الباب الثاني (5 – 20)

1.2 المقدمة

2.2 مفهوم الأنظمة الخبيرة الطبية

3.2 أنواع الأنظمة الخبيرة الطبية ومجالات تصنيفها

4.2 طرق وأساليب الاستدلال في الأنظمة الخبيرة

5.2 الفرق بين البرمجة التقليدية وأنظمة الذكاء الاصطناعي الخبيرة

6.2 أمراض الكبد

7.2 لغة البرمجة المنطقية PROLOG

8.2 بيئة التطوير المتكاملة NetBeans

9.2 الربط البرمجي عبر مكتبة JPL

10.2 لغة النمذجة الموحدة UML (Unified Modeling Language)

11.2 الأعمال ذات الصلة (الدراسات السابقة)

12.2 مقارنة بين الأعمال ذات الصلة (الدراسات السابقة)

1.2 مقدمة

لم تكن أنظمة الذكاء الاصطناعي والمحاكاة الطبية بعيدة عن الممارسة التطويرية منذ العقود الأخيرة من القرن الماضي، فالعلماء والمهندسون يسعون باستمرار إلى نقل المعرفة البشرية المتخصصة من الأطباء الاستشاريين إلى الأنظمة الحاسوبية من أجل حماية الأرواح ودعم اتخاذ القرار الطبي السليم وتوفير الرعاية للمرضى، إلا أن الأنظمة البرمجية القديمة كانت تأخذ شكل المعالجة الحسابية الإحصائية فقط دون الدخول في علاقة تفاعلية ذكية تُحاكي منطق الطبيب البشري في تشخيص الحالات المعقدة بناءً على الأعراض السريرية، مما زاد من إلحاح الحاجة إلى بناء "الأنظمة الخبيرة الطبية" (Medical Expert Systems) التي تتضمن محاكاة عقل الطبيب الخبير وجهاً لوجه مع معطيات المريض السريرية والتحاليل المختبرية. ومع تزايد التطور التقني، أصبحت هذه الأنظمة تمثل أداة استشارية ذكية تسعى لتمثيل مهارات الأطباء برمجياً وتسهيل تشخيص الحالات الحرجة مثل أمراض واعتلالات الكبد.

لقد أصبح القطاع الصحي في هذا العصر في حاجة ماسة إلى الأنظمة الذكية المساندة أياً كان موقع العيادة أو المستشفى، وذلك بحكم التغيرات الوبائية المتسارعة وانتشار مسببات اعتلالات الكبد كالفيروسات الكبدية الوبائية ومتلازمات الكبد الدهني التي تتطلب تشخيصاً مبكراً دقيقاً لحماية المريض من التليف أو الفشل الكبدي التام.

2.2 مفهوم الأنظمة الخبيرة الطبية

1.2.2 الذكاء الاصطناعي وتعريفه

يُعتبر الذكاء الاصطناعي (AI) المظلة الكبرى التي تنبثق منها الأنظمة الخبيرة، وهو علم وهندسة صنع آلات ذكية تمتلك القدرة على التفكير، التعلم، واستنباط الحلول. ويعرف بأنه جزء من البرنامج الحوسبي الكلي الذي يساعد على تهيئة فرص نمذجة السلوك البشري، وتوفير خدمات برمجية متخصصة تمكن الآلة من محاكاة القدرات الذهنية البشرية إلى أقصى حد ممكن في حل المشكلات غير الخوارزمية.

2.2.2 مفهوم النظام الخبير (Expert System) وتعريفه

النظام الخبير هو برنامج حاسوبي ذكي متطور يمتلك قاعدة معرفية ومحرك استدلال يحاكي أداء الخبير البشري في مجال تخصصي ضيق (Domain).

✓ تعريف آخر:

هو نظام تواصل تفاعلي يقوم باستقبال الأعراض والبيانات من المستخدم (سواء كان مريضاً أو طبيباً ممارساً) في موقف تشخيصي خاص، بهدف معالجة هذه المعطيات منطقياً والوصول إلى تشخيص طبي دقيق ووصفة علاجية أو إرشادية مناسبة لاحتياجات الحالة اعتماداً على قواعد معرفية مستخلصة من أطباء استشاريين.

3.2 أنواع الأنظمة الخبيرة الطبية ومجالات تصنيفها

تتنوع الأنظمة الخبيرة الطبية باختلاف طبيعة المهمة والهدف السريري المنوط بها، ويمكن تصنيفها إلى المجالات التالية:

- أنظمة التشخيص الطبي (Diagnostic Systems)

وهي الأنظمة التي تركز على استقبال الأعراض المرضية ونتائج الفحوصات الطبية لتشخيص المرض بدقة، وهو المجال الدقيق لمشروعنا الحالي (تشخيص أمراض الكبد).

