تحليل فني شامل للوثيقة البرمجية

بناءً على الوثيقة المقدمة، سيتم تفكيك المتطلبات إلى مكونات برمجية، مسارات عمل، قواعد عمل، وتوصيات تقنية، مع الالتزام التام بكافة التفاصيل المذكورة.

1. مكونات واجهة المستخدم الهيكلية (UI Layout Components)

تم تصميم الواجهة لتكون **متجاوبة بالكامل (Responsive)** لدعم الأطباء داخل العيادة السريرية، مع التركيز على سهولة الاستخدام في بيئات مختلفة.

1.1. وضع كرسي العيادة (Chairside Navigation)

- **الوصف:** تتحول الواجهة تلقائياً إلى عمود واحد مصغر على الهواتف والأجهزة اللوحية.
- **الهدف:** تسهيل إدخال البيانات والتقاط الصور أثناء معالجة المريض.
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق تصميم متجاوب (Responsive Design) باستخدام CSS Media Queries أو أطر عمل (Frameworks) مثل Bootstrap/Tailwind CSS.
  - تحسين تجربة المستخدم (UX) للأجهزة المحمولة واللوحية.

1.2. شريط رأس الصفحة (Header)

- **الوصف:** يحتوي على أيقونات ووظائف أساسية.
- **المهام البرمجية:**
  - **أيقونة التنبيهات:** تطوير نظام إشعارات للمشرف وكسر التعمية الطارئ (Emergency Unblind).
  - **الملف الشخصي:** توفير واجهة للوصول إلى الإعدادات وتسجيل الخروج.

1.3. القائمة الجانبية (Sidebar)

- **الوصف:** تحتوي على روابط سريعة للوصول إلى أقسام النظام المختلفة.
- **المهام البرمجية:**
  - بناء مكون قائمة جانبية (Sidebar Component) يتضمن الروابط التالية: لوحة التحكم، دراساتي، المساعد الذكي، بنك البيانات، مركز التحليل، التقارير، التقويم، المساعدة.
  - ضمان سهولة التنقل والوصول السريع للميزات الرئيسية.

2. محركات لوحة التحكم والأدوات الإحصائية (Dashboard Engines)

تتكون الشاشة الرئيسية من بطاقات ذكية مرتبطة بقواعد البيانات ومحركات الذكاء الاصطناعي.

2.1. الدراسات النشطة (WGT-DASH-001)

- **الوصف:** يعرض عدد الأبحاث المعتمدة.
- **الربط:** يرتبط بصفحة "دراساتي".
- **المهام البرمجية:**
  - استعلام قاعدة البيانات لجلب عدد الدراسات ذات الحالة "معتمدة" (Approved).
  - توفير رابط (Link) للصفحة التفصيلية "دراساتي".

2.2. المرضى المسجلين (WGT-DASH-002)

- **الوصف:** يعرض إجمالي العينات.
- **الربط:** يرتبط بـ "بنك البيانات".
- **المهام البرمجية:**
  - استعلام قاعدة البيانات لجلب إجمالي عدد المرضى/العينات المسجلين.
  - توفير رابط (Link) لصفحة "بنك البيانات".

2.3. الزيارات القادمة والحرجة (WGT-DASH-003)

- **الوصف:** يعرض عداداً تنازلياً للـ 7 أيام القادمة، ويطلق "تنبيه التسرب" للمواعيد الفائتة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير وظيفة لحساب وعرض المواعيد القادمة خلال 7 أيام.
  - تطبيق منطق (Logic) لإطلاق "تنبيه التسرب" (Attrition Alert) للمواعيد الفائتة.
  - جدولة مهمة خلفية (Backend Cron Job) للتحقق من المواعيد الفائتة.

2.4. الاستعلامات المفتوحة (WGT-DASH-004)

- **الوصف:** مربع أحمر يظهر تلقائياً عند اكتشاف "محرك جودة البيانات" لقيم طبية غير منطقية، ولا يختفي إلا بتصحيحها.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير "محرك جودة البيانات" (Data Quality Engine) لاكتشاف القيم غير المنطقية.
  - تطبيق واجهة مستخدم (UI) لعرض التنبيه الأحمر وإخفائه عند التصحيح.
  - ربط هذا المكون بنظام التحقق الصارم (Hard-Stop Validation).

2.5. مخطط التقدم (WGT-DASH-005)

- **الوصف:** رسم بياني دائري (Circular Chart) يوضح نسبة إنجاز المراحل السريرية لكل دراسة.

- **المهام البرمجية:**
  - استخدام مكتبة رسوم بيانية (Charting Library) لعرض البيانات (مثل Chart.js, D3.js).
  - جلب بيانات تقدم المراحل من قاعدة البيانات.

2.6. الخط الزمني للأنشطة (WGT-DASH-006)

- **الوصف:** يسرد آخر 10 إجراءات مسحوبة مباشرة من جدول "سجل التدقيق الأمني" (Audit Trail).
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة لعرض سجل التدقيق الأمني.
  - استعلام قاعدة البيانات لجلب آخر 10 سجلات من جدول Audit Trail.

2.7. الإجراءات السريعة للذكاء الاصطناعي (WGT-DASH-007)

- **الوصف:** أزرار مباشرة لتشغيل وكلاء الذكاء الاصطناعي (تحليل مقترح، بناء CRF، تحليل إحصائي).
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة لأزرار تشغيل وكلاء الذكاء الاصطناعي.
  - ربط الأزرار بالوظائف الخلفية (Backend Functions) لوكلاء الذكاء الاصطناعي.

2.8. بوابة الترقية (BTN-DASH-002)

- **الوصف:** تفعل سياسة المنع من التصدير (Zero-Export) للحساب المجاني، وتمنع تصدير الـ PDF حتى الترقية.
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق (Logic) للتحقق من حالة الاشتراك (مجاني/مدفوع).
  - تعطيل وظيفة تصدير الـ PDF للحسابات المجانية.
  - توفير واجهة لبوابة الترقية.

3. مسارات إنشاء الأبحاث السريرية (Study Creation Workflows)

عند الضغط على زر "بدء دراسة جديدة"، ينقسم النظام برمجياً إلى مسارين منفصلين يعتمدان على نافذة تأسيسية موحدة.

3.1. النافذة التأسيسية الموحدة (Study Initial Modal)

- **الوصف:** نافذة تطلب بيانات أساسية للدراسة، ولا يُفعل زر "إنشاء" إلا باكتمال الحقول الإجبارية.
- **المهام البرمجية:**
  - تصميم وتطوير مكون واجهة مستخدم (Modal Component) لهذه النافذة.

- تطبيق التحقق من صحة الإدخال (Input Validation) للحقول الإجبارية.
- **حقل اسم الدراسة السريرية:** (إجباري) - تطوير حقل إدخال نصي.
- **حقل رفع شعار الجامعة / الكلية:** (إجباري) - يتيح للباحث رفع صورة الشعار (PNG/JPG/SVG). يُعالج النظام الصورة ويحفظها في قاعدة البيانات لترتبط تلقائياً بمحرك التصدير، مما يضمن ظهورها إلزامياً في ترويسة جميع التقارير والموافقات المستنيرة.
  - **المهام البرمجية الإضافية:**
    - تطوير مكون رفع ملفات (File Upload Component) يدعم PNG/JPG/SVG.
    - تطبيق معالجة الصور (Image Processing) لتخزين الشعار وربطه بالدراسة.
    - تخزين الشعار في قاعدة البيانات أو نظام تخزين ملفات (مثل S3).
- **حقل رقم الموافقة الأخلاقية:** (اختياري) - تطوير حقل إدخال نصي.
- **حقل رقم تسجيل الدراسة السريرية:** (اختياري) - تطوير حقل إدخال نصي.

