

عنوان البحث

دور إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة الحالات المزمنة: دراسة ميدانية على
مرضى السكري

إعداد الطالب/

سعود علي المهيدب

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2025

فهرس المحتويات

3.....	المقدمة
5.....	مشكلة الدراسة
7.....	أهمية الدراسة
7.....	الأهمية العلمية
8.....	الأهمية التطبيقية
9.....	أهداف الدراسة
9.....	الهدف الرئيسي
10.....	الأهداف الفرعية
10.....	تساؤلات الدراسة
11.....	فروض الدراسة
12.....	الدراسات السابقة
19.....	الفجوة البحثية
21.....	المنطلقات النظرية للدراسة
21.....	مقدمة في المنطلقات النظرية
21.....	مفهوم إنترنت الأشياء في القطاع الصحي
21.....	تعريف وتطور التقنية
21.....	التطبيقات في إدارة الأمراض المزمنة
22.....	إنترنت الأشياء ومراقبة مرض السكري
22.....	الأنظمة والتقنيات المستخدمة
22.....	التنبؤ التحليلي والتعلم الآلي

22.....	جودة الحياة ونتائج المرضى
23.....	الاعتبارات الأمنية والخصوصية
23.....	المنهجية وطرق البحث
23.....	مصادر البيانات
23.....	مصادر أولية
24.....	متغيرات الدراسة
25.....	مصادر ثانوية
25.....	أدوات الدراسة
25.....	الأساليب الإحصائية المستخدمة
26.....	حدود الدراسة
27.....	المراجع العربية
28.....	المراجع الأجنبية

إنترنت الأشياء (IoT) يمثل ثورة تكنولوجية في طريقة جمع المعلومات الصحية ومعالجتها ونقلها بين الأجهزة والأطراف المعنية بالرعاية، وهو يكمل التحول الرقمي في نظم الرعاية الصحية عبر توفير قدرات للمراقبة المستمرة، التنبؤ، والتدخل المبكر في الحالات المزمنة (مقناني، 2021؛ أبوعود وآخرون، 2020). يعرف IoT طبياً كنظام متكامل من الأجهزة المستشعرة المتصلة بالإنترنت—مثل أجهزة قياس سكر الدم القابلة للارتداء، حساسات النشاط، مضخات الإنسولين المتصلة، وتطبيقات الهواتف الذكية—التي تجمع بيانات في الزمن الحقيقي وترسلها إلى منصات تخزين وتحليل قادرة على دعم اتخاذ القرار السريري وغير السريري (Jain et al., 2019؛ Al-Odat et al., 2018). في ظل الارتفاع المستمر لأعباء الأمراض المزمنة عالمياً، ولا سيما داء السكري، تبرز أهمية هذه الأنظمة كحل واعدة لتحسين ضبط المرض، تقليل المضاعفات، ورفع جودة حياة المرضى (شلابي وبورنان، 2021؛ Bouchi et al., 2024).

السكري كمثال نموذجي للحالات المزمنة يحتاج إلى مراقبة دورية ودقيقة لمؤشرات متعددة مثل مستوى الغلوكوز، نمط الطعام، النشاط البدني، والالتزام بالعلاج الدوائي؛ ومن ثم فإن الاعتماد على القياسات العرضية في العيادات يفتقد لبُعدين أساسيين: الاستمرارية والزمن الحقيقي. هنا يتدخل IoT ليزود الفريق الطبي والمرضى ببيانات مستمرة تمكّن من كشف التغيرات الطارئة وتقييم الاتجاهات طويلة المدى، مما يسهم في ضبط أفضل لمستويات الغلوكوز وتقليل الأحداث الحادة مثل فرط أو نقص السكر (Rghioui et al., 2021؛ Bouchi et al., 2024). دراسات تجريبية عشوائية وتقارير تطبيقية أظهرت أن تكامل الأجهزة المتصلة مع برامج تحليلية مدعومة بتعلم الآلة يمكن أن يؤدي إلى تحسين مؤشرات السيطرة على السكر وتقليل الحاجة للزيارات الطارئة (Naseem et al., 2022؛ Hennebelle et al., 2024).

إضافة إلى التحسّن السريري المباشر، تمنح تقنيات IoT فوائد اجتماعية واقتصادية واضحة: تحسين الامتثال العلاجي عبر التنبيهات الذكية، تقليل كلفة الرعاية من خلال خفض حالات الاستشفاء غير الضرورية، وتمكين المرضى من إدارة حالتهم بقدر أكبر من الاستقلالية (بوالفول، 2021؛ سلطان، 2021). الأجهزة القابلة للارتداء والتطبيقات المصممة بشكل مستخدم-مركزي توفر واجهات تفاعلية تمكّن المريض من رؤية بياناته وفهمها، ما يرتبط بتحسين الوعي الصحي والسلوكيات الذاتية، وهو ما تؤكد أعمال تناولت دور IoT في تنمية المعرفة الصحية بين المستفيدين (مقناني، 2021).

من منظور تقني، تمكّن منصات IoT الحديثة من ربط حافة الشبكة (edge) بحوسبة سحابية وتحليلات متقدمة، بما يسمح بمعالجة بيانات ضخمة وتوليد تنبؤات فورية قابلة للاستخدام السريري (Hennebelle et al., 2024). كما أن إدماج تقنيات مثل البلوكتشين والذكاء الصناعي يسهم في تعزيز أمان وسلامة البيانات وتقديم نماذج تنبؤية دقيقة أكثر للاضطرابات المتعلقة بالسكري (Hennebelle et al., 2024). أمثلة عملية من مسابقات ونماذج أولية بيّنت فعالية أنظمة المراقبة المستمرة المزودة بخوارزميات تصنيف في اكتشاف أنماط الخطورة وتسريع الاستجابة الطبية (Dargahi et al., 2024؛ Rghioui et al., 2021).

مع ذلك، فإن الانتشار الفعلي لتقنيات IoT في مراقبة الأمراض المزمنة يواجه تحديات بارزة تتعلق بالخصوصية وحماية البيانات، قابلية التشغيل البيني بين الأجهزة من مُصنّعين مختلفين، القيود التنظيمية، وأسعار الأجهزة وخدمات الاتصالات، خاصة في البيئات ذات الموارد المحدودة (بوالفول، 2021؛ سلطان، 2021). القضايا الأخلاقية المرتبطة بجمع بيانات حساسة وعلى مدى طويل تثير تساؤلات حول ملكية البيانات، الموافقة المستنيرة، وإمكانية إساءة استخدام المعلومات الشخصية، مما يستدعي أطر تشريعية وتقنية متوازنة تقلل المخاطر مع الحفاظ على الفوائد السريرية المحتملة (أبوعود وآخرون، 2020).

جانب آخر لا يقل أهمية هو البُعد الثقافي والاجتماعي: القدرة على تبني تقنيات جديدة لدى الفئات العمرية المتقدمة أو غير الملمة رقمياً قد تكون محدودة، كما أن الفروق في جودة الخدمات الصحية والبنية التحتية للاتصالات بين المناطق الحضرية والريفية تؤثر في فعالية ونطاق استخدام حلول IoT (شلابي وبورنان، 2021؛ Li et al., 2025). لذلك لم يعد الابتكار التقني وحده كافياً؛ بل يتطلب تصميم حلول مراعية لسياق المستخدم، سهولة استخدام، وتوافق مع الواقع الاقتصادي والصحي المحلي.

أخيراً، الأدلة المتزايدة من دراسات سريرية وتطبيقية تشير إلى أن IoT يمكن أن يكون عامل تغيير حقيقي في إدارة الأمراض المزمنة من خلال الدمج بين المراقبة الزمنية الحقيقية، تحليلات البيانات، ونماذج التدخل الذكية التي تدعم المرضى ومقدمي الرعاية على حد سواء (Bouchi et al., 2024؛ Naseem et al., 2022). ومع استمرار تطور التقنيات وامتداد التكامل بين الحافة والسحابة والذكاء الاصطناعي، تتبلور أمامنا آفاق جديدة لإعادة تشكيل منظومة الرعاية الصحية بما يخدم تحسين النتائج السريرية، خفض التكاليف، والارتقاء بنوعية حياة المصابين بالأمراض المزمنة مثل السكري.

تعاني إدارة مرض السكري من تحديات مستمرة تتمثل في الحاجة إلى مراقبة دقيقة ومستمرة لمستوى الغلوكوز وأنماط السلوك الصحي للمرضى لضمان ضبط مرضي يقلل من المضاعفات ويعزز جودة الحياة. الاعتماد التقليدي على قياسات العرضية خلال زيارات العيادة لا يكفي لالتقاط التقلبات اليومية أو للاستجابة السريعة للحالات الطارئة، مما يؤدي إلى ارتفاع مخاطر الدخول للمستشفيات وزيادة التكلفة الصحية على المستوى الفردي والمؤسسي (شلابي وبورنان، 2021؛ Bouchi et al., 2024). من هنا تنشأ الحاجة الملحة لأنظمة مراقبة أكثر استمرارية وذكاءً تسمح بتوفير بيانات زمنية حقيقية تدعم قرارات علاجية مبكرة ومخصصة.

