

## إنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية

حنين عبد السلام أبو عود<sup>1</sup>، أسيل أحمد الضراط<sup>1</sup>، علي محمد عبد الشاهد<sup>1</sup>.

1- قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية/ كلية الهندسة / جامعة مصراتة

### المخلص

منذ بداية ظهور ثورة الاتصالات والمعلومات، أصبح التقاء وتكامل علوم إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي أمراً حيوياً في كثير من مجالات الحياة. وأصبحت الاستفادة من هذه التقنيات ضرورة ملحة من أجل مواكبة التطورات الدرامية في مجال الاتصالات لخدمة حياة البشر المعاصرة. تعد هذه الدراسة مهمة نظراً لأهمية الموضوع الذي تتناوله وكذلك لتنوع مجالات تطبيقاته في العديد من القطاعات الحيوية، بما في ذلك قطاع الصحة والرعاية الصحية. حيث أصبح بإمكان المستشفيات والمراكز الصحية الاستفادة من هذه التقنيات في مراقبة ودراسة نشاط الأشخاص والمرضى عبر الأجهزة المحمولة كالهواتف الذكية والتقنيات القابلة للارتداء المتصلة لاسلكياً بالإنترنت، ما يفتح الباب على مصراعيه أمام نظم ذكية قادرة على توفير صورة أكثر دقة عن نشاط البشر خلال كامل ساعات اليوم. قدمت هذه الدراسة بنية كاملة لنظام إنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية، بالإعتماد على أدوات البرمجة الحديثة Node-Red وخوادم الذكاء الاصطناعي المبنية في الخادم المحلي. تم اختبار النظام المقترح في بيئة تحاكي حالات الطوارئ الحقيقية وحقق النظام المقترح نسب عالية من النجاح.

كلمات مفتاحية: إنترنت الأشياء، الذكاء الاصطناعي، تعليم الآلة، المنطق الضبابي.

### 1. المقدمة

بعد أن نجحت شبكة الانترنت في ربط البشر حول العالم جاء الدور الآن على الأشياء من حولنا لتصبح جزءاً من شبكة المعلومات الدولية "الإنترنت" [1]. إنترنت الأشياء (Internet of Things) أو ما يعرف إختصاراً بـ: IOT هي عبارة عن مجموعة من الكائنات أو الأجهزة التي لها قابلية الاتصال بالإنترنت والتي يمكنها التفاعل فيما بينها (آلة مع آلة) أو التفاعل مع الإنسان (آلة مع إنسان) للقيام بمجموعة من المهام المنوطة بها [2]. كان أول ظهور لهذا المصطلح تقريباً في بدايات القرن الواحد والعشرين بالتحديد في سنة 1999م، على يد العالم البريطاني كيفن أشتون الذي كانت فكرته أن يتم ربط بعض الأجهزة التي توجد حولنا كالأدوات الكهرومنزلية بطريقة تسمح لنا بمعرفة حالاتها ومعلوماتها الدقيقة دون الحاجة إلى أن نكون بالقرب منها [3]، لكن هذه الفكرة سرعان ما لقت اهتمام الشركات العالمية الرائدة في هذا المجال مثل شركة: جارتنر (Gartner) الباحثة في هذا المجال التي أعادت صياغة فكرة إنترنت الأشياء، ليشمل الأشخاص وكل الأجهزة التي لها قابلية الاتصال بالإنترنت. الكثير من المزايا التي حققتها إنترنت الأشياء سواء على مستوى الأفراد أو الأعمال والتي سيكون لها أثر كبير على حياة الإنسان [4]. نستعرض هنا بعض الأمثلة على تطبيقات إنترنت الأشياء: أتمتة المنازل وجعلها أكثر ملائمة للحياة وذلك عبر حمايتها وتخفيض تكاليف الحياة فيها وتحسين المعيشة من خلال السيطرة بشكل ذاتي على نسب الإضاءة والحرارة والرطوبة داخل المنزل والمساعدة بالتحكم عن بعد بالأجهزة المختلفة. كذلك متابعة الحالة الصحية للبشر من خلال مراقبة العوارض الصحية التي قد تطرأ والتنبؤ بالأمراض التي يمكنها أن تحدث خصوصاً تلك الأمراض التي قد تؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة. بالإضافة إلى تطبيقاتها المختلفة في مجال الصناعة، كمرقبة الأجهزة والمعدات في المصانع والتنبؤ بالأعطال التي يمكن أن تحدث وتقليل الفاقد والمساعدة في توفير قطع الغيار في الوقت المناسب [5].

استفاد القطاع الطبي من التحول الرقمي وتقنيات الإتصال الحديثة ومن المحتمل أن يعتمد أكثر فأكثر على تقنيات إنترنت الأشياء الذكية في الأعوام المقبلة بفضل التطور المستمر في نظم الاتصالات وأدوات الذكاء الاصطناعي التي أسهمت في رسم ملامح مبتكرة لطريقة تقديم خدمات الرعاية الصحية

[6]. أضيف إلى ذلك، انتشار الهواتف المحمولة والأجهزة القابلة للإرتداء يرافقها سهولة الإتصال بالإنترنت وتبادل المعلومات وفي الوقت شبه الحقيقي.

عندما يحدث خلل في قلب شخص ما ويتوقف عن الحَفَقَان، فإن وفاة الشخص ستحدث في غضون دقائق معدودة، إلا إذا تدخل شخص لمساعدته. وتزيد فرص النجاة ثلاثة مرات في حال قام أحد الأشخاص بعمل إنعاش للمصاب بالسكتة القلبية [7]. تبين دراسة حديثة (2019) قام بها (Justin) وآخرون [7] أن غرفة النوم هي أكثر الأماكن شيوعاً التي يصاب فيها المرضى بالسكتة القلبية. حيث قام الفريق ببناء قاعدة بيانات يزودونها لخوارزمية تستخدم آلة داعم المتجهات (Support Vector Machine) أو ما يعرف اختصاراً بـ: SVM بحيث تستطيع تمييز صوت الشهيق الاحتضاري في غرف النوم. جُمعت البيانات التي تستخدمها الخوارزمية في عملية التدريب من مكالمات الطوارئ الخاصة بالسكتات القلبية التي جاءت لمركز للخدمات الطبية الطارئة، حيث أن الطبيب على الهاتف في قسم الطوارئ يطلب من الشخص المتصل أن يقرب الهاتف من فم المريض ليعرف إن كان قد أصيب بسكتة قلبية، ومن ثم يقوم بتوجيه الشخص المتصل للقيام بإجراءات الإنعاش المناسبة للحالة، وبسبب وجود هذه البيانات الصوتية تمكن الفريق من بناء نموذج يعتمد على تقنيات تعليم الآلة باستخدام آلة داعم المتجهات للتعرف على حالات الشهيق الاحتضاري. يسعى الفريق مستقبلاً إلى تضمين نظامهم المقترح في الأجهزة الشخصية المختلفة مثل الهاتف المحمول و أجهزة أمازون (Amazon Echo) المنتشرة في الأونة الأخيرة داخل المنزل.

قدم (Chu) وآخرون [8] من جامعة ستانفورد شريحة قابلة للإرتداء تعرف باسم (BodyNet) ، والتي تتكون من أجهزة استشعار لاسلكية تلتصق مباشرة بالجلد لقياس الإشارات الفسيولوجية المنبعثة من جسم الإنسان. ولتحقيق ذلك، استخدم الفريق مجموعة متنوعة من تقنية تحديد الهوية بموجات الراديو (RFID). فعند لصاق الشريحة بالجسم، يقوم الهوائي بإرسال واستقبال الموجات الراديوية من الجهاز، فيستقبل طاقة لشحن الشريحة ويرسل معلومات عن المؤشرات الفسيولوجية للشخص قيد الإختبار. حالياً، تنتج الشريحة قراءات عن التنفس والنبض فقط، ولكن يسعى الفريق إلى دمج قياس درجة الحرارة وأجهزة تحسس أخرى في نظامهم المقترح.

من المعروف أن التحسينات التقنية التي تسعى شركات الاتصالات العالمية نحوها، تُساهم بشكل مباشر في تطور مفهوم إنترنت الأشياء، كما أنّ البعض يُحدث قفزات نوعية في عالم التكنولوجيا، وهو ما قد يحدث مع شبكات الجيل الخامس 5G التي يرى الخبراء أنها ستشكل ثورة في عالم الاتصالات، حيث ستُساهم في رفع معدلات نقل البيانات بسرعة تصل إلى 10 جيجابايت في الثانية، ما يعني قرابة 100 ضعف سرعة الجيل المستخدم حالياً [9]. الدمج بين ميزات الإتصال الحديثة وإنترنت الأشياء في الأجهزة الطبية سيسهم كثيراً في تحسين جودة الخدمة الطبية وفعاليتها. هذا التحول الجوهري سينعكس إيجاباً على رعاية المرضى، بعد أن يمكن الطبيب من إعطاء تشخيص أكثر دقة وبالتالي الحصول على نتائج علاجية أفضل. فالأجهزة القابلة للإرتداء والشبكات اللاسلكية، وغيرها من الخدمات الذكية باتت تخرق الكثير من مؤسسات الرعاية الصحية، ما يعني أن المستشفيات والمؤسسات والمراكز الصحية ستقوم قريباً بتفعيل الأجهزة الصحية الذكية.

تعتبر البيانات سمة أساسية من سمات إنترنت الأشياء فالأجهزة المتصلة بشبكة الإنترنت ترسل سيلاً هائلاً من البيانات إلى السحابة الإلكترونية مما يجعل إنترنت الأشياء أحد أهم أسباب انتشار البيانات الضخمة على شبكة الإنترنت فنحن نتحدث هنا عن بيانات يتم إرسالها كل ثانية أو ربما كل جزء من الثانية حسب طبيعة العمل الذي تقوم به تلك الأجهزة. تعتبر البيانات التي يتم إرسالها منجماً ضخماً يمكن التنقيب فيه، فهي الأساس الذي سيساعد على اكتشاف الكثير من الأسرار التي سيكون لها قيمة كبيرة عند تحليلها والاستفادة منها.

