Taj Al-Ma'rifa Journal مجلة تاج المعرفة
ISSN : 3104-8846, ISSN-L: 3104-8838

Evaluating the implementation of methods to reduce construction waste in real estate companies in Tripoli, Libya

*** Hamza Ali.k. Krebish**
High Institute of Engineering Technologies, Tripoli
Eng.ly80@gmail.com

*Corresponding Author: *** Hamza Ali.k. Krebish**

Keyword
Construction, Real Estate Companies, Tripoli, Libya, Waste.

Abstract
Waste in the construction industry is the loss produced by activities that generate direct or indirect costs but do not add any value. In recent years, waste in the construction industry has been the subject of several research studies around the world; however, it still continues to be a critical issue. thus, the objective of this study was to develop an analytical hierarchical model for the implementation of lean techniques for the reduction of construction waste in real estate companies in Tripoli, Libya. The study was conducted on seven private residential real estate companies that were actively involved in the construction sector at the time, by targeting decision-makers as respondents. Analytical hierarchical process-based questionnaires and face-to-face Interviews were conducted for the collection of primary data. thus, comparison-based surveys and data analyses were used to quantify the relative priorities for a given set of alternatives on a ratio scale based on the judgment of the construction professionals. According to the data analyses, poor material handling, poor site management, and frequent changes in the design were identified to be the three most dominant sources of construction waste. It was found that the real estate companies do not have any waste reduction strategies or practices. Furthermore, the concerned professionals have limited awareness of the lean techniques and their implementation. Based on the findings, the construction companies are recommended to give proper attention to construction waste minimization and a huge task is ahead of the policymakers for lean techniques implementation.

Received : 24/01/2026 Accepted : 08/03/2026
DOI: https://doi.org/10.64943/jkc.2026.040115

Copyright © 2026 JKC ; Published by Higher Institute of Science and Technology, Tajoura, Libya
This is an open access article licensed under CC BY: (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

تقييم تنفيذ الأساليب لتقليل هدر عملية البناء في الشركات العقارية في طرابلس ليبيا

* حمزة علي خليفة خريبيش
المعهد العالي للتقنيات الهندسية طرابلس
Eng.ly80@gmail.com

*الباحث المرسل: * حمزة علي خليفة خريبيش

الكلمة المفتاحية: البناء , الشركات العقارية , طرابلس ليبيا , هدر.

الملخص

المخلفات في صناعة البناء هي الخسارة الناتجة عن الأنشطة التي تولد تكاليف مباشرة أو غير مباشرة ولكنها لا تضيف أي قيمة. في السنوات الأخيرة ، كانت المخلفات في صناعة البناء موضوع العديد من الدراسات البحثية حول العالم ؛ ومع ذلك ، لا تزال قضية حرجة. بالنسبة لنا ، كان الهدف من هذه الدراسة هو تطوير وتنفيذ تقنيات بسيطة للحد من مخلفات البناء في الشركات العقارية في طرابلس ، ليبيا. أجريت الدراسة على سبع شركات عقارية سكنية خاصة كانت تشارك بنشاط في قطاع البناء في ذلك الوقت ، من خلال استهداف صانعي القرار كمشاركين. أجريت المقابلات وجهاً لوجه لجمع البيانات الأولية. بالنسبة لنا ، تم استخدام الاستطلاعات القائمة على المقارنة وتحليلات البيانات لتحديد الأولويات النسبية لمجموعة معينة من البدائل على مقياس نسبة بناءً على حكم متخصصي البناء. وفقًا لتحليلات بيانات المقابلات، تم تحديد سوء معالجة المواد ، وسوء إدارة الموقع ، والتغييرات المتكررة في التصميم على أنها المصادر الثلاثة الأكثر انتشارًا لمخلفات البناء. وجد أن الشركات العقارية ليس لديها أي استراتيجيات أو ممارسات للحد من المخلفات. علاوة على ذلك ، فإن المهنيين المعنيين لديهم وعي محدود بالتقنيات الخالية من الهدر وتنفيذها. استنادًا إلى النهايات ، يُنصح شركات البناء بإيلاء الاهتمام المناسب لتقليل مخلفات البناء ومهمة ضخمة تنتظر صانعي السياسات لتنفيذ التقنيات الخالية من الهدر.

تاريخ الإستقبال: 2026/01/24 تاريخ القبول: 2026/03/08
DOI: https://doi.org/10.64943/jkc.2026.040115

مقدمة

تلعب صناعة البناء والتشييد دورًا رئيسيًا في النمو الاقتصادي للبلد. ومع ذلك ، فإنها تعتمد بشكل كبير على البيئة الطبيعية لتزويدها بالمواد الخام ، حيث يستهلك تشييد المباني 40٪ من أحجار العالم الخام والحصى والرمل ، و 25٪ من الخشب ، و 40٪ من الطاقة ، و 16٪ من المياه سنويا [1]. من ناحية أخرى ، فإن أحد التحديات المشتركة والصعبة المتعلقة بهذه الصناعة هو ارتفاع معدل توليد المخلفات. Luangcharoenrat وآخرون. [2] وجد أن نسبة مخلفات البناء التي يتم دفنة في 13 دولة تتراوح بين 13 و 60٪ مقارنة بإجمالي كمية المخلفات. علاوة على ذلك ، فإن وجود عدد كبير من أنواع المخلفات في أنشطة البناء يؤثر على الأداء العام والإنتاجية للصناعة. المخلفات داخل

الصناعة هي مركز الاهتمام ليس فقط من وجهة نظر فعالية الموارد ولكن أيضًا بسبب تأثيرها السلبي على البيئة والإنتاجية.

بالنسبة للعديد من الدول ، تعد المستويات المرتفعة من توليد المخلفات ، بالإضافة إلى التطور السريع للبلدات والمدن ، من القضايا الحاسمة [3 ، 4]. ينتج عن المخلفات الناتجة في مواقع البناء عاملي تكلفة للبناة ، وهما تكلفة شراء المواد وتكلفة نقلها والتخلص من مخلفات الموقع. وبالتالي ، يجب تصنيف المخلفات على أنها أي خسائر تنتج عن الأنشطة التي تخلق تكاليف مباشرة أو غير مباشرة ولكنها لا تضيف أي قيمة. كدولة نامية ذات معدلات نمو سكاني وتحضر سريع ، تتضمن صناعة البناء في ليبيا حاليًا مجموعة واسعة من المباني ، تمتد من المنازل البسيطة إلى المباني الشاهقة ومن المدارس والمستشفيات إلى المصانع ومراكز التسوق ، وتمتد من الطرق السريعة إلى الكباري.

التطوير العقاري هو أحد الاستثمارات التجارية الضخمة في البلاد حيث يتم تداول مليارات السيولة النقدية في السوق. بسبب الطلب الهائل على الإسكان الحالي والمستقبلي ، يتزايد عدد الفاعلين في القطاع [6]. تواجه صناعة البناء الليبية العديد من القضايا والتحديات التي تواجهها الصناعة في الدول النامية الأخرى ، وربما بخطورة شديدة.

