراكز الفحص، الأمر الذي يوفر الوقت والجهد ويزيد من سهولة الوصول إلى الخدمة.

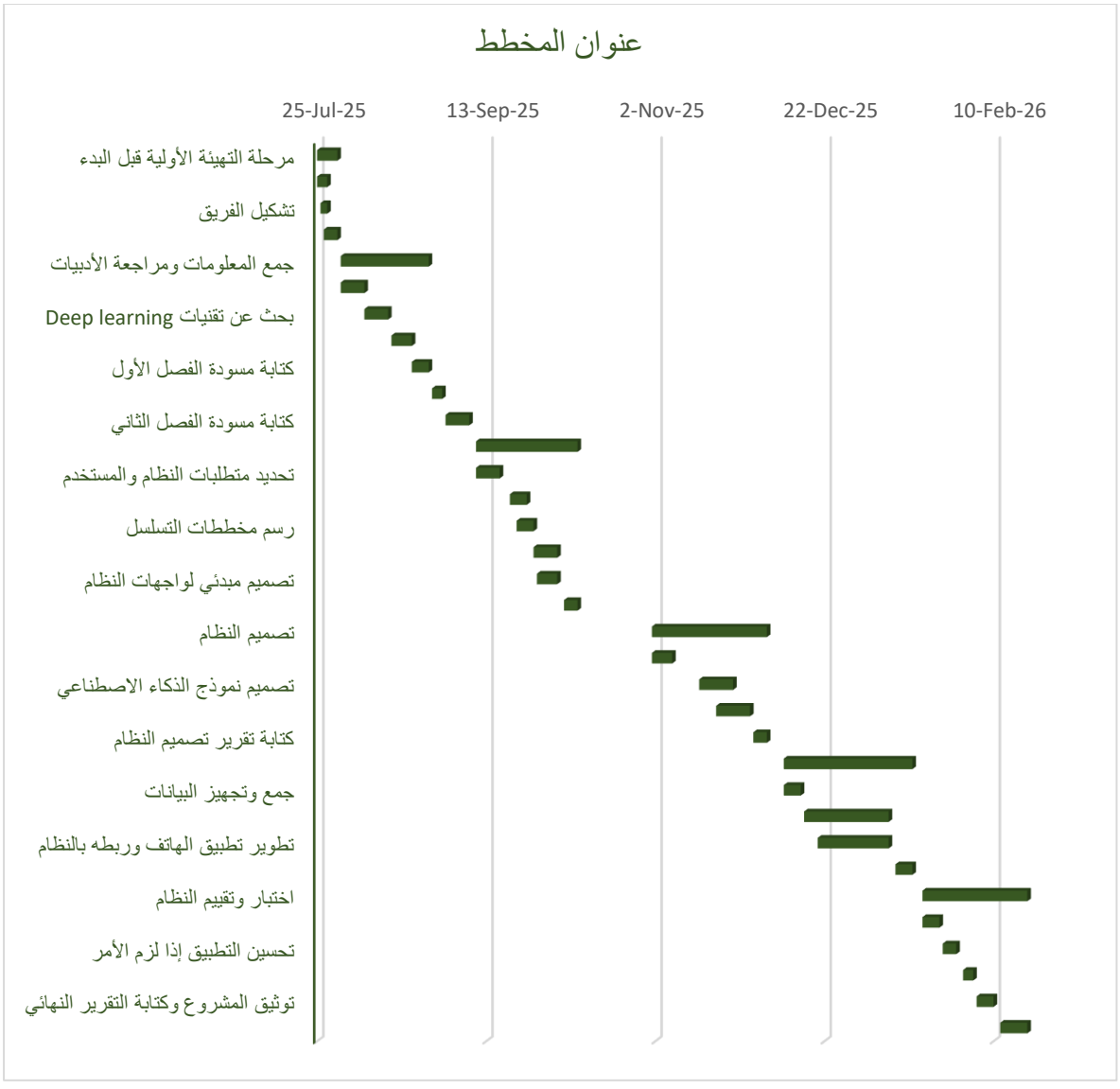
4.3.3 الجدوى الزمنية :

نظرا لأن الوقت المتاح كاف لإتمام أهداف المشروع المطلوبة وجد أن هنالك جدوى زمنية والمخططات التالية توضح الفترات اللازم لإنجاز وتسليم التطبيق :

جدول 3-3 الجدوى الزمنية

المهمة	تاريخ البدء	تاريخ الانتهاء	المدة ايوم
مرحلة التهيئة الأولية قبل البدء	7/25/2025	7/31/2025	6
اختيار موضوع المشروع	7/25/2025	7/28/2025	3
تشكيل الفريق	7/26/2025	7/28/2025	2
اختيار المشرف	7/27/2025	7/31/2025	4
جمع المعلومات ومراجعة الأدبيات	8/1/2025	8/27/2025	26
البحث عن 20 دراسة سابقة	8/1/2025	8/8/2025	7
بحث عن تقنيات Deep learning	8/8/2025	8/15/2025	7
بحث عن مكاتب Pree-processing	8/16/2025	8/22/2025	6
كتابة مسودة الفصل الأول	8/22/2025	8/27/2025	5
تحليل الدراسات السابقة ذات العلاقة بالبحث	8/28/2025	8/31/2025	3
كتابة مسودة الفصل الثاني	9/1/2025	9/8/2025	7
تحليل النظام والمتطلبات	9/10/2025	10/10/2025	30
تحديد متطلبات النظام والمستخدم	9/10/2025	9/17/2025	7
رسم مخططات Use case diagram	9/20/2025	9/25/2025	5
رسم مخططات التسلسل	9/22/2025	9/27/2025	5
رسم مخطط ERD	9/27/2025	10/4/2025	7
تصميم مبدئي لواجهات النظام	9/28/2025	10/4/2025	6
كتابة مسودة الفصل الثالث	10/6/2025	10/10/2025	4
تصميم النظام	11/1/2025	12/5/2025	34
تصميم قاعدة البيانات	11/1/2025	11/7/2025	6
تصميم نموذج الذكاء الاصطناعي	11/15/2025	11/25/2025	10
تصميم واجهة التطبيق	11/20/2025	11/30/2025	10
كتابة تقرير تصميم النظام	12/1/2025	12/5/2025	4
تنفيذ النظام	12/10/2025	1/17/2026	38
جمع وتجهيز البيانات	12/10/2025	12/15/2025	5
تدريب نموذج الذكاء الاصطناعي	12/16/2025	1/10/2026	25
تطوير تطبيق الهاتف وربطه بالنظام	12/20/2025	1/10/2026	21
اختبار تجريبي للنظام	1/12/2026	1/17/2026	5

المهمة	تاريخ البدء	تاريخ الانتهاء	المدة ايوم
اختبار وتقييم النظام	1/20/2026	2/20/2026	31
اختبار النموذج وتطبيق بيانات جديدة	1/20/2026	1/25/2026	5
تحسين التطبيق إذا لزم الأمر	1/26/2026	1/30/2026	4
كتابة تقرير تقييم النظام	2/1/2026	2/4/2026	3
توثيق المشروع وكتابة التقرير النهائي	2/5/2026	2/10/2026	5
كتابة التقرير النهائي	2/12/2026	2/20/2026	8



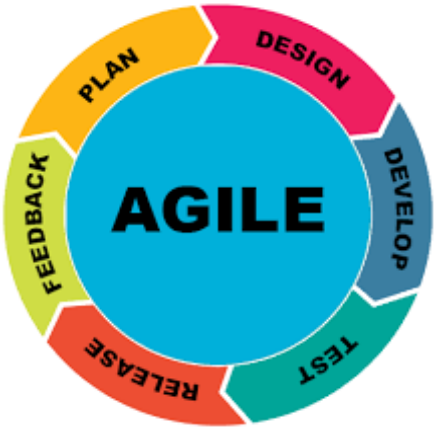
رسم توضيحي 1-3لمخطط الخطة الزمنية

4.3 منهجية المشروع (Project Methodology):

تم اعتماد منهجية **(Agile)** وتحديداً إطار عمل Scrum في تطوير هذا المشروع. تتميز منهجية Agile بمرونتها، حيث يتم تقسيم المشروع إلى وحدات صغيرة (Sprints) مدة كل منها أسبوعين، مما يسهل إنجازها وسهولة التعامل معها وإعادة الصيانة والضبط للأخطاء. كما تسمح منهجية Agile بتفاعل العملاء (المزارعين) بشكل مستمر مع فريق التطوير، مما يساعد على فهم احتياجاتهم وتحسين التطبيق بشكل مستمر، كما هو موضح في الشكل.(3-3)

تم توزيع المهام على 6 Sprints رئيسية:

- Sprint 1(أسابيع 1-2): تحليل المتطلبات وجمع الاحتياجات
- Sprint 2(أسابيع 3-4): تصميم واجهات المستخدم ونمذجة النظام
- Sprint 3(أسابيع 5-9): بناء وتدريب نموذج الذكاء الاصطناعي
- Sprint 4(أسابيع 10-12): تطوير التطبيق ودمج النموذج
- Sprint 5(أسابيع 13-14): اختبار النظام وتقييم الأداء
- Sprint 6(أسابيع 15-16): التوثيق والتسليم النهائي



رسم توضيحي 3-2 لمنهجية Agile

5.3 تحديد المتطلبات (Define requirements):

1.5.3 المتطلبات الوظيفية:

- **إدارة المستخدم والمصادقة:**

1) تسجيل المستخدم:

يجب أن يتيح التطبيق للمستخدم الجديد انشاء حساب جديد كما يوضح الشكل (3.4).

2) تسجيل الدخول والخروج:

يتيح التطبيق للمستخدم المسجل تسجيل الدخول والخروج بشكل امن .

3) **إدارة الجلسات:**

يجب أن يحافظ التطبيق على جلسة المستخدم حتى يقوم المستخدم بتسجيل الخروج يدويا. كما يوضح الشكل(3.14) .

4) **إدارة كلمات المرور:**

يجب أن يوفر التطبيق ميزة " نسيت كلمة المرور" لتمكين المستخدمين من إعادة تعيين كلمة المرور باستخدام رقم ال PIN كما يوضح الشكل (3.10).

5) **وضع الضيف:**

يجب أن يسمح التطبيق للمستخدمين باستخدام وظيفة الكشف الأساسية دون انشاء حساب ولكن مع بعض القيود (مثل: عدم حفظ النتائج في السجل) كما يوضح الشكل (3.12).

- **الوظائف الأساسية لتحليل البذور:**

1) **الوصول الى الكاميرا والتحكم بها:**

يجب أن يطلب التطبيق اذنا للوصول الى كاميرا الجهاز الخلفية كما يوضح الشكل (3.9) .

2) **التقاط صورة:**

يجب أن يتمكن المستخدم من التقاط صورة يدويا عبر زر على الشاشة كما يوضح الشكل (3.9) .

3) **اختيار صورة من المعرض:**

يجب أن يتمكن المستخدم من اختيار صورة موجودة مسبقا من معرض الجهاز لتحليلها كما يوضح الشكل (3.9) .

4) **المعالجة المسبقة للصور:**

يجب أن يعالج التطبيق الصورة الملتقطة أو المختارة تلقائيا لإعدادها للنموذج الذكي(مثل القص،تغيير الحجم، التصحيح،التطبيع اللوني) كما يوضح الشكل (3.9) .

5) **استدلال النموذج الذكي:**

يجب أن يرسل التطبيق الصورة المعالجة الى نموذج الذكاء الاصطناعي الموجود على الجهاز للتصنيف.

6) **تصنيف الجودة :**

يجب أن يحلل النموذج الصورة ويصنف البذرة ضمن فئات جودة محددة مسبقا (تالف \ سليم).

7) **عرض النتائج:**

يجب أن يعرض التطبيق النتيجة بوضوح بعد المعالجة مباشرة بما في ذلك : الصورة ، الفئة، كما يوضح الشكل (3.9) .

8) **تقرير تحليل مفصل:**

عند الضغط على النتيجة يمكن عرض تحليل أعمق يوضح الميزات التي استخدمها النموذج كما يوضح الشكل (3.9) .

- **السجل وإدارة البيانات:**

1) **حفظ نتائج التحليل:**

يجب على التطبيق حفظ كل تحليل (الصورة ، النتيجة ، الوقت) في قاعدة بيانات محلية كما يوضح الشكل (3.9) .

2) **عرض السجل:**

يجب أن يتمكن المستخدم من عرض قائمة زمنية لنتائج تحليلاته السابقة كما يوضح الشكل(3.11).

3) **تصفية وبحث السجل:**

يجب أن يتمكن المستخدم من تصفية السجل حسب التاريخ كما يوضح الشكل (3.11) .

4) **تفاصيل السجل :**

اختيار عنصر من السجل يعرض تفاصيل التحليل كما يوضح الشكل (3.11) .

5) **حذف عناصر السجل :**

يجب أن يتمكن المستخدم من حذف مدخلات محددة أو متعددة كما يوضح الشكل (3.11) .

6) **تصدير البيانات:**

يجب أن يتمكن المستخدم من تصدير السجل كملف CSV أو PDF كما يوضح الشكل (3.14) .

- **واجهة وتجربة المستخدم (UI\UX):**

1) **واجهة سهلة وبديهية:**

يجب أن يحتوي التطبيق على واجهة بسيطة.

2) **مؤشر المعالجة:**

يجب أن يعرض التطبيق مؤشر تحميل أثناء معالجة النموذج .

3) **رسائل الخطأ :**

يجب أن يعرض التطبيق رسائل خطأ واضحة في حالات رفض اذن الكاميرا أو فشل تحميل النموذج .

2.5.3 المتطلبات غير الوظيفية:

1) **الأداء:** يجب أن يفتح التطبيق خلال أقل من ثانيتين ويجب أن ينتهي تحليل الصور خلال أقل من 5 ثوان على جهاز متوسط المواصفات .

2) **سهولة الاستخدام :** يجب أن تكون الواجهة بسيطة ليستطيع المزارع غير المتخصص استخدامها.

3) **الدقة:** الهدف الأساسي للإصدار الأولي (MVP) هو تحقيق دقة (Precision) واستدعاء (Recall) تزيد عن 90% في التمييز بين البذور القابلة للإنبات وغير القابلة للإنبات لبذور الذرة الصفراء ، وذلك بالتحقق على مجموعة اختبار محجوزة.

4) **الاعتمادية:** يجب أن يكون معدل خلو التطبيق من الأعطال أكبر من 99.5%.

5) **التوافق:** يجب أن يدعم التطبيق اصدارات اندرويد.

6) **الأمان:** يجب تخزين بيانات المستخدم وكلمات المرور بشكل امن.

7) **الخصوصية:** لا يجوز استخدام صور المستخدم وسجل التحليل لأي غرض اخر الا بموافقة صريحة.

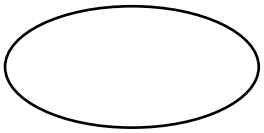
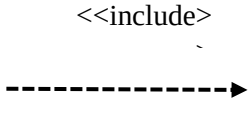
6.3 متطلبات النمذجة وبناء التطبيق (Requirements for modeling & building):

1.6.3 مخطط حالات الاستخدام(Use Case Diagram)

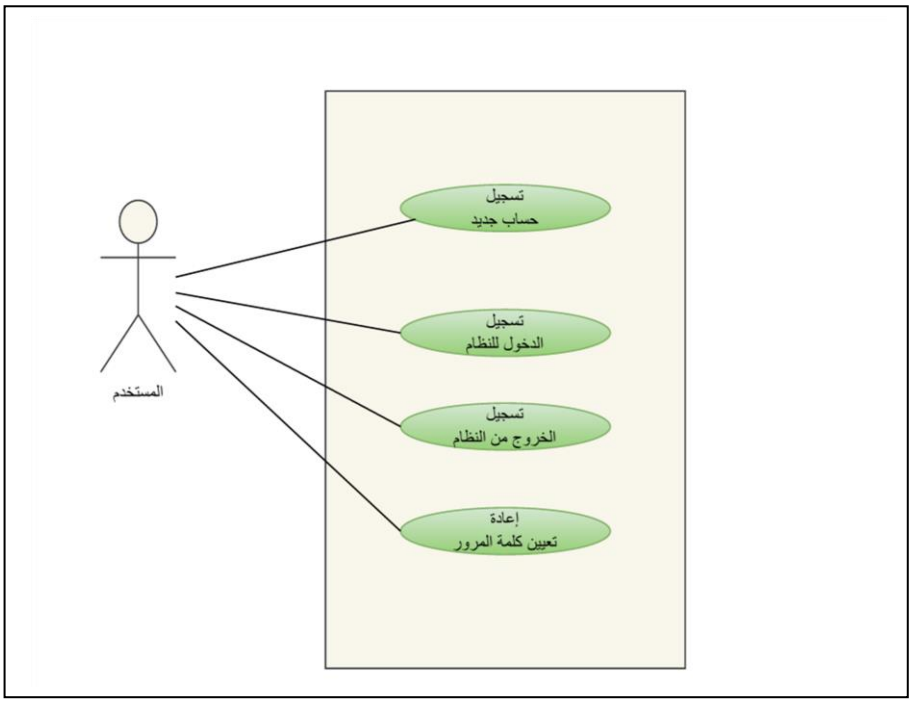
مخطط حالة الاستخدام هو نوع من أنواع المخططات السلوكية في لغة النمذجة الموحدة(UML) ، ويستخدم بشكل متكرر لتحليل الأنظمة المختلفة. يُعتبر وسيلة لتلخيص تفاصيل التطبيق والمستخدمين داخله، حيث يُعرض عادة كصورة بيانية للتفاعلات بين العناصر المختلفة في التطبيق. يحدد مخطط حالة الاستخدام الأحداث التي تحدث في التطبيق وكيفية تدفق هذه الأحداث، لكنه لا يصف كيفية تنفيذ تلك الأحداث.

توصيف العمليات:

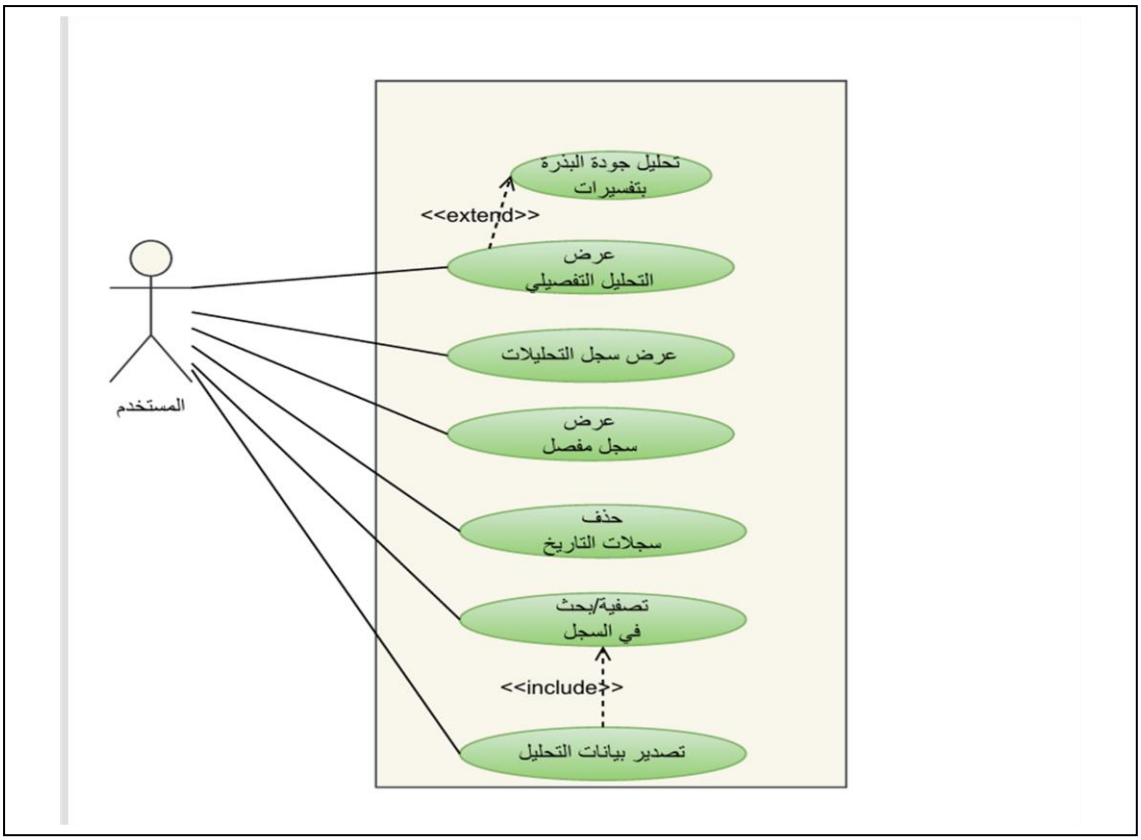
جدول 6-3 توصيف عمليات مخطط حالات الاستخدام

الرمز	اسم الرمز	الشرح
	Actor (الممثل)	عبارة عن الأشخاص الذين سيتعاملون مع التطبيق وممكن أن يكون نظام اخر او شخص.
	Use Case (حالات الاستخدام)	تصف او يتم إدراج فيها سلوك النظام الخارجي وتعبر عن مصدر لفعل، ويتم استخدامه في مرحلة جمع المتطلبات الأولية.
	System boundary (حدود النظام)	تعتبر الحاوية التي يتم وضع حالات الاستخدام المكونة للنظام داخلها.
	Include (التضمين)	تستخدم عندما توجد حالة استخدام تحتاج الى حالة استخدام أخرى بشكل اجباري.

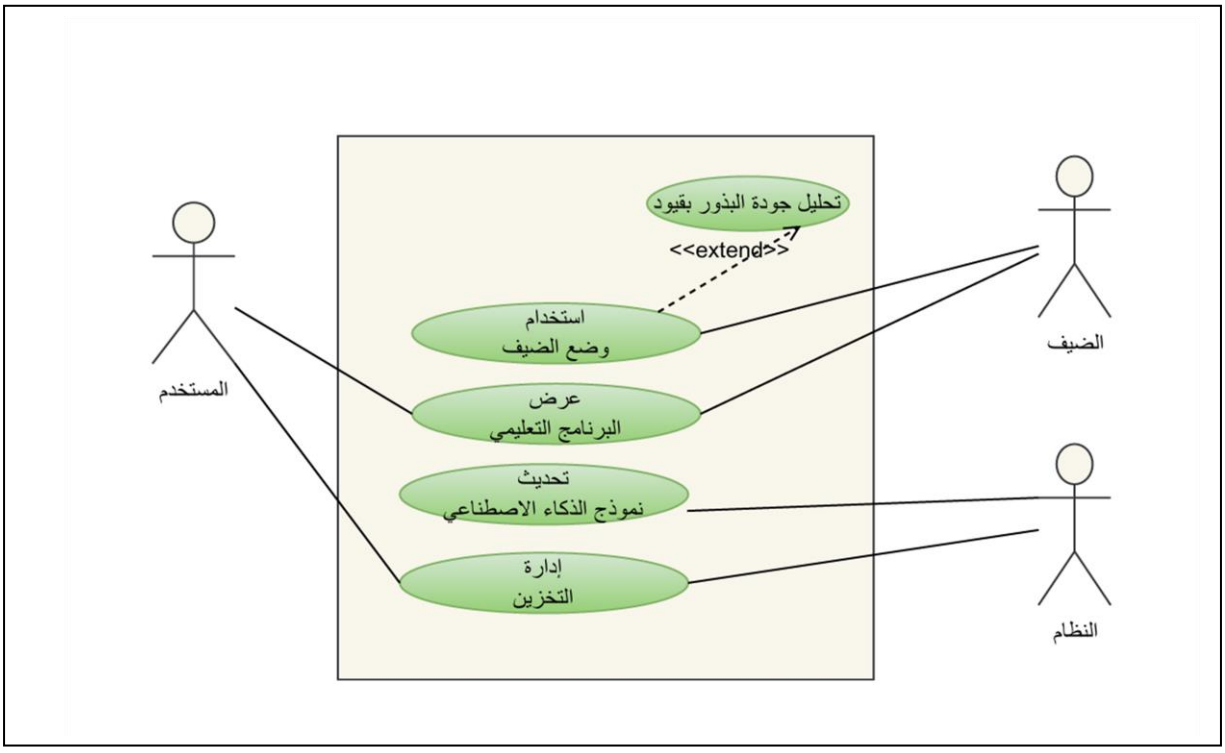
الرمز	اسم الرمز	الشرح
<<extend>> ◄----------	Extend (الامتداد)	تستخدم عندما توجد حاله استخدام تحتاج الى حالة استخدام أخرى بشكل اختياري، او كحالة يمكن تنفيذها في ظروف معينه.
————	Association (التواصل)	تستخدم للربط بين المتفاعلون مع النظام وحالات الاستخدام.



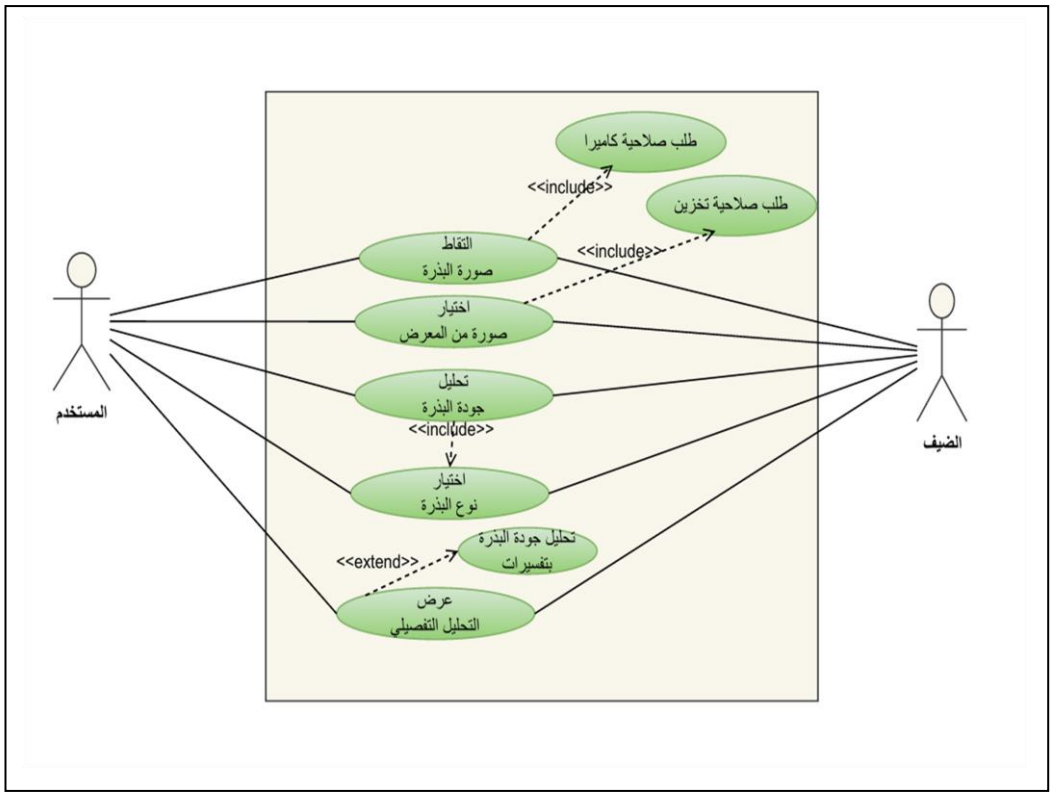
رسم توضيحي 3-3 مخطط حالات الاستخدام (المصادقة والإدارة)



رسم توضيحي 4-3 ادارة السجلات



رسم توضيحي 5-3 مخطط حالات الاستخدام للإدارة



رسم توضيحي 3-6 مخطط حالات الاستخدام (التحليل الأساسي)

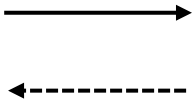
2.6.3 مخطط تسلسل الأحداث(Sequence Diagram) :

الرسم التخطيطي التسلسلي يوضح التفاعل بين العناصر خلال تسلسل زمني، ويصور الكائنات (objects) والأصناف (classes)التي يتضمنها سيناريو برمجي معين. كما يعرض تسلسل الرسائل المتبادلة بين الكائنات لتنفيذ السيناريو بشكل صحيح.

توصيف العمليات :

جدول 3-7 توصيف عمليات مخطط تسلسل الأحداث

الرمز	اسم الرمز	الشرح
	Actor (الممثل)	يمثل المستخدم أو النظام الذي يتفاعل مع النظام قيد الدراسة.
	Object (الكائن)	عنصر في النظام يتفاعل مع الكائنات الأخرى عبر الرسائل.

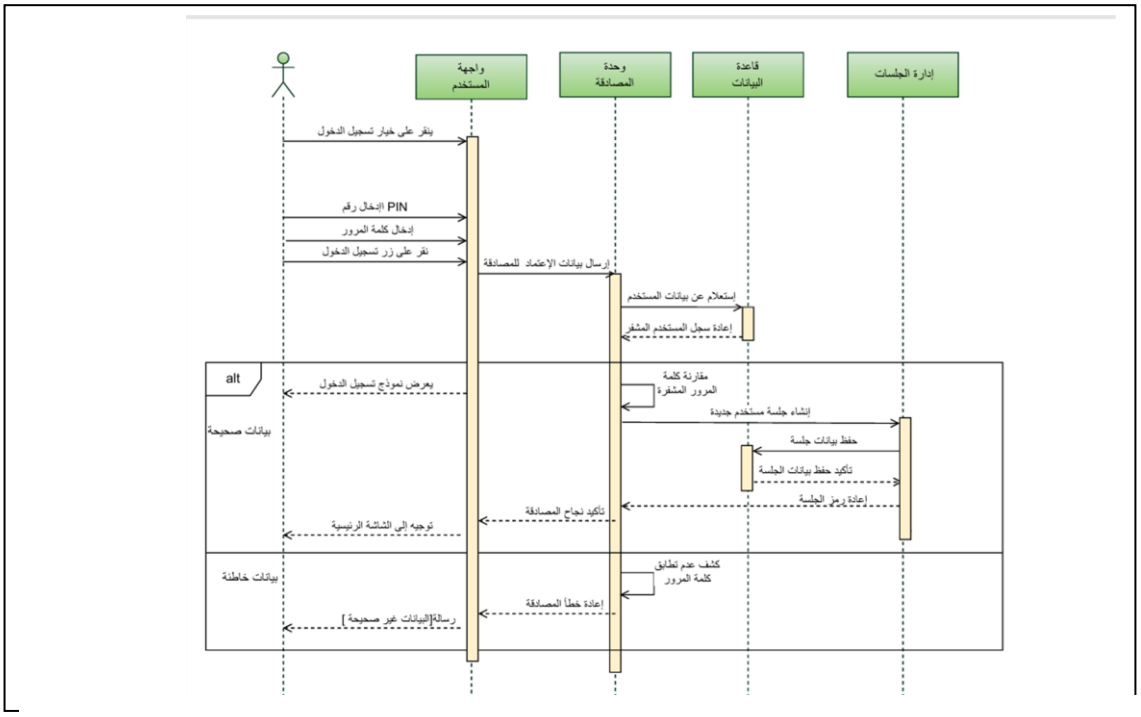
الرمز	اسم الرمز	الشرح
	Life lines (خط الحياة)	يمثل وجود الكائن أو الممثل خلال فترة زمنية معينة في السيناريو.
	Message (الرسالة)	يوضح الرسائل المتبادلة بين الكائنات لتأدية الوظائف.
	Activation bar (شريط التفعيل)	يظهر فترة تنفيذ الكائن لعملية معينة بناءً على رسالة.