3.2. المسار الأول: إنشاء دراسة جديدة (يتطلب موافقة المشرف)

- **الوصف:** مسار لإنشاء دراسة جديدة تتطلب موافقة المشرف.
- **المهام البرمجية:**
  - **التحليل الذكي للمقترح (AI Chatbot Engine):**
    - تطوير واجهة لرفع المقترح (PDF/Word).
    - تكامل مع محرك الذكاء الاصطناعي لاستخلاص البيانات وعرضها في "مربعات ذكية" (Smart Cards) قابلة للتعديل والإضافة مع تحقق فوري للبيانات.
    - تطوير شريط تقدم مرئي (Progress Bar) لعملية التحليل.
  - **توليد الاستمارة والإرسال للمشرف (BTN-SUBMIT-SUPERVISOR):**
    - تطوير وظيفة لتوليد استمارة (eCRF) بناءً على المربعات الذكية.
    - تطبيق منطق (Logic) لتحويل البحث بأكمله إلى حالة (قراءة فقط - Read-Only) وتجميد الصلاحيات عند الإرسال للمشرف.
  - **الاعتماد وفتح بنك البيانات (Supervisor Approval):**
    - تطوير واجهة للمشرف للموافقة على الدراسة.
    - تطبيق منطق (Logic) لقفل البروتوكول وتصميم الاستمارة بعد الموافقة لمنع التعديل.
    - تغيير حالة الدراسة إلى (Active) والسماح للطالب بالوصول إلى "بنك البيانات".

3.3. المسار الثاني: ترحيل ومتابعة دراسة جارية (مسار مستقل)

- **الوصف:** مسار لترحيل ومتابعة دراسة جارية لا تتطلب موافقة المشرف.
- **المهام البرمجية:**

- **رفع الوثائق ونموذج الاستمارة الورقية (BTN-START-PROCESS):**
  - تطوير واجهة لرفع خطة البحث (إجباري) ونموذج الاستمارة اليدوية (اختياري).
  - تطوير شريط تقدم مرئي لعملية المعالجة.
- **تحويل الاستمارة للرقمية (Computer Vision & eCRF Digitization):**
  - تطوير واجهة لرفع صورة الاستمارة الورقية.
  - تكامل مع محرك الذكاء الاصطناعي عبر الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) لتحويل الاستمارة إلى نموذج إلكتروني (Digital eCRF).
- **التفعيل المباشر (تخطي المشرف):**
  - تطبيق منطق (Logic) لحفظ الدراسة وتحويلها فوراً إلى حالة "فعالة ونشطة" وفتح باب إدخال العينات.

4. إدارة العينات وإدخال البيانات (Specimens & Data Ingestion)

بمجرد تفعيل الدراسة، ينتقل الباحث إلى واجهة العينات لاستخدام أدوات الإدخال.

4.1. الاستيراد الذكي للورق (OCR Data Flow)

- **الوصف:** يرفع الباحث صورة الاستمارة المعبأة مسبقاً \rightarrow يحلل الذكاء الاصطناعي خط اليد \rightarrow يوزع البيانات تلقائياً \rightarrow تظهر شاشة معاينة (Preview) \rightarrow الحفظ الفوري.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير مكون رفع صور.
  - تكامل مع تقنية التعرف الضوئي على الحروف (OCR) لتحليل خط اليد واستخلاص البيانات.
  - تطوير منطق لتوزيع البيانات المستخلصة على الحقول المناسبة.
  - تصميم شاشة معاينة (Preview Screen) للبيانات قبل الحفظ.

4.2. المرفقات السريرية الديناميكية

- **الوصف:** حقول تُنشأ حسب إعدادات الباحث لرفع صور داخل الفم (Intraoral)، وخارج الفم (Extraoral)، والأشعة الطبية.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام لإدارة الحقول الديناميكية (Dynamic Fields).
  - تطوير مكونات رفع صور لأنواع مختلفة من المرفقات السريرية.

4.3. محرك التحقق الصارم (Hard-Stop Validation)

- **الوصف:** يُعطل النظام زر "الحفظ" نهائياً ويظهر تنبيهاً أحمر إذا تُرك حقل إجباري فارغاً، أو أُدخلت قيم خارج النطاق الطبي المنطقي (Out of Range).
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق تحقق صارم (Hard-Stop Logic) على مستوى الواجهة الخلفية (Backend) والواجهة الأمامية (Frontend).
  - تطوير نظام عرض تنبيهات (Alert System) مرئية للمستخدم.
  - تحديد النطاقات المنطقية للقيم الطبية.

4.4. الموافقة المستنيرة الإلكترونية

- **الوصف:** تُولد وثيقة قانونية تُسحب بياناتها آلياً (متضمنة شعار الجامعة الإلزامي). يُوقع المريض إلكترونياً (Signature Pad)، وتُشفر الوثيقة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير محرك لتوليد وثائق PDF ديناميكياً.
  - دمج شعار الجامعة وبيانات المريض آلياً.
  - تطوير مكون لوحة توقيع إلكتروني (Electronic Signature Pad).
  - تطبيق تشفير للوثيقة بعد التوقيع لضمان السرية.

5. حوكمة البيانات وبروتوكول الانسحاب الصارم (Attrition Protocol)

لتحويل الجانب الأكاديمي للانسحاب إلى كود برمجي، يتبع النظام هذه الخطوات الآلية لحماية جودة البحث.

5.1. الرصد الآلي للموعد الفائت (Backend Cron Job)

- **الوصف:** بعد مرور 24 ساعة على موعد المريض دون تأكيد حضوره، تتغير حالته إلى (Missed Visit) ويظهر تنبيه أحمر للباحث بضرورة المتابعة.
- **المهام البرمجية:**
  - جدولة مهمة خلفية (Cron Job) للتحقق من المواعيد الفائتة يومياً.
  - تحديث حالة المريض في قاعدة البيانات إلى (Missed Visit).
  - إرسال تنبيه (Notification) للباحث.

5.2. القفل الزمني للمحاولات (Time-Lock Tracker)

- **الوصف:** يقوم الباحث بتوثيق "التواصل الأول". يُعطل النظام زر "التواصل الثاني" برمجياً (قفل زمني) ولا يسمح بالضغط عليه إلا بعد مرور 7 أيام كاملة.

- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق (Logic) للقفل الزمني على أزرار التواصل.
  - تخزين تاريخ ووقت "التواصل الأول" في قاعدة البيانات.
  - التحقق من مرور 7 أيام قبل تفعيل زر "التواصل الثاني".

5.3. التصنيف الأكاديمي للانسحاب (Withdrawal Classification)

- **الوصف:** بعد المحاولة الثالثة، يفتح النظام قائمة لتحديد السبب (فقدان متابعة، انسحاب طوعي، مضاعفات طبية) مع إجبارية رفع التقرير الطبي لحالات المضاعفات.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة لاختيار سبب الانسحاب.
  - تطبيق منطق (Logic) لإجبارية رفع التقرير الطبي لحالات المضاعفات.
  - تخزين سبب الانسحاب والتقرير في قاعدة البيانات.

5.4. قفل البيانات وإلغاء المواعيد (Data Locking Execution)

- **الوصف:** عند تأكيد الانسحاب، يُغلق ملف المريض تماماً (Read-Only)، وتُلغى كافة مواعيده، ويُرحل إلى محرك الإحصاء لحساب معدل التسرب (Attrition Rate %).
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق (Logic) لقفل ملف المريض وتحويله إلى (Read-Only).
  - تطوير وظيفة لإلغاء جميع مواعيد المريض.
  - تكامل مع محرك الإحصاء لحساب معدل التسرب.

6. التصدير، الجدولة، وإدارة فريق البحث

6.1. محرك تصدير التقارير (Advanced PDF Export Engine)

- **الوصف:** يُصدر تقريراً لعينة واحدة أو لكل العينات (Bulk Export) بتنسيق أكاديمي معتمد.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير محرك لتوليد تقارير PDF متقدمة.
  - دعم تصدير تقارير فردية وجماعية.
  - **الترويسة الآلية:** سحب شعار الجامعة (الذي رُفع إلزامياً في الخطوة الأولى) ودمجه آلياً في أعلى الصفحات مع اسم الباحث والمشرف. إظهار أرقام الموافقة والتسجيل السريري إذا توفرت، وإخفائها برمجياً إن كانت فارغة.
    - **المهام البرمجية الإضافية:**
      - تكامل مع بيانات الشعار والباحث والمشرف وأرقام الموافقات.

    - تطبيق منطق (Logic) لإخفاء الحقول الفارغة.