من بين أمور أخرى ، تواجه ليبيا تحديات تتمثل في الموارد المحدودة والآثار البيئية المرتبطة بضعف إدارة الطاقة والمخلفات. إدارة مخلفات البناء هي ممارسة جديدة نسبيًا لصناعة البناء الليبية. ودراسة أجراها تاديسي وآخرون. [7] أكد أن 30 إلى 40٪ من وقت المشروع يضيع في أداء أنشطة غير ذات قيمة مضافة مثل الإنتاج الزائد والمخلفات المتعلقة بالانتظار. بشكل عام ، تعمل هياكل البناء الليبية في ظل تأخيرات في تسليم المشروع ، وتجاوزات في التكاليف ، وعيوب في الجودة ، وانخفاض رضا العملاء.

يؤدي تقليل مخلفات عمليات البناء وإدارتها إلى توفير تكلفة التخلص منها والنقل ، وزيادة الأرباح ، وتوفير الوقت ، وحماية البيئة ، وإنشاء مواقع عمل نظيفة وآمنة [8]. يتم استخدام استراتيجيات مختلفة لتقليل مخلفات البناء وتأثيراتها. يعتبر البناء الخالي من الهدر ، في هذا الصدد ، أداة إدارة فعالة لتحسين الكفاءة في المجال. لا يزال تحقيق مكثف جاريًا لاعتماد مبادئ تقليل المخلفات Lean من الصناعة التحويلية إلى صناعة البناء. إن عملية تطبيق الفلسفات المستخدمة في الصناعة التحويلية على صناعة البناء هي عملية مستمرة لأن التفكير الضيق في إدارة البناء مختلف [9].

التفكير القضاء علي الهدر (Lean Thinking)(LT) "يتم تعريف Lean على أنه مجموعة من ممارسات الإدارة لتحسين الكفاءة والفعالية من خلال القضاء على الهدر. "يتمثل المبدأ الأساسي لـ Lean في تقليل الأنشطة غير ذات القيمة المضافة والمخلفات والقضاء عليها".هو مفهوم تعتبره شركات المقاولات لتغيير طريقة تفكيرهم. فهو يجمع بين فلسفات مثل التخلص من المخلفات ، والتحسين المستمر ، وتوافر الموارد ، والعمل الجماعي ، وإدارة سلسلة التوريد بشكل تعاوني لضمان النجاح في المشاريع [10]. هناك خمسة مبادئ أساسية للبناء خالي من الهدر والتي تساعد أصحاب المصلحة على إدارة شركاتهم ومشاريعهم بمرونة من أجل تحقيق فكرة التفكير الخالي من الهدر

وفوائده ؛ هذه هي ، تحديد قيمة البناء من وجهة نظر العميل ، والاعتراف بتدفقات القيمة بناءً على قيمة التسليم ، وإزالة المخلفات من خلال العمليات المختلفة التي تؤثر على الانخفاض في عمليات العمل ، وإنشاء نظام لسحب الإنتاج للتأكد من أن النظام يعمل بعدم السماح بتسليم المواد حتى يحتاجها العملاء وبشكل عام ، تحقيق التحسين المستمر والسعي إلى الكمال [10-12].

عندما تبدأ شركة في تطبيق Lean ، فإن القيمة الوصفية لخدماتها من منظور العميل هي الخطوة الأولى. هذا يؤدي إلى الاعتراف بالمخلفات على أنها كل شيء لا يضيف أي قيمة من وجهة نظر العميل. للوقت أيضًا قيمة قصوى للعميل. لذلك ، سيتم تحديد هذه الخطوات على طول تدفق القيمة من خلال عملية تسمى تحليل تدفق القيمة. تحليل تدفق القيمة هو أداة للتقييم والتخطيط يستخدمها الممارسون لـ Lean لتطبيق التفكير المرن. يساعد على تحديد أوجه القصور في عملية شاملة. كما أنه يراقب جميع الأنشطة التي يتم إجراؤها من خلال النظر في الجانب الزمني. تتم إدارة الأشخاص والمواد والمعدات باستخدام مخطط يتتبع تدفق المعلومات على طول تدفق العملية. الفوائد المضافة إلى صناعة البناء باستخدام تحليل تدفق القيمة هي التالية: القدرة على تصور تدفق الإنتاج ، وتوقع الهدر في النظام ، ومنع التركيز على فرص التحسين الكبيرة مع تأثير ضئيل ، وإنشاء إطار لتصميم نظام كامل ، وإظهار التفاعل بين المعلومات وتدفق المواد ، ووضع خطة تنفيذ للأنشطة خالية من الهدر في المستقبل [13].

وبالتالي ، يهدف البناء الخالي من الهدر إلى إكمال مشروع يلبي متطلبات العملاء من خلال تقليل المخلفات. يتضمن طرقًا لتصميم أنظمة الإنتاج لتقليل المخلفات في المواد والوقت والجهد البشري ، بهدف تحقيق أقصى قيمة فعالة من حيث التكلفة. إنه يهتم بالسعي الشامل لإجراء تحسينات متزامنة ومستمرة في تصميم مشاريع البناء والتشييد والتفعيل والصيانة والإنقاذ وإعادة التدوير. يساعد مروجو البناء الخالي من الهدر في تحديد الأسباب الجذرية للمخلفات ، والقضاء على تلك الأسباب باستخدام الأدوات والتقنيات ذات الصلة ، وبالتالي تشجيع منع الهدر بدلاً من المحاولة التفاعلية للتغلب على الآثار السلبية للخسارة [12].

غالبًا ما يُفترض أن المخلفات هي المخلفات المادية الوحيدة من قبل متخصصي البناء ؛ ومع ذلك ، يتم إنشاء المخلفات في الصناعة أيضًا من خلال الأنشطة غير المضافة (عمليات المخلفات والهدر) [14]. بالمقارنة مع القضايا الأخرى ، فإن الجهود التي تبذلها الجهات الفاعلة في إدارة البناء للنظر في الأنشطة غير ذات القيمة المضافة منخفضة نسبيًا ، وقد ركزت معظم الدراسات حول المخلفات على النتائج ، وليس على الأسباب الجذرية التي يجب تجنبها [15]. لتحسين الأداء ، يجب تقليل الفاقد أو القضاء عليه. خلق القيمة هو أفضل طريقة للتخلص من الهدر في التصميم والبناء الخالي من الهدر [16]. إن التركيز على القيمة التي نرغب في إنشائها بشكل منهجي هو في الأساس أكثر فائدة وأكثر فاعلية. عندما يقدم المرء قيمة ، يتم التخلص من المخلفات أو ربما لا يتم إنشاؤها في العملية [16 ، 17].

