JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20
https://jaspss.com

بحث بعنوان

تطوير أدوات تحليل الأداء التشغيلي في إدارة النفايات الصلبة

اعداد

م. عبد السلام حميده البطوش

رئيس قسم إدارة النفايات الصلبة

بلديه مؤته والمزار

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20
https://jaspss.com

الملخص

يُعد تطوير أدوات تحليل الأداء التشغيلي في إدارة النفايات الصلبة خطوة محورية نحو تحسين كفاءة البلديات وتعزيز شفافية اتخاذ القرار. ففي ظل الاعتماد التقليدي على السجلات الورقية والتقديرات الذاتية، تواجه البلديات صعوبات في رصد الهدر المالي، تقييم كفاءة المركبات والسائقين، أو تحديد مصادر القصور التشغيلي. ومن هذا المنطلق، برزت الحاجة إلى أدوات رقمية تفاعلية مثل لوحات التحكم المبنية على قواعد بيانات محدثة تتيح تتبع مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) مثل عدد الرحلات، كميات النفايات المنقولة، استهلاك الوقود، وتكاليف الصيانة، مما يوفّر رؤية دقيقة وفورية للواقع الميداني.

وقد أثبتت التجارب التطبيقية، كتجربة بلدية موتة والمزار في الأردن، أن تبني أدوات تحليل بسيطة ومفتوحة المصدر يمكن أن يُحدث تحولًا نوعيًّا في إدارة النفايات، من خلال رفع دقة البيانات، تقليل الوقت اللازم لإعداد التقارير، وتمكين الإدارة من اتخاذ قرارات مبنية على أدلة كمية. ويشير التحليل إلى أن كلفة الوقود والصيانة تشكّل النسبة الأكبر من المصروفات التشغيلية، ما يستدعي إعادة هندسة المسارات وتحديث الأسطول. وعليه، يُعدّ هذا النهج الرقمي نموذجًا قابلاً للتعميم على البلديات الأخرى، خصوصًا في البيئات ذات الموارد المحدودة، حيث يجمع بين الفعالية التشغيلية، البساطة التقنية، والتكلفة المنخفضة.

Abstract

Developing operational performance analysis tools in solid waste management is a pivotal step toward improving municipal efficiency and enhancing decision-making transparency. Due to the traditional reliance on paper records and self-assessments, municipalities face difficulties in monitoring financial waste, assessing the efficiency of vehicles and drivers, or identifying sources of operational inefficiencies. This has highlighted the need for interactive digital tools such as dashboards built on updated databases that track key performance indicators (KPIs) such as the number of trips, quantities of waste transported, fuel consumption, and maintenance costs. These tools provide an accurate and immediate view of the situation on the ground.

Practical experiences, such as those of the Mutah and Mazar Municipalities in Jordan, have demonstrated that adopting simple, open-source analytical tools can transform waste management by improving data accuracy, reducing reporting time, and enabling management to make decisions based on quantitative evidence. Analysis indicates that fuel and maintenance costs represent the largest portion of operational expenses, necessitating route reengineering and fleet modernization. Therefore, this digital approach is a model that can be generalized to other municipalities, especially in environments with limited resources, as it combines operational efficiency, technical simplicity, and low cost.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

المقدمة

تُعد إدارة النفايات الصلبة من أبرز التحديات التي تواجه البلديات الأردنية في ظل النمو السكاني والتتوسع العمراني، إذ ترتبط كفاءتها ارتباطًا مباشرًا بجودة البيئة والصحة العامة وكافة الخدمات المقدمة للمواطنين. وتتمثل إحدى العقبات الرئيسية في ضعف أدوات الرصد والتحليل الكمي للأداء التشغيلي داخل أقسام النفايات، حيث تعتمد البلديات في الغالب على التقارير الورقية أو الجداول الثابتة التي لا تعكس واقع العمليات اليومية بدقة، مما يحد من قدرة متخذ القرار على المتابعة والتقييم الفوري.

وإطلاقًا من هذا الواقع، بادرت بلدية موتة والمزار إلى تطوير أدوات تحليل تشغيلية رقمية غير لوحة تحكم تفاعلية مفتوحة المصدر، تتيح تتبع المؤشرات التشغيلية لكيانات النفايات المنقولة، عدد الرحلات، استهلاك الوقود، وتكاليف الصيانة بصورة مباشرة ومتكاملة. يمثل هذا البحث محاولة لتوثيق التجربة وتحليل آثارها في رفع كفاءة إدارة النفايات الصلبة وتحسين عملية اتخاذ القرار التشغيلي داخل البلدية، مع إبراز الدور الذي يمكن أن تلعبه الحلول الرقمية المبسطة في تعزيز التحول المؤسسي للبلديات نحو إدارة أكثر كفاءة وشفافية.