  - **الحماية:** إضافة علامة مائية للمنصة، وتذييل بمعلومات الدعم، ورقم تسلسلي فريد لكل مريض (Unique Patient ID).
    - **المهام البرمجية الإضافية:**
    - تطبيق العلامة المائية والتذييل ورقم المريض الفريد.

6.2. محرك الجدولة (Advanced Scheduling)

- **الوصف:** إدراج زيارات تخصصية (متابعة، تثبيت، استقرار). يقوم النظام ببرمجة تذكير آلي يُرسل لبريد الباحث قبل موعد المريض بـ 48 ساعة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة لجدولة الزيارات التخصصية.
  - تطوير نظام إرسال تذكيرات آلية عبر البريد الإلكتروني.
  - جدولة مهمة خلفية (Cron Job) لإرسال التذكيرات.

6.3. إدارة فريق البحث (Co-Investigators & Permissions)

- **الوصف:** نظام للتحكم الدقيق (Granular Access Control) يتيح للباحث الرئيسي دعوة باحث مساعد وتحديد صلاحياته، كالسماح بالإدخال ومنعه برمجياً من عمليات الحذف أو تصدير التقارير.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام إدارة المستخدمين والأدوار (User and Role Management).
  - تطبيق نظام صلاحيات دقيق (Granular Permissions) لتحديد وصول الباحثين المساعدين.
  - تطوير واجهة لدعوة الباحثين المساعدين وتعديل صلاحياتهم.

7. الامتثال الأخلاقي وبروتوكولات السلامة

7.1. وحدة الإبلاغ عن الأحداث الضائرة (Adverse Events Module)

- **الوصف:** نموذج إلزامي للإبلاغ الفوري عن أي مضاعفات غير متوقعة. يجب أن يقوم هذا المحرك بإرسال إشعار فوري (بريد إلكتروني/تنبيه) إلى المشرف الأكاديمي أو لجنة الأخلاقيات (IRB) وتصنيف الحدث حسب الخطورة والارتباط بالعلاج.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نموذج إبلاغ إلزامي للأحداث الضائرة.
  - تطبيق نظام إرسال إشعارات فورية (بريد إلكتروني/تنبيهات داخل النظام).
  - تطوير منطق لتصنيف الحدث حسب الخطورة والارتباط بالعلاج.
  - تكامل مع نظام إدارة المستخدمين لإرسال الإشعارات للمشرف ولجنة الأخلاقيات.

7.2. سجل انحرافات البروتوكول (Protocol Deviation Log)

- **الوصف:** محرك تتبع يسجل آلياً أي خروج عن مسار البحث. هذا السجل أساسي جداً عند كتابة منهجية البحث النهائية.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام تسجيل آلي للانحرافات عن البروتوكول.
  - تخزين تفاصيل الانحرافات (مثل: تاريخ، نوع الانحراف، المريض المتأثر).
  - توفير واجهة لعرض وتصدير سجل الانحرافات.

8. إدارة العشوائية والتعمية (Randomization & Blinding)

8.1. محرك التخصيص العشوائي (Randomization Engine)

- **الوصف:** يمكن للوحة التحكم توليد تسلسل عشوائي مخفي (Allocation Concealment). عندما يوافق المريض، يضغط الباحث على "تخصيص المريض"، ليقوم النظام آلياً بتحديد المجموعة (علاجية أم ضابطة) لمنع انحياز الباحث.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير محرك لتوليد تسلسل عشوائي آمن ومخفي.
  - تطوير واجهة لزر "تخصيص المريض".
  - تطبيق منطق (Logic) لتحديد المجموعة العلاجية أو الضابطة آلياً.
  - تخزين معلومات التخصيص في قاعدة البيانات.

8.2. درع التعمية (Blinding Shield)

- **الوصف:** في الدراسات المزدوجة التعمية (Double-blinded)، يخفي النظام نوع المادة السنية المستخدمة أو الإجراء عن الباحث المقيِّم للنتائج. لا يظهر سوى كود (مثل: المادة A والمادة B)، مع ربط زر "كسر التعمية الطارئ" (Emergency Unblind) بصلاحيات المشرف فقط مع تسجيل سبب الكسر في سجل التدقيق الأمني.
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق (Logic) لإخفاء المعلومات الحساسة عن الباحثين المقيِّمين.
  - عرض أكواد بدلاً من الأسماء الحقيقية للمواد/الإجراءات.
  - تطوير زر "كسر التعمية الطارئ" بصلاحيات المشرف فقط.
  - تسجيل سبب كسر التعمية في سجل التدقيق الأمني.

9. المراقبة وإدارة البيانات

9.1. شاشة التدقيق للمراقب المستقل (Monitor/Auditor View)

- **الوصف:** واجهة بصلاحيات "قراءة فقط" (Read-Only) مخصصة لمقيمي الجودة أو لجان الإشراف الجامعية. تتيح لهم مقارنة البيانات المدخلة إلكترونياً (eCRF) بالصور والأشعة المرفقة (Source Data Verification) وإضافة "استعلامات المراقبة" (Queries) التي يجب على الباحث الرد عليها.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة عرض خاصة للمراقبين بصلاحيات "قراءة فقط".
  - توفير وظيفة لمقارنة البيانات المدخلة مع المرفقات.
  - تطوير نظام "استعلامات المراقبة" (Queries) للسماح للمراقبين بإضافة استفسارات للباحثين.
  - تطوير نظام للباحثين للرد على هذه الاستعلامات.

9.2. تحليل نقطة المنتصف (Interim Analysis Trigger)

- **الوصف:** تنبيه آلي يظهر للباحث والمشرف عند اكتمال إدخال 50% (أو نسبة محددة مسبقاً) من حجم العينة المطلوبة، وذلك لتذكيرهم بإجراء التحليل الإحصائي الأولي إذا كان البروتوكول ينص على ذلك.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير منطق (Logic) لحساب نسبة اكتمال حجم العينة.
  - تطبيق نظام تنبيه آلي للباحث والمشرف عند الوصول إلى النسبة المحددة.

9.3. الانحرافات البسيطة والجسيمة للبروتوكول

- **الوصف:** تفصيل لكيفية التعامل مع الانحرافات البسيطة والجسيمة.
- **المهام البرمجية:**
  - **الانحرافات البسيطة (Minor Protocol Deviations):**
    - تطبيق نظام وضع علامة تحذيرية مرئية (Flagging) دون إيقاف الإدخال.
    - تسجيل الانحراف آلياً في "سجل انحرافات البروتوكول" (Deviation Log).
    - إشعار المشرف لاحقاً.
  - **الانتهاكات الجسيمة للبروتوكول (Major Deviations / Protocol Violations):**
    - تطبيق قفل برمجي (Hard Hold) على ملف المريض وتحويله إلى وضع "القراءة فقط" (Read-Only).
    - تنبيه المشرف الأكاديمي (ولجنة الأخلاقيات إن لزم الأمر) فوراً.
    - توفير خيارات للمشرف (استبعاد المريض، إجراء تصحيحي).

10. ميزات إضافية وتحسينات

10.1. مؤشر "صحة البحث" التفاعلي (Research Health Score)

- **الوصف:** نظام تقييم مرئي (مثلاً من 100) لمدى جودة سير البحث، يرتفع مع الإدخال الفوري للبيانات دون أخطاء، وينخفض مع تزايد "الاستعلامات المفتوحة" أو كثرة المواعيد الفائتة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير خوارزمية لحساب "مؤشر صحة البحث" بناءً على عدة عوامل (دقة الإدخال، عدد الاستعلامات المفتوحة، المواعيد الفائتة).
  - تطوير واجهة مستخدم لعرض المؤشر بشكل مرئي (Gamification).

10.2. مركز التواصل السياقي (Contextual Communication Hub)

- **الوصف:** نظام تعليقات مدمج يتيح للباحث توجيه سؤال للمشرف وربطه (Tagging) بمتغير محدد، أو صورة شعاعية معينة، أو كود مريض محدد داخل المنصة. عندما يفتح المشرف الإشعار، ينتقل مباشرة إلى الحقل المقصود.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام تعليقات (Commenting System) مع وظيفة الإشارة (Tagging).
  - ربط التعليقات بعناصر محددة في الواجهة (حقول، صور، مرضى).
  - تطوير نظام إشعارات للمشرف ينتقل به مباشرة إلى السياق المحدد.