1.2.6.3 مخطط تسلسل الاحداث لتسجيل الدخول:

شرح المخطط:

يوضح هذا المخطط خطوات دخول المستخدم للنظام من خلال واجهة المستخدم، حيث يقوم بإدخال رقم PINوكلمة المرور، ثم يتم التحقق من البيانات عبر وحدة المصادقة وقاعدة البيانات. في حال كانت البيانات صحيحة، تُنشأ جلسة جديدة عبر إدارة الجلسات ويُوجه المستخدم للشاشة الرئيسية، أما في حالة البيانات الخاطئة، تعرض واجهة المستخدم رسالة خطأ.

الوحدات المشاركة: واجهة المستخدم، وحدة المصادقة، قاعدة البيانات، إدارة الجلسات، كما هو موضح بالشكل (3.8).



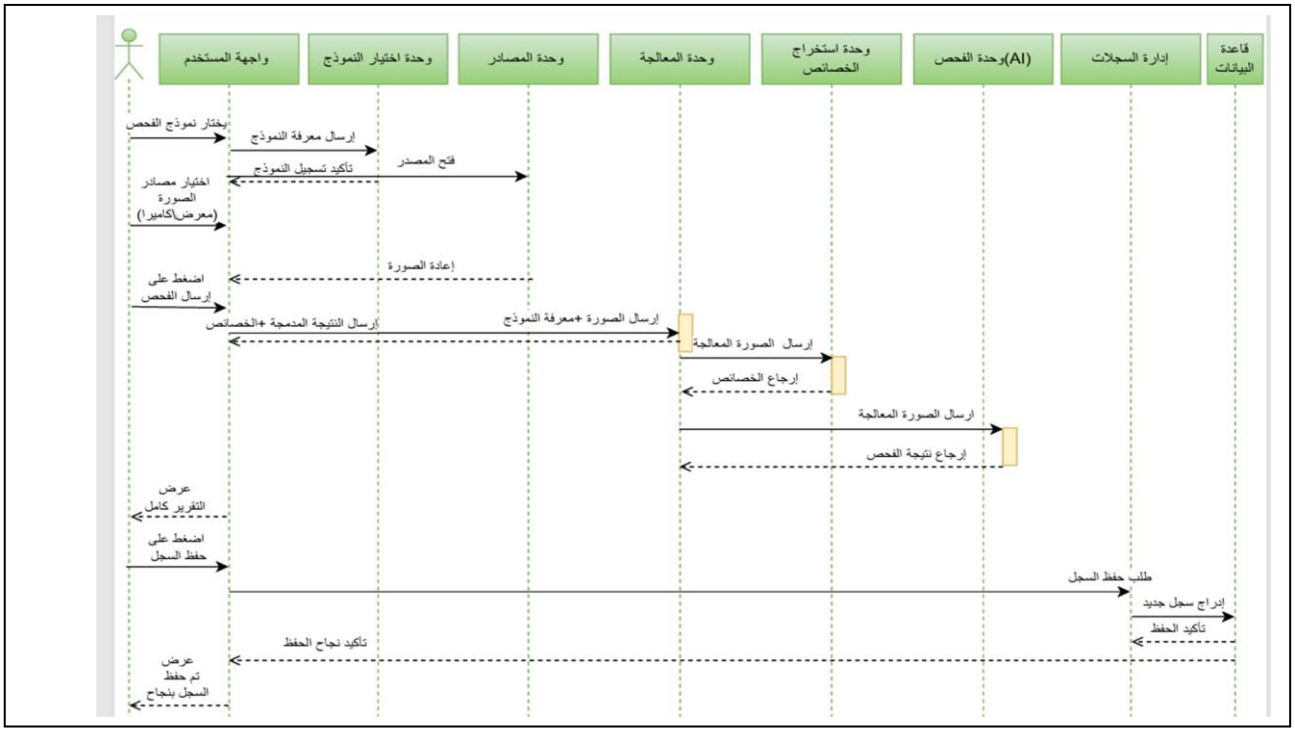
رسم توضيحي 3-7 مخطط تسلسل الأحداث تسجيل الدخول

2.2.6.3 مخطط تسلسل الاحداث لتحليل جودة البذرة:

شرح المخطط:

يوضح المخطط عملية الفحص التي يقوم بها المستخدم عند بدء الفحص من واجهة المستخدم حيث يقوم بإرسال الصورة التي سيقوم بفحصها , يتم تحويل الصورة إلى وحدة استخراج الخصائص ومن ثم لوحدة المعالجة المسبقة لتنتقل لوحدة الفحص تعود النتائج لواجهة المستقدم حيث يتم عرضها وطلب المستخدم الاحتفاظ بالنتيجة يتم تحديث قاعدة البيانات

الوحدات المشاركة: واجهة المستخدم، وحدة الكاميرا، وحدة المعالجة المسبقة, وحدة استخراج الخصائص ، نموذج الذكاء الاصطناعي، إدارة السجلات، قاعدة البيانات. كما هوا موضح بالشكل (3.9).



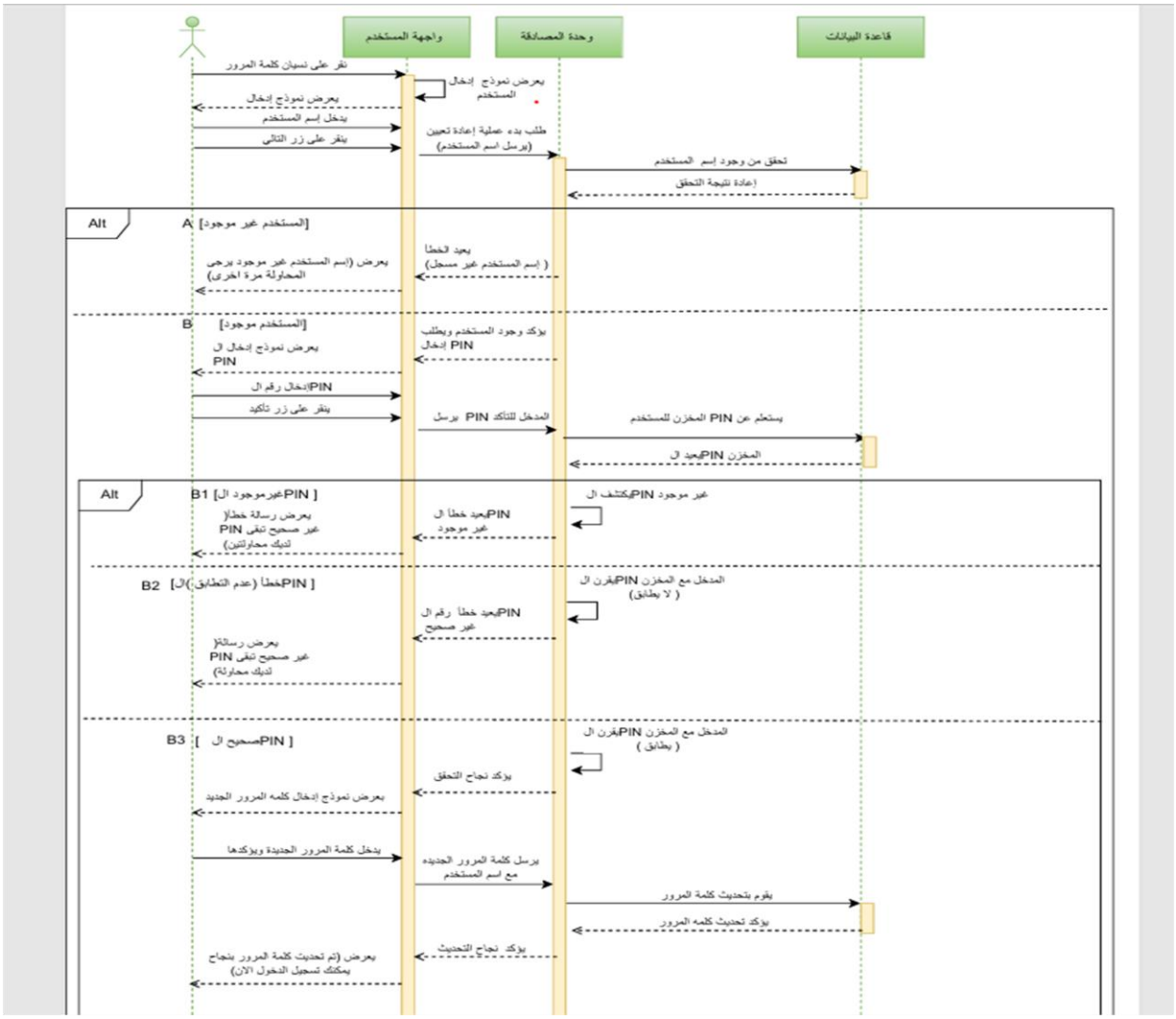
رسم توضيحي 8-3 مخطط تسلسل الأحداث لتحليل جودة البذور

3.2.6.3 مخطط تسلسل الاحداث لاعادة تعيين كلمة المرور:

شرح المخطط:

يوضح المخطط خطوات استعادة كلمة المرور المنسية، بدءًا النقر على رابط نسيان كلمة المرور في واجهة المستخدم، و إدخال اسم المستخدم والتحقق منه وإدخال رقم PIN والتحقق منه عبر وحدة المصادقة وقاعدة البيانات وعرض رسائل الخطأ التي ستظهر للمستخدم في حالات عدم تطابق الرقم PIN وحالات عدم تواجد اسم المستخدم ويتم تحديثها ثم إرسال عرض نموذج إدخال كلمة المرور الجديدة و تحديث كلمة في قاعدة البيانات وتأكيد نجاح العملية.

الوحدات المشاركة: واجهة المستخدم، وحدة المصادقة، قاعدة البيانات. كما هو موضح بالشكل (3.10).



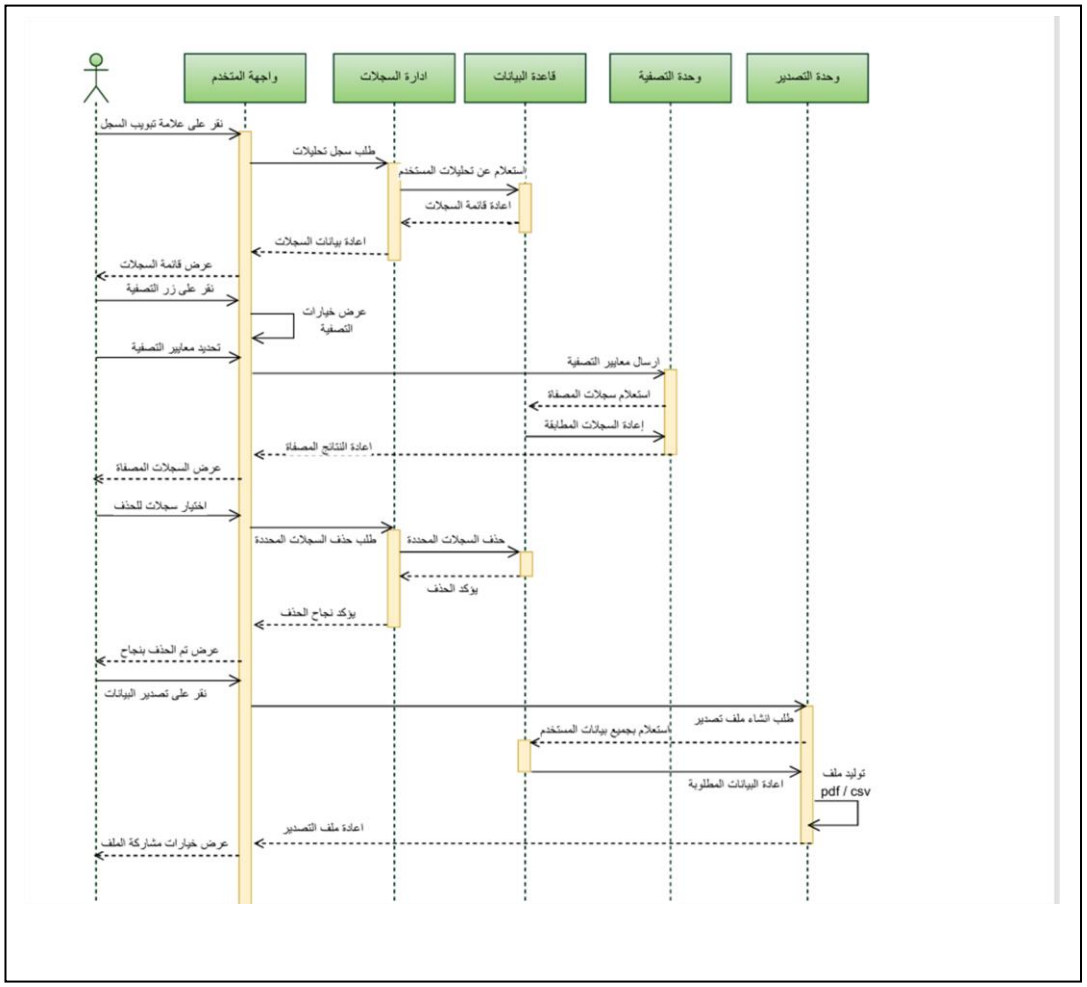
رسم توضيحي 9-3 مخطط تسلسل الأحداث لإعادة تعيين كلمة المرور

5.2.6.3 مخطط تسلسل الاحداث لإدارة السجلات:

شرح المخطط:

يوضح المخطط خطوات عرض وتحليل وحذف سجلات التحليلات. يمكن للمستخدم تصفية السجلات عبر وحدة التصفية، حذفها، أو تصديرها بصيغ PDF/CSV عبر وحدة التصدير، مع التحقق من البيانات في قاعدة البيانات.

الوحدات المشاركة: واجهة المستخدم، إدارة السجلات، وحدة التصفية، وحدة التصدير، قاعدة البيانات . كما هو موضح بالشكل (3.11).



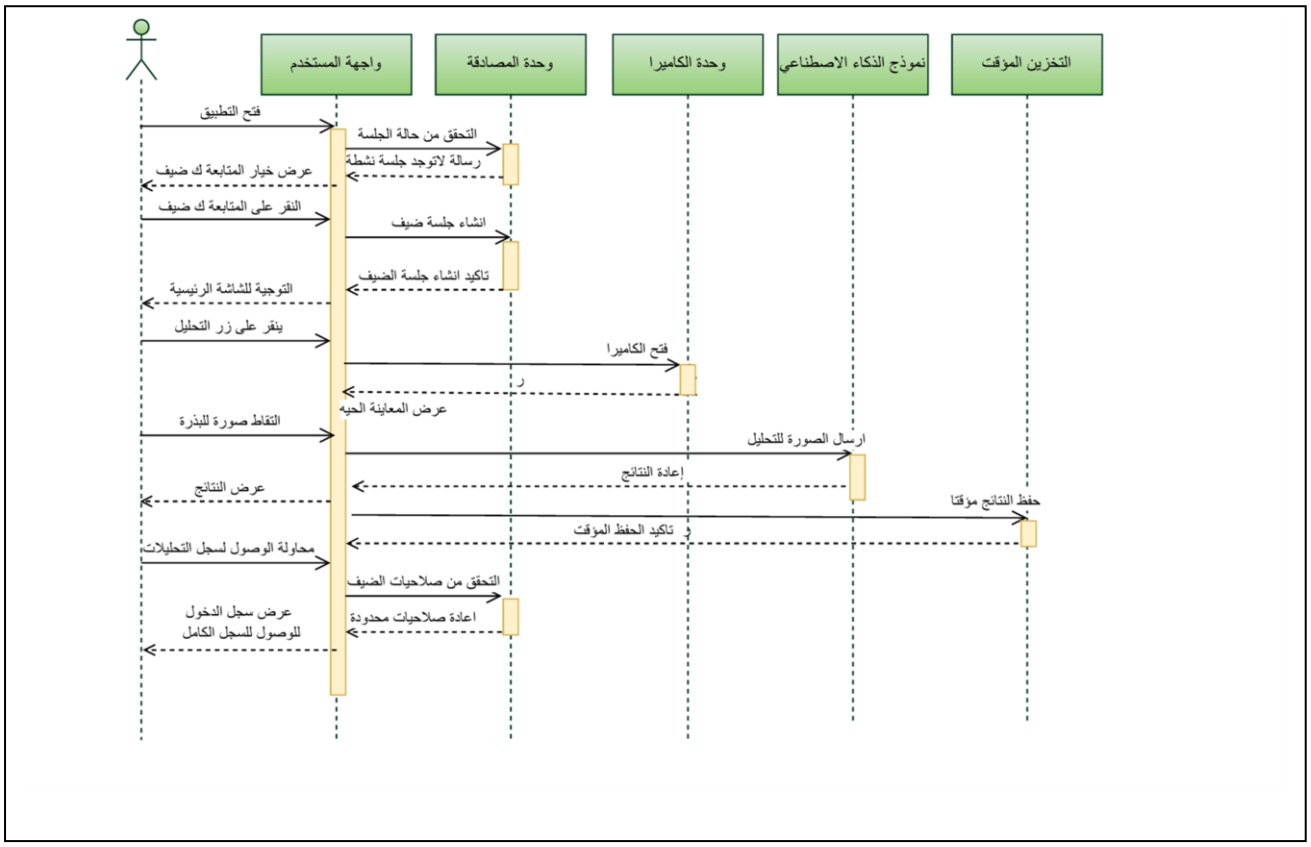
رسم توضيحي 10-3 مخطط تسلسل الاحداث لإدارة السجلات

6.2.6.3 مخطط تسلسل الاحداث لإستخدام وضع الضيف:

شرح المخطط:

يبين المخطط كيفية استخدام التطبيق بدون تسجيل حساب، حيث يمكن للضيف التقاط وتحليل البذور مؤقتًا، وحفظ النتائج في التخزين المؤقت. هناك قيود على الوصول لسجل التحليلات الكامل، ويتم إعلام المستخدم بضرورة تسجيل الدخول.

الوحدات المشاركة: واجهة المستخدم، وحدة المصادقة، وحدة الكاميرا، نموذج الذكاء الاصطناعي، التخزين المؤقت. كما هوا موضح بالشكل (3.12).



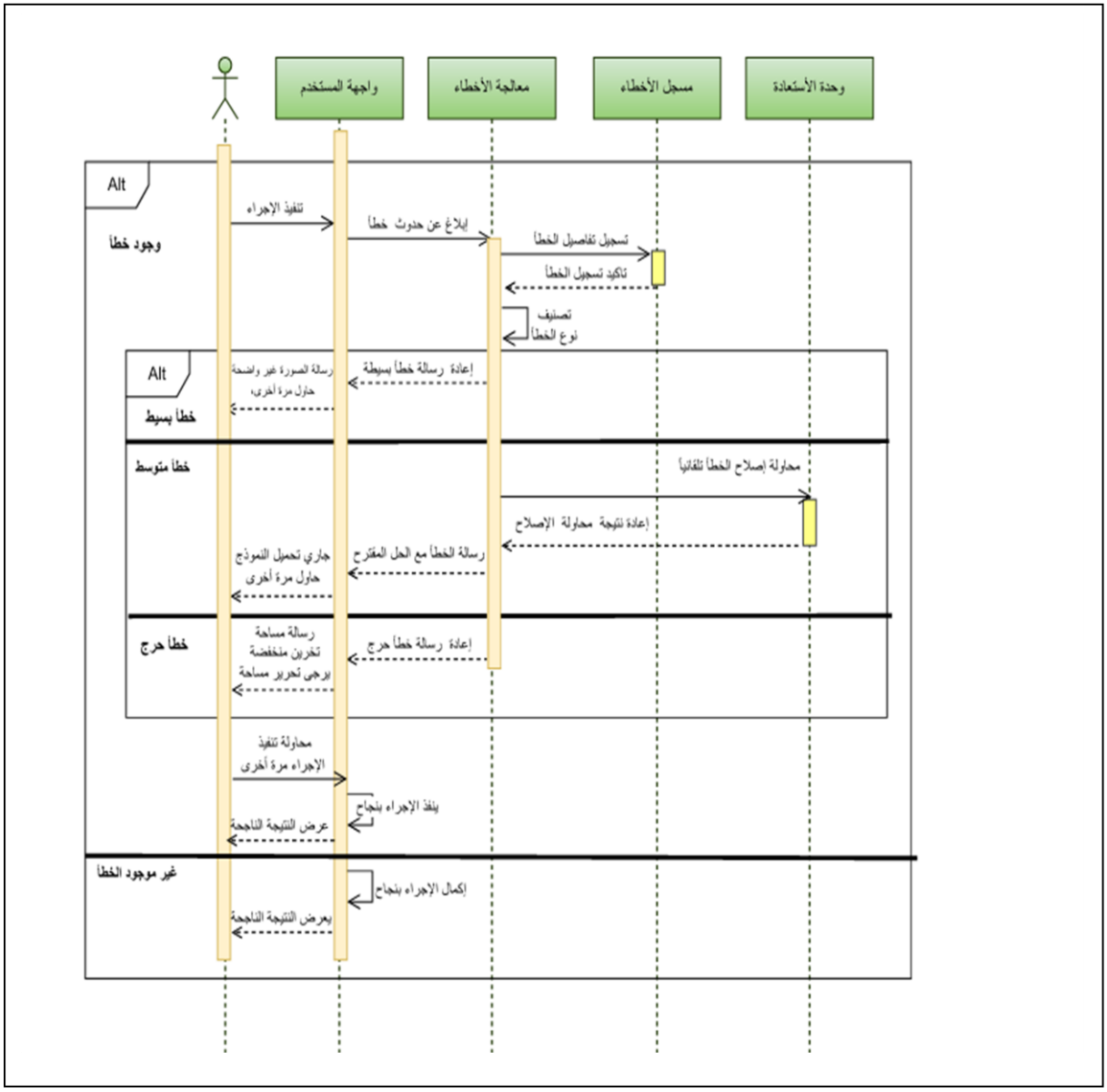
رسم توضيحي 11-3 مخطط تسلسل الأحداث لاستخدام وضع الضيف

7.2.6.3 مخطط تسلسل الاحداث معالجة الأخطاء:

شرح المخطط:

يوضح المخطط كيفية اكتشاف الأخطاء أثناء العمليات مثل تحليل الصور، تسجيل الخطأ عبر مسجل الأخطاء، وتصنيفه حسب شدته. يتم عرض رسائل للمستخدم أو محاولة إصلاح الأخطاء تلقائيًا، مع إمكانية إعادة المحاولة بعد معالجة الخطأ.

الوحدات المشاركة: واجهة المستخدم، معالج الأخطاء، مسجل الأخطاء، وحدة الاستعادة .كما هو موضح بالشكل (3.13).



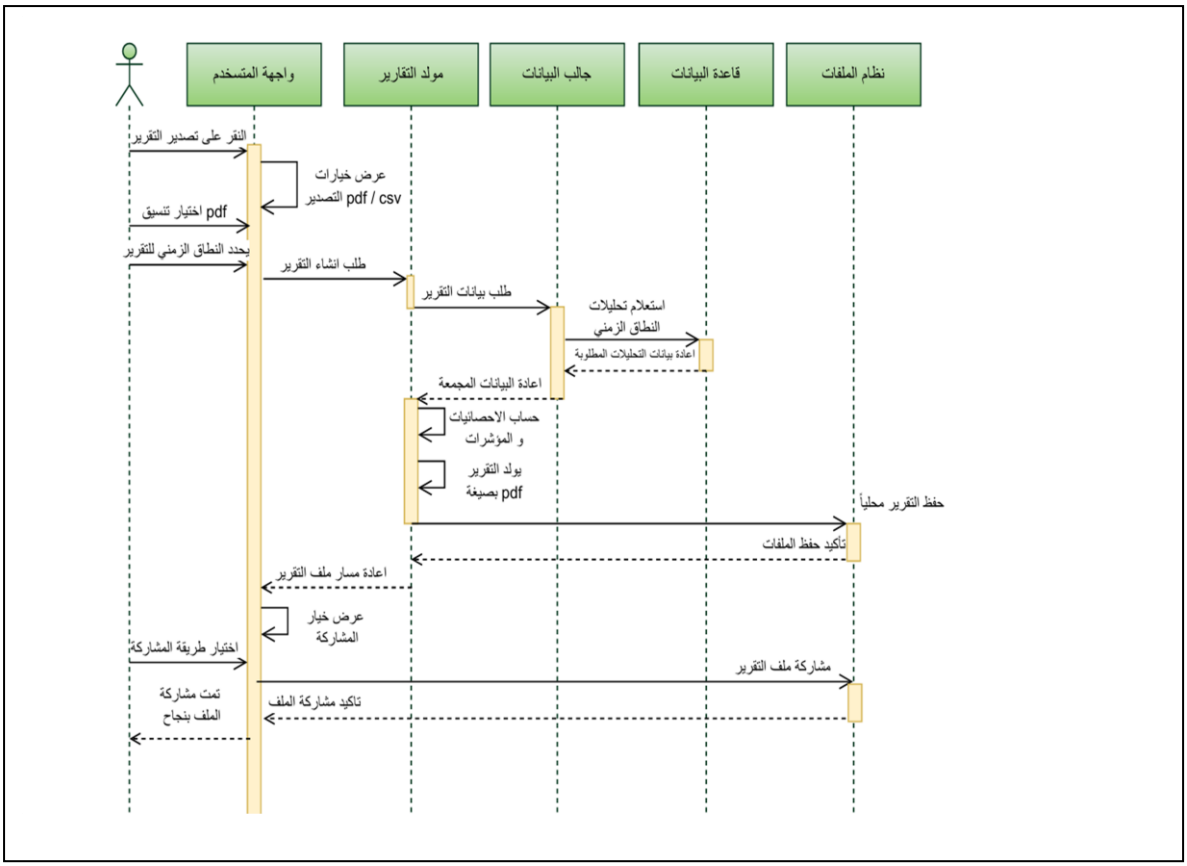
رسم توضيحي 12-3 مخطط تسلسل الأحداث لمعالجة الاخطاء

8.2.6.3 مخطط تسلسل الاحداث التصدير والإبلاغ :

شرح المخطط:

وضح المخطط خطوات إنشاء تقارير التحليلات، بدءًا من اختيار النطاق الزمني والتنسيق(PDF/CSV) ، جمع البيانات عبر جالب البيانات، توليد التقرير عبر مولّد التقارير، وحفظه أو مشاركته عبر نظام الملفات

الوحدات المشاركة: واجهة المستخدم، مولّد التقارير، جالب البيانات، قاعدة البيانات، نظام الملفات . كما هو موضح بالشكل (3.14).



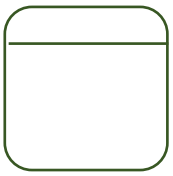
رسم توضيحي 13-3 مخطط تسلسل الأحداث للتصدير والابلاغ

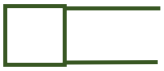
3.6.3 مخطط تدفق البيانات (Dataflow Diagram) :

مخطط تدفق البيانات هو مخطط يوضح تدفق البيانات بين النظام والكيانات الخارجية والتخزين وبين عمليات النظام الداخلية.