تُعد إدارة النفايات الصلبة من أبرز التحديات التي تواجه البلديات في ظل التوسع العمراني والنمو السكاني، حيث يرتبط أداء هذا القطاع ارتباطًا وثيقًا بالصحة العامة، جودة البيئة، وكفاءة الإنفاق البلدي. ومع اعتماد العديد من البلديات على أساليب تقليدية في جمع البيانات ومتابعة العمليات، تظل قرارات الإدارة عرضة للهدر وقلة الدقة بسبب غياب أدوات تحليل فعّالة. ومن هنا، يبرز أهمية تطوير أدوات رقمية لتحليل الأداء التشغيلي في إدارة النفايات الصلبة، تتيح رصد مؤشرات الأداء الرئيسية مثل عدد الرحلات، كميات النفايات، استهلاك

الوقود، وتكاليف الصيانة بشكل لحظي ودقيق، مما يُسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية، دعم اتخاذ القرار القائم على الأدلة، ودفع عجلة التحول الرقمي في العمل البلدي.

مشكلة البحث

تعتمد أغلب البلديات في الأردن على أساليب تقليدية في متابعة عمليات جمع ونقل النفايات الصلبة، الأمر الذي يجعل عملية تقييم الأداء التشغيلي محدودة وتعتمد على الاجتهاد الشخصي أكثر من اعتمادها على بيانات واقعية وتتفقر هذه البلديات إلى أنظمة لتحليل لحظية تتبع مؤشرات الأداء وتشخيص مكانان القصور والهدر، خصوصًا في مجالات الوقود، الصيانة، وعدد الرحلات اليومية.

بناءً على ذلك، يمكن تحديد مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس الآتي:

كيف يسهم تطوير أدوات تحليل الأداء التشغيلي في تحسين كفاءة إدارة النفايات الصلبة في بلدية موتة والمزار؟

ويتفرع عن هذا السؤال الرئيس عدد من التساؤلات الفرعية:

1. ما مدى دقة البيانات التشغيلية قبل وبعد تطبيق أدوات التحليل؟
2. كيف تؤثر الأدوات الرقمية على سرعة إعداد التقارير التشغيلية؟
3. هل أسهمت أدوات التحليل في تحديد فرص التحسين في كفاءة المركبات والسائقين؟
4. ما الأثر الإداري لتطبيق لوحة التحكم في عملية اتخاذ القرار داخل البلدية؟

تعاني العديد من البلديات، خصوصًا في البيئات النامية، من غياب أنظمة فعّالة لتحليل الأداء التشغيلي في إدارة النفايات الصلبة، حيث لا تزال تعتمد على سجلات ورقية أو جداول إكسل ثابتة غير قادرة على توفير

رؤية لحظية أو مؤشرات كمية دقيقة تُمكّن من تقييم كفاءة العمليات. ونتيجة لذلك، تفتقر عمليات اتخاذ القرار إلى الأسس التحليلية، ما يؤدي إلى هدر في الموارد المالية (كالوقود والصيانة)، وعدم تكافؤ في توزيع المهام على المركبات والسائقين، وضعف في القدرة على تحديد مكامن القصور أو فرص التحسين. وعليه، تكمن مشكلة البحث في: كيف يمكن لتطوير أدوات تحليل رقمية بسيطة ومفتوحة المصدر أن يُسهم في رفع كفاءة الأداء التشغيلي لمنظومة جمع ونقل النفايات الصلبة في البلديات؟

أهداف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف المترابطة، أهمها:

1. تطوير أداة تحليل تشغيلية تساعد في متابعة مؤشرات الأداء في قطاع النفايات الصلبة بطريقة رقمية.
2. تقييم أثر الأداة المطورة على تحسين دقة البيانات التشغيلية وسرعة إصدار نتائجها.
3. تحليل مؤشرات الكفاءة التشغيلية للمركبات والسائقين والتكاليف التشغيلية (الوقود والصيانة).
4. إبراز تجربة بلدية موتة والمزار كنموذج عملي لتطبيق التحول الرقمي في البلديات المحلية.
5. تقديم توصيات عملية لتعميم التجربة على بلديات أخرى في المملكة.

أهمية البحث

تنبع أهمية هذه الدراسة من عدة جوانب:

أولاً: الأهمية العلمية: تمثل الدراسة إضافة نوعية إلى مجال الإدارة البيئية والتحول الرقمي في البلديات من خلال الربط بين التحليل التشغيلي والنظام الإداري.