يمكن تصنيف المخلفات حسب مصدرها ، أي المرحلة التي تحدث فيها الأسباب الجذرية للمخلفات. قد تنتج المخلفات عن عمليات تصنيع المواد ، والتصميم ، وتوريد المواد ، والتخطيط وكذلك في مرحلة البناء [18]. تتعلق المخلفات بالمواد (الإفراط في الطلب ، والإفراط في الإنتاج ، وسوء التعامل ، والتخزين السيئ ، وعيوب التصنيع ، والسرقة والتخريب) ومتصلة بالوقت (الانتظار ، والتوقف ، والتشويش ، والاختلافات في المعلومات ، وإعادة العمل ، والأخطاء ، والتفاعل بين مختلف المتخصصين) [19]. بشكل عام ، أكثر أنواع المخلفات شيوعًا في البناء هي: الانتظار (على الأشخاص والمعلومات والمواد) ، التصحيحات (إعادة العمل) ، النقل (النقل والمعالجة القابلة للذوبان) ، الحركة ، المعالجة الزائدة (طرق خاطئة) ، الجرد (التخزين) ، فائض في الإنتاج (بناء في وقت مبكر) [12].

Salem وآخرون. [23] وShaqour [20] وضعوا فوائد تنفيذ البناء الضعيف تحت الركائز الثلاثة للاستدامة ، وهي البيئية والاقتصادية والاجتماعية. الفوائد البيئية هي تحسين التحكم في السلامة ، وتقليل المواد ، ومنع الانبعاثات والتلوث المرتبط بها ، وتقليل استهلاك الطاقة ، وتحسين بيئات العمل [12 ، 22-24] ؛ تعود الفوائد الاقتصادية إلى تقليل الوقت والتكلفة ، وتحسين الجودة ، وزيادة الإنتاجية ، وتقليل إعادة العمل إلى الحد الأدنى ، وتحسين التنبؤ بالمخاطر ، والسلامة ، والتخطيط والتحكم في العمليات ، وخفض تكلفة العمالة ، وبشكل عام تحسين تكلفة دورة الحياة [12 ، 22 ، 25-27] ؛ والفوائد الاجتماعية المحتملة هي رضا الموظفين والعملاء ، وتقليل الاحتكاكات ، وتحسين التواصل بين أصحاب المصلحة ، وتحسين اتخاذ القرار [12 ، 23].

تعمل فوائد البناء الضعيف المتعلقة تحديدًا بالمباني السكنية أو المشاريع العقارية على تقليل المدة الإجمالية للمشروع ، وتحسين الأداء البيئي ، وتحسين سلامة العمال ، وإدارة حالات عدم اليقين في التوريد ، والتحسين المستمر في المشاريع ، وتسليم المنتجات المخصصة على الفور ، وتسليم المنتجات الخدمة في الوقت المحدد وفي حدود الميزانية ، وتقليل التكلفة المباشرة والوقت في النقل والاتصالات ، وتحسين فعالية المعدات بشكل عام ، وتحسين رضا الموظفين وعلاقات الموردين [22].

على وجه التحديد في ليبيا ، [7] .Tadesse et alذكر أن lean لم يُمارس بعد في صناعة البناء 48٪ فقط من المهنيين على دراية بمفهوم الهدر. من خلال الحد من المخلفات وزيادة الفعالية والإنتاجية ، فإن أداة الإدارة الجديدة للبناء الخالي من الهدر لديها القدرة على إفادة شركات البناء الليبية. تم استخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP)، وهي بنية هرمية تعتبر أداة قوية ومفيدة لإدارة العناصر النوعية والكمية متعددة المعايير التي تدخل في سلوك اتخاذ القرار ، لبناء نموذج. تم اختيار برنامج AHP لهذه الدراسة لأنه أداة قوية وبسيطة. يعد AHP أحد أكثر الأنظمة شمولاً التي يتم النظر فيها لاتخاذ قرارات بمعايير متعددة لأن هذه الطريقة تساعد في صياغة المشكلة كهيكل هرمي.

"عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) هي طريقة لتنظيم وتحليل القرارات المعقدة باستخدام الرياضيات وعلم النفس. تم تطويره بواسطة Thomas L. Saaty في السبعينيات وتم تكريره منذ ذلك الحين. يحتوي على ثلاثة أجزاء: الهدف النهائي أو المشكلة التي تحاول حلها ، كل الحلول الممكنة ، تسمى البدائل ، والمعايير التي ستحكم على البدائل بناءً عليها. يوفر AHP إطارًا منطقيًا للقرار المطلوب من خلال تحديد معاييره وخياراته البديلة ، وربط هذه العناصر بالهدف العام".

وبالتالي ، كان الهدف من هذه الدراسة هو بناء نموذج للمساعدة في اتخاذ القرار يمكن استخدامه كأداة من قبل متخصصي البناء لتنفيذ تقنيات بسيطة للحد من المخلفات ، من خلال اعتبار مشاريع عقارية سكنية خاصة مختارة في طرابلس ليبيا كحالة تدرس.

لتحقيق الهدف ، يتم استخدام المصادر الرئيسية للمخلفات ، والممارسة الحالية لتقليل المخلفات ، وتقييم تطبيق التقنيات الخالية من الصرف(الهدر) كبدائل لتقليل مصادر المخلفات المحددة كخطوات تشغيلية. يمكن أن تساعد نهايات الدراسة المتخصصين في البناء على اتخاذ قرار بشأن اختيار التقنيات البسيطة التي سيتم تطبيقها عليها أنواع مختلفة من مصادر المخلفات التي تمت مواجهتها أثناء عملية البناء.

اشكالية الدراسة

تم إجراء الدراسة البحثية في طرابلس، حيث يعد البناء أحد الأنشطة الرئيسية. يعتبر تطوير المساكن القائمة على العقارات بشكل خاص لحل مشكلة الإقامة الحادة في طرابلس، وبالتالي ، فقد كان العمل شائعًا منذ العقود القليلة الماضية. هي دراسة تركز فقط على شركات العقارات السكنية الخاصة من خلال استخدام كل من المقاربات الكمية والنوعية ذات الطبيعة الوصفية ، مع التركيز على الحكم المقارن (تحديد الأولويات) لتطوير نموذج لتنفيذ تقنيات التقليل للحد من مخلفات البناء.

خلال الدراسة ، شاركت سبع شركات بنشاط في الاستثمار العقاري السكني في المدينة. فقد تم اعتبارها جميعًا للدراسة. كانت الشركات تدير 16 مشروعًا عقاريًا سكنيًا واستهدفت الدراسة متخذي القرار ؛ وهم مديري البناء ومديري المشاريع ، وكذلك الموقع ومهندسي الموقع.