توصيف العمليات :

جدول 8-3 توصيف عمليات مخطط تدفق البيانات

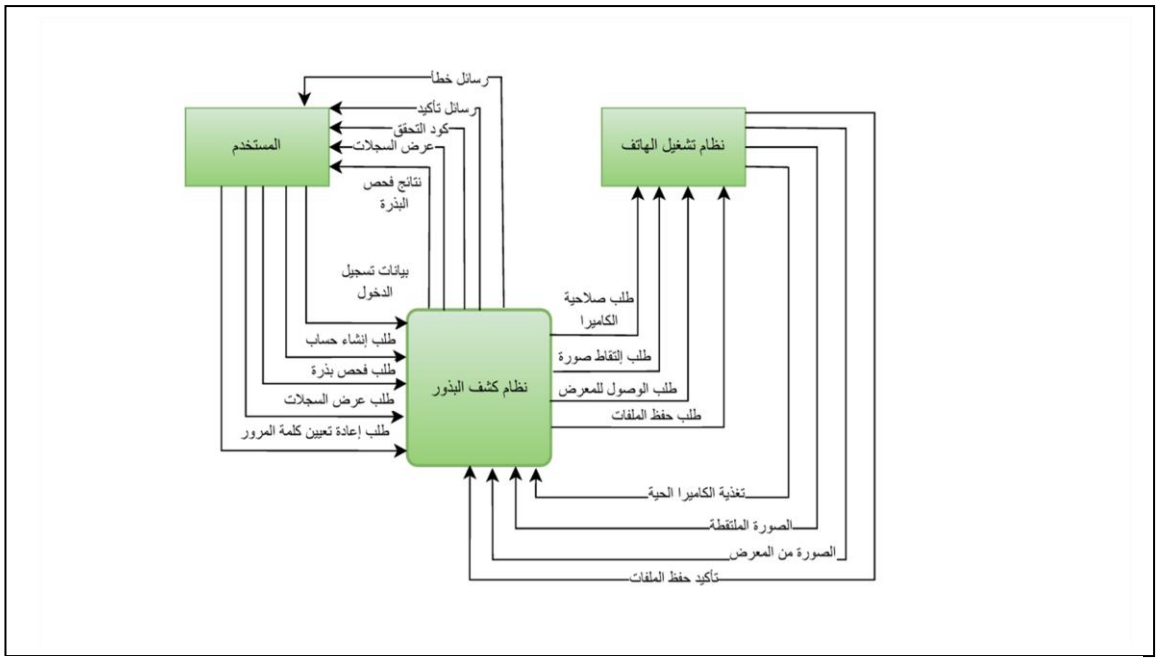
الرمز	اسم الرمز	الشرح
	العملية	الإجراء أو العمليات التي تتم على البيانات

الرمز	اسم الرمز	الشرح
	الكيان الخارجي (External Entities)	سمة أو خاصية للفئة تُستخدم لتعريف الكائنات وتخزين البيانات.
	تدفق البيانات	تمثل تدفق البيانات بين العمليات والكيانات الخارجية ومخازن البيانات .
	مخزن البيانات	تمثل الأماكن الي يتم فيها تخزين البيانات

1.4.6.3 مخطط تدفق البيانات البيئي (context):

شرح المخطط :

مخطط تدفق البيانات في المستوى البيئي يوضح تفاعل النظام مع الكيانات الخارجية كالمستخدم والمدير وكيف يتم تبادل البيانات بين النظام وهذه الكيانات الخارجية ، كما هو موضح بالشكل

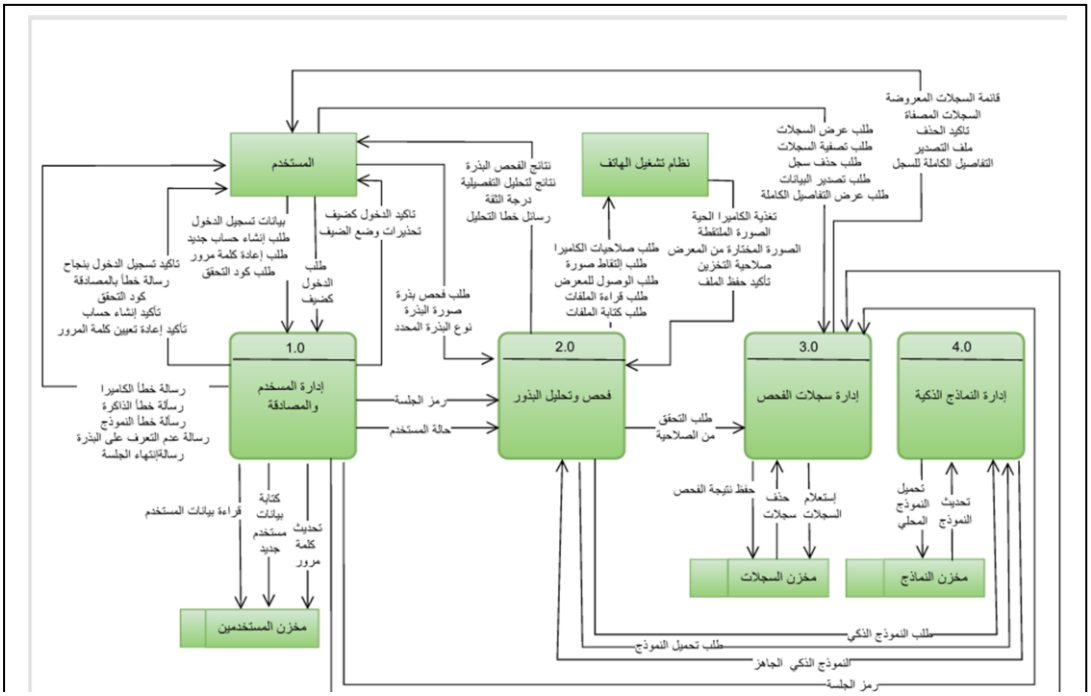


رسم توضيحي 14-3 مخطط تدفق البيانات المستوى الصفري

2.4.6.3 مخطط تدفق البيانات المستوى الأول (Level 1):

شرح المخطط :

مخطط تدفق البيانات في المستوى الصفري يوضح تدفق البيانات بين العمليات الرئيسية داخل النظام ومخازن البيانات ، كما هو موضح بالشكل

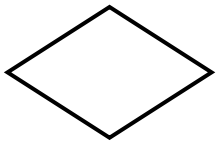
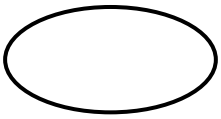
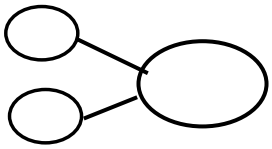


رسم توضيحي 15-3 مخطط تدفق البيانات للمستوى الأول

4.6.3 مخطط العلاقات الكيانية (Entity-Relationship Diagram - ERD):

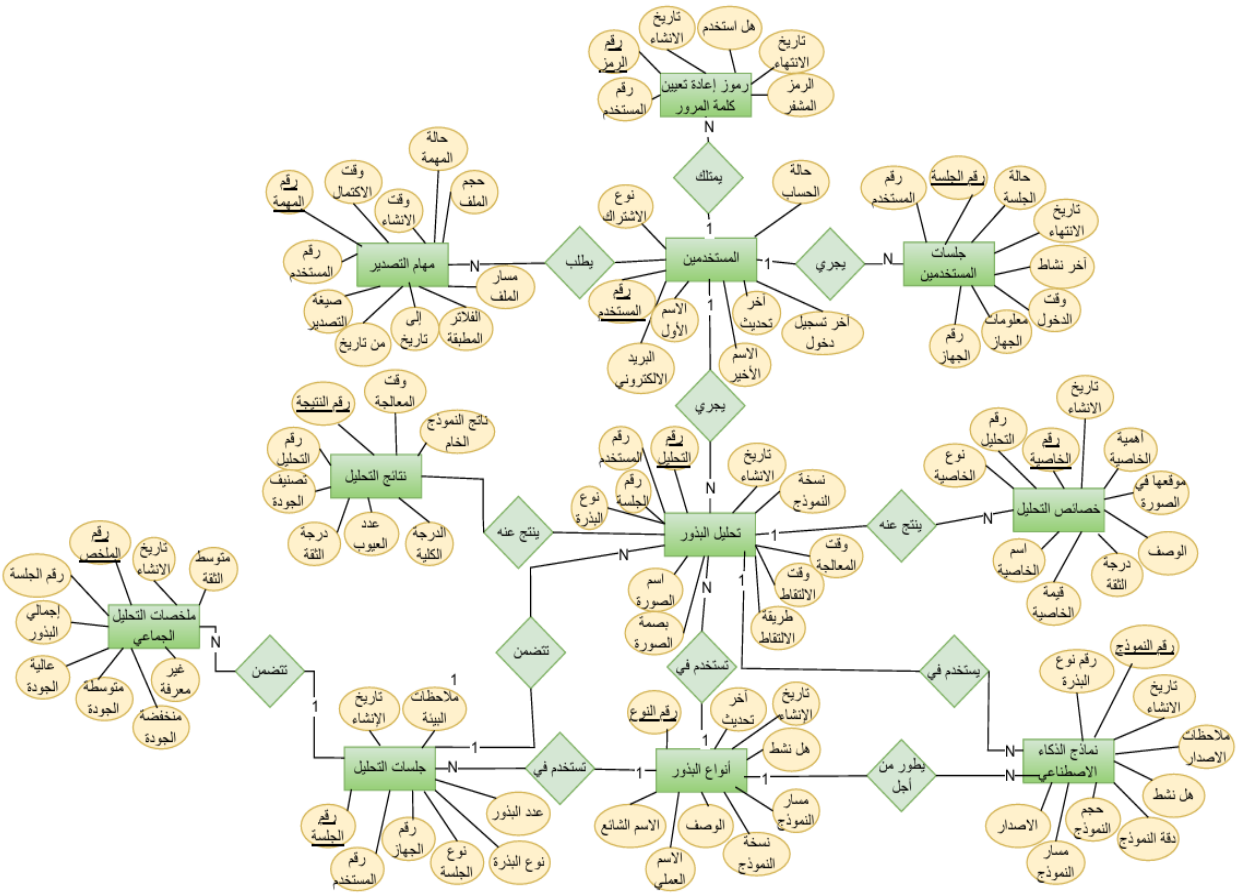
مخطط العلاقات الكيانية (ERD) يوضح العلاقات بين الكيانات المختلفة في قاعدة البيانات. يُستخدم لتصميم الهيكل المفاهيمي لقاعدة البيانات ويُظهر كيفية ارتباط الجداول أو الكيانات ببعضها البعض عبر العلاقات المختلفة مثل التبعية أو الترابط.

جدول 9-3 توصيف عمليات مخطط الكيانات العلائقية

الرمز	اسم الرمز	الشرح
	Relationship (العلاقة)	يوضح كيفية ارتباط الكيانات ببعضها البعض، مما يساعد على فهم هيكل البيانات والتفاعلات داخل النظام.
	Attribute(الخصائص)	تمثل الخصائص التي تصف كيان محدد.
	Entity (الكيان)	يمثل عنصر أو شيء يمكن تمييزه في نظام قاعدة البيانات.
	Link between attribute and entity set (ربط)	تُستخدم في تصميم قواعد البيانات لتحديد الخصائص التي تصف الكيانات.
	Composite Attribute (السمة المركبة)	هي نوع من السمات التي يمكن تقسيمها إلى سمات فرعية، مما يعني أنها تتكون من مجموعة من السمات الأصغر التي تعبر عن تفاصيل أكثر

شرح المخطط:

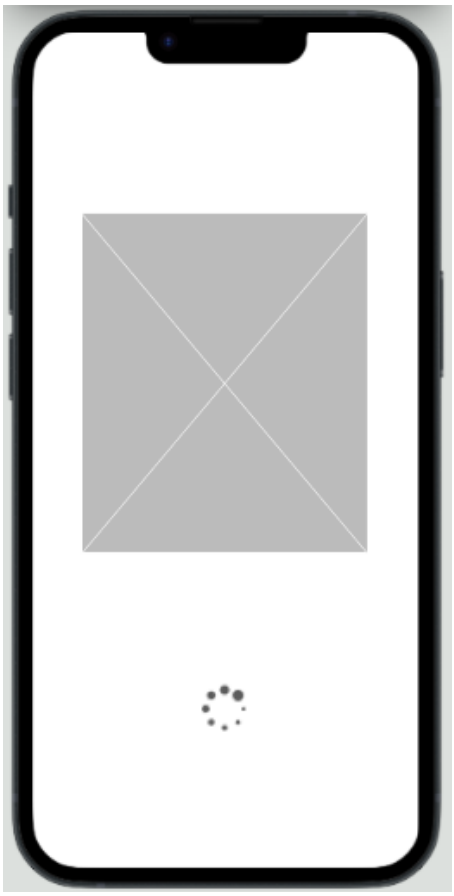
مخطط العلاقات الكيانية للنظام يوضح الكيانات المختلفة في قاعدة بيانات النظام وعلاقاتها وخصائصها المختلفة تشمل الكيانات : المستخدم ، السجلات يمكن أن يكون للمستخدم أكثر من سجل لكن السجل لا يكون إلا لمستخدم واحد ، كما هو موضح بالشكل



رسم توضيحي 16-3 مخطط الكيانات العلانقية

7.3 واجهات المشروع (Project Interface):

واجهات المشروع تمثل التصور الأولي (wireframe) لتطبيق كشف جودة وحيوية البذور باستخدام الذكاء الاصطناعي ، حيث تم تصميم الواجهات لتوضيح الشكل المبدئي للتطبيق وتحديد المكونات الأساسية مثل الأزرار، والقوائم، والنماذج التفاعلية ، مما يسهل فهم طريقة استخدام التطبيق والتعامل معه.



رسم توضيحي 3-17 واجهة الشعار

رسم توضيحي 3-18 واجهة تسجيل الدخول

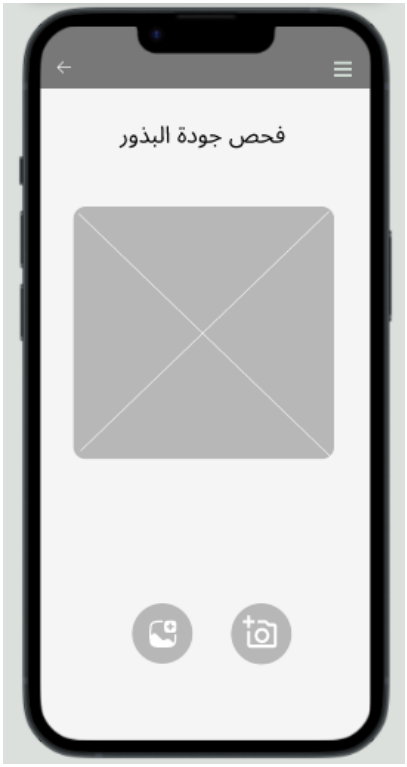
رسم توضيحي 3-19 واجهة انشاء حساب

رسم توضيحي 3-20 واجهة نسيان كلمة المرور

رسم توضيحي 3-22 واجهة ادخال رمز التأكيد

رسم توضيحي 3-21 واجهة تعيين كلمة مرور جديدة

رسم توضيحي 3-23 واجهة نتيجة الفحص



رسم توضيحي 3-24 واجهة التطبيق الرئيسية

رسم توضيحي 3-25 خيارات التصدير

رسم توضيحي 3-26 واجهة سجلات الفحص

رسم توضيحي 3-27 القائمة الجانبية في وضع الضيف

رسم توضيحي 3-28 القائمة الجانبية في وضع انشاء حساب

الفصل 4 : تصميم وتنفيذ النظام
System Design &) Implementation

1.4 المقدمة :

يُمثّل هذا الفصل المرحلة الانتقالية المحورية في دورة حياة تطوير المشروع، حيث يتم فيه ترجمة المتطلبات والتحليلات السابقة إلى بنية تقنية متكاملة. يستعرض الفصل المنهجية المتبعة في صياغة **التصميم الهندسي** لنظام (Seeds IQ)، بدءاً من توصيف الهيكلية المعمارية (System Architecture) وتخطيط قواعد البيانات، وصولاً إلى هندسة واجهات الاستخدام. كما يتناول الجانب **التنفيذي** بشقيه البرمجي والذكاء الاصطناعي، متضمناً آليات معالجة البيانات وتدريب نموذج **MobileNetV3** لتحقيق أقصى دقة في تصنيف بذور الذرة. ويختتم الفصل بتوضيح استراتيجية الربط والتكامل (System Integration) بين النموذج الذكي وبيئة تطبيق الهاتف المحمول، لضمان تقديم حل تقني يتسم بالكفاءة والموثوقية".

لضمان الوضوح والمنطقية في عرض تفاصيل العمل، تم تقسيم هذا الفصل إلى ثلاثة مسارات رئيسية تنتظم وفق الهيكلية التالية:

- **أولاً: التصميم الهندسي (System Design) :** ويتناول الهيكلية المعمارية الشاملة للنظام، وتخطيط قواعد البيانات المحلية، وهندسة واجهات المستخدم (UI/UX) لضمان تجربة استخدام فعالة للمزارعين، بالإضافة إلى عرض المخططات الانسيابية التي تشكل المنطق البرمجي للنظام.
- **ثانياً: بناء وتدريب نموذج الذكاء الاصطناعي (AI Development) :**ويركز على الجانب التقني المتعلق ببيانات التدريب(Dataset) ، بدءاً من مرحلة الجمع والتصنيف، مروراً بخوارزميات المعالجة المسبقة للصور المبتكرة لتوحيد خصائص البذور، وصولاً إلى بناء وتدريب النموذج باستخدام معمارية **MobileNetV3**.
- **ثالثاً: التنفيذ والتكامل (Implementation & Integration) :** ويستعرض البيئة البرمجية المستخدمة في تطوير تطبيق الهاتف المحمول، وآلية الربط التقني (Integration) بين التطبيق ونموذج الذكاء الاصطناعي لضمان معالجة البيانات وتصنيف جودة البذور في الوقت الحقيقي.(Real-time Processing)

من خلال هذا التسلسل، يسعى الفصل إلى تقديم توثيق شامل يجمع بين دقة التصميم الهندسي وكفاءة التنفيذ البرمجي، بما يضمن تحقيق أهداف المشروع في الكشف عن جودة البذور وتصنيفها.

2.4 التصميم الهندسي (System Design):

يتناول هذا القسم التصميم الهيكلي والمنطقي لنظام(Seeds IQ) ، حيث تم بناء التصميم ليكون مرناً وقادراً على التعامل مع متغيرات البيئة المحيطة أثناء عملية فحص البذور.

1.2.4 الهيكلية المعمارية للنظام(System Architecture) :

يعتمد النظام على بنية "المعالجة المحلية (On-device Processing) "، حيث يتم تنفيذ كافة العمليات الحسابية والذكاء الاصطناعي داخل الهاتف المحمول لضمان السرعة الاستجابة . كما هو موضح في المخطط شكل (1-4) تنقسم المعمارية إلى أربعة مكونات وظيفية:

طبقة استلام البيانات :(Input Layer) وهي البوابة التي تسمح للمستخدم بإمداد النظام بالصور، سواء عبر الالتقاط المباشر بواسطة الكاميرا أو عبر استدعاء الصور المخزنة في معرض الهاتف.

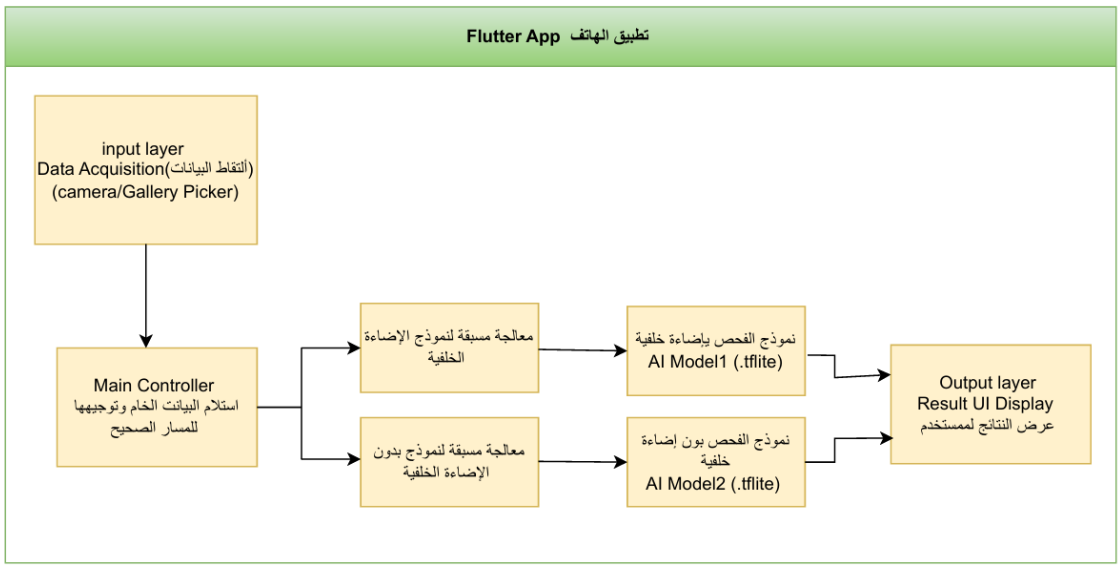
وحدة التحكم المركزية :(Main Controller) تعمل هذه الوحدة كـ "موجه ذكي" للبيانات؛ حيث تقوم باستلام الصورة الخام واستلام نوع النموذج المحدد من قبل المستخدم لتحديد المسار المثل للصورة ، مما يضمن توجيه كل صورة إلى النموذج الذي قام بتحديده المستخدم .

طبقة المعالجة والاستدلال(Processing & Inference Layer)

حيث ينقسم العمل إلى مسارين متوازيين بحسب النموذج الذي تم استدعاؤه لضمان دقة التصنيف بسبب اختلاف ظروف التصوير:

- **مسار الإضاءة الخلفية:(Backlight Path)**
  - **المعالجة المسبقة :**يتم تطبيق فلاتر وخوارزميات مخصصة لتحسين الصور التي تحتوي على إضاءة خلفية قوية لعزل البذرة بوضوح.
  - **النموذج الذكي** :(AI Model 1) نموذج بتنسيق (.tflite) تم تدريبه خصيصاً للتعامل مع هذا النوع من الصور.
- **مسار الإضاءة العادية:(Standard Path)**
  - **المعالجة المسبقة :**خوارزميات معالجة للصور التي تفتقر للإضاءة الخلفية (الإضاءة المحيطة العادية).
  - **النموذج الذكي** :(AI Model 2) نموذج آخر (.tflite) مُحسن للتعرف على خصائص البذور في ظروف الإضاءة التقليدية.

طبقة العرض :(Output Layer) وهي الواجهة النهائية التي تقوم بترجمة المخرجات الرقمية للنماذج إلى معلومات بصرية مفهومة للمستخدم، توضح حالة البذرة ونوع جودتها.



رسم توضيحي 1-4 للهيكلية المعمارية للنظام

2.2.4 تصميم وتنفيذ قاعدة البيانات المحلية :(Local Database Implementation)

تعتمد البنية التحتية لتطبيق **(Seeds IQ)** على نظام تخزين محلي متكامل يضمن استمرارية العمل في مختلف الظروف الميدانية دون الحاجة للاتصال بشبكة الإنترنت. تم تنفيذ قاعدة البيانات باستخدام محرك **SQLite** عبر مكتبة sqflite في إطار عمل(Flutter)، وهو محرك قواعد بيانات علائقي يتميز بالكفاءة العالية في إدارة الموارد على الهواتف المحمولة.

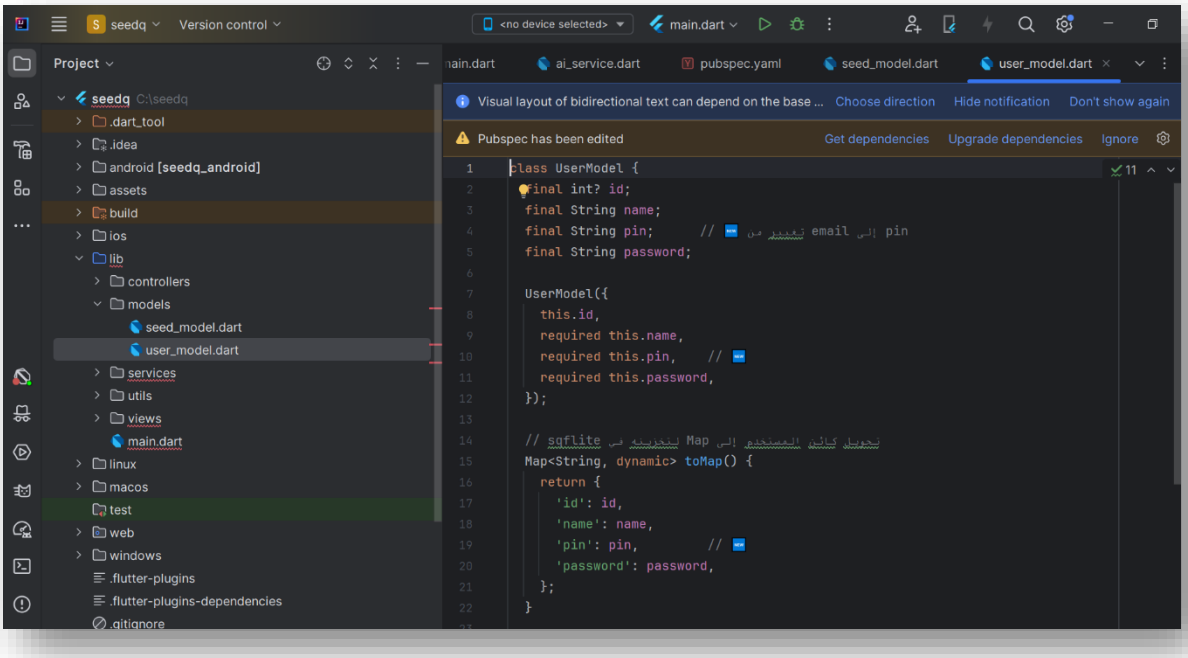
1.2.2.4 هيكلية الجداول البرمجية (Database Schema) :

تمت ترجمة مخطط الكيانات والعلاقات (ERD) إلى جداول برمجية فعلية من خلال فئة المساعدة DatabaseHelper التي تدير دورة حياة قاعدة البيانات. يتكون النظام من جدولين أساسيين:

1. **جدول المستخدمين(Users Table)** :

يختص بإدارة بيانات الوصول والتحقق، يحتوي على الحقول التالية :

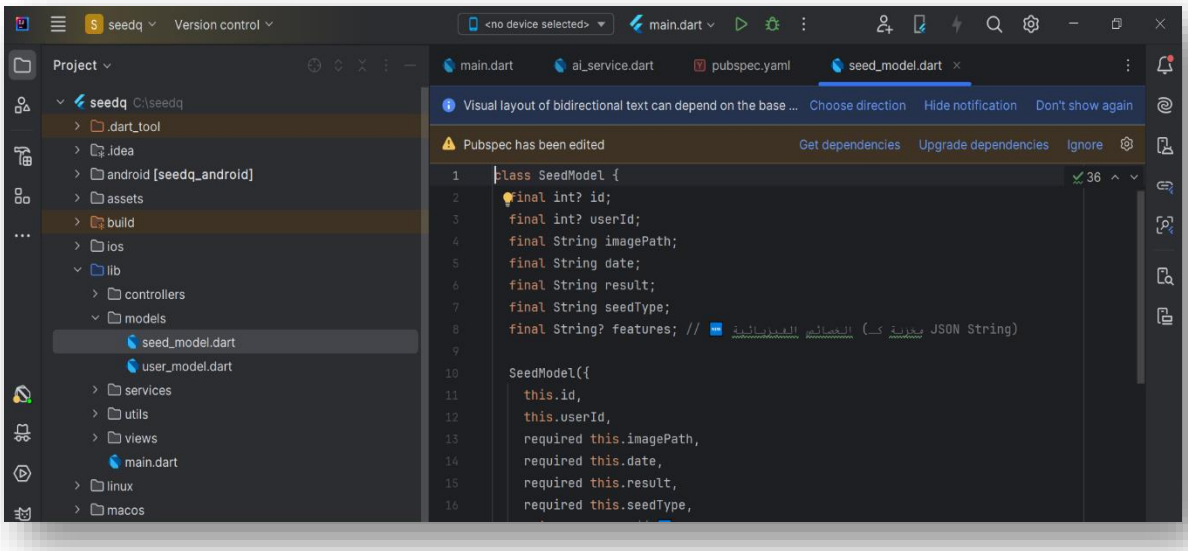
- id :(Primary Key)--> معرف فريد
- name :اسم المستخدم (مع اشتراط كونه فريداً UNIQUE لضمان عدم التكرار)
- pin : رمز التعريف الشخصي المستخدم لعمليات استرداد الحساب وتوثيقه.
- password: كلمة المرور المشفرة.



2. **جدول عمليات فحص البذور (Seeds Table) :**

يُعد الجدول الرئيسي لتخزين نتائج تحليل الذكاء الاصطناعي، ويرتبط بجدول المستخدمين عبر معرف المستخدم (userId) حيث يشمل الجدول على :

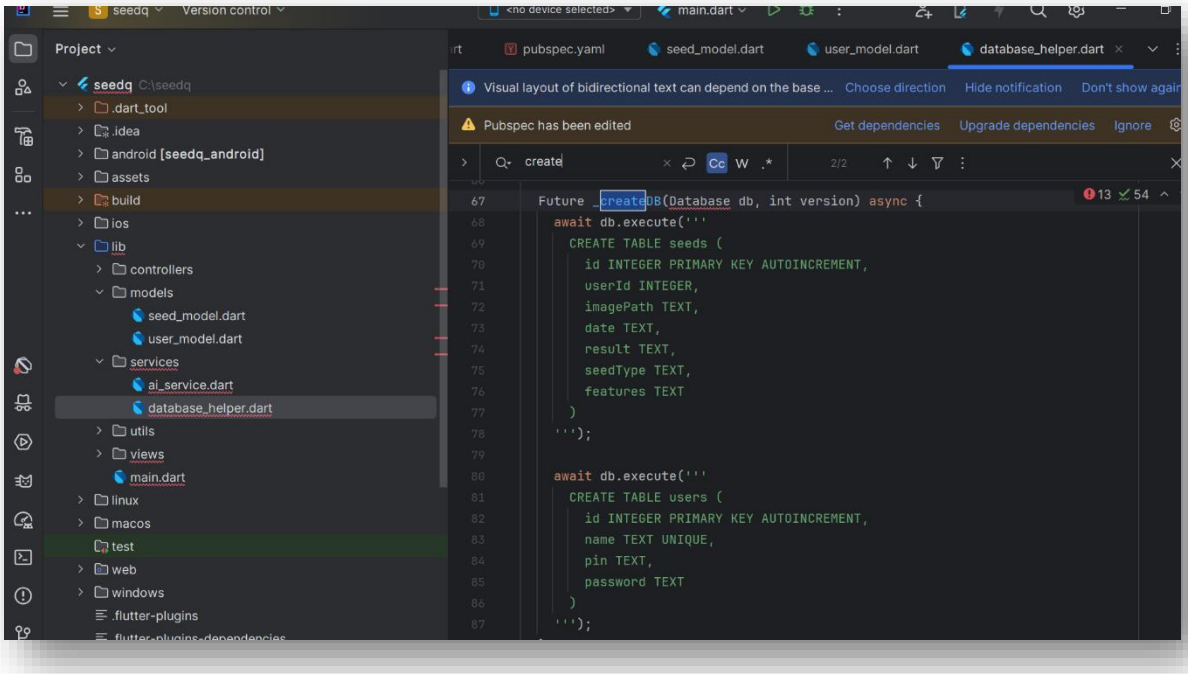
- imagePath : المرجع النصي لمسار الصورة الملتقطة في ذاكرة الجهاز.
- result :النتيجة النهائية للتصنيف (سليمة/تالفة).
- seedType :نوع تصنيف البذرة المحدد.
- features: حقل مخصص لتخزين الخصائص الفيزيائية المستخرجة بصيغة **JSON String**، مما يتيح مرونة عالية في تخزين سمات بصرية متعددة لكل بذرة.