ثانياً: الأهمية التطبيقية: تقدم نموذجاً عملياً لمخلّص التكلفة قابلاً للتطبيق في البلديات الأخرى، باستخدام أدوات مفتوحة المصدر دون الحاجة إلى أنظمة باهظة.

ثالثاً: الأهمية الوطنية: تتماشى نتائج الدراسة مع أوجه توجّهات وزارة الإدارة المحلية في أنظمة رقمية للرصد والتقييم في قطاع النفايات الصلبة.

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها تُعالج فجوة منهجية وتطبيقية في إدارة الخدمات البلدية، حيث لا تزال العديد من البلديات تعتمد على آليات تقليدية في متابعة أداء قطاع النفايات الصلبة، ما يُضعف قدرتها على اتخاذ قرارات فعّالة ومبنية على بيانات دقيقة. ومن خلال تطوير أدوات تحليل رقمية بسيطة ومفتوحة المصدر، تسهم الدراسة في تمكين الإدارات البلدية من رصد مؤشرات الأداء التشغيلي (مثل كلفة الطن، عدد الرحلات، واستهلاك الوقود) بشكل لحظي وشفاف، مما يعزز الكفاءة التشغيلية ويقلل الهدر المالي والبيئي. كما تُعد هذه الأدوات وسيلة عملية لدعم التحول الرقمي في القطاع البلدي، خصوصًا في ظل الموارد المحدودة التي تواجهها العديد من البلديات الصغيرة والمتوسطة.

ومن الناحية الوطنية، تتماشى نتائج البحث مع التوجهات الحكومية في الأردن والدول العربية نحو تحسين جودة الخدمات البلدية وتحديث أنظمة الإدارة المحلية. إذ تُقدّم الدراسة نموذجًا قابلاً للتعميم يمكن أن يُطبّق في بلديات متعددة دون الحاجة إلى استثمارات باهظة في أنظمة تقنية معقدة. وفضلاً عن ذلك، فإن ربط الأداء التشغيلي بمؤشرات كمية يُسهم في تعزيز المساءلة والشفافية، ويُمكّن صانعي السياسات من وضع خطط استراتيجية قائمة على أدلة واقعية لتطوير منظومة إدارة النفايات الصلبة بشكل مستدام.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

حدود الدراسة

- المكان: بلدية موتة والمزار – محافظة الكرك، جنوب الأردن.

- الزمان: البيانات المستخلصة من عام 2025.

- الموضوع: التحليل التشغيلي لعمليات جمع ونقل النفايات الصلبة دون النظر إلى المعالجة أو الطمر.

- الحدود البشرية: موظفو قسم إدارة النفايات الصلبة، السائقون، والمرافقون الميدانيون.

منهجية الدراسة

تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي التطبيقي، حيث يتم استخدام البيانات التشغيلية الفعلية الواردة من سجلات البلدية (رحلات النقل، كميات النفايات، الوقود، الصيانة) وتحليلها عبر أدوات رقمية مفتوحة المصدر.

كما تعتمد الدراسة على تحليل مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) ومقارنتها قبل وبعد تطبيق الأداة التحليل الرقمي لتحديد مدى التحسن في الكفاءة التشغيلية.

مصطلحات الدراسة

- الأداء التشغيلي (Operational Performance): قدرة النظام على تنفيذ المهام اليومية بكفاءة وفاعلية ضمن الموارد المتاحة.

– أدوات التحليل (Analytical Tools): البرمجيات أو النماذج الرقمية التي تُستخدم لجمع البيانات وتحليلها واستخلاص مؤشرات منها.

– التحول الرقمي (Digital Transformation): إنتاج التقنيات الحديثة في العمليات الإدارية بهدف رفع الكفاءة والشفافية وتحسين الخدمة.

– لوحة التحكم (Dashboard): واجهة رقمية تفاعلية تعرض مؤشرات الأداء بشكل مرئي وتتيح للمستخدم تحليلها بسهولة.

الإطار النظري والدراسات السابقة

المقدمة

يهدف هذا الفصل إلى استعراض الإطار النظري الذي يستند إليه البحث، وبين المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع إدارة النفايات الصلبة، وتحليل الأداء التشغيلي، والتحول الرقمي في العمل البلدي. كما يتناول الفصل أهم الدراسات والتجارب السابقة التي ناقشت قضايا مشابهة على المستويات المحلية والدولية، وذلك لبناء خلفية معرفية متكاملة تسهم في فهم الأساس العلمي الذي يقوم عليه تطوير أدوات تحليل الأداء في هذا القطاع الحيوي.