10.3. فحص الجاهزية الإحصائية (Pre-Analysis Readiness Check)

- **الوصف:** أداة خلفية تراقب البيانات المدخلة باستمرار لمعرفة مدى توافقها مع خطة التحليل. تنبه الباحث مبكراً إذا تجاوزت نسبة "البيانات المفقودة" (Missing Data) الحد الإحصائي المسموح به، أو إذا كان حجم العينات بين المجموعات يعاني من عدم توازن شديد.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير خدمة خلفية (Background Service) لمراقبة جودة البيانات باستمرار.
  - تطبيق منطق (Logic) للتحقق من نسبة البيانات المفقودة وتوازن حجم العينات.
  - تطوير نظام تنبيهات للباحث عند اكتشاف مشكلات.

11. هيكلة العمل البرمجي والمنطقي لمسارات التحليل

11.1. المسار الأول: استيراد من داخل المنصة (التحليل الذاتي)

- **الوصف:** مخصص للباحث الذي اعتمد على المنصة في جمع البيانات (eCRF)، حيث تكون البيانات مهيكلة ونظيفة مسبقاً.

- **المهام البرمجية:**
  - **العداد التفاعلي (Progress Bar):** يظهر ليطمئن الباحث أن النظام يقوم بـ:
    - عملية تنظيف البيانات (Data Cleaning) من السجلات غير المكتملة.
    - تطبيق اختبارات الفرضيات (Hypothesis Testing) المحددة مسبقاً في تصميم الدراسة.
    - **الملاحظات التقنية:** يجب أن يكون العداد مرتبطاً بـ "WebSockets" لإظهار خطوات التحليل لحظياً للباحث (مثلاً: جاري فحص توزيع البيانات، جاري تطبيق اختبار T-test، جاري صياغة الاستنتاج).
  - **دور الـ Chat Bot:** يعمل كـ "محلل بيانات خبير". يقوم بصياغة "التعليق الإحصائي" (Statistical Commentary) بناءً على النمط الأكاديمي، مع ربط النتائج بمتغيرات الدراسة تلقائياً.

11.2. المسار الثاني: استيراد من خارج المنصة (التحليل المفتوح)

- **الوصف:** مصمم للمرونة القصوى، ويتطلب دقة عالية في "تفكيك" مدخلات الباحث.
- **المهام البرمجية:**
  - **مرحلة استيراد مقترح البحث وملف البيانات:**
    - **العداد الأول (تحليل المقترح):** يقوم النظام بتحليل هيكلي (Structure Analysis) للمقترح (Research Proposal) لاستخراج الأهداف، الأسئلة البحثية، والفرضيات.
    - **الميزة التفاعلية:** ظهور المربعات (Editable Fields) يسمح للباحث بتعديل الفرضيات فوراً إذا لاحظ أن النظام لم يقرأها بالشكل الصحيح قبل المتابعة.
    - **العداد الثاني (تدقيق الملف):** يقوم النظام بفحص ملف الإكسل (Data Validation).
    - **كشف الأخطاء:** يظهر "قائمة ملاحظات" (Validation Log) تشير إلى القيم المفقودة (Missing Values) والقيم المتطرفة (Outliers).
    - **واجهة التعديل:** نافذة داخلية تسمح للباحث بتصحيح البيانات أو استبعاد القيم غير الطبيعية فوراً.

11.3. الربط الذكي: "شات بوت" كجسر نهائي

- **الوصف:** بعد انتهاء المسار، يعمل الشات بوت كمدير للمخرجات.
- **المهام البرمجية:**
  - **تصدير التقرير النهائي:** يقوم الشات بوت بتركيب التقرير النهائي (Final Report Structure) الذي يشمل: المقدمة والخلفية العلمية، المنهجية، النتائج الإحصائية، المناقشة والتوصيات.

11.4. الملاحظات التقنية لتحقيق هذا التفاعل

- **تفاعلية العداد:** يجب أن يكون العداد مرتبطاً بـ "WebSockets" لإظهار خطوات التحليل لحظياً للباحث.
- **الخصوصية:** في حال استيراد بيانات من خارج المنصة، يجب أن يضمن النظام تشفير البيانات فور رفعها ومعالجتها في الذاكرة المؤقتة (RAM) فقط لضمان سرية البحث.
- **تجربة المستخدم (UX):** المربعات القابلة للتعديل يجب أن تكون مرتبطة بـ "Tooltips" تشرح للباحث لماذا يطلب النظام هذا التعديل.

4. إدارة العينات وإدخال البيانات (Specimens & Data Ingestion)

بمجرد تفعيل الدراسة، ينتقل الباحث إلى واجهة العينات لاستخدام أدوات الإدخال.

4.1. الاستيراد الذكي للورق (OCR Data Flow)

- **الوصف:** يرفع الباحث صورة الاستمارة المعبأة مسبقاً \rightarrow يحلل الذكاء الاصطناعي خط اليد \rightarrow يوزع البيانات تلقائياً \rightarrow تظهر شاشة معاينة (Preview) \rightarrow الحفظ الفوري.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير مكون رفع صور.
  - تكامل مع تقنية التعرف الضوئي على الحروف (OCR) لتحليل خط اليد واستخلاص البيانات.
  - تطوير منطق لتوزيع البيانات المستخلصة على الحقول المناسبة.
  - تصميم شاشة معاينة (Preview Screen) للبيانات قبل الحفظ.

4.2. المرفقات السريرية الديناميكية

- **الوصف:** حقول تُنشأ حسب إعدادات الباحث لرفع صور داخل الفم (Intraoral)، وخارج الفم (Extraoral)، والأشعة الطبية.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام لإدارة الحقول الديناميكية (Dynamic Fields).
  - تطوير مكونات رفع صور لأنواع مختلفة من المرفقات السريرية.

4.3. محرك التحقق الصارم (Hard-Stop Validation)

- **الوصف:** يُعطل النظام زر "الحفظ" نهائياً ويظهر تنبيهاً أحمر إذا تُرك حقل إجباري فارغاً، أو أُدخلت قيم خارج النطاق الطبي المنطقي (Out of Range).
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق تحقق صارم (Hard-Stop Logic) على مستوى الواجهة الخلفية (Backend) والواجهة الأمامية (Frontend).
  - تطوير نظام عرض تنبيهات (Alert System) مرئية للمستخدم.
  - تحديد النطاقات المنطقية للقيم الطبية.

4.4. الموافقة المستنيرة الإلكترونية

- **الوصف:** تُولد وثيقة قانونية تُسحب بياناتها آلياً (متضمنة شعار الجامعة الإلزامي). يُوقع المريض إلكترونياً (Signature Pad)، وتُشفر الوثيقة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير محرك لتوليد وثائق PDF ديناميكياً.

- دمج شعار الجامعة وبيانات المريض آلياً.
- تطوير مكون لوحة توقيع إلكتروني (Electronic Signature Pad).
- تطبيق تشفير للوثيقة بعد التوقيع لضمان السرية.

5. حوكمة البيانات وبروتوكول الانسحاب الصارم (Attrition Protocol)

لتحويل الجانب الأكاديمي للانسحاب إلى كود برمجي، يتبع النظام هذه الخطوات الآلية لحماية جودة البحث.

5.1. الرصد الآلي للموعد الفائت (Backend Cron Job)

- **الوصف:** بعد مرور 24 ساعة على موعد المريض دون تأكيد حضوره، تتغير حالته إلى (Missed Visit) ويظهر تنبيه أحمر للباحث بضرورة المتابعة.
- **المهام البرمجية:**
  - جدولة مهمة خلفية (Cron Job) للتحقق من المواعيد الفائتة يومياً.
  - تحديث حالة المريض في قاعدة البيانات إلى (Missed Visit).
  - إرسال تنبيه (Notification) للباحث.

5.2. القفل الزمني للمحاولات (Time-Lock Tracker)

- **الوصف:** يقوم الباحث بتوثيق "التواصل الأول". يُعطل النظام زر "التواصل الثاني" برمجياً (قفل زمني) ولا يسمح بالضغط عليه إلا بعد مرور 7 أيام كاملة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق (Logic) للقفل الزمني على أزرار التواصل.
  - تخزين تاريخ ووقت "التواصل الأول" في قاعدة البيانات.
  - التحقق من مرور 7 أيام قبل تفعيل زر "التواصل الثاني".