- أنظمة التخطيط والتحضير الإرشادي (Design / Configuration)

وتهتم بمساعدة الأطباء في إعداد خطط العلاج وتركيب الجرعات الدوائية المناسبة بناءً على حالة المريض ووزنه ومدى تحمل الكبد لديه للمركبات الكيميائية.

- أنظمة المراقبة والمتابعة المستمرة (Process Monitoring)

وهي الأنظمة المتصلة بوحدات العناية المكثفة لمراقبة العلامات الحيوية للمريض على مدار الساعة (مثل مستويات الصفراء أو الوظائف الحيوية) وإطلاق تحذيرات فور حدوث أي تدهور مفاجئ.

- أنظمة التنبؤ والاستشراف (Prediction Systems)

وتعمل على تحليل مسار التاريخ المرضي للتنبؤ باحتمالية تطور الحالة في المستقبل، كالتنبؤ بنسب حدوث تليف الكبد لمرضى الكبد الدهني غير الكحولي على المدى الطويل.

4.2 طرق وأساليب الاستدلال في الأنظمة الخبيرة

يعتمد محرك التحكم والاستدلال في الأنظمة الطبية على طريقتين رئيسيتين للوصول إلى النتائج المرضية:

1.4.2 الاستدلال الموجه بالبيانات أو الأمامي (Forward Chaining)

هو أسلوب تفكير ينطلق من المعطيات والأعراض المتوفرة حالياً وصولاً إلى استنتاج المرض المناسب، حيث يبدأ النظام بجمع كل الأعراض التي تظهر على المريض ثم يبحث في قاعدة المعرفة عن المرض الذي تطابق شروطه تلك الأعراض. وهو المنهج الاستدلالي الأساسي المتبع في بحثنا الحالي للوصول من الأعراض والنتائج المخبرية إلى التشخيص النهائي لأمراض الكبد.

2.4.2 الاستدلال الموجه بالأهداف أو التراجعي (Backward Chaining)

هو الأسلوب الذي تبدأ فيه العملية بوضع فرضية معينة أو هدف محدد (مثلاً: الفرضية هي أن المريض يعاني من التهاب الكبد الوبائي B) ثم يرجع النظام إلى الورا ليفحص ما إذا كانت الأعراض والتحاليل المخبرية المتوفرة تدعم وتثبت هذه الفرضية أم لا.

1.2.4.2 عيوب الاعتماد الكلي على الاستدلال الأمامي المنفرد في الطب

قد يدفع النظام لسؤال المستخدم عن عدد هائل من الأعراض غير الضرورية أو غير المرتبطة بالمرض الحقيقي في حال عدم ضبط القواعد بشكل صارم.

يتطلب مدخلات كاملة من الحقائق الطبية في البداية لضمان سير حركة الاستدلال نحو الهدف بشكل صحيح.

2.2.4.2 شروط نجاح المنهج الاستدلالي في نظام تشخيص الكبد

حصر كافة أمراض الكبد المستهدفة (التليف، الالتهاب الوبائي، الكبد الدهني) صراحة داخل قاعدة المعرفة في صياغة منطقية تامة.

صياغة القواعد المنطقية بترتيب شجري يبدأ بالأعراض المشتركة الكبرى (مثل الصفار أو آلام البطن) ثم يتفرع للتحاليل المخبرية الدقيقة لضمان كفاءة الوصول للهدف.

5.2 الفرق بين البرمجة التقليدية وأنظمة الذكاء الاصطناعي الخبيرة

الجدول (1.2): يوضح الفروقات الجوهرية بين البرامج التقليدية والنظام الخبير لتشخيص أمراض الكبد

البرمجة التقليدية	الانظمة الخبيرة
تركز على معالجة البيانات والارقام والمعادلات الرياضية خطوة بخطوة.	تركز على معالجة المعرفة الطبية والرموز والروابط المنطقية.
آلية الوصول للحل تتبع خطوات خوارزمية ثابتة ومكررة مسبقا من قبل المبرمج.	تعتمد على عمليات استدلال وبحث ذكية مبنية على قواعد الخبرة الطبية.
في التعامل مع البيانات الناقصة تعجز عن العمل أو تعطي خطأ برمجيا في حال غياب أي متغير.	تستطيع تقديم حلول واحتمالات تشخيصية مقبولة حتى لو كانت بعض تحاليل المريض ناقصة.
لا توفر آلية للمستخدم تشرح لماذا تم اتخاذ هذا القرار البرمجي في الكود .	تحتوي على وحدة شرح لتوضيح خطوات استنتاج التشخيص الطبي .
التعديل والتطوير صعب جدا ويتطلب إعادة كتابة وهيكلية اجزاء واسعة من الكود الاساسي للبرنامج .	سهل للغاية لأن قاعدة المعرفة الطبية منفصلة تماما وبشكل مستقل عن محرك الاستدلال.

