



# تكنولوجيا إنترنت الأشياء في إعادة تدوير النفايات الغذائية

## الفهرس

0	الفهرس
1	مقدمة
1.1	1.1 التأثير البيئي
5	أ. انبعاثات غازات الاحتباس الحراري:
5	ب. استخدام الأراضي والمياه:
5	ج. فقدان التنوع البيولوجي:
5	د. استهلاك الطاقة:
5	هـ. تجريف التربة:
6	1.2 الآثار الاجتماعية والاقتصادية
6	أ. الجوع وانعدام الأمن الغذائي:
6	ب. خسائر اقتصادية:
6	ج. الاعتبارات الأخلاقية:
7	2. مشكلة هدر الطعام المتزايدة
7	2.1 مقدمه
8	2.2 لماذا يشكل هدر الطعام تحديًا في المملكة العربية السعودية
9	3. سوق إدارة النفايات
9	3.1 توقعات سوق إدارة النفايات الغذائية (2023 إلى 2033)
10	3.2 سوق إدارة النفايات الغذائية في الماضي وتحليل الأداء المستقبلي
10	3.3 السوق السعودي
10	أ. نظرة عامة
11	ب. اللاعبون الرئيسيون في قطاع إدارة النفايات في المملكة العربية السعودية:
12	ت. التشريعات والفرص
12	3.4 المبادرات الوطنية للحد من الهدر الغذائي والنفايات
12	أ. مبادرة مستدام:
12	ب. لتدوم - البرنامج الوطني للحد من الفاقد والهدر في الغذاء - المؤسسة العامة للحبوب
13	4. دور إنترنت الأشياء في إدارة النفايات
13	4.1 فهم إنترنت الأشياء في إدارة النفايات

4,2	فوائد إنترنت الأشياء في إدارة النفايات	14
1	طرق التجميع المطورة	14
2	الصيانة الوقائية	14
3	تحسين فرز النفايات وإعادة تدويرها	14
4	مراقبة مدافن النفايات في الوقت الفعلي	14
5	خفض التكلفة	14
6	الأثر البيئي	14
5	الفوائد الرئيسية لإنترنت الأشياء في إعادة تدوير نفايات الطعام	14
5,1	المراقبة في الوقت الحقيقي وجمع البيانات	14
5,2	التخصيص الأمثل للموارد	15
5,3	تخفيض تكاليف التحصيل	15
5,4	تحسين معدلات إعادة التدوير	15
5,5	الصيانة الوقائية	15
5,6	التدقيق المطلوب	15
5,7	تخفيف الأثر البيئي	15
5,8	تعزيز عملية اتخاذ القرار المستندة إلى البيانات	15
6	مراقبة وتتبع النفايات	15
6,1	تقنية الصندوق الذكي	16
6,2	مراقبة في الوقت الحقيقي وأجهزة استشعار لمستوى التعبئة	16
6,3	تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وتحسين المسار وتحليل البيانات وإدارتها	16
6,4	جمع البيانات وتجميعها	16
6,5	التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية	16
6,6	تحليل تكوين النفايات	16
7	تقنية الصندوق الذكي	16
7,1	استشعار مستويات التعبئة في الوقت الحقيقي	17
7,2	تخطيط الطريق الأمثل وإدارة الموارد	17
7,3	عمليات فعالة من حيث التكلفة	17
7,4	الاستدامة البيئية	17
7,5	تكامل إنترنت الأشياء لتحليلات البيانات	17
أ	تصميم سهل الاستخدام وتفاعلي	17
ب	المراقبة والصيانة عن بعد	17
ج	تكامل المدينة الذكية	17
د	حلول قابلة للتخصيص	18
8	أجهزة استشعار للرصد ومستوى التعبئة في الوقت الحقيقي	18
8,1	رؤية غير مسبوقة مع المراقبة في الوقت الحقيقي	18
8,2	طرق وجدول التجميع المحسنة	18
8,3	توفير التكاليف من خلال التخصيص الفعال للموارد	19
8,4	تعزيز الاستدامة البيئية	19

19	8,5 الصيانة الاستباقية وموثوقية النظام
19	8,6 التكامل مع إنترنت الأشياء للتحليلات المتقدمة
19	9. تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وتحسين الطريق
19	9,1 تبسيط عمليات جمع النفايات
19	9,2 المراقبة في الوقت الحقيقي لاتخاذ القرارات الديناميكية
20	9,3 تحسين المسار لتوفير التكلفة والوقت
20	9,4 تحليلات البيانات وإدارتها لاتخاذ قرارات دقيقة
20	9,5 تعزيز خدمة العملاء
20	9,10 الامتثال للمتطلبات التنظيمية
20	9,11 الصيانة الاستباقية وإدارة الأصول
20	10. تحليل البيانات وإدارتها
20	10,1 تسخير قوة البيانات
20	10,2 اتخاذ القرار والحلول
21	10,3 التحليلات التنبؤية لتحسين الموارد
21	10,4 تحليل تكوين النفايات
21	10,5 التحسين المستمر من خلال مقاييس الأداء
21	10,6 مراقبة التكاليف والكفاءة التشغيلية
21	10,7 الامتثال التنظيمي وإعداد التقارير
21	10,8 حلول تتمحور حول العملاء
21	11. جمع البيانات وتحليلها
21	11,1 أساس اتخاذ القرارات الفعالة
22	11,2 المراقبة في الوقت الحقيقي للرؤى الديناميكية
22	11,3 تكامل مصادر البيانات المختلفة
22	11,4 البيانات التاريخية لتحليل الاتجاهات
22	11,5 الكفاءة التشغيلية من خلال العمليات المبسطة
22	11,6 نظم دعم القرار
22	11,7 الشفافية والمساءلة
22	11,8 تقييم الأثر البيئي
23	12. التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية
23	12,1 التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية
23	12,2 تحسين طرق التجميع
23	12,3 تخصيص الموارد الديناميكية
23	12,4 تقليل التكاليف التشغيلية
23	12,5 تعزيز جهود إعادة التدوير
23	12,6 استراتيجيات الصيانة الاستباقية
23	12,7 التعلم المستمر من أجل التحسين
23	12,8 تحقيق أهداف الاستدامة
24	13. تحليل تكوين النفايات

- 13,1. فهم محتوى النفايات ..... 24
- 13,2. تحسين عمليات إعادة التدوير ..... 24
- 13,3. برامج إعادة التدوير للخياطة ..... 24
- 13,4. تحسين فصل النفايات ..... 24
- 13,5. تعزيز استعادة الموارد ..... 24
- 13,6. الامتثال لمعايير إعادة التدوير ..... 24
- 13,7. تحديد المواد الخطرة ..... 24
- 13,8. صنع القرار القائم على البيانات ..... 25
14. الفرز والفصل الذكي في إعادة تدوير مخلفات الطعام: ..... 25
- 14,1. الدقة في فرز النفايات ..... 25
- 14,2. تعظيم معدلات إعادة التدوير ..... 25
- 14,3. الحد من التلوث ..... 25
- 14,4. التكامل مع البنية التحتية لجمع النفايات ..... 25
- 14,5. اتخاذ القرار في الوقت الحقيقي ..... 25
- 14,6. القدرة على التكيف مع النفايات المتنوعة ..... 25
- 14,7. كفاءة التكلفة في مرافق إعادة التدوير ..... 25
- 14,8. تعزيز الاستدامة البيئية ..... 26
- 14,9. الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة ..... 26
15. أجهزة الاستشعار البصرية والتعرف على الصور: ..... 26
- 15,1. دقة الفرز المطورة ..... 26
- 15,2. التعرف الآلي على المواد ..... 26
- 15,3. تحسين كفاءة الفرز ..... 26
- 15,4. التكامل مع أنظمة النقل ..... 26
- 15,5. الحد من التلوث ..... 26
- 15,6. فرز المواد المعقدة ..... 27
- 15,7. المراقبة في الوقت الحقيقي وتحليلات البيانات ..... 27
- 15,8. القدرة على التكيف مع النفايات المتغيرة ..... 27
- 15,9. الفوائد البيئية والاقتصادية ..... 27
- 15,10. إمكانات المستقبل والابتكار ..... 27
16. أنظمة التسميد المدعمة بالإنترنت الأشياء: ..... 27
- 16,1. مراقبة في الوقت الحقيقي لمعلمات التسميد ..... 27
- 16,2. التحكم الآلي في العمليات ..... 27
- 16,3. رؤى تعتمد على البيانات من أجل التحسين ..... 28
- 16,4. المراقبة والإدارة عن بعد ..... 28
- 16,5. ضمان الجودة في إنتاج السماد ..... 28
- 16,6. تحسين الموارد وكفاءة التكلفة ..... 28
- 16,7. التكامل مع أنظمة إدارة النفايات الشاملة ..... 28
17. مراقبة درجة الحرارة والرطوبة في إدارة النفايات: ..... 28

28	17,1. مراقبة درجة الحرارة.....
29	17,2. مراقبة الرطوبة.....
29	17,3. تكامل إنترنت الأشياء للمراقبة الذكية.....
29	17,4. التأثير البيئي وكفاءة الموارد.....
29	18. تطبيقات الهاتف المحمول ولوحة المعلومات في إدارة النفايات.....
29	18,1. تطبيقات الهاتف المحمول سهلة الاستخدام.....
30	18,2. لوحات المعلومات التشغيلية لسلطات إدارة النفايات.....
30	18,3. تكامل إنترنت الأشياء للمراقبة الشاملة.....
30	18,4. الكفاءة والأثر البيئي.....
30	18,5. تعزيز الشفافية والمساءلة.....
31	19. تكامل إنترنت الأشياء والبلوك شين في إدارة النفايات.....
31	19,1. الشفافية وإمكانية التتبع.....
31	19,2. الأمن وسلامة البيانات.....
31	19,3. العقود الذكية للأتمتة.....
31	19,4. رؤية سلسلة التوريد.....
32	19,5. اللامركزية والتعاون.....
32	19,6. الاعتمادات والحوافز البيئية.....
32	20. التوجه نحو الإدارة المستدامة للنفايات.....
32	20,1. مبادئ الاقتصاد الدائري.....
33	20,2. الحد من النفايات المدفوعة بالتكنولوجيا.....
33	20,3. تحويل النفايات إلى طاقة والكتلة الحيوية.....
33	20,4. المشاركة المجتمعية والتعليم.....
34	20,5. الامتثال التنظيمي وإعداد التقارير.....
34	20,6. الابتكار في التعبئة والتغليف وتصميم المنتجات.....
34	20,7. التعاون الدولي وأفضل الممارسات.....
34	21. الاستنتاج.....

## 1. مقدمة

يعد هدر الطعام قضية عالمية ملحة لها آثار بيئية واجتماعية واقتصادية كبيرة. وبينما يجابه العالم تحديات إدارة هذه المشكلة المتنامية، هناك حاجة إلى حلول مبتكرة لمعالجة هدر الطعام. سنتعمق في الإمكانيات التحويلية لتقنية إنترنت الأشياء (IoT) في إحداث ثورة في إعادة تدوير النفايات الغذائية.

تقدم تقنية إنترنت الأشياء نهجًا شاملاً يشمل تحليلات البيانات والتعلم الآلي وتحليل تكوين النفايات والفرز والفصل الذكي والعديد من الجوانب الأخرى. ومن خلال تسخير قوة إنترنت الأشياء، لا يمكننا تعزيز عمليات إعادة التدوير فحسب، بل نساهم أيضًا في الاستدامة البيئية والعمليات الفعالة من حيث التكلفة. في الصفحات التالية، سوف نستكشف الجوانب المختلفة لتكنولوجيا إنترنت الأشياء في إعادة تدوير نفايات الطعام وكيف أنها جاهزة لإعادة تشكيل الطريقة التي ندير بها ونخفف من تأثير نفايات الطعام على بيئتنا ومجتمعنا.

نظرة عامة على هدر الغذاء العالمي وتأثيره على البيئة:

يعد هدر الطعام قضية منتشرة وملحة على نطاق عالمي، ولها آثار عميقة على البيئة والمجتمع. ووفقًا لأحدث البيانات المتاحة، فإن ما يقرب من ثلث الأغذية المنتجة للاستهلاك البشري يتم فقدانها أو إهدارها كل عام. وترجم هذه الإحصائية المذهلة إلى ما يقرب من 1.3 مليار طن من الغذاء يتم التخلص منها سنويًا، مما يخلق شبكة معقدة من التحديات البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

### 1.1. التأثير البيئي

أ. انبعاثات غازات الاحتباس الحراري:

يؤدي تحلل مخلفات الطعام في مدافن النفايات إلى توليد كميات كبيرة من غاز الميثان، وهو أحد الغازات الدفيئة القوية. وتشير التقديرات إلى أن غاز الميثان أكثر فعالية بـ 25 مرة في حبس الحرارة في الغلاف الجوي من ثاني أكسيد الكربون، مما يساهم بشكل كبير في تغير المناخ.

ب. استخدام الأراضي والمياه:

تمثل الموارد المستثمرة في إنتاج الأعذية المهدرة، بما في ذلك الأراضي الصالحة للزراعة والمياه والطاقة، بصمة بيئية كبيرة. ويؤدي هذا الاستخدام غير الفعال للموارد إلى تفاقم المشكلات المتعلقة بإزالة الغابات، وندرة المياه، واستنزاف النظم البيئية الطبيعية.

ج. فقدان التنوع البيولوجي:

غالبًا ما تؤدي الممارسات الزراعية المرتبطة بإنتاج الغذاء إلى تدمير الموائل وفقدان التنوع البيولوجي. وعندما يتم إهدار الغذاء، تصبح هذه الآثار البيئية أكثر وضوحًا، حيث تساهم الموارد المستثمرة في الزراعة في اختلال التوازن البيئي.

د. استهلاك الطاقة:

تتطلب سلسلة الإمدادات الغذائية بأكملها، من الإنتاج إلى التوزيع، مدخلات كبيرة من الطاقة. عندما يتم هدر الطعام، يتم تبديد الطاقة المستهلكة خلال هذه السلسلة، مما يساهم بشكل أكبر في الخسائر البيئية الناجمة عن هدر الطعام.

ه. تجريف التربة:

يساهم التخلص من مخلفات الطعام في مدافن النفايات في تدهور التربة وتلوثها. ولا يؤثر هذا على جودة الأراضي الزراعية فحسب، بل يعيق أيضًا قدرة التربة على عزل الكربون ودعم النظم البيئية الصحية.

## 1.2 الآثار الاجتماعية والاقتصادية

### أ. الجوع وانعدام الأمن الغذائي:

ومن المفارقة أنه على الرغم من إهدار كمية كبيرة من الغذاء على مستوى العالم، يعاني الملايين من الناس من الجوع وانعدام الأمن الغذائي. وكان من الممكن إعادة توجيه الأغذية التي يتم التخلص منها لمعالجة هذه القضايا الحرجة، مما يسלט الضوء على العواقب الاجتماعية المترتبة على هدر الأغذية.

### ب. خسائر اقتصادية:

إن الخسائر الاقتصادية المرتبطة بهدر الطعام مذهلة. من تكاليف الإنتاج إلى النقل والتجزئة، تتحمل الشركات والمستهلكون على حد سواء أعباء مالية بسبب ممارسات إدارة الأغذية غير الفعالة.

### ج. الاعتبارات الأخلاقية:

يتجلى البعد الأخلاقي لهدر الطعام في عالم يفتقر فيه جزء كبير من السكان إلى القدرة على الوصول إلى التغذية الكافية. إن معالجة هدر الطعام ليست مجرد ضرورة بيئية فحسب، بل هي أيضًا التزام أخلاقي لضمان الوصول العادل إلى الموارد.

إن فهم خطورة هدر الغذاء العالمي وتأثيره المتعدد الأوجه على البيئة والمجتمع أمر بالغ الأهمية. وبينما نستكشف الحلول، فإن دمج تقنيات مثل إنترنت الأشياء في إعادة تدوير نفايات الطعام يظهر كوسيلة واعدة للتخفيف من هذه العواقب بعيدة المدى وخلق مستقبل أكثر استدامة.

لقد ظهر التقارب بين تكنولوجيا إنترنت الأشياء (IoT) وإعادة تدوير النفايات الغذائية بكفاءة كحل تحويلي. يجلب إنترنت الأشياء، بشبكتة من الأجهزة وأجهزة الاستشعار المترابطة، بعدًا جديدًا لإدارة نفايات الطعام، مما يوفر كفاءة غير مسبوقة ومراقبة في الوقت الفعلي ورؤى تعتمد على البيانات.

في جوهرها، تعمل تقنية إنترنت الأشياء لإعادة تدوير مخلفات الطعام على الاستفادة من شبكة من أجهزة الاستشعار الذكية المدمجة في صناديق النفايات وأجهزة السماد ومرافق إعادة التدوير. تتيح هذه المستشعرات المراقبة المستمرة لحجم وتكوين نفايات الطعام في الوقت الفعلي. يتم بعد ذلك نقل هذه البيانات إلى منصة مركزية، حيث يمكن تحليلها لتحسين طرق جمع النفايات، وتحسين عمليات إعادة التدوير، وتقليل التأثير البيئي.