2.2.4.4 منطق إدارة البيانات (Data Access Object - DAO) :

تم الاعتماد على نماذج البيانات (Models) مثل SeedModel و UserModel كطبقة وسيطة لتحويل البيانات بين واجهة المستخدم وقاعدة البيانات. تدعم قاعدة البيانات العمليات الأساسية التالية:

- **التخزين الآلي :** حفظ نتائج الفحص فور انتهاء نموذج الذكاء الاصطناعي من التحليل.
- **إدارة الجلسات :** تتبع المستخدم الحالي عبر SharedPreferences وربط العمليات بمعرفه الخاص لضمان خصوصية البيانات.
- **تصدير البيانات :**تم تزويد النماذج البرمجية بدوال مثل : toExportList لتحويل السجلات المخزنة إلى قوائم مرتبة جاهزة للتصدير بصيغ **PDF**أو **CSV**، مما يعزز من قيمة النظام كأداة إحصائية للمزارع.



3.2.4 هندسة واجهات المستخدم (UI/UX Engineering):

يُعد تصميم واجهة المستخدم في نظام **(Seeds IQ)**انعكاساً مباشراً لمتطلبات العمل الميداني، حيث تم تبني منهجية **"التصميم المتمحور حول المستخدم (User-Centered Design)** " لضمان سهولة التعامل مع تعقيدات الذكاء الاصطناعي ببساطة متناهية.

1- الهوية البصرية ونظام الألوان(Visual Identity) :

تم بناء لغة بصرية متسقة تعتمد على ملف AppColors.dart الذي يدمج بين الأخضر الداكن (darkGreen) لتمثيل البيئة الزراعية، واللون البني المستوحى من شعار IQ لتعزيز الهوية البصرية .

تم استخدام نظام AppThemes.dart لتوحيد أشكال الأزرار (ElevatedButtons) وحقول الإدخال، مما يقلل من العبء المعرفي على المزارع أثناء التنقل بين الشاشات.

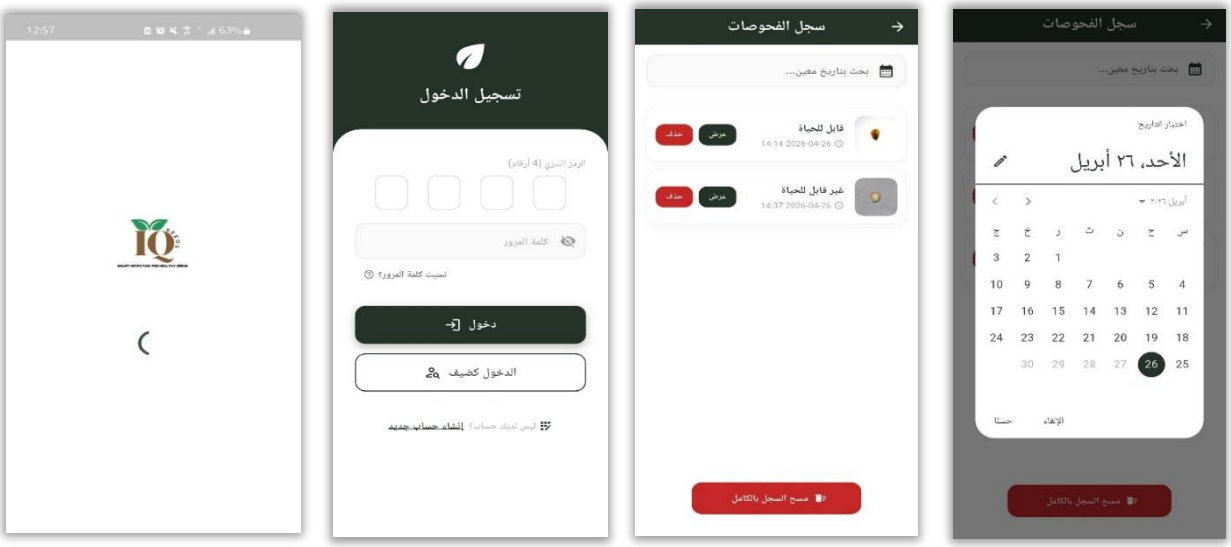
2- تدفق الشاشات وتجربة المستخدم (User Flow) :

صُمم التطبيق ليكون "خطي العمليات" لتقليل الأخطاء البشرية، ويتضح ذلك في:

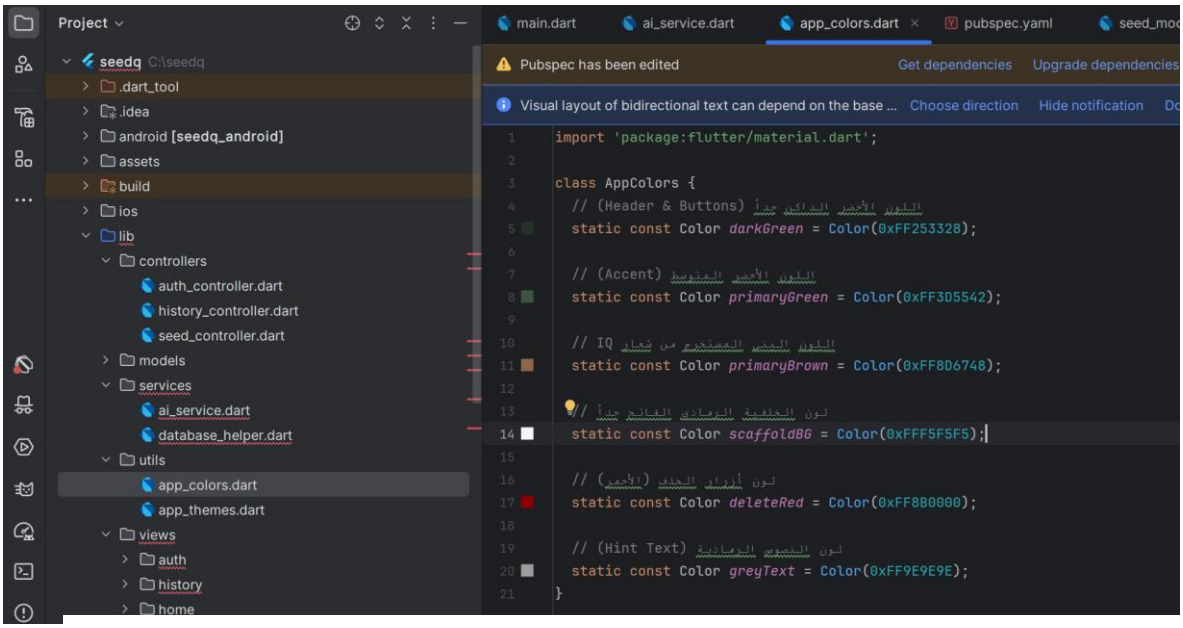
- **نظام المصادقة المبسط :**استخدام الـ **PIN** المكون من 4 خانات في شاشات Login و Signup بدلاً من البريد الإلكتروني، وهو خيار استراتيجي يتناسب مع السرعة المطلوبة في الميدان.
- **لوحة التحكم التفاعلية (HomeView) :**صُممت بأسلوب الأنيميشن (Pulse Animation) حول زر الكاميرا لجذب انتباه المستخدم للوظيفة الأساسية، مع توفير خيارات مرنة لاختيار نوع الإضاءة (Backlight/Standard).
- **عرض النتائج التفاعلي (ResultView) :**لا تكتفي الواجهة بعرض النتيجة نصياً، بل تستخدم دلالات لونية فورية وتسمح للمستخدم بمشاركة النتائج كـ **PDF** أو عبر وسائل التواصل، مما يحول البيانات البرمجية إلى معلومات ذات قيمة عملية.

3- الاستجابة والتغذية الراجعة(Feedback Mechanisms) :

تم دمج نظام الاهتزاز اللمسي (HapticFeedback) في كافة التفاعلات (مثل الضغط على الأزرار أو ظهور رسائل الخطأ)، مما يعطي المستخدم شعوراً بالتحكم حتى في البيئات الصاخبة أو أثناء العمل اليدوي . كما تم توفير شاشة HistoryView التي تتيح استعراض سجلات الماضي مع ميزات البحث والفلترة المتقدم حسب التاريخ.



رسم توضيحي 2-4 بعض واجهات التطبيق



رسم توضيحي 3-4 لدليل برمجي على الهوية البصرية والألوان

3.4 بناء وتدريب النماذج الذكية لتصنيف البذور (Dual-Model Development)

1.3.4 مبررات استراتيجية النماذج المتعددة :(Technical Rationale) :

من خلال مراحل البحث والزيارات الميدانية لإدارة الرقابة وجودة البذور ومختبرات الفحص ، تبين أن الاعتماد على الخصائص المورفولوجية (الظاهرية) للبذرة لا يمثل سوى **10%** من معايير الجودة الحقيقية . فالبذرة قد تبدو سليمة خارجياً بينما يكون "الجنين (Embryo) "- وهو الجزء المسؤول عن الإنبات - ميتاً نتيجة سوء التخزين أو التلف الحراري. وعلى العكس، قد تحمل البذرة خدوشاً ظاهرية بسيطة لكنها تمتلك جنيناً حياً وقادراً على النمو. بناءً على هذه المعطيات، تم تطوير نظام ثنائي المسار يربط بين الشكل الخارجي والنشاط الحيوي الداخلي.

2.3.4 الأساس العلمي لتقنية الفحص الضوئي (Optical Inspection of Seed Viability) :

اعتمد المشروع على مبدأ **التحليل الطيفي البصري (Optical Spectroscopy Principle)** المبسط من خلال قياس نفاذية وامتصاص الضوء.

آلية عمل التقنية :تختلف الأنسجة الحية في الجنين عن الأنسجة الميتة في تركيبها الخلوي ومحتواها المائي ومستويات الأكسدة.

- **الجنين الحي :** يتميز ببنية خلوية متماسكة ومنظمة، مما يؤدي إلى **امتصاص وشتت (Scattering)** محدد للضوء، فيظهر في الصور الملتقطة بإضاءة خلفية (Backlight) كمنطقة ذات كثافة بصرية واضحة ومعتمة نسبياً بشكل منتظم.
- **الجنين الميت أو المتهالك :**نتيجة تقادم الزمن أو التلف الحراري، تنهار الجدران الخلوية وتحدث فجوات مجهرية، مما يغير من معامل الانكسار ويزيد من نفاذية الضوء أو يشتته بشكل عشوائي، مما يعطي نمطاً ضوئياً باهتاً أو غير منتظم في الصور.

3.3.4 تصنيف النماذج بناءً على ظروف الإضاءة:

بناءً على هذا الدليل العلمي، تم تدريب نموذجين منفصلين لضمان شمولية الفحص:

1. **نموذج الإضاءة القياسية :(Standard Imaging Model)** ووظيفته رصد العيوب الخارجية (كسور، قشور، تآكل) التي تؤثر على حماية الجنين.
2. **نموذج الإضاءة الخلفية :(Backlight Translucency Model)** ووظيفته "النفاذ" إلى الحالة الداخلية للجنين وتحليل نمط امتصاصه للضوء للكشف عن البذور القديمة (Aged) أو التالفة حرارياً (Heat Damaged) التي لا تظهر عيوبها بالعين المجردة.

4.3.4 منهجية جمع العينات والتحقق التجريبي (Sample Acquisition & Empirical Validation) :

لضمان بناء نموذج ذكاء اصطناعي ذو موثوقية عالية، مرّت عملية الحصول على البيانات بمراحل ميدانية ومخبرية دقيقة، بدأت من البحث عن المصادر المعتمدة وصولاً إلى التحقق من حيوية البذور تجريبياً:

أولاً: تحديد مصادر العينات المعتمدة:

تم الحصول على بذور الذرة الصفراء من خلال التنسيق مع الجهات الرسمية ذات الاختصاص، حيث تم المرور بعدة مراحل لضمان جودة المصدر:

1. **المسح الميداني :**شملت الزيارات "مراكز البحوث الزراعية" و"إدارة الجودة والرقابة"و"وزاة الزراعة والثروة السمكية ".
2. **التوريد :**تم الحصول على العينات النهائية من **"مخزن البذور في الإدارة العامة للبذور "**التابع لمشروع إكثار البذور، وذلك لضمان الحصول على عينات نقية ومصنفة علمياً.

ثانياً: توصيف فئات العينات(Sample Classes) :

بناءً على توجيهات الخبراء المختصين في مشروع الإكثار، تم اعتماد ثلاث فئات أساسية من الحقل مباشرة، مع استحداث فئة رابعة مخبرياً:

- **العينة الطازجة (Fresh) :** بذور حديثة الجني ذات حيوية عالية.
- **العينة المخزنة (Stored/Aged) :**بذور سليمة ظاهرياً ولكنها مخزنة لفترات طويلة.
- **العينة التالفة (Damaged):** بذور تعاني من تلف فيزيائي أو إصابات واضحة.
- **العينة الميتة حرارياً (Heat-Damaged) :**تم استزراع هذه الفئة مخبرياً عن طريق تعريض بذور سليمة لدرجة حرارة **70مئوية** (سلق)، وذلك لمحاكاة حالات موت الجنين الحراري التي لا تظهر عيوبها بالعين المجردة.

ثالثاً: التحقق التجريبي ومراقبة الإنبات (Germination Test & Accuracy)

لم نكتفِ بالتصنيف المقدم من مختصين في مشروع اكثار البذور ، بل أجرينا اختبار إنبات لـ **50 بذرة** من كل فئة للتحقق من دقة "الحقيقة الأرضية(Ground Truth) "، وجاءت النتائج لتبين كفاءة التصنيف:

- **العينة الطازجة :**حققت أعلى معدل إنبات بواقع **42 بذرة** مع نمو سريع.
- **العينة المخزنة :**أظهرت استقراراً جيداً بإنبات يتراوح بين **39إلى 40 بذرة**.
- **العينة التالفة :**أظهرت إنباتاً ضعيفاً جداً ومتأخراً لم يتجاوز **10 بذور** حيث تم ملاحظه تشوه في شكل النبتة.
- **العينة الميتة حرارياً :**أكدت التجربة موت الجنين حيث لم تنبت أي بذرة.

أعطت هذه النتائج الضوء الأخضر للمضي قدماً في عملية التصوير، نظراً لثبوت دقة الفوارق الحيوية بين العينات.

رسم توضيحي 4-4 لصور اختبار الانبات للعينات

5.3.4 بروتوكول التصوير الرقمي وهندسة البيانات(Digital Imaging Protocol) :

هنا تبدأ مرحلة تحويل العينات المادية إلى بيانات رقمية، وقد تم تصميم بيئة التصوير وفق المعايير التالي

1- بيئة التصوير المحكومة:

تم استخدام وحدة إضاءة ثابتة لضمان توحيد البيانات، مع ابتكار "وحدة تشتيت ضوئي "يدوية باستخدام "ورق الزبدة(Diffuser) "؛ وذلك لمنع الانعكاسات الضوئية الحادة التي قد تضلل خوارزميات الذكاء الاصطناعي.

2- ألية التصوير المزدوج (Dual-Imaging Approach)

تم التقاط 160صورة مرجعية أولية (40 صورة لكل صنف)، مقسمة إلى مسارين:

1. صور الإضاءة الخلفية :(Backlight) لوضع البذرة فوق مصدر الضوء المشتت للكشف عن شفافية الجنين.

2. صور الإضاءة الطبيعية :(Natural Light) لالتقاط القوام واللون الخارجي**.**

6.3.4 نظام هندسة ومعالجة البيانات (Data Processing System):

يتناول هذا القسم الآليات البرمجية التي تم تطويرها لتحويل الصور الميدانية الخام إلى بيانات مهيأة تقنياً للتدريب، وذلك عبر سلسلة من الخوارزميات المتتابعة ، حيث تهدف إلى تنقية البيانات وتوحيد معاييرها.

1.6.3.4 خوارزمية قص البذرة (Seed Cropping Algorithm) :

تهدف هذه الخوارزمية إلى عزل البذرة عن خلفية الصورة وتحديد المنطقة التي تحتوي عليها فقط، تمهيداً لمعالجتها وتحليلها

الوصف البرمجي (الخطوات):

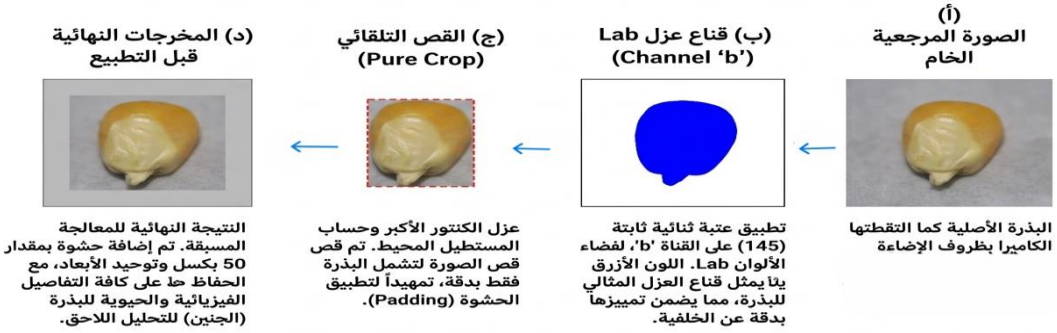
- **بدء الخوارزمية** :تستدعى الخوارزمية عند استلام صورة جديدة من الكاميرا أو معرض الصور.
- **قراءة الصورة** :يتم تحميل الصورة الملونة (BGR) من المسار المحدد.
- **تحويل فضاء اللون** :تحويل الصورة من BGR إلى LAB (لتفصيل قناة السطوع واللون).
- **استخراج القناة :B** يتم أخذ القناة B (التي تظهر التباين بين البذرة والخلفية).
- **تطبيق العتبة الثنائية** :استخدام عتبة ثابتة (145) لتحويل القناة B إلى صورة ثنائية (0 للبذرة، 255 للخلفية).
- **معالجة مورفولوجية** :تطبيق عملية الفتح (تآكل ثم تمدد) باستخدام نواة 5×5 لإزالة الحبيبات الصغيرة والضوضاء.
- **إيجاد الكفافات** :استخراج جميع الكفافات (contours) من الصورة الثنائية.
- **التحقق من وجود كفافات**:
  - إذا لم يتم العثور على أي كفاف يتم إرجاع خطأ " لم يتم العثور على بذرة " وتنتهي الخوارزمية.
- **اختيار أكبر كفاف** : يتم اختيار الكفاف ذو المساحة الأكبر باعتباره البذرة.
- **حساب المستطيل المحيط** : حساب إحداثيات المستطيل الذي يحيط بالكفاف. (x, y, width, height)
- **إضافة حشوة :(padding)** توسيع المستطيل بمقدار 50 بكسل في كل اتجاه، مع التأكد من عدم تجاوز حدود الصورة.
- **قص الصورة** :قص الصورة الأصلية باستخدام المستطيل الموسع.
- **إرجاع الصورة المقصوصة** :يتم إعادة الصورة الجديدة التي تحتوي على البذرة فقط.
- **إنهاء الخوارزمية**.

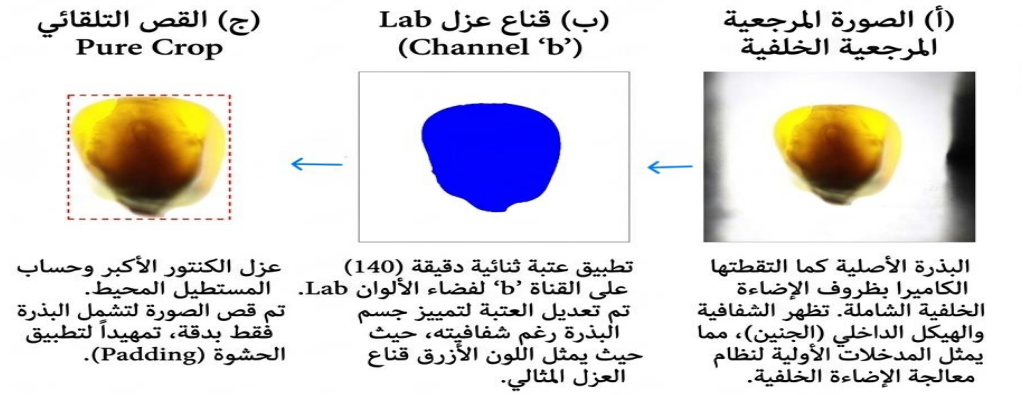
حالات الخطأ:

- إذا فشلت قراءة الصورة (مسار غير صحيح) يرجع رسالة "فشل تحميل الصورة."
- إذا لم يتم العثور على كفاف يرجع رسالة " الصورة لا تحتوي على بذرة واضحة، حاول مرة أخرى."
- إذا تجاوز padding حدود الصورة يتم اقتصاصه تلقائياً.

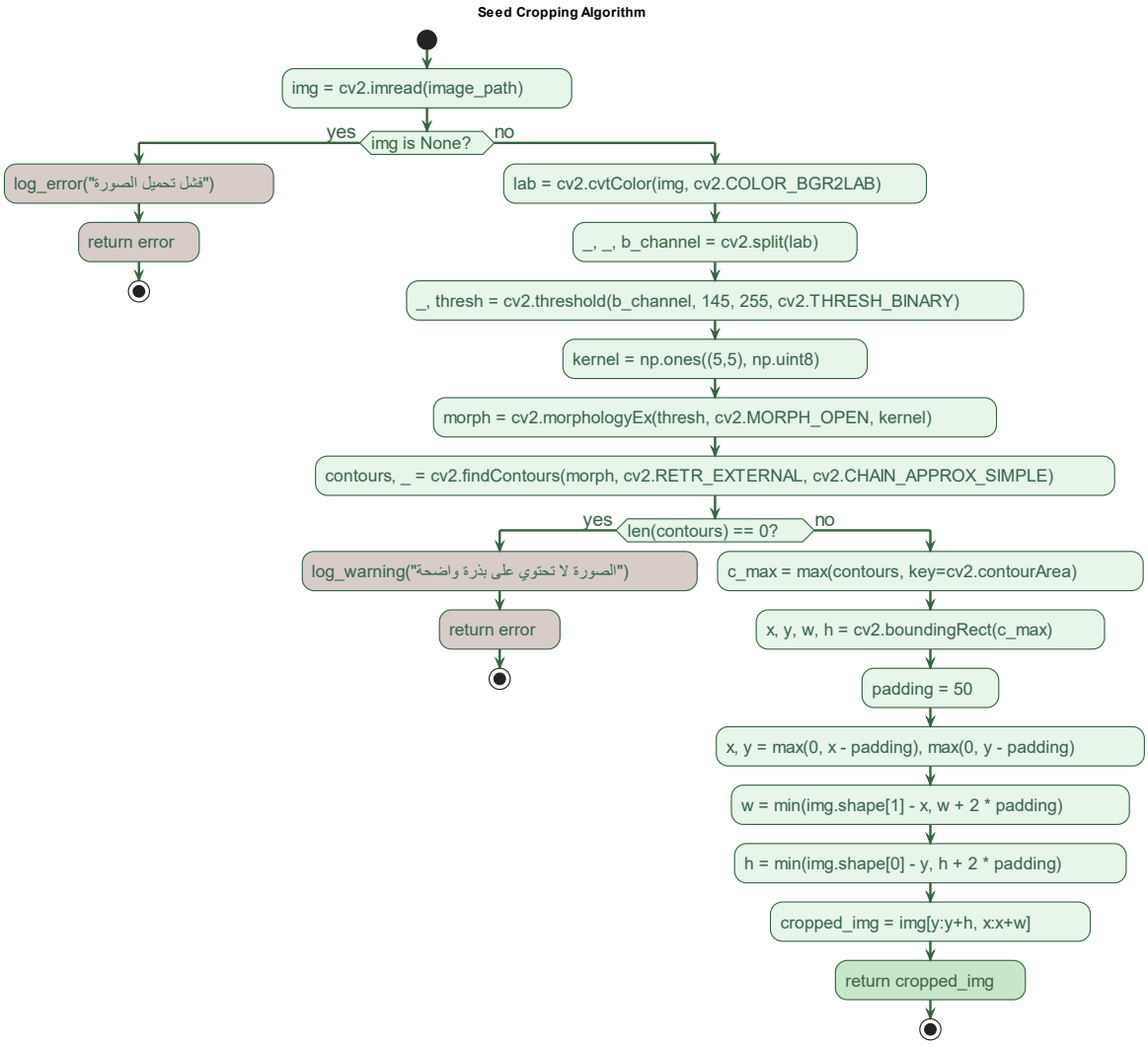
المخرجات :صورة مقصوصة تحتوي على البذرة فقط (خلفية بيضاء أو شفافة)، أو رسالة خطأ.

النتائج المرئية (قبل وبعد):





رسم توضيحي 5-4 لنتيجة خوارزمية القص مرئية



رسم توضيحي 6-4 خوارزمية قص الصورة

2.6.3.4 خوارزمية تغيير الحجم مع الحشو (Resize with padding Algorithm) :

تهدف هذه الخوارزمية إلى توحيد أبعاد جميع الصور إلى الحجم المطلوب للنموذج (224×224 بكسل) دون تشويه الأبعاد الأصلية للبذرة . يوضح الشكل(2.4) المخطط الانسيابي، و يتم عملها وفق الخطوات التالية:

1. **بدء الخوارزمية** :تستقبل الصورة المقصوصة من الخوارزمية السابقة.
2. **تحديد الحجم المستهدف** :ضبط الحجم المطلوب (224 عرض، 224 ارتفاع).
3. **حساب عامل القياس** :حساب scale = min(target_height / h, target_width / w) حيث h و w ارتفاع وعرض الصورة المدخلة.
4. **حساب الأبعاد الجديدة**: new_w=*w*×scale , new_h=*h*×scale
5. **تغيير حجم الصورة** :استخدام الاستيفاء الخطي (INTER_AREA) لتصغير/ تكبير الصورة إلى الأبعاد الجديدة.

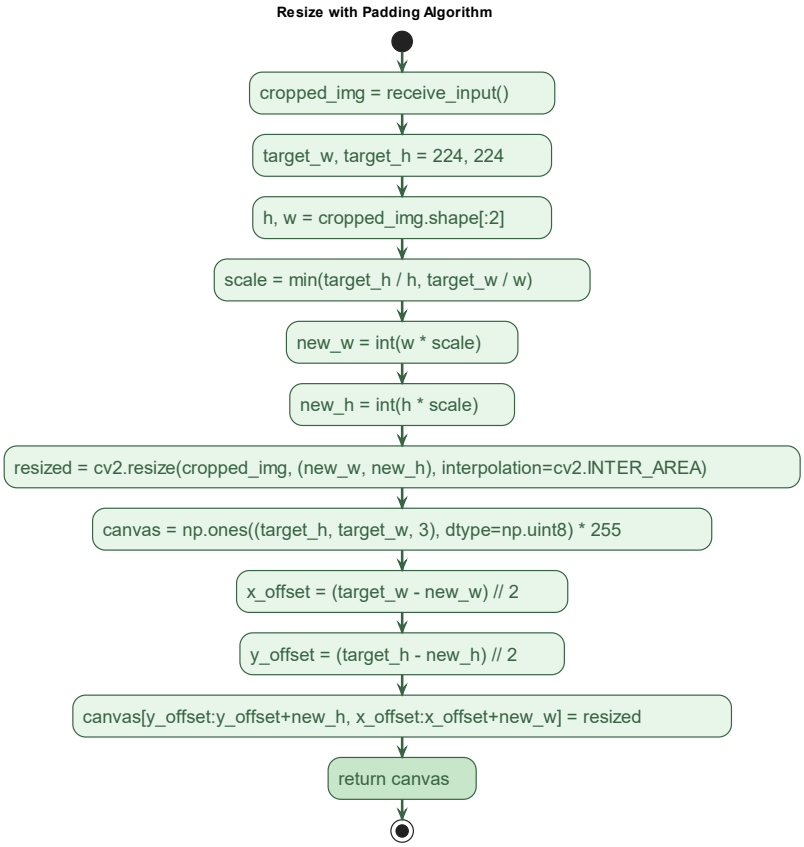
6. **إنشاء لوحة (canvas) بيضاء** :إنشاء صورة جديدة بخلفية بيضاء (255,255,255) بأبعاد الحجم المستهدف.
7. **حساب الإزاحة : x_offset = (target_width - new_w) // 2**
8. **وضع الصورة في المنتصف** :نسخ الصورة المصغرة إلى منتصف اللوحة البيضاء.
9. **إرجاع الصورة النهائية** : إعادة الصورة النهائية بأبعاد 224×224 بكسل.
10. **إنهاء الخوارزمية**.

حالات الخطأ :لا توجد (العملية حتمية).

المخرجات :صورة بحجم 224×224 بكسل، خلفية بيضاء، البذرة في المنتصف.