تم تصميم الاستبيان (الجدول 1) وتوزيعه لعمل نموذج تحليلي للتسلسل الهرمي (AHP) للمساعدة في اتخاذ القرار. لإنشاء نموذج AHP ، يكون تحديد الهدف هو الخطوة الأولى ، والتي تم تحديدها على أنها تنفيذ تقنيات بسيطة لتقليل مخلفات البناء. من أجل تنفيذ التقنيات الخالية من الصرف بشأن المخلفات ، تم تحديد المصادر الشائعة للمخلفات في البناء من خلال مراجعة الأدبيات [7 ، 9 ، 12 ، 14 ، 15 ، 28]. تم النظر في المجلات ووقائع المؤتمرات حول أسباب مخلفات البناء في المباني السكنية وأعمال المباني العامة في جميع أنحاء العالم وفي ليبيا للمراجعة.

الجدول 1: مقياس المقارنة الزوجي الأساسي [31].

حجم Scale	تصنيف Ranking	توضيح Explanation
1	بنفس القدر من الأهمية	كلا المعيارين أو البدائل تساهم في الهدف بالتساوي
3	مهم بدرجة معقولة	يتم إعطاء تفضيل معتدل لمعيار واحد أو بديل على الآخر
5	مهم للغاية	يتم إعطاء التفضيل الصارم لمعيار واحد أو بديل على الآخر
7	مهم جدا للغاية	يتم إعطاء التفضيل اكثرة صارمة لمعيار واحد أو بديل على الآخر
9	ذو قيمة عالية أو ضروري.	يتم إعطاء اعالي التفضيل الصارم لمعيار واحد أو بديل على الآخر
8, 6, 4 , 2	القيم المتوسطة	

تم إجراء المسح بناءً على مقارنة المصادر المحددة كمعيار يعتمد على AHP في منهجيته. كان هدف المسح هو تحديد الأولويات النسبية لمصدر معين لمخلفات البناء والتقنيات الخالية من المخلفات السائلة كبديل على مقياس النسبة، بناءً على حكم المتخصصين في البناء. تم إنشاء مصفوفة مقارنة زوجية لجميع العناصر الموجودة في نفس المستوى ولكل مستوى من المستويات الأدنى بمصفوفة واحدة لكل عنصر في المستوى الأعلى مباشرة.

تم تحديد المصادر المشتركة لمخلفات البناء التي تم تحديدها ليتم مقارنتها مع بعضها البعض لبناء نموذج المساعدة في اتخاذ القرار. بعد إجراء المقارنة، لكل مصدر مقارنة لمخلفات البناء، كان هناك تقنيتان مقترحتان للاستهلاك المنخفض والتي تم تحديدها أيضًا من خلال مراجعة الأدبيات كبديل لتقليل المخلفات (الجدول 2). لذلك، طُلب من المشاركين مقارنة البديلين وتحديد أيهما أكثر قابلية للتطبيق.

الجدول 2: قيم مؤشر تناسق العشوائي [29].

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

أدخل كل صانع قرار المبلغ المطلوب لكل عضو ثم تحويل. الردود الفردية (لكل مستجيب) إلى ردود جماعية (لكل واحدة من المقارنات المزدوجة) باستخدام متوسطها الهندسي. تم استخدام المقياس الذي يتراوح من واحد إلى تسعة، حيث يشير الأول إلى أن العنصرين متماثلان أو متساويان في الأهمية، ويشير الرقم تسعة إلى أن العنصر كان أكثر أهمية للغاية من العنصر الآخر في المصفوفة الزوجية. المقياس الزوجي وقيمة الأهمية المنسوبة لكل رقم.

ومن ناحية أخرى، تم استخدام المقابلة وجهاً لوجه كأداة لتقييم ممارسات الشركات بشأن الحد من المخلفات. وكان الهدف من المقابلة استكمال الاستبيان وتعزيز موثوقية البيانات التي تم الحصول عليها من خلال الاستبيان. أثيرت العديد من القضايا لفهم استراتيجيات الحد من المخلفات وما إذا كان لدى الشركة نظام خاص بها لإدارة المخلفات. تم إجراء سبعة وسبعين مقابلة في الفترة من 01 مارس

إلى 30 أبريل من عام 2021 مع جميع العاملين في مجال البناء الذين أجابوا على الاستبيان داخل الشركات العقارية.

يتضمن إجراء AHP مجموعة متنوعة من الخيارات في القرار وهو قادر على تطبيق تحليل الحساسية على المعايير والمقاييس اللاحقة. كما أنه يجعل الأحكام والحسابات أسهل بسبب المقارنات المزدوجة. علاوة على ذلك، فإنه يدل على توافق وعدم توافق القرارات، وهي مكافآت اتخاذ القرار متعدد المعايير [29]. "إن أبسط شكل يستخدم لهيكلة مشكلة القرار هو تسلسل هرمي يتكون من المستويات الثلاثة التالية: هدف القرار في المستوى الأعلى، يليه مستوى يتكون من المعايير التي من خلالها سيتم تحديد البدائل الموجودة في المستوى الثالث. يتم تقييمه [30]. يوضح هذا العلاقات بين الأهداف ومعايير التقييم والمعايير الفرعية والبدائل بطريقة مرتبة. بعد هيكلة التسلسل الهرمي، يتم تقييم الأهمية النسبية لمعايير القرار من خلال مقارنة بدائل القرار لكل معيار، وأخيرا، يتم تحديد الأولوية العامة لكل بديل قرار والترتيب العام لبدائل القرار [31]. وبالتالي فإن الخطوات المستخدمة في AHP هي كما يلي:

الخطوة 1: يتم عرض قضية وهدف اتخاذ القرار بشكل هرمي في مشهد عناصر القرار ذات الصلة. عناصر صنع القرار هي مؤشرات القرار واختيارات القرار [29]. عند استخدام AHP لذمج مشكلة ما، يحتاج المرء إلى بنية هرمية أو شبكة لتمثيل تلك المشكلة بالإضافة إلى مقارنات زوجية لإنشاء علاقات داخل البنية. وفي الحالة المنفصلة، تؤدي هذه المقارنات إلى مصفوفات التحكم [30]. وبالتالي فإن الخطوة الأولى هي تحديد مشكلة القرار وتحديد المعايير والبدائل.

الخطوة 2: إنشاء التسلسل الهرمي الهيكلي.

الخطوة 3: يتم تشكيل مصفوفة المقارنة الزوجية. يتم إجراء المقارنة الزوجية بناءً على إجابات صانع القرار أو الخبير، الذي يقوم بتقييم أهمية كل معيار لكل هدف (أهداف) القرار باستخدام مقياس يتراوح من 1 إلى 9 (الجدول 1).

يتم استخراج مصفوفة المقارنة الزوجية والتي تسمى المصفوفة A من البيانات التي تم جمعها من المستجيبين. $A=[a_{ij}]$ يمثل تفضيلات الخبير (A_i Versus A_j for all $_{i,j} = 1,2,3,\ldots\ldots, n$)

القياس النسبي, $Wi , i = 1,\ldots,n$ لكل عنصر من العناصر n هو مقياس نسبي للقيم المخصصة لذلك العنصر ويتم استخلاصه من خلال مقارنته في أزواج مع العناصر الأخرى. في المقارنات الزوجية عنصرين $_i$ و $_j$ تتم مقارنتها فيما يتعلق بالممتلكات المشتركة بينهما. يتم استخدام **i** الأصغر كوحدة ويتم تقدير **j** الأكبر كمضاعف لتلك الوحدة في النموذج **(wi/wj)/1** حيث يتم أخذ النسبة **wi/wj** من مقياس أساسي للقيم المطلقة [30].