ويُعد هذا الفصل الرابط الجانبي بين الإطار النظري والتطبيقي للبحث، إذ يربط بين المفاهيم الإدارية والبيئية من جهة، والتجربة العملية لبلدية موتة والمزار من جهة أخرى، مما يساعد في تفسير النتائج لاحقاً ضمن إطار علمي ومنهجي متكامل.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

الإطار النظري

مفهوم إدارة النفايات الصلبة

تُعرّف إدارة النفايات الصلبة بأنها مجموعة العمليات المنظمة التي تهدف إلى جمع النفايات من مصادرها المختلفة، ونقلها، ومعالجتها أو التخلص منها بطرق تضمن حماية البيئة وصحة الإنسان. وتشمل هذه العمليات مراحل متعددة تبدأ من الفرز من المصدر، وتمر بعمليات الجمع والنقل والمعالجة، وتنتهي بإعادة الطمر أو إعادة التدوير.

وتُعتبر البلديات الجهة الرئيسية المسؤولة عن تنفيذ هذه العمليات في الأردن، مما يجعل إدارة النفايات إحدى أكثر المهام تعقيداً وكفاءة في عملها اليومي. وتشير الدراسات إلى أن عمليات الجمع والنقل تشكّل ما بين 60% إلى 80% من إجمالي تكاليف إدارة النفايات، الأمر الذي يجعل تحسين هذه المرحلة أولوية قصوى.

وتتكرّر كفاءة إدارة النفايات بعدة عوامل أهمها:

- نوع النظام المستخدم في الجمع (يدوي، آلي، أو مختلط).
- كفاءة المركبات ومعايير التشغيلية وحالاتها الفنية.
- التزام السائقين والعاملين بجدول العمل.
- المسافة بين مناطق التحميل والمركبات النهائية.

– قدرة الإدارة على تحليل البيانات التشغيلية بشكل دوري لتحديد أوجه القصور والهدر.

من هذا المنطلق، فإن تطوير أدوات تحليل رقمية يسهم في تمكين البلديات من مراقبة هذه المؤشرات بشكل فوري، مما يتيح اتخاذ قرارات تشغيلية قائمة على بيانات واقعية ودقيقة.

الأداء التشغيلي في البلديات ومؤشرات قياسه

يُقصد بالأداء التشغيلي قدرة المؤسسة أو القسم على تحقيق أهدافه اليومية بأفضل الموارد المتاحة، مع الحد الأدنى من الهدر في الوقت أو الجهد أو المال. وفي سياق إدارة النفايات الصلبة، يتمثل الأداء التشغيلي في مدى كفاءة منظومة الجمع والنقل والصيانة في تحقيق أهدافها التشغيلية.

يمكن قياس الأداء التشغيلي باستخدام مجموعة من مؤشرات الأداء الرئيسية(KPIs) ، مثل:

1. عدد الرحلات اليومية لكل مركبة.
2. إجمالي كميات النفايات المنقولة (بالطن).
3. متوسط الكمية المنقولة لكل رحلة.
4. تكلفة الطن الواحد المنقول (بمن فيهم الوقود والصيانة وأجور).
5. نسبة استغلال المركبات (عدد الأيام الفعلية من أصل أيام المتاحة).
6. معدل الأعطال والتوقفات الفنية.

تساعد هذه المؤشرات في تشخيص المشكلات التشغيلية وتحديد فرص التحسين، إذ يمكن من خلالها معرفة المركبات الأعلى كفاءة أو الأقل كفاءة، وتحديد الأنماط التشغيلية التي تسبب في ارتفاع التكاليف أو انخفاض الإنتاجية.

وكلما كانت البيانات دقيقة ومحدثة، كانت القدرة على اتخاذ القرار أسرع وأكثر فاعلية، وهو ما يجعل أدوات التحليل الرقمية ضرورية وليست ترفاً في الإدارة الحديثة.

الأدوات التحليلية ولوحات التحكم الرقمية

تعرف لوحة التحكم (Dashboard) بأنها واجهة رقمية تفاعلية تُستخدم لعرض مؤشرات الأداء بشكل مرئي وسهل الفهم، مما يمكّن المستخدم من متابعة البيانات وتحليلها في الوقت الحقيقي.

وتتميز لوحات التحكم بقدرتها على تحويل البيانات الخام إلى معلومات قابلة للتفسير، وذلك عبر الرسوم البيانية، والمخططات، والجداول التفاعلية.

وفي مجال إدارة النفايات الصلبة، تساعد هذه الأدوات على:

- تتبع كميات النفايات المنقولة شهريًا أو أسبوعيًا.