النتائج المرئية (قبل وبعد):

رسم توضيحي 7-4 لنتيجة خوارزمية التحجيم والحشو



رسم توضيحي 8-4 خوارزمية تغييرالحجم مع الحشو

3.6.3.4 خوارزمية استخراج الخصائص الفيزيائية (Feature Extraction Algorithm) :

تهدف هذه الخوارزمية إلى حساب قياسات كمية (هندسية ولونية) للبذرة لتقديمها للمستخدم بالإضافة إلى نتيجة النموذج. تُطبق على الصورة المقصوصة قبل التطبيع. يوضح الشكل (4.4) المخطط الانسيابي، ويتم عملها وفق الخطوات التالية:

1. **بدء الخوارزمية** :تستقبل الصورة المقصوصة (ملونة).
2. **تحويل إلى تدرج رمادي** :تحويل الصورة إلى.Grayscale
3. **تطبيق عتبة Otsu**: حساب عتبة تلقائية (Otsu) للحصول على قناع ثنائي يفصل البذرة عن الخلفية.
4. **إيجاد الكفافات** :استخراج جميع الكفافات من القناع الثنائي.
5. **اختيار أكبر كفاف** :تحديد الكفاف الذي يمثل البذرة (أكبر مساحة).
6. **حساب الخصائص الهندسية**:
   - **المساحة (Area)**: باستخدام .cv2.contourArea
   - **المحيط (Perimeter)**: باستخدام .cv2.arcLength
   - **الاستدارة.(Circularity)**: (4 * π * Area) / (Perimeter^2)

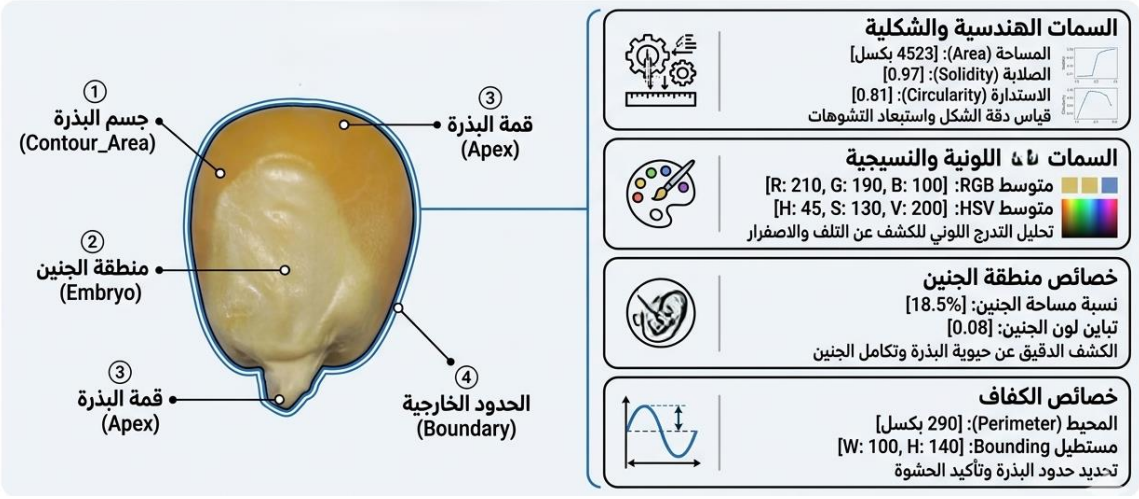
- **المستطيل المحيط** :حساب العرض والارتفاع ونسبة الطول/العرض.(Aspect Ratio)
- **الامتداد(Extent)**: Area / (width * height).
- **الصلابة (Solidity)**: Area / مساحة الهيكل المحدب.(convex hull)
- **القطر المكافئ**.(π / Area * 4) sqrt :

7. **إنشاء قناع للبذرة** :رسم الكفاف على قناع فارغ.
8. **حساب الخصائص اللونية**:
   - متوسط الألوان في فضاءRGB لكل قناة.
   - متوسط الألوان في فضاء.(Hue, Saturation, Value)HSV
   - الانحراف المعياري لكل قناة (لقياس التجانس).
9. **تجميع النتائج** : وضع جميع القيم في قاموس (مفتاح: اسم الخاصية، قيمة: الرقم).
10. **إرجاع القاموس**.
11. **إنهاء الخوارزمية**.

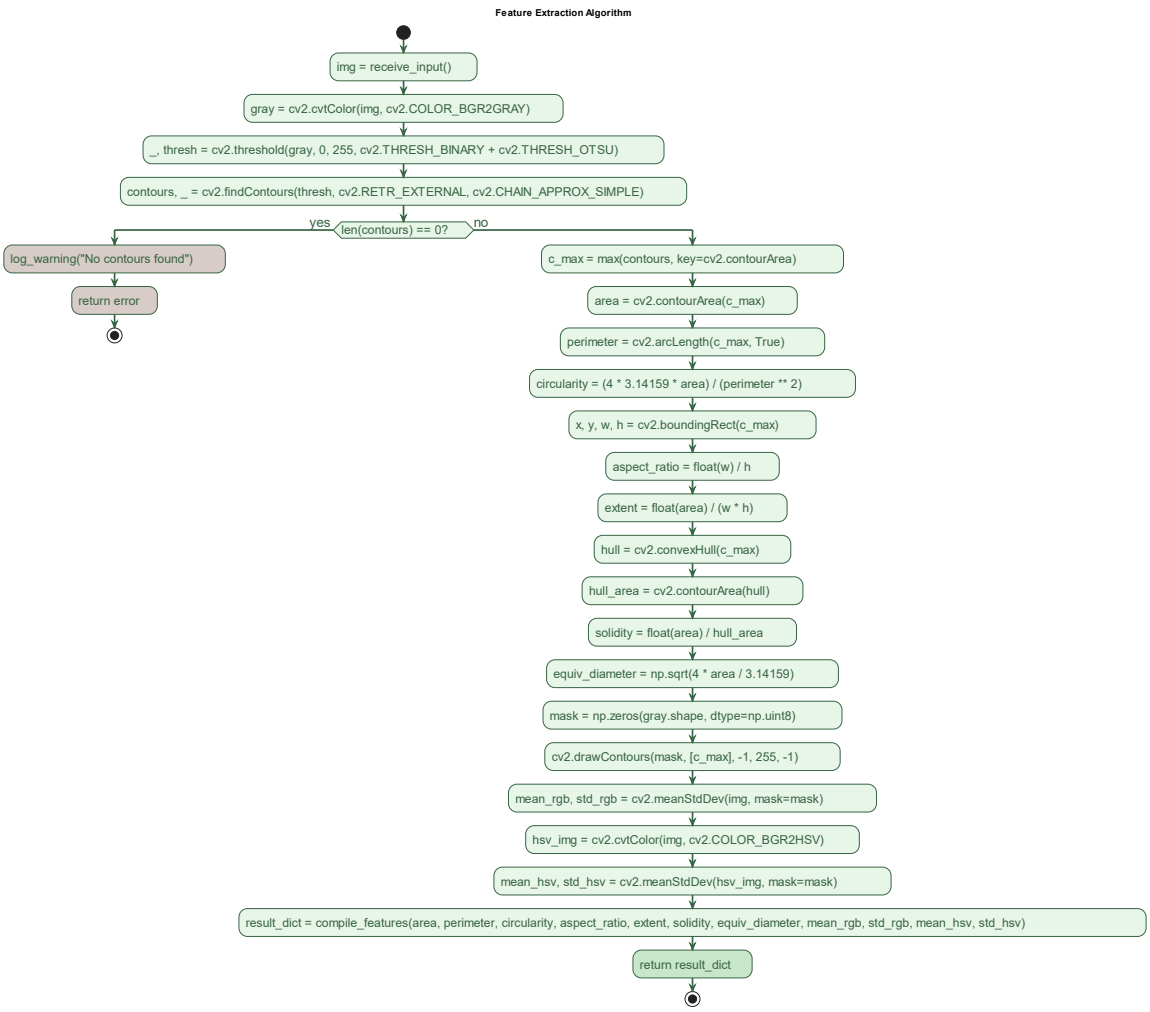
حالات الخطأ:

- إذا فشل العثور على كفاف يتم تجاهل الصورة وتسجيل تحذير (لا تُضاف إلى التقرير).

المخرجات :قاموس يحتوي على الخصائص الهندسية واللونية.



رسم توضيحي 9-4 لخصائص البذرة الفيزيائية



رسم توضيحي 10-4 للمخطط الانسيابي لخوارزميةاستخراج الخصائص الفيزيائية

3.6.3.4 خوارزمية التحويل للتدرج الرمادي(Grayscale Conversion Algorithm) :

تم اعتماد خطوة تحويل الصور من الفضاء اللوني (RGB) إلى التدرج الرمادي كإجراء جوهري ضمن هندسة البيانات، وذلك للمبررات العلمية التالية:

- **تعزيز استخلاص السمات الهيكلية :**يساهم التحويل للرمادي في توجيه تركيز النموذج نحو الأنماط المورفولوجية (Morphological Patterns) للبذرة وتفاصيل الجنين(Embryo) ، بعيداً عن تقلبات الألوان الناتجة عن اختلاف زوايا الإضاءة.
- **تحسين كفاءة الحوسبة الميدانية :**من خلال تقليل عدد القنوات اللونية من ثلاث إلى قناة واحدة، تم تقليل العبء الحسابي على المعالج، مما يضمن استجابة أسرع للتطبيق عند تنفيذه على أجهزة الهواتف الذكية ذات الموارد المحدودة.
- **توحيد البيانات :**يساهم هذا التحويل في تقليل التباين غير الضروري بين العينات، مما يساعد النموذج على الوصول إلى حالة الاستقرار (Convergence) بشكل أسرع أثناء التدريب.

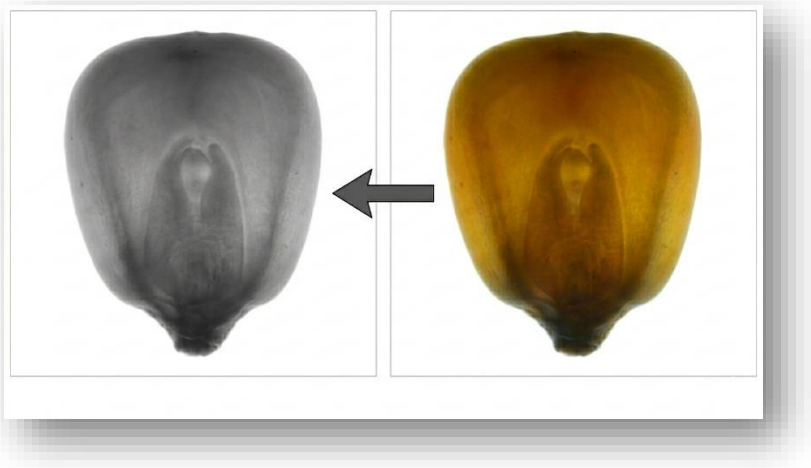
خطوات الخوارزمية:

1. **بدء الخوارزمية :**استلام مصفوفة الصورة المقصوصة (Cropped Image) بأبعاد (H,W,3).
2. **استخلاص القنوات اللونية :**فصل الصورة إلى قنواتها الأساسية(Red, Green, Blue) .
3. **تطبيق معادلة السطوع :(Luminance Equation)** دمج القنوات الثلاث لإنتاج قناة واحدة باستخدام الأوزان المعيارية:

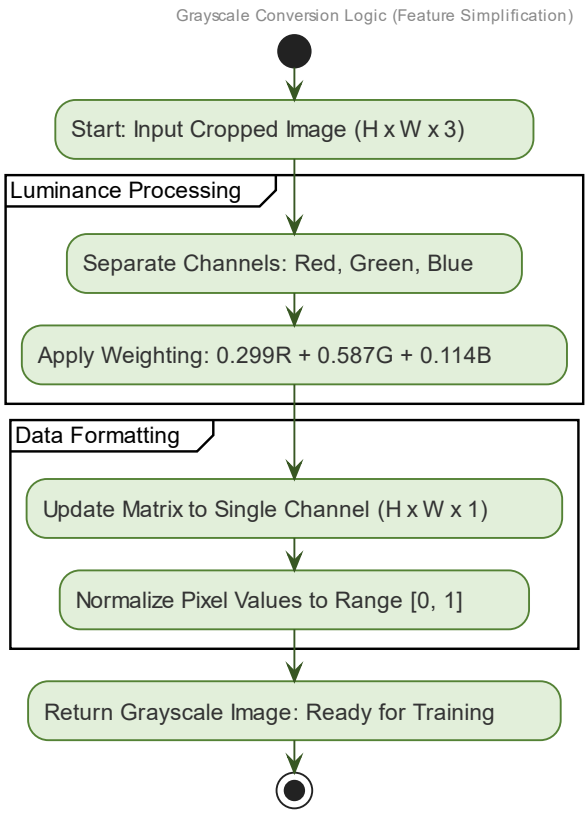
$$Gray = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

4. **تحديث مصفوفة البيانات :**استبدال المصفوفة الثلاثية بمصفوفة أحادية البعد (H, W, 1) .
5. **تطبيع القيم :(Normalization)** تحجيم قيم البكسلات لتكون في المدى [0, 1]لضمان استقرار التدريب.
6. **إرجاع الصورة :**تسليم الصورة الرمادية الجاهزة لمرحلة التدريب.
7. **إنهاء الخوارزمية.**

النتائج المرئية (قبل وبعد):



رسم توضيحي 11-4 لنتيجة خوارزمية التحويل للون الرمادي



رسم توضيحي 12-4 للمخطط الانسيابي لخوارمية تحويل البذرة للون الرمادي

5.6.3.4 خوارزمية القص الموجه لمنطقة الجنين(Targeted Embryo Cropping) :

لتعظيم كفاءة نموذج الإضاءة الخلفية، تم تطبيق خوارزمية لقص نسبة محددة من الصورة تركز حصرياً على منطقة الجنين(Embryo Area) ، وذلك بناءً على المبررات التقنية التالية:

- **تركيز القوة الحسابية :**تساهم هذه الخطوة في رفع "كثافة المعلومات" داخل مدخلات النموذج، مما يجبر الشبكة العصبية على تخصيص أوزانها لتمييز الخصائص الدقيقة للجنين والتي تعد المعيار الحاسم في تحديد حيوية البذرة.
- **تحسين الدقة الموضعية :**من خلال التخلص من المساحات غير الضرورية في جسم البذرة، تم تقليل "الضجيج الهيكلي"، مما أدى إلى رفع دقة التنبؤ وتقليل نسبة التصنيف الخاطئ الناتج عن تشابه الأجسام الكبيرة.
- **تفعيل مبدأ الانتباه المكاني (Spatial Attention):** يعمل القص كآلية توجيه ذكية تضع السمة الأكثر أهمية في مركز العمليات الحسابية، مما يسرع من عملية وصول النموذج إلى قرار تصنيفي دقيق ومستقر.

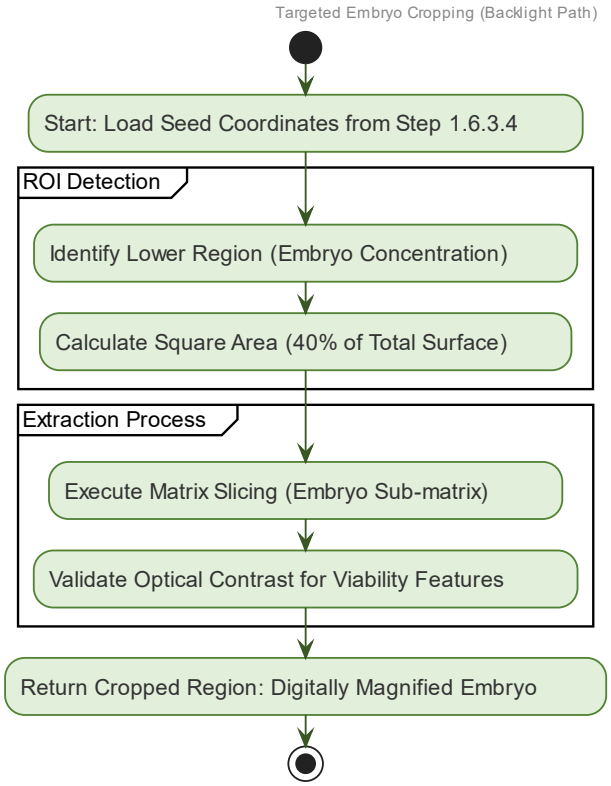
خطوات الخوارزمية:

1. **بدء الخوارزمية :**تحديد إحداثيات البذرة التي تم استخراجها في المرحلة.(1.6.3.4)
2. **تحديد منطقة الاهتمام (ROI) :**حساب إحداثيات الربع السفلي من البذرة (حيث يتركز الجنين عادةً).
3. **حساب أبعاد القص :**تحديد مساحة مربعة تغطي 40% من إجمالي مساحة البذرة الأصلية كمركز للقص.
4. **عملية الاقتصاص (Slicing) :**استقطاع المصفوفة الفرعية التي تمثل الجنين من مصفوفة البذرة الكاملة.

5. **التحقق من المحتوى :**التأكد من أن منطقة القص تحتوي على تباين ضوئي كافٍ يمثل وجود الجنين.
6. **إرجاع الجزء المقصوص :**تسليم صورة الجنين المكبرة رقمياً للنموذج.
7. **إنهاء الخوارزمية.**

النتائج المرئية (قبل وبعد):

رسم توضيحي 13-4 لنتيجة خوارزمية قص منطقة الجنن



رسم توضيحي 14-4 للمخطط الانسابي لخوارزمية قص منطقة الجنين

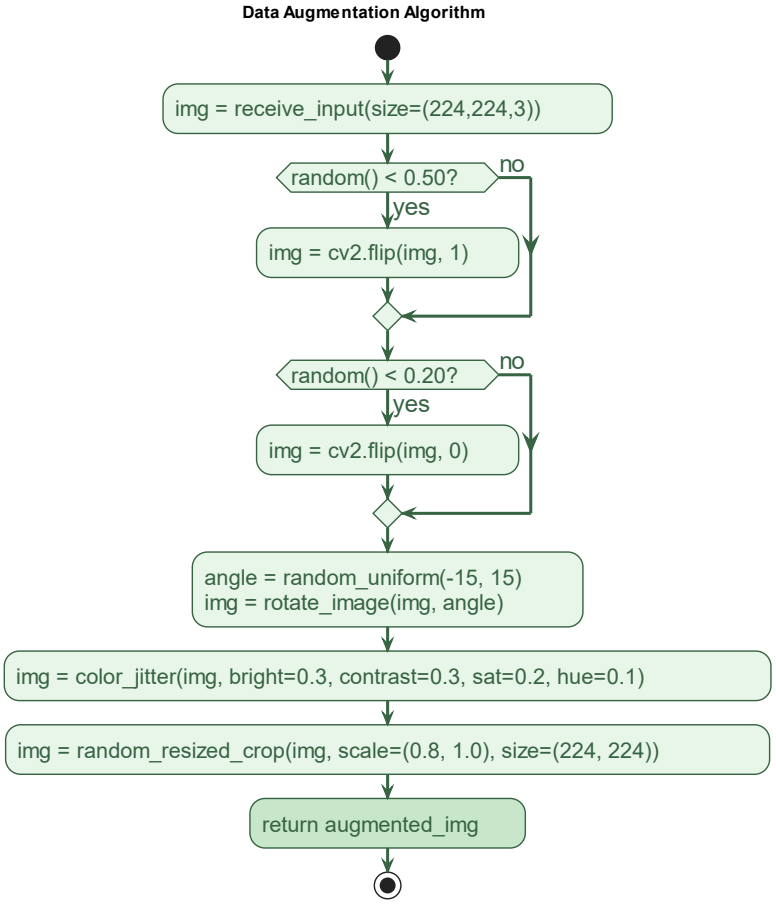
6.6.3.4 خوارزمية تحسين البيانات (Data Augmentation Algorithm) :

تهدف هذه الخوارزمية إلى زيادة تنوع بيانات التدريب عن طريق تطبيق تحويلات عشوائية على الصور، مما يقلل من ظاهرة overfitting ويحسن قدرة النموذج على التعميم. على الرغم من تصنيف خوارزمية تحسين البيانات (Augmentation)كعملية معالجة صور، إلا أنها تقتصر حصراً على مرحلة بناء وتدريب النماذج .(Offline Phase) والهدف من ذلك هو رفع كفاءة النموذج على التعميم (Generalization) ومنع الانحياز لزوايا تصوير محددة، بينما يتم استبعادها في مرحلة التشخيص الميداني (Real-time Inference) لضمان سرعة الاستجابة ودقة التحليل المباشر يوضح الشكل (3.4) المخطط الانسيابي ويتم عملها وفق الخطوات التالية:

1. **بدء الخوارزمية** :تستقبل صورة معالجة (224×224) واحتمالية تطبيق كل تحويل.
2. **القلب الأفقي** :باحتمال 50%، يتم قلب الصورة أفقياً (مرآة).
3. **القلب الرأسي** :باحتمال 20%، يتم قلب الصورة عمودياً.
4. **التدوير العشوائي** : يتم تدوير الصورة بزاوية عشوائية بين -15 و +15 درجة (مع ملء الفراغات بلون الخلفية).
5. **تغيير الألوان** : **(Color Jitter)** يتم تعديل السطوع، التباين، التشبع، والصبغة بقيم عشوائية ضمن نطاقات محددة.(brightness=0.3, contrast=0.3, saturation=0.2, hue=0.1)
6. **التقليم العشوائي** :**(Random Resized Crop)** يتم قص الصورة بشكل عشوائي بنطاق مقياس بين 0.8 و1.0 من الحجم الأصلي، ثم إعادة تحجيمها إلى 224×224.
7. **إرجاع الصورة المحسّنة** :إعادة الصورة بعد تطبيق جميع التحويلات المختارة.
8. **إنهاء الخوارزمية**.

حالات الخطأ :لا توجد.

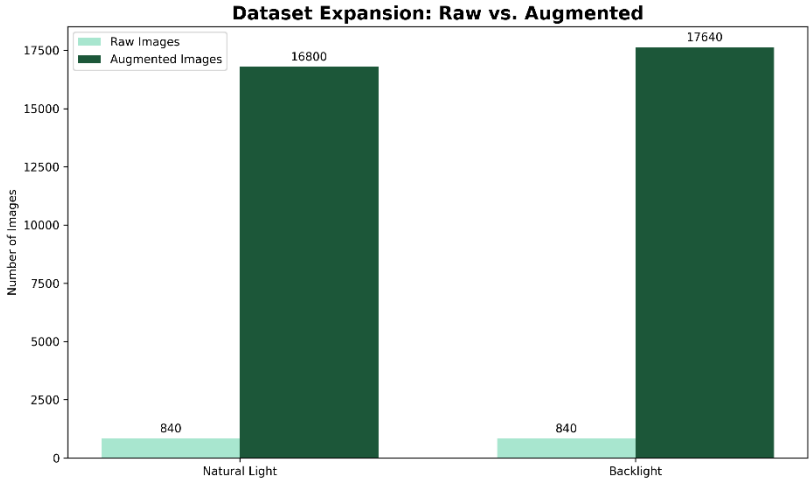
المخرجات :صورة جديدة (قد تختلف عن الأصلية) تمثل نسخة محسّنة.



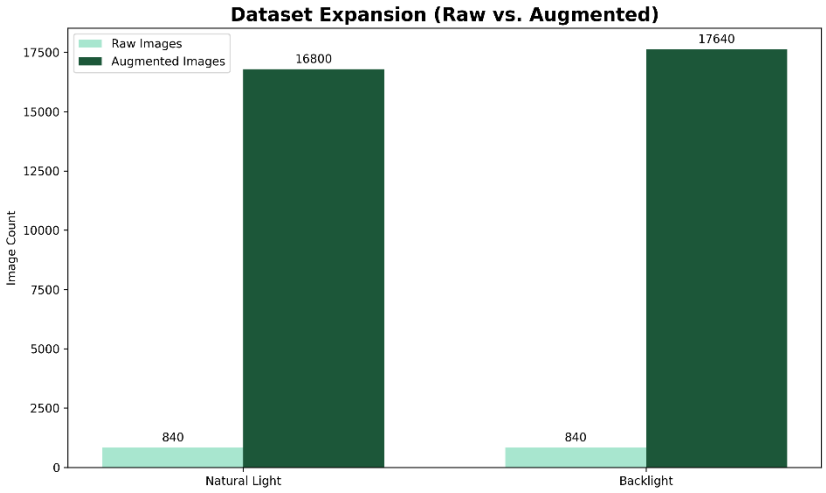
رسم توضيحي 4-15 للمخطط النسيابي لخوارزمية تحسين البيانات

مخرجات النظام الإجمالية:

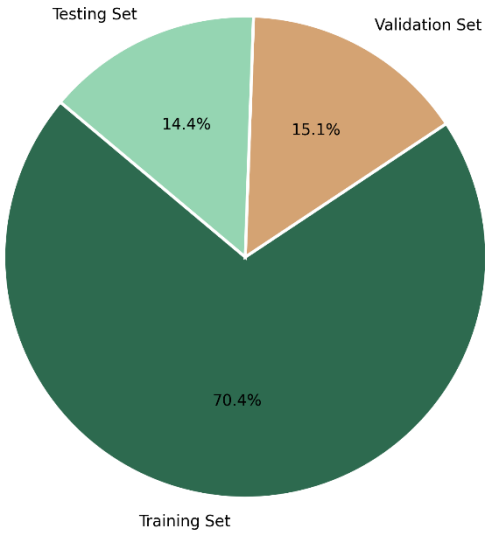
بفضل خط المعالجة المتكامل، تم تحويل 1600 صورة مرجعية إلى قاعدة بيانات ضخمة تحتوي على 34,440صورة، (مقسمة آلياً بنسبة 70 % للتدريب، 15% للتحقق، 15% للاختبار)، مما يوفر بيئة تدريبية غنية لنموذج MobileNetV3



رسم توضيحي 4-16 لنسبة توليد صور الإضاءة الطبيعية



رسم توضيحي 4-17 لنسبة توليد صور الإضاءة الخلفية



رسم توضيحي 4-18 لتقسيم البيانات

7.6.3.4 خوارزمية الاستدلال واتخاذ القرار(Inference & Decision Logic Algorithm) :

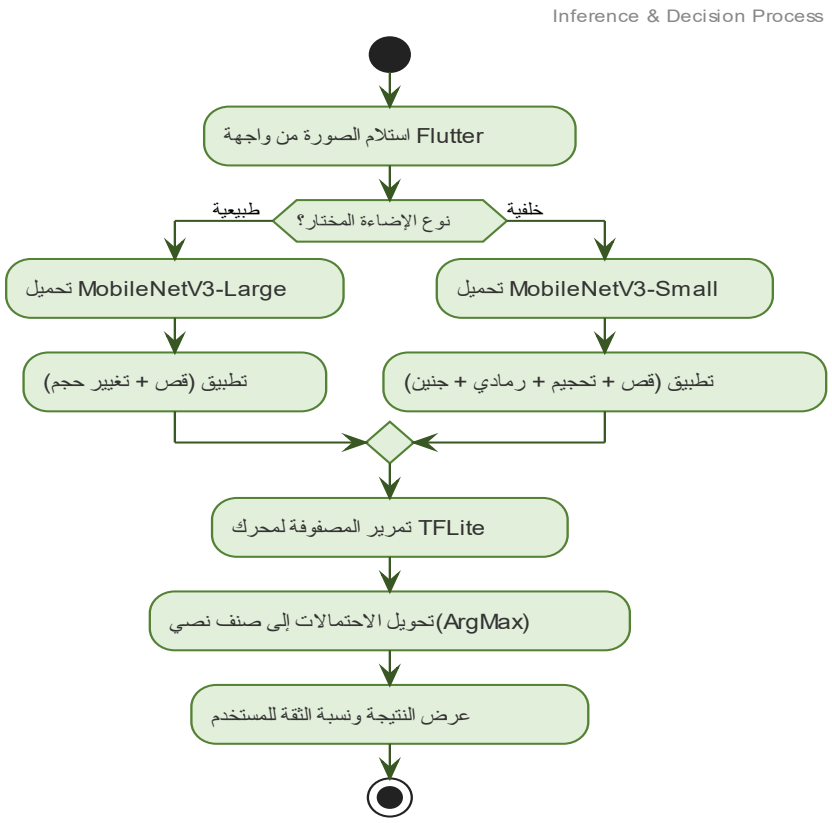
تُعد هذه الخوارزمية المحرك التشغيلي للتطبيق، حيث تدير تدفق البيانات من واجهة المستخدم وصولاً إلى النتيجة التصنيفية النهائية.

خطوات الخوارزمية:

1. **بدء الخوارزمية :**استلام مصفوفة الصورة (Raw Image Buffer) من واجهة Flutter.
2. **تحديد مسار التشغيل :**بناءً على مدخلات المستخدم (نوع الإضاءة)، يتم تحميل ملف الأوزان المناسب(.tflite)
3. **تنفيذ المعالجة المسبقة المتكيفة:(Adaptive Preprocessing)**
   - تطبيق خوارزمية القص (6.1.3.4) لتحديد حدود البذرة.
   - تطبيق خوارزمية تغيير الحجم (6.2.3.4) للوصول لأبعاد .224×224

- في مسار الإضاءة الخلفية فقط: يتم استدعاء خوارزميات التحويل للرمادي وقص الجنين (6.4.3.4 و 6.5.3.4).

4. **تشغيل محرك الاستدلال (TFLite Interpreter):** تمرير المصفوفة النهائية إلى النموذج وحساب قيم المخرجات.(Output Tensors)
5. **تحليل النتائج (Post-Processing):** تطبيق دالة ArgMax لتحديد الفئة ذات الاحتمالية الأعلى.
6. **إرجاع النتيجة :**تسليم اسم الفئة ونسبة الثقة لواجهة العرض.
7. **إنهاء الخوارزمية**



رسم توضيحي 19-4 المخطط الانسيابي لخوارمية الاستدلال واتخاذ القرار

7.3.4 معمارية النموذج والتدريب (MobileNetV3 Architecture & Training) :

يعد اختيار المعمارية البرمجية للنموذج خطوة محورية لضمان كفاءة النظام عند نشره على الأجهزة المحمولة. تم الاعتماد في هذا المشروع على معمارية **MobileNetV3** كعقل مدبر لعملية التصنيف، وذلك للمبررات والخطوات التقنية التالية:

1.7.3.4 مبررات اختيار معمارية MobileNetV3 :

تم اختيار هذه المعمارية تحديداً لكونها مصممة خصيصاً لتعمل بكفاءة عالية على الأجهزة ذات القدرات الحسابية المحدودة (Edge Devices) مثل الهواتف الذكية، حيث تحقق توازناً دقيقاً بين **سرعة الاستجابة (Latency)** و**دقة التصنيف(Accuracy)** .

- **تم استخدام نسخة MobileNetV3-Small :** لنموذج الإضاءة الخلفية لضمان السرعة الفائقة.

- **تم استخدام نسخة MobileNetV3-Large :**لنموذج الإضاءة الطبيعية لزيادة قدرة النموذج على استخلاص السمات المعقدة في ظروف الإضاءة المتغيرة.

2.7.3.4 استراتيجية التعلم بنقل الخبرة (Transfer Learning) :

بدلاً من بناء النموذج من الصفر، تم استخدام تقنية "التعلم بنقل الخبرة" عبر تحميل الأوزان المدربة مسبقاً على قاعدة بيانات **ImageNet** تضمنت هذه الاستراتيجية الخطوات التالية :

1- استخلاص الميزات وتجميد الطبقات (Feature Extraction & Layer Freezing) :

تم الحفاظ على الأوزان المستخلصة من قاعدة بيانات ImageNetللطبقات الدنيا والمتوسطة في النموذج. تهدف هذه الخطوة إلى استغلال "الذاكرة البصرية" للنموذج في تمييز الأنماط الهندسية الأساسية (مثل الحواف، الأشكال البيضاوية للبذور، والمنحنيات) دون الحاجة لإعادة تدريبها، مما ساهم في تقليل الوقت الحسابي وتفادي تشتت النموذج في المراحل الأولى.