الخطوة 4: يتم اشتقاق القيمة الذاتية والمتجه الذاتي. يتم تطبيع القيم الموجودة في مصفوفة المقارنة ويتم الحصول على المتجه الذاتي عن طريق حساب متوسط كل سطر في مصفوفة المقارنة المقاسة.

توفر هذه المتوسطات فكرة عن أولويات الخيارات مقارنة ببعضها البعض. يتم حساب المصفوفة الذاتية بضرب المتجه الذاتي ومصفوفة المقارنة.

(أ) يتم جمع القيمة في كل عمود من المصفوفة الزوجية على النحو التالي: $Cij = \sum_{i=0}^{n} 1cij$

(ب) يتم تقسيم كل عنصر في المصفوفة على إجمالي العمود الخاص بها لإنشاء مصفوفة زوجية طبيعية $\mathbf{X_{ij}}$ ممثلة على النحو التالي

(1)

$$\text{Xij} = \frac{Cij}{\sum_{i=0}^{n} 1cij} \begin{vmatrix} w11 & w12 & w13 \\ w21 & w22 & w23 \\ w31 & w32 & w33 \end{vmatrix}$$

(ج) يتم تقسيم مجموع العمود المقاس للمصفوفة على عدد المعايير المستخدمة (n) لإنشاء مصفوفة مرجحة (متجه الأولوية)، **Wij** الذي يتم تمثيله كـ

(2)

$$Wij = \frac{\sum_{i=0}^{n} 1wij}{n} \begin{vmatrix} w11 \\ w21 \\ w31 \end{vmatrix}$$

الخطوة 5: تحديد نسبة تناسق. تعد دقة تناسق المسح جانبًا مهمًا من البحث، حيث يشير إلى صحة البيانات وموثوقيتها. بالنسبة لهذه الدراسة، تم إجراء أول مقياس للصدق الظاهري من خلال الاستعانة بالأكاديميين الذين يفهمون الموضوع لمراجعة الاستبيان لتقييم المحتوى، وبناءً على تقييمهم وتعليقاتهم تمت مراجعة الاستبيان. وبعد ذلك تم إجراء مسح تجريبي على المشاريع حيث تم توزيع 16 استبانة ليتم ملئها من قبل مديري المشاريع والمهندسين. ومن خلال التحقق من ملء الاستبيانات بشكل صحيح، تم جمع البيانات والتحقق من ثباتها بنسبة تناسق.

للتحقق من صحة المقارنة، تم التحقق من تناسق المصفوفة الزوجية (CI)

(3)

$$CI = \frac{(\lambda max - n)}{n - 1}$$

حيث يمثل λmax الحد الأقصى للقيمة الذاتية و n هو حجم المصفوفة.

يتم حساب نسبة الاتساق (CR) باستخدام الصيغة التالية:

(4)

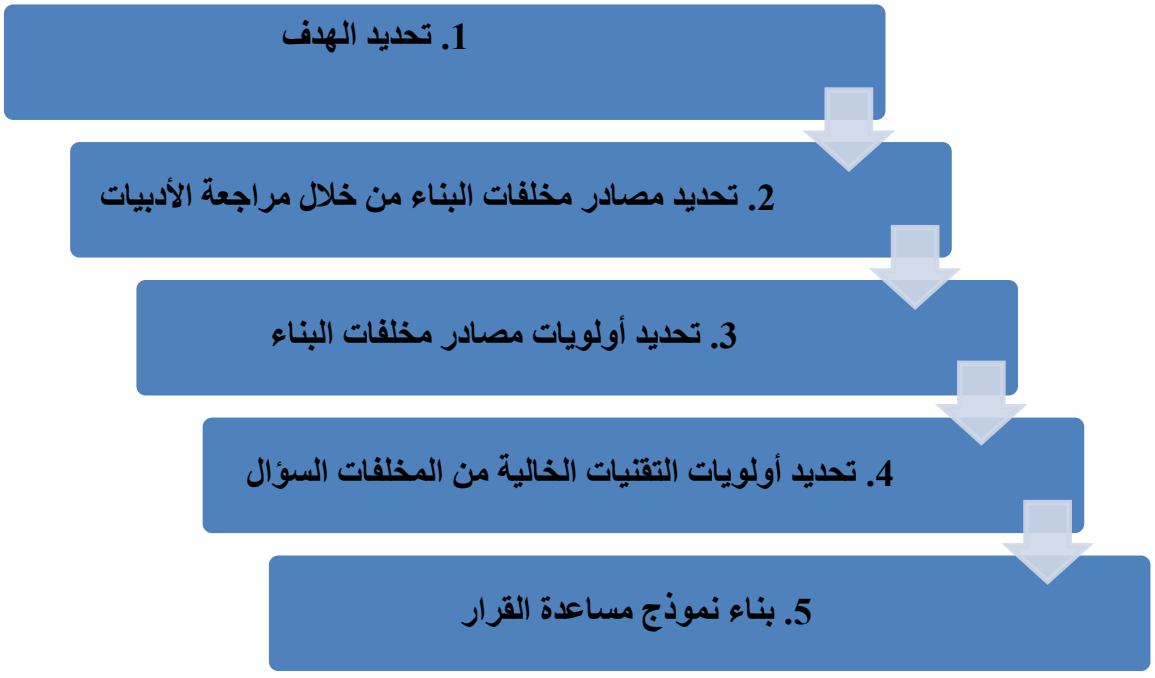
$$CR = \frac{CI}{RI}$$

حيث RI هو مؤشر الاتساق العشوائي الذي تم الحصول عليه من مقارنة زوجية تم إنشاؤها عشوائيًا، والتي يتم استخدام الجدول 2 لها. يجب أن تكون نسبة الاتساق أصغر من 0.10، وإلا فإن الحساب يعتبر غير متناسق.

بناءً على نتائج الدراسة، تم إنشاء هرم قرارات AHP باستخدام المصادر ذات الأولوية لمخلفات البناء والتقنيات الخالية من المخلفات السؤائل الخاصة بها. وتظهر الخطوات العامة للدراسة في الشكل 1.