على الرغم من التقدم التقني في مجال إنترنت الأشياء وتطبيقاته الصحية، تبرز فجوات معرفية وتشغيلية وتقنية تعوق الاستفادة الكاملة من هذه الحلول في بيئات الرعاية الحقيقية. أولاً، هناك قصور في الدراسات الميدانية التي تقيس فعالية حلول IoT على نتائج سريرية قابلة للقياس لدى مرضى السكري في سياقات محلية وإقليمية، إذ تركز العديد من الدراسات التجريبية على إعدادات تجريبية أو نماذج أولية دون تتبع تأثيرها على الامتثال العلاجي، تكرار الأزمات الحادة، أو جودة الحياة على مدى زمن طويل (Rghioui et al., 2021; Naseem et al., 2022). لذا، لا يزال من الضروري إنتاج أدلة ميدانية قوية تخاطب الفجوة بين الابتكار والتطبيق الواقعي.

ثانياً، تكمن مشكلة أساسية في قابلية التشغيل البيئي وأمن البيانات؛ فالأجهزة والأنظمة المشتركة من مُصنّعين متباينين قد لا تتكامل بسلاسة، كما أن نقل وتخزين بيانات حساسة مرتبطة بالسكري يثير قضايا خصوصية وامتثالاً للتشريعات، ما قد يقوض ثقة المرضى والمقدمين في تبني هذه التقنيات (أبوعود وآخرون، 2020؛ Hennebelle et al., 2024). بالإضافة لذلك، التحديات التقنية المتعلقة بدقة الحساسات، طول عمر البطارية، واعتمادية الاتصالات في المناطق ذات البنية التحتية الضعيفة تمنع الانتشار الواسع للتقنيات حتى عند توفرها تجريبياً (Al-Odat et al., 2018).

ثالثاً، هناك اعتبارات اجتماعية وثقافية تؤثر في قدرة المرضى على تبني واستخدام أنظمة IoT؛ فالفئات العمرية الأكبر أو ذوو التحصيل الرقمي المحدود قد يجدون صعوبات في التعامل مع الأجهزة والتطبيقات، مما يحد من أثر هذه الحلول ويولد تباينات في النتائج بين المجموعات السكانية (شلابي وبورنان، 2021؛

(Li et al., 2025). كما ترتبط الفعالية الاقتصادية للتقنيات بتكلفة الأجهزة وخدمات الاتصالات، ما يجعل الوصول لهذه الحلول محدودًا في البيئات ذات الموارد المحدودة أو بين طبقات اجتماعية مختلفة (بوالفول، 2021).

رابعاً، بالرغم من وجود برمجيات تحليلية متقدمة وتطبيقات تعلم آلة قادرة على التنبؤ بحالات الخطر وتحسين اتخاذ القرار، إلا أن تكامل هذه الخوارزميات مع مسارات الرعاية اليومية ونظم السجلات الطبية الإلكترونية ما يزال ناقصاً، مما يقلل من الاستفادة العملية من التنبؤات في تحسين النتائج السريرية (Hennebelle et al., 2024; Dargahi et al., 2024). هذا النقص في التكامل يفضي إلى فصل بين جمع البيانات وتحويلها إلى تدخلات فعالة على أرض الواقع.

بناءً على ما سبق، تتمثل المشكلة البحثية في غياب دلائل ميدانية متكاملة تقيم فعالية أنظمة إنترنت الأشياء في مراقبة وتحسين إدارة مرضى السكري ضمن سياق رعاية حقيقي، مع الأخذ بعين الاعتبار قضايا التشغيل البيئي، أمان البيانات، قابلية الاستخدام، والتفاوتات الاجتماعية والاقتصادية. وتتعرض هذه الفجوة في حاجة صانعي السياسة ومقدمي الرعاية إلى إرشادات تطبيقية مبنية على أدلة محلية تساهم في تبني حلول IoT بما يحسن السيطرة على السكري ويخفض التكلفة ويحمي خصوصية المرضى (مقناني، 2021؛ سلطان، 2021؛ Bouchi et al., 2024).

فتتجلى مشكلة الدراسة في الثلاث نقاط التالية:

نقص المراقبة المستمرة والبيانات الزمنية الحقيقية — الاعتماد على القياسات العرضية في الزيارات السريرية لا يكشف التقلبات اليومية في مستوى الغلوكوز ولا يسمح بالتدخل المبكر الفعال، مما يؤدي إلى ارتفاع مخاطر المضاعفات والحاجة إلى رعاية طارئة. لذلك ثمة حاجة واضحة لأنظمة توفر مراقبة مستمرة وقابلة للاستخدام في الحياة اليومية للمرضى. (شلّابي وبورنان، 2021؛ Bouchi et al., 2024).

تحديات تقنية وتشغيلية وأمنية — تعيق مشكلات قابلية التشغيل البيئي بين أجهزة ومزودي خدمة مختلفين، ومخاوف حماية وخصوصية البيانات الصحية، فضلاً عن قضايا دقة الحساسات واعتمادية الاتصالات، توسيع اعتماد حلول IoT في الممارسة السريرية الروتينية. هذه العقبات التقنية والتنظيمية تقلل من ثقة المرضى والمقدمين وتحد من الفعالية المبلغ عنها في البيئات الحقيقية. (أبوعود وآخرون، 2020؛ Al-Odat et al., 2018; Hennebelle et al., 2024).

عوائق اجتماعية واقتصادية وقابلية الاستخدام — تفاوت المعرفة الرقمية بين الفئات العمرية والاجتماعية، وتكلفة الأجهزة وخدمات الاتصالات، بالإضافة إلى صعوبات التكامل مع مسارات الرعاية والسجلات الإلكترونية، يوقع حلول الـIoT في فخ عدم التبني وعدم المساواة في الوصول إلى فوائدها. لذا يتطلب النجاح تصميم حلول تراعي السياق المحلي وسهولة الاستخدام والقدرة الاقتصادية للمستفيدين. (بوالقول، 2021؛ شلابي وبورنان، 2021؛ Li et al., 2025).

أهمية الدراسة

تزداد حاجة نظم الرعاية الصحية إلى حلول مبتكرة تواكب تزايد انتشار الأمراض المزمنة، وعلى رأسها السكري، وذلك لتقليل العبء الصحي والاقتصادي وتحسين نوعية حياة المرضى. تعتبر تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) من الأدوات الواعدة التي توفر مراقبة زمنية حقيقية وربطاً بين المرضى ومقدمي الرعاية والأنظمة التحليلية، مما يتيح فرصاً لتحسين الضبط العلاجي والاكتشاف المبكر للمضاعفات. تكمن أهمية هذا البحث في تقييم إسهام حلول الـIoT ضمن سياق ميداني حقيقي للمرضى المصابين بالسكري، وبذلك تجيب على حاجة معرفية وعملية ملحة تتقاطع عند نقاط العلوم والتطبيق في الرعاية الصحية. (مقناني، 2021؛ أبوعود وآخرون، 2020).

الأهمية العلمية

يمتد البُعد العلمي لهذا البحث عبر عدة محاور أساسية تساهم في تعزيز المعرفة النظرية والمنهجية المتعلقة بتوظيف تقنيات إنترنت الأشياء في إدارة الأمراض المزمنة. أولاً، يملأ البحث فجوة أدبية واضحة في الأدلة الميدانية حول فعالية حلول الـIoT في تحسين مؤشرات السيطرة على السكري داخل سياقات محلية أو إقليمية؛ فمع أن هناك دراسات تجريبية ووصفية واسعة النطاق، إلا أن الأدلة العملية المرتبطة بالتأثيرات السريرية على الامتثال، تكرار الأزمات الحادة، والجودة الشاملة للحياة تبقى محدودة أو مرتبطة بإعدادات تجريبية (Rghioui et al., 2021; Bouchi et al., 2024). لذلك يسهم البحث في إنتاج بيانات قابلة للقياس العلمي تُثري قاعدة الأدلة وتدعم المراجعات المنهجية المستقبلية (Naseem et al., 2022).

ثانياً، يقدم البحث مساهمة منهجية عبر اختبار نماذج تكاملية تجمع بين أجهزة الاستشعار، منصات الحافة والسحابة، وخوارزميات التحليل والتنبؤ. هذا التكامل العلمي يُمكن من تقييم قابلية التشغيل البيئي

بين مكونات النظام ودقة الحساسات في ظروف استخدام حقيقية، وهو أمر ضروري لبناء مؤشرات جودة معيارية لأنظمة المراقبة المستمرة (Al-Odat et al., 2018; Hennebelle et al., 2024).