علاوة على ذلك، يسمح دمج إنترنت الأشياء بتنفيذ أنظمة الفرز الذكية في مرافق إعادة التدوير، وتستخدم هذه الأنظمة الذكاء الاصطناعي وخوارزميات التعلم الآلي لتصنيف نفايات الطعام بدقة، مما يسهل استخراج المواد العضوية القيمة لتحويلها إلى سماد أو توليد الطاقة. والنتيجة هي عملية إدارة النفايات مبسطة وأكثر صديقة للبيئة.

تمتد مزايا تكنولوجيا إنترنت الأشياء في إعادة تدوير نفايات الطعام إلى ما هو أبعد من مجرد الكفاءة. ومن خلال توفير رؤى تفصيلية حول أنماط توليد النفايات، يمكن للشركات والبلديات اتخاذ قرارات مستنيرة لتقليل إنتاج النفايات بشكل عام. وهذا بدوره يساهم في بناء اقتصاد دائري حيث يتم استخدام الموارد بشكل أكثر استدامة.

في هذا العصر الذي يتسم بالوعي البيئي المتزايد، يمثل الجمع بين تكنولوجيا إنترنت الأشياء وإعادة تدوير النفايات الغذائية نقلة نوعية في ممارسات إدارة النفايات. فهو لا يعالج التحدي المباشر المتمثل في الحد من هدر الطعام فحسب، بل يتماشى أيضًا مع أهداف الاستدامة العالمية، ويقدم حلاً ملموسًا وقابلًا للتطوير من أجل مستقبل أكثر اخضرارًا وأكثر كفاءة في استخدام الموارد.



الشكل 1: رسم تخطيطي

توضيحي لعملية إعادة تدوير مخلفات الطعام المصدر (Dreamtime.com)

## 2. مشكلة هدر الطعام المتزايدة

### 2.1. مقدمة

أصبحت المشكلة المتزايدة المتمثلة في هدر الطعام قضية حرجة على نطاق عالمي، مما يشكل تحديات كبيرة أمام الاستدامة والحفاظ على البيئة والكفاءة الاقتصادية. على الرغم من الجهود المبذولة لمعالجة الجوع وانعدام الأمن الغذائي، فإن جزءًا كبيرًا من الإمدادات الغذائية في العالم يُفقد أو يُهدر في مراحل مختلفة من سلسلة التوريد.

أحد المساهمين الرئيسيين في هدر الطعام يحدث أثناء مرحلتَي الإنتاج والتوزيع. غالبًا ما تؤدي الممارسات الزراعية، بما في ذلك طرق الحصاد وظروف التخزين ولوجستيات النقل، إلى خسائر كبيرة. بالإضافة إلى ذلك، يؤدي عدم الكفاءة في صناعات المعالجة والتعبئة إلى تفاقم هذه المشكلة، مما يؤدي إلى التخلص من الأطعمة الصالحة للأكل تمامًا.

ويلعب سلوك المستهلك أيضًا دورًا محوريًا في قضية هدر الطعام المتصاعدة. إن الإفراط في شراء المواد الغذائية، والتخزين غير السليم، والمفاهيم الخاطئة حول تواريخ انتهاء صلاحية المواد الغذائية تساهم في التخلص من كميات كبيرة من المواد الغذائية دون داع. وفي المنازل والمطاعم ومحلات السوبر ماركت، يؤثر هذا السلوك الجماعي بشكل كبير على البيئة والاقتصاد.

إن العواقب البيئية المترتبة على هدر الطعام عميقة. عندما يتحلل الطعام المهمل في مدافن النفايات، فإنه ينتج غاز الميثان، وهو أحد غازات الدفيئة القوية التي تساهم في تغير المناخ. إن الموارد المستخدمة في إنتاج ونقل والتخلص من الأغذية المهجرة، بما في ذلك المياه والطاقة والأرض، تزيد من تكثيف البصمة البيئية لهذه القضية.

علاوة على ذلك، فإن الآثار الاقتصادية المترتبة على هدر الطعام كبيرة. وإلى جانب الخسائر المالية المباشرة التي تتكبدها الشركات والمستهلكون، فإن عدم الكفاءة في سلسلة الإمدادات الغذائية يؤدي إلى إهدار الموارد وزيادة تكاليف الإنتاج. وهذا بدوره له تأثير مضاعف على الأسعار، مما يؤدي إلى تفاقم الفوارق الاقتصادية والتأثير على الاستقرار العام للنظم الغذائية.

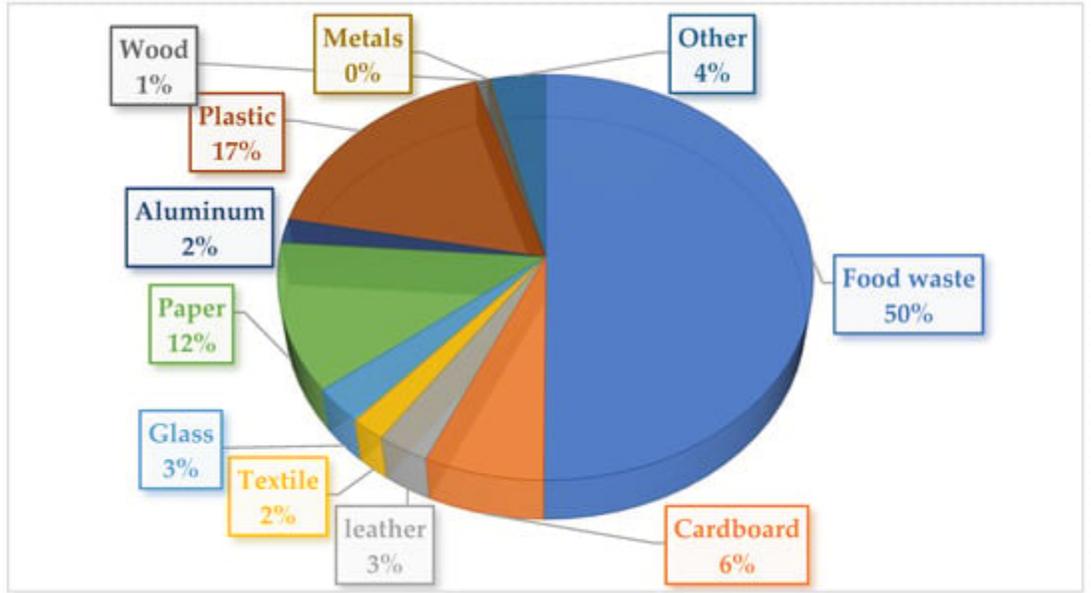
## 2,2. لماذا يشكل هدر الطعام تحديًا في المملكة العربية السعودية

حاليًا، يُعتبر هدر الطعام أحد المشاكل الرئيسية التي تهدد الأمان الغذائي في المملكة العربية السعودية، لا توجد تقديرات علمية لهدر الطعام في المنازل وسلاسل التوريد وأماكن تناول الطعام حتى الآن، ولكن، استنادًا إلى تقرير الاستدامة لعام 2022 لوزارة البيئة والمياه والزراعة (MEWA)، تحتل المملكة العربية السعودية المرتبة الأولى في هدر الطعام في العالم. وفقًا لوزير البيئة السعودي، استنادًا إلى الدراسة التي أجرتها منظمة الحبوب السعودية (SAGO) يذهب حوالي 33 في المئة من الطعام هدرًا، بقيمة تزيد عن 40.4 مليار ريال سعودي (10.77 مليار دولار أمريكي) سنويًا.

هدر الطعام للفرد يبلغ متوسطه 250 كيلوغرامًا سنويًا، في حين أن المتوسط العالمي حوالي 115 كيلوغرامًا. يبرز العديد من المقالات المنشورة أن جزءًا كبيرًا من بقايا الطعام يتم هدره في العزائم وحفلات الزفاف والمطاعم وبوفيهات الفنادق، وتتمثل الأسباب الرئيسية لهدر الطعام في المملكة العربية السعودية في قلة الوعي بمشكلة هدر الطعام في المجتمع، وسلوكيات مضيبي العشاء، وميلًا نحو استعراض الأطعمة الفاخرة في وجود الضيوف، وغالبًا ما تكون المطاعم والفنادق غير منظمة بشكل جيد للحد من هدر الطعام، علاوة على ذلك، في الوقت الحالي لا توجد قوانين سارية المفعول في المملكة العربية السعودية يمكن أن تحد من هدر الطعام.

على الرغم من إنتاج المملكة العربية السعودية الزراعي المحدود، فإنها تحتل المرتبة الأولى في الاستهلاك الإحصائي للحبوب في العالم حيث يتناول المواطن العادي 158 كيلوغرامًا سنويًا، بينما يبلغ المتوسط العالمي 145 كيلوغرامًا للفرد، في عام 2016، عقدت الحكومة السعودية، بتوجيه من المقام السامي لجنة في وزارة البيئة والمياه والزراعة، شملت أصحاب المصلحة من مختلف الوزارات في الحكومة الذين يتعاملون مع موارد الطبيعة في المجتمع (<https://www.arabnews.com/saudi-arabia/news/869191>)، وقامت الهيئة في عام 2018، بمراجعة مقترح قانون يهدف إلى مكافحة هدر الطعام والتبديد. كان سيفرض عقوبات على الأفراد والمنظمات التي تقوم بهدر الطعام، مثل فرض رسوم على زوار المطاعم الذين يتركون أطباقهم غير المنتهية. واقترحت لجنة الشؤون الاجتماعية في مجلس الشورى أيضًا إنشاء مركز وطني للحد من هدر الطعام عبر التوجيه والتوعية بشأن هذه القضية. تهدف الوزارة الآن إلى إطلاق برنامج وطني لتقليل هدر الطعام. ويتركز اهتمامها بمتطلبات الأمان الغذائي الوطني المقترح لتخزين الطعام، بالإضافة إلى اعتماد نظام تحذير مبكر وتوفير معلومات في الوقت المناسب للأسواق الزراعية.

يشكل هدر الطعام جزءًا كبيرًا (حوالي 50.57٪) من النفايات الصلبة التي يتم جمعها في المناطق البلدية. كما هو موضح في الشكل 2، كانت المواد العضوية هي العنصر الرئيسي في المدافن. وفقًا للبحوث التي أجريت في المملكة العربية السعودية، كان من المتوقع أن يكون إجمالي كمية النفايات البلدية الصلبة (MSW) التي تم إنتاجها في عام 2014 قد وصلت إلى حوالي 15 مليون طن (والتي من المتوقع أن تتضاعف بمعدل ربعي بحلول عام 2033) وكانت تتألف في المقام الأول من هدر الطعام الذي يشكل 37-50.6 في المئة من هذا الإجمالي.



الشكل 2: هدر الطعام هو أعلى مساهم في المدافن في المملكة العربية السعودية. المصدر: خان وكانيسامكاند

أجرى خان وكانيسامكاندي دراسة حول تكوين إجمالي النفايات المنتجة في المملكة العربية السعودية. لاحظوا أن الورق والطعام ونفايات الخشب تشكل حوالي 75٪ من النفايات العضوية. كما كشفوا أن هدر الطعام كمكون فردي ساهم بنسبة تقريبية تبلغ حوالي 50.57٪ من إجمالي النفايات العضوية، في حين بلغت نسبة نفايات الورق 11.97٪. وتبين أن البلاستيك يشكل حوالي 17.39٪، في حين بلغ محتوى الزجاج حوالي 3.5٪، وكانت قطع الكرتون تشكل 6.64٪ من نفايات المدافن. يوضح الشكل 2 أيضًا أن الملابس والمعادن والجلود والألمنيوم يشكلون أقل من 4-5٪ من نفايات المدافن.

إن الجهود المبذولة لتحسين الممارسات الزراعية، وتعزيز الخدمات اللوجستية لسلسلة التوريد، وتنفيذ أنظمة أكثر فعالية لتخزين وتوزيع الأغذية أمر بالغ الأهمية. ومن المهم بنفس القدر رفع مستوى الوعي بين المستهلكين حول تأثير خياراتهم وتشجيع عادات الاستهلاك المسؤولة.

يمكن للتقنيات المبتكرة، مثل تطبيقات إنترنت الأشياء (IoT)، أن تلعب دورًا محوريًا في مراقبة وتحسين المراحل المختلفة لسلسلة الإمدادات الغذائية. بالإضافة إلى ذلك، فإن المبادرات التي تركز على إعادة توجيه فائض الغذاء إلى المحتاجين وتعزيز نماذج الاقتصاد الدائري التي تعطي الأولوية لإعادة التدوير والتسميد، تكتسب زخمًا كحل عملي.

في نهاية المطاف، تتطلب معالجة مشكلة هدر الطعام المتنامية التزامًا جماعيًا من المنتجين والموزعين والمستهلكين وصناع السياسات. وهو ينطوي على تعزيز التحول في العقلية العالمية نحو تقييم الموارد الغذائية واستخدامها بشكل مسؤول لخلق مستقبل أكثر استدامة وإنصافًا.

### 3. سوق إدارة النفايات

#### 3.1. توقعات سوق إدارة النفايات الغذائية (2023 إلى 2033)

توقعات السوق تشير إلى أن حجم سوق إدارة النفايات الغذائية عالميًا سيصل إلى 75.8 مليار دولار أمريكي في عام 2024، ومن ثم سترتفع إلى 121.8 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2033. يتوقع أن تشهد مبيعات أنظمة إدارة النفايات الغذائية نموًا بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 5.7٪ خلال الفترة المتوقعة.

هناك عدة عوامل تؤثر على سوق إدارة النفايات، وتشمل:

1. **الوعي البيئي:** زيادة الوعي حول قضايا البيئة والاستدامة تعزز الطلب على حلول إدارة النفايات وتشجع على التبني المستدام.

2. **التشريعات واللوائح:** التشريعات واللوائح البيئية التي تفرض الالتزام بمعايير إدارة النفايات تلعب دورًا حاسمًا في توجيه السوق وتشجيع الابتكار في هذا المجال.
3. **النمو الاقتصادي:** زيادة النشاط الاقتصادي قد يؤدي إلى زيادة إنتاج النفايات، مما يعزز الحاجة إلى حلول فعالة لإدارة هذه الزيادة.
4. **تكنولوجيا الإدارة الذكية:** استخدام التكنولوجيا في مجال إدارة النفايات، مثل الحلول الذكية للتتبع والتحليل، يمكن أن يحسن الكفاءة ويقلل من التكلفة.
5. **التغيرات في عادات الاستهلاك:** تغيرات في عادات الاستهلاك تؤثر على نوعيات النفايات المنتجة وتطلب حلولًا مختلفة لإدارتها.
6. **الابتكار التقني:** تطوير تقنيات جديدة لفصل وتدوير المواد يمكن أن يحدث تحولًا في سوق إدارة النفايات.
7. **الطلب على الطاقة المتجددة:** زيادة الطلب على الطاقة المتجددة والمواد القابلة للتجديد تؤدي إلى اهتمام أكبر بإعادة تدوير الموارد وإدارة النفايات.
8. **الابتكار في التعبئة والتغليف:** استخدام تقنيات التعبئة والتغليف المستدامة يمكن أن يقلل من حجم النفايات البلاستيكية ويحدث تأثير إيجابي على سوق إدارة النفايات.
9. **الشراكات مع القطاع الخاص:** تعاون الحكومات مع الشركات الخاصة يمكن أن يدعم تطوير حلول فعالة ومستدامة لإدارة النفايات.
10. **التقليل من الهدر الغذائي:** زيادة الاهتمام بتقليل هدر الطعام تسهم في تقليل كمية النفايات العضوية وتحفز على تبني حلول لإدارتها بشكل أفضل.

هذه العوامل تتفاعل معًا لتشكيل بيئة متغيرة تؤثر على اتجاهات واحتياجات سوق إدارة النفايات.

### 3,2. سوق إدارة النفايات الغذائية في الماضي وتحليل الأداء المستقبلي

- وفقًا لـ Future Insights، من المرجح أن يسجل سوق إدارة نفايات الطعام العالمي معدل نمو سنوي مركب بنسبة 5.7٪، تاريخيًا سجل السوق معدل نمو سنوي مركب قدره 6.4٪ بين عامي 2017 و2020 ومن المتوقع أن يزداد سوق إدارة النفايات الغذائية بوتيرة سريعة بسبب ارتفاع نمو صناعة الأغذية.
- وبالإضافة إلى ذلك، يعمل التوسع الحضري السريع على توسيع استخدام النفايات العضوية لتصنيع الأعلاف الحيوانية والأسمدة في البلدان الناشئة.
- أ. في المدى القصير (2024 إلى 2026): يحظى توافر المأكولات المتنوعة والمواد الغذائية غير العادية، مثل الفواكه الاستوائية والقهوة الفاخرة والسلع المستوردة، بشعبية متزايدة بين المستهلكين. تعمل هذه المواد الغذائية على تسريع الطلب على إدارة النفايات الغذائية.
  - ب. في المدى المتوسط (2026 إلى 2029): التجارة المتنامية في المواد الغذائية والمكونات الغذائية بين البلدان في جميع أنحاء العالم تعزز سلاسل التوريد. قد يؤدي ذلك إلى زيادة هدر الطعام ولوائح حكومية وإدارة الغذاء أكثر صرامة.
  - ت. في المدى الطويل (2029 إلى 2034): يعد ارتفاع أنشطة البحث والتطوير وبرامج المبادرات الحكومية وزيادة تحديث المنتجات الجديدة من العوامل التي تدفع توسع السوق خلال الفترة المتوقعة.