3. فرضيات الدراسة و الاهداف

وقد تم توزيع 77 استبيانًا وإعادة 66 ورقة مسح، بنسبة استجابة 85.71%. تم توزيع الاستبيان المصمم على العاملين في مجال البناء. وهم مديرو البناء، ومديرو المشاريع، ومهندسين المكاتب، ومهندسين المواقع، والمشرفون، في قطاع العقارات بناءً على البيانات المقدمة من وزارة الإسكان في طرابلس ليبيا. ويعرض الجدول 3 التفاصيل في الاسفل. يتمتع المحترفون بخلفية تعليمية من الدرجة الأولى على الأقل. علاوة على ذلك، 37.84% منهم لديهم 1-5 سنوات من الخبرة في صناعة البناء والتشييد، 48.65% منهم لديهم 6-10 سنوات من الخبرة، والباقي 13.5% لديهم خبرة أكثر من 10 سنوات.



الشكل 1: الخطوات المستخدمة في الدراسة.

قبل العمل على نهج الحد من المخلفات ، تم تقييم ممارسات التعامل مع المخلفات في الشركات، وتقنياتها للحد من المخلفات ، إن وجدت، ووعي المهنيين حول البناء الخالي من الهدر والتقنيات الخالية من الهدر من خلال استخدام المقابلات وجهاً لوجه. بناءً على الاستطلاع، لم يكن لدى 53 (80.3%) من المهنيين أي وعي بالتقنيات الخالية من السؤائل وتطبيقاتها في صناعة البناء والتشييد، وكان لدى البقية معرفة محدودة فقط بالتقنيات الخالية من السؤائل ولكن لم تكن لديهم الخبرة اللازمة لتنفيذها لتقليل الصرف (الهدر) . علاوة على ذلك، كشفت المقابلة أن جميع الشركات ليس لديها نظام للحد من المخلفات على الإطلاق. وبالاتفاق مع هذه النتيجة، أظهرت دراسة أجراها Yibeltal [5] أن جميع الشركات التي تم الاتصال بها في مدينة طرابلس (ليبيا) لم يكن لديها استراتيجية لإدارة مخلفات البناء في شركاتها. وهذا يعني أنه لا يتم إعطاء الاهتمام المناسب للحد من مخلفات البناء من قبل كل من المهنيين والشركات في الصناعة.

4. اهمية الدراسة و تحديد أولويات مصادر مخلفات البناء

تم تحديد مصادر مخلفات البناء، والتي تم تحديدها من خلال مراجعة الأدبيات (الجدول 4)، ليتم مقارنتها مع بعضها البعض من قبل متخصصي البناء. وكانت المصادر التي تم تحديدها ثمانية في العدد ثم تحولت إلى استبيان يتكون من 36 سؤال مقارنة مزدوج، لكل معيار يتم تحديد أولوياته.

وفقًا Saaty [32]، لإجراء المقارنات، يحتاج المرء إلى مقياس من الأرقام يشير إلى مدى أهمية أو سيطرة عنصر ما على عنصر آخر فيما يتعلق بالمعيار الذي تمت مقارنتهم به. تم ترتيب المصفوفة واختيار نطاق من 1 إلى 9 وتخصيصه، حيث تشير الدرجة القصوى إلى أن الصف أكثر أهمية من العمود. تم تخصيص قطري المصفوفة بدرجة 1. وبالنظر إلى الأعمدة، تكون القيمة الموجودة في العمود المقابل أسفل القطر مباشرة متبادلة مع الدرجات الموجودة في الصف المقابل. وبالمثل، تم حساب جميع الأعمدة وإضافتها للوصول إلى الإجمالي. أخيرًا، بعد إصدار الأحكام على تأثير جميع العناصر وحساب الأولويات للتسلسل الهرمي ككل، لتقييم نتيجة الاستبيان، تم إنشاء مصفوفة مقارنة 8 × 8. الافتراض الأساسي، ولكن المعقول جدًا، هو أنه إذا كانت السمة A أكثر أهمية من السمة B وتم تصنيفها بـ 9، فيجب أن تكون B أقل أهمية من A ويتم تقييمها بـ 9/1. تم إنشاء المصفوفة عن طريق إنشاء صفوف وأعمدة لها نفس المعلمات. ويرد وزن كل معيار في الجدول 5.

الجدول 3: معدل الاستجابة للاستبيانات.

Respondent	Distributed	Successfully responded	Incomplete response	Incorrect response	Not returned
Construction manager	7	4	1		2
Project manager	16	12		2	2
Office engineer	22	19	1	2	
Site engineer	16	15		1	
Consultant	16	16			
Total	77	66	2	5	4
Return rate (%)	100	85.71	2.59	6.49	5.19

الجدول 4: مصادرالمخلفات.

Criteria	Code
Poor material handling and storage	C1
Excess inventory	C2
Poor site management	C3
Frequent changes in design	C4
Poor planning	C5
Rework	C6
Overproduction	C7
Delay (waiting)	C8

الجدول 5: مصفوفة المقارنة.

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	1	7	3	3	3	5	5	3
C2	1/7	1	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/5
C3	1/3	5	1	1	3	3	5	1
C4	1/3	5	1	1	3	3	3	1
C5	1/3	5	1/3	1/3	1	1	3	1
C6	1/5	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1
C7	1/5	3	1/5	1/3	1/3	1/3	1	1/3
C8	1/3	3	1	1	1	1	3	1
Sum	2.876	34.0	7.067	7.200	11.867	17.333	21.333	8.533

بعد الحصول على الأحكام الزوجية (الجدول 5)، كانت الخطوة التالية هي حساب متجه الأولويات أو ترجيح العناصر في المصفوفة. فيما يتعلق بجبر المصفوفات، يتكون هذا من حساب متجه الأولوية (المتجه الذاتي) للمصفوفة عن طريق إضافة عناصر كل عمود للعثور على الإجمالي. لتطبيع كل عمود إلى مجموع 1.0 أو 100%، تم تقسيم عناصر العمود على إجمالي العمود وتمت إضافتها. لحساب الأولويات، تم تطبيع الدرجات أولاً (الجدول 6). تم تقسيم مجموع العمود المقيس للمصفوفة على عدد المعايير المستخدمة (n) لإنشاء مصفوفة مرجحة أو متجه الأولوية (العمود الأخير من الجدول 6).

الجدول 6: المصفوفة الزوجية المقيسة والمصفوفة المرجحة.

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Criteria weight
C1	0.35	0.21	0.42	0.42	0.25	0.29	0.23	0.35	0.318
C2	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0257
C3	0.12	0.15	0.14	0.14	0.25	0.17	0.23	0.12	0.1679
C4	0.12	0.15	0.14	0.14	0.25	0.17	0.14	0.12	0.1564
C5	0.12	0.15	0.05	0.05	0.08	0.17	0.14	0.12	0.1057

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Criteria weight
C6	0.07	0.09	0.05	0.05	0.03	0.06	0.05	0.12	0.0604
C7	0.07	0.09	0.03	0.05	0.03	0.06	0.05	0.04	0.0485
C8	0.12	0.15	0.14	0.14	0.08	0.06	0.14	0.12	0.1170
Sum	1	1	1	1	1	1	1	1	

لقبول وزن المعايير المحدد، يجب التحقق من اتساق البيانات. ويرتبط الاتساق بالتماسك الداخلي لمتخذ القرار عند النظر في الحكم في مصفوفات المقارنة الزوجية. إنه القياس الأكثر أهمية لنتائج المقارنة الزوجية في AHP. يتم حساب نسبة الاتساق الحقيقية عن طريق قسمة مؤشر الاتساق لمجموعة الأحكام على مؤشر المصفوفة العشوائية المقابلة.

