إدارة النفايات وتقنية انترنت الاشياء

ناجية ابراهيم الغراري

الاكاديمية الليبية

najia@academy.edu.ly

المستخلص: إدارة النفايات هو أسلوب معالجة النفايات الصلبة. إدارة النفايات هي التخلص من البضائع والمواد التي نستخدمها ببساطة بطريقة آمنة واقتصادية. هناك ثماني طرق رئيسية لاستراتيجيات إدارة النفايات ، كل منها مقسم إلى فئات مختلفة. و هي - الاختزال والتوظيف ، تغذية الحيوانات ، إعادة التدوير ، التسميد ، التخمير ، مدافن النفايات ، الحرق ، واستخدام الأرض. لحسن الحظ ، لدى تقنية إنترنت الأشياء الإجابة للمساعدة في طريقة الاستخدام في كل مرحلة من مراحل إدارة النفايات.

يتناول هذا البحث الدور المهم الذي تقدمه تقنية انترنت الاشياء في المساعدة على إدارة التخلص من النفايات بمختلف انواعها وخاصة النفايات الصلبة وذلك بالتطرق لبعض التقنيات التي يمكن الاستفاذة منها في هذا المضمار بالإضافة إلى الاستفاذة من تجارب بعض الدول في هذا المجال. حيث لعبة هذه التقنية دورا فعالا في المساعدة على المحافظة على بيئة نظفية داخل التجمعات السكنية في المدن والارياف وكذلك وفرت الجهد والتكاليف.

الكلمات المفتاحية: انترنت الاشياء ، إدارة النفايات ، معالجة النفايات

مقدمة

تسبب التحضر في تحديًات متعدد الأوجه تتعلق بإدارة البيئة الحضرية بسبب النمو السكاني ، والأنشطة الاقتصادية المتنامية ، والتصنيع ، وتغيير أنماط الحياة ، فضلاً عن إدخال تقنيات جديدة ترتب عليها مجموعة مختلفة تمامًا من التحديات التي يجب مواجهتها (مثل إدارة النفايات الإلكترونية) . تعد إدارة النفايات الحضرية إحدى المشكلات التي ترتبت عن العوامل المذكورة أعلاه وأدت إلى انهيار المدن والبلدات تحت أكوام القمامة المتروكة في العراء (للتعفن) .في الوقت الحالي ، لا نقتصر فقط على إدارة النفايات بسبب أنشطتنا اليومية (نفايات بلدية نموذجية) ، ولكننا مضطرون أيضًا لإدارة النفايات من الصناعات المختلفة الموجودة في المناطق المحيطة لمستوطناتنا الحضرية. نفاياتنا خطرة وغير خطرة ، بعضها طبي بيولوجي ، في حين أن الباقي نتيجة التطورات الحديثة في القطاعات الإلكترونية والمتعلقة بتكنولوجيا المعلومات. تؤدي النفايات التي تتم إدارتها بشكل سيء إلى آثار مباشرة على البيئة الحضرية ، مما يؤدي إلى تلوث الهواء والماء والتربة وتأثيرات صحية طويلة الأجل وبالتالي آثار غير مباشرة على اقتصادنا وآفاق النمو.

مشكلة البحث:

المشكلة التي تطرقت لها هذه الورقة البحثية هي ما مدى الاستفادة من تقنية انترنت الاشياء في تنفيد برامج التخلص من النفايات داخل المدن بطرق امنة وغير مكلفة وذلك للحفاظ على بيئة نظفية وصحية.

تساؤلات البحث:

1. ما هو دور انترنت الاشياء في معالجة النفايات الصلبة ؟
2. ما الطرق المختلفة التي يمكن الاستفاذة منها لتطبيق هذه التقنية في معالجة النفايات ؟
3. ما هو الدور الذي يمكن أن تلعبه هذه التقنية لإيجاد بيئة صحية ونظفية داخل التجمعات الحضرية ؟

أهمية البحث:

تكمن اهمية البحث في الاتي:

1. التعريف بتقنية انترنت الاشياء.
2. دور تقنية انترنت الاشياء في المساعدة على معالجة النفايات الصلبة.
3. مدى الاستفادة من هذه التقنية في جعل بيئة صحية ونظفية للسكان.
4. الخروج ببعض المقترحات التي ربما تساعد المسئولين على الإسراع في تطبيق هذه التقنية داخل المدن والقرى الليبية للمساهمة في التخلص من النفايات بطريقة علمية وامنة.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

1. معرفة ولو بشكل مبسط تقنية انترنت الاشياء ودورها الفعال في معالجة النفايات.
2. تسليط الضوء على هذه التقنية وما مدى الاستفادة منها.
3. الوقوف على بعض الحلول التي قامت بها بعض الدول لاستغلال هذه التقنية في تنفيذ حلول لمشكلة النفايات داخل المدن.
4. امكانية الاستفادة من هذه التقنية في تقليل التكاليف للتخلص من النفايات.

منهجية البحث:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي الذي يهدف إلى تجميع البيانات والمعلومات الكافية حول موضوع الدراسة وذلك من خلال وصف الحالة وأهميتها فضلاً عن استخدام المراجع والكتب والمجلات والبحوث المرتبطة بها، والاطلاع على الدراسات والتقارير والمنشورات المشابه، واستخدام شبكة الانترنت في البحث.

الدراسات السابقة

في العالم الحالي ، نرى صناديق القمامة موضوعة على جانب الطريق وحاويات القمامة تفيض. هذا التدفق الزائد من سلة المهملات يرجع إلى الزيادة في عدد السكان والهدر من الفنادق والصناعات وما إلى ذلك. هذا التدفق الزائد من سلة المهملات سيجعل بيئتنا قبيحة ويسبب العديد من الأمراض للسكان. لتجنب هذا الموقف خططنا لتصميم "نظام إدارة النفايات باستخدام تقنية إنترنت الأشياء". يتم تنفيذ هذا النظام لوضعه في المدن الذكية. في هذا النظام المقترح ، يتم توصيل صناديق قمامة متعددة من مناطق مختلفة في جميع أنحاء المدن باستخدام تقنية إنترنت الأشياء. في هذا الإطار يتم تزويد سلة المهملات بأجهزة مدمجة رخيصة والتي تقوم باستشعار مستوى القمامة داخل سلة المهملات ، ثم يتم إرسالها إلى غرفة التحكم بالبلدية. ثم ترسل المعلومات إلى سائق الشاحنة لجمع النفايات. يقوم المستشعر والذي يستخدم الموجات فوق الصوتية باستشعار مستوى الغبار في سلة المهملات. وسيشير أيضًا إلى وجود أي غازات سامة في الحاوية بواسطة صوت إنذار.

إدارة النفايات الصلبة داخل اي بلدية (MSWM) هي واحدة من أهم القضايا البيئية في المدن الهندية. تؤدي الإدارة غير السليمة للنفايات الصلبة داخل نطاق البلدية (MSW) إلى حدوث مخاطر للسكان. تكشف العديد من الدراسات أنه فيما يتعلق بالنفايات الصلبة داخل نطاق البلدية يتم التخلص منها بطريقة غير علمية في مكبات مفتوحة ومدافن

قمامة ، مما يثير قضايا الصحة العامة داخل البلدية وكذلك المناطق المحيطة. ضمن دراسة لهذه المشكلة، تم إنشاء تجربة لإنتاج مراجعة شاملة للخصائص ، والتوليد ، والتشكيلة ، والنقل ، وتقنيات التخلص من النفايات الصلبة المحلية التي تمارس في جمهورية الهند. تم إجراء الدراسة المتعلقة بإدارة النفايات الصلبة داخل اي بلدية للمدن الهندية للحكم على الوضع الحالي وتحديد القضايا الرئيسية. تم استعراض العديد من تقنيات المعالجة المعتمدة. انتهت الدراسة بعدد من الاقتراحات المثمرة التي يمكن أن تكون مفيدة لتشجيع السلطات المختصة / الباحثين على التفكير في تحسين إضافي للنظام الحالي. [1]

نظرًا للتحول النموذجي نحو إنترنت الأشياء (IoT) ، يتم إجراء البحث في خدمات إنترنت الأشياء في مجموعة كبيرة جدًا من المجالات. باعتبارها مجالًا مهمًا لتطبيق إنترنت الأشياء ، أصبحت إدارة النفايات إحدى هذه المشكلات. تسبب غياب إدارة النفايات الاقتصادية في مشاكل بيئية خطيرة ومشاكل في الأسعار. لذلك ، خلال هذه الورقة ، تم التخطيط لبرنامج قائم على إنترنت الأشياء والمعروف باسم نضام الحاويات الذكية (SGS) لتقليل كمية النفايات.