### 3,3. السوق السعودي

#### أ. نظرة عامة

نتيجةً للصناعة السريعة وزيادة النمو السكاني والتحضر السريع، أصبحت إدارة النفايات أحد أولويات المملكة العربية السعودية، حيث يتم إنتاج أكثر من 110 مليون طن من النفايات سنويًا.

وفقًا لمركز المملكة العربية السعودية الوطني لإدارة النفايات، يقدر الضرر البيئي الناجم عن النفايات الصلبة في عام 2021 بحوالي 1.3 مليار دولار، تأتي نصف النفايات تقريبًا من ثلاث مدن رئيسية: 21٪ من الرياض، و14٪ من جدة، و8٪ من الدمام. ومعظم مدافن النفايات

في المملكة العربية السعودية على وشك الوصول إلى طاقتها الاستيعابية. يستخدم السعوديون بشكل كبير المنتجات القابلة لإعادة التدوير، وخاصة البلاستيك الذي يعتبر إعادة تدويره محدودًا.

عادة يتم التخلص من معظم النفايات البلدية، دون معالجة، في مدافن النفايات، بينما يتم حرق بعضها. وعندما تمتلئ المواقع، لا يمكن استخدام الأرض عادة لأغراض أخرى. وغالبًا لا تكون مدافن النفايات مصممة لتقليل آثارها الضارة. ووفقًا للرئيس التنفيذي السابق لشركة الاستثمار السعودية لإعادة التدوير، يتم التخلص من معظم النفايات في البلاد حاليًا في المدافن بمتوسط قدره 1.87 دولار للطن.

ب. اللاعبون الرئيسيون في قطاع إدارة النفايات في المملكة العربية السعودية:

وزارة البيئة والمياه والزراعة (MEWA): المسؤولة عن تنظيم وتنفيذ جميع جوانب سياسات البلاد للقطاعات البيئية والمائية والزراعية.

المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN): ينظم ويشرف على أنشطة إدارة النفايات ويعزز مبدأ الاقتصاد الدائري في إدارة النفايات لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. إدارة النفايات الإشعاعية والعسكرية خارج نطاق MWAN.

المركز الوطني للامتثال البيئي (NCEC): يراقب إصدار التراخيص وخدمات الاعتماد للمنظمات التي تقدم خدمات بيئية. يصدر ويجدد أيضًا تراخيص المرافق الخدمية وينشئ أنشطة تؤثر بشكل كبير على البيئة.

شركة الاستثمار السعودية لإعادة التدوير (SIRC): أكبر شركة لإدارة النفايات الصناعية في مجلس التعاون الخليجي مع منصة متكاملة بالكامل للتعامل مع النفايات الخطرة، تطوير، وتمتلك، وتدير، وتموّل مختلف الأنشطة لجميع أنواع النفايات لتأسيس قدرات إعادة التدوير في المملكة العربية السعودية.

شركة تطوير التكنولوجيا والاستثمار السعودية (TAQNIA): شركة مملوكة بالكامل للاستثمار العام، تهدف إلى استثمار وتسويق نتائج البحث والتطوير من مؤسسات البحث المختلفة.

المركز الوطني للخصخصة والشراكة بين القطاعين (NCP): مركز عام للتميز يساعد في تطوير اللوائح وإعداد أطر الخصخصة وتحضير الأصول والخدمات الحكومية للخصخصة.

شركة تدوير البيئة الوطنية (Tadweer): شركة رائدة متخصصة في إعادة تدوير النفايات الإلكترونية والكهربائية.

شركة تدوير الطعام تدوير (Tadweer Food Recycling Company): شركة رائدة في التعامل مع فاقد الطعام وتحويله إلى سماد عضوي مفيد.

مجموعة القرينان: إحدى أكبر شركات إعادة تدوير المعادن وتصنيعها وتجارتها. باستخدام تقنيات متقدمة في إعادة تدوير المعادن الخردة، تستطيع القرينان إنتاج منتجات عالية الجودة وتنافسية ووفقًا للمعايير الدولية.

أمانة منطقة الرياض: مسؤولة عن تطوير وتنفيذ استراتيجية منطقة الرياض بالتنسيق مع MWAN وSIRC. تقوم بإصدار عطاءات الشراء لمشاريع في الرياض.

أمانة المنطقة الشرقية: مسؤولة عن تطوير وتنفيذ استراتيجية المنطقة الشرقية بالتنسيق مع MWAN وSIRC. تقوم بإصدار عطاءات الشراء لمشاريع في المنطقة الشرقية.

شركة تطوير وتجديد المدن في جدة (JDURC): شركة مغلقة مملوكة بالكامل لأمانة مدينة جدة متخصصة في برامج تطوير المدن ومعالجة وجمع مواد النفايات.

شركة جمع وتدوير النفايات (WASCO): أكبر شركة متخصصة في إدارة النفايات في المملكة العربية السعودية. لديها اتفاقيات تعاقد حصرية مع أمانة مدينة جدة من خلال شركة جدة لتطوير وتجديد المدن لتشغيل مراكز إدارة وتعامل النفايات البلدية القابلة لإعادة التدوير في محافظة جدة وضواحيها.

شركة ينبع يونايتد (YUNITCO): مصنع إعادة التدوير في ينبع الصناعية هو الأكبر في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وثاني أكبر مصنع عالمياً، متخصص في إعادة تدوير الزيوت من المصانع وشركات البترول والبتروكيماويات، ويحتوي على وحدات مخصصة لمعالجة الزيوت المستعملة وإعادة تدوير نفايات البترول.

### ت. التشريعات والفرص

للقيام بالأعمال في قطاع إدارة النفايات في المملكة العربية السعودية يصدر المركز الوطني لإدارة النفايات (MWAN) تراخيص لجميع مقدمي الخدمات والمؤسسات والمستثمرين والمرافق المتعلقة بأنشطة إدارة النفايات. حيث يوجه القانون السعودي للمشتريات جميع عمليات المشتريات الحكومية، بما في ذلك مناقصات MWAN.

وتستهدف رؤية 2030 البلديات - التي تشمل نشاط إدارة النفايات - كإحدى القطاعات المستهدفة للتحويل إلى القطاع الخاص.

قد تجد الشركات المحلية والعالمية فرص المناقصات المنشورة على موقع NCP ومواقع الشركات المتعلقة بإدارة النفايات، بالإضافة إلى استكشاف فرص المناقصات مباشرة مع أمانة الرياض وأمانة المنطقة الشرقية وشركة تطوير وتجديد المدن في جدة.

في عام 2021، أصدرت المملكة العربية السعودية قانون إدارة النفايات الجديد لتنظيم نقل وفرز وتخزين واستيراد وتصدير والتخلص الآمن من النفايات وجميع الأنشطة ذات الصلة. تلزم الأطراف المعنية بإعادة التدوير واسترداد الموارد وضمان التخلص الآمن لتحقيق نتائج بيئية واقتصادية أفضل.

### 3,4. المبادرات الوطنية للحد من الهدر الغذائي والنفايات

#### أ. مبادرة مستدام:

قام المركز الوطني لإدارة النفايات بإنشاء المبادرة، وتمثل بأخذ تعهد طوعي من المؤسسات بالحد من إنتاج النفايات والعمل على إعادة تدويرها من خلال تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري، إذ جاءت هذه الفكرة دعماً لأهداف التنمية المستدامة والتي تسعى إلى كفل حق الجيل الحالي والأجيال القادمة بالتنعم ببيئة آمنة وصحية، فضلاً عن تعزيز المسؤولية المجتمعية على صعيد الأفراد والمؤسسات وخلق مفاهيم جديدة للتعامل مع النفايات.

#### اهداف المبادرة:

1. الحفاظ على البيئة: تهدف المبادرة إلى تحقيق هدف الحفاظ على البيئة عبر تقليل النفايات واعتماد سلوكيات محققة للاستفادة القصوى من الموارد.
2. ضمان اعتماد مبادئ الاقتصاد الدائري: يسعى البرنامج إلى تحويل النفايات من عبء بيئي إلى قيمة اقتصادية من خلال تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري.
3. تعزيز مسؤولية الجهات المجتمعية: تستهدف هذه المبادرات غرس مفاهيم جديدة حول التعامل مع النفايات وتعزيز المسؤولية البيئية بين أفراد المجتمع.
4. نشر الوعي والمشاركة الاجتماعية: تهدف المبادرة إلى إشراك المجتمع في جهود الحفاظ على البيئة من خلال تنفيذ ممارسات تساعد على تقليل النفايات.

#### المسارات:

التقليل: تلتزم الجهات بتغيير تصميم التغليف أو زيادة الكمية في المنتج لتقليل النفايات الناتجة من التغليف.  
إعادة الاستخدام: تلتزم الجهات بتوفير تغليف قابل لإعادة الاستخدام مثل الأكواب والأكياس.  
إعادة التدوير: تتعهد الجهات باستخدام مواد معاد تدويرها أو مواد قابلة لإعادة التدوير في التغليف.

#### ب. لتدوم – البرنامج الوطني للحد من الفقد والهدر في الغذاء – المؤسسة العامة للحبوب

تعتبر التوعية الإعلامية وسيلة فعّالة للتواصل مع الجمهور وتحفيزه نحو تغيير سلوكياته تجاه استهلاك الطعام. يأخذ برنامج الهيئة العامة للأمن الغذائي دوراً ريادياً في هذا السياق من خلال تصميم مخرجات إعلامية نوعية، تسهم في تشجيع الأفراد على تبني سلوك فعّال للحد من

هدر الغذاء في المملكة. يعكس هذا المشروع أحد التوجهات الرئيسية لرفع الضغط على الاقتصاد الوطني، حيث يعتبر الهدر والفقد مخالفين للأخلاق الإسلامية ويشكلان تحديًا للاقتصاد.

## الأهداف:

1. التذكير بالأخلاق الإسلامية في التعامل مع الغذاء: نسعى إلى تعزيز فهم الأفراد للأخلاقيات الإسلامية في التعامل مع الطعام وضرورة احترامه والتحلي بالاعتدال في استهلاكه.
2. توضيح هدف البرنامج الوطني للحد من الفقد والهدر: نركز على فهم الفرق بين هدف البرنامج الوطني وأهداف جمعيات حفظ النعمة، حيث يتم التركيز في البرنامج على التوعية والتثقيف وتفعيل الفرد في مراحل الشراء والاستهلاك.
3. ترشيد استهلاك الغذاء ونشر الاقتصاد السلوكي: نهدف إلى نشر ثقافة الاقتصاد السلوكي وتعزيز فهم المجتمع لضرورة تقليل الفاقد والهدر في الاستهلاك اليومي.
4. نشر الوعي لدى مختلف فئات المجتمع: نستهدف الأفراد والأسر والجهات الكبرى مثل المطاعم والفنادق والمدارس، لنشر الوعي بأهمية إدارة النفايات الغذائية.
5. تعزيز ممارسات جيدة في سلاسل الإمداد: نهدف إلى تعزيز ممارسات جيدة في مختلف مراحل سلاسل الإمداد، مثل الإنتاج والنقل والتصنيع والتسويق والاستهلاك، بهدف تقليل الفقد والهدر.
6. نشر الوعي بالمأكولات الصحية وثقافة الأكل المتوازن: نهدف إلى توعية المجتمع بأهمية اتباع نمط غذائي صحي وتفادي الزيادة في الوزن واستهلاك المفرط للطعام.
7. تعزيز الوعي في قواعد التسوق والشراء: نركز على توجيه الأفراد في اختياراتهم أثناء التسوق لتحقيق هدف إدارة النفايات الغذائية.
8. تعزيز الاقتصاد السلوكي لدى المجتمع: نهدف إلى غرس الوعي حول استخدام تطبيقات الهاتف والتكنولوجيا في تحقيق أهداف البرنامج.

## 4. دور إنترنت الأشياء في إدارة النفايات

في السنوات الأخيرة، أدى تكامل تكنولوجيا إنترنت الأشياء (IoT) إلى تحويل العديد من الصناعات بشكل كبير، وكان أحد القطاعات التي شهدت تحسينات كبيرة هو إدارة النفايات. يقدم إنترنت الأشياء نهجًا ثوريًا لمواجهة التحديات المرتبطة بإدارة النفايات، مما يؤدي إلى زيادة الكفاءة والاستدامة والمسؤولية البيئية.

### 4.1. فهم إنترنت الأشياء في إدارة النفايات

يشير إنترنت الأشياء إلى شبكة من الأجهزة المترابطة التي يمكنها التواصل وتبادل البيانات بسلاسة. في سياق إدارة النفايات، يمكن أن تكون هذه الأجهزة عبارة عن أجهزة استشعار، أو علامات RFID، أو حتى أجهزة تعقب GPS مدمجة في صناديق النفايات، ومركبات التجميع، ومواقع التخلص منها. تقوم هذه الأجهزة الذكية بجمع البيانات في الوقت الفعلي ونقلها إلى نظام مركزي، مما يسمح باتخاذ قرارات ذكية وتحسين عمليات إدارة النفايات.

## 4,2. فوائد إنترنت الأشياء في إدارة النفايات

### 1. طرق التجميع المطورة:

يمكن لأجهزة استشعار إنترنت الأشياء الموجودة في صناديق النفايات مراقبة مستويات التعبئة في الوقت الفعلي. تتيح هذه البيانات لشركات إدارة النفايات تحسين طرق التجميع، مما يضمن عدم زيارة مركبات التجميع للصناديق إلا عند الضرورة. وهذا لا يقلل من استهلاك الوقود فحسب، بل يقلل أيضًا من الازدحام المروري والتأثيرات البيئية المرتبطة به.

### 2. الصيانة الوقائية:

يمكن استخدام أجهزة إنترنت الأشياء لمراقبة صحة وحالة مركبات ومعدات جمع النفايات. تتيح التحليلات التنبؤية المستندة إلى هذه البيانات إمكانية إجراء الصيانة الوقائية، مما يقلل من وقت التوقف عن العمل ويزيد من عمر المركبات والآلات.

### 3. تحسين فرز النفايات وإعادة تدويرها:

يمكن لأجهزة الاستشعار الذكية أن تساعد في فرز النفايات من خلال تحديد المواد القابلة لإعادة التدوير. وهذا يعزز جهود إعادة التدوير من خلال ضمان فصل المواد بشكل صحيح عند المصدر، مما يؤدي إلى عملية إدارة النفايات أكثر استدامة.

### 4. مراقبة مدافن النفايات في الوقت الفعلي:

بالنسبة لمواقع التخلص من النفايات، يمكن لأجهزة استشعار إنترنت الأشياء مراقبة عوامل مثل سعة مدافن النفايات وانبعاثات الغاز ومستويات المادة المرشحة. تمكن البيانات في الوقت الحقيقي السلطات من إدارة مواقع دفن النفايات بشكل أكثر فعالية، ومعالجة المخاطر البيئية المحتملة على الفور.

### 5. خفض التكلفة:

من خلال تحسين المسار بشكل أفضل، وخفض تكاليف الصيانة، والتخصيص الفعال للموارد، يساهم تنفيذ إنترنت الأشياء في إدارة النفايات في خفض التكلفة الإجمالية. وهذا مفيد بشكل خاص للسلطات البلدية وشركات إدارة النفايات التي تهدف إلى تحسين الكفاءة التشغيلية.

### 6. الأثر البيئي:

من خلال تشجيع إعادة التدوير وتقليل تحركات المركبات غير الضرورية، يلعب إنترنت الأشياء في إدارة النفايات دورًا حيويًا في تقليل التأثير البيئي المرتبط بالممارسات التقليدية للتخلص من النفايات. وهو يتماشى مع أهداف الاستدامة العالمية من خلال تعزيز اقتصاد أكثر دائرية.

## 5. الفوائد الرئيسية لإنترنت الأشياء في إعادة تدوير نفايات الطعام

في إطار السعي المستمر لتحقيق ممارسات مستدامة لإدارة النفايات، برزت إنترنت الأشياء (IoT) كأداة لتغيير قواعد اللعبة، لا سيما في إعادة تدوير نفايات الطعام. ومن خلال دمج تكنولوجيا إنترنت الأشياء في العملية، يمكن للشركات والبلديات تحقيق مستويات غير مسبوقه من الكفاءة، والمسؤولية البيئية، وفعالية التكلفة. فيما يلي بعض الفوائد الرئيسية لاستخدام إنترنت الأشياء في إعادة تدوير نفايات الطعام، مع التركيز على مراقبة النفايات وتتبعها.

### 5,1. المراقبة في الوقت الحقيقي وجمع البيانات

• تتيح أجهزة استشعار إنترنت الأشياء المدمجة في صناديق نفايات الطعام إمكانية مراقبة مستويات الامتلاء في الوقت الفعلي. تعتبر هذه البيانات لا تقدر بثمن بالنسبة لفرق إدارة النفايات، حيث توفر رؤى حول أنماط الاستخدام وتسمح بالتدخلات في الوقت المناسب.