5.3. التصنيف الأكاديمي للانسحاب (Withdrawal Classification)

- **الوصف:** بعد المحاولة الثالثة، يفتح النظام قائمة لتحديد السبب (فقدان متابعة، انسحاب طوعي، مضاعفات طبية) مع إجبارية رفع التقرير الطبي لحالات المضاعفات.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة لاختيار سبب الانسحاب.
  - تطبيق منطق (Logic) لإجبارية رفع التقرير الطبي لحالات المضاعفات.
  - تخزين سبب الانسحاب والتقرير في قاعدة البيانات.

5.4. قفل البيانات وإلغاء المواعيد (Data Locking Execution)

- **الوصف:** عند تأكيد الانسحاب، يُغلق ملف المريض تماماً (Read-Only)، وتُلغى كافة مواعيده، ويُرحل إلى محرك الإحصاء لحساب معدل التسرب (Attrition Rate %).
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق (Logic) لقفل ملف المريض وتحويله إلى (Read-Only).
  - تطوير وظيفة لإلغاء جميع مواعيد المريض.
  - تكامل مع محرك الإحصاء لحساب معدل التسرب.

6. التصدير، الجدولة، وإدارة فريق البحث

6.1. محرك تصدير التقارير (Advanced PDF Export Engine)

- **الوصف:** يُصدر تقريراً لعينة واحدة أو لكل العينات (Bulk Export) بتنسيق أكاديمي معتمد.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير محرك لتوليد تقارير PDF متقدمة.
  - دعم تصدير تقارير فردية وجماعية.
  - **الترويسة الآلية:** سحب شعار الجامعة (الذي رُفع إلزامياً في الخطوة الأولى) ودمجه آلياً في أعلى الصفحات مع اسم الباحث والمشرف. إظهار أرقام الموافقة والتسجيل السريري إذا توفرت، وإخفائها برمجياً إن كانت فارغة.
    - **المهام البرمجية الإضافية:**
      - تكامل مع بيانات الشعار والباحث والمشرف وأرقام الموافقات.
      - تطبيق منطق (Logic) لإخفاء الحقول الفارغة.
  - **الحماية:** إضافة علامة مائية للمنصة، وتذييل بمعلومات الدعم، ورقم تسلسلي فريد لكل مريض (Unique Patient ID).
    - **المهام البرمجية الإضافية:**
      - تطبيق العلامة المائية والتذييل ورقم المريض الفريد.

6.2. محرك الجدولة (Advanced Scheduling)

- **الوصف:** إدراج زيارات تخصصية (متابعة، تثبيت، استقرار). يقوم النظام ببرمجة تذكير آلي يُرسل لبريد الباحث قبل موعد المريض بـ 48 ساعة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة لجدولة الزيارات التخصصية.
  - تطوير نظام إرسال تذكيرات آلية عبر البريد الإلكتروني.

- جدولة مهمة خلفية (Cron Job) لإرسال التذكيرات.

6.3. إدارة فريق البحث (Co-Investigators & Permissions)

- **الوصف:** نظام للتحكم الدقيق (Granular Access Control) يتيح للباحث الرئيسي دعوة باحث مساعد وتحديد صلاحياته، كالسماح بالإدخال ومنعه برمجياً من عمليات الحذف أو تصدير التقارير.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام إدارة المستخدمين والأدوار (User and Role Management).
  - تطبيق نظام صلاحيات دقيق (Granular Permissions) لتحديد وصول الباحثين المساعدين.
  - تطوير واجهة لدعوة الباحثين المساعدين وتعديل صلاحياتهم.

7. الامتثال الأخلاقي وبروتوكولات السلامة

7.1. وحدة الإبلاغ عن الأحداث الضائرة (Adverse Events Module)

- **الوصف:** نموذج إلزامي للإبلاغ الفوري عن أي مضاعفات غير متوقعة. يجب أن يقوم هذا المحرك بإرسال إشعار فوري (بريد إلكتروني/تنبيه) إلى المشرف الأكاديمي أو لجنة الأخلاقيات (IRB) وتصنيف الحدث حسب الخطورة والارتباط بالعلاج.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نموذج إبلاغ إلزامي للأحداث الضائرة.
  - تطبيق نظام إرسال إشعارات فورية (بريد إلكتروني/تنبيهات داخل النظام).
  - تطوير منطق لتصنيف الحدث حسب الخطورة والارتباط بالعلاج.
  - تكامل مع نظام إدارة المستخدمين لإرسال الإشعارات للمشرف ولجنة الأخلاقيات.

7.2. سجل انحرافات البروتوكول (Protocol Deviation Log)

- **الوصف:** محرك تتبع يسجل آلياً أي خروج عن مسار البحث. هذا السجل أساسي جداً عند كتابة منهجية البحث النهائية.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام تسجيل آلي للانحرافات عن البروتوكول.
  - تخزين تفاصيل الانحرافات (مثل: تاريخ، نوع الانحراف، المريض المتأثر).
  - توفير واجهة لعرض وتصدير سجل الانحرافات.

8. إدارة العشوائية والتعمية (Randomization & Blinding)

8.1. محرك التخصيص العشوائي (Randomization Engine)

- **الوصف:** يمكن للوحة التحكم توليد تسلسل عشوائي مخفي (Allocation Concealment). عندما يوافق المريض، يضغط الباحث على "تخصيص المريض"، ليقوم النظام آلياً بتحديد المجموعة (علاجية أم ضابطة) لمنع انحياز الباحث.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير محرك لتوليد تسلسل عشوائي آمن ومخفي.
  - تطوير واجهة لزر "تخصيص المريض".
  - تطبيق منطق (Logic) لتحديد المجموعة العلاجية أو الضابطة آلياً.
  - تخزين معلومات التخصيص في قاعدة البيانات.

8.2. درع التعمية (Blinding Shield)

- **الوصف:** في الدراسات المزدوجة التعمية (Double-blinded)، يخفي النظام نوع المادة السنية المستخدمة أو الإجراء عن الباحث المقيِّم للنتائج. لا يظهر سوى كود (مثل: المادة A والمادة B)، مع ربط زر "كسر التعمية الطارئ" (Emergency Unblind) بصلاحيات المشرف فقط مع تسجيل سبب الكسر في سجل التدقيق الأمني.
- **المهام البرمجية:**
  - تطبيق منطق (Logic) لإخفاء المعلومات الحساسة عن الباحثين المقيِّمين.
  - عرض أكواد بدلاً من الأسماء الحقيقية للمواد/الإجراءات.
  - تطوير زر "كسر التعمية الطارئ" بصلاحيات المشرف فقط.
  - تسجيل سبب كسر التعمية في سجل التدقيق الأمني.

9. المراقبة وإدارة البيانات

9.1. شاشة التدقيق للمراقب المستقل (Monitor/Auditor View)

- **الوصف:** واجهة بصلاحيات "قراءة فقط" (Read-Only) مخصصة لمقيمي الجودة أو لجان الإشراف الجامعية. تتيح لهم مقارنة البيانات المدخلة إلكترونياً (eCRF) بالصور والأشعة المرفقة (Source Data Verification) وإضافة "استعلامات المراقبة" (Queries) التي يجب على الباحث الرد عليها.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير واجهة عرض خاصة للمراقبين بصلاحيات "قراءة فقط".
  - توفير وظيفة لمقارنة البيانات المدخلة مع المرفقات.

- تطوير نظام "استعلامات المراقبة" (Queries) للسماح للمراقبين بإضافة استفسارات للباحثين.
- تطوير نظام للباحثين للرد على هذه الاستعلامات.

9.2. تحليل نقطة المنتصف (Interim Analysis Trigger)

- **الوصف:** تنبيه آلي يظهر للباحث والمشرف عند اكتمال إدخال 50% (أو نسبة محددة مسبقاً) من حجم العينة المطلوبة، وذلك لتذكيرهم بإجراء التحليل الإحصائي الأولي إذا كان البروتوكول ينص على ذلك.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير منطق (Logic) لحساب نسبة اكتمال حجم العينة.
  - تطبيق نظام تنبيه آلي للباحث والمشرف عند الوصول إلى النسبة المحددة.