ثالثاً، يضيف البحث إلى المعرفة المتعلقة بالجوانب السلوكية والصحية العامة المرتبطة بتبني التكنولوجيا؛ فهو يدرس أثر توافر البيانات الزمنية الحقيقية على وعي المرضى، سلوكياتهم العلاجية، وقرارات مقدمي الرعاية. هذا البعد النفسي-السلوكي غالباً ما يغيب عن الدراسات الفنية والتقنية لكنه حاسم لفهم كيف تؤثر التكنولوجيا على النتائج الصحية الفعلية (شلابي وبورنان، 2021).

رابعاً، من الناحية النظرية-الأخلاقية، يعالج البحث أسئلة مرتبطة بالخصوصية، الأمان، وملكية البيانات في سياق رصد مستمر للبيانات الصحية، ما يسهم في تطوير أطر أخلاقية وتنظيمية مبنية على أدلة قد تفيد صانعي السياسات والهيئات التنظيمية (أبوعود وآخرون، 2020; Hennebelle et al., 2024).

يهدف البحث الباحثين والمنهجين بنماذج تحليلية وقابلة للتكرار تُسهم في تصميم دراسات مستقبلية متعددة المراكز، وتُغذي الحقول العلمية المتقاطعة بين تكنولوجيا الصحة الرقمية، تعلم الآلة، وعلوم السلوك الصحي. هذا الجمع بين البعدين التجريبي والنظري يجعل من البحث إضافة علمية مهمة إلى أدبيات إدارة الأمراض المزمنة باستخدام تقنيات (IoT) (Dargahi et al., 2024).

الأهمية التطبيقية

تتجلى الأهمية التطبيقية لهذا البحث في مجموعة من الآثار المباشرة والمتوسطة المدى على ممارسات الرعاية الصحية، سياسات الصحة العامة، وتجربة المرضى. أولاً، يوفر البحث دليلاً عملياً لمقدمي الرعاية الصحية حول جدوى تبني حلول إنترنت الأشياء لتحسين ضبط السكري، من خلال قياس التأثير على مؤشرات مثل متوسط مستويات الغلوكوز، معدلات الأحداث الحادة، ومؤشرات الامتثال العلاجي. هذه المعطيات قد تساعد المستشفيات والمراكز الصحية على اتخاذ قرارات استثمارية مبنية على نتائج فعلية بدلاً من افتراضات تقنية صرف (Bouchi et al., 2024; Rghioui et al., 2021).

ثانياً، يسهم البحث في تصميم نماذج تنفيذية لبرامج رعاية افتراضية أو هجينة تعتمد على المراقبة المستمرة، إذ يقدم توصيات عملية حول الأجهزة الملائمة، متطلبات البنية التحتية للاتصالات، وإجراءات

التكامل مع السجلات الطبية الإلكترونية. ذلك يُسهم في تقليل زيارات العيادات غير الضرورية وتوجيه الموارد إلى الحالات التي تستدعي تدخل فوري، مما يعود بتخفيض التكاليف وتحسين كفاءة تقديم الخدمة (بوالفول، 2021).

ثالثاً، من زاوية المرضى، يعزز البحث من إمكانية تطوير حلول متمحورة حول المستخدم تأخذ بعين الاعتبار قابلية الاستخدام، الحواجز الثقافية والاقتصادية، واحتياجات الفئات العمرية المختلفة. عبر تقييم تجريبي لقابلية الاستخدام، يمكن للممارسين وصانعي المنتجات ضبط واجهات التطبيقات وسياسات التدريب والدعم الفني لضمان تبني فعال بين المرضى (شلاي وبورنان، 2021; Li et al., 2025).

رابعاً، يوفر البحث توجيهات عملية لصناع السياسة والهيئات التنظيمية فيما يتعلق بحماية البيانات الصحية ومعايير التشغيل البيئي، من خلال إبراز نقاط الضعف التشغيلية والأمنية في بيئة فعلية وتقديم حلول تقنية وإجرائية للحد من المخاطر. هذا أمر حاسم لبناء ثقة الجمهور وتمهيد الطريق لاعتماد أوسع لهذه التقنيات في النظم الصحية الوطنية (أبوعود وآخرون، 2020; Hennebelle et al., 2024).

خامساً، من الناحية الاقتصادية والاجتماعية، يساعد البحث في حساب جدوى اقتصادية على المدى المتوسط من خلال تقدير التوفيرات الناتجة عن تقليل حالات الطوارئ والاستشفاء، إضافة إلى إمكانات خلق خدمات رعاية رقمية مدفوعة أو ممولة دولياً تدعم الفئات الضعيفة. هذه المعطيات مهمة للمستثمرين والشركاء في القطاع الخاص والرعاة لتبني مبادرات مستدامة (سلطان، 2021).

يعمل البحث كنموذج تطبيقي يُستسخ في بيئات أخرى أو يُستخدم كأساس لمشروعات تطويرية للشركات الناشئة في مجال الصحة الرقمية، مما يسرع من عملية التحويل التكنولوجي في الرعاية الصحية ويجعل فوائد إنترنت الأشياء ملموسة في تحسين نتائج مرضى السكري وحياتهم اليومية (Naseem et al., 2022; Dargahi et al., 2024).

أهداف الدراسة

الهدف الرئيسي

- تقييم أثر نظام إنترنت الأشياء (IoT) للمراقبة المستمرة على تحسين إدارة مرضى السكري في سياق ميداني، من حيث التحكم بالسكر، الامتثال العلاجي، وجودة الحياة، والآثار التشغيلية والأمنية.

الأهداف الفرعية

- قياس تأثير استخدام أجهزة الاستشعار والتطبيقات المتصلة على مؤشرات السيطرة على الغلوكوز (مثل متوسط السكر التراكمي أو تذبذب مستويات الغلوكوز) مقارنةً بالأساليب التقليدية.
- تقييم أثر النظام على سلوكيات المرضى الدوائية ونمط حياتهم (الالتزام بالدواء، النشاط البدني، النظام الغذائي) ومستوى وعيهم الصحي.
- دراسة قابلية الاستخدام (usability) وقبول المرضى لمكونات النظام (الأجهزة، التطبيقات، والتنبيهات) واستخلاص العوائق والدوافع للتبني.
- تحليل قابلية التشغيل البيني للتقنيات المطبقة وتحديد المشكلات التقنية المتعلقة بتكامل الأجهزة مع السجلات الطبية والأنظمة القائمة.
- تقييم متطلبات أمان وخصوصية البيانات في نظام IoT المقترح وتحديد نقاط الضعف المقترحة وسبل المعالجة.
- تقدير الأثر الاقتصادي الأولي للنظام على تكاليف الرعاية (مثل تقليل زيارات الطوارئ أو الاستشفاء) لتقديم مؤشرات جدوى مؤقتة.
- اقتراح توصيات تنفيذية وسياساتية لدمج حلول IoT في ممارسات الرعاية الروتينية، مع مراعاة السياق المحلي وفئات المرضى المختلفة.

تساؤلات الدراسة

التساؤل الرئيسي

- إلى أي مدى يساهم تطبيق نظام إنترنت الأشياء (IoT) للمراقبة المستمرة في تحسين إدارة مرضى السكري من حيث التحكم بمستويات الغلوكوز، الامتثال العلاجي، وجودة الحياة مقارنةً بالأساليب التقليدية؟

التساؤلات الفرعية

- ما أثر استخدام أجهزة الاستشعار والتطبيقات المتصلة على مؤشرات السيطرة على السكري (مثل HbA1c، تذبذب مستويات الجلوكوز، وتواتر نوبات فرط/نقص السكر) خلال فترة المتابعة؟
- كيف يؤثر النظام على سلوكيات المرضى المتعلقة بالالتزام الدوائي، النشاط البدني، والنظام الغذائي، وهل يزداد وعيهم الصحي باستخدام بيانات الزمن الحقيقي؟
- ما مدى قابلية الاستخدام والقبول لدى المرضى لمكونات نظام الـ IoT (الأجهزة، التطبيقات، والتنبيهات) وما هي العوائق والدوافع الأساسية لتبنيها؟
- كيف تؤثر مشكلات التشغيل البيني، أمان وخصوصية البيانات على فعالية تطبيق النظام وسهولة اندماجه مع سير العمل السريري والسجلات الطبية الإلكترونية؟

فروض الدراسة

انطلاقاً من الإطار النظري والتطبيقي للدراسة ومراجع الأدبيات حول دور إنترنت الأشياء في الرعاية الصحية، تفترض هذه الدراسة أن إدخال نظام إنترنت الأشياء للمراقبة المستمرة سيُحدث تغييراً إيجابياً في إدارة مرضى السكري على مستويات متعددة — سريرية، سلوكية، واقتصادية — شريطة توافر قابلية استخدام مناسبة، تكامل تقني، وضمانات لأمن وخصوصية البيانات. تُصاغ الفروض هنا بوصفها توقعات عملية ملموسة عن أثر النظام في الواقع الميداني، بحيث يمكن تقييم مدى تحققها عبر مؤشرات مراقبة واضحة وقياسات ميدانية.