### 5,2. التخصيص الأمثل للموارد

• مع البيانات الدقيقة حول توليد النفايات ومستويات التعبئة، يمكن للشركات والبلديات تحسين تخصيص الموارد. يتضمن ذلك جدولاً فعالة لطرق جمع النفايات، مما يضمن نشر مركبات التجميع فقط عندما تقترب الصناديق من سعتها القصوى، وبالتالي تقليل الرحلات غير الضرورية.

### 5,3. تخفيض تكاليف التحصيل

• تؤدي المراقبة الدقيقة والجمع في الوقت المناسب إلى انخفاض كبير في تكاليف الجمع. ومن خلال تجنب الرحلات غير الضرورية وتحسين المسارات، يتم تقليل استهلاك الوقود وتكاليف التشغيل المرتبطة به، مما يساهم في توفير الميزانية الإجمالية.

### 5,4. تحسين معدلات إعادة التدوير

• يمكن لأجهزة استشعار إنترنت الأشياء أن تساعد في فرز النفايات عن طريق تحديد المواد العضوية داخل مجرى النفايات الغذائية. وهذا يمكّن الشركات ومرافق إعادة التدوير من فصل العناصر القابلة لإعادة التدوير بشكل أكثر فعالية، مما يعزز معدلات إعادة التدوير الإجمالية ويقلل التأثير البيئي للتخلص من نفايات الطعام.

### 5,5. الصيانة الوقائية

• تسمح تكنولوجيا إنترنت الأشياء بمراقبة صحة المعدات، مثل الضاغطات ومركبات جمع النفايات. تعمل التحليلات التنبؤية المستندة إلى هذه البيانات على تمكين الصيانة الوقائية، وتقليل وقت التوقف عن العمل، وضمان أن تكون المعدات في حالة عمل مثالية.

### 5,6. التدقيق المطلوب

• أصبح رصد وتتبع هدر الأغذية أمراً بالغ الأهمية للامتثال التنظيمي. توفر تقنية إنترنت الأشياء نظاماً شفافاً ومسؤولاً لإدارة النفايات، مما يساعد الشركات والبلديات على تلبية المعايير التنظيمية والإبلاغ بدقة عن ممارسات التخلص من النفايات.

### 5,7. تخفيف الأثر البيئي

• من خلال تحسين معدلات إعادة التدوير وتقليل وسائل النقل غير الضرورية، تساهم إنترنت الأشياء في إعادة تدوير النفايات الغذائية في التخفيف من الأثر البيئي للتخلص من النفايات. ويتمشى ذلك مع أهداف الاستدامة الأوسع نطاقاً ويعزز الممارسات المسؤولة لإدارة النفايات.

### 5,8. تعزيز عملية اتخاذ القرار المستندة إلى البيانات

• ثروة البيانات الناتجة عن أجهزة استشعار إنترنت الأشياء تسهل اتخاذ القرارات القائمة على البيانات. يمكن لفرق إدارة النفايات تحليل الاتجاهات وتحديد مجالات التحسين وتنفيذ استراتيجيات مستهدفة لزيادة تعزيز كفاءة مبادرات إعادة تدوير النفايات الغذائية.

باختصار، إن دمج إنترنت الأشياء في إعادة تدوير نفايات الطعام يقدم حقبة جديدة من الدقة والاستدامة. ومن خلال تسخير قدرات المراقبة والتتبع في الوقت الحقيقي، يمكن للشركات والبلديات إحداث ثورة في ممارسات إدارة النفايات، وخفض التكاليف، وتحسين معدلات إعادة التدوير، والمساهمة في مستقبل أكثر استدامة وصديقة للبيئة.

## 6. مراقبة وتتبع النفايات

تلعب مراقبة النفايات وتتبعها دوراً محورياً، وقد أحدثت تكامل تكنولوجيا إنترنت الأشياء ثورة في كيفية إدارة هذه العمليات وتحسينها.

### 6,1. تقنية الصندوق الذكي

أحد الركائز الأساسية لمراقبة النفايات هو تطبيق تقنية Smart Bin. تم تجهيز هذه الصناديق الذكية بأجهزة استشعار تكتشف مستويات التعبئة وتوفر بيانات في الوقت الفعلي. تتيح هذه التقنية اتباع نهج استباقي لإدارة النفايات، مما يسمح بجمعها في الوقت المناسب ومنع التدفق الزائد، مما قد يؤدي إلى مشاكل بيئية ونظافة.

## 6,2. مراقبة في الوقت الحقيقي وأجهزة استشعار لمستوى التعبئة

توفر أجهزة استشعار مستوى التعبئة التي تدعم إنترنت الأشياء بيانات دقيقة وفي الوقت الفعلي عن حالة صناديق النفايات. هذه المعلومات ليست مهمة فقط لجدولة جمع النفايات ولكنها تساهم أيضًا في تحسين المسار. ومن خلال نشر أجهزة الاستشعار التي تنقل مستويات التعبئة، يمكن لفرق التجميع تبسيط مساراتها، مما يقلل من استهلاك الوقود ويقلل من التأثير البيئي لمركبات التجميع.

## 6,3. تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وتحسين المسار وتحليل البيانات وإدارتها

إن دمج نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ضمن أنظمة مراقبة النفايات يسمح بتخطيط المسار بكفاءة. وهذا مفيد بشكل خاص لعمليات إدارة النفايات واسعة النطاق، مما يضمن أن شاحنات التجميع تتبع مسارات مثالية لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة. يمكن تحليل البيانات التي تم جمعها من خلال تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بشكل أكبر باستخدام أدوات تحليل البيانات، مما يوفر نظرة ثاقبة للأنماط والاتجاهات، والتي يمكن أن تفيد استراتيجيات إدارة النفايات المستقبلية.

## 6,4. جمع البيانات وتجميعها

تولد مراقبة النفايات ثروة من البيانات. يسهل إنترنت الأشياء جمع هذه البيانات وتجميعها بسلاسة، مما يوفر نظرة شاملة لأنماط توليد النفايات. هذه المعلومات لا تقدر بثمن بالنسبة لصناع القرار، مما يسمح لهم باتخاذ خيارات مستنيرة فيما يتعلق بتخصيص الموارد، والتوظيف، وإدارة المعدات.

## 6,5. التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية

تعمل خوارزميات التعلم الآلي، عند تطبيقها على بيانات مراقبة النفايات، على تمكين التحليلات التنبؤية. ومن خلال تحليل البيانات التاريخية، يمكن لهذه الأنظمة التنبؤ بتوليد النفايات في المستقبل، مما يساعد البلديات والمنظمات على توقع أوقات الذروة وتخصيص الموارد وفقًا لذلك. ويعزز هذا النهج الاستباقي الكفاءة التشغيلية الشاملة.

## 6,6. تحليل تكوين النفايات

إن فهم تركيبة النفايات أمر بالغ الأهمية لإعادة التدوير الفعال. تعمل تقنية إنترنت الأشياء على تسهيل تحليل تكوين النفايات من خلال توفير بيانات حول أنواع وكميات المواد الموجودة في مجرى النفايات. تعمل هذه المعلومات على توجيه مرافق إعادة التدوير لتحسين عملياتها وتضمن تحويل أكبر قدر ممكن من المواد القابلة لإعادة التدوير من مدافن النفايات.

في الختام، فإن مراقبة النفايات وتتبعها، المدعومة بتكنولوجيا إنترنت الأشياء، لا تعالج التحدي المباشر المتمثل في جمع النفايات بكفاءة فحسب، بل تساهم أيضًا في تحقيق أهداف الاستدامة الأوسع. ومن خلال الاستفادة من البيانات في الوقت الفعلي، وتحسين المسار، والتحليلات التنبؤية، يمكن للمؤسسات الانتقال نحو ممارسات أكثر ذكاءً واستدامة لإدارة النفايات. وهذا لا يفيد البيئة فحسب، بل يتماشى أيضًا مع الامتثال التنظيمي ويعزز النهج المسؤول لاستخدام الموارد.

## 7. تقنية الصندوق الذكي

في عصر التقدم التكنولوجي، برزت تقنية Smart Bin كحل نوعي لتحديث عمليات إدارة النفايات. تعمل هذه الصناديق الذكية، المجهزة بأجهزة استشعار مبتكرة وقدرات اتصال، على تغيير المشهد التقليدي للتخلص من النفايات. دعونا نتعمق في الميزات والفوائد الرئيسية التي تجعل Smart Bin Technology مُغيرًا لقواعد اللعبة.

## 7,1. استشعار مستويات التعبئة في الوقت الحقيقي

تم تجهيز الصناديق الذكية بأجهزة استشعار تراقب مستويات التعبئة بشكل مستمر. توفر هذه البيانات في الوقت الفعلي لفرق إدارة النفايات رؤى غير مسبوقة حول أنماط توليد النفايات، مما يمكنهم من تحسين مسارات التجميع والجدول الزمني لزيادة الكفاءة.

## 7,2. تخطيط الطريق الأمثل وإدارة الموارد

ومن خلال الاستفادة من البيانات التي تم جمعها بواسطة الصناديق الذكية، يمكن لفرق إدارة النفايات تحسين تخطيط المسار لمركبات التجميع. ومن خلال نشر الموارد على أساس الطلب الفعلي بدلاً من الجداول الزمنية الثابتة، تقلل هذه التكنولوجيا من استهلاك الوقود، وتقلل من تكاليف التشغيل، وتساهم في نظام أكثر استدامة لإدارة النفايات.

## 7,3. عمليات فعالة من حيث التكلفة

تؤدي القدرة على مراقبة مستويات التعبئة بدقة وتخطيط المجموعات بكفاءة أكبر إلى توفير التكاليف. يساهم انخفاض استهلاك الوقود، وتقليل انبعاثات المركبات، والاستخدام الأمثل للعمالة في عملية إدارة النفايات بشكل أكثر فعالية من حيث التكلفة.

## 7,4. الاستدامة البيئية

تلعب تقنية الصناديق الذكية دورًا محوريًا في تعزيز الاستدامة البيئية. ومن خلال تقليل عمليات التجميع غير الضرورية وتعزيز جهود إعادة التدوير من خلال تحسين فصل النفايات، تساهم هذه الصناديق في تقليل آثار الكربون المرتبطة بالممارسات التقليدية لإدارة النفايات.

## 7,5. تكامل إنترنت الأشياء لتحليلات البيانات

يتيح تكامل إنترنت الأشياء (IoT) للصناديق الذكية أن تكون جزءًا من شبكة أكبر، مما يسهل تحليل البيانات. يتيح ذلك لفرق إدارة النفايات استخلاص رؤى قابلة للتنفيذ والتنبؤ بالاتجاهات واتخاذ قرارات مستنيرة لتعزيز كفاءة جمع النفايات والتخلص منها بشكل مستمر.

### أ. تصميم سهل الاستخدام وتفاعلي

غالبًا ما تأتي الصناديق الذكية بواجهات سهلة الاستخدام، مما يسمح لكل من موظفي إدارة النفايات وعامة الناس بالتفاعل مع التكنولوجيا بسلاسة. تساهم الميزات مثل مؤشرات مستوى التعبئة والشاشات الرقمية في توفير تجربة أكثر شفافية وجاذبية لإدارة النفايات.

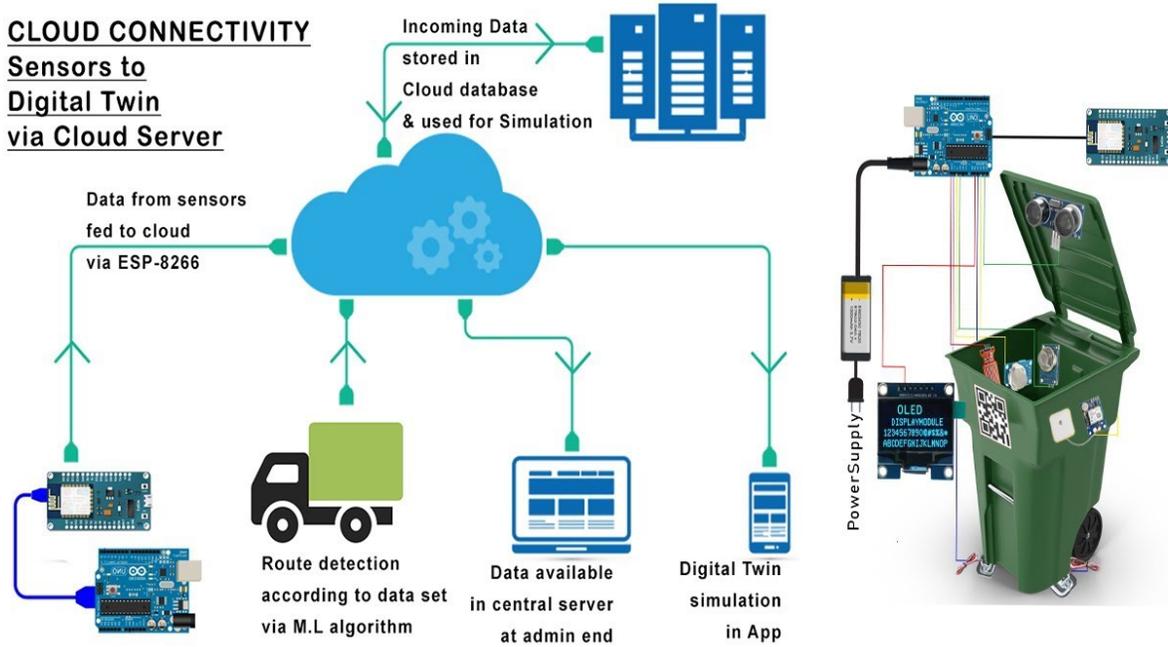
### ب. المراقبة والصيانة عن بعد

تتيح تقنية Smart bin إمكانية المراقبة عن بعد لحالة الصندوق وأدائه. وتسمح هذه الإمكانية بأخذ زمام المبادرة في الصيانة، مما يضمن أن الصناديق في حالة عمل مثالية. تعمل الصيانة التنبؤية على تقليل وقت التوقف عن العمل وتعزيز الموثوقية العامة للبنية التحتية لإدارة النفايات.

### ج. تكامل المدينة الذكية

تعتبر الصناديق الذكية مكونات أساسية للمفهوم الأوسع للمدن الذكية. ومن خلال كونها جزءًا من بنية تحتية حضرية مترابطة، تساهم هذه الصناديق في إنشاء بيئات حضرية أكثر استدامة وصالحة للعيش، بما يتماشى مع رؤية المدن الذكية التي تدعم التكنولوجيا.

## CLOUD CONNECTIVITY Sensors to Digital Twin via Cloud Server



الشكل 3: نظام القمامة الذكي (المصدر: Team LOGICTRONS لإصدار 2018 من TCS EngiNX).

د. حلول قابلة للتخصيص

تتميز تقنية Smart Bin بأنها قابلة للتكيف مع الاحتياجات المتنوعة لإدارة النفايات. سواء في المراكز الحضرية أو المتنزهات أو المناطق التجارية، يمكن تخصيص هذه الصناديق لتناسب متطلبات محددة، مما يجعلها حلاً متعدد الاستخدامات لبيئات مختلفة.

وفي الختام، تقف Smart Bin Technology في طليعة الحلول الحديثة لإدارة النفايات، حيث تقدم لمحة عن مستقبل أكثر كفاءة وفعالية من حيث التكلفة ومسؤولية بيئية. ومع تزايد اعتماد المدن والشركات على هذه الصناديق الذكية، من المتوقع أن يتسارع التحول في ممارسات إدارة النفايات، مما يؤدي إلى تغييرات إيجابية على نطاق عالمي.

## 8. أجهزة استشعار للرصد ومستوى التعب في الوقت الحقيقي

في المشهد الديناميكي لإدارة النفايات، يمثل التكامل بين أجهزة استشعار المراقبة ومستوى التعب في الوقت الفعلي قفزة تحويلية إلى الأمام. ولا تعمل هذه التكنولوجيا على تعزيز الكفاءة التشغيلية فحسب، بل تساهم أيضاً بشكل كبير في تحقيق أهداف الاستدامة. دعونا نتعمق في الجوانب والفوائد الرئيسية للمراقبة في الوقت الحقيقي وأجهزة استشعار مستوى التعب في إدارة النفايات.

### 8,1. رؤية غير مسبوقه مع المراقبة في الوقت الحقيقي

تسمح المراقبة في الوقت الفعلي لفرق إدارة النفايات بتتبع مستويات امتلاء الصناديق أو الحاويات أو صناديق القمامة في الوقت الفعلي. توفر هذه البيانات اللحظية رؤية غير مسبوقه لأنماط توليد النفايات، مما يتيح اتخاذ قرارات مستنيرة وفي الوقت المناسب.

### 8,2. طرق وجداول التجميع المحسنة

تمكن البيانات التي تم جمعها من أجهزة استشعار مستوى التعب المتخصصين في إدارة النفايات من تحسين طرق التجميع والجداول الزمنية. من خلال فهم الوقت الذي تقترب فيه الصناديق من سعتها القصوى، يمكن لفرق التجميع تخطيط الطرق بشكل أكثر كفاءة، وتقليل الرحلات غير الضرورية وتقليل استهلاك الوقود.

### 8,3. توفير التكاليف من خلال التخصيص الفعال للموارد

يعد التخصيص الفعال للموارد نتيجة مباشرة للمراقبة في الوقت الحقيقي. من خلال نشر فرق التجميع بناءً على الطلب الفعلي، يمكن للمؤسسات تحقيق وفورات كبيرة في التكاليف من خلال تقليل استهلاك الوقود، وتقليل انبعاثات المركبات، والاستخدام الأمثل للعمالة.