وعندما نتحدث عن تحليل البيانات في انترنت الأشياء فنحن نتحدث هنا عن نوعين من التحليل أحدهما تحليل آني مباشر لتقديم معلومة فورية وإصدار التنبيهات التي يحتاج لها متخذ القرار أو المستفيد وتحليل آخر تاريخي لدراسة التوجهات والتنبؤ بالمستقبل. يعتبر التحليل الآني لسيل البيانات القادم أصعب كثيراً من التحليل التاريخي للبيانات نظراً لأنه يتم في الوقت الحقيقي وقبل أن تتكون البيانات بشكلها النهائي وذلك أثناء وصولها السحابة الإلكترونية. يعتبر هذا التحليل عنصر مهم من عناصر إنترنت الأشياء فمعالجة هذه البيانات بشكل مباشر له أهمية كبيرة في التنبيه عن للمشاكل التي يمكن أن تحدث قبل أن تحدث، فمثلاً يمكن إرسال تنبيهات عند وصول درجة الحرارة لمستوى معين أو تجاوز نسبة الغاز لحد معين أو ما شابه ذلك. أما التحليل الذي يتم على مستودع البيانات الذي تكون على مر الأيام فهو ذا قيمة كبيرة في التحليل المتعمق للبيانات حيث يمكننا من دراسة تاريخ تلك البيانات وبالتالي التنبؤ بالمستقبل مما يساعد على معرفة مواطن الخلل والوقوف عليها.

بينما تستخدم الحوسبة الصلبة (Hard computing) أو التقليدية قيماً واضحة (Crisp values)، أو أعداد فإن الحوسبة اللينة (Soft computing) تستخدم قيماً لينة (Soft values)، أو فئات ضبابية. وتستطيع الحوسبة اللينة العمل مع معلومات غير مؤكدة، وغير دقيقة، وغير كاملة بطريقة تعكس التفكير البشري. وفي العالم الواقعي، عادة يستخدم البشر بيانات تمثلها كلمات بدلاً من الأعداد. وتتعامل أعضاؤنا الحسية مع المعلومات اللينة، فيقوم المخ بعمل استدلالات لينة في بيئات غير دقيقة وغير مؤكدة، ولدينا مقدرة هائلة على التفكير واتخاذ القرارات دون استخدام الأعداد. فيستخدم البشر كلمات، وتحاول الحوسبة اللينة تمثيل إحساسنا بالكلمات في اتخاذ القرارات. تكون الكلمات أقل وضوحاً من الأعداد، إلا أن الدقة تحمل معها تكلفة مرتفعة. فنحن نستخدم الكلمات عندما يكون هناك تسامح في عدم الدقة. وبالمثل، تستغل الحوسبة اللينة تسامح عدم التأكد، وعدم الدقة في تحقيق إمكانية كبيرة للتنبؤ، والصلابة، وتقليل تكلفة الحلول [10]. كما نستخدم الكلمات أيضاً عندما لا تكون البيانات المتاحة دقيقة بدرجة كافية لاستخدام الأعداد. وعادة يكون هذا الحال مع المشاكل المعقدة، وعندما تفشل الحوسبة الصلبة في إنتاج أي حل تظل الحوسبة اللينة قادرة على إيجاد حلول جيدة.

المنطق الضبابي هو أحد تقنيات الحوسبة اللينة أو الناعمة التي تلعب دور مهم في الأنظمة التي تعتمد على العلاقات بين المتغيرات. المنطق الضبابي عبارة عن فئة من القواعد لتمثيل المعرفة بناء على درجات العضوية بدلاً من العضوية الواضحة للمنطق الكلاسيكي. ويحاول المنطق الضبابي تمثيل الإحساس البشري بالكلمات واتخاذ القرار، ويقود إلى آلات ذكية أكثر قرباً من البشر. ولا يمكن أن يتعلم المنطق الضبابي بشكل ذاتي، إلا أنه يوضح كيف وصل إلى حل معين. ويمكن أن تتعلم تقنيات الآلة لكنها تعمل كصندوق أسود. لذلك فعن طريق دمج مميزات كل من التقنيتين من المتوقع أن ننتج نظام ذكي أكثر قوة وفعالية.

الكثير من الأشخاص يتعرضون إلى حالات سقوط مفاجئة وخطر كبير نتيجة لعدم حصولهم على الرعاية الصحية في الوقت المناسب، خصوصاً كبار السن والأشخاص الذين يعانون من بعض الأمراض المزمنة والذين هم بحاجة إلى رعاية صحية باستمرار. تهدف هذا الدراسة إلى تحقيق جملة من الأهداف ذات العلاقة بإنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية عن طريق المراقبة، والتحليل واتخاذ القرارات في الوقت المناسب. في هذه الدراسة نقدم بنية كاملة لنظام إنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية، بالإعتماد على خوارزميات الذكاء الاصطناعي المبنية في الخادم المحلي. وباستخدام بروتوكول نقل الرسائل في قائمة الانتظار عن بعد للتواصل ما بين العقد والخادم المحلي. حيث أظهرت النتائج أن النظام المقترح يخفف العبء على عقد إنترنت الأشياء كما أنه يحسن أداء إنتاجية الخادم المحلي بتخديمه على عدد كبير من الطلبات من الأجهزة المتصلة. ونظراً لقلّة البحوث باللغة العربية التي تتناول تطبيقات إنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية، بحسب علم البحوث، ونظراً للحاجة الملحة لمواكبة عصر الاتصالات الحديثة والتطبيقات المبنية على تقنيات

الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، فقد تولد لدى البُحَّاث شعور بأهمية البحث في هذا المجال الحديث.

## 2. اتصالات إنترنت الأشياء

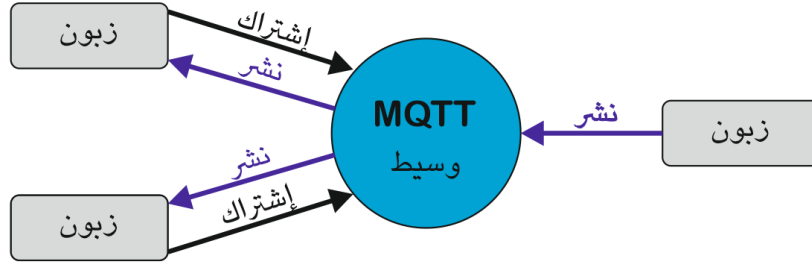
في الآونة الأخيرة بُذلت جهود حثيثة من أجل تحديات الإتصال في البيئات المقيدة من حيث قدرات المعالجة والتخزين والبطارية مع موارد قليلة وروابط لاسلكية قابلة للضيق [11]، حيث أن عُقد إنترنت الأشياء تقوم بتبادل رسائل تحكم ورسائل بيانات بين الحساسات والمشغلات في الوقت الحقيقي، وأغلب نوعية هذه الرسائل تكون ذات حجم صغير ولكنها رسائل متعددة ومتنوعة. إن طبيعة أجهزة إنترنت الأشياء محدودة الموارد وبالتالي تكون غير قادرة على معالجة وتخزين هذه البيانات. من هنا كان التفكير في حل أمثل لمثل هذه المشاكل، على سبيل المثال استخدام خدمات الخادم المحلي أو السحابة لإدارة العدد الكبير من الأجهزة باستخدام بروتوكولات تمتاز بالخفة والبساطة.

المفهوم الحديث لاتصالات إنترنت الأشياء يتطلب العمل عن طريق بروتوكولات ذات عبء خفيف تتيح التخاطب السريع بين العقد. إن البروتوكولات المتاحة من قبل الجمعية الدولية لمهندسي شبكة الإنترنت Internet Engineering Task Force IETF غير مناسبة للعمل في بيئات مُقيدة، فمثلاً بروتوكول HTTP مع TCP تمتلك العديد من المشاكل في البيئات المقيدة، مع وجود حجم إطار صغير وفقدان في الاتصالات اللاسلكية. بدلاً من معالجة المشاكل المترافقة مع بروتوكولات الأنترنت التقليدية، قامت شركة IBM في أواخر التسعينات بتطوير بروتوكول جديد يمتاز بالخفة والبساطة يعرف باسم نقل الرسائل في قائمة الانتظار عن بعد Message Queuing Telemetry Transport أو اختصاراً (MQTT) [11].

في هذا البحث تم استخدام مجموعة من عُقد إنترنت الأشياء، بحيث تقوم بإرسال بياناتها باستخدام بروتوكول MQTT وتجميع هذه البيانات في خادم محلي أو سحابة رقمية ومن ثم معالجتها بالاعتماد على أدوات الذكاء الاصطناعي الموجودة في الخادم. هذا الحل سيوفر إمكانية التعامل مع أعداد كبيرة من عُقد إنترنت الأشياء المتصلة بجسم الإنسان أو الموجودة في المنزل وفي الوقت شبه الحقيقي.

### 1.2 بروتوكول MQTT

يعد بروتوكول نقل الرسائل في قائمة الانتظار عن بعد Message Queuing Telemetry Transport أو (MQTT) واحداً من أكثر بروتوكولات إنترنت الأشياء انتشاراً واعتماداً [12]، وقد جعل تصميمه المبسط وخفته حلاً مناسباً للأجهزة ذات الموارد المحدودة واللامحدودة على حدٍ سواء في مجال قدرة المعالجة والنقل والتخزين. إن الـ MQTT هو بروتوكول نقل رسائل بين مخدّم (Server) وزبون (Client) بنمط ناشر/مشارك/Publish/Subscribe. توجد العديد من الأنظمة التي تعتمد على بروتوكول النشر/الاشتراك، منها الأنظمة المالية للحصول على آخر أسعار الأسهم والعملات، وأنظمة الألعاب التفاعلية ذات العدد الهائل من اللاعبين، ومنصات التواصل الاجتماعي مثل "الفيس بوك" الذي يستخدم بروتوكول MQTT في خدمة المراسلات الفورية (Messenger). صمّم بروتوكول MQTT خصيصاً لسياق تطبيقات إنترنت الأشياء بالبيئات محدودة الموارد، التي تحتاج لبروتوكول يمتاز بالبساطة والخفة. يتكون بروتوكول MQTT من ثلاثة أجزاء أساسية هي: الناشر Publisher، والمشارك Subscriber، والوسيط Broker. الشكل 1 يوضح الأجزاء الرئيسية لمكونات البروتوكول MQTT.



شكل 1: بنية بسيطة لنظام نشر وإشتراك.