الفرض الرئيسي

- يسهم تطبيق نظام إنترنت الأشياء للمراقبة المستمرة في تحسين إدارة مرضى السكري من خلال رفع مستوى التحكم بمؤشرات الجلوكوز، تعزيز الامتثال العلاجي، وتحسين جودة حياة المرضى.

الفروض الفرعية

- يؤدي استخدام أجهزة الاستشعار والتطبيقات المتصلة إلى تحسن ملموس في مؤشرات التحكم بمستويات الغلوكوز لدى مرضى السكري.
- يساهم توفر بيانات الزمن الحقيقي والتنبيهات الذكية في زيادة امتثال المرضى للعلاج وتعزيز عاداتهم الصحية (الدوائية والغذائية والنشاطية).
- يساهم اعتماد نظام IoT في تقليل تواتر ونوبات فرط/نقص السكر من خلال الكشف المبكر والتدخل السريع.
- يساهم النظام في رفع وعي المرضى الصحي وتمكينهم من إدارة حالتهم بشكل أكثر استقلالية وتحسين إدراكهم للحالة المرضية.
- يؤدي تكامل نظام IoT مع مسارات الرعاية والسجلات الطبية إلى تحسين كفاءة العمل السريري وتقليل الحاجة لزيارات الطوارئ أو الاستشفاء غير الضرورية، مما ينعكس على خفض التكاليف الإجمالية للرعاية.
- ترتبط قابلية استخدام النظام ورضا المرضى بمدى تبنيهم وفعاليتهم؛ فكلما كان التصميم أكثر سهولة وملاءمة للسياق المحلي زادت فرص الاستخدام المستدام.
- تساهم الخوارزميات التحليلية المدمجة (تنبيه/تنبؤ) في دعم اتخاذ القرار الطبي المبكر وتحسين استهداف التدخلات للمرضى المعرضين للخطر.

الدراسات السابقة

- مقناني (2021) — "استخدام تقنية إنترنت الأشياء في القطاع الصحي ودوره في تنمية المعرفة الصحية"

قام مقناني (2021) بمراجعة أدبية تحليلية تناولت نشأة وتطور تقنية إنترنت الأشياء وتطبيقاتها في القطاع الصحي، مع تركيز خاص على دورها في تنمية المعرفة الصحية بين المهنيين والمواطنين. اعتمدت الورقة على تحليل مصادر ثانوية متنوعة (تقارير دولية، مقالات علمية، ودراسات حالة) لاستقصاء مجالات

تطبيق IoT في الصحة مثل الأجهزة القابلة للارتداء، الأنظمة الذكية لإدارة السجلات، والتطبيقات التعليمية الصحية. وسلّطت الدراسة الضوء على الإمكانيات التقنية لتمكين رصد المستمر للمعطيات الحيوية وربط المرضى بمقدمي الرعاية، بالإضافة إلى الفرضيات المتعلقة بتأثير هذه التقنية في تحسين جودة الحياة وخفض الأخطاء الطبية من خلال تدفق المعلومات في الزمن الحقيقي.

أظهرت نتائج المقاربة التحليلية أن إنترنت الأشياء يمثل أداة واعدة لتعزيز الوعي الصحي ورفع قدرة الأفراد على اتخاذ قرارات مدعومة بالبيانات، خصوصاً حين تُدمج هذه الأجهزة مع منصات تعليمية وتوعوية. مع ذلك، لاحظت الدراسة فجوات منهجية وتشغيلية؛ فعدد من التقارير تشير إلى نجاحات تجريبية لكنها لا تزال تقتصر إلى تقييمات ميدانية طويلة تقيس الأثر الفعلي على مؤشرات الصحة العامة. كما نبهت الدراسة إلى أهمية مراعاة البنية التحتية والأطر التشريعية وأمن البيانات كشرطين أساسيين لنجاح نشر هذه التكنولوجيا. أوصت الورقة بإجراء دراسات ميدانية تقيم أثر حلول IoT على سلوك المرضى والنتائج السريرية، وبوضع سياسات تنظيمية واضحة لحماية البيانات وتعزيز القابلية للتشغيل البيني بين الأنظمة الصحية.

– بوالفول (2021) — "دور إنترنت الأشياء (IoT) في تأدية العمل في المجال الصحي مع الإشارة إلى بعض الدول"

تناولت دراسة بوالفول (2021) تطبيقات إنترنت الأشياء في منظومة الرعاية الصحية عبر تحليل تطبيقي ومقارن بين تجارب بعض الدول في تبني حلول IoT. اعتمد البحث منهجاً وصفيّاً تقيماً للممارسات، حيث جمعت معلومات عن حالات استخدام مثل نظم المراقبة عن بُعد للمرضى، إدارة سلسلة الإمداد الدوائي، وأنظمة المواعيد الذكية. ركّزت الدراسة أيضاً على تقييم أثر تبني هذه الحلول على الكفاءة التشغيلية وتخفيض التكاليف في المستشفيات والمؤسسات الصحية، مع إبراز أمثلة عملية من دول طبقت نماذج ناجحة وأخرى واجهت صعوبات تنظيمية وتقنية.

أشارت نتائج بوالفول إلى أن إنترنت الأشياء يمكنه إحداث «ثورة» في كفاءة الرعاية عبر ربط الأجهزة الذكية والبيانات، مما يساهم في تقليل الأخطاء، تحسين جدولة الموارد، ومتابعة المرضى المزمّنين باستمرار. ومع ذلك، أكدت الدراسة أن الفائدة لا تتحقق تلقائياً بل تحتاج إلى استثمارات في البنية التحتية، تدريب الكوادر، ووضع أطر قانونية لحماية المعلومات الصحية. كما لفتت إلى تحديات التوحيد القياسي وتشغيلية

التوافق بين أنظمة مختلفة، ما قد يعرقل الانتشار الواسع. من توصياتها وضع سياسات حكومية داعمة، تشجيع الشراكات بين القطاعين العام والخاص، وتبني مقاييس أداء لقياس أثر حلول IoT في مؤشرات جودة الرعاية وتقليل التكاليف التشغيلية.

- شلابي، عائشة وبورنان، سامية (2021) — "توعية الحياة لدى مرضى السكري: دراسة ميدانية بجمعية مرضى السكري بولاية المسيلة"

أجرت شلابي وبورنان (2021) دراسة ميدانية وصفية هدفت إلى تقييم نوعية الحياة لدى مرضى السكري المنتسبين إلى جمعية مرضى السكري بولاية المسيلة، مستخدمتين مقياس منظمة الصحة العالمية لجودة الحياة بأبعاده الأربعة (الجسدي، النفسي، الاجتماعي، والبيئي). تكونت العينة من 40 مريضاً ومريضة تم اختيارهم بطريقة قصدية، وشملت الدراسة جمع بيانات ديموغرافية وصحية وتحليل الفروق في نوعية الحياة وفقاً للجنس والمستوى التعليمي. اعتمدت الباحثات على منهج وصفي تحليلي لتفسير نتائج المقياس وربطها بخصائص العينة ودوافع التحسين الصحي.

أوضحت النتائج أن متوسط درجات نوعية الحياة لدى أفراد العينة كان أعلى من المتوسط النظري، مع بروز البعد الجسدي كالبعد الأكثر تأثراً، ثم البعد البيئي، النفسي، والاجتماعي على التوالي. كما وجدت الدراسة عدم وجود فروق كبيرة في نوعية الحياة تعزى للجنس أو المستوى التعليمي داخل العينة المحدودة. ناقشت الباحثتان تفسيرات محتملة لذلك، منها مستوى الرعاية المتاح في الجمعية ودور الدعم المحلي، كما نبهتا إلى محدودية العينة وأساليب الاختيار التي قد تؤثر على التعميم. أوصت الدراسة بإجراء بحوث ميدانية أوسع وباستخدام عينات عشوائية ودراسات طولية لمتابعة تأثير تدخلات مثل برامج التوعية أو حلول المراقبة المستمرة (مثل IoT) على جودة الحياة لدى مرضى السكري، الأمر الذي يربط مباشرة بموضوع بحثنا في أهمية اختبار التقنيات الجديدة في سياقات محلية ميدانية.