9.3. الانحرافات البسيطة والجسيمة للبروتوكول

- **الوصف:** تفصيل لكيفية التعامل مع الانحرافات البسيطة والجسيمة.
- **المهام البرمجية:**
  - **الانحرافات البسيطة (Minor Protocol Deviations):**
    - تطبيق نظام وضع علامة تحذيرية مرئية (Flagging) دون إيقاف الإدخال.
    - تسجيل الانحراف آلياً في "سجل انحرافات البروتوكول" (Deviation Log).
    - إشعار المشرف لاحقاً.
  - **الانتهاكات الجسيمة للبروتوكول (Major Deviations / Protocol Violations):**
    - تطبيق قفل برمجي (Hard Hold) على ملف المريض وتحويله إلى وضع "القراءة فقط" (Read-Only).
    - تنبيه المشرف الأكاديمي (ولجنة الأخلاقيات إن لزم الأمر) فوراً.
    - توفير خيارات للمشرف (استبعاد المريض، إجراء تصحيحي).

10. ميزات إضافية وتحسينات

10.1. مؤشر "صحة البحث" التفاعلي (Research Health Score)

- **الوصف:** نظام تقييم مرئي (مثلاً من 100) لمدى جودة سير البحث، يرتفع مع الإدخال الفوري للبيانات دون أخطاء، وينخفض مع تزايد "الاستعلامات المفتوحة" أو كثرة المواعيد الفائتة.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير خوارزمية لحساب "مؤشر صحة البحث" بناءً على عدة عوامل (دقة الإدخال، عدد الاستعلامات المفتوحة، المواعيد الفائتة).
  - تطوير واجهة مستخدم لعرض المؤشر بشكل مرئي (Gamification).

10.2. مركز التواصل السياقي (Contextual Communication Hub)

- **الوصف:** نظام تعليقات مدمج يتيح للباحث توجيه سؤال للمشرف وربطه (Tagging) بمتغير محدد، أو صورة شعاعية معينة، أو كود مريض محدد داخل المنصة. عندما يفتح المشرف الإشعار، ينتقل مباشرة إلى الحقل المقصود.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير نظام تعليقات (Commenting System) مع وظيفة الإشارة (Tagging).
  - ربط التعليقات بعناصر محددة في الواجهة (حقول، صور، مرضى).
  - تطوير نظام إشعارات للمشرف ينتقل به مباشرة إلى السياق المحدد.

10.3. فحص الجاهزية الإحصائية (Pre-Analysis Readiness Check)

- **الوصف:** أداة خلفية تراقب البيانات المدخلة باستمرار لمعرفة مدى توافقها مع خطة التحليل. تنبه الباحث مبكراً إذا تجاوزت نسبة "البيانات المفقودة" (Missing Data) الحد الإحصائي المسموح به، أو إذا كان حجم العينات بين المجموعات يعاني من عدم توازن شديد.
- **المهام البرمجية:**
  - تطوير خدمة خلفية (Background Service) لمراقبة جودة البيانات باستمرار.
  - تطبيق منطق (Logic) للتحقق من نسبة البيانات المفقودة وتوازن حجم العينات.
  - تطوير نظام تنبيهات للباحث عند اكتشاف مشكلات.

11. هيكلة العمل البرمجي والمنطقي لمسارات التحليل

11.1. المسار الأول: استيراد من داخل المنصة (التحليل الذاتي)

- **الوصف:** مخصص للباحث الذي اعتمد على المنصة في جمع البيانات (eCRF)، حيث تكون البيانات مهيكلة ونظيفة مسبقاً.
- **المهام البرمجية:**
  - **العداد التفاعلي (Progress Bar):** يظهر ليطمئن الباحث أن النظام يقوم بـ:
    - عملية تنظيف البيانات (Data Cleaning) من السجلات غير المكتملة.
    - تطبيق اختبارات الفرضيات (Hypothesis Testing) المحددة مسبقاً في تصميم الدراسة.
    - **الملاحظات التقنية:** يجب أن يكون العداد مرتبطاً بـ "WebSockets" لإظهار خطوات التحليل لحظياً للباحث (مثلاً: جاري فحص توزيع البيانات، جاري تطبيق اختبار T-test، جاري صياغة الاستنتاج).
  - **دور الـ Chat Bot:** يعمل كـ "محلل بيانات خبير". يقوم بصياغة "التعليق الإحصائي" (Statistical Commentary) بناءً على النمط الأكاديمي، مع ربط النتائج بمتغيرات الدراسة تلقائياً.

11.2. المسار الثاني: استيراد من خارج المنصة (التحليل المفتوح)

- **الوصف:** مصمم للمرونة القصوى، ويتطلب دقة عالية في "تفكيك" مدخلات الباحث.
- **المهام البرمجية:**
  - **مرحلة استيراد مقترح البحث وملف البيانات:**
    - **العداد الأول (تحليل المقترح):** يقوم النظام بتحليل هيكلي (Structure Analysis) للمقترح (Research Proposal) لاستخراج الأهداف، الأسئلة البحثية، والفرضيات.
    - **الميزة التفاعلية:** ظهور المربعات (Editable Fields) يسمح للباحث بتعديل الفرضيات فوراً إذا لاحظ أن النظام لم يقرأها بالشكل الصحيح قبل المتابعة.
    - **العداد الثاني (تدقيق الملف):** يقوم النظام بفحص ملف الإكسل (Data Validation).
    - **كشف الأخطاء:** يظهر "قائمة ملاحظات" (Validation Log) تشير إلى القيم المفقودة (Missing Values) والقيم المتطرفة (Outliers).
    - **واجهة التعديل:** نافذة داخلية تسمح للباحث بتصحيح البيانات أو استبعاد القيم غير الطبيعية فوراً.

11.3. الربط الذكي: "شات بوت" كجسر نهائي

- **الوصف:** بعد انتهاء المسار، يعمل الشات بوت كمدير للمخرجات.
- **المهام البرمجية:**
  - **تصدير التقرير النهائي:** يقوم الشات بوت بتركيب التقرير النهائي (Final Report Structure) الذي يشمل: المقدمة والخلفية العلمية، المنهجية، النتائج الإحصائية، المناقشة والتوصيات.

11.4. الملاحظات التقنية لتحقيق هذا التفاعل

- **تفاعلية العداد:** يجب أن يكون العداد مرتبطاً بـ "WebSockets" لإظهار خطوات التحليل لحظياً للباحث.
- **الخصوصية:** في حال استيراد بيانات من خارج المنصة، يجب أن يضمن النظام تشفير البيانات فور رفعها ومعالجتها في الذاكرة المؤقتة (RAM) فقط لضمان سرية البحث.
- **تجربة المستخدم (UX):** المربعات القابلة للتعديل يجب أن تكون مرتبطة بـ "Tooltips" تشرح للباحث لماذا يطلب النظام هذا التعديل.

خارطة الطريق البرمجية (Roadmap)

لتحقيق المتطلبات المذكورة في الوثيقة، يمكن تقسيم العمل إلى مراحل رئيسية، مع التركيز على التسليم التكراري والقيمة المضافة:

المرحلة 1: الأساسيات ومكونات الواجهة (Core UI & Foundation)

- **المهام:**

- تطوير واجهة المستخدم المتجاوبة (Responsive UI) الأساسية (Header, Sidebar, Chairside Navigation).
- تطوير مكونات لوحة التحكم الأساسية (Dashboard Widgets) مثل الدراسات النشطة، المرضى المسجلين، ومخطط التقدم.
- إعداد بيئة التطوير والبنية التحتية الأساسية.

- **المخرجات:** واجهة مستخدم أساسية قابلة للاستخدام، لوحة تحكم تعرض بيانات أولية.