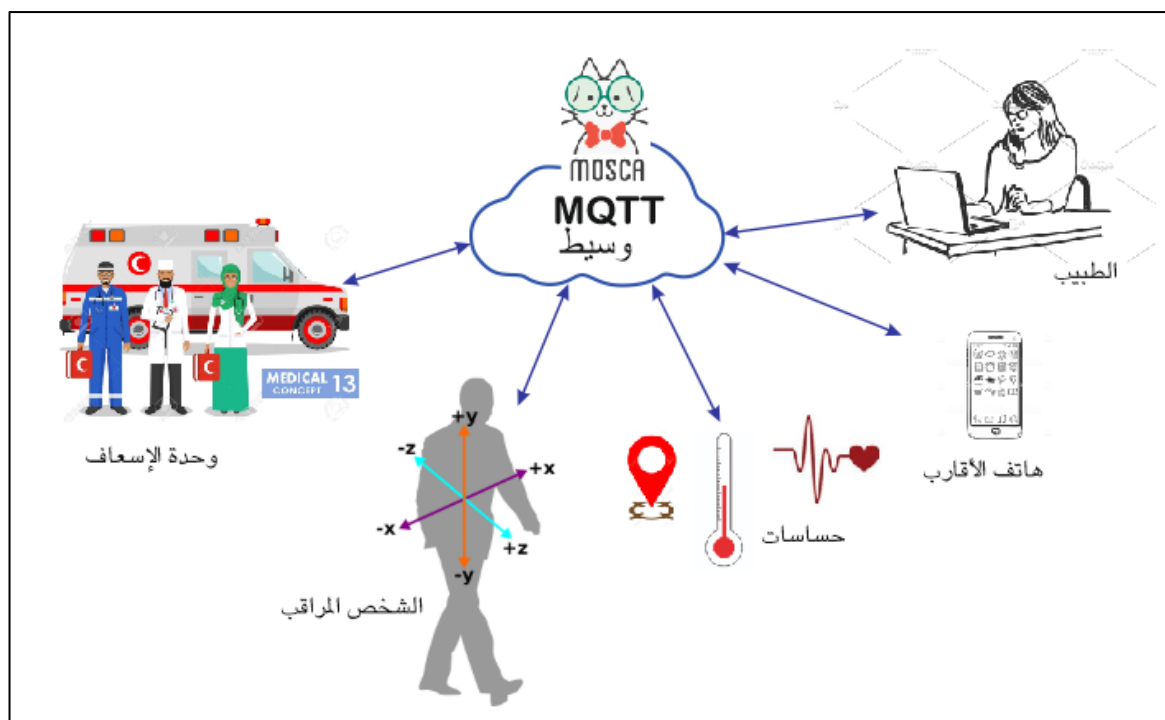
الناشر Publisher: هو الجهاز الذي يقوم بإرسال (نشر) المعلومات إلى الوسيط.

الوسيط Broker أو خدمة تسليم الحدث: هي عبارة عن وسيط مهمته تسليم الحدث المنشور من الناشر إلى المشترك.

المشترك Subscriber: هو الجهاز الذي يستمع لموضوع أو مواضيع معينة. يتم الاشتراك من خلال الإفصاح عن الاهتمام بصنف معين من المعلومات. لذا أي معلومة يتم نشرها من قبل الناشر سيتم تسليمها إلى المشترك/المشتركين الذين أبدوا اهتمامهم بها.

يعتمد بروتوكول MQTT على نظام النشر/الاشتراك وهو عبارة عن نظام اتصال يتم فيه تبادل المعلومات على شكل أحداث. حيث يقوم الناشر بتسليم المعلومات إلى خدمة تسليم الحدث Broker التي تقوم بدورها بتسليمها إلى المشتركين المهتمين بذلك الحدث. يعد الوسيط مسؤولاً عن إدارة الشبكة من العملاء Clients والذين هم مزيج من الناشرين والمشاركين.

ليس هناك اتصال مباشر بين الناشر والمشارك وإنما وببساطة يقوم المشارك بإخبار الوسيط أنه مهتم بمواضيع محددة ويهتم بعد ذلك الأخير بإرسال الرسائل إلى المشتركين عند توفرها. إن نموذج الناشر/مشارك مختلف تماماً عن نموذج الطلب/الرد request/response المتبع في بروتوكول HTTP وهذا يسمح بنمط نقل واحد-لعدة One-to-many (أنظر الشكل 2). كما أنه لا يوجد ارتباط مكاني بين الناشر والمشارك فيمكن أن يكون الناشر حساس الحركة في الهاتف المحمول والمشارك عبارة عن برنامج حاسوبي موجود في الخادم المحلي. بالإضافة إلى عدم الارتباط الزمني بين الناشر والمشارك فيمكن أن لا يكونا في حالة عمل (Active) في نفس الوقت، أي أنه من الممكن أن يقوم الناشر بنشر حدث ما حتى عندما لا يكون المشارك في حالة اتصال، وبشكل مشابه، يمكن للمشارك أن يستلم حدثاً ما بغض النظر عن حالة الناشر. ومن الخصائص المهمة أيضاً التي يمكن الاستفادة منها في هذا البحث هو عدم الارتباط التزامني بحيث لا يتوقف عمل الناشر على عمل المشارك، والعكس صحيح.



شكل 2: نمط نقل واحد-لعدة *One-to-many*.

### 1.1.2 جودة الخدمة في بروتوكول MQTT

يُعد تأمين جودة الخدمة (QoS) Quality of Service أحد أكثر القضايا أهمية في أنظمة إنترنت الأشياء، وتُعرف على أنها ضمان وصول جميع البيانات إلى جميع المشتركين المهتمين بموضوع معين. توجد العديد من العوامل التي تؤثر على جودة خدمة بروتوكول إنترنت الأشياء، كالحمل الزائد الذي قد يؤدي إلى انخفاض جودة الخدمة، وكذلك التأخير الزمني الذي يسبب في تأخير غير مقبول بين عقد إنترنت الأشياء.

من المعروف أن بروتوكول MQTT قد صُمم للبيانات محدودة الموارد وخاصة موارد النفاذ للشبكة، وبالتالي هناك خيارات في البروتوكول تتعلق بتوصيل الرسالة بين الناشر والوسيط والمشارك. يوفر بروتوكول MQTT جودة خدمة بثلاث مستويات وهي كالتالي:

**المستوى 0 (QoS = 0) توصيل الرسالة مرة واحدة في أفضل حالة:** هذا يعني في حال المشترك لم يستلم الرسالة فإن الوسيط لن يقوم بإرسالها مرة أخرى، حيث لا يتوقع الوسيط تأكيد الاستلام من طرف المشترك حول وصول الرسالة.

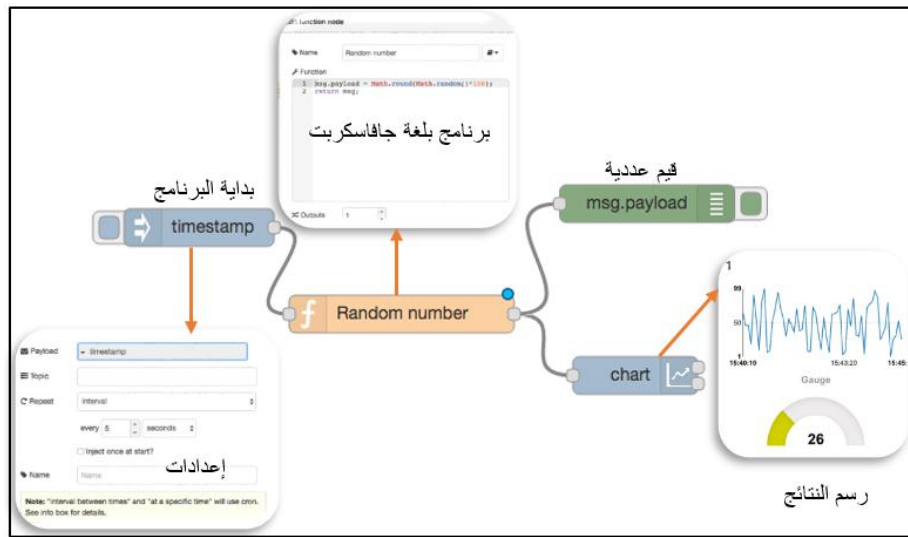
**المستوى 1 (QoS = 1) توصيل الرسالة على الأقل مرة واحدة:** هذا يعني أن الوسيط يستمر بإرسال الرسائل إلى أن يقوم المشترك باستلام الرسائل ويرسل تأكيد باستلامها، هذا قد يؤدي إلى وصول الرسالة أكثر من مرة إلى المشترك.

**المستوى 2 (QoS = 2) يجب توصيل الرسالة مرة واحدة "شرط":** هذا يعني أن الرسالة يجب أن تصل لمرة واحدة ودون تكرار إلى المشترك.

### 2.2 أداة البرمجة نود رد Node-RED

نود رد (Node-RED) هي أداة برمجة قوية متخصصة في بناء تطبيقات إنترنت الأشياء، تم تطويرها كأداة مفتوحة المصدر من قبل شركة IBM في أواخر عام 2013. تعتمد أداة Node-RED على منصة

(Node.js) وتتكون من محرر تدفقات "Flows" يستند على مستعرض الويب لإنشاء البرامج، والتي يمكن استيرادها وتصديرها بسهولة بصيغة ملف (JSON) لمشاركتها مع الآخرين. وعلى الرغم من أن Node-Red مصممة خصيصاً لبيئة إنترنت الأشياء، إلا أن تطبيقاتها توسعت وتطورت وأصبحت مستخدمة في العديد من المجالات [13]. تستخدم Node-Red نهج البرمجة المرئية التي تسمح للمبرمج بربط صناديق التعليمات البرمجية بلغة الجافا سكريبت، والمعروفة باسم العقد (Nodes)، مع أداء مهمة معينة. بناء برنامج في Node-Red يتطلب ربط مجموعة من العقد (Nodes) مع بعضها البعض، عادة ما تكون مزيجاً من عقد الإدخال (Input nodes)، عقد المعالجة (Processing nodes) وعقد الإخراج (Output nodes)، يتم توصيلهم معاً لتشكيل التدفقات. "Flows". يتم إنشاء البيانات في العقدة نفسها أو تتلقى البيانات من عقدة سابقة لها في التدفق. تقوم كل عقدة بمعالجة البيانات وفقاً لسلوكها ثم تقوم بتمريرها إلى العقدة التالية في التدفق أو تقوم بنقل هذه البيانات بطريقة أخرى إذا لم يكن لديها مخرجات. الجدير بالذكر هنا أن البيئة البرمجية باستخدام Node-Red تدعم بروتوكول MQTT باستخدام مجموعة من مكتبات الوسيط مفتوحة المصدر منها (Mosca) و (Mosquitto) [14]. يبين الشكل 3 برنامج توضيحي لتنفيذ عملية توليد أرقام عشوائية.