Lambda Max λmax هي القيمة الذاتية القصوى للمصفوفة وهي ضرورية لحساب مؤشر الاتساق. (CI) يمثل عمود النسبة في (الجدول 7) النتيجة الصفرية لـ (max)عن طريق قسمة جميع عناصر مصفوفة المجموع المرجح على متجه الأولوية لكل معيار.

Table 7: Calculation for λmax

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Weighted sum value	Ratio
C1	0.318	0.1799	0.5037	0.4692	0.3171	0.302	0,2425	0.351	2.6834	8.438
C2	0.4452	0.0257	0.03358	0.03128	0.02114	0.0199	0.016	0.0234	0.6162	7.271
C3	0.1049	0.1285	0.1679	0.1564	0.3171	0.1812	0.2425	0.1170	1.4155	8.430
C4	0.1049	0.1285	0.1679	0.1564	0.3171	0.1812	0.1455	0.1170	1.3185	8.430
C5	0.1049	0.1285	0.0554	0.0516	0.1057	0.1812	0.1455	0.1170	0.8898	8.418
C6	0.0636	0.0771	0.0554	0.0516	0.0348	0.0604	0.0485	0.1170	0.5600	9.271
C7	0.0636	0.0771	0.03358	0.0516	0.0348	0.0604	0.0485	0.0386	0.4082	8.416
C8	0.1049	0.1285	0.1679	0.1564	0.1057	0.0604	0.1455	0.1170	1.1427	9.766
Criteria weight	0.318	0.0257	0.1679	0.1564	0.1057	0.0604	0.0485	0.1170	Sum of ratio	68.44

وبالتالي λmax ، فإن الحد الأقصى، وهو مجموع النسبة مقسومًا على n، يصبح 8.555. 'هو، بدوره، يعطي مؤشر اتساق قدره 0.093. لذلك، باستخدام المؤشر العشوائي (RI) البالغ 1.41 لـ n = 8، تم العثور على نسبة التناسق قدرها 0.056، وهي مقبولة لأنها أقل من 0.10. تختلف نسبة الاتساق وتكون المقارنة متسقة وموثوقة بدرجة كافية لاستخدام معيار الترجيح للتقييم. وبناء على ذلك فإن (الجدول 8) يمثل المعايير الثمانية التي تم مقارنتها مع بعضها البعض وتصنيفها وفقا لذلك.

Table 8: Criteria weight.

Criteria	Code	Weight (%)	Rank
Poor material handling and storage	C1	31.8	1
Poor site management	C3	16.8	2
Frequent changes in design	C4	15.6	3
Delay (waiting)	C8	11.7	4
Poor planning	C5	10.6	5
Rework	C6	6.0	6
Overproduction	C7	4.9	7
Excess inventory	C2	2.6	8

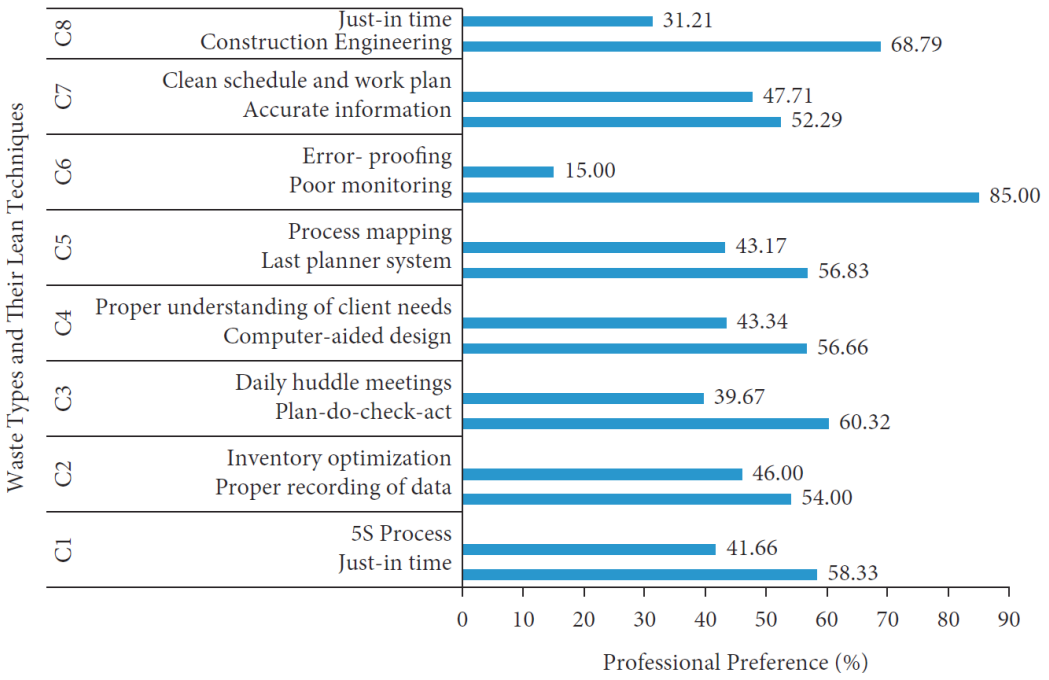
يعتبر سوء التعامل مع المواد، وسوء إدارة الموقع، والتغيير المتكرر في الترتيب من بين المصادر الثلاثة الأولى للمخلفات. وبعد تحديد مصادر المخلفات حسب الأولوية، كانت الخطوة التالية هي إيجاد آليات تقليلها إلى أقل قدر ممكن. ولتحقيق ذلك، تم تحديد بعض التقنيات الخالية من الدهون و السوائل من خلال مراجعة الأدبيات. تحت كل عامل من عوامل الهدر، تم استخدام تقنيتين خاليتين من أجل تحديد أولويات التنفيذ. ويرد وصف موجز للتقنيات الخالية من الدهون و السوائل في المواد التكميلية.

5. منهجية الدراسة و إعطاء الأولوية للتقنيات الخالية من الدهون و السوائل كبديل للحد من المخلفات

1.5. سوء التعامل مع المواد وتخزينها. وقد تبين أن هذا هو المصدر الأكثر شيوعًا للمخلفات بمعدل أولوية يبلغ 31.8%. كما وجد أيضًا أنه مصدر رئيسي لمخلفات البناء من قبل باحثين مختلفين، في أماكن أخرى [28، 33]. وفي الوقت المناسب تمامًا، ومع عملية S5، تم إعداد التقنيات الهزيلة للمقارنة كبديل لتقليل المخلفات بسبب سوء التعامل مع المواد وتخزينها. فضل 58.3% من المتخصصين أن يكون التنفيذ في الوقت المناسب أكثر قابلية للتطبيق مقارنةً بعملية S5 (الشكل 2). يتم استخدام "الوقت المناسب" في البناء للتخلص من المخلفات من خلال استلام البضائع فقط عند الحاجة إليها في عمليات الإنتاج. S5 هي تقنية تؤدي إلى مكان عمل نظيف ومرتب وآمن ومنظم جيدًا للمساعدة في تقليل الهدر وتحسين الإنتاجية. وبالتالي، فإنه يمكن أن يقلل من الهدر الناجم عن سوء التعامل مع المواد.