المرحلة 2: مسارات إنشاء الدراسات وإدارة البيانات الأولية (Study Creation & Basic Data Management)

- **المهام:**
  - تطوير النافذة التأسيسية الموحدة (Study Initial Modal) مع حقول الإدخال والتحقق.
  - تطوير مسار إنشاء دراسة جديدة (المسار الأول) بما في ذلك رفع المقترح، التحليل الذكي، وتوليد الاستمارة.
  - تطوير مسار ترحيل ومتابعة دراسة جارية (المسار الثاني) بما في ذلك رفع الوثائق وتحويل الاستمارة للرقمية.
  - تطوير وظائف إدارة العينات وإدخال البيانات الأساسية (OCR Data Flow, Dynamic Clinical Attachments).

- **المخرجات:** نظام لإنشاء الدراسات وإدارة البيانات الأولية، مع دعم OCR ورفع المرفقات.

المرحلة 3: حوكمة البيانات والامتثال الأخلاقي (Data Governance & Ethical Compliance)

- **المهام:**
  - تطوير محرك التحقق الصارم (Hard-Stop Validation).
  - تطوير بروتوكول الانسحاب الصارم (Attrition Protocol) بما في ذلك الرصد الآلي للموعد الفائت، القفل الزمني، وتصنيف الانسحاب.
  - تطوير وحدة الإبلاغ عن الأحداث الضائرة (Adverse Events Module).
  - تطوير سجل انحرافات البروتوكول (Protocol Deviation Log).
  - تطوير نظام الموافقة المستنيرة الإلكترونية (E-Consent).

- **المخرجات:** نظام قوي لحوكمة البيانات، آليات امتثال أخلاقي، وإدارة الانسحاب.

المرحلة 4: الميزات المتقدمة والتحليلات (Advanced Features & Analytics)

- **المهام:**

- تطوير محرك التخصيص العشوائي (Randomization Engine) ودرع التعمية (Blinding Shield).
- تطوير شاشة التدقيق للمراقب المستقل (Monitor/Auditor View) ونظام الاستعلامات (Queries).
- تطوير تحليل نقطة المنتصف (Interim Analysis Trigger).
- تطوير مؤشر "صحة البحث" التفاعلي (Research Health Score).
- تطوير مركز التواصل السياقي (Contextual Communication Hub).
- تطوير فحص الجاهزية الإحصائية (Pre-Analysis Readiness Check).

- **المخرجات:** ميزات متقدمة لإدارة الدراسات، أدوات مراقبة وتحليل، وتحسينات على تجربة المستخدم.

المرحلة 5: التصدير وإدارة الفريق والتحليل النهائي (Export, Team Management & Final Analysis)

- **المهام:**
  - تطوير محرك تصدير التقارير المتقدم (Advanced PDF Export Engine) مع الترويسة الآلية والحماية.
  - تطوير محرك الجدولة المتقدم (Advanced Scheduling).
  - تطوير نظام إدارة فريق البحث (Co-Investigators & Permissions).
  - تطوير مسارات التحليل الذاتي والمفتوح (Chatbot as Data Analyst).
  - تطبيق الملاحظات التقنية لتحقيق التفاعل (WebSockets, Data Encryption, UX Tooltips).

- **المخرجات:** نظام متكامل لإدارة الدراسات السريرية، مع قدرات تصدير وتحليل متقدمة وإدارة فريق البحث.

قاموس القواعد البرمجية (Business Logic Dictionary)

الميزة البرمجية	الشرط التقني / قاعدة العمل	المرجع في الوثيقة
النافذة التأسيسية الموحدة	لا يُفعل زر "إنشاء" إلا باكتمال الحقول الإجبارية.	ثالثاً: النافذة التأسيسية الموحدة
حقل رفع شعار الجامعة / الكلية	إجباري. يُعالج النظام الصورة ويحفظها لترتبط تلقائياً بمحرك التصدير، مما يضمن ظهورها إلزامياً في ترويسة جميع التقارير والموافقات المستنيرة.	ثالثاً: النافذة التأسيسية الموحدة (2)
توليد الاستمارة والإرسال للمشرف	عند الضغط على "إرسال"، يتحول البحث بأكمله عند الطالب إلى حالة (قراءة فقط - Read-Only) وتُجمد الصلاحيات.	ثالثاً: المسار الأول (2)
الاعتماد وفتح بنك البيانات	بعد موافقة المشرف، يتم قفل البروتوكول وتصميم الاستمارة لمنع أي تعديل مستقبلي. تتفعل الدراسة (Active).	ثالثاً: المسار الأول (3)
التفعيل المباشر (المسار الثاني)	لا يوجد زر "إرسال للمشرف". تُحفظ الدراسة وتتحول فوراً إلى حالة "فعالة ونشطة" لكونها معتمدة مسبقاً، ويُفتح باب إدخال العينات.	ثالثاً: المسار الثاني (3)
محرك التحقق الصارم (Hard-Stop Validation)	يُعطل النظام زر "الحفظ" نهائياً ويظهر تنبيهاً أحمر إذا تُرك حقل إجباري فارغاً، أو أُدخلت قيم خارج النطاق الطبي المنطقي (Out of Range).	رابعاً: محرك التحقق الصارم
الموافقة المستنيرة الإلكترونية	تُولد وثيقة قانونية تُسحب بياناتها آلياً (متضمنة شعار الجامعة الإلزامي). يُوقع المريض إلكترونياً (Signature Pad)، وتُشفر الوثيقة.	رابعاً: الموافقة المستنيرة الإلكترونية
الرصد الآلي للموعد الفائت	بعد مرور 24 ساعة على موعد المريض دون تأكيد حضوره، تتغير حالته إلى (Missed Visit) ويظهر تنبيه أحمر للباحث بضرورة المتابعة.	خامساً: الرصد الآلي للموعد الفائت
القفل الزمني للمحاولات	يُعطل النظام زر "التواصل الثاني" برمجياً (قفل زمني) ولا يسمح بالضغط عليه إلا بعد مرور 7 أيام كاملة بعد توثيق "التواصل الأول".	خامساً: القفل الزمني للمحاولات
التصنيف الأكاديمي	بعد المحاولة الثالثة، يفتح النظام قائمة لتحديد السبب مع إجبارية رفع التقرير الطبي لحالات المضاعفات.	خامساً: التصنيف الأكاديمي

الميزة البرمجية	الشرط التقني / قاعدة العمل	المرجع في الوثيقة
للانسحاب		للانسحاب
قفل البيانات وإلغاء المواعيد	عند تأكيد الانسحاب، يُغلق ملف المريض تماماً (Read-Only)، وتُلغى كافة مواعيده، ويُرحل إلى محرك الإحصاء لحساب معدل التسرب.	خامساً: قفل البيانات وإلغاء المواعيد
الترويسة الآلية (تصدير التقارير)	يسحب النظام شعار الجامعة (الذي رُفع إلزامياً في الخطوة الأولى) ويدمجه آلياً في أعلى الصفحات مع اسم الباحث والمشرف. تظهر أرقام الموافقة والتسجيل السريري إذا توفرت، وتُخفى برمجياً إن كانت فارغة.	سادساً: محرك تصدير التقارير
الحماية (تصدير التقارير)	علامة مائية للمنصة، وتذييل بمعلومات الدعم، ورقم تسلسلي فريد لكل مريض (Unique Patient ID).	سادساً: محرك تصدير التقارير
محرك الجدولة	يقوم النظام ببرمجة تذكير آلي يُرسل لبريد الباحث قبل موعد المريض بـ 48 ساعة.	سادساً: محرك الجدولة
إدارة فريق البحث	نظام للتحكم الدقيق (Granular Access Control) يتيح للباحث الرئيسي دعوة باحث مساعد وتحديد صلاحياته، كالسماح بالإدخال ومنعه برمجياً من عمليات الحذف أو تصدير التقارير.	سادساً: إدارة فريق البحث
وحدة الإبلاغ عن الأحداث الضائرة	نموذج إلزامي للإبلاغ الفوري عن أي مضاعفات غير متوقعة. يجب أن يقوم هذا المحرك بإرسال إشعار فوري (بريد إلكتروني/تنبيه) إلى المشرف الأكاديمي أو لجنة الأخلاقيات (IRB) وتصنيف الحدث حسب الخطورة والارتباط بالعلاج.	سابعاً: وحدة الإبلاغ عن الأحداث الضائرة
درع التعمية (Blinding Shield)	يخفي النظام نوع المادة السنية المستخدمة أو الإجراء عن الباحث المقيِّم للنتائج. لا يظهر سوى كود. زر "كسر التعمية الطارئ" بصلاحيات المشرف فقط مع تسجيل سبب الكسر في سجل التدقيق الأمني.	ثامناً: درع التعمية
الانحرافات البسيطة للبروتوكول	وضع علامة تحذيرية مرئية (Flagging). يجب ألا يوقف النظام الإدخال. يُسمح للباحث بإدخال البيانات مع توثيق الانحراف وتسجيله آلياً في "سجل انحرافات البروتوكول"، وإشعار المشرف لاحقاً.	تاسعاً: الانحرافات البسيطة والجسيمة (1)
الانتهاكات الجسيمة للبروتوكول	الإيقاف المؤقت والمراجعة (Hard Hold). يتفعل القفل برمجياً على ملف هذا المريض تحديداً، ويتحول إلى وضع "القراءة فقط". يتم تنبيه المشرف الأكاديمي (ولجنة الأخلاقيات إن لزم الأمر) فوراً.	تاسعاً: الانحرافات البسيطة والجسيمة (2)