شكل 3: برنامج توضيحي لتنفيذ عملية توليد أرقام عشوائية.

### 3 النمذجة الموجهة بالبيانات Data driven modelling

تحليل البيانات هي تلك العمليات الرياضية التي يجري تنفيذها على مجموعة من البيانات لإكتشاف العلاقة بينها، واستخراج معلومات جديدة بدون معرفة مسبقة عن طبيعة هذه العلاقة. تعتمد طريقة النمذجة الموجهة بالبيانات على تحليل البيانات التي تكون بطبيعتها غير ثابتة، وتتراكم بسرعة، وتتغير في كل لحظة، وتضم بيانات متنوعة بعلاقات متباينة وغير محددة، كما هو الحال في تطبيقات إنترنت الأشياء. فتعتمد طرق استنباط المعرفة (knowledge extraction) من البيانات على التحليل بخوارزميات ونماذج رياضية لا تخضع لشروط نظرية محددة يقتضيها مجال البحث، وكذلك من دون وجود سؤال محدد ولا فرضية علمية، بحيث إن البيانات تتحدث عن نفسها، وتمدنا بالمعرفة اللازمة لبناء النظام. وتتلخص فكرة النمذجة الموجهة بالبيانات فيما يلي:

- يمكن للبيانات تغطية كامل نطاق المشكلة قيد الدراسة، بالإضافة إلى توفير حلول شاملة.
- ليست هناك حاجة إلى نظرية مسبقة أو فرضيات للإستنباط المعرفي.
- لا نحتاج إلى تدخل خبير بشري في مجال معين لبناء النظام قيد الدراسة.

من أهم ما يميز طريقة النمذجة الموجهة بالبيانات هو حذف أهم خطوتين في الطريقة التقليدية، اللتين تحتويان على النظرية والخبرة في مجال معين. يبين (Anderson) في بحثه " The end of theory" [15] أنه لا داعي للبحث في العلاقات السببية causations، وإنما يكفي أن نكتشف وجود ترابط correlations، والحقيقة أن العلوم لا تحتاج إلى نظريات موحدة ومتماسكة كي تتقدم. الذي يحدث في علوم البيانات هو اتخاذ قرارات بناءً على المعلومات المتوافرة، والهدف هنا ليس إنتاج نظرية أو قانون بقدر ما هو قرار أو إجراء يتسق مع البيانات المتوافرة؛ ففي منصات التسويق الإلكتروني مثلاً، التي تعتمد أساساً على تحليل البيانات الضخمة بتطبيق نماذج رياضية تكتشف الأنماط فيها، يقوم نظام التوصية فيها على أساس اكتشاف أنماط الإهتمام للشخص نفسه من خلال عمليات البحث، ولا تحاول الدخول أبداً في فهم ثقافة الشخص، ولا معرفة من أي حضارة هو.

الحاسب هو العنصر الفاعل في النمذجة الموجهة بالبيانات، وليس الإنسان؛ فمحرك جوجل للبحث-مثلاً- يبحث بين الصور المتشابهة في قواعد البيانات من دون أي معلومات تفصيلية عن الصورة، وأضحت العلوم الحديثة تقوم على التفريق المهم بين السببية والارتباط؛ فارتباط (أ) مع (ب) لا يعني بالضرورة أن أحدهما سبب للآخر؛ لذلك فالعلم يبحث عن معرفة أعمق من مجرد الوصف الرياضي للبيانات للتفريق بين السببية والترابط. وفي المقابل، يتخلى علم البيانات وتقنيات تعليم الآلة عن مفهوم السببية، ويرى أن الارتباط يكفي [15].

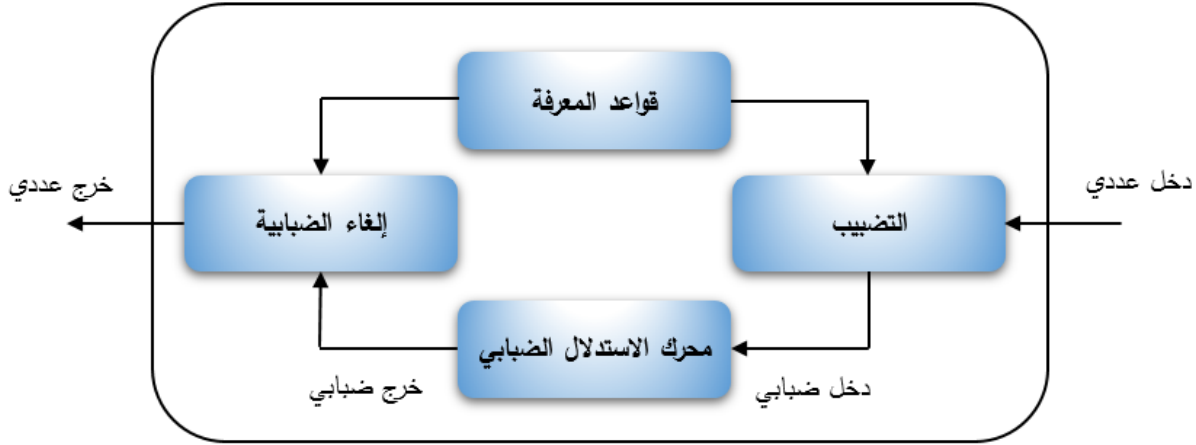
### 1.3 النظام الضبابي المكيف

طور علم المنطق الضبابي على يد العالم الأذربيجاني الأصل لطفي زادة من جامعة كاليفورنيا في بركلي سنة 1965 [16]. حيث قام بتمثيل الشروط التي لا يمكن وصفها بسهولة بمصطلحات ثنائية صفر وواحد صحيح بمصطلحات أخرى يستطيع الإنسان التعامل معها مثل "التسارع عالي" "التسارع متوسط" وهكذا. المنطق الضبابي على عكس منطق بوليان "Boolean" يكون متعدد القيم ويتعامل مع مفهوم الحقيقة الجزئية (قيم الحقيقة بين صحيح تماماً، وخطأ تماماً). يعتبر المنطق الضبابي قريب من تفكير الإنسان في اتخاذ القرارات. فمثلاً يتعامل الإنسان عند الولادة مع محيطه فتكسبه الخبرة مع مرور الزمن، فتجعله يستطيع اتخاذ قرارات للوصول إلى استنتاجات بدون إجراء عمليات حسابية معقدة. حيث يعتمد المنطق الضبابي على القواعد في إجراء الحسابات واتخاذ القرارات والتي تعتبر أسرع بكثير من النظم الحاسوبية التقليدية .

أسلوب الاستدلال الضبابي الأكثر استخداماً هو ما يسمى طريقة استدلال مامداني Mamdani . طور هذا الأسلوب عن طريق إبراهيم ممداني من جامعة لندن كأحد أولى النظم الضبابية في مجال الهندسة [17]. وطبق فئة من القواعد الضبابية التي حصل عليها من مشغل بشري صاحب خبرة طويلة في موضوع الدراسة.

الاستدلال الضبابي عبارة عن عملية تحويل من مدخلات عديدة معطاه إلى مخرجات عديدة عن طريق استخدام نظرية الفئات الضبابية. وتنفذ عملية الاستدلال بنمط ممداني في أربع خطوات رئيسية هي: عمل الضبابية لمتغيرات الدخل، وتقويم القاعدة، وتجميع مخرجات القاعدة، وأخيراً إلغاء الضبابية. الشكل 4 يوضح مراحل الاستدلال بنمط ممداني:





شكل 4: مراحل الاستدلال بنمط ممداني.

تستخدم القاعدة الضبابية في الحصول على المعرفة من الخبراء/البيانات . وتكون القاعدة الضبابية عبارة شرطية في الصورة التالية:

If X is A then Y is B

حيث X و Y متغيرات لغوية، و A و B قيم لغوية تحدها الفئات الضبابية.

يعتبر المنطق الضبابي، وتقنيات تعليم الآلة أدوات مختلفة في بناء النظم الذكية. فبينما تمثل نماذج تعليم الآلة هياكل إجراء حسابات منخفضة المستوى والتي تعمل جيدا عند التعامل مع البيانات الخام فإن المنطق الضبابي يتعامل مع التفكير على مستوى مرتفع مستخدما الخبرة على هيئة كلمات من خبير النظام. إلا أن طبيعة بناء النظم الضبابية تقتقد إلى المقدرة على التعلم من مصادر أخرى للمعلومات. ومن ناحية أخرى، رغم أن تقنيات تعليم الآلة يمكنها التعلم فهي مبهمه ومتغيراتها لا تحمل أي معنى لمهندس النظام. ومن هذا السياق نستنتج أن دمج تقنيات تعلم الآلة مع المنطق الضبابي في نظام واحد يوفر طريقة واعدة في بناء نظم ذكية. ويمكن أن يدمج النظام الجديد بين الحوسبة المتوازية لتقنيات تعليم الآلة والقدرة على التعلم من البيانات الخام مع المعرفة البشرية الأكثر وضوحا في تمثيل الأنظمة.

النظام المدمج الجديد هو عبارة عن نموذج تعليم آلة يعمل بصورة مكافئة لنموذج الاستدلال الضبابي. بحيث يمكن تدريب النموذج للحصول على قواعد ضبابية، وتحديد معاملات دوال العضوية لمتغيرات المدخلات والمخرجات للنظام [18]. ونتيجة لذلك يتجنب النظام الجديد الجزء الأكثر تعبا وإرهاقا في بناء النظم الضبابية الا وهو ضبط الفئات الضبابية، وقواعد النظام.

### 1.1.3 تعليم الآلة باستخدام العنقدة (Clustering)

تعد العنقدة واحدا من التقنيات الحديثة المستخدمة في مجال تعليم الآلة لاكتشاف المجاميع المتعددة وبناء الأنظمة الضبابية. إن الفكرة الأساسية للعنقدة تتلخص في تجزئة مجموعة البيانات إلى عنقايد، بحيث تكون بيانات العنقود الواحد تتشابه مع بعضها البعض مقارنة مع تلك البيانات في العناقيد الأخرى. استخدمت العنقدة في هذا البحث للحصول على دوال العضوية من البيانات، وذلك من أجل بناء نظام يعمل بصورة مكافئة لنموذج الاستدلال الضبابي.