6.2 أمراض الكبد

يتخصص هذا النظام الخبير في فرز وتشخيص مجموعة من أبرز اعتلالات الكبد الشائعة

1.6.2 التهابات الكبد الفيروسية (Viral Hepatitis)

وهي عدوى فيروسية تصيب خلايا الكبد وتؤدي إلى التهابها، وتصنف إلى عدة أنواع رئيسية:

- ✓ **التهاب الكبد الوبائي (أ) - Hepatitis A**

ينتقل بشكل أساسي عبر الطعام والمياه الملوثة، وغالباً ما يكون حاداً ومؤقتاً ويصاحبه صفار (يرقان) شديد وخمول.

- ✓ **التهاب الكبد الوبائي (ب) - Hepatitis B**

ينتقل عبر الدم والسوائل الحيوية، وقد يتحول إلى مرض مزمن يؤدي بمرور الوقت إلى تدمير خلايا الكبد إذا لم يتم تشخيصه ومتابعته.

- ✓ **التهاب الكبد الوبائي (ج) - Hepatitis C**

ينتقل أساساً عبر الدم الملوث، ويتميز بأنه يظل كامناً لفترات طويلة دون أعراض واضحة (القاتل الصامت) حتى يصل بالخلايا إلى مراحل متقدمة من التلف.

2.6.2 تليف الكبد (Liver Cirrhosis)

هو مرحلة متأخرة من ندوب الكبد الناتجة عن أمراض الكبد المزمنة، حيث تحل الأنسجة الليفية محل خلايا الكبد السليمة، مما يعوق الكبد عن أداء وظائفه الحيوية وتدفق الدم من خلاله. وتشمل أعراضه المتقدمة استسقاء البطن (تجمع السوائل)، واعتلال الدماغ الكبدي.

3.6.2 الكبد الدهني (Fatty Liver Disease)

تراكم الدهون الزائدة في خلايا الكبد، ويقسم إلى الكبد الدهني الكحولي وغير الكحولي (مرتبط بالسمنة ومرض السكري)، ويمثل خطورة عالية لأنه قد يتطور صامتاً إلى التهاب كبدي دهني ثم إلى تليف كامل.

٤,٢ الأعراض والتحاليل المخبرية المعتمدة في التشخيص

يعتمد عقل النظام الخبير (محرك الاستدلال) على الربط المنطقي بين المدخلات السريرية والمخبرية الصادرة عن مختبرات مستشفى السلاح الطبي:

الأعراض السريرية: الصفار (اليرقان)، آلام الربع العلوي الأيمن من البطن، الغثيان، الإعياء الشديد، وتغير لون البول والبراز.

الفحوصات المخبرية: قياس إنزيمات الكبد (ALT و AST)، مستويات البيليروبين (الصفراء) في الدم، مستويات الألبومين، وفحوصات الأجسام المضادة للفيروسات.

7.2 لغة البرمجة المنطقية PROLOG

تُعتبر لغة البرمجة PROLOG (Programming in Logic) الركيزة الأساسية في بناء محرك الاستدلال وقاعدة المعرفة لمشروعنا الحالي، وهي لغة برمجة عليا غير خوارزمية تعتمد بشكل أساسي على القواعد (Rules) والحقائق (Facts). وتتميز بقدرتها الفائقة على تمثيل العلاقات المنطقية المعقدة بين الأعراض وأمراض الكبد وتطبيق المطابقة البرمجية التلقائية، مما يسهل كتابة القواعد الطبية على هيئة جمل شرطية برمجية دون الحاجة لبناء خوارزميات توجيهية معقدة.

8.2 بيئة التطوير المتكاملة NetBeans

تُمثل بيئة NetBeans منصة التطوير المتكاملة (IDE) والمفتوحة المصدر المعتمدة لبناء وتطوير واجهات المستخدم الرسومية (GUI) في هذا المشروع. يتم استخدامها لكتابة كود لغة Java وتصميم شاشات تفاعلية سهلة الاستخدام تتيح للأطباء أو المستخدمين إدخال الأعراض المرضية وقراءة نتائج الفحوصات المختبرية بسهولة، كما توفر البيئة أدوات متطورة لإدارة المشروع وتنظيمه وتتبع الأخطاء البرمجية وإصلاحها.