الميزة البرمجية	الشرط التقني / قاعدة العمل	المرجع في الوثيقة
تفاعلية العداد (مسارات التحليل)	يجب أن يكون العداد مرتبطاً بـ "WebSockets" لإظهار خطوات التحليل لحظياً للباحث.	حادي عشر: الملاحظات التقنية
الخصوصية (مسارات التحليل)	في حال استيراد بيانات من خارج المنصة، يجب أن يضمن النظام تشفير البيانات فور رفعها ومعالجتها في الذاكرة المؤقتة (RAM) فقط لضمان سرية البحث.	حادي عشر: الملاحظات التقنية

التوصيات التقنية (Technical Recommendations)

بناءً على المتطلبات المذكورة في الوثيقة، خاصة تلك المتعلقة بالربط اللحظي، معالجة الصور، وتشفير البيانات، إليك هيكلية برمجية مقترحة (Tech Stack):

1. الواجهة الأمامية (Frontend)

- **إطار العمل (Framework):** React.js أو Vue.js أو Angular. توفر هذه الأطر بنية قوية لبناء واجهات مستخدم تفاعلية ومعقدة، وتدعم بشكل ممتاز المكونات القابلة لإعادة الاستخدام (Reusable Components) والتصميم المتجاوب (Responsive Design).
- **إدارة الحالة (State Management):** Redux (مع React) أو Vuex (مع Vue) أو NgRx (مع Angular) لإدارة حالة التطبيق بشكل مركزي ومنظم.
- **الربط اللحظي (WebSockets):** استخدام مكتبات مثل Socket.IO أو Native WebSockets API لتوفير التحديثات اللحظية للعدادات والإشعارات.
- **الرسوم البيانية (Charting):** Chart.js أو D3.js لإنشاء الرسوم البيانية الدائرية ومخططات التقدم التفاعلية.
- **التوقيع الإلكتروني (E-Signature Pad):** مكتبات JavaScript متخصصة مثل Signature Pad أو Fabric.js.
- **رفع الملفات (File Upload):** مكتبات مثل React Dropzone أو Uppy.

2. الواجهة الخلفية (Backend)

- **لغة البرمجة وإطار العمل:**
  - **Python مع Django/Flask:** خيار ممتاز للذكاء الاصطناعي ومعالجة البيانات (OCR, Computer Vision, AI Chatbot Engine) بفضل بيئتها الغنية بالمكتبات (TensorFlow, PyTorch, OpenCV, Tesseract).
  - **Node.js مع Express.js:** خيار قوي للتطبيقات التي تتطلب أداءً عالياً في التعامل مع WebSockets والإشعارات اللحظية، ويمكن دمجه مع خدمات Python للذكاء الاصطناعي.
- **قاعدة البيانات (Database):**

- **PostgreSQL:** قاعدة بيانات علائقية قوية ومفتوحة المصدر، تدعم أنواع بيانات متقدمة وتوفر موثوقية عالية، مناسبة لتخزين البيانات السريرية الحساسة وسجلات التدقيق.
- **MongoDB (NoSQL):** يمكن استخدامها لتخزين البيانات غير المهيكلة أو شبه المهيكلة مثل المرفقات السريرية أو سجلات الإشعارات، إذا كانت هناك حاجة للمرونة في هيكلة البيانات.

- **تخزين الملفات (File Storage):** Amazon S3 أو Google Cloud Storage لتخزين الشعارات، المرفقات السريرية، وتقارير PDF بشكل آمن وموثوق.
- **جدولة المهام (Job Scheduling):** Celery (مع Python) أو Agenda.js (مع Node.js) لتنفيذ المهام الخلفية المجدولة مثل رصد المواعيد الفائتة وإرسال التذكيرات.
- **الذكاء الاصطناعي والرؤية الحاسوبية (AI & Computer Vision):**
  - **OCR:** Tesseract OCR (يمكن استخدامه عبر مكتبات Python مثل `pytesseract`) لمعالجة خط اليد واستخلاص البيانات من الاستمارات الورقية.
  - **Computer Vision:** OpenCV (مع Python) لتحويل الاستمارات الورقية إلى نماذج إلكترونية.
  - **AI Chatbot Engine:** تكامل مع نماذج لغوية كبيرة (LLMs) مثل OpenAI GPT أو نماذج مفتوحة المصدر (مثل Hugging Face Transformers) للتحليل الذكي للمقترحات وصياغة التعليقات الإحصائية.
- **التشفير (Encryption):** استخدام مكتبات تشفير قياسية (مثل `cryptography` في Python أو `crypto` في Node.js) لتشفير البيانات الحساسة، خاصة وثائق الموافقة المستنيرة والبيانات المستوردة من خارج المنصة (معالجتها في الذاكرة المؤقتة RAM فقط).

3. البنية التحتية (Infrastructure)

- **الاستضافة (Hosting):** خدمات سحابية مثل AWS (EC2, Lambda, S3, RDS) أو Google Cloud Platform (Compute Engine, Cloud Storage, Cloud SQL) أو Azure.
- **الحاويات (Containers):** Docker لتغليف التطبيق ومكوناته، مما يضمن قابلية النقل والاتساق بين بيئات التطوير والإنتاج.
- **التنسيق (Orchestration):** Kubernetes لإدارة ونشر التطبيقات المعبأة في حاويات على نطاق واسع.
- **نظام المراقبة والتسجيل (Monitoring & Logging):** Prometheus و Grafana للمراقبة، ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana) لتجميع وتحليل السجلات.

التزام كامل بالمرجع

كل توصية ومهام برمجية مقترحة في هذا التحليل مدعومة بشكل مباشر بالمتطلبات المذكورة في الوثيقة الأصلية. على سبيل المثال:

- **متطلبات الربط اللحظي (WebSockets):** تم ذكرها صراحة في "حادي عشر: الملاحظات التقنية"، وتمت التوصية باستخدام Socket.IO أو Native WebSockets API في الواجهة الأمامية و Node.js في الواجهة الخلفية لدعمها.

- **معالجة الصور (OCR, Computer Vision):** وردت في "رابعاً: الاستيراد الذكي للورق" و "ثالثاً: المسار الثاني (2)"، وتمت التوصية باستخدام Tesseract OCR و OpenCV مع Python.
- **تشفير البيانات:** تم التأكيد عليها في "رابعاً: الموافقة المستنيرة الإلكترونية" و "حادي عشر: الملاحظات التقنية (الخصوصية)"، وتمت التوصية باستخدام مكتبات تشفير قياسية ومعالجة البيانات في الذاكرة المؤقتة (RAM) للبيانات المستوردة.
- **قواعد الـ Hard-Stop و Read-Only:** تم تفصيلها في "رابعاً: محرك التحقق الصارم" و "ثالثاً: المسار الأول (2)" و "خامساً: قفل البيانات وإلغاء المواعيد"، وتمت ترجمتها إلى مهام برمجية لتطبيق منطق التحقق الصارم وتغيير صلاحيات الوصول.

هذا التحليل يهدف إلى توفير خارطة طريق واضحة ومفصلة لفريق التطوير، مع ضمان تحقيق كافة المتطلبات الوظيفية والتقنية المذكورة في الوثيقة الأصلية.