### 8,4. تعزيز الاستدامة البيئية

تساهم المراقبة في الوقت الحقيقي في الاستدامة البيئية من خلال تقليل التأثير البيئي لعمليات إدارة النفايات. يتماشى انخفاض استهلاك الوقود وتقليل انبعاثات المركبات مع الأهداف الأوسع للمسؤولية البيئية ونهج أكثر مراعاة للبيئة للتخلص من النفايات.

### 8,5. الصيانة الاستباقية وموثوقية النظام

القدرة على مراقبة مستويات التعب في الوقت الحقيقي تسمح بإجراء صيانة استباقية. يمكن لفرق إدارة النفايات معالجة المشكلات على الفور، مما يضمن أن المعدات مثل الضاغطات ومركبات التجميع في حالة عمل مثالية. ويعزز هذا النهج الاستباقي الموثوقية الشاملة للبنية التحتية لإدارة النفايات.

### 8,6. التكامل مع إنترنت الأشياء للتحليلات المتقدمة

غالبًا ما تتكامل المراقبة في الوقت الفعلي مع إنترنت الأشياء (IoT)، مما يؤدي إلى إنشاء نظام بيئي متصل. يتيح هذا التكامل إجراء تحليلات متقدمة، مما يسمح لفرق إدارة النفايات باستخلاص رؤى قابلة للتنفيذ، والتنبؤ بالاتجاهات، وتحسين الاستراتيجيات التشغيلية بشكل مستمر.

يمثل الجمع بين المراقبة في الوقت الفعلي وأجهزة استشعار مستوى التعب نقله نوعية في ممارسات إدارة النفايات. ومن خلال الاستفادة من هذه التكنولوجيا، يمكن للمؤسسات تجاوز الأساليب التقليدية القائمة على الجدول الزمني إلى نظام أكثر ديناميكية واستجابة يتماشى مع متطلبات عالم حديث ومستدام.

وفي الختام، فإن اعتماد أجهزة استشعار للرصد في الوقت الحقيقي ومستوى التعب يبشر بعصر جديد من الدقة والكفاءة في إدارة النفايات. وبما أن هذه التقنيات أصبحت بشكل متزايد جزءًا لا يتجزأ من استراتيجيات إدارة النفايات، فإن الصناعة مهيأة لتحولات إيجابية تعود بالنفع على الفعالية التشغيلية والاستدامة البيئية.

## 9. تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وتحسين الطريق

### 9,1. تبسيط عمليات جمع النفايات

في مجال إدارة النفايات، يعد تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وتحسين المسار من التقنيات التحويلية. يتيح دمج أنظمة تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) مراقبة وتتبع مركبات جمع النفايات في الوقت الفعلي. وهذا لا يعزز الرؤية في الميدان فحسب، بل يمكن أيضًا فرق إدارة النفايات من تبسيط العمليات لتحقيق الكفاءة المثلى.

### 9,2. المراقبة في الوقت الحقيقي لاتخاذ القرارات الديناميكية

توفر إمكانات المراقبة في الوقت الفعلي التي يوفرها تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) عنصرًا ديناميكيًا لعمليات جمع النفايات. يمكن لمديري النفايات تتبع موقع وتقدم كل مركبة جمع، مما يسمح بإجراء تعديلات سريعة على المسارات بناءً على عوامل مثل ظروف حركة المرور، أو التأخير غير المتوقع، أو احتياجات التجميع العاجلة.

### 9,3. تحسين المسار لتوفير التكلفة والوقت

يعد تحسين المسار فائدة رئيسية مستمدة من تقنية تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). من خلال تحليل البيانات في الوقت الحقيقي والأنماط التاريخية، يمكن للخوارزميات حساب الطرق الأكثر كفاءة لمركبات جمع النفايات. وهذا لا يقلل من استهلاك الوقود فحسب، بل يقلل أيضًا من وقت السفر، مما يؤدي إلى توفير كبير في التكاليف وانخفاض التأثير البيئي.

### 9,4. تحليلات البيانات وإدارتها لاتخاذ قرارات دقيقة

تعد البيانات الناتجة عن أنظمة تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) مصدرًا قيمًا لتحليل البيانات. يمكن للمديرين الاستفادة من هذه البيانات للحصول على رؤى حول أنماط التجميع، وأوقات الذروة، والمناطق التي تولد فيها كميات كبيرة من النفايات. تتيح مثل هذه التحليلات إمكانية اتخاذ قرارات مستنيرة، مما يسمح بإجراء تعديلات استراتيجية على المسارات والجداول الزمنية بناءً على الأدلة المستندة إلى البيانات.

### 9,5. تعزيز خدمة العملاء

تساهم أنظمة تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) أيضًا في تحسين خدمة العملاء في إدارة النفايات. ومن خلال التتبع في الوقت الفعلي، يمكن للعملاء الحصول على معلومات دقيقة حول موعد جمع نفاياتهم. ولا تعمل هذه الشفافية على تعزيز رضا العملاء فحسب، بل تساهم أيضًا في تقديم خدمة إدارة نفايات أكثر مسؤولية واستجابة.

### 9,10. الامتثال للمتطلبات التنظيمية

بالنسبة لعمليات إدارة النفايات، يعد الامتثال للمتطلبات التنظيمية أمرًا بالغ الأهمية. توفر أنظمة التتبع عبر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وسيلة موثوقة لتوثيق أنشطة الجمع والإبلاغ عنها. وهذا يضمن أن ممارسات إدارة النفايات تتماشى مع اللوائح المحلية والمعايير البيئية، مما يساهم في الاستدامة الشاملة.

### 9,11. الصيانة الاستباقية وإدارة الأصول

بالإضافة إلى تحسين المسار، يسهل تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الصيانة الاستباقية لمركبات التجميع. من خلال مراقبة أداء واستخدام المركبات، يمكن لفرق الصيانة جدولة الصيانة الوقائية، مما يقلل من احتمالية الأعطال ويضمن طول عمر الأسطول.

في الختام، فإن تقنيات تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وتحسين المسار في إدارة النفايات لا تحقق الكفاءة التشغيلية وتوفير التكاليف فحسب، بل تساهم أيضًا في الاستدامة البيئية والامتثال التنظيمي. من خلال الاستفادة من البيانات والتحليلات في الوقت الحقيقي، يمكن لمؤسسات إدارة النفايات إدارة عملياتها بدقة، وتعزيز نهج أكثر مسؤولية واستجابة لجمع النفايات وإعادة تدويرها.

## 10. تحليل البيانات وإدارتها

### 10,1. تسخير قوة البيانات

في مشهد إدارة النفايات، تمثل الكمية الهائلة من البيانات الناتجة تحديًا وفرصة في نفس الوقت. تلعب تحليلات البيانات وإدارتها دورًا حاسمًا في تحويل هذه الوفرة من المعلومات إلى رؤى قابلة للتنفيذ. ومن خلال تسخير قوة البيانات بشكل فعال، يمكن لعمليات إدارة النفايات اتخاذ قرارات تعزز الكفاءة والاستدامة.

### 10,2. اتخاذ القرار والحلول

يمكن تحليل البيانات المتخصصين في إدارة النفايات من استخلاص رؤى قيمة من مصادر البيانات المختلفة. يتضمن ذلك معلومات حول أنماط توليد النفايات وطرق التجميع ومستويات ملء الصناديق والمزيد. وبفضل هذه الثروة من المعلومات، يمكن لصناع القرار وضع استراتيجيات تعمل على تحسين العمليات، وخفض التكاليف، وتحسين جودة الخدمة بشكل عام.

### 10,3. التحليلات التنبؤية لتحسين الموارد

إحدى المزايا الرئيسية لتحليلات البيانات هي قدرتها على تمكين التحليلات التنبؤية. ومن خلال تحليل البيانات التاريخية، يمكن لمنظمات إدارة النفايات التنبؤ باتجاهات توليد النفايات المستقبلية. يسمح هذا الاستبصار بتخصيص الموارد على النحو الأمثل، مما يضمن نشر مركبات التجميع والموظفين والموارد الأخرى بكفاءة تحسبًا لفترات ذروة الطلب.

### 10,4. تحليل تكوين النفايات

إن فهم تركيبة النفايات أمر بالغ الأهمية لإعادة التدوير الفعال. يعمل تحليل البيانات على تسهيل تحليل تكوين النفايات من خلال تصنيف وقياس أنواع المواد الموجودة في مجرى النفايات. توجه هذه المعرفة مرافق إعادة التدوير في تحسين عملياتها، مما يضمن تحويل أكبر قدر ممكن من المواد القابلة لإعادة التدوير من مدافن النفايات.

### 10,5. التحسين المستمر من خلال مقاييس الأداء

يوفر تحليل البيانات إطارًا لإنشاء مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) ومقاييس لقياس فعالية مبادرات إدارة النفايات. إن المراقبة والتحليل المستمر لهذه المقاييس يمكّن المؤسسات من تحديد مجالات التحسين وتحسين الاستراتيجيات وتعزيز الأداء التشغيلي العام بمرور الوقت.

### 10,6. مراقبة التكاليف والكفاءة التشغيلية

ومن خلال فحص البيانات المتعلقة بالتكاليف التشغيلية، واستهلاك الوقود، وكفاءة المسار، يمكن لمنظمات إدارة النفايات تحديد الفرص المتاحة للتحكم في التكاليف. تساعد الرؤى المستندة إلى البيانات في تحسين المسارات، وتقليل نفقات الوقود، وتعزيز الكفاءة التشغيلية، مما يساهم في نهاية المطاف في نظام إدارة نفايات أكثر استدامة وفعالية من حيث التكلفة.

### 10,7. الامتثال التنظيمي وإعداد التقارير

يلعب تحليل البيانات دورًا حيويًا في ضمان الامتثال التنظيمي. ومن خلال جمع البيانات وتحليلها بشكل منهجي، يمكن للمؤسسات إثبات التزامها باللوائح والمعايير البيئية. تعمل أدوات إعداد التقارير الآلية على زيادة تبسيط عملية إنشاء تقارير الامتثال، وتعزيز الشفافية والمساءلة.

### 10,8. حلول تتمحور حول العملاء

يعد فهم سلوك العملاء وتفضيلاتهم أمرًا محوريًا لتقديم خدمات مرضية. تمكن تحليلات البيانات مؤسسات إدارة النفايات من تحليل تعليقات العملاء والشكاوى والتفضيلات. يسمح هذا النهج الذي يركز على العملاء بتخصيص الخدمات، وتحسين الرضا العام والمشاركة المجتمعية.

الاستخدام الفعال لتحليلات البيانات وإدارتها في إدارة النفايات لا يعزز الكفاءة التشغيلية فحسب، بل يساهم أيضًا في الاستدامة ومراقبة التكاليف والامتثال التنظيمي. تعمل الأفكار المستمدة من البيانات على تمكين المتخصصين في إدارة النفايات من التغلب على التحديات وابتكار العمليات والعمل من أجل نظام بيئي أكثر مرونة ووعيًا بيئيًا لإدارة النفايات.

## 11. جمع البيانات وتحليلها

### 11,1. أساس اتخاذ القرارات الفعالة

يعتبر جمع البيانات وتحليلها بمثابة العناصر الأساسية لاتخاذ قرارات مستنيرة في إدارة النفايات. يعد جمع البيانات الدقيقة الشاملة هو الخطوة الأولى في فهم ديناميكيات توليد النفايات وجمعها وإعادة تدويرها داخل منطقة معينة.

## 11,2. المراقبة في الوقت الحقيقي للرؤى الديناميكية

يوفر تكامل آليات جمع البيانات في الوقت الفعلي رؤى ديناميكية لعمليات إدارة النفايات. سواء أكان الأمر يتعلق بمراقبة مستويات ملء الصناديق، أو تتبع موقع مركبات التجميع من خلال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، أو التقاط المقاييس الأخرى ذات الصلة، فإن البيانات في الوقت الفعلي تسمح بالاستجابة الفورية للظروف المتغيرة، مما يضمن التخصيص الأمثل للموارد.

## 11,3. تكامل مصادر البيانات المختلفة

تتضمن إدارة النفايات مجموعة متنوعة من الأنشطة، بدءًا من الجمع والنقل وحتى إعادة التدوير والتخلص منها. يتضمن جمع البيانات ودمج المعلومات من مصادر مختلفة، مثل الصناديق الذكية وأنظمة تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وأجهزة الاستشعار وأجهزة إنترنت الأشياء الأخرى. يضمن هذا النهج الشامل رؤية شاملة للنظام البيئي لإدارة النفايات بأكمله.

## 11,4. البيانات التاريخية لتحليل الاتجاهات

إن فحص الأنماط بمرور الوقت يمكّن المتخصصين في إدارة النفايات من تحديد التغيرات الموسمية في توليد النفايات، والتنبؤ بأوقات الذروة، والتخطيط لتخصيص الموارد وفقًا لذلك. يعد هذا السياق التاريخي أمرًا حيويًا لتطوير استراتيجيات استباقية ومستدامة لإدارة النفايات.

## 11,5. الكفاءة التشغيلية من خلال العمليات المبسطة

يؤدي جمع البيانات وتجميعها بكفاءة إلى تبسيط العمليات التشغيلية. وتعمل أتمتة جمع البيانات على تقليل الأخطاء اليدوية وتعزيز دقة وموثوقية المعلومات التي يتم جمعها. وتمتد هذه الكفاءة لتشمل تحسين المسار وتخصيص الموارد والتخطيط اللوجستي الشامل، مما يساهم في إنشاء نظام أكثر مرونة واستجابة لإدارة النفايات.

## 11,6. نظم دعم القرار

تشكل البيانات الأساس لأنظمة دعم القرار. وتستفيد هذه الأنظمة من التحليلات المتقدمة لتوفير رؤى قابلة للتنفيذ لصناع القرار. على سبيل المثال، يمكن للمديرين استخدام البيانات لتحديد المناطق ذات توليد النفايات المرتفع، وتخصيص الموارد بشكل استراتيجي، وتحسين طرق التجميع لعمليات فعالة من حيث التكلفة وصديقة للبيئة.

## 11,7. الشفافية والمساءلة

يساهم جمع البيانات وتحليلها في تحقيق الشفافية والمساءلة في ممارسات إدارة النفايات. ومن خلال الاحتفاظ بسجلات دقيقة ومشاركة البيانات ذات الصلة مع أصحاب المصلحة، تُظهر المنظمات التزامًا بإدارة النفايات بطريقة مسؤولة وخاضعة للمساءلة. وتعد هذه الشفافية أمرًا بالغ الأهمية لبناء الثقة مع المجتمع والهيئات التنظيمية.

## 11,8. تقييم الأثر البيئي

كما أن جمع البيانات وتحليلها يمكّن المنظمات من تقييم الأثر البيئي لأنشطة إدارة النفايات. يتضمن ذلك تقييم عوامل مثل انبعاثات الكربون من مركبات التجميع، واستهلاك الطاقة في عمليات إعادة التدوير، والبصمة البيئية الشاملة. يعد هذا التقييم ضروريًا لمواءمة ممارسات إدارة النفايات مع أهداف الاستدامة.

بشكل عام يشكل جمع البيانات وتحليلها العمود الفقري لاستراتيجية فعالة ومستدامة لإدارة النفايات. إن تكامل البيانات التاريخية والوقائية، إلى جانب التحليلات المتقدمة، يمكّن المتخصصين في إدارة النفايات من اتخاذ قرارات مستنيرة، وتحسين العمليات، والعمل من أجل نظام بيئي لإدارة النفايات أكثر كفاءة وشفافية ومسؤولية بيئيًا.

## 12. التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية

### 12,1. التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية

يُحدث التعلم الآلي (ML) والتحليلات التنبؤية ثورة في إدارة النفايات من خلال تمكين المؤسسات من التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية. من خلال تحليل البيانات التاريخية حول توليد النفايات وأنماط التجميع والعوامل البيئية، يمكن لخوارزميات التعلم الآلي إجراء تنبؤات دقيقة. يعطي ذلك القدرة لكيانات إدارة النفايات التخطيط بشكل استباقي لفترات الذروة، وتحسين تخصيص الموارد، وتعزيز الكفاءة التشغيلية الشاملة.

### 12,2. تحسين طرق التجميع

يمكن لخوارزميات التعلم الآلي تحليل مجموعات كبيرة من البيانات لتحديد طرق التجميع المثلى. تأخذ هذه الخوارزميات في الاعتبار عوامل مختلفة، مثل ظروف حركة المرور في الوقت الفعلي، وأنماط التجميع التاريخية، والقيود البيئية. ومن خلال التعلم المستمر من البيانات الجديدة، تقوم هذه الأنظمة بتكييف توصياتها وتحسينها، مما يؤدي إلى طرق أكثر كفاءة وفعالية من حيث التكلفة لجمع النفايات.