9.2 الربط البرمجي عبر مكتبة JPL

نظراً لأن النظام الخبير يعتمد على قوتين برمجيتين هما: لغة Java (للواجهات الرسومية) ولغة Prolog (لقاعدة المعرفة الحوسبية)، تبرز أهمية مكتبة JPL (Java Prolog Interface). وهي حزمة برمجية متخصصة ومجموعة من الفئات (Classes) تتيح الربط المشترك المتكامل بين البيئتين، وتعمل كوسيط يسمح لتطبيق الـ Java المصمم عبر NetBeans باستدعاء القواعد المنطقية والحقائق المخزنة في ملف الـ Prolog، وتمرير مدخلات المريض إليها، ثم استقبال النتائج التشخيصية المستنتجة وعرضها على واجهة المستخدم النهائية.

10.2 لغة النمذجة الموحدة UML (Unified Modeling Language)

تُعد لغة UML الأداة والمقياس العالمي المعتمد لتحليل ونمذجة وتصميم هذا النظام قبل البدء في مرحلة التكويد الفعلي. ويتم استخدامها لرسم المخططات الهيكلية والتدفقية للنظام (مثل مخططات Use Case و Sequence Diagrams) لتوضيح العلاقات والعمليات البرمجية بين المستخدم (الطبيب/المريض) والنظام الخبير، مما يضمن فهماً عميقاً لهيكلية المشروع وانسيابية البيانات الطبية بداخله.

11.2 الأعمال ذات الصلة (الدراسات السابقة)

نستعرض في هذا المبحث أهم المحاولات والدراسات السابقة التاريخية والعالمية التي تناولت بناء وتطوير أنظمة خبيرة طبية ومقارنتها بنظامنا الحالي لمشروع تشخيص أمراض الكبد:

1.11.2 نظام MYCIN الشهير (١٩٧٦)

يعد نظام MYCIN أحد أقدم وأشهر الأنظمة الخبيرة الطبية التي ظهرت عالمياً، حيث تم تطويره في جامعة ستانفورد في سبعينيات القرن الماضي.

✓ الهدف والوظيفة

صُمم خصيصاً لمساعدة الأطباء في تشخيص الالتهابات البكتيرية الحادة التي تصيب الدم (مثل مرض التهاب السحايا) واقتراح المضادات الحيوية المناسبة والجرعات الدقيقة بناءً على وزن المريض وحالته الصحية.

✓ الأدوات والتقنيات

تم بناؤه باستخدام لغات الذكاء الاصطناعي المبكرة، واعتمد كلياً على آلية الاستدلال التراجعي (Backward Chaining) مع إدخال حسابات عوامل اليقين (Certainty Factors) للتعامل مع البيانات الطبية غير المؤكدة أو الغامضة.

✓ المميزات

أثبت كفاءة تشخيصية عالية عادلت وفي بعض الأحيان تفوقت على تشخيص الأطباء غير المتخصصين، ووفر نموذجاً تاريخياً فذاً لكيفية فصل قاعدة المعرفة عن محرك الاستدلال.

✓ العيوب

ضخامة النظام وصعوبة تشغيله على الحواسب الشخصية آنذاك، واقتصاره الصارم على بكتيريا الدم مع عدم قدرته على تقديم أي إرشاد طبي خارج هذا النطاق الضيق.

✓ النتائج والتوصيات

أوصت الدراسة بضرورة تعميم هذا النموذج البرمجي الذكي لإنشاء أنظمة خبيرة متخصصة في بقية أعضاء الجسم البشري (مثل الرئتين والكبد) لحفظ خبرات الاستشاريين.

2.11.2 نظام PUFF لتشخيص اضطرابات التنفس (١٩٧٩)

نظام خبير طبي متخصص تم بناؤه بالاعتماد المباشر على الهيكل البرمجي والأدوات الأساسية المستخلصة من نظام MYCIN التاريخي.

✓ الهدف والوظيفة

صُمم لتشخيص أمراض الرئتين واعتلالات الجهاز التنفسي المزمنة من خلال قراءة وتحليل البيانات الفنية الناتجة مباشرة عن أجهزة قياس وظائف التنفس وتحديد نوع الانسداد الرئوي.

✓ الأدوات والتقنيات

اعتمد على بيئة قواعد الإنتاج IF-THEN ومحرك استدلال تراجعي، مع ربطه بمدخلات الأجهزة الطبية الرقمية.