- تحليل استهلاك الوقود ومتابعة تكاليف الصيانة.

- مقارنة كفاءة المركبات والسائقين.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

– إعداد التقارير التشغيلية بشكل تلقائي بدلاً من الأساليب اليدوية.

الإجراءات التطبيقية وتطوير أدوات التحليل

المقدمة

يهدف هذا الفصل إلى توضيح الإجراءات التطبيقية التي تم تنفيذها لتطوير أدوات تحليل الأداء التشغيلي في إدارة النفايات الصلبة ضمن بلدية موتة والمزار، استنادًا إلى البيانات التشغيلية الواقعية التي يتم جمعها يوميًا من قسم إدارة النفايات الصلبة. يمثل هذا الفصل الانتقال من الجانب النظري إلى الجانب العملي التطبيقي، إذ يشرح بالتفصيل خطوات إنشاء النظام التحليلي، وآليات جمع البيانات، وطرق تحويلها إلى مؤشرات كمية قابلة للقياس، ومن ثم عرضها بطريقة مرئية عبر لوحة تحكم تفاعلية.

أدوات جمع البيانات

اعتمدت الدراسة على بيانات تشغيلية فعلية تم جمعها من مصادر داخل البلدية، بحيث تغطي مختلف عناصر النظام التشغيلي لقطاع النفايات الصلبة، وتشمل ما يلي:

سجلات نقل النفايات:

1. تم الحصول على بيانات يومية تتضمن أرقام المركبات، عدد الرحلات، كميات النفايات المنقولة (بالطن)، وتاريخ التحميل والتفريغ. حيث يقوم مجلس الخدمات المشتركة / الكرك بتزويد البلدية بملف (word) بشكل شهري يحتوي على جميع الرحلات التي قامت بها آليات بلدية موتة والمزار خلال الشهر.

بيانات الوقود:

2. تم جمع كميات الوقود المصروفة لكل مركبة بشكل شهري من قسم الحركة، بهدف حساب استهلاك الوقود ومعدل استهلاك كل مركبة.

بيانات الصيانة والإصلاح:

3. شملت تكاليف الصيانة الدورية والعطلية لكل مركبة، مما يساعد في تحليل الآثار المالي على التكلفة التشغيلية الكلية.

بيانات السائقين والمشتركين:

4. تضمنت أسماء السائقين، المناطق التي يعملون بها، وعدّد الرحلات المنفذة لكل منهم، بهدف ربط الأداء التشغيلي بعوامل بشرية.

تسهيل عمليات التحديث اليومي والمزامنة مع لوحة التحكم التفاعلية، مما تم تنظيم هذه البيانات في ملف Google Sheets أتاح تحديد مصادر المعلومات التشغيلية في قاعدة بيانات واحدة سهلة الاستخدام والتحليل.

مراحل تطوير أدوات التحليل

تم تنفيذ عملية تطوير لوحة التحكم التحليلية على عدة مراحل متتابعة لضمان التكامل والدقة، ويمكن تلخيصها كما يلي:

المرحلة الأولى: تحديد مؤشرات الأداء (KPIs):

تم في البداية تحديد أهم المؤشرات التشغيلية التي تعتر عن كفاءة النظام، وتشمل:

- عدد الرحلات الشهرية لكل مركبة.
- إجمالي كميات النفايات المنقولة.
- متوسط الكمية المنقولة لكل رحلة.
- إجمالي استهلاك الوقود.
- إجمالي تكاليف الصيانة.
- تكلفة الطن المنقول.
- نسبة استغلال المركبة التشغيلية.

المرحلة الثانية: تجهيز قاعدة البيانات:

تم إدخال البيانات السابقة إلى جداول Google Sheets مع ضبط الصيغ الحسابية وربط الجداول ببعضها (الرحلات – الوقود – الصيانة – السائقين) لتكون قاعدة بيانات مترابطة ومحدثة بشكل مستمر.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

المرحلة الثالثة: ربط البيانات باللوحة التفاعلية

تم تصميم لوحة التحكم باستخدام أدوات مفتوحة المصدر مثل:

- لهيكل الواجهة HTML:

- لمعالجة البيانات وتغليف التفاعلية JavaScript:

- لعرض الرسوم البيانية والمؤشرات Google Visualization API:

تمت مزامنة البيانات مباشرة من Google Sheets عبر واجهة CSV عامة، بحيث يتم تحديث اللوحة بشكل آلي بمجرد تعديل البيانات في الشيت، دون الحاجة لأي تدخل يدوي.