- Bouchi et al. (2024) — "Internet of things–based approach for glycemetic control in people with type 2 diabetes"

أجرى Bouchi وزملاؤه (2024) تجربة عشوائية محكمة شاملة هدفت إلى فحص أثر نهج مبني على إنترنت الأشياء على التحكم بغلوكوز الدم لدى البالغين مصابين بداء السكري من النمط الثاني. شملت الدراسة 1,159 مشاركاً تتراوح أعمارهم بين 20-74 سنة وكان معيار الانضمام HbA1c بين 6.0-

8.9%، وقُسم المشاركون عشوائياً إلى مجموعة تدخل استخدمت نظاماً آلياً قائماً على IoT لملاحظات lifelogging (قياس الوزن، ضغط الدم، والنشاط البدني) مع رسائل تغذية راجعة لتعزيز تعديل السلوك الغذائي والبدني، ومجموعة ضابطة اعتمدت الممارسات التقليدية. طريقة البحث متميزة بحجمها والمدة الطويلة للمتابعة (52 أسبوعاً)، ما يجعلها مرجعية قيمة لتقييم الأثر طويل المدى لتدخلات الصحة الرقمية خارج إطار الاختبارات القصيرة أو النماذج الأولية.

أظهرت نتائج الدراسة أن الفرق في تغيير HbA1c بين المجموعتين على مستوى التحليل الشامل كان ضئيلاً وغير واضح الفارق عند قياس النهاية بعد 52 أسبوعاً؛ بينما أظهر تحليل المجموعة وفقاً للالتزام (per-protocol) أن المشاركين الذين استخدموا نظام IoT يومياً أظهروا تحسناً طفيفاً مقارنةً بمن لم يستخدموا التطبيق بانتظام، ما يوحي بأن فعالية الحلول الرقمية قد تعتمد بشكل كبير على مستوى التزام المستخدمين وتكامل بيانات القياس اليومي للغلوكوز ضمن النظام. يستخلص الباحثون أن إدخال بيانات قياس الغلوكوز اليومية وملحقات قياس مباشر قد يكون ضرورياً لتعزيز أثر تدخلات IoT على السيطرة على السكري، كما تشير النتائج إلى أن قابلية الاستخدام والالتزام لا تقل أهمية عن الجانب التقني في تحقيق الفائدة السريرية. كما أظهرت الدراسة سلامة مقبولة دون زيادة في المخاطر للأحداث الضائرة، مما يطرح أن التركيز المستقبلي يجب أن يكون على تصميم أنظمة تشجع الاستخدام المنتظم وتدمج قياسات سكر يومية لتكون أكثر تأثيراً سريرياً.

– Rghioui et al. (2021) — "An IoT based diabetic patient monitoring system using machine learning and NodeMCU"

قدم Rghioui وآخرون (2021) دراسة تقنية تطبيقية تُعرض نموذجاً لنظام مراقبة مرضى السكري يعتمد على مكونات إنترنت الأشياء منخفضة التكلفة (مثل لوحة NodeMCU وأجهزة استشعار لقياس مستوى الغلوكوز/بيانات صحية أخرى، ودرجات الحرارة وتتبع الموقع) مع تخزين هذه البيانات وتحليلها باستخدام تقنيات تعلم الآلة. صُمم النظام ليجمع بيانات مستمرة عن حالة المريض ويطبق خوارزميات تصنيف تنبؤية لمساعدة الأطباء والمرضى على اتخاذ قرارات علاجية مبكرة بناءً على الأنماط المكتشفة. ركّز البحث على وصف المعمارية الفنية للنظام واختبار عدد من خوارزميات التعلم الآلي لتحديد الخوارزمية الأكثر ملاءمة من ناحية الدقة والأداء في تصنيف الحالات أو التنبؤ بالوضع الصحي.

تأتي أهمية هذه الدراسة في إبراز قابلية بناء حلول مراقبة رخيصة وموزعة تقنياً يمكنها أن تولّد بيانات ذات قيمة للتحليلات التنبؤية، لكنّها أيضًا تبرز حدود المرحلة التطبيقية؛ فالدراسة تظل نموذجًا تقنيًا يحتاج إلى تقييمات ميدانية سريرية للتأكد من دقة الحساسات في بيئات الاستخدام الحقيقية، ومدى ملائمة الخوارزميات عندما تُعرض لبيانات متغيرة الضوضاء والبيئات السكانية المتنوعة. كما تبرز الحاجة لمعالجة جوانب التشغيل البيئي، أمان البيانات، والخصوصية قبل الانتقال من نموذج تجريبي إلى تطبيق سريري واسع النطاق. توصي الدراسة بمزيد من العمل على تكامل النظام مع سجلات المرضى الإلكترونية وتحسين واجهات الاستخدام للمريض، بالإضافة إلى دراسات مقارنة في بيئات ميدانية لتقييم الأثر الفعلي على اتخاذ القرار الطبي ونتائج المرضى.

– Naseem et al. (2022) — "Novel Internet of Things based approach toward diabetes prediction using deep learning models"

قدّم Naseem وزملاؤه (2022) مقترحًا مبتكرًا يجمع بين إنترنت الأشياء وتقنيات التعلم العميق للتنبؤ المبكر بمرض السكري، بهدف إنشاء نظام ذكي لمراقبة صحة المرضى قادر على رصد المرض المزمن بدقة وسرعة قبل تفاقم حالته. يعتمد النظام على أجهزة استشعار تلتقط بيانات فسيولوجية من المريض (مثل القراءات الحيوية) ومن ثم تحليلها باستخدام ستة خوارزميات تعلم آلي، وهي: SVM، الانحدار اللوجستي، الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN)، الشبكات العصبية الالتفافية (CNN)، الشبكات العصبية المتكررة (RNN)، وذاكرة طويلة وقصيرة الأمد (LSTM).

أظهرت النتائج أن خوارزمية RNN حققت أعلى أداء من حيث الدقة (81%)، والدقة الإيجابية (precision) بنسبة (75%)، ودرجة F1 بنسبة (65%)، في حين كانت أعلى قيمة للاستدعاء (recall) عند ANN بنسبة (56%). يبرز هذا النموذج قدرة الجمع بين IoT وخوارزميات التعلم العميق على دعم الأطباء في اتخاذ قرارات علاجية أسرع وأكثر دقة، خاصة عند دمج مراقبة المستشعرات في الزمن الفعلي مع التحليل التنبؤي. ومع ذلك، يشير الباحثون إلى أن الأداء قد يتأثر بجودة البيانات وتنوعها، ما يستلزم اختبارات ميدانية أوسع قبل الاعتماد الكامل سريريًا.

– Dargahi et al. (2024) — "Providing an approach based on the Internet of Things platform to monitor and control the conditions of patients (diabetes) with classification technique"

قدّم Dargahi وآخرون (2024) نظامًا متكاملًا لإدارة مرض السكري يعتمد على منصة إنترنت الأشياء بهدف المراقبة والسيطرة على الحالة الصحية للمرضى بشكل آني. يتألف النظام من أجهزة استشعار مناسبة، وخوارزميات برمجية، ومكونات عتادية تعمل معًا لجمع البيانات الفسيولوجية من المرضى، تحليلها، وتوليد قرارات أو تنبيهات مخصصة. يركّز النموذج على تحسين دقة وسرعة المراقبة من خلال تقنيات التصنيف، بما يسمح بتنفيذ تدخلات علاجية في الوقت المناسب وتقديم رعاية شخصية تتماشى مع احتياجات كل مريض.

أظهرت التقييمات الأولية فعالية النظام في اكتشاف التغيرات المرتبطة بالسكري بدقة عالية مع سهولة الاستخدام، ما يفتح المجال لتبني واسع النطاق في أنظمة الرعاية الصحية، خاصة في ظل الحاجة لحلول مبتكرة للأمراض المزمنة. يشير الباحثون إلى أن التطوير المستمر وإضافة قدرات تحليلية متقدمة يمكن أن يرفع من قيمة النظام، ويؤكدون على أن دمج حلول IoT بالرعاية الصحية المستقبلية سيكون محورًا أساسيًا لمواجهة تحديات الأمراض المزمنة.