✓ المميزات

أظهر مرونة فائقة في تحويل القراءات الرقمية المعقدة الصادرة عن أجهزة الفحص الطبية إلى تقارير تشخيصية وإرشادية واضحة ومفهومة للأطباء الممارسين.

✓ العيوب

الانحصار التام في البيانات التنفسية، وعدم القدرة على تقديم احتمالات تشخيصية بديلة في حال تداخل أعراض المريض الباطنية مع أمراض أخرى.

3.11.2 نظام CADUCEUS الطبي الشامل

هو نظام خبير طبي باطني واسع النطاق، تم تطويره كأحد الامتدادات المتقدمة للنظام التاريخي الشهير INTERNIST-1 لتلافي عيوب الأنظمة المتخصصة الضيقة جداً.

✓ الهدف والوظيفة

صُمم ليتسع ويتعامل مع تشخيص مئات الأمراض والاعتلالات الطبية المعقدة والمتداخلة في تخصص الطب الباطني الداخلي.

✓ الأدوات والتقنيات

اعتمد على بناء شبكات دلالية (Semantic Networks) معقدة وواسعة للغاية لربط تداخلات مسببات الأمراض وأعراضها المشتركة في الأحشاء الداخلية.

✓ المميزات

الشمولية الكبيرة والقدرة على فرز وتشخيص عدة أمراض باطنية في نفس الوقت وبدقة عالية.

✓ العيوب

التعقيد البرمجي الشديد، والبطء في معالجة القواعد والاستدلال لكثرة تشعب الاحتمالات، مما يرفع من نسب حدوث التضارب بين القواعد الطبية المستحدثة.

12.2 مقارنة بين الأعمال ذات الصلة (الدراسات السابقة للأنظمة الخبيرة)

الجدول (2.2): يوضح الأعمال ذات الصلة

اسم النظام الخبير	النطاق الطبي	الأدوات والتقنيات	أهم المميزات	أبرز العيوب والمحددات	علاقته بالنظام الحالي
نظام MYCIN	التهابات وبكتيريا الدم والتهاب السحايا	لغات ذكاء اصطناعي اولية محرك استدلال تراجعي وعوامل اليقين	دقة تشخيصية عالية وفصل تام لقاعدة المعرفة الطبية.	ضخم جدا وصعب التحديث ومقتصر على بيئة حوسبية قديمة ومحددة	نقتبس منه فصل المعرفة وعزلها، ولكن نظامنا يعمل بالمنهج الاستدلالي الموجه بالبيانات (الأمامي).
نظام PUFF	أمراض الرئتين واضطرابات الجهاز التنفسي.	هيكل برمجيات MYCIN وقواعد الإنتاج المنطقية IF-THEN.	قدرة عالية على قراءة وتحليل قراءات أجهزة قياس وظائف التنفس تلقائياً.	انحصار تام وضيق في البيانات الصدرية والتنفسية، يعجز خارجها كلياً.	يوضح لنا كيفية قراءة نتائج تحاليل المختبر وتحويلها إلى تشخيص وهو ما نطبقه في قراءة إنزيمات الكبد ونسب الصفراء.
نظام CADUCEUS	أمراض وتداخلات الطب الباطني العام الشامل.	شبكات دلالية معقدة وهياكل استدلالية متطورة وموسعة.	الشمولية والقدرة على فرز وتشخيص عدة أمراض متداخلة في أحشاء المريض الداعمة.	تعقيد برمجي شديد، وبطء في معالجة الاستدلال، واحتمالية تضارب الحقائق الطبية.	استفدنا منه في فهم كيفية فصل وعزل أعراض الكبد وتفريدها عن بقية التداخلات الباطنية

					لحماية محركنا من التشتت.
نظام تشخيص امراض الكبد الحالي ٢٠٢٦م	أمراض واعتلالات الكبد (التليف، الالتهاب الوبائي، الكبد الدهني).	لغة Prolog، بيئة NetBeans / Java، مكتبة JPL، ولغة النمذجة UML.	واجهات تفاعلية منظمة، أداء سريع جداً، سهولة تعديل القواعد واستدعائها، والتعامل مع الأعراض والتحاليل الناقصة.	مقتصر على النطاق الطبي لأمراض الكبد والجهاز الهضمي المرتبط به	هو النظام المستهدف في هذا البحث والذي يدمج قوة المعالجة المنطقية في البرولونج مع مرونة واجهات الجافا لتشخيص أمراض الكبد بدقة.