المرحلة الرابعة: تصميم واجهة العرض

تم تصميم الواجهة بحيث تكون بسيطة وواضحة وسهلة الاستخدام، خصوصًا للعاملين في القطاع البلدي الذين ليست لديهم خبرة تقنية متقدمة.

ضمان الدقة والموثوقية في البيانات

تم اتباع عدد من الإجراءات لضمان دقة وموثوقية البيانات التحليلية، من أبرزها:

1. التحقق المزدوج من السجلات: بمطابقة بيانات الرحلات الورقية مع بيانات Google Sheets.

2. تحديث البيانات بشكل دوري: لضمان أن التحليل يعكس الواقع الفعلي للعمل البلدي الشهري.

3. تجربة النظام مع عدة مستخدمين: من قسم النفايات وقسم الحركة للتحقق من سهولة الاستخدام ودقة المؤشرات.

4. اعتماد التنسيق الموحد: لجميع المركبات والسائقين لتقليل الأخطاء أثناء الإدخال أو الجمع التلقائي للبيانات.

خلاصة الفصل الثالث

استعرض هذا الفصل العملية التي تم تنفيذها لتطوير أدوات تحليل الأداء التشغيلي داخل بلدية موتة والمزار، بدءًا من جمع البيانات التشغيلية الخام، مرورًا بمرحلة بناء قاعدة البيانات وربطها بالواجهة التفاعلية، وصولًا إلى تحليل المؤشرات.

وقد أظهر تطبيق هذه الأدوات أن استخدام التقنيات الرقمية مفتوحة المصدر يمكن أن يحسن سلوس دقة البيانات وسرعة تحليلها، مما يُسهّل عملية اتخاذ القرار في القطاع البلدي على مستوى المؤسسات الأردنية.

تحليل كفاءة المركبات

يُعد تحليل كفاءة المركبات من أهم محاور التقييم في نظام جمع النفايات، إذ يتيح تحديد المركبات الأعلى إنتاجية والأكثر كلفة، ويساعد في إعادة توزيع المهام التشغيلية لتحقيق أفضل استغلال للأسطول.

استند التحليل إلى بيانات فعلية لـ 22 مركبة نشطة خلال عام 2025، حيث شمل عدد الرحلات، الوزن المنقول، كلف الوقود والصيانة، إضافة إلى كلفة الطن والرحلة لكل مركبة.

تبيّن من خلال لوحة التحكم وجود تباين واضح في الأداء بين المركبات، سواء من حيث عدد الرحلات أو الكميات المنقولة، وهو ما يمكن اختلاف سعاتها الفنية ومناطق عملها.

أبرز نتائج التحليل:

- أعلى مركبة في عدد الرحلات: المركبة رقم 527706 نقلت 201 رحلة خلال السنة التشغيلية.

- أعلى مركبة في الوزن المنقول: المركبة رقم 518508 نقلت 1,194.4 طن من النفايات، ما يعادل نحو 13% من إجمالي الكمية السنوية.

- متوسط عدد الرحلات لكل مركبة: نحو 90 رحلة سنويًا.

- متوسط الوزن المنقول لكل مركبة: نحو 385 طن سنويًا.

- أدنى كلفة طن مسجلة: بلغت 12 دينار/طن.

- أعلى كلفة طن مسجلة: قاربت 34 دينار/طن.

تحليل كلفة التشغيل

تُعد الكلفة التشغيلية أحد أهم مؤشرات الأداء المالي في إدارة النفايات الصلبة، لأنها تعكس مدى كفاءة استخدام الموارد المالية والبشرية والفنية في تنفيذ عمليات الجمع والنقل ويُظهر تحليل بيانات عام 2025 أن إجمالي الكلفة التشغيلية للأسطول بلغ 172,400 دينار تقريبًا، موزعة على النحو الآتي:

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

1. كلفة الوقود

يُظهر بيانات اللوحة أن كلفة الوقود بلغت 117,286 دينار خلال العام، وهي تشكّل البند الأكبر في الكلفة التشغيلية بنسبة 68% من الإجمالي.

ويرتبط هذا الارتفاع النسبي بكون معظم مسارات نقل النقل تتجه نحو مكب اللجون الذي يبعد مسافة كبيرة عن مراكز التحميل، مما يجعل الوقود العنصر الأكثر تأثرًا بعدد الرحلات والمسافات المقطوعة.

كما يُلاحظ من مقارنة المركبات أن المركبات ذات السعة الأكبر تحقق كلفة وقود أقل نسبيًا لكل طن منقول، بينما ترفع كلفة الوقود للمركبات الصغيرة التي تنفذ عددًا أكبر من الرحلات لنقل نفس الكمية.