في SGS ، تقوم صناديق القمامة الذكية المزودة بالبطارية (sgbs) بتبادل المعلومات مع الشبكات اللاسلكية الأخرى ، ويقوم جهاز التوجيه والخادم بجمع وتحليل البيانات لتوفير الخدمة. علاوة على ذلك ، تشتمل SGS على العديد من تقنيات إنترنت الأشياء التي تراعي راحة المستخدم وستزيد من فترة البطارية من خلال نوعين من العمليات الموفرة للطاقة لـ sgbs: التشغيل الكامل والتشغيل القائم على التعاون. تم تشغيل SGS المخطط له كتجربة في منطقة جانجنام ، سيول ، جمهورية ;كوريا الجنوبية ، مقابل مبلغ سنوي. أظهرت التجربة أن الكمية النموذجية من القمامة قد تقل بمقدار الثلث اوالثلثين. [2]

يمكن أن تكون المعالجة والاستعادة مكونًا رئيسيًا مفيدًا في أنظمة إدارة النفايات الصلبة البلدية (MSWMS). إعادة استخدام وإعادة تدوير واستعادة العناصر القيمة من اماكن النفايات مع إعطاء قدر كبير من الاهتمام في MSWMS في كل من البلدان المتقدمة والنامية. أكثر ما يشغل البلديات هو الإدارة السليمة للمواد القابلة لإعادة الاستخدام. يعتبر فصل االنفايات كأفضل تطبيق لإدارة القمامة والمواد القابلة لإعادة الاستخدام لكل بلدية. منذ عام 1980 ، تم استخدام العديد من التقنيات في تجارة الاستخدام. تقيس العديد من البلديات معرفة أهمية أحدث التقنيات في صناعات الاستخدام ، مثل تحديد الهوية في كثير من الأحيان (RFID).

تم استخدام هذه التكنولوجيا على نطاق واسع من قبل العديد من المنظمات في بعض البلدان الصناعية. يمكن أن يكون التحديد غالبًا نظامًا لوضع العلامات للتعرف التلقائي على العناصر القابلة لإعادة الاستخدام في اماكن النفايات الصلبة بالبلدية. تكشف هذه الورقة عن بعض تطبيقات تقنية RFID في الإدارة الذاتية للمنتج ، مع التركيز على إدارة النفايات الصلبة بالبلدية بالإضافة إلى الآثار البيئية لـ RFID. الاستخدام الواسع لعلامات RFID على منتجات الزبائن يحمل مخاطر تبديد كل مادة غير صحية وسيؤدي إلى تعطيل عمليات الاستخدام المعمول بها. يتسبب هذا في مخاطر محتملة على المدى المتوسط أو الطويل فيما يتعلق بإدارة الموارد وإدارة التلوث. ومع ذلك ، يمكن تجنب هذه المخاطر أو استبعادها من خلال تطبيق المبادئ الوقائية في المرحلة المبكرة من تطوير تقنية RFID .[3]

تغير أنظمة النقل الذكية غيرت الخدمات الجديدة داخل المدن. الاخذ في الاعتبار تصنيف النفايات الاقتصادية يعتبرخدمة أساسية للمدن الذكية. يمكن تطبيق تقنية إنترنت الأشياء (IoT) في أنظمة النقل الذكية والمدن لتشكيل منصة متطورة للتطبيقات الجديدة. يمكن استخدام أنظمة عمل الشرطة كعامل مساعد لتوفير خدمات مناسبة فيما يخص تصنيف النفايات . وذلك بالاعتماد على تقنية انترنت الاشياء وعلى وجه التحديد : (1) انظمة الكشف باستخدام الترددات الراديوية ، (2) أجهزة الاستشعار ، (3) الكاميرات ، و (4) المشغلات التي تم دمجها في أنظمة عمل أنظمة النقل الذكية وأنظمة عمل الشرطة. خلال هذا البحث ، نميل إلى اقتراح شبكة اتصال متطورة (DSS) لتصنيف النفايات الاقتصادية في المدن. يشتمل النظام على نموذج لمشاركة المعلومات بين سائقي الشاحنات في الوقت الفعلي وذلك لأداء تصنيف النفايات وتحسين المسار الديناميكي.

يتعامل النظام مع حالة تصنيف النفايات غير الفعال في المناطق التي يتعذر الوصول إليها داخل المدينة. تم تضمين كاميرات تساعد الشرطة لمراقبة المناطق التي بها مشاكل وتقديم دليل للسلطات. يهدف نظام تصنيف النفايات إلى تقديم خدمة عالية الجودة للمواطنين [4].

انواع وطرق التخلص من النفايات

يمكن تصنيف القمامة الناتجة عن شرائح المجتمع المختلفة وفقًا لتكوينها (الخصائص الفيزيائية) والوجهة. هذا التصنيف أساسي لأنه يسهل التجميع الانتقائي وإعادة التدوير وتحديد الهدف الأنسب. تمثل هذه النفايات الصلبة التي يتم التخلص منها من قبل البلديات الحضرية حجمًا غير متجانس للغاية من المادة ، فضلاً عن حمولة أكثر تجانسًا من النفايات الصناعية ونفايات المستشفيات. في الوقت الحالي ، تعتبر المجموعة الانتقائية أساس الإدارة السليمة للنفايات والطريقة الأساسية المعتمدة في جميع أنحاء العالم عندما يكون الهدف هو إعادة التدوير. بالنسبة لنظام إدارة النفايات الذي يعتمد على إنترنت الأشياء ، من الضروري أن يتم التصنيف مسبقًا ، لذلك ينبغي النظر في حاويات محددة لكل نوع من أنواع النفايات.

على سبيل المثال ، يتم جمع النفايات الصلبة ، في لندن ، وفقًا لمتطلبات التجميع الانتقائي. تستخدم أكياس القمامة أو الحاويات الملونة المختلفة ، مثل النفايات السامة باللون الأحمر ؛ نفايات المستشفيات باللون الأصفر ؛ نفايات المستشفيات بعد التطهير باللون الأزرق ؛ نفايات منزلية سوداء تنقسم العبوات الزجاجية إلى مجموعات خضراء ، وسوداء ، وبنية ، حسب أنواعها وألوانها ، وتوضع في عبوات مختلفة [5]. بعد ذلك ، يتم وصف الأنواع المختلفة للنفايات المدروسة على النحو التالي:

- **النفايات العضوية**. إنها القمامة المشتقة من النفايات العضوية [6]. يتم إنشاؤها بشكل أساسي في المساكن والمطاعم والمؤسسات التجارية التي تعمل بالطعام. يجب فصلها عن الأنواع الأخرى من النفايات حيث يتم توجيهها في الغالب إلى مكبات النفايات داخل البلدية.
- **النفايات القابلة لإعادة التدوير**. إنها جميع النفايات التي يمكن استخدامها في عملية التحول إلى عناصر أخرى أو في تصنيع المواد الخام [7]. يتم إنشاؤها في المساكن والشركات والصناعات ، ويجب فصلها حتى يت تجمعيها من قبل فرق التجميع الانتقائي ثم يتم تسليمها إلى المعالجة النهائية في شركات إعادة التدوير.
- **مخلفات صناعية**. هي المخلفات، الصلبة بشكل أساسي ، والتي تنشأ عن عملية الإنتاج في الصناعات. وتتكون عادة من بقايا المواد الخام المخصصة لإعادة التدوير أو إعادة الاستخدام في العملية الصناعية [8].
- **نفايات المستشفيات**. إنها النفايات التي تنشأ في المستشفيات والعيادات الطبية ويمكن أن تسبب التلوث وتنقل الأمراض إلى الأشخاص الذين يتعاملون معها [9]. يجب معالجتها وفقًا للمعايير المعمول بها ، بكل عناية ممكنة. هذا النوع من النفايات مخصص للشركات المتخصصة في معالجة مثل هذه النفايات ، حيث يتم حرقها عادة.
- **المخلفات التجارية**. هو المنتج الذي تنتجه المؤسسات التجارية ، مثل متاجر الملابس والألعاب والأجهزة. يتم إعادة تدوير هذه النفايات بالكامل تقريبًا [10].
- **النفايات الخضراء**. إنها المادة التي تنتج بشكل أساسي عن تقليم الأشجار والفروع والجذوع واللحاء والأوراق التي تسقط في الشوارع. لأنها مادة عضوية ، يمكن استخدامها في التسميد وإنتاج السماد العضوي [11].
- ✓ **النفايات الإلكترونية**. هذه هي النفايات الناتجة عن التخلص من المنتجات الإلكترونية الاستهلاكية التي لم تعد تعمل أو أصبحت متقادمة [12]. للتخلص منها هناك أماكن مناسبة ، مثل الشركات التي تعمل في مجال إعادة التدوير. يرسلون هذه النفايات بطريقة لا تسبب ضررًا للبيئة.
- **مخلفات نووية**. هي اتي يتم إنشاؤها ، بشكل أساسي ، عن طريق المحطات النووية. وهي نفايات شديدة الخطورة لأنها عنصر مشع ويجب معالجتها وفق معايير سلامة صارمة [13].