– Al-Odat et al. (2018) — "IoT-based secure embedded scheme for insulin pump data acquisition and monitoring"

قدم Al-Odat وزملاؤه (2018) مقترحًا مبتكرًا يعتمد على تقنيات إنترنت الأشياء لتطوير نظام مدمج لجمع البيانات من مضخات الإنسولين ومراقبتها بشكل آمن. ركز التصميم على حل واحدة من أبرز التحديات في الرعاية الصحية الرقمية وهي حماية بيانات المرضى وضمان موثوقيتها أثناء النقل والتخزين. اعتمد الباحثون على لوحة Keil LPC1768 كوحدة تحكم أساسية تعمل كطبقة وسيطة بين مضخة الإنسولين والسحابة الإلكترونية. وقبل إرسال أي بيانات، تُشفّر المعلومات باستخدام خوارزمية التجزئة الآمنة (SHA)، وتُوقع رقميًا لضمان عدم العبث بها أو تعديلها من قبل جهات غير مصرح لها. تم اختبار النظام في بيئة Vision Studio باستخدام مكونات فعلية مثل مضخة ALARIS 8100، بالإضافة إلى تجربة على بنية تحتية سحابية قدمها مركز النظم المساعدة بالحوسبة.

أظهرت نتائج الاختبارات أن هذا النظام يحقق درجة عالية من الأمان والموثوقية في نقل بيانات مرضى السكري، مما يعزز الثقة في استخدام تقنيات إنترنت الأشياء ضمن بيئات الرعاية الصحية الحرجة. كما بينت الدراسة أن تأمين البيانات لا يقل أهمية عن جمعها وتحليلها، خاصة في حالات الأمراض المزمنة التي تتطلب مراقبة طويلة الأمد مثل السكري. يوفر هذا النظام نموذجًا يمكن تعميمه على أجهزة طبية أخرى، ويؤكد على ضرورة دمج آليات الحماية الرقمية مع تقنيات إنترنت الأشياء منذ مرحلة التصميم، لتقليل المخاطر المحتملة وضمان تقديم رعاية صحية ذكية وآمنة.

– Jain et al. (2019) — "iGLU 1.0: An accurate non-invasive near-infrared dual short wavelengths spectroscopy based glucometer"

تناول Jain وآخرون (2019) قضية شائعة بين مرضى السكري وهي الاعتماد على طرق قياس باضعة لسكر الدم، مثل وخز الإصبع، والتي قد تسبب انزعاجًا للمريض وتزيد من خطر الإصابة بعدوى مرتبطة بالدم. بهدف تجاوز هذه الإشكالية، طور الباحثون جهازًا ذكيًا غير باضع لقياس الجلوكوز يسمى iGLU 1.0، يعتمد على تقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) باستخدام طولين موجيين (940 نانومتر و1300 نانومتر) للكشف عن جزيئات الجلوكوز في الدم. ودمج النظام نماذج تعلم آلي متقدمة، مثل الانحدار متعدد الحدود والشبكات العصبية العميقة (DNN)، للوصول إلى تقديرات دقيقة لمستويات الجلوكوز.

تم التحقق من فعالية الجهاز بمقارنة نتائجه مع جهاز قياس باضع تقليدي، وأظهرت النتائج أن متوسط فرق النسبة المطلقة (MARD) بلغ 4.66% ومتوسط الخطأ 4.61%، مع معامل ارتباط 0.81، مما يدل على دقة عالية. إضافة إلى ذلك، يتميز الجهاز بقدرته على تخزين البيانات في السحابة عبر منصة إنترنت الأشياء المفتوحة، ما يتيح للأطباء متابعة حالة المريض عن بُعد وإجراء التعديلات العلاجية عند الحاجة. يشكل iGLU 1.0 مثالًا عمليًا على كيفية دمج تقنيات إنترنت الأشياء مع الذكاء الاصطناعي لتقديم حلول صحية أكثر راحة وأمانًا ودقة، مما يعزز جودة حياة مرضى السكري ويقلل من عبء الإجراءات الطبية التقليدية.

الفجوة البحثية

شهدت التطورات السريعة في تقنية إنترنت الأشياء (IoT) ثورة في مجال الرعاية الصحية، خاصة في مراقبة الحالات المزمنة مثل مرض السكري، حيث تتيح الاتصال السلس بين الأجهزة والمرضى لجمع البيانات في الوقت الفعلي وتحليلها (مقناني، 2021؛ بوالفول، 2021). ومع ذلك، رغم الإسهامات البارزة في الأدبيات، تظهر فجوات بحثية واضحة تحول دون الاستفادة الكاملة من هذه التقنية. يهدف هذا الجزء إلى تحديد هذه الفجوات بناءً على مراجعة الأدبيات الموجودة، مع التركيز على السياقات العربية والعالمية، لتبرير أهمية الدراسة الميدانية الحالية على مرضى السكري.

بدأت الدراسات العربية باستكشاف دور IoT في القطاع الصحي بشكل عام. على سبيل المثال، يناقش مقناني (2021) مجالات استخدام IoT في الرعاية الصحية ودورها في تنمية المعرفة الصحية، مشيراً إلى أهميتها في تحسين جودة حياة المرضى من خلال جمع المعطيات البيئية والصحية. كما يبرز بوالفول (2021) كيف تساهم IoT في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف من خلال ربط الأجهزة الذكية بالمرضى والأطباء. أما حنين عبد السلام أبوعود وآخرون (2020) فيقدمون نظرة على IoT الذكية في الرعاية الصحية، بينما يركز سلطان (2021) على الرعاية الصحية الذكية (Smart Health) كجزء من برامج الأمم المتحدة. في سياق مرض السكري تحديداً، أجرت شلابي وبورنان (2021) دراسة ميدانية على جودة الحياة لدى مرضى السكري في ولاية المسيلة بالجزائر، مستخدمة مقياس منظمة الصحة العالمية، ووجدت أن جودة الحياة إيجابية مع سيادة البعد الجسدي، لكن بدون دمج IoT.

على الصعيد العالمي، ركزت الدراسات على تطبيقات IoT في مراقبة السكري. على سبيل المثال، أجرى Bouchi et al (2024) تجربة سريرية عشوائية على 1159 مريضاً بمرض السكري من النوع الثاني، مستخدماً نظام IoT لمراقبة الوزن والضغط والنشاط البدني، لكنه وجد عدم انخفاض ملحوظ في مستويات HbA1c (-0.000% مقابل -0.006%)، مع تحسن طفيف في التحليل حسب البروتوكول (-0.098% مقابل -0.027%). هذا يشير إلى جدل حول الفعالية طويلة الأمد. كما اقترح Rghioui et al (2021) نظام مراقبة باستخدام التعلم الآلي و Node MCU لقياس الجلوكوز والحرارة والموقع، مقارناً خوارزميات مختلفة للتنبؤ. أما Naseem et al (2022) فطوروا نهجاً يعتمد على التعلم العميق مثل RNN (دقة 81%) للتنبؤ بالسكري من بيانات الحساسات. وفي Dargahi et al (2024)، تم

تصميم نظام IoT لمراقبة السكري باستخدام تصنيف لتحسين الدقة والسرعة. كذلك، ركز Al-Odat et al. (2018) على الأمان في مراقبة مضخات الإنسولين باستخدام خوارزميات الهاش، بينما طور Jain et al. (2019) جهاز iGLU غير غازي باستخدام الطيفية تحت الحمراء (MARD 4.66%). أخيراً، دمج Hennebelle et al. (2024) البلوكشين مع IoT للخصوصية في التنبؤ بالسكري، واستعرض Li et al. (2025) تطبيقات IoT المتنقلة لكبار السن المصابين بالسكري، مشيراً إلى فوائدها في الخدمات الصحية.

رغم هذه الإسهامات، تكشف الأدبيات عن فجوات بحثية متعددة. أولاً، نقص الدراسات الميدانية الشاملة في السياقات العربية، حيث تركز معظم الأبحاث العربية على الجوانب النظرية أو الوصفية دون تطبيق عملي لـ IoT في مراقبة السكري (مقناني، 2021؛ شلابي وبورنان، 2021). على سبيل المثال، في الجزائر، ركزت الدراسات على جودة الحياة دون دمج التقنيات الذكية، مما يترك فجوة في فهم كيفية تحسين IoT للرعاية اليومية في المناطق النائية أو ذات الإمكانيات المحدودة. ثانياً، الجدل حول الفعالية طويلة الأمد، كما أظهر Bouchi et al. (2024)، حيث فشلت IoT في خفض HbA1c بشكل كبير، مما يتطلب دراسات أطول لتقييم الالتزام والتأثيرات السلوكية (Li et al., 2025). ثالثاً، عدم دمج تقييم جودة الحياة مع IoT، فبينما أبرزت شلابي وبورنان (2021) أبعاد QoL (جسدي، اجتماعي، نفسي، بيئي)، لم تدمج الدراسات مثل Rghioui et al. (2021) أو Naseem et al. (2022) هذه الأبعاد مع البيانات الذكية، مما يحد من فهم التأثير الشامل على المرضى.