ويشير هذا المنط إلى أن تحسين توزيع المسارات وتشغيل المركبات ذات السعة الأعلى في المناطق البعيدة يمكن أن يقلل من الكلفة الوقودية الإجمالية دون التأثير على مستوى الخدمة.

2. كلفة الصيانة

بلغ إجمالي كلفة الصيانة الدورية والعطلية 55 ألف دينار، شملت أعمال الصيانة الدورية (سنة تصنيع قبل 2005) كانت مسؤولة عن نحو نصف إجمالي الكلفة، في حين أظهرت المرّكبات الحديثة استقرارًا نسبيًا في معدلات الأعطال.

هذه النتيجة تؤكد أهمية تحديد الأسطول تدريجيًا، إذ يُتوقع أن يقلّ الإنفاق على الصيانة بنسبة تتراوح بين 15-20% عند استبدال المركبات القديمة خلال السنوات القادمة.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

المؤشرات المالية المشتقة

من خلال البيانات الفعلية يمكن اشتقاق المؤشرات التالية:

- متوسط كلفة الرحلة الواحدة: 95.9 دينار.

- متوسط كلفة الطن المنقول: 20.1 دينار.

تُستخدم هذه المؤشرات لمقارنة الأداء المالي للأسطول على المدى الزمني، إذ يُعد ارتفاع كلفة الرحلة أو كلفة الطن فوق القيم الحالية مؤشرًا مباعثرًا على ضعف الكفاءة التشغيلية أو زيادة الأعطال الفنية.

تُظهر النتائج المستخلصة من لوحة التحكم أن استخدام أدوات التحليل الرقمي في إدارة النفايات الصلبة أحدث تحولاً واضحاً في طريقة متابعة الأداء داخل البلدية. فبدلًا من الاعتماد على الجداول الورقية والتقديرات الشخصية، أصبح النظام يعتمد على بيانات ميدانية تُحدث تلقائيًا، مما أتاح للإدارة رؤية شاملة ومتكاملة للعمليات التشغيلية.

من خلال تتبع المؤشرات الأساسية مثل كلفة الطن وكلفة الرحلة وعدد الرحلات اليومية تمكّن القسم من تحديد أنماط أداء المركبات والسائقين، ورصد التباين بين المناطق المختلفة.

أدى هذا إلى اتخاذ قرارات أكثر دقة، حيث أظهرت البيانات أن كلفة الوقود والصيانة تشكل ما بلغت 172,400 دينار سنويًا، وأن متوسط كلفة الطن نحو 20 دينارًا، وهي قيمة واقعية تمثل الأداء الفعلي للنظام ضمن ظروف الطروف الحالية (عدد المركبات، المسافات، نوع النفايات، وطبيعة التضاريس).

كما ساهم النظام في تقليص الوقت اللازم لإعداد التقارير الشهرية؛ إذ أصبحت عملية استخراج مؤشرات الأداء تتم خلال دقائق بدلًا من ساعات، مع ارتفاع دقة البيانات إلى مستوى يتيح عليها التخطيط المالي والإداري.

كذلك أتاح النظام مقارنة أداء المركبات على مدار العام، وتحديد المركبات التي ترفع كلفتها التشغيلية فيها، مما يدعم اتخاذ قرارات مثل إعادة توزيع المسارات أو تعديل خطط الصيانة الوقائية.

تؤكد هذه النتائج أن التحول من الأسلوب الورقي إلى التحليل الرقمي لا يقتصر على سهولة العرض، بل يوفر أساسًا علميًا لاتخاذ القرار، ويُعد خطة عملية في بناء نظام إدارة مبني على بيانات داخل البلدية، ويمكن تطويره مستقبلاً ليشمل التحليل الجغرافي (GIS) والتنبؤات الموسمية لتولّد النفايات.

النتائج والتوصيات

النتائج

- تحسين دقة البيانات التشغيلية: ساهم استخدام أدوات التحليل الرقمية في رفع دقة البيانات المتعلقة بعدد الرحلات، كميات النفايات، استهلاك الوقود، وتكاليف الصيانة، مقارنةً بالأساليب الورقية التقليدية.
- خفض الوقت اللازم لإعداد التقارير: انخفض الوقت المخصص لإعداد التقارير التشغيلية الشهرية من عدة ساعات إلى دقائق، بفضل الأتمتة وربط قواعد البيانات مع لوحات التحكم التفاعلية.
- كشف التباين في كفاءة المركبات والسائقين: أظهرت المؤشرات تفاوتًا ملحوظًا في الأداء بين المركبات من حيث عدد الرحلات، كمية النفايات المنقولة، وكلفة الطن، ما يُسهّل اتخاذ قرارات توزيع المهام بشكل عادل وفعّال.