طرق التخلص من النفايات

هناك العديد من الطرق للتخلص من النفايات وفيما يلي نبذة عن بعض هذه الطرق:

1. الطمر في الارض

يعتبر إلقاء النفايات / القمامة اليومية داخل مدافن النفايات هو الأسلوب الأكثر استخدامًا للتخلص من النفايات المستخدمة في الوقت الحاضر. تركز طريقة التخلص من النفايات هذه على دفن النفايات داخل الأرض. توجد عادة مدافن النفايات في البلدان النامية. هناك طريقة مستخدمة للتخلص من الروائح الكريهة ومخاطر النفايات قبل وضعها في القاع. في حين أنه من الصحيح أن هذا غالبًا ما يكون أكثر أنواع التخلص من النفايات القياسية. ومع ذلك ، فإن هذه التقنية اصبحت تتناقص مؤخرًا ، بسبب الوجود القوي للبارافين وغازات الأراضي المنخفضة ، والتي قد يتسبب كل منها في مشاكل تلوث مختلفة. تتسبب مدافن القمامة في تلوث الهواء الذي يؤثر بشدة على البيئة المحيطة وقد يكون قاتلاً لحياة البشر والحيوانات. عدة جهات اصبحت تعيد النظر في توظيف مدافن النفايات.

2. الحرق / الاحتراق

يمكن أن يكون الحرق أو الاحتراق أسلوبًا لطيفًا للتخلص يتم من خلاله حرق النفايات في درجات حرارة عالية ، وذلك لتحويلها إلى بقايا ومنتجات غازية. أكبر ميزة لهذا النوع من التقنية هي أنه سيقلل كمية النفايات الصلبة من عشرين إلى ثلاثين بالمائة من الحجم الأولي ، ويقلل الضغط على مدافن النفايات. يشار إلى هذه الطريقة أيضًا بالمعالجة الحرارية حيث يتم تحويل النفايات الصلبة بواسطة المحارق إلى حرارة وغاز وبخار ورماد.

3. الاستعادة والاستخدام

استعادة الموارد هي طريقة أخذ الأشياء المهملة المفيدة لاستخدامها. يتم معالجة هذه الأشياء المهملة بعد ذلك لاستخراج أو استعادة المواد والموارد أو تحويلها إلى طاقة ضمن مجموعة متنوعة من الحرارة أو الكهرباء أو الوقود القابلة للاستخدام. إعادة التدوير هي طريقة تحويل النفايات إلى منتج جديد لمنع استخدام الطاقة واستهلاك المواد الخام الحديثة. الاستخدام هو العنصر الثالث المتمثل في تقليص وتطبيق وإعادة تدوير التسلسل الهرمي للنفايات. تتمثل الفكرة وراء الاستخدام في تقليص استخدام الطاقة ، وتقليل حجم مدافن النفايات ، وتقليل تلوث الهواء ، وتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ، والحفاظ على الموارد الطبيعية للاستخدام في المستقبل.

4. التغيير الكيميائي في البلازما

التغيير الكيميائي في البلازما هو نوع آخر من إدارة النفايات. يمكن أن تكون البلازما في الأساس غازًا مشحونًا كهربائيًا أو غازًا مؤينًا للغاية. الإضاءة هي أحد أشكال البلازما التي تنتج درجات حرارة تتجاوز 315 درجة مئوية. باستخدام هذه التقنية للتخلص من النفايات ، تستخدم حاوية مشاعل بلازما مميزة تعمل عند +5538 درجة مئوية والتي تُحدث طوق تغيير كيميائي حتى 1649 درجة مئوية لتحويل النفايات الصلبة أو السائلة إلى غاز.

أثناء معالجة النفايات الصلبة عن طريق التغيير الكيميائي للبلازما ، تراجعت وحدة مساحة الروابط الجزيئية للنفايات كنتيجة للحرارة الشديدة داخل الحاوية وكذلك العناصر الأولية. بسبب هذه الطريقة ، يتم تدمير النفايات والمواد الخطرة. توفر طريقة التخلص من النفايات هذه طاقة متجددة .

5. التسميد

يمكن أن يكون التسميد طريقة بسيطة وطبيعية للتحلل الحيوي للنفايات العضوية ، أي بقايا النباتات والحدائق والمخلفات المنزلية وتتحول إلى غذاء مصنوع من المغذيات للنباتات. يحدث التسميد ، الذي يستخدم عادة في

الزراعة العضوية ، عن طريق السماح للمواد العضوية بالبقاء في مكان واحد لعدة أشهر حتى تتحلل الميكروبات. يعتبر التسميد من أبسط تقنيات التخلص من النفايات لأنه سيقلب المنتج العضوي غير الآمن إلى سماد آمن. ولكنها طريقة بطيئة.

6. تحويل النفايات إلى طاقة (استعادة الطاقة)

تتضمن طريقة تحويل النفايات إلى طاقة تحويل النفايات غير القابلة لإعادة التدوير إلى حرارة قابلة للاستخدام أو كهرباء أو وقود من خلال مجموعة من العمليات. يمكن أن يكون هذا النوع من إمدادات الطاقة مصدرًا للطاقة المتجددة حيث يتم استخدام النفايات غير القابلة لإعادة التدوير مرارًا وتكرارًا لتكوين الطاقة. قد يسهل تقليل انبعاثات الكربون عن طريق التعويض عن متطلبات الطاقة من المصادر الأحفورية.

7. تقليل الهدر

إن أسهل طريقة لإدارة النفايات هي تقليص إنتاج مواد النفايات وبالتالي تقليل كمية النفايات التي تنتقل إلى مدافن النفايات. غالبًا ما يتم تقليل النفايات من خلال استخدام المواد الموجودة مثل البرطمانات والحقائب وإصلاح الأشياء المكسورة بدلاً من شراء أخرى جديدة وتجنب استخدام المنتجات التي يمكن التخلص منها مثل الأمتعة البلاستيكية وإعادة استخدام الأشياء المستعملة.

إعادة التدوير والتحويل إلى سماد هي مجموعة من أبسط استراتيجيات إدارة النفايات. حتى الآن لا يمكن تحقيق التسميد إلا على نطاق صغير جدًا ، إما من قبل الأفراد أو في المناطق التي غالبًا ما يتم فيها خلط النفايات مع التربة الزراعية أو استخدامها في وظائف تنسيق الحدائق. يتم الاستخدام على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم ، حيث يتصدر البلاستيك والورق والمعادن قائمة الأشياء الأكثر فائدة. يتم إعادة استخدام معظم المواد المعاد تدويرها لغرضها الأصلي.