رابعاً، قضايا الأمان والخصوصية غير معالجة بشكل كافٍ في التطبيقات الفعلية، رغم اقتراحات Al-Odat et al. (2018) و Hennebelle et al. (2024)، حيث تفتقر الدراسات إلى اختبارات ميدانية لمنع الاختراقات في البيئات الحقيقية، خاصة في الدول النامية حيث تكون البنية التحتية ضعيفة. خامساً، نقص التركيز على الفئات الضعيفة مثل كبار السن، كما أشار Li et al. (2025)، حيث تكون التطبيقات المتنقلة مفيدة لكنها تفتقر إلى دراسات حول الالتزام والدقة في السياقات الثقافية العربية. سادساً، التحديات في الأنظمة غير الغازية، مثل iGLU (Jain et al., 2019)، التي تحتاج إلى تحسين الدقة والتكلفة للانتشار الواسع، بالإضافة إلى فجوة في استخدام التعلم الآلي للتنبؤ الدقيق في الوقت الفعلي (Naseem et al., 2022؛ Dargahi et al., 2024).

المنطلقات النظرية للدراسة

مقدمة في المنطلقات النظرية

تشكل المنطلقات النظرية أساساً أساسياً لأي دراسة بحثية، حيث توفر الإطار المفاهيمي الذي يدعم التحليل والتفسير. في سياق دراسة دور إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة الحالات المزمنة، مع التركيز على مرضى السكري، تعتمد هذه المنطلقات على دمج التقنيات الرقمية مع الرعاية الصحية. يعتمد هذا الإطار على الأدبيات التي تبرز تطور IoT كأداة لجمع البيانات في الوقت الفعلي، مما يساهم في تحسين الرعاية والتنبؤ بالمخاطر (مقناني، 2021؛ بوالفول، 2021). تهدف هذه الفقرة إلى استكشاف المفاهيم الرئيسية، مع الاستناد إلى دراسات عربية وعالمية لتوضيح كيفية تطبيق IoT في السياقات الصحية.

مفهوم إنترنت الأشياء في القطاع الصحي

تعريف وتطور التقنية

يُعرف إنترنت الأشياء (IoT) كشبكة من الأجهزة المتصلة التي تقرأ البيئة المحيطة وتتبادل البيانات بشكل سلس، مما يتيح الحصول على معطيات دقيقة في الوقت الفعلي (مقناني، 2021). ظهرت هذه التقنية كموجة حديثة في عالم التكنولوجيا، حيث استرعت اهتماماً متزايداً من عمالقة التقنية، وأصبحت أداة أساسية في القطاعات المختلفة، بما في ذلك الرعاية الصحية الحساسة التي تؤثر مباشرة على حياة الإنسان. في الدول الغربية والعربية، يُبنى IoT لتحسين الكفاءة التشغيلية، كما أوضح بوالفول (2021)، الذي أشار إلى دورها في ربط الأجهزة الذكية والمرضى والأطباء عبر الإنترنت، مما يقلل التكاليف ويحدث ثورة في القطاع الصحي. كذلك، يبرز حنين عبد السلام أبوعود وآخرون (2020) IoT الذكية كأداة للرعاية الصحية، بينما يربط سلطان (2021) بينها وبين الرعاية الصحية الذكية (Smart Health) في إطار برامج الأمم المتحدة الإنمائية.

التطبيقات في إدارة الأمراض المزمنة

تُستخدم IoT في مجالات متعددة بالقطاع الصحي، مثل مراقبة العلامات الحيوية وتنمية المعرفة الصحية، حيث تحمل آمالاً كبيرة في خدمة المرضى وتحسين جودة الحياة (مقناني، 2021). في إدارة الأمراض المزمنة، تساهم التقنية في تحسين الكفاءة من خلال تحليل التطبيقات الحديثة، كما في دراسة

بوالفول (2021)، التي أشارت إلى تجارب بعض الدول في استخدام IoT لربط الأجهزة الاستشعارية بالإنترنت. هذا النهج يتيح مراقبة مستمرة، مما يعزز الرعاية الشخصية ويقلل من التدخلات الطبية غير الضرورية.

إنترنت الأشياء ومراقبة مرض السكري

الأنظمة والتقنيات المستخدمة

في سياق مرض السكري، يُعد IoT أداة فعالة لمراقبة المرضى، حيث يجمع بيانات مثل مستويات الجلوكوز والحرارة والموقع باستخدام التعلم الآلي (Rghioui et al., 2021). اقترح Rghioui et al. (2021) نظاماً يعتمد على Node MCU للتنبؤ التحليلي، مما يساعد الأطباء في اتخاذ قرارات مبنية على بيانات كبيرة. كذلك، طور Dargahi et al. (2024) منصة IoT لمراقبة وتحكم في حالات السكري باستخدام تقنيات التصنيف لتحسين الدقة والسرعة، مع دمج حساسات وحلول برمجية لتحليل البيانات الفسيولوجية. أما Jain et al. (2019)، فقدّموا جهاز iGLU غير غازي يعتمد على الطيفية تحت الحمراء لقياس الجلوكوز بدقة عالية (MARD 4.66%)، مما يوفر حلاً اقتصادياً للرعاية الذكية.

التنبؤ التحليلي والتعلم الآلي

يتم دمج IoT مع نماذج التعلم العميق للتنبؤ بالسكري، كما في Naseem et al. (2022)، الذين استخدموا نماذج مثل RNN (دقة 81%) لتحليل بيانات الحساسات وكشف المرض مبكراً. في تجربة سريرية، أظهر Bouchi et al. (2024) أن نهج IoT للسيطرة على الجلوكوز في مرض السكري من النوع الثاني لم يقلل HbA1c بشكل كبير، لكنه أشار إلى حاجة لدمج بيانات يومية أفضل. كذلك، استعرض Li et al. (2025) تطبيقات IoT المتنقلة لكبار السن المصابين بالسكري، مؤكداً فوائدها في الخدمات الصحية.

جودة الحياة ونتائج المرضى

ترتبط مراقبة IoT بجودة الحياة (QoL) لمرضى السكري، حيث أجرت شلابي وبورنان (2021) دراسة ميدانية على 40 مريضاً في الجزائر، مستخدمة مقياس منظمة الصحة العالمية، ووجدت QoL إيجابية مع سيادة البعد الجسدي. هذا يتوافق مع دور IoT في تحسين النتائج، كما في Dargahi et al.

(2024)، الذي أبرز التدخلات الشخصية لتعزيز الرعاية. ومع ذلك، يتطلب الدمج بين QoL و IoT دراسات إضافية لقياس التأثيرات النفسية والاجتماعية.

الاعتبارات الأمنية والخصوصية

تشكل الأمان تحدياً رئيسياً في تطبيقات IoT، حيث طور Al-Odat et al (2018) نظاماً آمناً لمراقبة مضخات الإنسولين باستخدام خوارزميات الهاش لحماية البيانات. كذلك، دمج Hennebelle et al (2024) البلوكشين مع IoT للخصوصية في التنبؤ بالسكري، مما يضمن عمليات التعلم الآلي الآمنة. هذه الاعتبارات أساسية لضمان ثقة المرضى في الأنظمة الرقمية.

تجمع هذه المنطلقات بين المفاهيم النظرية والتطبيقات العملية لـ IoT في مراقبة السكري، مما يبرر الدراسة الميدانية الحالية. من خلال الاستناد إلى هذه الأسس، يمكن تطوير نماذج متكاملة تعزز الرعاية الصحية (حنين عبد السلام أبوعود وآخرون، 2020؛ Li et al., 2025).

المنهجية وطرق البحث

تعتمد هذه الدراسة على منهج الكمي التحليلي، يجمع بين الجوانب النظرية والتطبيقية لاستكشاف دور إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة الحالات المزمنة، مع التركيز على مرضى السكري. يتميز المنهج باستخدامه للأدوات الكمية والكيفية لجمع البيانات وتحليلها، مما يتيح فهم شاملاً للتأثيرات التقنية على الرعاية الصحية. يعتمد التصميم على دراسة ميدانية تستهدف عينة من مرضى السكري، لربط النظرية بالواقع العملي. سيتم استخدام استبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات الأولية، مع الاستعانة بمصادر ثانوية لتعزيز التحليل. هذا المنهج يتوافق مع طبيعة الموضوع الذي يتطلب تقييماً لفعالية التقنية في بيئات حقيقية، مع مراعاة الاعتبارات الأخلاقية مثل سرية البيانات وحماية خصوصية المشاركين.

مصادر البيانات

مصادر أولية

تشكل المصادر الأولية الأساس الرئيسي للدراسة، حيث يتم جمع البيانات مباشرة من المشاركين لضمان الدقة والحدوث. سيتم استخدام استبيان إلكتروني مصمم خصيصاً لمرضى السكري، يغطي جوانب

مثل تجاربهم مع أجهزة IoT لمراقبة الجلوكوز ، مستويات الرضا ، والتحديات اليومية. العينة المستهدفة تشمل 110 مريض ، مختارين بطريقة عشوائية من جمعيات مرضى السكري، مع ضمان تنوع في العمر (20-70 سنة)، الجنس، والمستوى التعليمي.