2- التصميم المتكيف لرأس التصنيف (Adaptive Classifier Head Design):

نظراً لاختلاف طبيعة البيانات بين المسارين، تم تصميم "رأس تصنيف" مخصص لكل نموذج لضمان معالجة التحديات البصرية لكل بيئة تصوير:

- نموذج الإضاءة الطبيعية :(Natural Light) تم بناء هيكل تصنيف "متعدد الطبقات (Multi-layered) " يتضمن طبقة خطية (Linear Layer) تليها دالة تنشيط (ReLU) ، وذلك لتمكين النموذج من فك الارتباط بين ميزات البذرة وتعقيدات الخلفية الملونة.
- نموذج الإضاءة الخلفية :(Backlight) تم اعتماد بنية تصنيف مباشرة (Direct Classifier) لتقليل المسار الحسابي، نظراً لأن الإضاءة الخلفية توفر تبايناً حاداً يعزل هيكل البذرة تلقائياً، مما يسهل عملية اتخاذ القرار دون الحاجة لطبقات عميقة إضافية.

3- آلية الانتظام والتحكم في التعميم(Regularization & Dropout Strategy):

لمواجهة ظاهرة "فرط التخصيص (Overfitting) "وضمان قدرة النظام على العمل بدقة مع صور جديدة ميدانياً، تم دمج طبقات الـ Dropout بمعاملات متغيرة بناءً على تحليل "الضجيج البصري:"

- **معامل 0.4 (نموذج الإضاءة الطبيعية) :** تم رفع نسبة الاستبعاد لتعزيز "حصانة" النموذج ضد المتغيرات العشوائية في الإضاءة المحيطة واختلاف ألوان الخلفية.
- **معامل 0.2 (نموذج الإضاءة الخلفية) :** تم استخدام نسبة أقل للحفاظ على استقرار تدفق المعلومات، نظراً لثبات الظروف البصرية ووضوح الحدود البنائية للجنين (Embryo) في صور الإضاءة الخلفية.

3.7.3.4 الخوارزميات البرمجية لبناء وتخصيص النموذجين:

فيما يلي توثيق للخوارزميات الرياضية والبرمجية التي توضح كيفية تنفيذ التعديلات المذكورة أعلاه لكل نموذج بشكل مستقل.

1.3.7.3.4خوارزمية بناء نموذج الإضاءة الطبيعية(Natural Light Architecture Algorithm) :

تستهدف هذه الخوارزمية إعداد معمارية **MobileNetV3-Large** للتعامل مع تعقيدات الصور الملتقطة في بيئة إضاءة طبيعية. كما في الشكل (11-4) يتم تنفيذها وفق الخطوات التالية:

1- **بدء الخوارزمية :**تحديد المعلمات الأساسية (حجم الإد خال =3 x 224 x 244 ، عدد الفئات = 2)
2- **تحميل المعمارية الأساسية :**استدعاء نموذج MobileNetV3-Large مع تحميل الأوزان المدربة مسبقاً (ImageNet) .
3- **تجميد مستخرج الميزات :**ضبط جميع معاملات الطبقات الأولية والمتوسطة على requires_grad = False لتثبيت الأوزان.
4- **إعادة هيكلة المصنف (Classifier Customization) :**

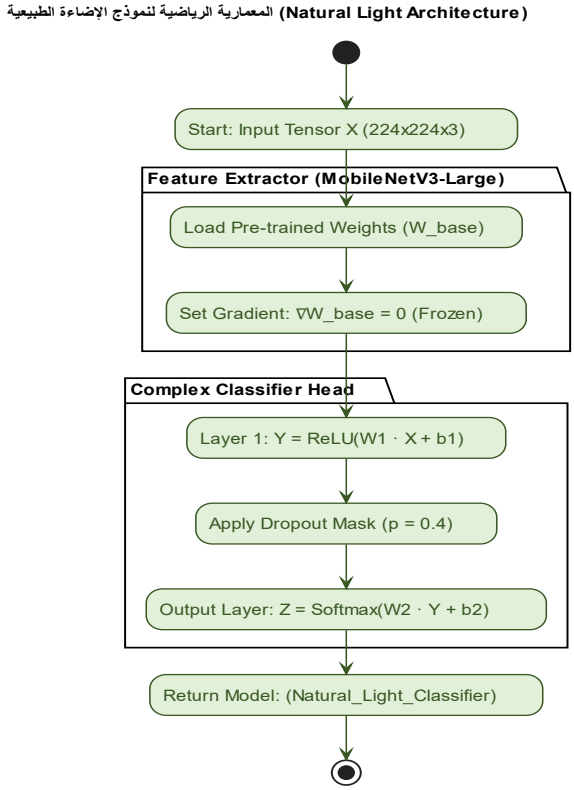
- الوصول إلى الطبقة الأخيرة واستبدالها بطبقة خطية كثيفة Linear(960, 512)
- إضافة دالة التنشيط غير الخطية ReLU.
- تطبيق طبقة الإسقاط Dropout بنسبة **0.4** لتقليل أثر الضجيج البصري.

5- **تحديد مخرجات النموذج :**إضافة طبقة خطية نهائية Linear(512, 2) لإنتاج احتمالات التصنيف الثنائي.

6- **تفعيل التدريب الجزئي :**السماح بتحديث أوزان المصنف الجديد فقط أثناء عملية التعلم.

7- **إرجاع النموذج :**نقل الكائن البرمجي إلى الذاكرة الجاهزة(GPU/CPU) .

8 - **إنهاء الخوارزمية.**



رسم توضيحي 20-4 للمخطط الانسيابي لخوارزمية بناء نموذج بدون الإضاءة

2.3.7.3.4 خوارزمية بناء وتعديل نموذج الإضاءة الخلفية(Backlight Model Algorithm) :

ستهدف هذه الخوارزمية إعداد معمارية **MobileNetV3-Small** لضمان السرعة والدقة في معالجة الصور ذات التباين الحاد كما في الشكل (12-4). يتم تنفيذها وفق الخطوات التالية:

1- بدء الخوارزمية :تحديد المعلمات الأساسية (حجم الإدخال=3 x 224 x 224 me ، عدد الفئات = 2)

2- تحميل المعمارية الأساسية :استدعاء نموذج MobileNetV3-Small لتقليل المسار الحسابي وزيادة سرعة الاستجابة.

3- تجميد مستخرج الميزات: منع تحديث أوزان الطبقات الأساسية لضمان استقرار استخلاص الأنماط الهيكلية للبذرة.

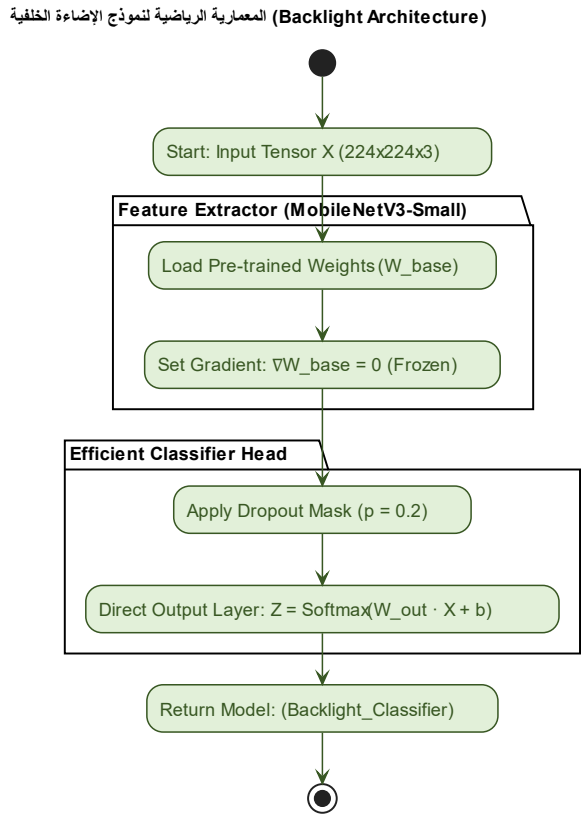
4- تعديل رأس التصنيف:(Efficient Head)

- إضافة طبقة Dropout بنسبة مخفضة 0.2للحفاظ على تدفق ميزات الجنين الواضحة.

5- توجيه المعاملات: ربط الطبقات الجديدة بمحسن الأوزان (Optimizer) لتركيز التعلم على الميزات النوعية للبذرة.

6- إرجاع النموذج: تسليم نسخة النموذج الجاهزة للبدء في مرحلة التدريب الفعلي.

7- إنهاء الخوارزمية.



رسم توضيحي 21-4 للمخطط الانسيابي لخوارزمية بناء نموذج الإضاءة الخلفة

3.3.7.3.4 خوارزمية تدريب النماذج الشاملة (Comprehensive Training Algorithm) :

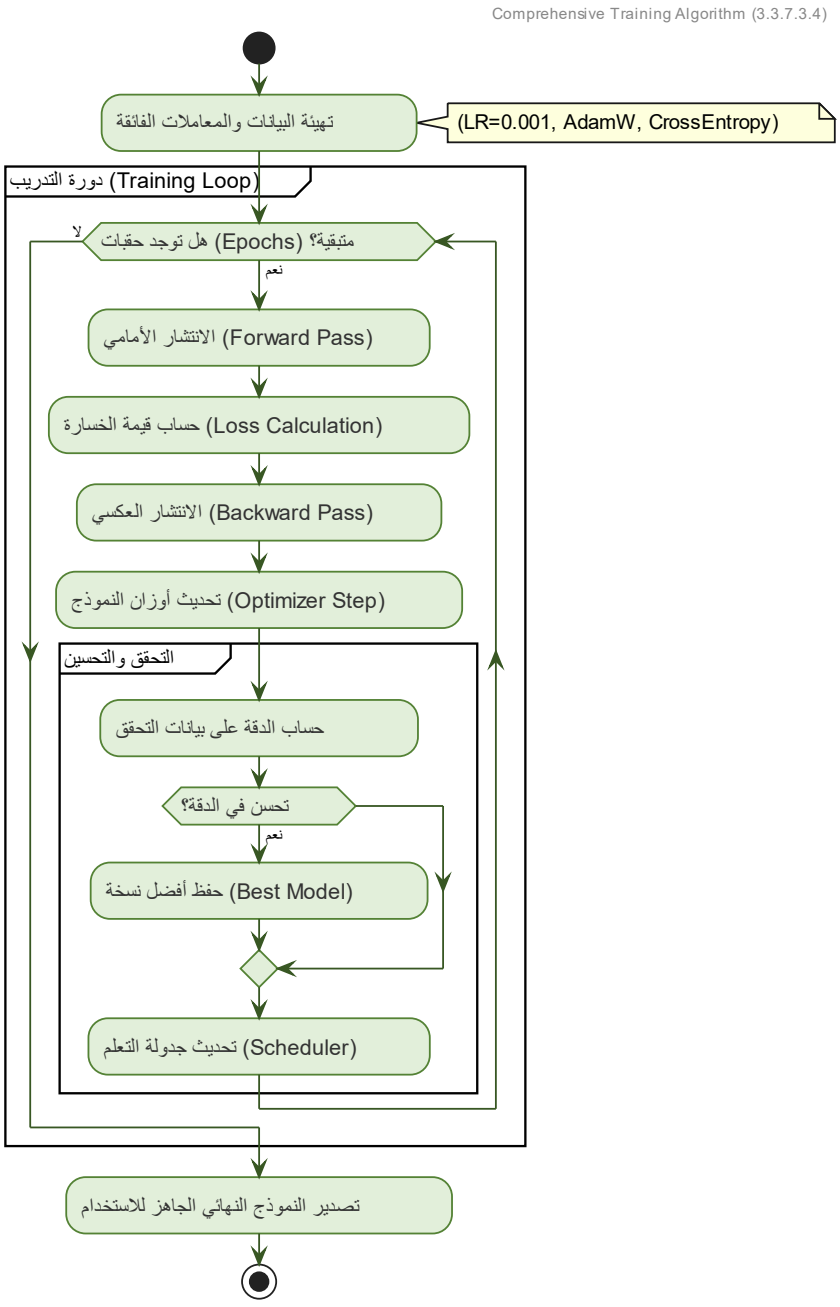
تهدف هذه الخوارزمية إلى ضبط أوزان النماذج الذكية عبر عملية التعلم العميق، لتمكينها من تمييز الفئات الخمس لبذور الذرة بدقة عالية. يتم تنفيذها وفق الخطوات التالية:

1. البيانات (Training/Validation) وتهيئة المعمارية المختارة.
2. **ضبط المعاملات :**تحديد معدل التعلم(0.001) ، والمحسن(AdamW) ، ودالة الخسارة (CrossEntropyLoss).
3. **دورة التعلم:(Training Loop)**

- **الانتشار الأمامي :(Forward Pass)** تمرير دفعات الصور عبر طبقات النموذج لاستخراج الميزات وتوقع الأصناف.
- **حساب الفقد :(Loss Calculation)** قياس الفرق بين توقعات النموذج والتصنيفات الحقيقية.
- **الانتشار العكسي :(Back-propagation)** حساب التدرجات وتحديث الأوزان لتقليل نسبة الخطأ.

4. **التقييم اللحظي :**قياس الدقة على مجموعة التحقق بعد كل حقبة.(Epoch)
5. **التحسين الديناميكي :**استخدام ReduceLROnPlateau لتقليل معدل التعلم عند ثبات الأداء.

6. **إنهاء الخوارزمية :**حفظ النموذج الذي حقق أعلى دقة تحقق.(Best Checkpoint)



رسم توضيحي 22-4 للمخطط الانسيابي لخوارزمية تدريب النماذج

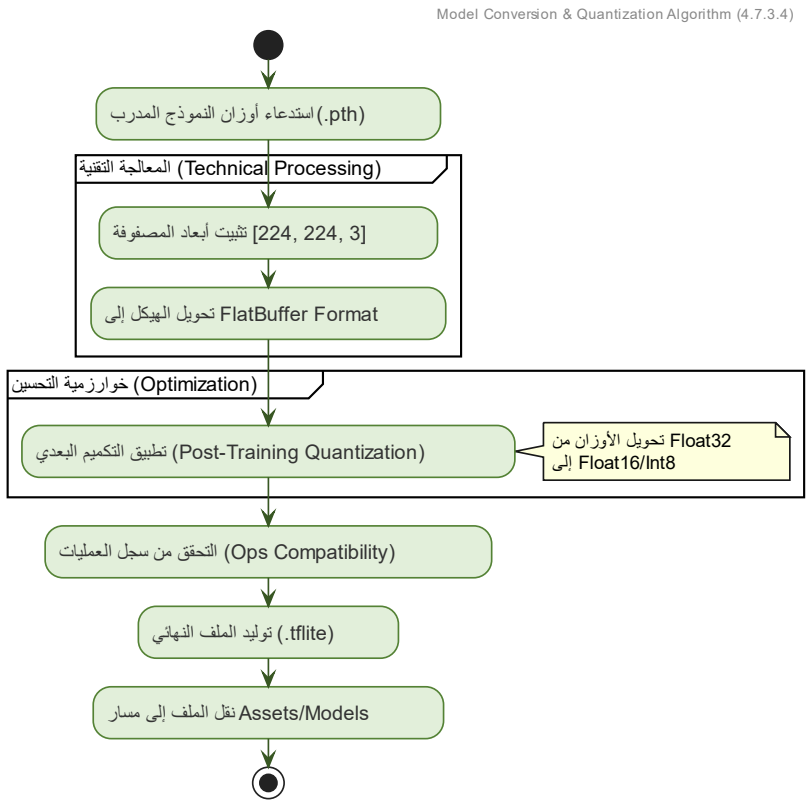
4.7.3.4 خوارزمية تحويل وتجهيز النموذج لبيئة الهاتف(TFLite Conversion Algorithm) :

تُعد مرحلة تحويل النموذج من صيغة التدريب (PyTorch) إلى صيغة **TensorFlow Lite (TFLite)** خطوة أساسية لضمان عمل النظام بكفاءة على الهواتف الذكية. تهدف هذه العملية إلى مواءمة المتطلبات الحسابية العالية للنموذج مع الموارد المحدودة لأجهزة الأندرويد.

- **ضغط الحجم :** تقليل حجم ملف الأوزان لسهولة دمجها داخل التطبيق.
- **سرعة الاستجابة :** تمكين المعالجة المحلية (On-device Processing) دون الحاجة للاتصال بالإنترنت.
- **كفاءة الطاقة :**تقليل استهلاك البطارية والذاكرة العشوائية أثناء عملية الفحص.

يتم تنفيذها وفق الخطوات التالية:

3. **بدء الخوارزمية :**استدعاء ملف الأوزان المدربة النهائي (Model Weights) بامتداد .pth.
4. **تثبيت أبعاد الإدخال :(Input Tensor)** ضبط حجم المصفوفة المدخلة للنموذج لتكون ثابتة عند (3x224x224) لضمان استقرار العمليات الحسابية.
5. **توليد النموذج الوسيط :**استخدام محول TFLite Converterلتحويل الرسم البياني للنموذج (Computational Graph)إلى تنسيق FlatBuffer .
6. **تحسين الكفاءة :(Optimization/Quantization)** تطبيق خوارزمية تكميم الأوزان لتقليل دقة المتغيرات من Float32إلى Float16أو Int8لتقليل حجم الملف وتسريع الاستجابة.
7. **التحقق من التوافقية :(Compatibility Check)** التأكد من دعم كافة العمليات الحسابية (Operators) داخل مكتبة .tflite_flutter
8. **تصدير الملف النهائي :**حفظ النموذج بصيغة .tflite ونقله إلى مسار الأصول (Assets) داخل مشروع Flutter.
9. **إنهاء الخوارزمية.**



رسم توضيحي 4-23 للمخطط الانسابي لخوارزمية تحويل النموذج

8.3.4 نتائج التدريب والتحقق (Experimental Results & Evaluation) :

تمثل هذه الفقرة المرحلة الختامية لتقييم كفاءة النظام المزدوج، حيث يتم تحليل أداء النموذجين بناءً على مقاييس الأداء العالمية في الذكاء الاصطناعي. أظهرت النتائج تفوقاً ملحوظاً في قدرة النظام على التمييز بين البذور الحيوية (Viable) وغير الحيوية (Non-viable) .

1.8.3.4 مقاييس تقييم الأداء(Evaluation Metrics) :

ضمان دقة الحكم على النماذج، تم الاعتماد على المقاييس التالية:

- **الدقة :(Accuracy)** النسبة المئوية للتنبؤات الصحيحة من إجمالي العينات.
- **مقياس :F1-Score** وهو المقياس الأكثر دقة في حالة عدم توازن البيانات، حيث يجمع بين دقة الاستدعاء (Recall)ودقة التنبؤ(Precision) .

2.8.3.4 تحليل النتائج الرقمية:

يوضح الجدول (4.1) ملخصاً للنتائج التي حققها كل نموذج بعد اكتمال 50 حقبة تدريبية، ويلاحظ أن نموذج الإضاءة الخلفية حقق تفوقاً طفيفاً نظراً لبروز السمات الجنينية بشكل أوضح.

جدول 4-1 نتائج تدريب النماذج

النموذج (الإضاءة)	المعمارية المستخدمة	الدقة (Accuracy)	مقياس F1-Score
الإضاءة الطبيعية	MobileNetV3-Large	**%89.6**	0.88
الإضاءة الخلفية	MobileNetV3-Small	**%95.5**	**0.94**

3.8.3.4 تحليل مصفوفة الارتباك (Confusion Matrix Analysis):

تعد مصفوفة الارتباك الأداة الأهم لفهم سلوك النموذج تجاه كل فئة. أظهرت المصفوفات أن النظام يمتلك قدرة عالية على تقليل "السلبيات الكاذبة (False Negatives) "، وهو أمر حيوي لضمان عدم تصنيف بذرة تالفة على أنها سليمة.

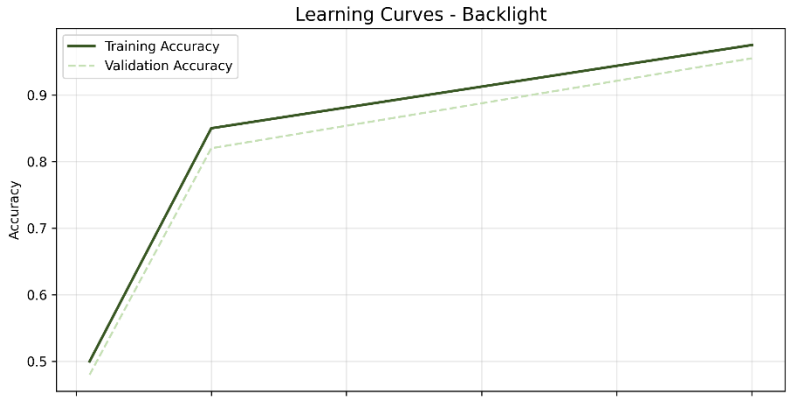
- **نموذج الإضاءة الخلفية :(Backlight Model)** حقق هذا النموذج أعلى مستوى من الاستقرار، حيث نجح في تصنيف **1727**عينة بشكل صحيح. يعود هذا التفوق إلى قدرة الإضاءة الخلفية على عزل هيكل البذرة وجنينها (Embryo) بدقة، مما قلل من تداخل البيانات وسهل على النموذج اتخاذ قرارات تصنيفية حاسمة.

- **نموذج الإضاءة الطبيعية :(Natural Light Model)** على الرغم من تعقيد الخلفية وتغير ظروف الإضاءة، أظهر هذا النموذج قدرة فائقة على التعميم(Generalization) ؛ حيث استطاع التمييز بين ميزات البذرة وألوان الخلفية المتغيرة بدقة بلغت .**89.6%**وقد أثبتت مصفوفة الارتباك لهذا النموذج كفاءته في التعامل مع "الضجيج البصري"، مما يجعله الخيار الأمثل للاستخدام في الظروف الميدانية المفتوحة التي لا تخضع لسيطرة كاملة على الإضاءة.

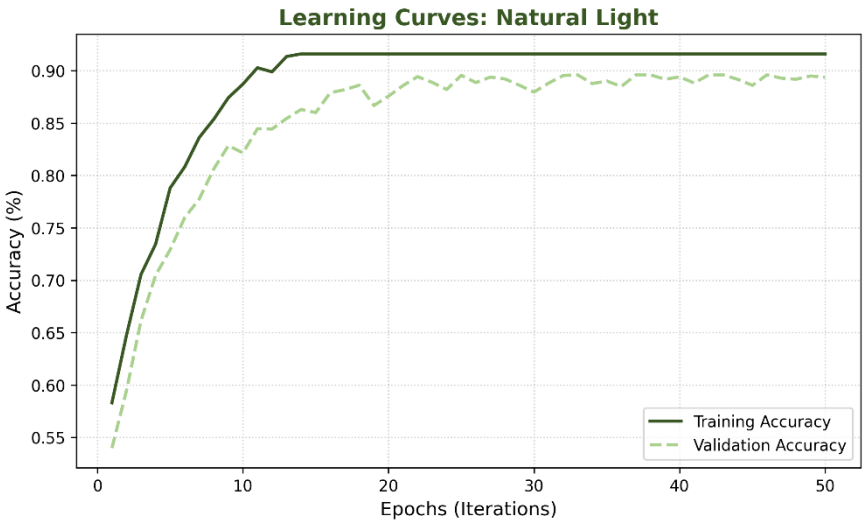
4.8.3.4 منحنيات التعلم (Learning Curves):

تعد منحنيات التعلم الأداة التحليلية الأهم لتقييم كفاءة النماذج وتطور سلوكها المعرفي خلال فترة التدريب. تعكس منحنيات الدقة والخسارة (Loss and Accuracy Curves) مدى استقرار النظام المزدوج وقدرته على التعميم، وقد أظهرت النتائج ما يلي:

- **نموذج الإضاءة الطبيعية (Natural Light Model):** أظهر المنحنى صعوداً تدريجياً ومستقراً في مستويات الدقة وصولاً إلى الحقبة (Epoch) الخمسين. يعكس هذا المسار قدرة معمارية **MobileNetV3-Large** على استيعاب التحديات البصرية المعقدة وتفكيك الارتباط بين سمات البذرة والضجيج اللوني في الخلفية دون حدوث تذبذبات حادة في منحنى الخسارة.
- **نموذج الإضاءة الخلفية (Backlight Model):** لوحظ وصول هذا النموذج إلى ذروة الأداء (Peak Accuracy) في مرحلة مبكرة عند الحقبة الخامسة عشرة. وبناءً على التحليل اللحظي للمنحنى، تم تطبيق استراتيجية **التوقف المبكر (Early Stopping)** عند هذه النقطة؛ وذلك لتفادي مرحلة "التشبع" ومنع النموذج من الدخول في فرط التخصيص(Overfitting) ، مما ضمن الحفاظ على دقة نهائية بلغت **95.5%**.
- **الاستنتاج التقني:** يؤكد التقارب الوثيق بين خطوط التدريب (Training) والتحقق (Validation) في كلا النموذجين على نجاح استراتيجية الـ **Dropout** والمعايير التي تم ضبطها بدقة. هذا التوازن الرياضي يثبت أن النظام قد وصل إلى "حالة التعميم المثالية"، حيث أصبح قادراً على التعرف على عينات بذور ذرة جديدة تماماً لم يسبق له رؤيتها خلال فترة التدريب بنفس الكفاءة العالية.



رسم توضيحي 24-4 لمنحنى التعلم نموذج الإضاءة الخلفية



رسم توضيحي 25-4 لمنحنى التدريب لنموذج الإضاءة الطبيعية

4.4 التنفيذ والربط التقني(System Implementation & Integration) :

يُمثل هذا القسم المرحلة الختامية من الجانب الهندسي للمشروع، حيث يتم فيه دمج النماذج الذكية التي تم تدريبها مسبقاً داخل بيئة تطبيق الهواتف المحمولة. يركز هذا المسار على البنية البرمجية المستخدمة، وكيفية إدارة البيانات والعمليات لضمان أداء سلس وفوري للمستخدم النهائي.

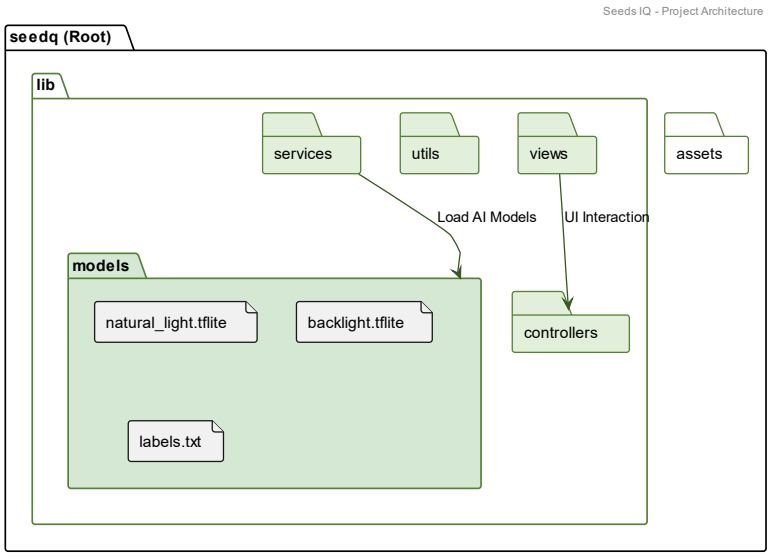
1.4.4 بيئة التطوير والتقنيات المستخدمة(Development Stack) :

لضمان بناء تطبيق يتسم بالسرعة والمرونة وتعدد المنصات، تم اختيار حزمة التقنيات التالية:

- **إطار عمل Flutter :** كأداة تطوير أساسية لبناء واجهات المستخدم (UI) باستخدام لغة **Dart**، وذلك لما يوفره من كفاءة في الأداء (Native Performance) وسهولة في التعامل مع الحالات المتغيرة (State Management).
- **مكتبة tflite_flutter :** وهي الأداة المحورية التي مكنت النظام من تشغيل نموذج الاستدلال (Inference Engine)محلياً على جهاز المستخدم، مما يضمن الخصوصية والسرعة.
- **قاعدة البيانات :SQLite** التي تم استخدامها لتخزين سجلات الفحص والبيانات المحلية لضمان استمرارية العمل دون الحاجة لاتصال دائم بالإنترنت.

2.4.4 الهيكلية البرمجية للمشروع(Project Directory Structure) :

أمان أعلى معايير الجودة البرمجية، تم تنظيم كود المصدر في مجلد (lib) وفق بنية هندسية واضحة؛ حيث يختص مجلد **(controllers)** بإدارة حالة التطبيق، ومجلد **(models)**بتعريف هياكل البيانات، بينما يمثل مجلد **(services)**القلب التقني المسؤول عن الربط مع نماذج الذكاء الاصطناعي وقواعد البيانات. كما تم تخصيص مسار **(assets/models)** لتخزين نماذج TFLite المزدوجة (الطبيعية والخلفية)، مما يسمح للتطبيق باستدعاء النموذج المناسب برمجياً بناءً على ظروف الإضاءة المختارة".



رسم توضيحي 26-4 للهيكلية البرمجية للمشروع

2.4.4آلية تكامل النموذج مع التطبيق(Model Integration Logic) :

تعتمد عملية الربط بين واجهة Flutter ونموذج الذكاء الاصطناعي على دورة معالجة تبدأ من واجهة الكاميرا وتنتهي بعرض النتيجة، وتمر بالمراحل التالية:

1. **تحميل المصادر (Resources Loading) :**عند بدء تشغيل التطبيق، يتم استدعاء ملف الأوزان (.tflite) وقائمة التصنيفات (labels.txt) وتحميلها في الذاكرة.
2. **معالجة التدفق الصوري (Image Stream Processing):** يتم التقاط الصور من الكاميرا وتحويلها إلى تنسيق مصفوفات رقمية (Tensors) متوافقة مع متطلبات النموذج.
3. **تنفيذ الاستدلال (Inference Execution)** : يتم تمرير البيانات المعالجة لمحرك TFLite الذي يقوم بحساب الاحتمالات بناءً على المعمارية المدربة.
4. **تفسير النتيجة (Post-Processing) :** يتم استخراج الصنف ذو الاحتمالية الأعلى وعرضه للمستخدم مع نسبة الثقة (Confidence Level).