إدارة النفايات الصلبة

تغطي العديد من الأوراق المنشورة جوانب مختلفة من تقنية إنترنت الأشياء لحلول إدارة النفايات. على سبيل المثال ، في المرجع [14] ، يقدم المؤلفون حلاً ، من خلال المراقبة الذكية ، يسمح بالتخطيط لجمع القمامة. من خلال النظام الأساسي Smart-M3 (امتداد للبحث عبر المجالات عن معلومات ثلاثية القاعدة) ، من الممكن تشغيل التطبيقات البينية من مجالات مختلفة من المعلومات والاتصالات ، وتحقيق سهولة كبيرة في التنفيذ. تم تطوير الحل على مرحلتين: الأولى هي مرحلة المراقبة حيث يتم قياس مستويات النفايات داخل المقصورات ونقلها وتخزينها باستمرار ؛ المرحلة الثانية هي المرحلة التي يتم فيها تطبيق حساب المعلومات التي تم جمعها لتحسين طرق جمع النفايات. ولتحقيق نظام نفايات ذكي ، استخدم البحاث مكونات مختلفة تمامًا كل منها قادر على التفاعل مع الفضاء الذكي ، وفقًا لرؤية المدن الذكية حيث يتطلب الأمر إدخال مكونات قادرة على قياس ونقل البيانات في الوقت الفعلي ، داخل الصناديق تم إدخال نوعين من أجهزة الاستشعار: مستشعر موجود داخل الغطاء أو على الجزء الداخلي والجزء العلوي من السلة ؛ وجهاز استشعار الوزن في أسفل الحاوية. مهمة المستشعر العلوي هي قياس مستوى امتلاء الحاوية ؛ يتم استخدام مستشعر الوزن بدلاً من ذلك لقياس كمية النفايات الموجودة في الحاوية أو التي ألقاها المستخدم. تحتوي كل حاوية على وحدة اتصال قادرة على توصيل قيم الكمية المادية المقاسة إلى أقرب عمود إنارة. لأن منطق النظام والبروتوكول لتوصيل بيانات أجهزة الاستشعار مفصولان بفضل استخدام مكون بوابة في عمود الضوء. وتتمثل مهمة البوابة في جمع ومعالجة ثم نقل البيانات المقاسة بواسطة أجهزة الاستشعار إلى مركز التحكم. يتم تشغيل كل بوابة مباشرة بواسطة مصدر الطاقة المستخدم لإنتاج ضوء عمود الانارة ، ويحتوي على وحدة اتصال للحصول على القيم من المستشعرات. علاوة على ذلك ، من المهم أيضًا تحديد موضع الصناديق. نظرًا لأن عمود الانارة قريب من مجموعة صغيرة جدًا من الصناديق ، فمن الجائز الاعتقاد بأن البوابة هي التي تربط إحداثيات GPS المسجلة بكل سلة.

مركز التحكم هو المكون الذي يستخدم بيانات الاستشعار لتنفيذ استراتيجيات التحسين الفعالة والمؤثرة ولإيجاد حلول لمشاكل تنظيم الموارد المرتبطة بإدارة النفايات الصلبة. كما أنه يُعلم أي مركبة ما إذا كان يتعين عليهم إفراغ الصناديق ومتى يجب عليهم ذلك.

في هذا النظام ، يتم تقسيم المدينة إلى مناطق. قائمة نقاط الإحداثيات هي عبارة عن مضلع. يتم رسم خرائط لكل مركبة نفايات على منطقة من المدينة أثناء تكوين النظام. تحتوي مركبات النفايات على جهاز كمبيوتر أو جهاز لوحي متصل بالإنترنت. يتم تزويد هذه المركبات في فترات زمنية يومية بقائمة الحاويات التي يجب إفراغها ، وفقًا لمنطقتهم وكمية الصناديق الممتلئة. أخيرًا ، اعتبرالبحاث أن كل مستخدم يمكنه التفاعل مع نظام النفايات الذكية من خلال الهواتف الذكية أو الأجهزة اللوحية. تُستخدم هذه الأجهزة للمصادقة وتسجيل الدخول إلى النظام ، ولجمع "النقاط الخضراء" ومعرفة حالة أقرب حاويات وقاعدة أنواع النفايات.

في المرجع [15] ، تناول المؤلفون نموذجًا ديناميكيًا لإدارة النفايات من خلال مجموعة من خدمات البنية التحتية للمدن الذكية القائمة على إنترنت الأشياء. مع استخدام المستشعرات والترددات الراديوية (RFID) والمشغلات في عملية تحديد المراقبة ، يتم تقسيم هذه المجموعة إلى ثلاث مراحل: (1) تخطيط وتنفيذ جمع النفايات باستخدام حلول التوجيه في الشاحنات مع التكيف الديناميكي للطرق وفقًا للقيود الموجودة؛ (2) النقل إلى مكان محدد حسب نوع النفايات ؛ (3) إعادة تدوير النفايات التي يمكن إعادة استخدامها. ومع ذلك ، فقد تم استخدامه بشكل أساسي في التعامل مع التخطيط وجمع النفايات. يعرض المصطلح الديناميكي قدرة النظام على التكيف في الوقت الفعلي مع االعوامل والخطط التي تهم جمع المخلفات. توفر هذه الأعمال نظرة شاملة للبنية التحتية لإدارة النفايات مع التركيز على العمليات المطبقة على إدارة للنفايات الممتازة دون الدخول في مزايا أجهزة الاستشعار المستخدمة للمراقبة وطرق الاتصال المستخدمة.

يقدم مؤلفو [16] حلاً تم تحديده على أنه إدارة النفايات الذكية القائمة على السحابة (Cloud SWAM). يتناول حلًا مع حاويات محددة لكل نوع من أنواع النفايات (العضوية ، والبلاستيكية ، والزجاجية ، والمعدنية) المزودة بأجهزة استشعار تراقب باستمرار حالتها وترسلها إلى السحابة ، حيث يتم توصيل أصحاب المصلحة لتلقي المعلومات ذات الصلة باهتماماتهم. لا يعمل النظام فقط في إدارة النفايات ولكن أيضًا في تحديد أفضل طريق للتجميع ، متتبعًا مسارًا أكثر اقتصادا داخل المدينة. علاوة على ذلك ، في المرجع [17] ، تم تقديم نموذج إدارة جديد يركز بشكل خاص على اكتشاف مناطق أفضل لبناء مدافن النفايات. نظرًا لاستخدام مدافن النفايات كوجهة نهائية للنفايات السكنية والتجارية والصناعية ، فإن تحديد موقع مناسب داخل مناطق حضرية كبيرة يتطلب اهتمامًا خاصًا ، لأنه يجب أن يكون هناك قلق بشأن الاقتصاد والبيئة والصحة العامة. يستخدم الحل المعلومات التي تم جمعها بواسطة نظام إدارة النفايات المرتبط بلغة تستخدم خوارزمية وراثية تساعد في اختيار الأرض المناسبة لبناء مدافن النفايات. في المرجع [18] ، يصف المؤلفون الطرق المختلفة للتخلص من النفايات التي يمكن من خلالها تطبيق إدارة النفايات. إنها تتميز بحل متكامل من مستشعرات مستوى الملء مع ضغط نفايات يعمل بالطاقة الشمسية يسمى الصندوق الذكي ، والذي يعمل على تحسين عملية جمع النفايات. يتم نقل المعلومات إلى خادم في السحابة عبر الاتصال اللاسلكي وتنطبق على أي نوع وحجم للحاوية ، ويمكن لأصحاب المصلحة تسجيل الدخول إلى الخادم والوصول إلى البيانات في الوقت الفعلي من خلال مراقبة الصناديق الذكية. في هذه الحلول التي تم تناولها ، يقدم المؤلفون نهجًا أكثر استهدافًا لأصحاب الامتياز ، مع الأخذ في الاعتبار خفض تكاليف الجمع ، وتوفير معلومات حول إهدار الفائدة .

تقترح الدراسة المقدمة في المرجع [19] نظامًا ذكيًا لإعادة تدوير القمامة. يلزم الفصل المسبق للنفايات قبل التخلص منها حيث سيتم وضع الزجاج في عبوات بنية اللون ، وعلب ورقية وألومنيوم في عبوات زرقاء ، ومنتجات بلاستيكية في عبوات برتقالية. يقوم النظام تلقائيًا بتقييم نوع وكمية النفايات التي تم التخلص منها ويتم تقديم ميزة في شكل نقاط يتم إضافتها إلى البطاقة. يمكن استبدال النقاط المتراكمة بأحد العناصر أو حتى سحبها من خلال الشبكة المصرفية ، لمحاكاة عملة افتراضية. يتبع المؤلفون أعلاه خطًا أساسيًا للحاويات المحددة للفصل المسبق للنفايات ، حيث يركز النموذج الأول على المكاسب التي توفرها مجموعة متباينة وتركز الحالة الثانية على عرض جائزة للمواطنين الذين يتخلصون من نفاياتهم بشكل صحيح .