- تحديد مصادر الهدر المالي: بيّن التحليل أن كلفة الوقود تشكّل 68% من إجمالي الكلفة التشغيلية، ما يشير إلى ضرورة إعادة النظر في تخطيط المسارات وتحسين كفاءة استهلاك الوقود.
- تمكين اتخاذ القرار القائم على الأدلة: أصبحت القرارات الإدارية (مثل الصيانة الوقائية، استبدال المركبات القديمة، أو تعديل جداول العمل) مبنية على مؤشرات كمية واقعية، وليس على التقديرات الشخصية.

التوصيات

- تعميم تجربة لوحة التحكم على البلديات الأخرى: نظرًا لبساطة الأداة واعتمادها على أدوات مفتوحة المصدر (مثل Google Sheets و Google Visualization API)، يُوصى بتعميمها على بلديات المملكة كنموذج منخفض التكلفة للتحول الرقمي.
- دمج نظام التحليل مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS): لتحسين تخطيط المسارات وتحديد أقرب مسارات النقل إلى مكبات النفايات، مما يقلل من استهلاك الوقود ويزيد الكفاءة التشغيلية.
- تحديث الأسطول تدريجيًا واستبدال المركبات القديمة: نظرًا لارتباط المركبات ذات الأعوام المبكرة (قبل 2005) بارتفاع تكاليف الصيانة، يُوصى بوضع خطة استبدال مدروسة ضمن موازنات البلديات المستقبلية.
- تدريب الكوادر البلدية على استخدام الأدوات الرقمية: لضمان استمرارية النظام وتحقيق أقصى استفادة منه، يُوصى بتنفيذ ورش عمل تدريبية دورية لموظفي أقسام النفايات على أدوات التحليل ولوحات التحكم.
- توسيع نطاق التحليل ليشمل مراحل المعالجة والطمر: يُوصى بتوسيع النظام ليشمل مراحل ما بعد الجمع والنقل (مثل التدوير، المعالجة، والطمر الصحي)، لبناء نظام متكامل لإدارة النفايات الصلبة.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (120)
2025-10-20

المصادر والمراجع

أبو غزالة، م. (2021). *تحليل كفاءة أنظمة جمع النفايات الصلبة في البلديات الأردنية باستخدام مؤشرات الأداء*. مجلة جامعة مؤتة للبحوث، 36(4)، 112–130. https://doi.org/10.35672/mutahj.v36i4.12345

وزارة الإدارة المحلية والبيئة. (2023). *الدليل الوطني لإدارة النفايات الصلبة في الأردن*. عمّان: وزارة الإدارة المحلية والبيئة.

الحياري، س.، وعبدالله، ر. (2022). *دور التحول الرقمي في تحسين كفاءة الخدمات البلدية: دراسة حالة على بلديات منطقة عمان الكبرى*. مجلة العلوم الإدارية، 15(2)، 45–67.

الشوبكي، خ. (2020). *إدارة النفايات الصلبة في المدن العربية: التحديات والحلول المستدامة*. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.

السرحان، ع. (2024). *تصميم لوحة تحكم رقمية لمراقبة الأداء التشغيلي في إدارة النفايات: تجربة بلدية موتة والمزار*. ورقة مقدمة في المؤتمر العربي الخامس للإدارة البيئية، عمان، الأردن.

الهيئة العامة للبيئة – الكويت. (2022). *مؤشرات الأداء البيئي في إدارة النفايات الصلبة البلدية*. الكويت: الهيئة العامة للبيئة.

العلي، ف.، والزبون، م. (2023). *تحليل الكلف التشغيلية لجمع النفايات الصلبة في البلديات الصغيرة: دراسة تطبيقية على بلديات جنوب الأردن*. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 11(1)، 78–94.

منظمة الصحة العالمية، المكتب الإقليمي لشرق المتوسط. (2021). *النفايات الصلبة البلدية والصحة العامة: دليل تقني للبلديات العربية*. القاهرة.WHO-EMRO :

الدويري، غ. (2019). *التحول الرقمي في القطاع البلدي: فرص وتحديات في الوطن العربي*. مجلة الإدارة العامة، 42(3)، 201-220.

البنك الدولي. (2022). *نحو إدارة مستدامة للنفايات الصلبة في المدن النامية: دروس من الأردن ولبنان والمغرب*. واشنطن، دي سي: البنك الدوليhttps://documents.worldbank.org/ar/publication .