3.4.4 الخوارزميات البرمجية لمحرك التطبيق(Application Core Algorithms) :

1.3.4.4 خوارزمية إدارة النماذج المزدوجة:(Dual-Model Selection Algorithm) :

تهدف هذه الخوارزمية إلى تحسين كفاءة الذاكرة (Memory Optimization) من خلال التحميل الديناميكي للنموذج المطلوب فقط بناءً على اختيار المستخدم. ويتم عملها وفق الخطوات التالية:

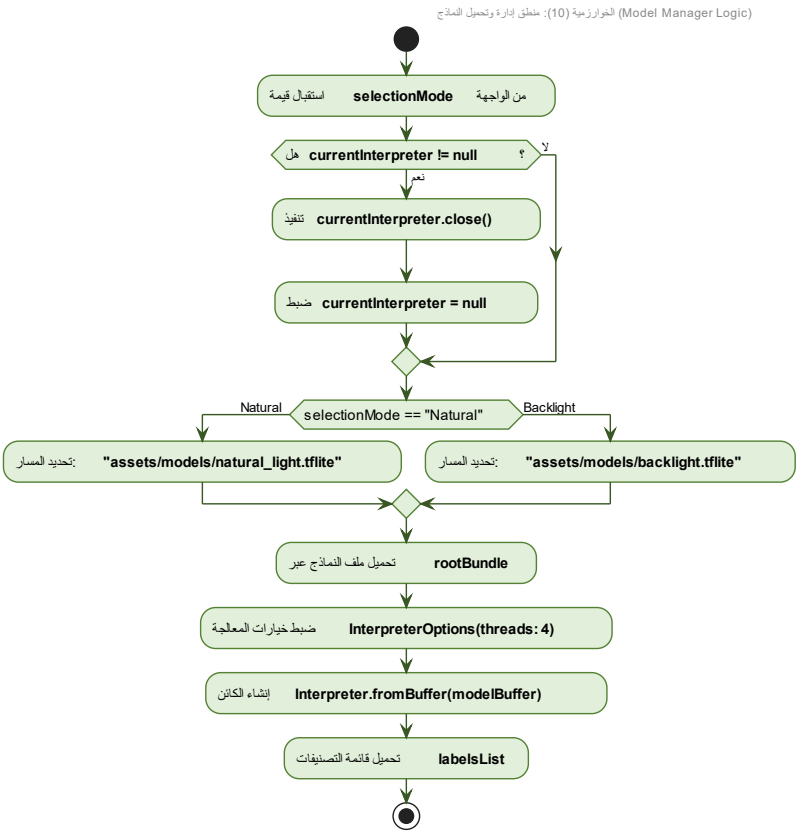
1. **بدء الخوارزمية :**تستقبل خيار المستخدم (SelectionMode) من واجهة اختيار النمط.
2. **التحقق من الموارد :**فحص وجود مترجم (Interpreter) نشط في الذاكرة.
3. **تحرير الذاكرة :**إذا كان المترجم نشطاً، يتم تنفيذ أمر الإغلاق ()interpreter.closeلتحرير موارد النظام.
4. **تحديد المسار البرمجي * :**إذا كان SelectionMode == Naturalيتم ضبط المسار إلى assets/models/natural_light.tflite.

- إذا كان SelectionMode == Backlight يتم ضبط المسار إلى assets/models/backlight.tflite.

5. **ضبط خيارات المترجم :**تهيئة InterpreterOptions لتمكين المعالجة المتعددة.(Isolate Threads)
6. **تحميل النموذج :**استدعاء ملف الـ TFLite من مسار الأصول (Assets) وتحميله في الذاكرة.
7. **تحميل قائمة التصنيفات :**قراءة ملف labels.txtوتحويله إلى قائمة برمجية(List) .
8. **إرجاع المترجم :**تهيئة الكائن Interpreter Instanceليصبح جاهزاً للاستخدام.
9. **إنهاء الخوارزمية.**

حالات الخطأ :عدم العثور على ملف النموذج) تمت معالجتها برمجياً بـ .(Try-Catch)

المخرجات : محرك استدلال (Inference Engine) نشط ومحمل في الذاكرة.



رسم توضيحي 27-4 للمخطط الانسيابي لخوارزمية تحمل وإدارة النماذج

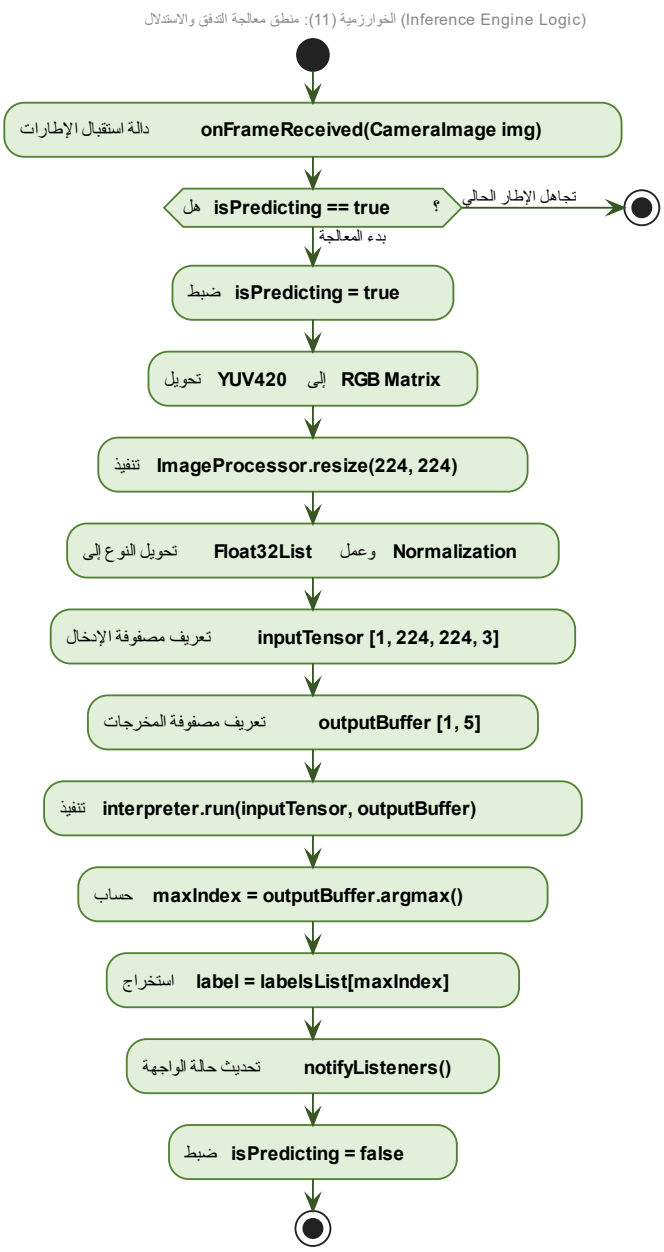
2.3.4.4 معالجة التدفق اللحظي والاستدلال:(Dual-Model Selection Algorithm) :

تهدف هذه الخوارزمية إلى إدارة دورة حياة معالجة الصورة داخل طبقة الخدمات (Services) لضمان تقديم نتائج فورية ودقيقة للمستخدم. . ويتم عملها وفق الخطوات التالية:

1. **بدء الخوارزمية :**تستقبل تدفق الصور الخام (Camera Image Stream) من واجهة الكاميرا.
2. **تحويل الصيغة الرقمية :**تحويل الإطار الملتقط من صيغة YUV420 إلى صيغة مصفوفة.RGB
3. **تغيير الحجم :(Resizing)** تقليص أبعاد الإطار إلى 224×224بكسل لتطابق مدخلات النموذج.
4. **التطبيع :(Normalization)** تحويل قيم البكسلات من المدى $[0, 255]$إلى المدى $[0, 1]$عبر القسمة على 255.0.
5. **إنشاء مصفوفة الإدخال :**تعبئة البيانات في مصفوفة رباعية الأبعاد .[1, 224, 224, 3]
6. **تنفيذ الاستدلال :**استدعاء دالة interpreter.run(input, output)لتشغيل المصفوفة عبر طبقات النموذج.
7. **تحديد النتيجة :**استخراج معامل الاحتمالية الأعلى باستخدام دالة (Argmax) من مصفوفة المخرجات.
8. **ربط التسمية :**استرداد النص المقابل للمعامل من قائمة التصنيفات.
9. **إرجاع النتيجة :**إرسال الصنف ونسبة الثقة إلى واجهة المستخدم(UI Update) .
10. **إنهاء الخوارزمية.**

حالات الخطأ :تداخل إطارات الكاميرا) تمت معالجتها عبر منطق.(IsBusy)

المخرجات : نتيجة التصنيف (Class Label) ونسبة الثقة (% Confidence) تظهر لحظياً.



رسم توضيحي 28-4 للمخطط الانسيابي لخوارزمية الاستدلال والتدفق اللحظي

الفصل 5 : الاختبار والمناقشة
(Testing & Discussion)

1.5 المقدمة :

يهدف هذا الفصل إلى تقييم الأداء العام لنظام **(Seeds IQ)** من خلال محورين أساسيين: الأول هو التقييم الإحصائي لنماذج الذكاء الاصطناعي المدربة، والثاني هو اختبار كفاءة التطبيق المحمول في الظروف الميدانية. سيتم عرض النتائج المحققة ومناقشتها لبيان مدى قدرة النظام على تلبية المتطلبات التقنية والأهداف الزراعية المرجوة

2.5 بيئة الاختبار(Experimental Setup) :

لضمان دقة النتائج، تم إجراء الاختبارات في بيئة محكومة وفق المواصفات التالية:

- **المعدات التقنية (Hardware) :** تم اختبار التطبيق على هاتف ذكي بمواصفات متوسطة لضمان كفاءة الأداء على مختلف الأجهزة.
- **عينات الاختبار (Test Samples) :** تم استخدام مجموعة بيانات منفصلة تماماً عن بيانات التدريب، شملت (15%) من بذور الذرة الموزعة على الأصناف الاربعة.
- **ظروف الإضاءة :** تم إجراء الاختبارات في بيئة إضاءة طبيعية (نهاراً) وبيئة إضاءة خلفية (باستخدام مصباح وورق مرشح) للتحقق من كفاءة التبديل بين النماذج المزدوجة.

3.5 اختبار وظائف التطبيق(Functional Testing) :

قبل قياس دقة الذكاء الاصطناعي، تم التأكد من سلامة "الدورة البرمجية" للتطبيق(Black-box Testing) ، وأظهرت النتائج ما يلي:

جدول 1-5 اختبار وظائف النظام

Functionالوظيفة	Test Caseسيناريو الاختبار	النتيجة المتوقعة	النتيجة الفعلية
المصادقة (Authentication)	(Sign Up) إنشاء حساب جديد	تخزين بيانات المستخدم بنجاح	**ناجح**
التحقق من الهوية	تسجيل الدخول ببيانات خاطئة	ظهور رسالة خطأ تنبيهية	**ناجح**
إدارة الجلسة	بقاء المستخدم مسجلاً بعد إغلاق التطبيق	الدخول التلقائي للشاشة الرئيسية	**ناجح**
تكامل النماذج	التبديل بين Natural و Backlight	تحميل ملف الـ tflite . الصحيح	**ناجح**
معالجة الكاميرا	منح صلاحية الوصول للكاميرا	ظهور بث الفيديو اللحظي	**ناجح**
التصنيف الذكي	وضع بذرة أمام الكاميرا	ظهور اسم الصنف ونسبة الثقة	**ناجح**
قاعدة البيانات	النقر على زر "حفظ النتيجة"	ظهور النتيجة في شاشة السجلات	**ناجح**

4.5 نتائج تقييم الأداء والمقارنة بين النماذج:(Performance Evaluation & Model Comparison)

بعد الانتهاء من مرحلة التدريب، خضع النظام لعملية تقييم شاملة باستخدام مجموعتي بيانات اختبار مستقلة. اعتمد النظام استراتيجية "التصنيف الثنائي (Binary Classification) "لفرز البذور إلى فئتين :**صالح (Viable)** و**غير صالح (Non-viable)**، لضمان أعلى مستويات الدقة والموثوقية في النتائج الميدانية.

1.4.5 نتائج اختبار نموذج الإضاءة الخلفية:(Backlight Model Results)

أظهر هذا النموذج كفاءة استثنائية في التعرف على العيوب الداخلية والظاهرية للبذور، وجاءت نتائجه كالتالي:

- **حجم عينة:** صورة.
- **الدقة الكلية (Accuracy) :** حقق النموذج دقة تصل إلى **95.5%** .
- **مصفوفة الارتباك :** أظهرت قدرة عالية على تمييز البذور غير الصالحة بدقة (Precision) وصلت إلى **96%**.

2.4.5 نتائج اختبار نموذج الإضاءة الطبيعية(Natural Light Model Results) :

تم اختبار هذا النموذج في ظروف الإضاءة العادية (بدون إضاءة خلفية)، وجاءت النتائج لتعكس أداءً قوياً رغم غياب الإضاءة المساندة:

- **حجم عينة الاختبار** :2425 صورة.
- **الدقة الكلية (Accuracy)** : حقق النموذج دقة تصل إلى **89.61%** .
- **مصفوفة الارتباك :**سجل النموذج توازناً في التصنيف حيث بلغت قيم (F1-score) للفئتين **90%**.

3.4.5 تحليل المقارنة بين النموذجين(Comparative Analysis) :

يوضح الجدول أدناه مقارنة إحصائية تلخص أداء المسارين البرمجيين في النظام:

جدول 2-5 أداء المسارين البرمجيين في النظام

المعيار (Metric)	نموذج الإضاءة الخلفية (Backlight)	نموذج الإضاءة الطبيعية (Natural Light)
الدقة (Accuracy)	%95.5	%89.61
دقة اكتشاف التالف (Non-viable Recall)	%96	%90
دقة اكتشاف السليم (Viable Precision)	%96	%90
حجم عينة الاختبار (Test Samples)	3528	2425

5.5 مناقشة واستنتاجات الاختبار (Discussion of Findings):

من خلال تحليل النتائج المسجلة في المصفوفات والتقارير البرمجية، يمكن استخلاص الآتي:

1. **أثر الإضاءة الخلفية :**نلاحظ تفوق نموذج الإضاءة الخلفية بنحو 6% تقريباً في الدقة الكلية. وهذا يثبت صحة الفرضية التقنية بأن الإضاءة الخلفية تساعد في كشف العيوب البنيوية للبذرة التي قد لا تظهر في الإضاءة العادية.
2. **الموثوقية العالية** :كلا النموذجين حقق نتائج تتجاوز عتبة الـ 89%، مما يؤكد قوة معمارية MobileNetV3 وقدرتها على التعميم (Generalization) على بيانات لم يسبق رؤيتها.
3. **الكفاءة الميدانية** : تقارب قيم (Precision) و (Recall) في كلا النموذجين يقلل من احتمالية حدوث أخطاء "الإيجاب الكاذب"، وهو أمر حيوي جداً للمزارع لضمان جودة المحصول قبل الزراعة.

6.5 اختبار كفاءة الأداء وزمن الاستجابة(Performance & Latency Testing) :

تم قياس كفاءة النظام من الناحية البرمجية لضمان قدرته على العمل بسلاسة على الهواتف الذكية ذات الإمكانيات المتوسطة، وقد شملت الاختبارات المقاييس التالية:

1.6.5 سرعة الاستدلال اللحظي(Inference Latency) :

تم قياس الوقت المستغرق منذ لحظة التقاط إطار الكاميرا حتى ظهور نتيجة التصنيف على الشاشة. وبما أننا استخدمنا معمارية MobileNetV3(المصممة خصيصاً للسرعة)، جاءت النتائج كالتالي:

جدول 3-5 نتائج فحص سرعة الاستدلال الحظي

العملية البرمجية	متوسط الزمن (بالملي ثانية)
المعالجة المسبقة (Preprocessing)	15 ms
زمن الاستدلال (Inference Time)	120 ms
تحديث واجهة المستخدم (UI Update)	10 ms
إجمالي زمن الاستجابة الكلي	**145 ms**

2.6.5 استهلاك موارد النظام(Resource Consumption) :

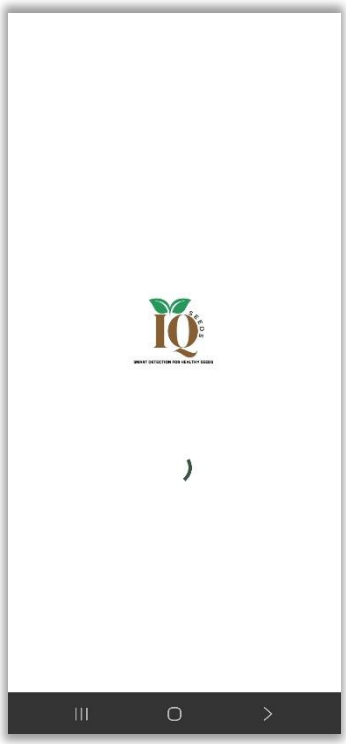
تمت مراقبة استهلاك التطبيق لموارد الهاتف أثناء عملية الفحص المستمر:

- **استهلاك الذاكرة العشوائية (RAM) :** تراوح الاستهلاك بين **150MB إلى 220MB**، وهو استهلاك منخفض يسمح للتطبيق بالعمل بجانب تطبيقات أخرى دون تشنج.
- **استهلاك البطارية :** أظهرت الاختبارات استهلاكاً متوازناً نظراً لأن التطبيق يقوم بتحرير موارد النموذج (Interpreter Close)فور الانتهاء من عملية الفحص.

7.5 اختبار الواجهات :

1.7.5 واجهة الشعار(Splash Screen) :

تظهر هذه الواجهة عند فتح التطبيق لأول مرة يظهر فيها شعار التطبيق لمدة 3 ثوانٍ



رسم توضيحي 1-5 لاختبار واجهة الشعار

2.7.5 واجهات المصادقة والتحقق(Authentication & Verification Screen)

واجهات المصادقة تتمثل في:

1- واجهة تسجيل الدخول

تتكون من حقلي للإدخال أحدهم لاسم المستخدم والأخر لكلمة المرور، وزر للدخول والتحقق من صحة المدخلات وزر للدخول في وضع الضيف . ورابط الانتقال إلى شاشة إنشاء حساب جديد .

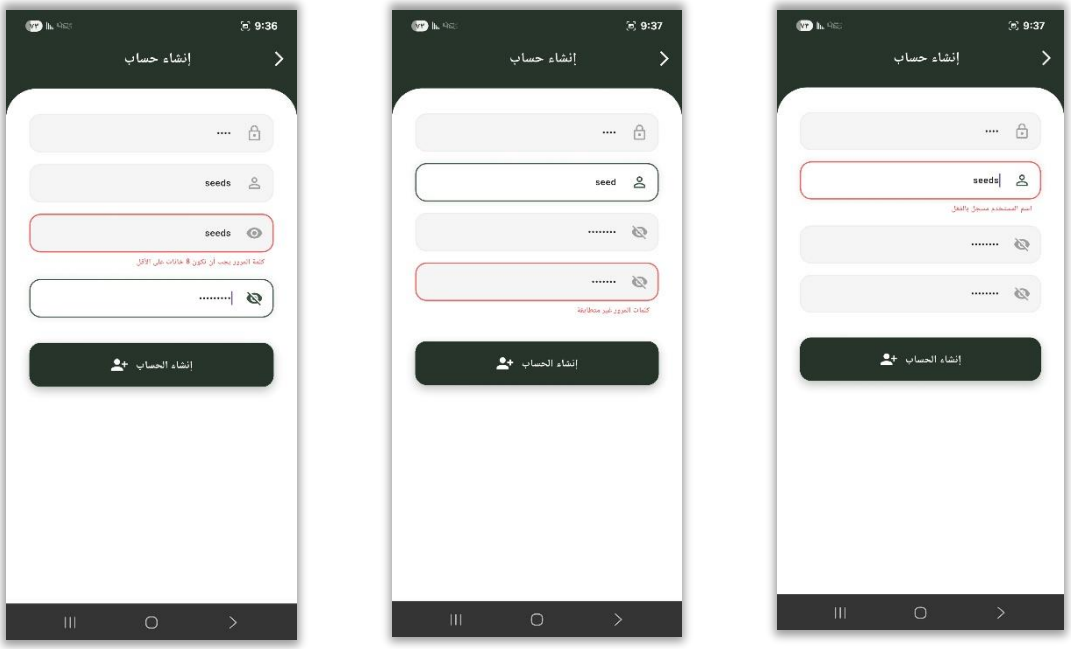
رسم توضيحي 2-5 واجهة تسجيل الدخول

2- واجهة انشاء حساب :

واجهة انشاء الحساب هي الواجهة التي ينتقل إليها المستخدم في حالة إنشاء حساب جديد وتتكون من أربعة مستطيلات لإدخال بيانات المستخدم وزر إنشاء الحساب والتحقق من المدخلات .

رسم توضيحي 3-5 واجهة انشاء حساب جديد

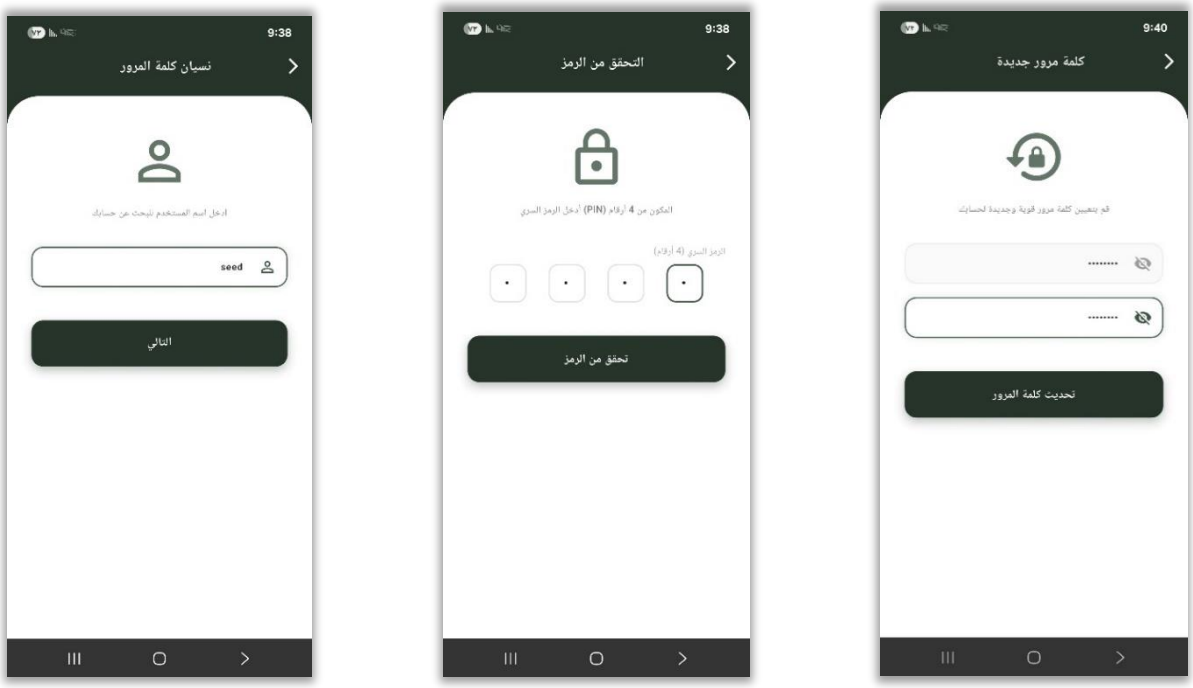
اختبار الواجهة بإدخال بيانات غير صحيحة أو ناقصة والتأكد من ظهور رسائل الخطأ المناسبة



رسم توضيحي 4-5 لأخطاء الادخال عند إنشاء حساب جديد

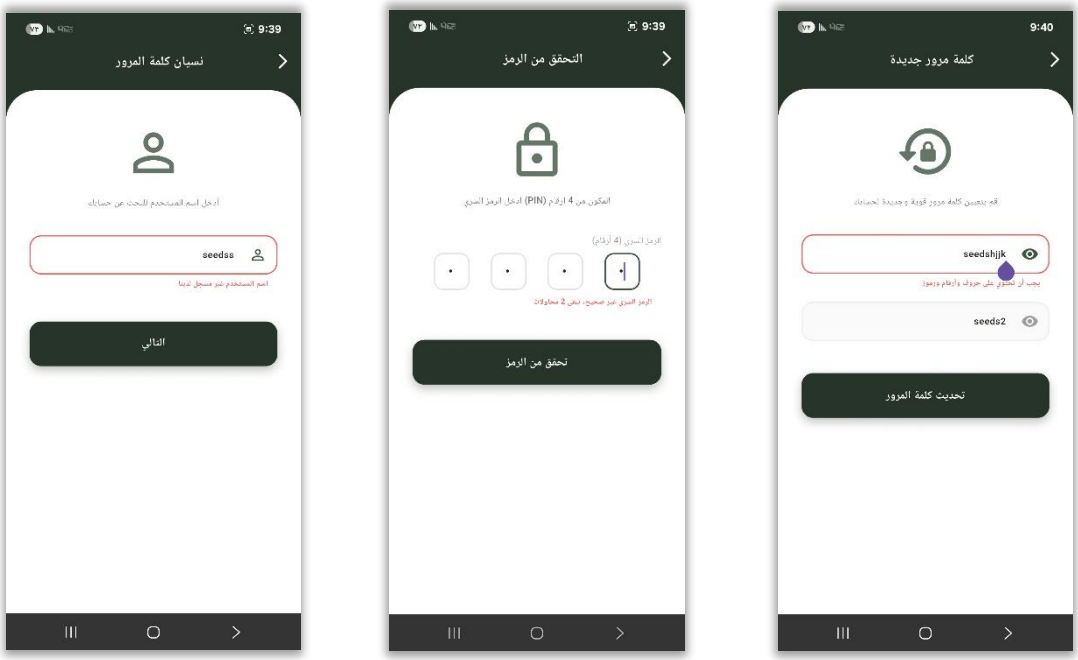
2- إعادة تعيين كلمة المرور :

واجهات إعادة تعيين كلمة المرور واجهات تمكن المستخدم من إعادة تعيين كلمة المرور في حال نسيان كلمة المرور الخاصة به عبر التحقق من رقم PIN الخاص بالمستخدم.



رسم توضيحي 5-5 واجهات إعادة تعيين كلمة المرور

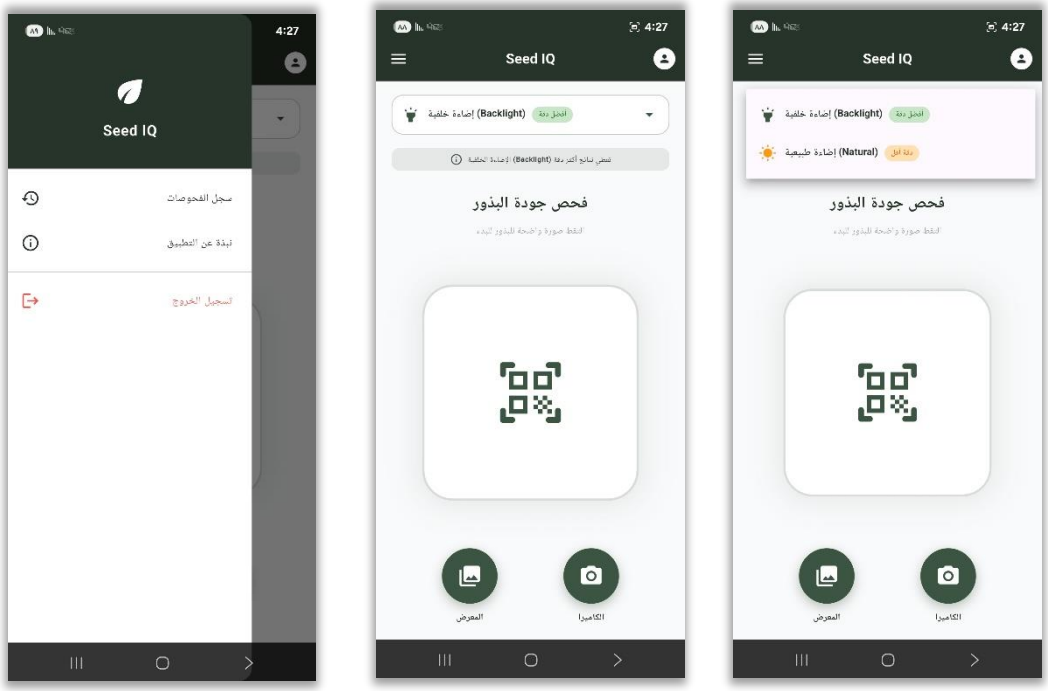
اختبار العملية بإدخال بيانات غير صحيحة أو ناقصة والتأكد من ظهور رسائل الخطأ المناسبة .



رسم توضيحي 5-6 لاختبار واجهات اعادة تعيين كلمة المرور

3.7.5 الواجهة الرئيسية (Home Screen) :

هذه الواجهة يظهر فيها العديد من الأزرار والأيقونات وتعتبر شاشة التطبيق التي يتم من خلالها تنفيذ جميع المهام مثل مهام الفحص وعرض السجلات .



رسم توضيحي 5-7 واجهة الشاشة الرئيسية

4.7.5 واجهات الفحص الجديد لنموذج الإضاءة الخلفية :

هذه الواجهات هي الواجهات التي تسهل للمستخدم طريقة الفحص واستخدام نموذج الإضاءة الخلفية من اختيار النموذج واختيار الصورة حتى عرض النتيجة وحفظها وتخزينها في التاريخ .