في المرجع [20] ، تم اقتراح حل لمشكلة المكبات التي لم يتم تنظيفها في الوقت المناسب وتصل إلى الفائض. يوفر النظام شاشة تعمل على إطلاق إنذار وإعلام الأشخاص المصرح لهم بذلك أن الحاوية جاهزة للتعبئة ، مرتبطة بنظام فحص من خلال التحليل الطيفي القريب من الأشعة تحت الحمراء (NIR) الذي يحدد خمسة أنواع من مادة صمغية بلاستيكية وبقية النفايات القابلة للتحلل البيولوجي مخصصة لإنتاج الغاز الحيوي. يقدم مؤلفو [21] نموذجًا لجمع المعلومات حول استخدام القمامة ومساعدة شاحنات القمامة على تحديد وتقرير ما إذا كانت منطقة معينة تحتاج إلى مكبات إضافية أو إزالتها إلى أماكن أخرى حيث تكون هناك حاجة إليها. من معلومات القمامة اليومية ، يمكن لمشغلي التنظيف التخطيط بشكل أفضل عندما يتعين عليهم إرسال وحدات التنظيف الخاصة بهم لتفريغ الصناديق ويمكنهم أيضًا تحديد طرق لشاحنات التنظيف الخاصة بهم. في المرجع [22] ، يتم توفير حل "الصندوق الذكي" ، حيث يتم توزيع الحاويات في الشوارع بمعرف فريد. في بعض الأحيان ، عندما تكون الحاوية على وشك الامتلاء ، سيكون هناك استعلام في قاعدة بيانات لتحديد المسؤول عن تلك المقصورة وسيتم إرسال إشعار عن طريق النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) يحتوي على رقم تعريف الحاوية والموقع. تغطي النماذج المقدمة منظور المكبات الذكية ، ولكن في جميع هذه النماذج ، لا يوجد توضيح لمكون المستشعر ، حيث يتم وصف نموذج الاتصال فقط.

يقدم مؤلفو [23] عيوب الأنظمة الحالية مقارنة بالطريقة المقترحة من قبلهم. يعتمد الاقتراح على المتحكم الدقيق 8051 على لوحة الاردينو والذي يقرأ البيانات من مستشعر الأشعة تحت الحمراء المستخدم لقياس عمق النفايات داخل الحاوية، ويقوم بعملية المعالجة والإرسال عبر الاتصال اللاسلكي إلى نظام مركزي يعتمد على متحكم Intel Galileo.

تم مسح مراجعة الأدبيات لإدارة النفايات الذكية ومقارنة المنهجيات المختلفة في المرجع [24]. وهي تركز على إنترنت الأشياء ، مع مراعاة عناصرها (التعريف ، والاستشعار ، والاتصال ، والحساب ، والدلالات ، والخدمات) وخصائصها (أي شيء يتصل به ، وأي شيء يحدده ، وأي شيء يتفاعل).

تم تقديم خوارزمية لاتخاذ القرار أثناء جمع النفايات في المرجع [25]. تتم مقارنة بعض نماذج الخوارزميات ، مع الأخذ في الاعتبار العديد من مقاييس الأداء ، مثل تلقي البيانات أثناء الحركة ، والأهداف المتعددة ، وفقدان البيانات أثناء الإرسال ، وزيادة استقبال البيانات. ويخلص إلى أنه ليست كل الخوارزميات القادرة على استقبال البيانات المتحركة تخدم أيضًا الأهداف المتعددة أو لا تزال قادرة على التعامل مع زيادة استقبال البيانات ، ولكن لا يمكن لأي منها معالجة فقدان البيانات. بناءً على هذه المعلومات ، تم اقتراح بعض دراسات الحالة وبعض الأهداف ، مثل تقليل التلوث من خلال الجمع في الوقت المحدد ، وتقليل التكلفة التشغيلية ، واستخدام شاحنات ذات حجم مناسب للطلب ، واستخدام طريق تجميع أفضل. يجب أن تأخذ الخوارزمية أيضًا في الاعتبار سرعة وحجم إدخال البيانات وكذلك البيانات التي تم إنشاؤها بواسطة أجهزة استشعار مماثلة. وبالتالي ، تم اقتراح نموذج خوارزمية لتحسين قرارات التجميع في هذا العمل. علاوة على ذلك ، في المرجع [26] ، يستخدم النموذج المقترح المعلومات الواردة من الصناديق لتحديد المسارات الفعالة لكل شاحنة أثناء التجميع. مع الاخذ في الاعتبار بعض القيود مثل سعة الحاوية القصوى. عندما يصل التفريغ إلى حد الملء ، يتم تشغيل إنذار جمع القمامة وإرساله إلى مركز التحكم والذي ، بدوره ، يتصل بالسحابة لمعالجة البيانات والعثور على أفضل مسار للتجميع. في النهاية ، تتجه الشاحنات إلى منطقة التفريغ حيث يتم التحقق من كمية النفايات التي تم تجميعها وتحديد المسار الأمثل للتجميع بهدف التحسين استنادًا إلى التكلفة المنخفضة لجمع النفايات. يقدم الحل نهجًا لإدارة النفايات يعتمد على ثلاثة أساليب استكشافية ، مع الأخذ في الاعتبار أقرب مركبة أولاً ، ومجموعة تستند إلى الحد الأعلى ، ومجموعة تستند إلى الحد الأعلى والأدنى.

المقترحات المقدمة من قبل المؤلفين تتناول على وجه التحديد البحث عن خوارزميات للمسار الأمثل لجمع النفايات مع التركيز على تقليل وقت التجميع والتكلفة. في المرجع [27] ، تم تقديم نظام إدارة النفايات البلدية للاستخدام المنزلي الذي يركز على تطبيق المنهجيات البيولوجية والفيزيائية الكيميائية التي يمكن أن تقضي أو تقلل بشكل كبير من مرحلة جمع النفايات ونقلها.

في المرجع [28] تم تصميم نظام مراقبة القمامة باستخدام مشروع تكنولوجيا LoRa بشكل أساسي لحل مشكلة القمامة التي تنتشر خارج الصناديق التي تؤدي إلى بيئة غير صحية وزيادة التلوث. لذلك ، يساعد هذا النظام في الحفاظ على نظافة المناطق الريفية والحضرية. حيث يستخدم مستشعرات جيدة تعمل بشكل مثالي وتعطي نتائج مثالية.

تم تصنيع عقدة صندوق القمامة هذه باستخدام درع Arduino LoRa ، جهاز استشعار بالموجات فوق الصوتية ، ثلاثة ثنائيات ضوئية صغيرة. يتم تشغيل درع Arduino LoRa بواسطة محول 5 فولت تيار مستمر. بوابة LoRa التي تُستخدم أساسًا لتلقي البيانات من عقدة صندوق القمامة. جهاز استشعار بالموجات فوق الصوتية ، المستخدم في هذا النظام ، مثبت في الجزء العلوي من سلة المهملات لقياس مستوى نفايات القمامة. لوحة معلومات مصممة لعرض حالة سلة المهملات والحصول على إشعار (على سبيل المثال ، بريد إلكتروني ، رسالة نصية بسيطة) عندما يكون صندوق القمامة ممتلئًا. يتصل مستشعر الموجات فوق الصوتية وثلاثة ثنائيات ضوئية LED (أخضر ، أصفر ، أحمر) بدرع Arduino LoRa ويستخدم مصدر الطاقة لإعطاء الطاقة لدرع Arduino. يتم توصيل مستشعر الموجات فوق الصوتية وثلاثة ثنائيات ضوئية بدرع Arduino LoRa والتي تكون عقدة صندوق القمامة.