### 12,3. تخصيص الموارد الديناميكية

تعمل التحليلات التنبؤية المدعومة بالتعلم الآلي على تسهيل تخصيص الديناميكي للموارد. وهذا يعني أن منظمات إدارة النفايات يمكنها تعديل موظفيها ومعداتها ونشر مركباتها بناءً على الطلب المتوقع. وتضمن هذه القدرة على التكيف استخدام الموارد بفعالية، مما يقلل التكاليف والأثر البيئي مع الحفاظ على مستويات الخدمة العالية.

### 12,4. تقليل التكاليف التشغيلية

يمكن لنماذج التعلم الآلي تحديد فرص خفض التكاليف من خلال تحسين العمليات التشغيلية. ويتضمن ذلك تخطيط الطريق بكفاءة في استهلاك الوقود، وتقليل وقت التوقف عن العمل من خلال الصيانة التنبؤية، وتبسيط الخدمات اللوجستية. ومن خلال التحليل المنهجي للبيانات، يساهم التعلم الآلي في تحديد تدابير توفير التكاليف، مما يجعل عمليات إدارة النفايات أكثر استدامة من الناحية المالية.

### 12,5. تعزيز جهود إعادة التدوير

ويمكن أيضًا تطبيق التحليلات التنبؤية لتعزيز جهود إعادة التدوير. يمكن لنماذج التعلم الآلي تحليل بيانات تكوين النفايات والتنبؤ بأنواع وكميات المواد القابلة لإعادة التدوير في منطقة معينة. تعتبر هذه المعلومات لا تقدر بثمن بالنسبة لمرافق إعادة التدوير، حيث تساعدهم على تحسين عملياتهم وتحسين كفاءة استعادة المواد من مجرى النفايات.

### 12,6. استراتيجيات الصيانة الاستباقية

يمكن لخوارزميات التعلم الآلي التنبؤ بأعطال المعدات واحتياجات الصيانة بناءً على أنماط الاستخدام والبيانات التاريخية. وهذا يتيح لنا تطوير استراتيجيات الصيانة الاستباقية، مما يقلل من احتمالية الأعطال وتقليل وقت التوقف عن العمل. من خلال منع أعطال المعدات يمكن لمنظمات إدارة النفايات الحفاظ على أسطول أكثر موثوقية وكفاءة من المركبات والآلات.

### 12,7. التعلم المستمر من أجل التحسين

إحدى نقاط قوة التعلم الآلي هي قدرته على التعلم والتكيف بشكل مستمر. ومع توفر بيانات جديدة، تعمل نماذج التعلم الآلي على تحسين توقعاتها وتوصياتها. تضمن عملية التعلم التكرارية هذه تطوير استراتيجيات إدارة النفايات بمرور الوقت، وتصبح فعالة بشكل متزايد وتستجيب للظروف المتغيرة.

### 12,8. تحقيق أهداف الاستدامة

يساهم التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية بشكل كبير في تحقيق أهداف الاستدامة في إدارة النفايات. ومن خلال تحسين الطرق، وخفض الانبعاثات، وتعزيز معدلات إعادة التدوير، وتقليل استهلاك الموارد، تعمل هذه التقنيات على موازنة ممارسات إدارة النفايات مع الأهداف البيئية الأوسع، وتعزيز نهج أكثر استدامة وصدق للبيئة.

دمج التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية في عمليات إدارة النفايات لا يؤدي إلى تحسين الكفاءة التشغيلية فحسب، بل يضع المؤسسات أيضًا في وضع استباقي في مواجهة التحديات المستقبلية. تعمل هذه التقنيات على تمكين المتخصصين في إدارة النفايات من اتخاذ قرارات تعتمد على البيانات، وخفض التكاليف، وتعزيز جهود إعادة التدوير، والمساهمة في نظام بيئي أكثر استدامة ومرونة لإدارة النفايات.

## 13. تحليل تكوين النفايات

### 13,1. فهم محتوى النفايات

يعد تحليل تكوين النفايات جانبًا مهمًا لإدارة النفايات والذي يتضمن دراسة وتصنيف أنواع وكميات المواد الموجودة في النفايات. توفر هذه العملية رؤى أساسية حول تكوين النفايات البلدية أو التجارية أو الصناعية، مما يتيح اتخاذ قرارات مستنيرة وجهود إعادة التدوير المستهدفة.

### 13,2. تحسين عمليات إعادة التدوير

ومن خلال فهم تركيبة النفايات، يمكن لمؤسسات إدارة النفايات تحسين عمليات إعادة التدوير الخاصة بها. يساعد تحليل تكوين النفايات على تحديد النسبة المئوية للمواد القابلة لإعادة التدوير، مثل البلاستيك والمعادن والزجاج والورق، الموجودة في مجرى النفايات. توجه هذه المعرفة مرافق إعادة التدوير في تصميم عملياتها لاستعادة هذه المواد ومعالجتها بكفاءة.

### 13,3. برامج إعادة التدوير للخياطة

يعد تحليل تكوين النفايات مفيدًا في تصميم برامج إعادة التدوير وفقًا للاحتياجات المحددة للمجتمع أو الصناعة. على سبيل المثال، إذا كان جزء كبير من النفايات يتكون من مواد عضوية، فقد يكون من المفيد تنفيذ برامج التسميد. على العكس من ذلك، إذا كان البلاستيك سائدًا، فيمكن إعطاء الأولوية للمبادرات الرامية إلى تعزيز إعادة تدوير البلاستيك.

### 13,4. تحسين فصل النفايات

تساعد البيانات الدقيقة لتكوين النفايات في تصميم برامج فعالة لفصل النفايات. من خلال فهم المواد التي يتم اختلاطها بشكل شائع في النفايات، يمكن لكليات إدارة النفايات تطوير حملات تعليمية مستهدفة لتشجيع الفصل المناسب للنفايات عند المصدر. وهذا بدوره يقلل من التلوث ويحسن جودة المواد القابلة لإعادة التدوير.

### 13,5. تعزيز استعادة الموارد

يعد تحليل تكوين النفايات أداة رئيسية لتعزيز استعادة الموارد من مجرى النفايات. إن تحديد المواد القيمة التي يمكن إعادة تدويرها أو إعادة استخدامها يضمن تحويل هذه الموارد من مدافن النفايات. ولا يتوافق هذا مع أهداف الاستدامة فحسب، بل يساهم أيضًا في الاقتصاد الدائري من خلال تقليل استخراج المواد الخام الجديدة.

### 13,6. الامتثال لمعايير إعادة التدوير

تتطلب بعض المعايير التنظيمية وأهداف إعادة التدوير من البلديات والشركات تحقيق معدلات إعادة تدوير محددة للمواد المختلفة. يمكن تحليل تكوين النفايات المؤسسات من قياس التقدم الذي تحرزه والإبلاغ عنه بدقة. ويضمن هذا النهج المبني على البيانات الامتثال لمعايير إعادة التدوير ويدعم الجهود المبذولة لتحقيق الأهداف البيئية.

### 13,7. تحديد المواد الخطرة

يعد تحليل تكوين النفايات أمرًا بالغ الأهمية لتحديد المواد الخطرة والتعامل معها بشكل صحيح. إن فهم وجود المواد التي تتطلب إجراءات خاصة للتخلص منها يضمن سلامة العاملين في إدارة النفايات ويحمي البيئة من الأضرار المحتملة. هذه المعلومات حيوية للامتثال للوائح البيئية.

## 13,8. صنع القرار القائم على البيانات

وفي نهاية المطاف، يساهم تحليل تكوين النفايات في اتخاذ القرارات المبنية على البيانات في إدارة النفايات. ومن خلال الفهم الواضح للمواد الموجودة في مجرى النفايات، يمكن للمؤسسات تخصيص الموارد بكفاءة، وتنفيذ مبادرات إعادة التدوير المستهدفة، والتحسين المستمر لاستراتيجيات إدارة النفايات الخاصة بها بناءً على البيانات التجريبية.

يعد تحليل تكوين النفايات عنصراً أساسياً في الإدارة الفعالة للنفايات وإعادة تدويرها. فهو يمكّن المؤسسات من تحسين عمليات إعادة التدوير، وتصميم البرامج وفقاً للاحتياجات المحددة، وتعزيز فصل النفايات، والامتثال لمعايير إعادة التدوير. مع تركيز العالم بشكل متزايد على الاستدامة، تلعب الأفكار المكتسبة من تحليل تكوين النفايات دوراً محورياً في بناء أنظمة إدارة النفايات أكثر كفاءة ومسؤولة بيئياً.

## 14. الفرز والفصل الذكي في إعادة تدوير مخلفات الطعام:

في إطار السعي إلى إعادة تدوير النفايات الغذائية بشكل فعال ومستدام، يمثل ظهور تقنيات الفرز والفصل الذكية خطوة رائدة إلى الأمام. تستفيد هذه الأنظمة المبتكرة من التقنيات المتقدمة، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي، لإحداث ثورة في طريقة فصل وإدارة نفايات الطعام. فيما يلي نظرة على الجوانب والفوائد الرئيسية للفرز والفصل الذكي:

### 14,1. الدقة في فرز النفايات

تستخدم أنظمة الفرز الذكية خوارزميات الذكاء الاصطناعي ونماذج التعلم الآلي لتحديد وتصنيف الأنواع المختلفة من نفايات الطعام بدقة. يضمن هذا المستوى من الدقة فصل المواد العضوية عن المكونات غير العضوية، مما يسمح بعمليات إعادة التدوير الفعالة.

### 14,2. تعظيم معدلات إعادة التدوير

من خلال فرز مخلفات الطعام بدقة، تساهم أنظمة الفرز الذكي في زيادة معدلات إعادة التدوير إلى الحد الأقصى. يمكن استخلاص المواد العضوية القيمة بكفاءة لتحويلها إلى سماد أو توليد الطاقة، وتحويل جزء كبير من مجرى النفايات من مدافن النفايات.

### 14,3. الحد من التلوث

يعد التلوث تحدياً شائعاً في عمليات إعادة التدوير. تساعد تقنيات الفرز الذكي على تقليل التلوث من خلال ضمان فرز المواد بشكل صحيح من المصدر. وينتج عن ذلك مواد قابلة لإعادة التدوير ومواد قابلة للتحلل ذات جودة أعلى، مما يعزز الكفاءة العامة لسلسلة إعادة التدوير.

### 14,4. التكامل مع البنية التحتية لجمع النفايات

تتكامل حلول الفرز الذكية بسلاسة مع البنية التحتية لجمع النفايات، بما في ذلك الصناديق المجهزة بأجهزة استشعار. تقوم أجهزة الاستشعار هذه بمراقبة مستويات التعبئة وتكوين النفايات في الوقت الفعلي، مما يوفر بيانات قيمة لتحسين مسارات وجدول التجميع.

### 14,5. اتخاذ القرار في الوقت الحقيقي

تعمل إمكانات أنظمة الفرز الذكية في الوقت الفعلي على تمكين فرق إدارة النفايات من اتخاذ قرارات مستنيرة بسرعة. عندما يتم إيداع النفايات في صناديق ذكية، يقوم النظام على الفور بتحديد المواد وفرزها، مما يتيح إجراء تعديلات ديناميكية على عمليات إعادة التدوير.

### 14,6. القدرة على التكيف مع النفايات المتنوعة

• تم تصميم تقنيات الفرز الذكي للتعامل مع النفايات المتنوعة، واستيعاب التباين في تكوين النفايات الغذائية. سواء في البيئات السكنية أو التجارية أو الصناعية، يمكن لهذه الأنظمة التكيف مع سياقات وأنواع مختلفة من المواد العضوية.

### 14,7. كفاءة التكلفة في مرافق إعادة التدوير

من خلال تبسيط عملية الفرز، تساهم تقنيات الفرز الذكي في خفض تكلفة مرافق إعادة التدوير. يقلل الفرز الآلي من الحاجة إلى العمل اليدوي، ويسرع أوقات المعالجة، ويعزز الجدوى الاقتصادية الشاملة لعمليات إعادة تدوير النفايات الغذائية.

## 14,8. تعزيز الاستدامة البيئية

يتوافق الفصل الدقيق لمخلفات الطعام عند المصدر وفي مرافق إعادة التدوير مع أهداف الاستدامة البيئية الأوسع. فهو يضمن استعادة الموارد القيمة، ويقلل من الأثر البيئي للتخلص من النفايات، ويدعم التحول نحو الاقتصاد الدائري.

## 14,9. الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة

بما أن النفايات العضوية تساهم بشكل كبير في انبعاثات غاز الميثان في مدافن النفايات، فإن الفرز والتحويل الفعال من خلال تقنيات الفرز الذكي يساهم بشكل مباشر في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. وهذا يتماشى مع الجهود العالمية للتخفيف من تغير المناخ.

## 15. أجهزة الاستشعار البصرية والتعرف على الصور:

الدقة في فرز النفايات من أجل الاستدامة

يمثل دمج أجهزة الاستشعار البصرية وتقنيات التعرف على الصور قفزة كبيرة في السعي لتحقيق ممارسات مستدامة. توفر هذه الأدوات المتطورة الدقة والكفاءة في عملية الفرز، مما يتيح تحديد المواد وفصلها بمستوى من الدقة لا يمكن أن تصل إليه الطرق التقليدية. دعونا نتعمق في الجوانب الرئيسية لأجهزة الاستشعار البصرية والتعرف على الصور في إدارة النفايات:

### 15,1. دقة الفرز المطورة

تعمل أجهزة الاستشعار البصرية وأنظمة التعرف على الصور على تحسين دقة فرز النفايات من خلال توفير التعرف على المواد في الوقت الحقيقي. تعتمد طرق الفرز التقليدية في كثير من الأحيان على الفرز اليدوي أو العمليات الميكانيكية البدائية، والتي يمكن أن تكون عرضة للأخطاء. تتيح أجهزة الاستشعار البصرية، المجهزة بخوارزميات متقدمة، التحديد الدقيق للمواد وفرزها، بما في ذلك البلاستيك، والزجاج والورق والمعادن.

### 15,2. التعرف الآلي على المواد

تعد أتمتة التعرف على المواد من المزايا الأساسية لأجهزة الاستشعار البصرية والتعرف على الصور. يمكن لهذه التقنيات تحليل الكائنات وتصنيفها بسرعة بناءً على خصائصها المرئية، مثل اللون والشكل والملمس. تعمل هذه الأتمتة على تسريع عملية الفرز بشكل كبير، مما يسمح بإنتاجية أعلى في مرافق إعادة التدوير.

### 15,3. تحسين كفاءة الفرز

تم تحسين كفاءة عمليات فرز النفايات بشكل كبير باستخدام أجهزة الاستشعار البصرية. يمكن أن تستغرق طرق الفرز التقليدية وقتًا طويلاً وتتطلب عمالة مكثفة. ومن ناحية أخرى، تعمل أجهزة الاستشعار البصرية بسرعات عالية ويمكنها التعامل مع كميات كبيرة من النفايات، مما يساهم في تبسيط العمليات وزيادة الكفاءة الإجمالية.

### 15,4. التكامل مع أنظمة النقل

تتكامل أجهزة الاستشعار البصرية وأنظمة التعرف على الصور بسلاسة مع أنظمة النقل الشائعة الاستخدام في مرافق إعادة التدوير. ومع انتقال النفايات عبر الناقلات، تقوم هذه التقنيات بمسح المواد وتحديدتها، مما يؤدي إلى تفعيل آليات الفرز الآلية. ويضمن هذا التكامل عملية فرز مستمرة وفعالة.

### 15,5. الحد من التلوث

يمثل التلوث، حيث ينتهي الأمر بالمواد غير القابلة لإعادة التدوير في مسارات إعادة التدوير، تحديًا كبيرًا في إدارة النفايات. تلعب أجهزة الاستشعار البصرية دورًا حاسمًا في تقليل التلوث من خلال تحديد المواد بدقة وتحويلها إلى مجاريها المناسبة. يؤدي ذلك إلى تحسين جودة المواد القابلة لإعادة التدوير وتعزيز الفعالية الشاملة لبرامج إعادة التدوير.

## 15,6. فرز المواد المعقدة

تواجه طرق الفرز التقليدية صعوبة في فرز المواد المعقدة أو العناصر ذات الأشكال المعقدة. تتفوق أجهزة الاستشعار البصرية في التعامل مع مثل هذا التعقيد، حيث يمكنها التعرف على المواد وتصنيفها بناءً على معلمات بصرية متعددة. تعمل هذه القدرة على توسيع نطاق المواد التي يمكن فرزها وإعادة تدويرها بشكل فعال.

## 15,7. المراقبة في الوقت الحقيقي وتحليلات البيانات

توفر أجهزة الاستشعار البصرية مراقبة عملية الفرز في الوقت الحقيقي. توفر هذه البيانات، عند دمجها مع أدوات التحليلات، رؤى حول تركيب المواد وكفاءة الفرز وأداء النظام. تعمل هذه التحليلات على تمكين فرق إدارة النفايات من اتخاذ قرارات تعتمد على البيانات وتحسين عملياتها بشكل مستمر.

## 15,8. القدرة على التكيف مع النفايات المتغيرة

يمكن أن تختلف النفايات من حيث التركيب، خاصة في أنظمة إعادة التدوير ذات المجرى الواحد. أجهزة الاستشعار البصرية قابلة للتكيف ويمكن برمجتها للتعرف على مجموعة واسعة من المواد، مما يجعلها مناسبة تمامًا للتعامل مع تيارات النفايات المتغيرة. وتضمن هذه القدرة على التكيف استمرار فعالية عمليات الفرز مع مرور الوقت.