توجد العديد من طرق العنقدة المستخدمة في المنطق الضبابي المكيف منها العنقدة الضبابية و الوسطاء المتعددين Fuzzy C-Means أو ما يعرف إختصارا ب: (FCM). العنقدة الضبابية FCM هي خوارزمية لجمع عدد من البيانات استناداً إلى خصائصها وسماتها، وتتم عملية التجميع عن طريق تقليل

المسافات بين البيانات ومركز العقنود، كل نقطة بيانات تنتمي إلى مجموعة بدرجة إنتماء معينة، كما أنه يمكن لنقطة معينة أن تنتمي لعدة مجموعات بدرجات إنتماء مختلفة تتراوح بين الصفر والواحد الصحيح. ويمكن تلخيص الخوارزمية من خلال الخطوات التالية:

- حساب إحداثيات مراكز العناقيد (دوال العضوية)
- حساب المسافة بين كل البيانات ومراكز العناقيد
- وضع كل البيانات في عناقيد (دوال عضوية) بناءً على أقل المسافات بين نقاط البيانات ومراكز العناقيد.
- تكرار الخطوات السابقة حتى الوصول إلى أقل خطأ ممكن.

والجدير بالذكر هنا أن طريقة العقنودة الضبابية تعتمد على مراكز العناقيد الإبتدائية؛ فمن المستحسن أن تنفذ هذه الخوارزمية عدة مرات، في كل مرة تكون البداية بقيم نقاط بيانات عشوائية مختلفة.

#### 4 الحساسات

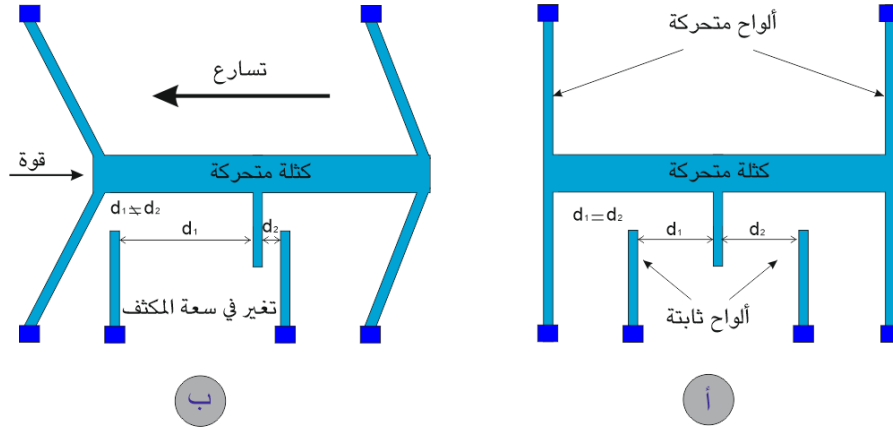
الحساسات هي المكونات التي تجمع وتنشر البيانات المختلفة في بيئة إنترنت الأشياء، مثل حساس الموقع والحرارة وشدة الإضاءة والحركة وجودة الهواء، وغيرها الكثير. هذه العناصر ليست حواسيب، مع أن البعض منها قد يكون مدمج في ألواح إلكترونية تحتوي على معالج وذاكرة للتخزين ووحدات الإدخال والإخراج [19]. ما يميزها أنها رخيصة الثمن، وتكلفتها تتناقص باستمرار، ويمكنها التخاطب إما مباشرة مع الإنترنت أو مع أجهزة متصلة بالإنترنت. ومن الأمثلة على ذلك اللوحة المدمجة ESP8266 [20] التي لها قابلية الإتصال بالإنترنت، وكذلك حساس التسارع المدمج في الهواتف الذكية.

#### 1.4 مقياس التسارع Accelerometer

اتخذت صناعة الحساسات قفزة عملاقة إلى الأمام من الحساسات التقليدية كبيرة الحجم إلى الحساسات المدمجة صغيرة الحجم، فاتحة الأبواب أمام إمكانية تصنيع أنظمة كاملة على شرائح إلكترونية متناهية في الصغر عالية في الدقة وقليلة التكلفة. ومن الأنظمة الحديثة المعروفة في هذا المجال الأنظمة الكهروميكانيكية الميكروية (Micro ElectroMechanical System) أو ما يعرف اختصاراً بـ: MEMS. من المواد المستخدمة في تصنيع الأجهزة الميكروية مادة السيلكون حيث تعتبر العصب الرئيسي لصناعة الدوائر الإلكترونية المتكاملة، هذه المادة تعطي عمراً طويلاً للأجهزة وتعمل لمدة تتجاوز البليون والتريليون دورة بدون عطل. أضحت الحساسات التي تعتمد على تقنية الـ: MEMS جزءاً هاماً من الحياة المعاصرة، أبتداءً من التحكم بالأوكياس الهوائية في المركبات الحديثة، تعقب الرياضيين، الواقع الافتراضي، مراقبة الأشخاص الذين يعانون من شلل أو إعاقة أو المعرضين للسكتات الدماغية المفاجئة، وانتهاءً باستخداماتها المتعددة في أجهزة الهواتف الذكية.

وكما هو معروف أن الحساس هو أداة تقوم بتحويل الكميات الطبيعية المتغيرة مثل التسارع إلى كميات كهربائية يمكن قياسها. هناك العديد من أنواع حساسات التسارع التي تعتمد في مبدأ عملها على تقنية الـ: MEMS، فمنها من يعمل في بعد واحد فقط، وهناك أخرى تعمل في ثلاث أبعاد/محاور. يوضح الشكل 5 فكرة عمل مقياس التسارع في بعد واحد، حيث يتكون من نظام (نابض/كتلة) مصنوع من السيليكون. عندما يتعرض الحساس لتسارع معين، تستشعر كتلة اللوح المتحرك قوة حسب قانون نيوتن الثاني  $F=ma$ . هذه القوة، حسب قانون هوك، تؤدي إلى إنضغاط الزنبرك  $F=kx$  (حيث  $k$  هو ثابت الزنبرك و  $x$  هي مقدار الإزاحة). النتيجة هي تغير المسافة بين اللوحين إما ازدياداً أو نقصاناً. إن كان اللوحان

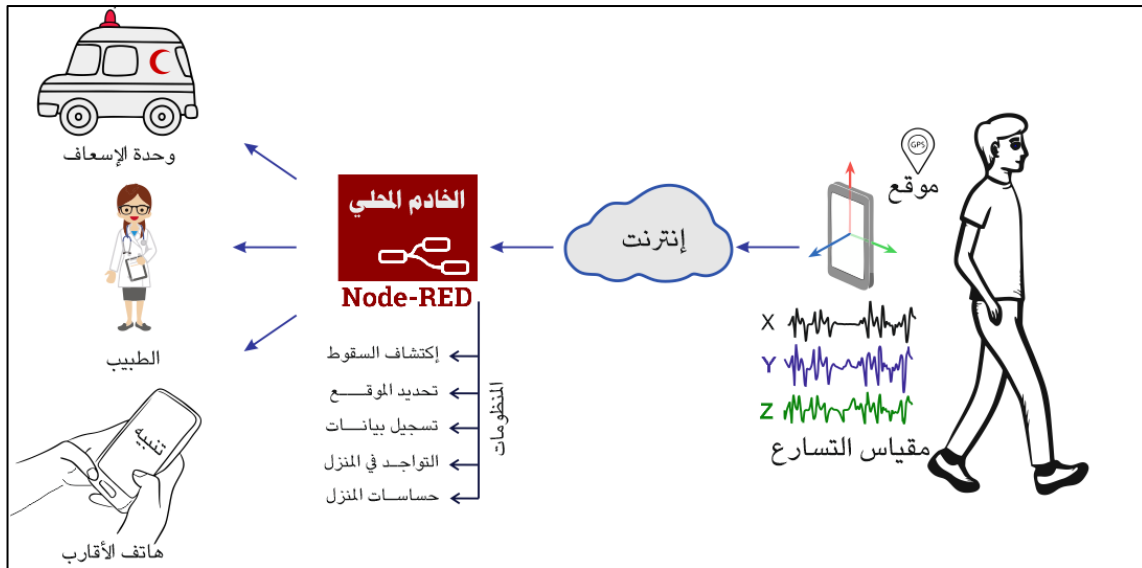
متصلان بتيار كهربائي بحيث يعملان كمكثف، فإن تغير المسافة بينهما يؤدي إلى تغير سعة المكثف وهذا يتم تحويله إلى تغير في التيار/الجهد الكهربائي الذي يمكن قياسه.



شكل 5: فكرة عمل مقياس التسارع.

### 5. النظام المقترح

لكي تتمكن الأشياء من الاتصال بشبكة الإنترنت وإرسال واستقبال البيانات فهي بحاجة لأن تكون شبيهة بالبشر إلى حد كبير فتملك حواساً وقدرة على التواصل وعلى معالجة البيانات وفهمها والتصرف وفقاً لها. ولكي يحدث ذلك فإنه لا بد من توفر تلك الأجهزة التي تعمل على استقبال البيانات من خلال أجهزة الاستشعار التي تقيس عوامل مختلفة من البيئة المحيطة بها كالحرارة والرطوبة والموقع والحركة وغيرها الكثير. ثم تقوم بعد ذلك بإرسال تلك البيانات إلى الخادم أو السحابة الإلكترونية والذي بدوره يعمل على تحليلها ودراستها من خلال أدوات الذكاء الاصطناعي مما يؤدي إلى توفير تقارير ورسوم بيانية تمكن من فهم مجريات الأمور والتنبؤ بحالة الشخص قيد الدراسة. ليس هذا فحسب بل إن النظام المقترح يستطيع أيضاً إرسال تنبيهات إلى الجهات المعنية وكذلك تحديد موقع الشخص للتمكن من تقديم المساعدة في الوقت المناسب. الشكل 6 يبين المخطط الصندوقي للنظام المقترح.