نماذج لأنظمة إدارة النفايات

فيما يلي بعض النماذج لبعض انظمة إدارة النفايات التي تم استعمالها في بعض المناطق من العالم:

في [29] هيكل الأجهزة في صندوق النفايات الذكي يتكون من ثماني وحدات: خلية تحميل، ونظام رئيسي، وواجهة، ومودم، ومحرك، وشاشة عرض، ومحول من ثتناظري إلى رقمي (AD)، وقارئ RFID. أولاً ، تقيس خلية الحمل القيمة التناظرية الأولية وترسلها إلى النظام الرئيسي من خلال وحدة محول AD المتصلة بالنظام الرئيسي. تقوم وحدة محول AD بتحويل القيمة التناظرية إلى قيمة رقمية. يتم تحويل القيمة التي تتم معالجتها بواسطة وحدة محول AD إلى وزن في النظام الرئيسي. خلال هذه العملية ، لا تكون خاصية خلية الحمل خطية وفقًا لتغير الوزن ، وبالتالي يجب تصحيحها في النظام الرئيسي ، ويتم نقل نتيجة الوزن إلى الواجهة. ترسل الواجهة النتيجة إلى المودم أو شاشة عرض LCD حسب الطلب. علاوة على ذلك ، تدير الواجهة أيضًا جميع العمليات في صندوق القمامة الذكي (SGB) ، مثل تحليل بيانات الإدخال من قارئ RFID والتحكم في المحرك لفتح أو إغلاق غطاء الصندوق. تم تشغيل SGS المقترح كمشروع تجريبي في منطقة جانجنام بكوريا الجنوبية. حيث تم توزيع 136 SGBs في ستة مناطق فرعية في جانجنام. تم تخصيص اموال لهذا النظام في خمسة من المناطق الفرعية ومناطق سكنية في مقاطعات اخري .
تم وضع صندوق نفايات الطعام التقليدية بداخل SGB. تم تنفيذ النظام ببساطة عن طريق وضع SGB في المكان الذي كان يوجد فيه صندوق نفايات الطعام التقليدي مسبقًا وإصلاح صندوق نفايات الطعام التقليدي داخل الحاوية الذكية.
بالإضافة إلى ذلك ، نظرًا لأن SGB تعمل على طاقة البطارية ، لم يكن من الضروري إنشاء بناء إضافي لربطها بخط كهرباء تجاري مجاور.
وفرت هذه المنظومة معرفًا وكلمة مرور لكل مستخدم لبطاقة RFID الخاصة بهم والخدمة المستندة إلى الويب. تم تقسيم المستخدمين إلى ثلاث فئات: مسؤول ، عامل النفايات ، وسكان. يمكن للمسؤول التحقق من الكمية الحالية والمتراكمة من نفايات الطعام لكل SGB ، وحالة جميع SGBs ، وسجل الوقت. يمكن للمسؤول بعد ذلك تصنيف المعلومات بناءً على المنطقة والسكان و SGB. علاوة على ذلك ، تم تقديم خدمة تتيح تسجيل المستخدمين الجدد وبطاقات RFID إلى المسؤول. بينما يتم منح المسؤول امكانية جمع وتلقي إلاخطارات عندما تتجاوز سعةSGB ٪90.
Recycle.io هو نظام ذكي لإدارة النفايات تم التطرق له في [30] يتكون من بنية تحتية مادية تتكون من عدد من صناديق إعادة التدوير الذكية (SRB) والصناديق العضوية الذكية (SOB). تم تجهيز كل من هذه الصناديق بجهاز حوسبة طرفي يربط مكونات الأجهزة. لهذا الغرض، يقوم recycle.io بإرفاق جهاز تحكم Raspberry Pi بكل من هذه الصناديق. تم تجهيز كل جهاز طرفي بجهاز استشعار بالموجات فوق الصوتية وكاميرا الأشعة تحت الحمراء. يستخدم جهاز الاستشعار بالموجات فوق الصوتية للكشف عن التخلص من النفايات. في أثناء عملية التخلص من النفايات ، يقوم المستشعر بالموجات فوق الصوتية بتشغيل وحدة الكاميرا لبدء التقاط الصور. ثم تتم معالجة هذه الصور محليًا على الجهاز الطرفي (مثل Raspberry Pi) لاكتشاف الانتهاك. في حالة حدوث انتهاك ، يتم إرسال لقطة من الصورة إلى النظام الأساسي السحابي Recycle.io IoT.

يستفيد Recycle.io من نموذج الحوسبة المتطورة بمعنى أن قوة الحوسبة موزعة على اطراف الشبكة. أي أن جهاز الحوسبة (Raspberry Pi) يتم وضعه على اطراف الشبكة بالقرب من أجهزة إنترنت الأشياء (أي أجهزة الاستشعار ووحدات الكاميرا). هذا يقلل بشكل كبير من حركة مرور الشبكة المطلوبة لنقل البيانات. من خلال هذه التقنية ، يمكن بعد ذلك استخدام الجهاز الطرفي لتصفية البيانات المطلوبة للإرسال السحابي. تساعد هذه البنية في بناء حل قابل للتطوير يعتمد على إنترنت الأشياء باستخدام تقنيات بدون خادم. يمكن للجهاز الطرفي في هذه الحالة معالجة الصور الملتقطة بواسطة وحدة الكاميرا واتخاذ القرارات على طرف الشبكة (أي اكتشاف الانتهاكات في حالة recycle.io). عند اكتشاف انتهاك ، يرسل جهاز IoT edge إلى النظام الأساسي Microsoft Azure IoT لقطة للانتهاك ومعلومات إضافية مثل المكون الذي تسبب في الانتهاك والزمن المحدد وموقع الحاوية ، من بين أمور أخرى.

يتم إرسال البيانات التي تم جمعها بواسطة وحدة الكاميرا وأجهزة الاستشعار في الصناديق الذكية إلى وحدة التحليلات. تفحص وحدة التحليلات الصور الملتقطة من المواد التي تم التخلص منها وتعالجها لاكتشاف الانتهاكات المحتملة. على سبيل المثال ، ضع في اعتبارك صندوق قمامة عام يتخلص فيه الشخص من الحاويات البلاستيكية. نظام recycle.io قادر على الكشف عن طريق جهاز الاستشعار بالموجات فوق الصوتية ما إذا كان يتم التخلص من عنصر أم لا. بعد ذلك ، يستخدم recycle.io الجهاز الطرفي لالتقاط الصور ومعالجتها محليًا على مستوى الحافة (على سبيل المثال ، لا يتم استخدام موارد السحابة). يحدد Recycle.io ما إذا كان هناك انتهاك قد حدث أم لا ثم يرسل ملخصًا للنتائج إلى تطبيق قائم على السحابة يوفر لوحة معلومات لمراقبة الصناديق الذكية لإنترنت الأشياء هذه بشكل مستمر في الوقت الفعلي.
يتيح مستشعر الموجات فوق الصوتية إمكانية recycle.io لاكتشاف العناصر أثناء إدخالها في الصناديق. أثناء التقاط الصور ، تحاول وحدة المصنف تحديد ما إذا كان العنصر الذي تم التخلص منه يعتبر انتهاكًا أم لا. يحدث الانتهاك عند إضافة عنصر غير قابل لإعادة التدوير إلى SRB. يقوم الجهاز الطرفي بعد ذلك بتحديث التطبيق المستند إلى مجموعة النظراء بلقطة للعنصر الذي يتم التخلص منه كدليل على الانتهاك. تحتوي لوحة معلومات recycle.io على خريطة توضح جميع الصناديق الذكية المتصلة بينما تعرض البيانات في الوقت الفعلي .