## 15,9. الفوائد البيئية والاقتصادية

تساهم الدقة والكفاءة التي توفرها أجهزة الاستشعار البصرية والتعرف على الصور في تحقيق فوائد بيئية واقتصادية. ومن خلال تحسين معدلات إعادة التدوير والحد من التلوث، تدعم هذه التقنيات الاستدامة البيئية. وفي الوقت نفسه، تؤدي زيادة الكفاءة إلى توفير التكاليف لمرافق إدارة النفايات.

## 15,10. إمكانات المستقبل والابتكار

يعد مجال أجهزة الاستشعار البصرية والتعرف على الصور في إدارة النفايات مجالاً ديناميكيًا، مع البحث والابتكار المستمرين. ومع تقدم التكنولوجيا، هناك إمكانية لأجهزة استشعار وخوارزميات أكثر تطوراً، مما يزيد من تحسين دقة الفرز وتوسيع نطاق المواد القابلة لإعادة التدوير.

## 16. أنظمة التسميد المدعمة بإنترنت الأشياء:

تحويل النفايات العضوية إلى مورد

في السعي لتحقيق الإدارة المستدامة للنفايات، يمثل دمج تكنولوجيا إنترنت الأشياء (IoT) في أنظمة التسميد قفزة تحويلية إلى الأمام. تستفيد أنظمة التسميد التي تدعم إنترنت الأشياء من التكنولوجيا الذكية لتحسين عملية التسميد، وتحويل النفايات العضوية إلى موارد قيمة. دعونا نستكشف الجوانب الرئيسية لأنظمة التسميد التي تدعم إنترنت الأشياء:

### 16,1. مراقبة في الوقت الحقيقي لمعلومات التسميد

توفر أجهزة استشعار إنترنت الأشياء المدمجة في أنظمة التسميد مراقبة في الوقت الفعلي للمعلومات المهمة مثل درجة الحرارة ومستويات الرطوبة والتهوية. تضمن هذه المراقبة المستمرة بقاء ظروف التسميد مثالية لتحلل المواد العضوية.

### 16,2. التحكم الآلي في العمليات

من خلال دمج إنترنت الأشياء، يمكن لأنظمة التسميد أتمتة جوانب مختلفة من عملية التسميد. يتضمن ذلك تعديلات على التهوية وتردد الدوران ومحتوى الرطوبة بناءً على البيانات في الوقت الفعلي. تؤدي الأتمتة إلى تسميد أكثر كفاءة وتقلل من الحاجة إلى التدخل اليدوي.

### 16,3. رؤى تعتمد على البيانات من أجل التحسين

توفر البيانات التي تم جمعها بواسطة أجهزة استشعار إنترنت الأشياء رؤى قيمة حول عملية التسميد. تعمل التحليلات المستندة إلى هذه البيانات على تمكين مرافق التسميد من تحديد الاتجاهات وتحسين معلمات التسميد وتعزيز الكفاءة العامة. يساهم اتخاذ القرار المبني على البيانات في التحسين المستمر لعمليات التسميد.

### 16,4. المراقبة والإدارة عن بعد

تسمح أنظمة التسميد التي تدعم إنترنت الأشياء بالمراقبة والإدارة عن بعد. يمكن للمشغلين الوصول إلى البيانات في الوقت الحقيقي ومعلمات التحكم من منصة مركزية. لا تعمل هذه القدرة على تحسين الكفاءة التشغيلية فحسب، بل تسهل أيضًا الاستجابات الاستباقية لأي مشكلات قد تنشأ أثناء عملية التسميد.

### 16,5. ضمان الجودة في إنتاج السماد

يساهم التحكم الدقيق والمراقبة التي تسهلها تقنية إنترنت الأشياء في إنتاج سماد عالي الجودة. تؤدي ظروف التسميد المتسقة إلى تحليل المواد العضوية إلى سماد غني بالمغذيات يمكن استخدامه لإثراء التربة في الزراعة والمناظر الطبيعية.

### 16,6. تحسين الموارد وكفاءة التكلفة

من خلال تحسين عملية التسميد من خلال إنترنت الأشياء، يمكن للمنشآت تحقيق استخدام أفضل للموارد. ويشمل ذلك الاستخدام الفعال للمواد الخام، وتقليل استهلاك الطاقة، وتحسين كفاءة التكلفة الإجمالية. يتم تعزيز استدامة عمليات التسميد من خلال الإدارة الحكيمة للموارد.

### 16,7. التكامل مع أنظمة إدارة النفايات الشاملة

يمكن دمج أنظمة التسميد التي تدعم إنترنت الأشياء بسلاسة في أنظمة إدارة النفايات الأوسع. يسمح هذا التكامل بعمليات متزامنة، حيث يمكن استخدام مخرجات التسميد، مثل تعديلات التربة الغنية بالمغذيات، في نموذج الاقتصاد الدائري.

تمثل أنظمة التسميد المدعومة بإنترنت الأشياء تقدمًا كبيرًا في المعالجة المستدامة للنفايات العضوية. ومن خلال تسخير قوة البيانات في الوقت الحقيقي، والأتمتة، والإدارة عن بعد، تساهم هذه الأنظمة في الاقتصاد الدائري من خلال تحويل النفايات العضوية إلى موارد قيمة لتحقيق فوائد زراعية وبيئية.

## 17. مراقبة درجة الحرارة والرطوبة في إدارة النفايات:

ضمان الظروف المثلى للمعالجة الفعالة في مجال إدارة النفايات، وتحديدًا في عمليات التسميد والتحلل اللاهوائي، يعد الرصد الدقيق لمستويات درجة الحرارة والرطوبة أمرًا بالغ الأهمية لضمان الظروف المثالية التي تسهل المعالجة الفعالة للنفايات. دعونا نتعمق في أهمية مراقبة درجة الحرارة والرطوبة في إدارة النفايات:

### 17,1. مراقبة درجة الحرارة

- ظروف التحلل المثالية: تلعب درجة الحرارة دوراً حيوياً في تحليل المواد العضوية. إن مراقبة درجة الحرارة في مرافق التسميد والتحلل اللاهوائي تضمن بقاء الظروف ضمن النطاق المناسب لنشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن تحليل النفايات العضوية.
- تجنب المشكلات: تساعد مراقبة مستويات درجة الحرارة على تجنب المشكلات المحتملة مثل ارتفاع درجة الحرارة، والذي يمكن أن يؤدي إلى تدمير الميكروبات المفيدة، أو الحرارة غير الكافية، مما قد يؤدي إلى تحليل غير كامل. يعد تحقيق درجة الحرارة المناسبة والحفاظ عليها أمرًا ضروريًا للتحويل الفعال للنفايات العضوية إلى سماد أو غاز حيوي.

• التعديل في الوقت الفعلي: باستخدام أجهزة استشعار درجة الحرارة وتقنية إنترنت الأشياء، يمكن لمشغلي إدارة النفايات تلقي بيانات في الوقت الفعلي عن درجة الحرارة داخل أنظمة التسميد أو التحليل. وهذا يسمح بإجراء تعديلات فورية، مثل تحويل السماد أو ضبط التهوية، لضمان بقاء عملية التحلل على المسار الصحيح.

## 17,2. مراقبة الرطوبة

• محتوى الرطوبة المتوازن: يعد محتوى الرطوبة المناسب أمرًا بالغ الأهمية لنجاح عملية التسميد والهضم اللاهوائي. تساعد مراقبة مستويات الرطوبة في الحفاظ على التوازن الصحيح، مما يضمن أن مادة النفايات تحتوي على رطوبة كافية للنشاط الميكروبي دون أن تصبح مشبعة للغاية.

• منع الضغط والجفاف: في عملية التسميد، يمكن أن تؤدي الرطوبة الزائدة إلى الضغط واستبعاد الأكسجين، مما يؤدي إلى ظروف لا هوائية. ومن ناحية أخرى، فإن عدم كفاية الرطوبة يمكن أن يعيق النشاط الميكروبي. تسمح مراقبة الرطوبة في الوقت الفعلي بإجراء تعديلات في التهوية والتحول لمعالجة هذه المشكلات على الفور.

• تحسين التحلل: تؤثر مستويات الرطوبة على معدل التحلل. من خلال مراقبة محتوى الرطوبة والتحكم فيه، يمكن لمرافق إدارة النفايات تحسين عملية التحلل، مما يضمن تحويل النفايات العضوية بكفاءة إلى سماد ذي قيمة أو غاز حيوي.

## 17,3. تكامل إنترنت الأشياء للمراقبة الذكية

• نقل البيانات في الوقت الحقيقي: توفر أجهزة الاستشعار التي تدعم إنترنت الأشياء القدرة على نقل البيانات في الوقت الحقيقي. يمكن نقل بيانات درجة الحرارة والرطوبة التي تم جمعها بواسطة أجهزة الاستشعار إلى منصة مركزية يمكن لمشغلي إدارة النفايات الوصول إليها. وهذا يسمح بالمراقبة عن بعد واتخاذ القرار بسرعة.

• الأتمتة والتنبيهات: يتيح تكامل إنترنت الأشياء إمكانية الأتمتة استجابةً للبيانات المراقبة. على سبيل المثال، إذا تجاوزت درجة الحرارة عتبة معينة، يمكن للأنظمة الآلية تشغيل إجراءات مثل ضبط التهوية أو بدء آليات التبريد. يمكن أيضًا إرسال التنبيهات إلى المشغلين للتدخل اليدوي عند الضرورة.

## 17,4. التأثير البيئي وكفاءة الموارد

• تقليل الانبعاثات: يساهم الحفاظ على مستويات درجة الحرارة والرطوبة المثالية في معالجة النفايات بكفاءة، مما يقلل من احتمالية انبعاث انبعاثات مثل غاز الميثان الناتج عن الهضم اللاهوائي أو الروائح الكريهة الناتجة عن التسميد. وهذا يتوافق مع الأهداف واللوائح البيئية.

• كفاءة الموارد: تضمن المراقبة الدقيقة استخدام الموارد، مثل المياه للتحكم في الرطوبة، بكفاءة. يساهم تجنب الإفراط في استخدام المياه وتحسين الظروف في كفاءة استخدام الموارد بشكل عام في عمليات معالجة النفايات.

## 18. تطبيقات الهاتف المحمول ولوحة المعلومات في إدارة النفايات

في المشهد المعاصر لإدارة النفايات، برز تكامل تطبيقات الهاتف المحمول ولوحات المعلومات كحل تحويلي، يقدم فوائد تتراوح بين تعزيز مشاركة المستخدم وتبسيط الرقابة التشغيلية. دعونا نستكشف أهمية تطبيقات الهاتف المحمول ولوحات المعلومات في سياق إدارة النفايات:

### 18,1. تطبيقات الهاتف المحمول سهلة الاستخدام

• إشراك الجمهور: توفر تطبيقات الهاتف المحمول واجهة مباشرة وسهلة الاستخدام للجمهور للمشاركة في خدمات إدارة النفايات. يمكن للمواطنين استخدام هذه التطبيقات للوصول إلى معلومات حول جداول جمع النفايات، وإرشادات إعادة التدوير، ومواقع التخلص منها.

• الإبلاغ والتعليقات: يمكن للمواطنين الإبلاغ عن مشكلات مثل فائض الصناديق أو المجموعات المفقودة أو الإلقاء غير القانوني من خلال تطبيق الهاتف المحمول. يعزز هذا التواصل ثنائي الاتجاه الشعور بالمشاركة المجتمعية ويمكن سلطات إدارة النفايات من معالجة المشكلات على الفور.

• الموارد التعليمية: يمكن أن تكون تطبيقات الهاتف المحمول بمثابة منصات للمحتوى التعليمي حول الحد من النفايات، وأفضل ممارسات إعادة التدوير، ومبادرات الاستدامة. ويساهم هذا الجانب التعليمي في رفع مستوى الوعي وتعزيز السلوك المسؤول في إدارة النفايات.

### 18,2. لوحات المعلومات التشغيلية لسلطات إدارة النفايات

• الرؤية التشغيلية في الوقت الحقيقي: توفر لوحات المعلومات لسلطات إدارة النفايات رؤية في الوقت الحقيقي للجوانب التشغيلية، بما في ذلك التقدم المحرز في عملية الجمع، ومواقع المركبات، وحالات المنشأة. تسمح هذه المراقبة في الوقت الفعلي باتخاذ قرارات استباقية.

• تحسين المسار: يؤدي دمج البيانات من أنظمة تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في لوحات المعلومات إلى تمكين تحسين المسار. يمكن لمشغلي إدارة النفايات ضبط مسارات التجميع ديناميكيًا استنادًا إلى الظروف الحالية وأنماط حركة المرور والأحداث غير المتوقعة، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة.

• تخصيص الموارد: تسهل لوحات المعلومات تخصيص الموارد بشكل مستنير من خلال تقديم بيانات حول أنماط الجمع، وأوقات الذروة، والمناطق التي تولد فيها نفايات أعلى. تمكن هذه المعلومات السلطات من تخصيص الموارد بشكل استراتيجي، مما يضمن جمع النفايات بكفاءة.

### 18,3. تكامل إنترنت الأشياء للمراقبة الشاملة

• تكامل بيانات الاستشعار: يمكن لتطبيقات الهاتف المحمول ولوحات المعلومات دمج البيانات من أجهزة استشعار إنترنت الأشياء، مما يوفر رؤية شاملة لعمليات إدارة النفايات. يتضمن ذلك البيانات من أجهزة استشعار مستوى التعبئة، وأجهزة مراقبة درجة الحرارة، وأجهزة الاستشعار الأخرى المنتشرة في صناديق النفايات والمرافق.

• التنبؤات الآلية: في حالة وجود مشكلات تم اكتشافها بواسطة أجهزة الاستشعار، مثل الصناديق الممتلئة أكثر من اللازم أو الانحرافات في درجة الحرارة، يمكن إرسال التنبؤات الآلية إلى موظفي إدارة النفايات من خلال لوحة المعلومات. يتيح نظام الإخطار الاستباقي هذا استجابات سريعة للمشكلات المحتملة.

### 18,4. الكفاءة والأثر البيئي

• تقليل أوقات الاستجابة: تعمل تطبيقات الهاتف المحمول ولوحات المعلومات على تقليل أوقات الاستجابة للمشكلات المبلغ عنها. عندما يقوم المواطنون بالإبلاغ عن مشكلة من خلال التطبيق، يمكن لسلطات إدارة النفايات تقييم الوضع بسرعة من خلال لوحة المعلومات وإرسال الموارد وفقًا لذلك.

• الاستدامة البيئية: تساهم لوحات المعلومات التشغيلية في الاستدامة البيئية من خلال تحسين المسارات وتخصيص الموارد. تعمل طرق جمع النفايات الفعالة على تقليل استهلاك الوقود وانبعاثات المركبات والأثر البيئي العام، بما يتماشى مع أهداف الاستدامة.

### 18,5. تعزيز الشفافية والمساءلة

• المساءلة العامة: تعمل تطبيقات الهاتف المحمول على تعزيز الشفافية من خلال تزويد الجمهور بالمعلومات في الوقت الحقيقي حول أنشطة إدارة النفايات. يمكن للمواطنين تتبع التقدم المحرز في المجموعات والحصول على نظرة ثاقبة حول الأداء العام لخدمات إدارة النفايات.

• اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات: تعمل لوحات المعلومات التشغيلية على تمكين سلطات إدارة النفايات من اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات. ومن خلال تحليل الاتجاهات والأنماط، يمكن للسلطات تنفيذ استراتيجيات مستهدفة للتحسين المستمر والالتزام بالمعايير التنظيمية.

## 19. تكامل إنترنت الأشياء والبلوك شين في إدارة النفايات

يمثل دمج تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) وتقنيات blockchain في إدارة النفايات تقدمًا كبيرًا، حيث يقدم نهجًا جديدًا لمواجهة التحديات المتعلقة بالشفافية والأمن والاستدامة. دعونا نتعمق في الجوانب والفوائد الرئيسية لتكامل إنترنت الأشياء و blockchain في مجال إدارة النفايات:

### 19,1. الشفافية وإمكانية التتبع

- بيانات مستشعر إنترنت الأشياء على تقنية Blockchain: في إدارة النفايات، تجمع مستشعرات إنترنت الأشياء بيانات حول جوانب مختلفة مثل مستويات التعبئة، وتكوين النفايات، والظروف البيئية. من خلال تسجيل هذا البيانات على blockchain، يتم إنشاء دفتر أستاذ شفاف وغير قابل للتغيير، مما يوفر تاريخًا آمنًا وقابلًا للتتبع للأنشطة المتعلقة بالنفايات.
- وصول الجمهور إلى المعلومات: تتيح تقنية Blockchain وصول الجمهور إلى جوانب معينة من عملية إدارة النفايات. على سبيل المثال، يمكن للمواطنين الاطلاع على البيانات المسجلة حول جداول جمع النفايات ومعدلات إعادة التدوير وطرق التخلص منها. وتعزز هذه الشفافية الثقة والمساءلة بين سلطات إدارة النفايات والمجتمع.