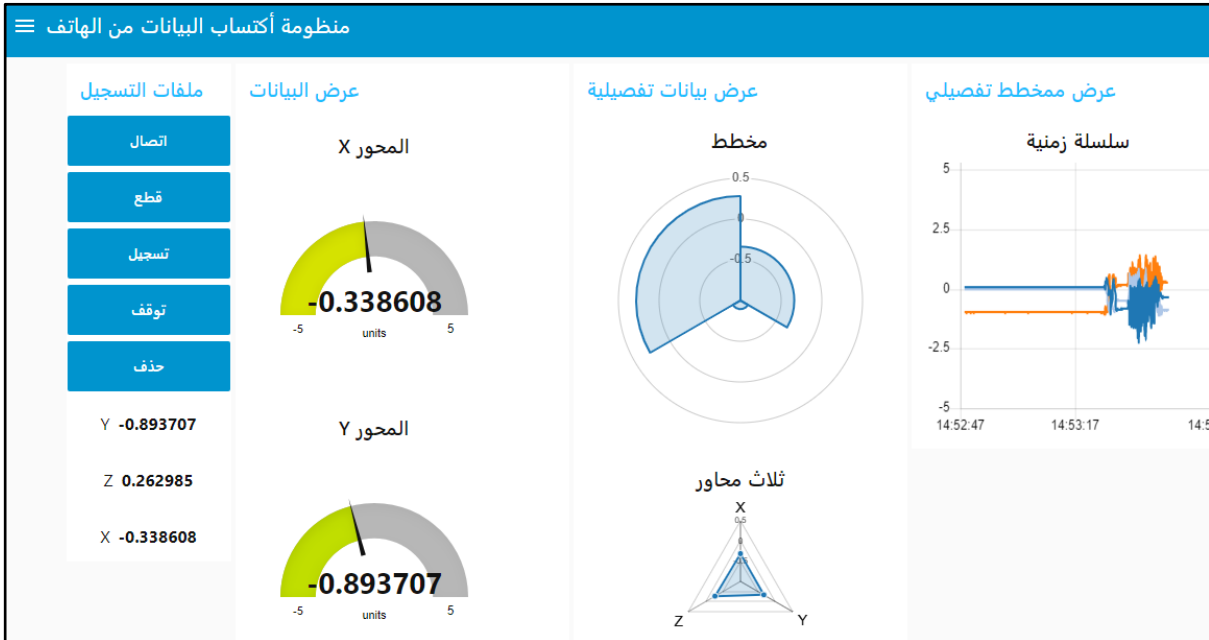
شكل 6: المخطط الصندوقي للنظام المقترح.

أصبح الهاتف الذكي جزء أساسي من حياة البشر، خصوصاً مع تطور قدرته على التخزين والمعالجة واحتوائه على عدد من المستشعرات، بالإضافة إلى إمكانية اتصاله بالإنترنت. هذه العوامل المذكورة آنفاً ساعدت على بناء نظام رعاية صحية يعتمد على الهاتف الذكي جنباً إلى جنب مع الأجهزة الرقمية القابلة للإرتداء. النظام المقترح يستخدم بالإضافة إلى الهاتف الذكي مجموعة من الحساسات، منها ما هو في المنزل وأخرى كأنظمة قابلة للإرتداء والتي تمكن من الحصول على بيانات حيوية لاستخدامها في التشخيص والمراقبة.

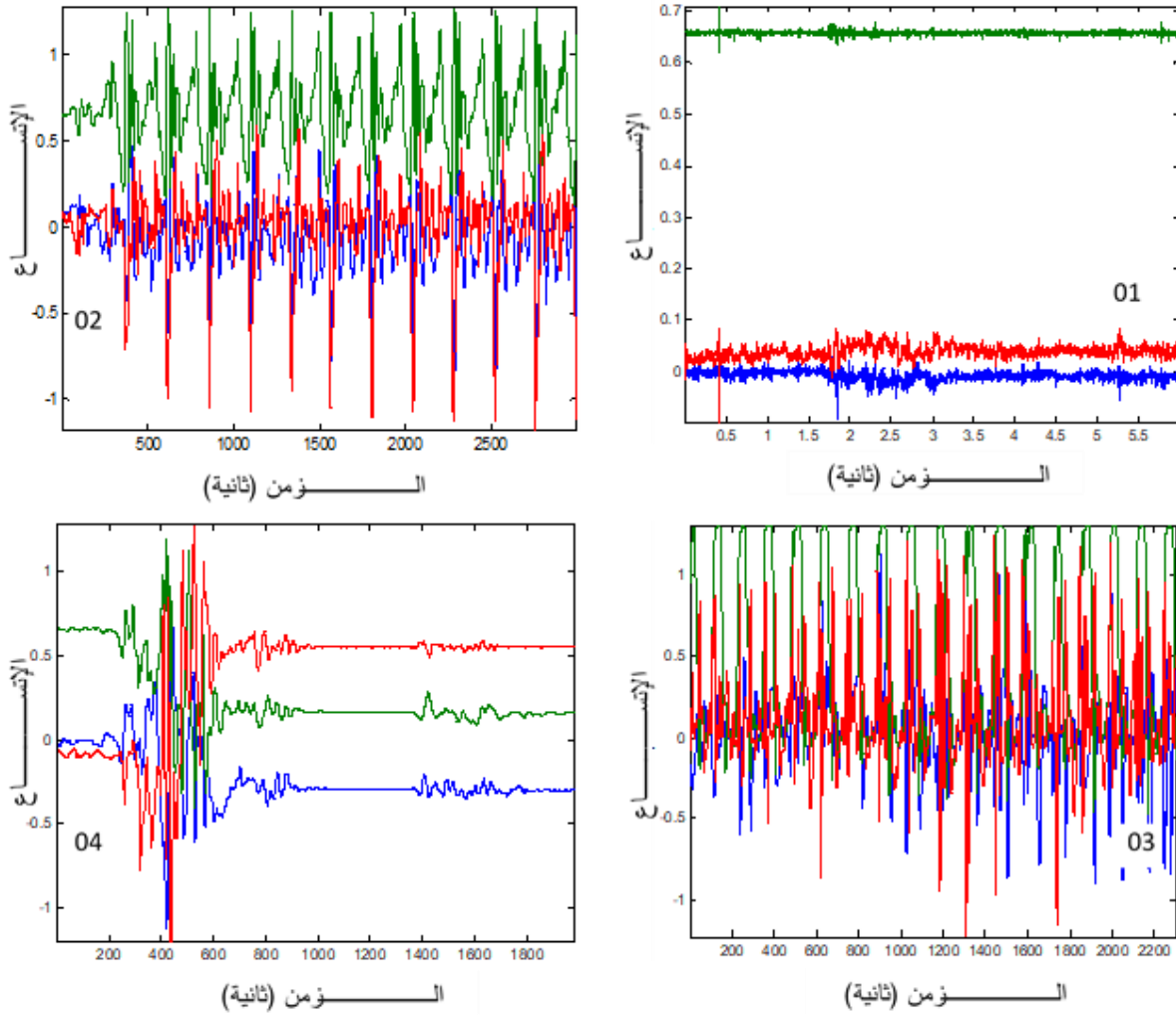
تم تنفيذ بنية عملية واعدة لإنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية، والتي تتكون من الأدوات التالية:

- جهاز هاتف ذكي للشخص قيد الإختبار، بحيث تم تزويده بتطبيق لقراءة حساس التسارع الذي تم شرحه آنفاً، وحساس تحديد الموقع. تم تصميم التطبيق المشار إليه باستخدام منصة Blynk [21]، وهي عبارة عن منصة خاصة بإنترنت الأشياء، للحصول على معلومات أكثر بخصوص منصة Blynk يمكن للقارئ الإطلاع على المرجع [21].
- خادم محلي يحتوي على بيئة Node.js ومجموعة من البرامج بإستخدام أداة Node-Red وهي كالتالي: الإتصال بالهاتف الذكي – تسجيل البيانات- إكتشاف السقوط بإستخدام المنطق الضبابي المكيف- منظومة التواجد بالمنزل.
- مجموعة من الحساسات لقياس درجة الحرارة والرطوبة وجودة الهواء داخل المنزل متصلة بالخادم المحلي عن طريق بروتوكول MQTT. إرسال التنبيهات إلى الجهات ذات العلاقة في حالات المراقبة والتشخيص والطوارئ.

يوضح الشكل 7 مكونات منظومة إكتساب البيانات، كما يوضح الشكل 8 قراءات مختلفة لحساس التسارع (حالة الوقوف، حالة المشي، حالة القفز، حالة السقوط) على التوالي.



شكل 7: صورة توضيحية لبعض مكونات منظومة إكتساب البيانات.

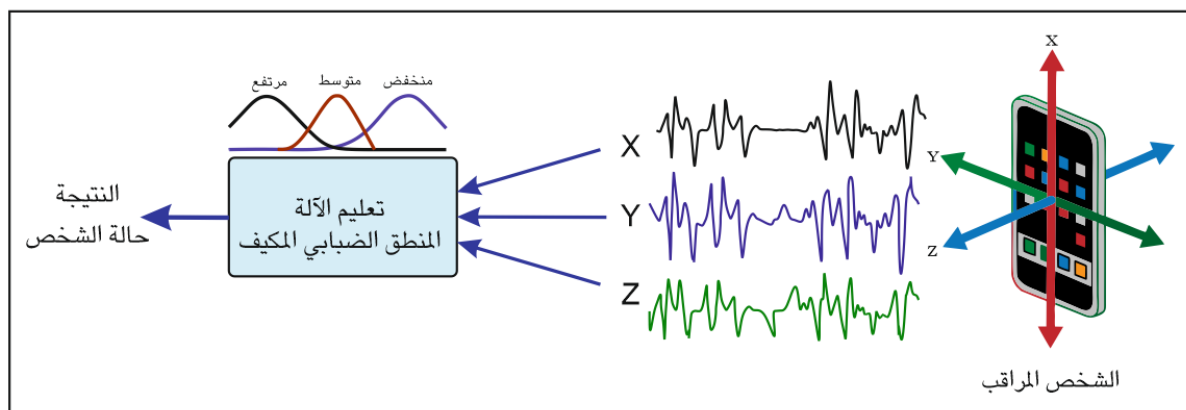


شكل 8: قراءات مختلفة لحساس التسارع باستخدام المنظومة.