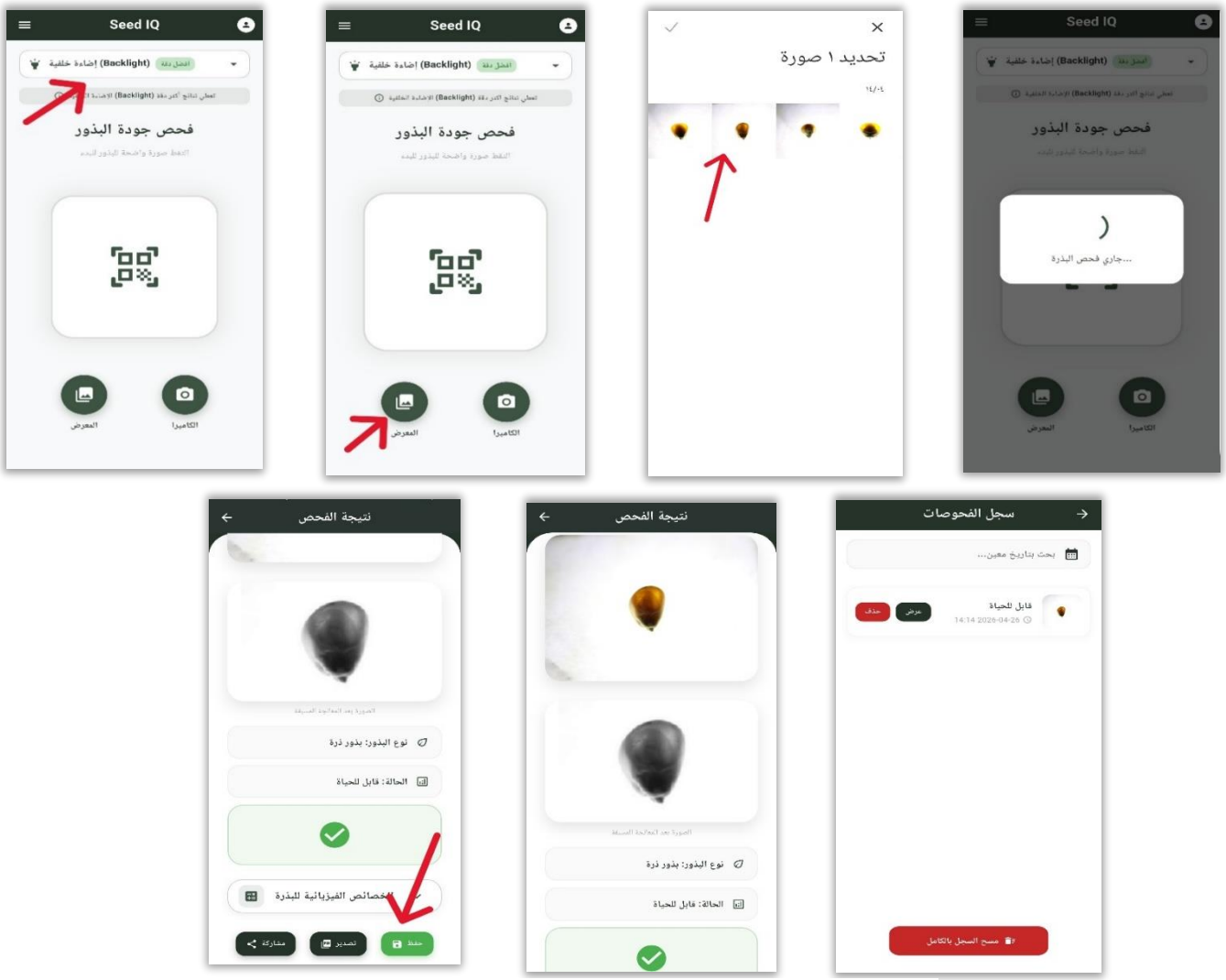
1- عند النقر على القائمة المنسدلة الموجودة في الشاشة الرئيسية يظهر عنصران عنصر لاستدعاء نموذج الإضاءة الخلفية وعنصر لاستدعاء نموذج الإضاءة الطبيعية .

2- اختيار طريقة الفحص إما بالتصوير او اختبار صورة من المعرض

3- تحديد الصورة في حال اختيار صورة من المعرض او التقاط الصورة في حال اختيار الكاميرا

4- انتظار نتيجة الفحص عرض النتيجة .

5- في حال رغبة المستخدم بالاحتفاظ بالنتيجة يستطيع الاحتفاظ بها لعرضها في واجهة السجلات والرجوع إليها متى شاء.

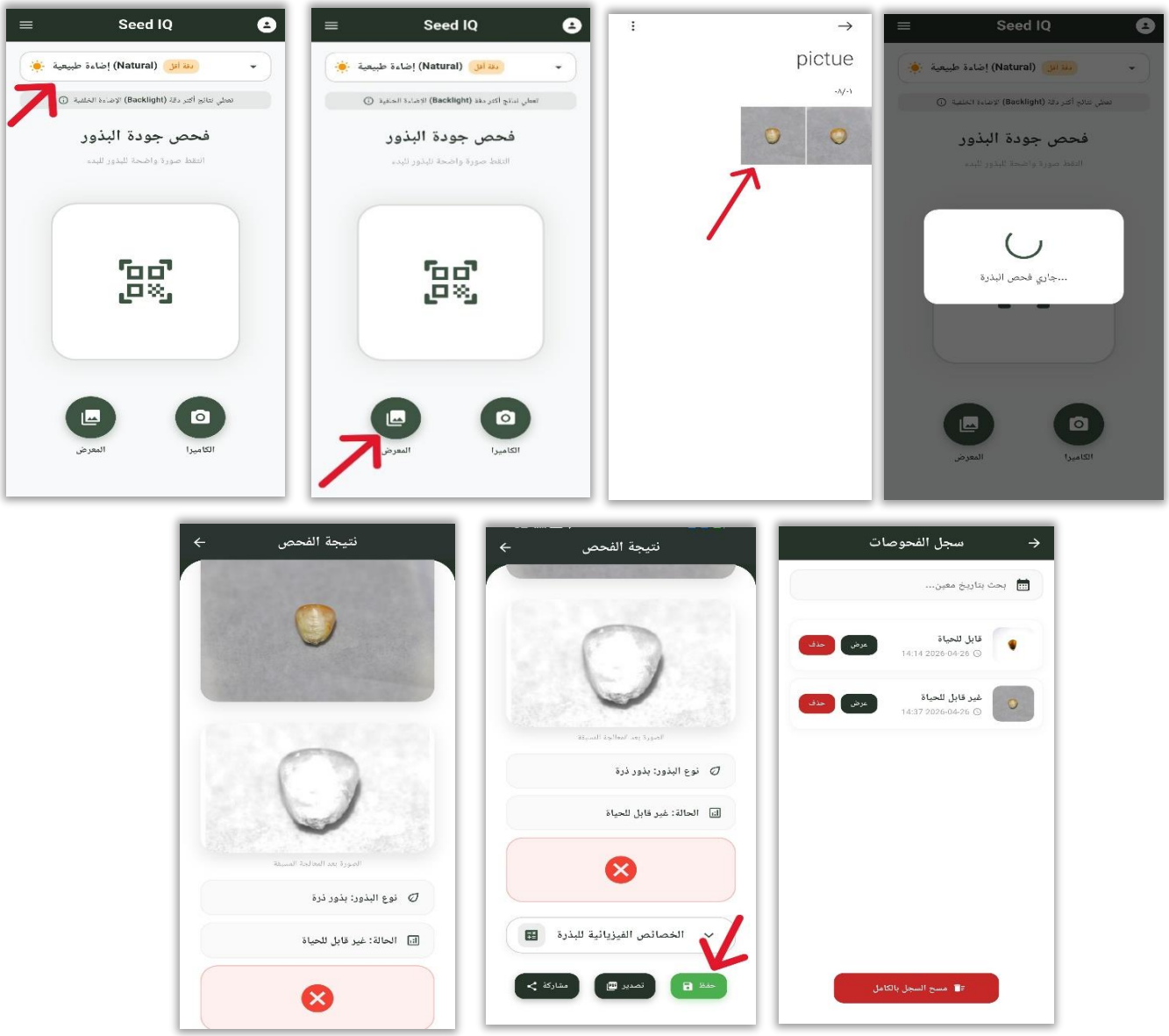


رسم توضيحي 8-5 لاختبار الفحص الجديد الإضاءة الخلفية

5.7.5 واجهات الفحص الجديد لنموذج الإضاءة الطبيعية :

هذه الواجهات هي الواجهات التي توضح طريقة الفحص واستخدام نموذج الإضاءة الطبيعية من البدء باختيار النموذج واختيار اصورة وحتى عرض النتائج والاحتفاظ بالنتائج .

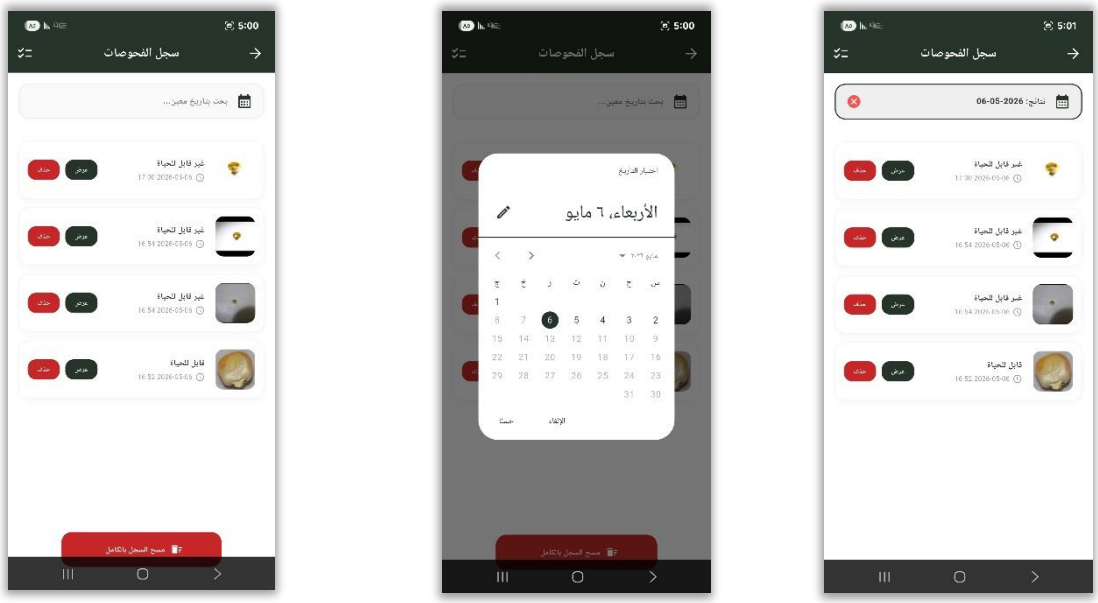
1. عند النقر على القائمة المنسدلة الموجودة في الشاشة الرئيسية يظهر عنصران عنصر لاستدعاء نموذج الإضاءة الخلفية وعنصر لاستدعاء نموذج الإضاءة الطبيعية .
2. اختيار طريقة الفحص إما بالتصوير او اختبار صورة من المعرض
3. تحديد الصورة في حال اختيار صورة من المعرض او التقاط الصورة في حال اختيار الكاميرا
4. انتظار نتيجة الفحص عرض النتيجة .
5. عند رغبة المستخدم بالاحتفاظ بالنتيجة يستطيع الاحتفاظ بها لعرضها في واجهة السجلات والرجوع إليها متى شاء.



رسم توضيحي 9-5واجهات فحص نموذج إضاءة طبيعية

6.7.5 واجهة عرض السجلات (History Screen):

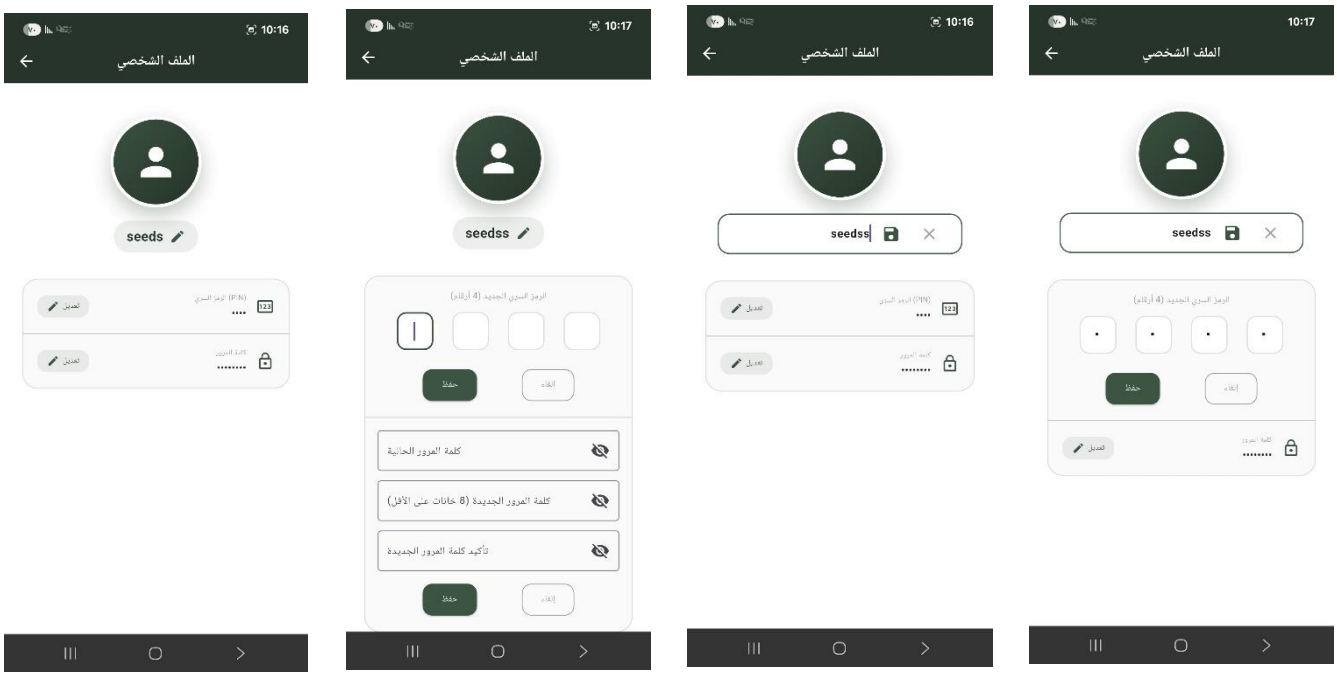
هذه الواجهة هي الواجهة المسؤولة عن عرض سجلات الفحص المحفوظة لدى المستخدم وتمكنه من إدارة سجلاته المحفوظة بسهولة من حذف وعرض وفلترة بحسب التاريخ حيث تحتوي على مربع للفلترة (بحسب تاريخ معين) وعرض نتيجة الفحص مع صورة البذرة مع تاريخ الفحص مع ازار للحذف أو العرض التفصيلي للسجل المحدد .



رسم توضيحي 10-5 اختبار واجهة السجلات

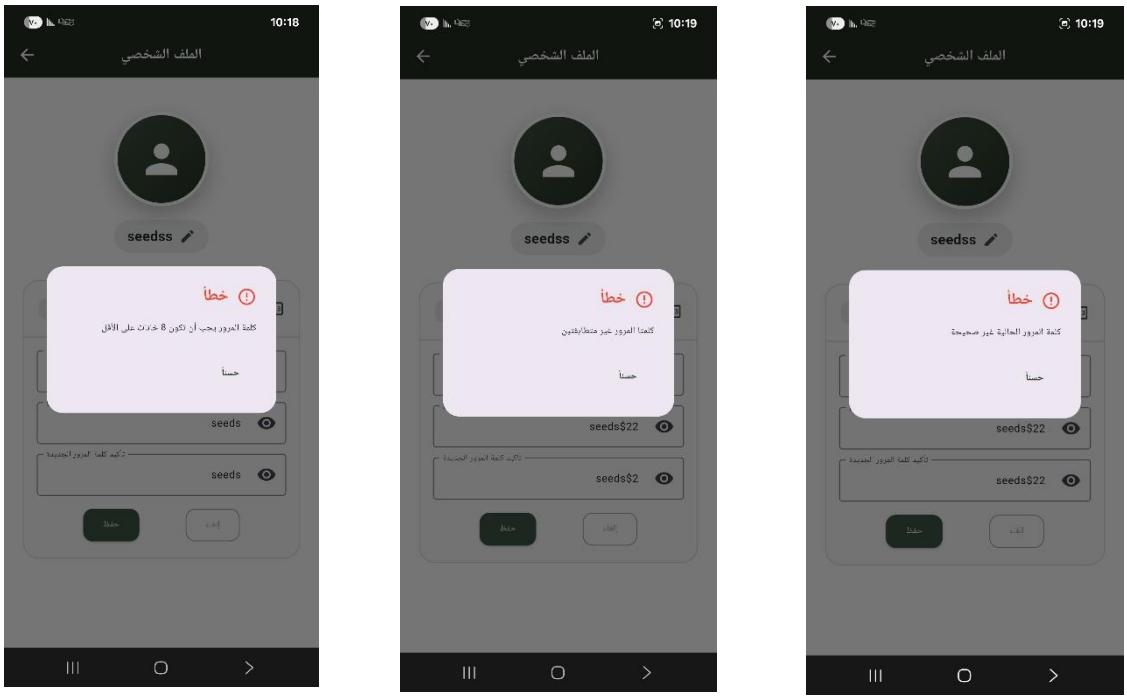
6.7.5 واجهة الملف الشخصي (Profile Screen):

هذه الواجهة تحتوي على بيانات المستخدم الشخصية أسم المستخدم وكلمة المرور ورقم PIN تمكن المستخدم من تعديل بياناته الشخصية بسهولة



رسم توضيحي 5-11 لواجهة الملف الشخصي للمستخدم

اختبار العملية بمحاولة التعديل على بيانات الملف الشخصي وإدخال بيانات خاطئة أو ناقصة والتأكد من ظهور رسائل الخطأ الصحيحة



رسم توضيحي 5-12 لأخطاء الادخال واجهة الملف الشخصي

8.5 ملخص نتائج الاختبار والمناقشة:(Summary of Findings)

بناءً على كافة الاختبارات الإحصائية والبرمجية، يمكن تلخيص مخرجات الفصل الخامس في النقاط التالية:

1. **الموثوقية :**أثبت النظام دقة عالية تصل إلى **95.5%**عند استخدام الإضاءة الخلفية، و **89.6%**في الإضاءة الطبيعية، مما يجعله أداة موثوقة لتقييم جودة البذور.
2. **السرعة :**نجح التطبيق في تقديم نتائج استدلال في زمن يقل عن **200ملي ثانية**، مما يحقق تجربة مستخدم سلسة.(Real-time Experience)
3. **التكامل :** أثبتت اختبارات المصادقة (Auth) والربط مع قاعدة البيانات (SQLite) تكامل جميع أجزاء النظام ككتلة واحدة مستقرة

الفصل 6 : النتائج والمناقشات
Results and) (Discussions
والاستنتاجات والأعمال المستقبلية
Conclusions and Future) (Work

في ضوء التحليل الذي جرى في الفصول السابقة، فإننا في هذا الفصل نركز على عرض النتائج والاستنتاجات التي توصلت إليها الدراسة أثناء اختبار النموذج المقترح، حيث إن على ضوء هذه الاستنتاجات نقدم عدداً من التوصيات والمقترحات لدراسات مستقبلية يمكن الاستفادة منها.

1.6 النتائج والمناقشات (Results and Discussions)

بناءً على مراحل التحليل والتصميم والتنفيذ التي تمت في الفصول السابقة، تم الوصول إلى تقييم شامل لأداء تطبيق **(Seeds IQ)**. لقد أثبتت النتائج العملية أن التحول من الإطار النظري إلى التطبيق الواقعي قد تحقق بنجاح، محققاً الأهداف المنشودة وفق المعايير التالية:

1.1.6 النتيجة العامة (General Results):

تتمثل النتيجة المركزية للمشروع في نجاح بناء نظام متكامل يعتمد على نماذج مزدوجة للشبكات العصبية التلافيفية **(CNN)** استطاع النظام تحقيق دقة تصنيف تجاوزت **95%** في ظروف الإضاءة المحكمة، و **89%** في ظروف الإضاءة الطبيعية، مما وفر أداة فحص ذكية، سريعة، ومنخفضة التكلفة قادرة على اتخاذ قرار فوري بشأن حيوية البذور.

2.1.6 النتائج التفصيلية(Detailed Results) :

- **دقة التصنيف :** تفوق النموذج في تقليل "نسبة الخطأ البشري" من خلال قدرته العالية على التمييز بين البذور الصالحة والتالفة (بما في ذلك التلف الحراري والقديم) التي قد يصعب اكتشافها بصرياً.
- **كفاءة المعالجة اللحظية :** أثبت التطبيق قدرة برمجية على معالجة الصور في زمن استجابة يقل عن **200ملي ثانية**، مما يسمح بفحص كميات كبيرة من البذور في وقت قياسي.
- **تحديد العيوب الدقيقة :** نجحت معمارية **MobileNetV3** في التعرف على التغييرات الطفيفة في غلاف البذرة والكسور البنيوية، خاصة عند استخدام مسار الإضاءة الخلفية.
- **الجدوى الاقتصادية :** يساهم النظام في تقليل التكاليف التشغيلية للمزارع من خلال ضمان جودة المدخلات قبل الزراعة، مما يقلل من هدر الموارد والأسمدة.
- **التقارير الإحصائية والتوثيق :** نجاح التكامل بين واجهة التطبيق وقاعدة بيانات **SQLite** في إصدار سجلات فورية تمكن المستخدم من تتبع جودة عينات البذور تاريخياً.

2.6 الاستنتاجات والأعمال المستقبلية(Conclusions and Future Work)

1.2.6 الاستنتاجات(Conclusions) :

من خلال هذه الدراسة والتطوير، نخلص إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي اليمني لم يعد خياراً ثانوياً بل ضرورة أساسية لتحقيق الأمن الغذائي. نستنتج من المشروع المقترح ما يلي:

- إن دمج تقنيات الرؤية الحاسوبية مع الهواتف الذكية يوفر حلولاً "ديمقراطية" تجعل التقنيات المعقدة في متناول المزارع البسيط.

- أثبت المشروع أن ظروف التصوير (مثل الإضاءة) تؤثر جوهرياً على دقة النتائج، وأن توفير خيارات متعددة للمستخدم (نماذج مزدوجة) يزيد من موثوقية النظام.
- يساهم النظام بشكل مباشر في تحسين جودة المحاصيل القومية من خلال ضمان "نسبة الإنبات" المتوقعة، مما يرفع من كفاءة الإنتاج الزراعي اليمني.

2.2.6 الأعمال المستقبلية(Future Work) :

عد هذا المشروع لبنة أساسية يمكن البناء عليها وتطويرها في المستقبل من خلال المقترحات التالية:

1. **توسيع النطاق الحيوي :**تطوير النماذج لتشمل بذوراً استراتيجية أخرى مثل القمح، الشعير، والبقوليات التي تهم الأمن الغذائي اليمني.

2. **التحليل الطيفي :(Multispectral Imaging)** دمج تقنيات التعرف على حيوية الجنين عبر أطياف ضوئية متقدمة لزيادة دقة الفحص دون الحاجة لتقشير البذرة.

3. **التجزئة الدقيقة :(Image Segmentation)** تدريب النماذج لتحديد "مساحة الضرر" ونوع التلف بدقة داخل البذرة الواحدة، وليس فقط تصنيفها العام.

4. **المعالجة المتقدمة للصور :**تطوير خوارزميات قادرة على توحيد اتجاه البذور برمجياً (Auto-Orientation) والتعامل مع الخلفيات العشوائية بمرونة أكبر.

5. **النموذج الربحي والخدمي :**تحويل التطبيق إلى منصة خدمية (SaaS) تقدم استشارات زراعية وفحوصات مدفوعة للشركات الزراعية الكبرى ومراكز البحوث.

الخاتمة

تُمثل البذور حجر الزاوية في استدامة القطاع الزراعي وعصب الأمن الغذائي؛ لذا فإن ضمان حيويتها وجودتها ليس مجرد ترف تقني، بل هو ضرورة اقتصادية ملحة. في هذا البحث، قدمنا نظاماً متكاملاً يطوع تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتحديداً الشبكات العصبية التلافيفية (CNN) عبر معمارية MobileNetV3، لكسر القيود التقليدية للفحص البصري والكيميائي الذي طالما استنزف الوقت والجهد.

إن تطبيق (Seeds IQ) لا يقدم مجرد أداة للتصنيف، بل يمثل نموذجاً عملياً لكيفية توطين "الزراعة الذكية" في البيئة اليمنية، حيث تمكنا من دمج الدقة العالية التي وصلت إلى 95.5% مع سهولة الاستخدام عبر الهواتف المحمولة ودون الحاجة لاتصال بالإنترنت.

وفي ختام هذه الوثيقة، نؤكد أن هذا العمل ما هو إلا خطوة أولى نحو عصر جديد من الابتكار الرقمي في خدمة الأرض والمزارع اليمني. ونأمل أن يضع هذا المشروع لبنة أساسية لمبادرات وطنية أوسع تهدف إلى رقمنة القطاع الزراعي، وتحويل التحديات الميدانية إلى فرص تقنية تساهم في تحقيق الاكتفاء الذاتي والنهوض بالاقتصاد القومي باستخدام أحدث تقنيات العصر..

قائمة المراجع (References)

[1] Singh, S. K., *et al.* (2025). Artificial intelligence-based tools for next-generation seed quality analysis. *Crop Design*, 4(1), 100094.

[2] معاذ, م. (2023, يناير 30). الذكاء الاصطناعي في الزراعة. منظمة المجتمع العلمي العربي. https://arsco.org/article/16319

[3] Gulzar, Y., Hamid, Y., Soomro, A. B., Alwan, A. A., & Journaux, L. (2020). A Convolution Neural Network-Based Seed Classification System. *Symmetry*, 12(12), 2018. https://doi.org/10.3390/sym12122018

[4] Gulzar, Y., Hamid, Y., Soomro, A. B., Alwan, A. A., & Journaux, L. (2020). A Convolution Neural Network-Based Seed Classification System. *Symmetry*, 12(12), 2018. https://doi.org/10.3390/sym12122018

[5] Zhang, Q., et al. (2025). SSE-MobileNetV3-Based Method for Maize Variety Classification. *DOAJ*. https://doaj.org/article/13ca6bf114324b05845593ffc5ee82ce

[6] ICTACT Journals. (2024). *DE-NOISING PADDY SEED IMAGES BY NOISENIXIE REJUVENATION FILTER: A NOVEL PREPROCESSING ALGORITHM FOR ENHANCED IMAGE QUALITY*. ICTACT Journal on Image and Video Processing.

[7] Kozah, N., Dornaika, F., Charafeddine, J., & El Jaam, J. (2024). Data Augmentation Techniques for Medical Image Segmentation – A Review. *2024 International Conference on Computer and Applications (ICCA)*, Cairo, France, pp.1-8. https://doi.org/10.1109/ICCA62237.2024.10927851

[8] Javanmardi, S., Ashtiani, S. H. M., Verbeek, F. J., & Martynenko, A. (2021). **Computer vision system based on design and implementation of a deep learning model for corn seed classification**. *Journal of Food Engineering*, 293, 110402. **خطأ! مرجع الارتباط التشعبي غير صحيح.**

[9] Seed Scan – AI Seed Identifier. (2024). Mobile application for seed identification using AI and computer vision. Retrieved from: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.umair.seedidentifier

[10] Seed Identifier – Scanner ID. (2024). AI-based mobile application for plant and seed recognition. Retrieved from: https://apps.apple.com/us/app/seed-identifier-ai-scanner/id6736827110

[11] KaveriQC. (2023). Digital application for seed quality control and data management. Retrieved from: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kaveri_QC

[12] Track Seeds. (2024). AI-powered application for monitoring and tracking seed germination. Retrieved from: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pcsagri.trackseeds

[13] Tu, K., et al. (2023). AIseed: An automated image analysis software for high-throughput phenotyping and quality non-destructive testing of individual plant seeds. Computers and Electronics in Agriculture. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016816992300128X

[14] Petiole Pro. (2024). Seed QA: AI-based tool for seed quality assessment. Retrieved from: https://www.petiolepro.com/seed-qa/

الملاحق

ملحق (1): أسئلة المقابلة الأولى

تمت هذه المقابلة مع أحد المزارعين للذرة (الصفراء).

أسئلة عن الحلول الحالية والاحتياج للتقنية
س1: كيف تتصرف عندما تكتشف أن جودة البذور ضعيفة؟ **س2: هل ترى أن استخدام تقنية مثل الذكاء الاصطناعي يساعد على كشف جودة البذور قبل الزراعة ؟** **س3: لو توفّر تطبيق يحدد جودة البذور من صورة فقط، هل سيحل لك مشكلة؟ وبماذا؟**
أسئلة عن مشاكل فحص البذور
س4: هل تقوم بفحص جودة البذور قبل الزراعة؟ وما طريقة الفحص؟ **س5: هل ترى أن فحص البذور الحالي دقيق أم توجد مشاكل فيه؟** **س6: هل تعتمد على خبرتك الشخصية في التقييم؟ وهل ذلك يسبب أخطاء أحيانًا؟**
أسئلة عن مشاكل جودة البذور
س7: ما أكثر المشاكل التي لاحظتها عند استخدام بذور رديئة؟ **س8: هل تواجه صعوبة في التمييز بين البذور الجيدة والسيئة عند الشراء؟** **س9: كم نسبة الخسائر التي تحدث في محاصيلك بسبب رداءة البذور؟**

ملحق (2): أسئلة المقابلة الثانية .

تمت هذه المقابلة مع مسؤولة المختبرات في إدارة الرقابة وجودة البذور .

أسئلة عن الحلول الحالية والاحتياج للتقنية

س1: هل ترى أن استخدام تقنية مثل الذكاء الاصطناعي يساعد على كشف جودة البذور قبل الزراعة ؟

س3: لو توفّر تطبيق يحدد جودة البذور من صورة فقط، هل سيحل لك مشكلة؟ وبماذا؟

أسئلة عن مشاكل فحص البذور

س4: ماهي طريقة الفحص لبذور الذرة الصفراء في المختبر ؟وكم تستغرق من الوقت ؟

س5: هل ترى أن فحص بذور الذرة الصفراء وتحديد الجودة من الشكل الظاهري دقيق ؟

س6: كم تشكل اعتمادية الشكل الظاهري في نقطة الفحص عن جودة البذور ؟

أسئلة عن مشاكل جودة البذور

س7: ما أكثر المشاكل التي لاحظتها في فحصك لبذور الذرة الصفراء ؟

س8: هل تواجه مشاكل في الفحص للذرة الصفراء ؟ ماهي ؟

س9: ماهي الاختبارات التي تخضع لها البذور بشكل عام ؟ وهل يمكن تحسين البذور التالفة ؟

س10: كيف استطيع إتلاف الجنين لبذور الذرة الصفراء ؟وماهي أسباب التلف ؟

تم بحمد الله