### 19,2. الأمن وسلامة البيانات

- سجلات البيانات غير القابلة للتغيير: تضمن طبيعة Blockchain اللامركزية والمقاومة للتلاعب عدم قابلية تغيير سجلات البيانات. بمجرد إضافة المعلومات إلى blockchain، لا يمكن تغييرها بأثر رجعي. تعمل هذه الميزة على تعزيز أمن وسلامة البيانات الهامة المتعلقة بعمليات إدارة النفايات.
- النقل الآمن للبيانات: تقوم أجهزة إنترنت الأشياء بنقل البيانات بشكل آمن إلى blockchain. تضمن مبادئ التشفير لتقنية blockchain نقل البيانات المجمعة من أجهزة الاستشعار بطريقة آمنة ويمكن التحقق منها، مما يخفف من مخاطر الوصول أو التلاعب غير المصرح به.

### 19,3. العقود الذكية للأتمتة

- الحوكمة الآلية باستخدام العقود الذكية: تعمل تقنية Blockchain على تسهيل استخدام العقود الذكية — وهي عقود ذاتية التنفيذ بقواعد محددة مسبقًا. في إدارة النفايات، يمكن للعقود الذكية أتمتة عمليات معينة، مثل إطلاق تبيهاات لجمع النفايات عندما يصل الصندوق إلى مستوى تعبئة معين. تعمل هذه الأتمتة على تبسيط العمليات وتقليل الحاجة إلى التدخلات اليدوية.
- المعاملات الشفافة: تضمن العقود الذكية أيضًا الشفافية في المعاملات. على سبيل المثال، عندما يتم نقل النفايات من كيان إلى آخر لإعادة تدويرها أو التخلص منها، يتم تسجيل تفاصيل المعاملة على blockchain. تقلل هذه الشفافية من احتمالية الأنشطة الاحتيالية.

### 19,4. رؤية سلسلة التوريد

- الرؤية الشاملة: يوفر دفتر الأستاذ الموزع الخاص ب Blockchain رؤية شاملة لسلسلة توريد إدارة النفايات. بدءًا من توليد النفايات وجمعها وحتى إعادة التدوير أو التخلص منها، يتم تسجيل كل خطوة على blockchain. تعمل هذه الرؤية على تعزيز كفاءة إدارة سلسلة التوريد وتسمح لأصحاب المصلحة بتتبع دورة حياة النفايات بأكملها.
- التحقق من الممارسات المستدامة: بالنسبة للشركات والبلديات الملتزمة بممارسات الإدارة المستدامة للنفايات، يمكن أن تكون تقنية blockchain بمثابة أداة للتحقق. يمكن استخدام البيانات المسجلة للتحقق من الالتزام بمعايير إعادة التدوير، وأهداف تقليل النفايات، ومقاييس الاستدامة الأخرى.

## 19,5. اللامركزية والتعاون

- مشاركة البيانات التعاونية: تسمح الطبيعة اللامركزية لتقنية blockchain بتبادل البيانات التعاونية بين مختلف أصحاب المصلحة في النظام البيئي لإدارة النفايات. وهذا يشمل سلطات إدارة النفايات، ومرافق إعادة التدوير، والهيئات التنظيمية، وحتى الجمهور. يعزز تبادل البيانات التعاونية اتباع نهج جماعي وشفاف لإدارة النفايات.
- قابلية التشغيل البيئي: تعمل تقنية Blockchain على تسهيل التشغيل البيئي بين أجهزة وأنظمة إنترنت الأشياء المختلفة المستخدمة في إدارة النفايات. تضمن إمكانية التشغيل البيئي إمكانية تسجيل البيانات من أجهزة الاستشعار والأجهزة المختلفة بسلسلة على blockchain، مما يخلق نهجًا موحدًا وموحدًا لإدارة البيانات.

## 19,6. الاعتمادات والحوافز البيئية

- الترميز للأرصدة البيئية: يمكن أن تتيح تقنية Blockchain ترميز الأرصدة البيئية. على سبيل المثال، يمكن للشركات أو المجتمعات التي تحقق أهدافًا محددة للحد من النفايات أو إعادة التدوير الحصول على أرصدة رمزية على blockchain. ومن الممكن مقايضة هذه الأرصدة أو استبدالها بحوافز بيئية، مما يخلق آلية جديدة لمكافأة الممارسات المستدامة.
- تحفيز مشاركة أصحاب المصلحة: من خلال دمج أنظمة الحوافز القائمة على تقنية blockchain، يمكن لسلطات إدارة النفايات تشجيع المشاركة النشطة من الشركات والمقيمين وأصحاب المصلحة الآخرين في مبادرات الإدارة المستدامة للنفايات. يمكن لهذا التحفيز أن يؤدي إلى تغييرات سلوكية إيجابية ويساهم في تحقيق أهداف بيئية أوسع.
- يمثل دمج تقنيات إنترنت الأشياء وتقنية blockchain في إدارة النفايات نهجًا رائدًا لمواجهة التحديات الرئيسية في الصناعة. من خلال الجمع بين إمكانات جمع البيانات في الوقت الفعلي لإنترنت الأشياء مع دفتر الأستاذ الآمن والشفاف الذي توفره تقنية blockchain، يعزز هذا التكامل الكفاءة التشغيلية، ويضمن سلامة البيانات، ويعزز نظامًا بيئيًا أكثر استدامة ومسؤولية لإدارة النفايات.

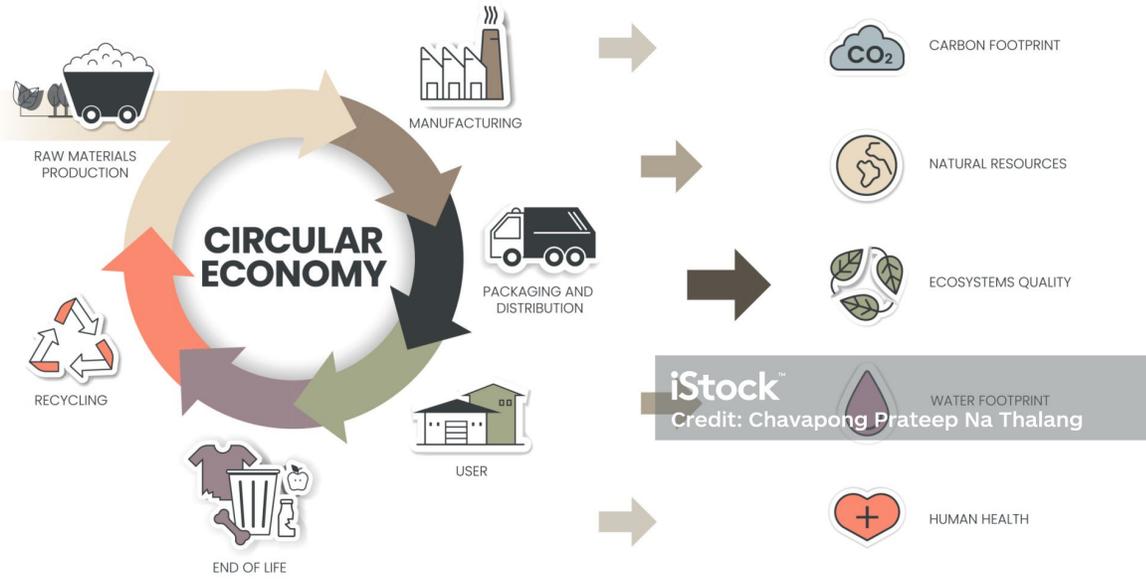
## 20. التوجه نحو الإدارة المستدامة للنفايات

احتضان الابتكار من أجل مستقبل أكثر خضرة

- وفي السعي لتحقيق الاستدامة البيئية، أصبحت إدارة النفايات نقطة محورية للابتكار. يتضمن التحرك نحو الإدارة المستدامة للنفايات اعتماد تقنيات متطورة واستراتيجيات شاملة تعطي الأولوية لكفاءة الموارد، والحد من التأثير البيئي، وتعزيز مبادئ الاقتصاد الدائري. دعونا نستكشف الجوانب الرئيسية لهذه الرحلة نحو الإدارة المستدامة للنفايات:

### 20,1. مبادئ الاقتصاد الدائري

- إغلاق الحلقة: تتوافق الإدارة المستدامة للنفايات مع مبادئ الاقتصاد الدائري، بهدف تقليل النفايات وتحقيق أقصى استفادة من الموارد. وبدلاً من اتباع نموذج خطي يقوم على مبدأ "الأخذ والتصنيع والتخلص"، يعمل الاقتصاد الدائري على تشجيع الاستخدام المستمر للمواد وإعادة تدويرها وتجديدها.
- النفايات كمورد: إن النظر إلى النفايات كمورد وليس كمشكلة هو أمر أساسي للاستدامة. تلعب التقنيات التي تتيح إعادة التدوير والتسميد وتحويل النفايات إلى طاقة بكفاءة دورًا حاسمًا في استخلاص القيمة من مواد النفايات.



1411586389

الشكل 4: يحتوي الرسم البياني للاقتصاد الدائري على 6 خطوات للتحليل، مثل التصنيع والتعبئة والتوزيع والمستخدم ونهاية العمر الافتراضي وإعادة التدوير وإنتاج المواد الخام. المصدر: vecteezy.com

## 20,2. الحد من النفايات المدفوعة بالتكنولوجيا

• إنترنت الأشياء والمراقبة الذكية: يتيح دمج تقنية إنترنت الأشياء (IoT) مراقبة مستويات النفايات في الوقت الفعلي، وتحسين طرق التجميع، وتقليل عمليات الالتقاط غير الضرورية. وهذا لا يوفر تكاليف التشغيل فحسب، بل يقلل أيضاً من البصمة الكربونية المرتبطة بمركبات التجميع.

يحتوي الرسم البياني للاقتصاد الدائري على 6 خطوات للتحليل مثل التصنيع والتعبئة والتوزيع والمستخدم ونهاية العمر الافتراضي وإعادة التدوير وإنتاج المواد الخام. مفهوم البيئة والبيئة

• الفرز والفصل الذكي: تعمل التقنيات المتقدمة للفرز والفصل الذكي، بما في ذلك أجهزة الاستشعار البصرية والتعرف على الصور، على تعزيز كفاءة عمليات إعادة التدوير. تتيح هذه التقنيات تحديد واستخراج المواد القيمة من مجرى النفايات، مما يساهم في ارتفاع معدلات إعادة التدوير.

## 20,3. تحويل النفايات إلى طاقة والكتلة الحيوية

• استعادة الطاقة من النفايات: تتضمن الإدارة المستدامة للنفايات استكشاف طرق بديلة لاستعادة الطاقة من النفايات. يمكن لتقنيات مثل الحرق مع احتجاز الطاقة والهضم اللاهوائي تحويل النفايات العضوية إلى طاقة، مما يقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري التقليدي.

• تحويل الكتلة الحيوية: يعد تحويل النفايات العضوية إلى كتلة حيوية لمختلف التطبيقات، مثل الوقود الحيوي أو الأسمدة، ممارسة مستدامة. تضمن أنظمة التسميد التي تدعم إنترنت الأشياء مع مراقبة درجة الحرارة والرطوبة الظروف المثالية لتحلل المواد العضوية.

## 20,4. المشاركة المجتمعية والتعليم

• رفع مستوى الوعي: إن الإدارة المستدامة للنفايات لا تمثل تحدياً تكنولوجياً فحسب، بل هي أيضاً تحدي اجتماعي. إن رفع مستوى الوعي بين المجتمعات حول التأثير البيئي للنفايات، وفوائد إعادة التدوير، وأهمية الاستهلاك المسؤول هو جزء لا يتجزأ من بناء ثقافة إدارة النفايات المستدامة.

• تحفيز إعادة التدوير: إن تنفيذ برامج الحوافز، التي ربما يتم تمكينها من خلال تقنيات مثل blockchain، يمكن أن يحفز الأفراد والشركات على المشاركة بنشاط في مبادرات إعادة التدوير. يمكن أن يشمل ذلك مكافآت لتحقيق أهداف إعادة التدوير أو استخدام الاعتمادات البيئية الرمزية.

## 20,5. الامتثال التنظيمي وإعداد التقارير

• التقارير الشفافة: تتطلب الإدارة المستدامة للنفائات بالالتزام باللوائح والمعايير البيئية. إن التقارير الشفافة، التي تسهلها تقنيات مثل blockchain، تضمن امتثال ممارسات إدارة النفائات للمتطلبات القانونية. تعمل أنظمة التقارير الآلية على تعزيز الكفاءة في الوفاء بالالتزامات التنظيمية.

• تقييم الأثر البيئي: تساعد المراقبة المستمرة وتحليلات البيانات في تقييم الأثر البيئي لعمليات إدارة النفائات. يمكن هذا النهج المبني على البيانات المؤسسات من تحديد مجالات التحسين وتنفيذ استراتيجيات لتقليل بصمتها البيئية.

## 20,6. الابتكار في التعبئة والتغليف وتصميم المنتجات

• الحد من المواد البلاستيكية ذات الاستخدام الواحد: تتضمن الإدارة المستدامة للنفائات التعاون مع الصناعات للابتكار في مجال التعبئة والتغليف وتصميم المنتجات. يساهم الحد من استخدام المواد البلاستيكية ذات الاستخدام الواحد وتشجيع البدائل الصديقة للبيئة في تقليل توليد النفائات بشكل عام.

• مسؤولية المنتج الموسعة (EPR): إن تشجيع مسؤولية المنتج الموسعة يضمن أن يتحمل المصنعون المسؤولية عن دورة حياة منتجاتهم بأكملها، بما في ذلك التخلص منها في نهاية عمرها الافتراضي. وهذا يشجع على إنشاء منتجات ذات تأثير بيئي ضئيل ويعزز الاقتصاد الدائري.

## 20,7. التعاون الدولي وأفضل الممارسات

• تبادل المعرفة: تتطلب الطبيعة العالمية لتحديات إدارة النفائات التعاون الدولي. إن تبادل أفضل الممارسات والتقنيات والاستراتيجيات على نطاق عالمي يسمح للمناطق بالتعلم من بعضها البعض وتنفيذ أساليب ناجحة للإدارة المستدامة للنفائات.

• أهداف الاستدامة العالمية: توفر مواءمة ممارسات إدارة النفائات مع أهداف الاستدامة العالمية، مثل تلك المبينة في أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (SDGs)، إطارًا لجهود موحد ومنسق نحو مستقبل أكثر استدامة وإنصافًا.

## 21. الاستنتاج

يتمشى اعتماد تقنيات إنترنت الأشياء في إعادة تدوير مخلفات الطعام مع الطلب المتزايد على المسؤولية الاجتماعية للشركات والممارسات المستدامة. لا تساهم الشركات والبلديات التي تتبنى هذه التقنيات في تحقيق مستقبل أكثر اخضرارًا فحسب، بل تعمل أيضًا على تحسين صورتها العامة وتعزيز العلاقات الإيجابية مع المستهلكين المهتمين بالبيئة.

في جوهرها تظهر تكنولوجيا إنترنت الأشياء كقوة تحويلية، تعيد تعريف كيفية تعاملنا مع إعادة تدوير النفائات الغذائية. إن قدرتها على إحداث ثورة في ممارسات إدارة النفائات تقدم لمحة عن مستقبل أكثر مسؤولية بيئيًا وقابلية للحياة اقتصاديًا. ومع إدراك الصناعات والمجتمعات بشكل متزايد لقيمة مثل هذه الابتكارات، يصبح الطريق إلى نظام دائري ومستدام لإدارة النفائات أكثر وضوحًا، مما يعد بمستقبل أكثر مرونة وصديقًا للبيئة.

إن دمج تكنولوجيا إنترنت الأشياء في مجال إعادة تدوير النفائات الغذائية يحمل مستقبلًا واعدًا لإنشاء نظام بيئي أكثر استدامة وكفاءة لإدارة النفائات، مع المراقبة في الوقت الحقيقي وتحليلات البيانات التي تعمل على تحسين جمع النفائات ومعالجتها، مما يؤدي إلى تقليل آثار الكربون والانبعاثات. ولا يتوافق هذا مع أهداف الاستدامة العالمية فحسب، بل يساهم أيضًا في بناء مجتمعات أكثر نظافة وصحة.

ومن منظور اجتماعي، فإن تنفيذ إنترنت الأشياء في إعادة تدوير النفايات يعزز الصحة العامة من خلال تقليل المخاطر المرتبطة بالتخلص غير السليم من النفايات. وفي الوقت نفسه، فإن الآثار الاقتصادية جديرة بالملاحظة، حيث أن أنظمة إدارة النفايات المطورة يمكن أن تؤدي إلى وفورات في التكاليف، وكفاءة الموارد، ومصادر للإيرادات المحتملة من خلال تحويل النفايات العضوية إلى منتجات ثانوية قيمة.

في الختام، فإن التحرك نحو الإدارة المستدامة للنفايات ينطوي على نهج متعدد الأوجه يجمع بين الابتكار التكنولوجي، ومشاركة المجتمع، والامتثال التنظيمي، والتعاون الدولي. ومن خلال تبني هذه المبادئ، يمكن للمجتمعات الانتقال من الأساليب التقليدية للتخلص من النفايات إلى الممارسات المستدامة التي تحافظ على الموارد، وتقلل من الأضرار البيئية، وتساهم في خلق كوكب أكثر اخضرارًا وأكثر مرونة.