في المرجع [31] تم افتراض مدينة ذكية تتضمن بنية تحتية لإنترنت الأشياء لتحقيق جمع نفايات ديناميكي فعال. فيما يتعلق بالمعلومات المكانية ، تنقسم المدينة الذكية إلى قطاعات متعددة تغطي منطقة المدينة بأكملها. يحتوي كل قطاع على عدد من مستودعات النفايات الوسيطة المتعددة ، وهي مناطق تخزين نفايات مؤقتة. يوجد خارج حدود المدينة عدد من مكبات القمامة المتعددة المستخدمة لتخزين النفايات التي تم جمعها من المستودعات. يتم إجراء مزيد من المعالجة للنفايات عن طريق المعالجة بواسطة وحدات معالجة تقع بالقرب من مكبات القمامة. تتضمن بنية النظام المقترحة أسطولًا غير متجانس من الشاحنات لخدمة البنية التحتية لجمع النفايات. على وجه التحديد ، يتم استخدام أسطول من شاحنات جمع النفايات محدودة السعة (LCGTs) لجمع النفايات من الصناديق الموجودة في الساحات الخلفية للقطاعات وتخزينها مؤقتًا في المستودعات. يتم استخدام أسطول من شاحنات جمع النفايات كبيرةالسعة (HCGTs) لجمع النفايات من المستودعات ونقلها إلى مكبات القمامة. في هذا البحث ، تم دراسة الحالة الخاصة للجدولة الديناميكية للنفايات من الصناديق إلى المستودعات من خلال شاحنات القمامة منخفضة السعة والتي لأسباب تتعلق بالبساطة سيتم ذكرها على أنها شاحنات.
في نطاق ضيق في مستوى مناطقي ، تتكون بنية النظام من عدد من الصناديق التي يتم تزويدها:

- بمعرفاتRFIDs باستخدام الشبكات الشخصية المحدودة منخفضة الطاقة التي تستخدم بروتوكول IPv6 .(LoWPAN6)
- مجسات القدرة لقياس حجم النفايات لكل صندوق قمامة،
- المشغلات التي تغلق الأغطية إذا وصلت السعة إلى حدها الاقصى ،
- هوائيات لاسلكية لنقل بيانات المستشعر إلى البنية التحتية للنظام.

تشكل كل هذه البيانات اندماجًا للبيانات التي يجب معالجتها من قبل النظام من أجل توفير خدمة جمع نفايات جيدة. البرمجيات الوسيطة السحابية هي المسؤولة عن جمع البيانات من أجهزة الاستشعار ، وتجميعها وتنظيفها (على سبيل المثال ، تجاهل أو استنتاج القيم المفقودة) من أجل توفيرها لمحرك الاستدلال الذي يتم تنفيذه في OpenIoT. يتم تخزين البيانات في قاعدة بيانات حيث يتم تحديد عدد الحاويات االمملؤة لبدء الجدولة الديناميكية عن طريق الاجهزة المحمولة .
في توقيت معين ؛ اعتمادًا على الجدولة الديناميكية ، يتم بدء التوجيه الديناميكي ، والذي يتضمن بيانات GPS المضمنة في الشاحنات من أجل توفير إرشادات السائقين للمسارات المناسبة في الوقت الفعلي. على وجه التحديد ، تتوفر المعلومات اللازمة للسائقين من خلال تطبيق Android إلى جانب واجهة المستخدم الرسومية سهلة

الاستخدام. يوفر تطبيق الهاتف المحمول ، في خريطة Google للمدينة الذكية ، معلومات حول الحاويات الممتلئة التي يجب إفراغها وكذلك المسارات التي يجب على الشاحنات اجتيازها للوصول إليها.

في هذا النظام، سيتم تجهيز كل حاوية بجهاز إنترنت الأشياء وجهاز استشعار للوزن ومستشعر فوق صوتي وخلية شمسية وقارئ RFID واثنين من الصمامات الثنائية الباعثة للضوء كمؤشرات [32]، بحيث يكون أحد هذه المؤشرات ملونًا باللون الأحمر والآخر باللون الأخضر. حيث يجب أن يكون لدى كل مواطن يريد التفاعل مع النظام بطاقة RFID مرتبطة ببيانات اعتماد للمواطن ، بحيث تحتوي بيانات الاعتماد على رقم هاتفه المحمول وكلمة مروره. في كل مرة يريد المواطن وضع القمامة في سلة المهملات ، يجب عليه استخدام بطاقة RFID للتعرف على قارئ RFID المرفق بالحاوية. والوزن وأجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية تقيس وزن وحجم القمامة التي يتم إدخالها في سلة المهملات. بعد ذلك ، ترسل وحدة إنترنت الأشياء الملحقة بالحاوية هذه القراءات إلى خادم التطبيق ويتلقى المواطن إقرارًا بإتمام المعاملة إما عن طريق الرسائل القصيرة أو من خلال إشعار الدفع على تطبيق الهاتف المحمول.
علاوة على ذلك ، يتم استخدام بيانات اعتماد المواطن للسماح للمواطن بتسجيل الدخول إلى النظام من خلال تطبيق الويب أو من خلال تطبيق الهاتف المحمول لمراقبة سجل تفاعله والنقاط الممنوحة له. حيث يمكن تحويل النقاط الممنوحة لكل مواطن إلى مرافق أو خدمات بلدية.
بالإضافة إلى ذلك ، يتم تخصيص كل شاحنة لجمع النفايات لمنطقة (مناطق) جغرافية محددة ، بحيث يكون لدى السائق جهاز لوحي مع تطبيق مثبت لإظهار حالة تعبئة الصناديق المخصصة على خريطة للمنطقة الجغرافية المحددة. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي كل شاحنة لجمع النفايات على وحدة إنترنت الأشياء متصلة بجهاز تحكم دقيق للتحكم في عملية التفريغ والإخلاء، بحيث لا تتمكن الشاحنة من تفريغ حاوية ما لم تكن الشاحنة والحاوية في نفس الموقع أيضًا.
من ناحية أخرى ، ترسل وحدة إنترنت الأشياء في كل حاوية بشكل متزامن وغير متزامن حالة ملء تلك الحاوية إلى خادم التطبيق. بحيث يتم إرسال معلومات حالة الملء بشكل دوري وكذلك في كل مرة يقوم فيها المواطن بوضع النفايات في سلة المهملات. يقوم خادم التطبيق بدوره بإعادة توجيه هذه المعلومات إلى شاحنة جمع النفايات ويعرض تلك المعلومات على خريطة تطبيق الجهاز اللوحي. علاوة على ذلك ، ترسل كل شاحنة لجمع النفايات تحديثات متزامنة ، مثل تحديثات الموقع إلى خادم التطبيق. بالإضافة إلى ذلك ، ترسل كل شاحنة لجمع النفايات تحديثات غير متزامنة إلى خادم التطبيق ، على سبيل المثال ، عندما تقوم الشاحنة بإلقاء القمامة أو إخلاء النفايات. علاوة على ذلك ، تحتوي كل شاحنة لجمع النفايات على وحدة إنترنت الأشياء وجهاز تحكم للتحكم في باب إخلاء النفايات ومحرك التفريغ ، بحيث لا يمكن فتح باب الإخلاء إلا إذا كانت الشاحنة داخل محطة إخلاء النفايات وكذلك لن يتم تشغيل محرك التفريغ. ما لم تكن الشاحنة في نفس موقع الصندوق المطلوب.

الاستنتاجات

تطرق هذا البحث إلى الطرق المختلفة التي تتم بها إدارة النفايات بحيث يتم الاستفاذة من بعض هذه النفايات وخاصة النفايات العضوية التي يمكن الاستفادة منه في التسميد وكذلك انواع النفايات الاخرى التي يمكن إعادة تدويرها. تم التركيز في هذا البحث عن دور التقنية في إدارة النفايات وخاصة تقنية انترنت الاشياء التي ساهمت في إدارة النفايات بطرق قللة من التكاليف والجهد والعمل على ايجاد بيئة حياتية نظفية لسكان المدن والقرى وهذا كان واضح من بعض التجارب التي خاضتها بعض الدول في هذا المضمار ومدى الاستفاذة من هذه التقنية وهذا احد الطرق للوصول إلى التنمية المستدامة التي تنشدها كل الدول في العالم وخاصة دول العالم النامي.

من خلال هذه الدراسة يمكن أن نستنتج الاتي:

1. انترنت الاشياء لها دور كبير وفعال في معلجة النفايات داخل المدن مما يساهم في تقليل التكاليف..
2. استغلال هذه التقنية في التخلص من ومعالجة النفايات يساهم بشكل فعال في ايجاد بيئة نظيفة وصحية.
3. تساعد هذه التفنية في عملية تصنيف النفايات حيث يمكن الاستفاذة من بعض انواع النفايات في استحداث صناعات اخرى مثل السماد العضوي واعادة تصنيع بعض المخلفات.

4. تساهم هذه التقنية في عمليات المراقبة لاماكن وضع النفايات بحيث يمكن رصد ومعاقبة المخالفين الذين لا يلتزمون بوضع النفيات في الاماكن المخصصة لها.