### 1.5 مكونات النظام بالتفصيل

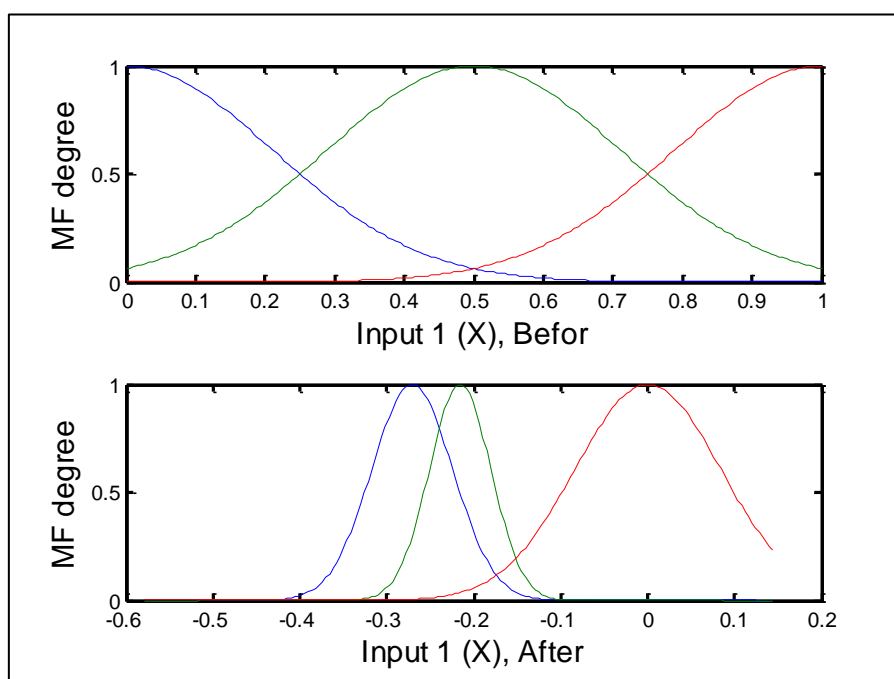
- **إكتشاف السقوط:** استُخدم المنطق الضبابي لتحديد حالة الشخص عند القيام بالأعمال اليومية عن طريق نموذج مؤلف من ثلاثة مدخلات ومخرج واحد كما هو موضح في الشكل 9. حيث يمكن وصف النظام كالتالي:

ثم تعيين قراءات حساس التسارع في اتجاه X، في اتجاه Y، و في اتجاه Z، كمدخلات للنظام، أما المخرج فهو عبارة عن حالة الشخص قيد الإختبار (حالة طبيعية-سقوط ويحتاج مساعدة).



شكل 9: استخدام المنطق الضبابي لتحديد حالة الشخص.

ولتصميم النظام المقترح فقد تم استخدام برنامج Matlab لتصميم نموذج ضبابي باستخدام أسلوب الاستدلال بنمط ممداني، يحتوي على ثلاثة دوال عضوية لكل من المدخلات والمخرجات. تشمل بيانات تدريب النموذج على عدد 500 عينة تشمل بيانات السقوط والوقوف والمشي تم تجميعها باستخدام منظومة تسجيل البيانات المشار إليها آنفا. تم تنفيذ عملية التدريب عدة مرات، في كل مرة تكون البداية بقيم عشوائية مختلفة لمعاملات النظام حتى الوصول إلى نتيجة جيدة. النموذج المدمج الناتج هو عبارة عن نموذج تعليم آلة يعمل بصورة مكافئة لنموذج الاستدلال الضبابي لممداني، بحيث يمكن تدريب النموذج للحصول على قواعد ضبابية، وتحديد معاملات دوال العضوية لمتغيرات المدخلات والمخرجات [18]. الشكل 10 يبين دوال العضوية لأحد المداخل قبل وبعد عملية التدريب باستخدام FCM. بعد الإنتهاء من تصميم النظام، تم دمج معاملات النموذج ضمن المنظومة الكاملة باستخدام لغة البرمجة جافاسكريبت وبالإستعانة بمكتبة مفتوحة المصدر على منصة (GitHub).



شكل 10: دوال العضوية لأحد المداخل قبل وبعد عملية التدريب.

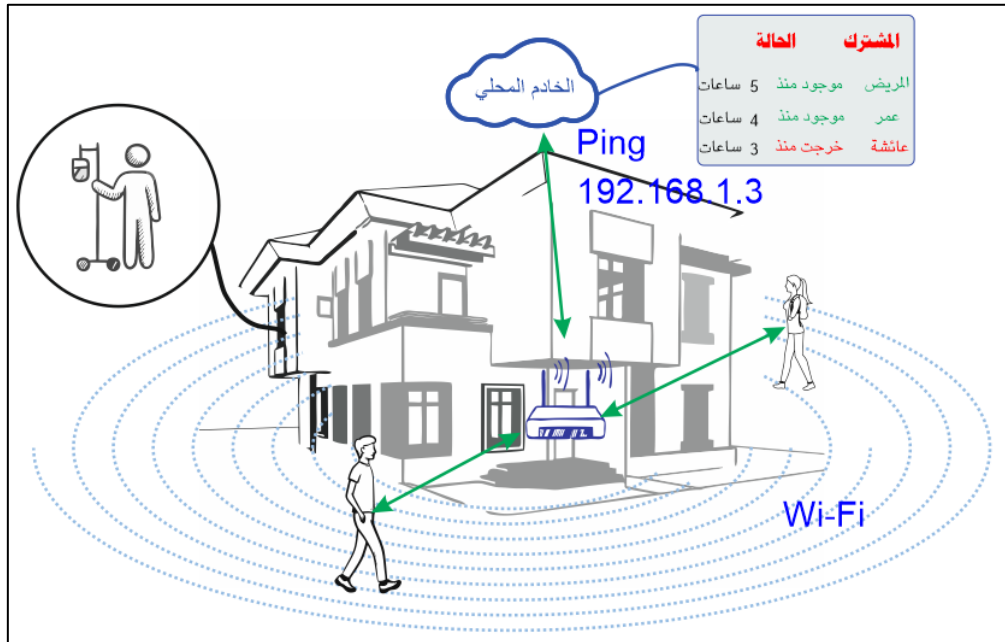
تم استخدام أسلوب الاستدلال بنمط ممداني في حين كانت دوال العضوية من نوع "الدالة الجاوسية" في كل من فضاء الإدخال والإخراج، وكان عدد دوال العضوية في كل متغير ثلاث دوال يقع مداها ما بين

(1 و 1-) بحسب مدى بيانات الإدخال لكل دخل. ونتج من خلال التطبيق العملي باستخدام النظام المقترح على بيانات حقيقية مجموعة من النتائج التي تم تمثيلها في الجدول التالي (جدول 1):

جدول 1: النتائج العملية للنظام المقترح.

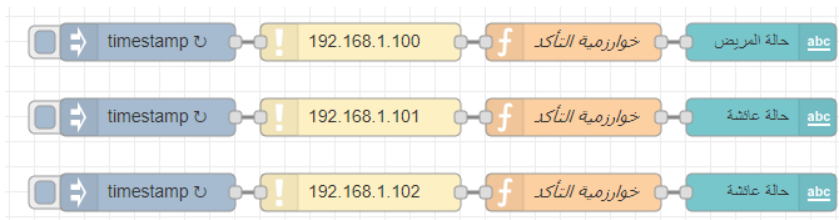
الإختبار	عدد المرات	الدقة
مشي- سقوط	20	%95
جري - سقوط	20	%90
وقوف- سقوط	20	%100

- **التواجد داخل المنزل:** الوقت اللازم لإرسال حزمة من البيانات عبر وسط إشارة Wi-Fi من الخادم المحلي إلى جهاز آخر مشترك في نفس الشبكة (هاتف الشخص قيد الإختبار) والعودة إلى الخادم المحلي يمكن استخدامه لتحديد تواجد الشخص داخل المنزل من عدمه. في هذا التطبيق يقوم الخادم المحلي عند فترات محددة مسبقاً بإرسال حزم من البيانات (مثلاً: كل خمس دقائق) إلى عناوين ثابتة (Static IP) ومحددة مشتركة معه في نفس الشبكة، فإذا وجدت إستجابة من أحد هذه العناوين (هاتف الشخص قيد الإختبار) فإن ذلك يعني تواجد الشخص داخل المنزل، وإذا لم توجد إستجابة، فإن ذلك يعني أن الشخص خارج المنزل في أغلب الأحيان. الشكل 11 يوضح المخطط الصندوقي للنظام المقترح:



شكل 11: مخطط منظومة التواجد داخل المنزل.

يوضح الشكل 12 برنامج التأكد من وجود الشخص داخل المنزل باستخدام برنامج Node-Red.



شكل 12 برنامج Node-Red للتأكد من وجود الشخص.

**قياس الحرارة:** حرارة جسم الإنسان هي مؤشر ضروري يدل على مشاكل في الصحة مثل نزلات البرد، الأرق، وغيرها الكثير. قياسها بشكل متواصل ضروري من أجل الأطفال الرضع والعجزة بالإضافة إلى الأشخاص الذين يعانون من أوضاع صحية صعبة. ولكن أغلب الحساسات القابلة للإرتداء المتوفرة هذه الأيام على شكل أساور تقوم بمعاينة حرارة الجسم والتي تتغير عن طريق البيئة المحيطة والتي عادة ما تكون مختلفة عن درجة حرارة الجسم. حرارة الجسم يُمكن قياسها عن طريق الفم و غيرها، مقاييس درجة حرارة الملاصقة للجلد تقيس الحرارة و الطاقة المنبعثة من الجلد والتي تكون أسهل للقياس مقارنة بباقي طرق قياس الحرارة الأخرى، و هذه هي الطريقة التي تم إتباعها في هذا البحث بسبب عدم تأثرها بالبيئة المحيطة. كما تم وضع حساس لقياس درجة الحرارة والرطوبة وجودة الهواء داخل المنزل متصلة بالخادم المحلي عن طريق بروتوكول MQTT.

يمكن تجميع النظام المقترح على شكل حزام قابل للإرتداء، بحيث يتعقب الحركة أين ما ذهب الشخص، ويحتوي على حساسات يمكنها إرسال إحصائيات ومعلومات يومية ترسل مباشرة للخادم المحلي بشكل متزامن، ويمكن الإستفادة من هذه المعلومات في المستشفيات لمتابعة حالة المرضى، حيث يمكن للمريض إرسال تقرير مباشر عن وضعه الصحي وقياس المتغيرات الحيوية المختلفة إلى المستشفى المركزي في المدينة عبر الإنترنت، ويمكن للمستشفى المركزي متابعة حالة المرضى والتواصل معهم في حالة الخطر.

## 6. النتائج والمناقشة

مع تسارع التكنولوجيا والتطور السريع الذي نشهده اليوم في عالم الاتصالات، صار حلم إقتناء أجهزة ذكية واقعاً. كما أصبحت هذه الأجهزة قادرة على ربط نفسها بشبكة الإنترنت وتحميل بيانات ومعلومات مختلفة في السحب الرقمية. ففي مجال الطب والرعاية الصحية، اليوم بدأت تسود في المستشفيات تقنيات IOT والأجهزة الرقمية المتصلة بشبكة الإنترنت، وقد وصل الأمر إلى حد يمكن القول أن الكثير من الأطباء والممرضين وغيرهم من مقدمي الرعاية الصحية أستغنوا عن الورق وبتوا يعتمدون إما كلياً أو بشكل كبير على الأجهزة اللوحية المتصلة لاسلكياً بشبكة الإنترنت.