متغيرات الدراسة

في هذه الدراسة يُعد المتغير المستقل هو تطبيق نظام إنترنت الأشياء (IoT) للمراقبة المستمرة لمرضى السكري، حيث تتم مقارنة نتائجه بالأساليب التقليدية. أما المتغيرات التابعة فتشمل مجموعة من المؤشرات السريرية (مثل مستوى HbA1c، تذبذب الجلوكوز، وتواتر نوبات فرط/نقص السكر)، والسلوكية (الالتزام الدوائي، النشاط البدني، النظام الغذائي)، بالإضافة إلى مؤشرات جودة الحياة وقابلية الاستخدام.

كما تتضمن الدراسة متغيرات ضابطة ينبغي التحكم بها مثل: العمر، الجنس، نوع السكري ومدة الإصابة، مستوى HbA1c الأساسي، نوع العلاج المستخدم (إنسولين أو أقراص)، الأمراض المصاحبة، المستوى التعليمي والاجتماعي، ومدى إلمام المريض باستخدام التكنولوجيا.

نوع المتغير	المتغير
المستقل (Independent)	تطبيق نظام إنترنت الأشياء (IoT) للمراقبة المستمرة (0=رعاية تقليدية، 1=استخدام IoT)
التابع (Dependent)	- HbA1c ومستويات الجلوكوز - الالتزام الدوائي - النشاط البدني والنظام الغذائي - مستوى الوعي الصحي - جودة الحياة - قابلية الاستخدام والقبول - التكامل مع السجلات الطبية - الأثر الاقتصادي (زيارات الطوارئ/الاستشفاء، تكلفة الرعاية)
الثابتة (Control)	العمر، الجنس، نوع السكري، مدة المرض، مستوى HbA1c الأساسي، نوع العلاج، الأمراض

مصادر ثانوية

تعتمد المصادر الثانوية على الأدبيات والدراسات السابقة لدعم الإطار النظري والمقارنة. تشمل هذه المصادر التقارير المنشورة من منظمة الصحة العالمية حول انتشار السكري، بالإضافة إلى دراسات أكاديمية مثل تلك الواردة في مقناني (2021) حول استخدام IoT في القطاع الصحي، وبوالفول (2021) عن دورها في تحسين الكفاءة. كما سيتم الاستعانة بقواعد بيانات إلكترونية مثل PubMed و ResearchGate لاستخراج نتائج تجارب عالمية، مثل تجربة Bouchi et al (2024) حول السيطرة على الجلوكوز عبر IoT. هذه المصادر تساعد في تحديد الفجوات البحثية وتعزيز التحليل، مع ضمان أن تكون البيانات موثوقة ومنشورة في السنوات الأخيرة (2018-2025) لتعكس التطورات التقنية الحديثة.

أدوات الدراسة

الاستبيان: الاستبيان مصمم باستخدام مقياس Likert (من 1 إلى 5) لقياس المتغيرات مثل فعالية IoT في مراقبة الجلوكوز، سهولة الاستخدام، والتأثير على جودة الحياة، مستوحى من مقياس منظمة الصحة العالمية المستخدم في شلابي وبورنان (2021). يتكون الاستبيان من 30 سؤالاً مقسمة إلى أقسام: خلفية ديموغرافية، تجارب مع IoT، تحديات أمنية، وتوصيات. سيتم توزيعه عبر منصات، مع اختبار موثوقيته عبر معامل كرونباخ ألفا (تهدف إلى أكثر من 0.7). بالإضافة إلى ذلك، سيتم استخدام أدوات مثل أجهزة IoT بسيطة (مثل حساسات الجلوكوز غير الغازية كما في Jain et al., 2019) في مرحلة تجريبية محدودة لجمع بيانات عملية.

الأساليب الإحصائية المستخدمة

- استخدام المتوسطات، الانحرافات المعيارية، والترددات لوصف خصائص العينة مثل نسبة استخدام IoT.
- تطبيق اختبار t-test لمقارنة جودة الحياة بين الجنسين، وANOVA لتحليل الفروق حسب العمر أو التعليم.

- الانحدار الخطي لقياس العلاقة بين استخدام IoT ومستويات HbA1c، مع التحليل الموضوعي للبيانات الكيفية.

- استخدام SPSS

حدود الدراسة

تواجه الدراسة عدة حدود تحول دون تعميم النتائج بشكل مطلق، لكنها تُدار بعناية لتقليل تأثيرها.

حدود موضوعية

تركز الدراسة على مرض السكري كحالة مزمنة نموذجية، مما يحد من تعميم النتائج على أمراض أخرى مثل القلب أو الضغط، رغم أن IoT يمكن تطبيقه عليها. كذلك، يقتصر التحليل على جوانب مراقبة الجلوكوز والأمان، دون الخوض في التكاليف الاقتصادية العميقة.

حدود زمنية

تمتد فترة جمع البيانات على 6 أشهر، مما يوفر رؤية أولية قيمة حول فعالية إنترنت الأشياء (IoT)، مع إمكانية إجراء دراسات مستقبلية لاستكشاف التغيرات طويلة الأمد.

حدود جغرافية

تركز الدراسة على مرضى في السعودية، مما يعكس سياقاً تقنياً محدداً، مع ضرورة دراسات إضافية لتطبيق النتائج على دول أخرى ببنى تحتية تقنية مختلفة.

حدود بشرية

تشمل الدراسة 110 مريض، مما يتطلب تعزيز التنوع في المشاركة، خاصة بين كبار السن وذوي المستويات التعليمية المنخفضة، لتقليل احتمالية التحيز (مستوحى من Naseem et al., 2022). قد تؤثر درجة الخبرة التقنية للمشاركين على جودة الردود، مع التزام الدراسة ببروتوكولات أمنية متقدمة لضمان الخصوصية.

- Bouchi, R., Izumi, K., Ishizuka, N., Uemura, Y., Ohtsu, H., Miyo, K., ... & Ueki, K. (2024). Internet of things-based approach for glycemic control in people with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Journal of Diabetes Investigation*, 15(9), 1287–1296.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jdi.14227>
- Rghioui, A., Naja, A., Mauri, J. L., & Oumnad, A. (2021). An IoT based diabetic patient monitoring system using machine learning and node MCU. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1743, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1743/1/012035/pdf>
- Naseem, A., Habib, R., Naz, T., Atif, M., Arif, M., & Allaoua Chelloug, S. (2022). Novel Internet of Things based approach toward diabetes prediction using deep learning models. *Frontiers in Public Health*, 10, 914106. <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.914106/pdf>
- Dargahi, M., Ghorbanpour, M. A., & Rooddehghan, Z. (2024). Providing an approach based on the Internet of Things platform to monitor and control the conditions of patients (diabetes) with classification technique to improve the accuracy and speed of the monitoring system: Case study diabetes disease. *African Journal of Biomedical Research*, 27(3S).
<https://africanjournalofbiomedicalresearch.com/index.php/AJBR/article/view/3155/2420>

- Al-Odat, Z. A., Srinivasan, S. K., Al-qtiemat, E., Dubasi, M. A. L., & Shuja, S. (2018). lot-based secure embedded scheme for insulin pump data acquisition and monitoring. arXiv preprint arXiv:1812.02357.
<https://arxiv.org/pdf/1812.02357>
- Jain, P., Joshi, A. M., & Mohanty, S. P. (2019). iglu 1.0: An accurate non-invasive near-infrared dual short wavelengths spectroscopy based glucometer for smart healthcare. arXiv preprint arXiv:1911.04471.
<https://arxiv.org/pdf/1911.04471>
- Hennebelle, A., Ismail, L., Materwala, H., Al Kaabi, J., Ranjan, P., & Janardhanan, R. (2024). Secure and privacy-preserving automated machine learning operations into end-to-end integrated IoT-edge-artificial intelligence-blockchain monitoring system for diabetes mellitus prediction. Computational and Structural Biotechnology Journal, 23, 212-233.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2001037023004531>
- Li, J., Me, R. C., Ahmad, F. A., & Zhu, Q. (2025). Investigating the application of IoT mobile app and healthcare services for diabetic elderly: A systematic review. PLoS One, 20(4), e0321090.
<https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0321090&type=printable>

Midocean University
College of Management
Master of Healthcare Administration

Research Title:

**The Role of the Internet of Things (IoT) in Monitoring Chronic Conditions:
A Field Study on Diabetes Patients**

Prepared by:

Saud Ali Almuhaideb

Supervised by:

Dr. Faisal Abdulhamid

Dr. Fayeze Jarad

Academic Year:

2025