المقترحات

من خلال ما تطرق له هذا البحث فيما يخص استخدام تقنية انترنت الاشياء في إدارة ومعالجة النفايات يمكن اقتراح الأتي:

1. العمل على الاستثمار في التقنيات الحديثة وخاصة تقنية انترنت الاشياء نظرا للدور الفعال الذي تسهم به هذه التقنية في برامج التنمية المستدامة
2. العمل على ادراج مثل هذه التقنيات في مناهج التعليم وخاصة الجامعي والتقني مما يساهم في تعلم واتقان هذه التقنيات حتى تسهم في الدفع بعجلة التنمية في ليبيا.
3. التركيز على ايجاد برامج ابحاث في المستوى الجامعي والدراسات العليا حتى نتمكن من الاحاطة بهذه التقنيات مما يتح فرص التطوير المستقبلي والاستفاذة القصوى من الامكانات التي تتيحها مثل هذه التقنيات.
4. تبني تقنية انترنت الاشياء والتقنيات المصاحبة مثل الذكا الاصطناعي في المساهمة في التخلص من النفايات في المدن الليبية وخاصة المزدحمة سكانيا لأجل ايجاد بيئة نظفية وصحية.

المراجع

1. Himadri Nath Saha1, Supratim Auddy1, Subrata Pal1, Shubham Kumar1, Shivesh Pandey1, Rakhee Singh1, Amrendra Kumar Singh1, Swarnadeep Banerjee1, Debmalya Ghosh1, Sanhita Saha2"Waste management using Internet of Things (IoT)" Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON) August 2017, DOI: 10.1109/IEMECON.2017.8079623
2. Abdoli, S., "RFID Application in Municipal Solid Waste Management System", 2008.
3. Alexey Medvedev, Petr Fedchenkov, Arkady Zaslavsky, Theodoros Anagnostopoulos, Sergey Khoruzhnikov, "WasteManagement as an iot-Enabled Service in Smart Cities", 2015.
4. FAISAL KARIM SHAIKH; SHERALI ZEADALLY; ERNESTO EXPOSITO ,"ENABLING TECHNOLOGIES FOR GREEN INTERNET OF THINGS", 2015
5. Kellow Pardini , Joel J. P. C. Rodrigues , Sergei A. Kozlov , Neeraj Kumar and Vasco Furtado," IoT-Based Solid Waste Management Solutions: A Survey**",** Journal of Sensor and Actuator Networks, 2019.
6. Kawai, K.; Mai Huong, L.T. Key parameters for behaviour related to source separation of household organic waste: A case study in Hanoi, Vietnam. Waste Manag. Res. **2017**, 35, 246–252. [CrossRef] [PubMed]
7. Seyring, N.; Dollhofer, M.; Weißenbacher, J.; Bakas, L.; McKinnon, D. Assessment of collection schemes for packaging and other recyclable waste in European Union-28Member States and capital cities.WasteManag. Res. **2016**, 34, 947–956. [CrossRef] [PubMed]
8. Zobel, T. ISO 14001 adoption and industrial waste generation: The case of Swedish manufacturing firms. Waste Manag. Res. **2015**, 33, 107–113. [CrossRef]
9. Ali, M.; Wang, W.; Chaudhry, N.; Geng, Y. Hospital waste management in developing countries: A mini review. Waste Manag. Res. **2017**, 35, 581–592. [CrossRef]
10. Bacot, H.; McCoy, B.; Plagman-Galvin, J. Municipal Commercial Recycling Barriers to Success. Am. Rev. Public Adm. **2002**, 32, 145–165. [CrossRef]
11. Krzywoszynska, A. Waste? You Mean By-Products! from Bio-Waste Management to Agro-Ecology in Italian Winemaking and beyond. Sociol. Rev. **2012**, 60, 47–65. [CrossRef]
12. Babu, B.R.; Parande, A.K.; Basha, C.A. Electrical and electronic waste: A global environmental problem. Waste Manag. Res. **2007**, 25, 307–318.
13. Gan, L.; Yang, S. Legal context of high level radioactive waste disposal in China and its further improvement. Energy Environ. **2017**, 28, 484–498. [CrossRef]
14. Catania, V.; Ventura, D. An Approch for Monitoring and Smart Planning of Urban Solid Waste Management Using Smart-M3 Platform. In Proceedings of the 15th Conference of Open Innovations Association FRUCT, St. Petersburg, Russia, 21–25 April 2014; pp. 24–31.
15. Anagnostopoulos, T.; Zaslavsky, A.; Kolomvatsos, K.; Medvedev, A.; Amirian, P.; Morley, J.;
16. Hadjiefthymiades, S. Challenges and Opportunities of Waste Management in IoT-enabled Smart Cities: A Survey. IEEE Trans. Sustain. Comput. **2017**, 2, 275–289. [CrossRef]

17. Aazam, M.; St-Hilaire, M.; Lung, C.; Lambadaris, I. Cloud-based smart waste management for smart cities. In Proceedings of the IEEE Workshop on Computer-Aided Modeling and Design of Communication Links (CAMAD 2016), Toronto, ON, Canada, 23–25 October 2016; pp. 188–193.
18. Ramasami, K.; Velumani, B. Location prediction for solid waste management—A Genetic algorithmic approach. In Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), Chennai, India, 15–17 December 2016; pp. 1–5.
19. Lu, J.-W.; Chang, N.-B.; Liao, L.; Liao, M.-Y. Smart and Green Urban Solid Waste Collection Systems: Advances, Challenges, and Perspectives. IEEE Syst. J. **2017**, 11, 2804–2817. [CrossRef]
20. Wahab, M.H.A.; Kadir, A.A.; Tomari, M.R.; Jabbar, M.H. Smart Recycle Bin: A Conceptual Approach of Smart Waste Management with Integrated Web Based System. In Proceedings of the 2014 International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS), Beijing, China, 28–30 October 2014; pp. 1–4.
21. Thakker, S.; Narayanamoorthi, R. Smart and wireless waste management. In Proceedings of the 2015 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore, India, 19–20 March 2015; pp. 1–4.
22. Folianto, F.; Low, Y.S.; Yeow,W.L. Smartbin: Smart waste management system. In Proceedings of the 2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), Singapore, 7–9 April 2015; pp. 1–2.
23. Ramya, E.; Sasikumar, R. A survey of smart environment conservation and protection for waste management. In Proceedings of the 2017 Third International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB), Chennai, India, 27–28 February 2017; pp. 242–245.
24. Parkash, P.V. IoT Based Waste Management for Smart City. Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng. **2016**, 4, 1267–1274.
25. Fallavi, K.N.; Kumar, V.R.; Chaithra, B.M. Smart waste management using Internet of Things: A survey. In Proceedings of the 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, India, 10–11 February 2017; pp. 60–64.
26. Manqele, L.; Adeogun, R.; Dlodlo, M.; Coetzee, L. Multi-objective decision-making framework for effective waste collection in smart cities. In Proceedings of the Global Wireless Summit (GWS), Cape Town, South Africa, 15–18 October 2017; pp. 155–159.
27. Jouhara, H.; Czajczy ´ nska, D.; Ghazal, H.; Krzyzynska, R.; Anguilano, L.; Reynolds, A.; Spencer, N. Municipal waste management systems for domestic use. Energy **2017**, 139, 485–506. [CrossRef]
28. Amarjeet Singh Chauhan, Abhishek Singhal, and R. S. Pavith," Garbage Monitoring System Using LoRa Technology", International Conference on Artificial Intelligence and Sustainable Engineering, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2022
29. Insung Hong, Sunghoi Park, Beomseok Lee, Jaekeun Lee, Daebeom Jeong, and Sehyun Park," IoT-Based Smart Garbage System for Efficient Food Waste Management ", Hindawi Publishing Corporation, the Scientific World Journal, Volume 2014
30. Eyhab Al-Masri, Ibrahim Diabate, Richa Jain, Ming Hoi Lam and Swetha Reddy Nathala," Recycle.io: An IoT-Enabled Framework for Urban Waste Management", 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)
31. Theodoros Anagnostopoulos1 , Arkady Zaslavsy2,1, Alexey Medvedev1 , Sergei Khoruzhnicov," Top–k Query based Dynamic Scheduling for IoT-enabled Smart City Waste Collection", 2015 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management
32. Muhannad Al-Jabi and Mohammad Diab, "IoT-Enabled Citizen Attractive Waste Management System", IT-DREPS Conference, Amman, Jordan Dec 6-8, 2017