في هذا البحث، تم تقديم بنية واعدة لنظام إنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية، بالإعتماد على خوارزميات تعليم الآلة المبنية في الخادم المحلي. وباستخدام بروتوكول الاتصال "نقل الرسائل في قائمة الانتظار عن بعد" للتواصل ما بين العقد والخادم المحلي. تم تقييم أداء نموذج تعليم الآلة باستخدام مصفوفة الإرتباك (Confusion matrix)، وهي عبارة عن أداة مشهورة في مجال تعليم الآلة استخدمت في هذا البحث لتوضيح مدى فاعلية النموذج المقترح في إكتشاف السقوط. يحتوي الجدول 2 على معلومات وتفاصيل حول التصنيفات الفعلية (التي تم تصنيفها من قبل الإنسان) والتصنيفات التنبؤية التي تنبئها المصنف. فكل عمود في المصفوفة يمثل الفئات المُتنبئة (Predicted class) و كل صف يمثل الفئات الفعلية (Actual class). من الجدول يمكننا التعرف على المصطلحات التالية: المصطلح (TP: True positive) ويعني الحالات التي تم التنبؤ بها على أنها صحيحة وتتنتمي لنفس المصنف، أما المصطلح (FN: False negative) يعني الحالات التي تم التنبؤ على أنها سالبة وهي ضمن المصنف الموجب، و المصطلح (FP: False positive) هي الحالات التي تم التنبؤ بها على أنها موجبة وصنفها



الحقيقي هو سالب، أما المصطلح الأخير (TN: True negative) فيعني حالات تم تصنيفها على أنها سالبة وهي فعلاً تنتمي لنفس الصنف. يبين الجدول 2 مصفوفة الارتباك للإختبار (مشي - سقوط)، حيث نلاحظ أن عدد حالات إيجابي-حقيقي "سقوط" و عدد حالات سلبي-حقيقي "سليم". بينما نلاحظ أن حالة واحدة فقط إيجابي-خاطئ، ولا توجد أي حالة سلبي-خاطئ. ومن هنا نلاحظ أن النموذج قد أعطى نتائج توقع صحيحة لعدد 19 حالة من أصل 20 حالة، وبهذا تكون الدقة 95%. وبالمثل تم تطبيق نفس مصفوفة الارتباك على الحالات المتبقية. بالنظر لنتائج عملية الإختبار، نلاحظ أن أختبار (جري-سقوط) قد تحصل على أقل نسبة 90%، قد تكون المشكلة في عدم أخذ بيانات كافية في عملية التدريب لتمييز مثل هذه الحالات. وبصفة عامة يلاحظ أن النظام المقترح قد أثبت كفاءة عالية في التطابق مع البيانات الحقيقية.

جدول 2: مصفوفة الارتباك لتقييم النموذج المقترح.

		تصنيفات فعلية	
		موجب	سالب
تصنيفات تنبؤية	موجب	TP=9	FP=0
	سالب	FN=1	TN=10

من المتوقع أن يسهم النظام المقترح في الإرتقاء بمستوى الحماية التي يقدمها بفضل ميزة إكتشاف السقوط وخدمة التواجد داخل المنزل من أجل الحفاظ على الصحة العامة. صمم النظام المقترح ليقوم تلقائياً بإستدعاء خدمات الطوارئ مع إرسال موقع المريض إلى جهات اتصال الطوارئ. وبفضل مقياس التسارع يستطيع النظام أن يكتشف ما إذا تعرّض المريض للسقوط، وفي حال عدم تجاوب المريض بعد مرور زمن معين، يتم إرسال تنبيهات لخدمات الطوارئ كما يتم إرسال رسالة إلى الأشخاص الذين يختارهم المريض ليتم الاتصال بهم في حالات الطوارئ.

## 7. الاستنتاجات

يؤدي تطبيق إنترنت الأشياء الذكية في مجال الرعاية الصحية إلى الرفع من مستوى الخدمات الطبية، حيث يساعد الأطباء ومقدمي الرعاية الصحية في الكشف ومتابعة حالات المرضى بدقة ومصادقية عالية، وتلعب تقنيات تعليم الآلة دوراً أساسياً في التقدم في هذا المجال. تم بناء نظام إنترنت الأشياء الذكية والذي يقوم بإرسال واستقبال البيانات وتجميعها ومعالجتها باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي داخل الخادم المحلي. كما تم استخدام بروتوكول MQTT خفيف العبء على العقد عوضاً عن البروتوكولات المستخدمة عادةً في تطبيقات الإنترنت، حيث أوضحت النتائج قدرة النظام المقترح على إستقبال وتخديم عدد كبير من الطلبات في الزمن شبه الحقيقي. تناولت هذه الدراسة أيضاً النظم الذكية الهجينة بين تقنيات الذكاء المختلفة، فقد تم تقديم شرح حول النظم الذكية الموجهة بالبيانات، والتي تدمج المنطق الضبابي ونظم تعليم الآلة المبنية على العنقدة، النظام الضبابي المكيف بكافئ وظيفياً نموذج الإستدلال بنمط ممداني. تم إختبار النظام المقترح على عدة حالات تحاكي البيئة الحقيقية، تختلف حسب الوضعية التي كان عليها الشخص قيد الدراسة، وبالنظر إلى ما تم الحصول عليه من نتائج، اتضح أن نموذج تعليم الآلة يعطي نتائج أفضل كلما كانت البيانات ذات وضوء "حركة" أقل قبل حدوث عملية السقوط. للحصول على نتائج أفضل من المستحسن تدريب النموذج على حالات أخرى لم يسبق أن تدرب عليها في السابق.

توجد العديد من التطبيقات الأخرى التي من الممكن تنفيذها باستخدام النظام المقترح. بحيث يمكن مراقبة الأشخاص المختبرون أثناء النوم والمشي وخلال كامل ساعات اليوم. حيث من الممكن أن يستخدم الأطباء هذه البيانات لدراسة تطور المرض لدى مرضى الزهايمر، وباركنسون، والتصلب المتعدد. بالإضافة إلى إمكانية استخدامه لقياس معدل التنفس. فهناك الكثير من المرضى لا يدركون مدى انخفاض معدلات التنفس لديهم أو ارتفاعها ل يتم تشخيص الأسباب الكامنة وراء الإصابة بمثل هذه الحالات، كما سيؤدي النظام المقترح إلى خفض مراجعات المريض الدورية للمستشفى من خلال الاعتماد على المراقبة والتحليل عن بعد، بالإضافة إلى توفير بيانات تاريخية عن المريض، وبالتالي يسهل توظيفها في إعداد البحوث العلمية للحصول على نتائج أكثر دقة ومصداقية. ومن جانب آخر، يمكن استخدام النظام المقترح للمقارنة بين العدد الكبير من البروتوكولات المستخدمة في تطبيقات الإنترنت مثل HTTP و CoAP لتحديد البروتوكول الأنسب مع بيئة إنترنت الأشياء المستقبلية.

## 8. المراجع

- R. Ratasuk, *et al.*, "NB-IoT system for M2M communication," in 2016 [1]  
*IEEE wireless communications and networking conference*, 2016, pp. 1-5.
- J. Gubbi, *et al.*, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural [2]  
elements, and future directions," *Future generation computer systems*, vol. 29, pp. 1645-1660, 2013.
- K. Ashton, "That 'internet of things' thing," *RFID journal*, vol. 22, pp. 97- [3]  
114, 2009.
- M. O'Neill, "Insecurity by design: Today's IoT device security problem," [4]  
*Engineering*, vol. 2, pp. 48-49, 2016.
- I. Lee and K. Lee, "The Internet of Things (IoT): Applications, [5]  
investments, and challenges for enterprises," *Business Horizons*, vol. 58, pp. 431-440, 2015.
- L. Catarinucci, *et al.*, "An IoT-aware architecture for smart healthcare [6]  
systems," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 2, pp. 515-526, 2015.
- J. Chan, *et al.*, "Contactless Cardiac Arrest Detection Using Smart [7]  
Devices," *arXiv preprint arXiv:1902.00062*, 2019.
- B. Chu, *et al.*, "Bring on the bodyNET," *Nature News*, vol. 549, p. 328, [8]  
2017.
- N. Al-Falahy and O. Y. Alani, "Technologies for 5G networks: Challenges [9]  
and opportunities," *IT Professional*, vol. 19, pp. 12-20, 2017.
- L. A. Zadeh, "Soft computing and fuzzy logic," in *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, [10]  
and Fuzzy Systems: Selected Papers by Lotfi a Zadeh*, ed: World Scientific, 1996, pp. 796-804.

- D. Guinard and V. Trifa, *Building the web of things: with examples in node.js and raspberry pi*: Manning Publications Co., 2016. [11]
- T. Yokotani and Y. Sasaki, "Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT," in *2016 international conference on control, electronics, renewable energy and communications (ICCEREC)*, 2016, pp. 1-6. [12]
- M. Blackstock and R. Lea, "Toward a distributed data flow platform for the web of things (distributed node-red)," in *Proceedings of the 5th International Workshop on Web of Things*, 2014, pp. 34-39. [13]
- A. Shah, *et al.*, "Memory Forensic Analysis of MQTT Devices," *arXiv preprint arXiv:1908.07835*, 2019. [14]
- C. Anderson, "The end of theory: The data deluge makes the scientific method obsolete," *Wired magazine*, vol. 16, pp. 16-07, 2008. [15]
- L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, pp. 338-353, 1965. [16]
- E. H. Mamdani, "Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis," *Computers, IEEE Transactions on*, vol. 100, pp. 1182-1191, 1977. [17]
- A. M. Abdulshahed, *et al.*, "Thermal error modelling of machine tools based on ANFIS with fuzzy c-means clustering using a thermal imaging camera," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 39, pp. 1837-1852, 2015. [18]
- T. Igoe, *Making Things Talk: Using Sensors, Networks, and Arduino to see, hear, and feel your world*: " O'Reilly Media, Inc.", 2011. [19]
- R. K. Kodali and S. Mandal, "IoT based weather station," in *2016 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*, 2016, pp. 680-683. [20]
- B. Bohora, *et al.*, "IoT Based Smart Home Using Blynk Framework," *Zerone Scholar*, vol. 1, pp. 26-30, 2016. [21]