2.5. سوء إدارة الموقع. وأعطى سوء إدارة الموقع نسبة 16.8% مقارنة بالعوامل الأخرى. تم تصنيفه على أنه العامل الأول الذي يسبب مخلفات البناء من قبل Nagapan et al. [34]. كانت التقنيتان الضعفتين اللتان تمت مقارنتهما لتنفيذ تقليل الهدر المتعلق بسوء إدارة الموقع هما التخطيط والتنفيذ والاجتماعات الجماعية اليومية، مع تفضيل قدره 60.32 و39.67% من قبل المتخصصين، على التوالي. تم أيضًا تقديم اجتماع جماعي يومي باعتباره الأسلوب الأكثر استخدامًا من قبل Ogunbiyi et al. [35]. يساعد الاجتماع الجماعي اليومي مع متخصصين متنوعين في الموقع على تحسين التواصل وسير العمل. تهدف تقنية التخطيط والتنفيذ والفحص إلى تحسين العمليات التي تحدث في الشركة وتساعد في القضاء على الأخطاء المتكررة.

3.5. التغيير المتكرر في التصميم. تم وضع معيار المخلفات هذا في المرتبة الثالثة من قبل المتخصصين بنسبة أولوية تبلغ 15.6%. ومع ذلك، Fadiya وآخرون. [28] وNagapan وآخرون. [34] أبلغ عن تغييرات متكررة في التصميم ليكون المصدر الأكثر شيوعًا لمخلفات البناء في دراساتهم. وبحسب نتيجة الاستطلاع، فإن التغيير في التصميم في المشاريع العقارية يحدث بشكل رئيسي بسبب طلب المالك تعديل التصميم. قد لا ينجح تحديد التقنيات البسيطة التي سيتم تنفيذها من أجل التغيير المتكرر في التصميم لأنه يتضمن تجنب أخطاء التصميم. ومع ذلك، إذا تم طلب التغيير في التصميم بسبب وجود خطأ في التصميم، فيمكن تعيين تقنيتين بسيطتين كبديل. تم منح الأولوية للتصميم بمساعدة الكمبيوتر بنسبة 56.66% والفهم الصحيح لمتطلبات العميل بنسبة 43.3%. Sarhan وآخرون. [12] ذكر أن CAD هو أداة التصميم الأكثر استخدامًا من قبل العديد من المتخصصين في مجال البناء. علاوة على ذلك، فإن استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) يمكن أن يقلل من المخلفات إلى كمية يمكن التعرف عليها من خلال اكتشاف خطأ في التصميم.



الشكل 2: تفضيل المهنيين للتقنيات البديلة لتقليل مخلفات البناء.

4.5. تأخير (انتظار). كان انتظار تسليم المواد أو استكمال النشاط السابق هو المصدر الرابع للمخلفات المدرجة بنسبة 11.7%. Sarhan وآخرون. [12] بينت أن الإنتظار هو نوع شائع من الهدر في مشاريع البناء في دولة ليبيا. تم تصنيف الهندسة المتزامنة بنسبة 68.79% باعتبارها أسلوبًا بسيطًا أكثر قابلية للتنفيذ لتقليل الهدر المرتبط بالانتظار، مقارنةً بتقنية "في الوقت المناسب". تعمل الهندسة المتزامنة على التخلص من الكثير من التأخير من خلال تحديد الأنشطة التي يمكن أن تتداخل وتتكامل. من ناحية أخرى، يمكن في الوقت المناسب القضاء على وقت الانتظار بشكل رئيسي عن طريق تسليم مواد البناء في الوقت المناسب.

5.5. سوء التخطيط. على الرغم من أن التخطيط السيئ هو أحد المصادر الأكثر شيوعًا لمخلفات البناء من قبل Khanh and Kim [9]، إلا أنه في هذه الدراسة تم وضعه في المرتبة الخامسة بمعدل أولوية 10.6٪. كانت التقنيتان اللتان تمت مقارنتهما لتقليل المخلفات هما نظام التخطيط الأخير ورسم خرائط العمليات، بمعدلات 56.83 و43.17% على التوالي. أفاد Abo-Zaid and Othman [33] أن نظام التخطيط الأخير هو الأداة الأكثر شيوعًا المستخدمة في ليبيا. إذا لم تكن التسلسلات المخططة مناسبة وتحتاج إلى إعادة التخطيط، فإن أحد أفضل التقنيات المعروفة هو نظام المخطط الأخير [12]. إنها أداة مهمة لعملية إدارة البناء ومراقبة كفاءة التخطيط من خلال المساعدة في تنوع سير العمل بسلاسة، وتقليل حالات عدم اليقين التي تعاني منها عمليات البناء، ولتطوير البصيرة. يساعد تنفيذ رسم خرائط العمليات على تطوير خارطة الطريق لمعالجة مجالات التحسين لسد الفجوة بين الحالة الحالية والحالة المقترحة لأنشطة البناء المختلفة.

6.5. إعادة العمل. يلزم إعادة العمل عندما لا يتوافق العمل المكتمل مع العقد الفعلي، وفي هذه الدراسة، تم تصنيفه على أنه سيئ بعد التخطيط السيئ كمصدر للهدر. ومع ذلك، فإن دراسة أجراها Bekr [18] صنفت إعادة العمل في المرتبة الثانية. بالمقارنة مع تدقيق الأخطاء، كانت المراقبة المناسبة هي البديل المفضل بشدة لتقنية تقليل الهدر لتقليل المخلفات ، مع تفضيل 85%. يمكن تنفيذ برمجة الأخطاء لتقليل مخلفات البناء عن طريق تجنب الأخطاء البشرية البسيطة في مكان العمل وتحديد الأنشطة المعرضة للأخطاء.

7.5. الإفراط في الإنتاج. الإفراط في الإنتاج هو تصنيع المنتجات قبل الحاجة إليها أو إنتاج كمية زائدة. تم اختيار استخدام المعلومات الدقيقة بشكل هامشي (52.29%) باعتباره الأسلوب البسيط لتقليل الهدر مقارنة بوجود جدول زمني وخطة عمل واضحين.

8.5. المخزون الزائد. حصل المخزون الزائد كمصدر لمخلفات البناء على أقل معدل أولوية. تقوم الشركات بالتحقق من طلب شراء المواد الذي يتم إرساله من المواقع وقبل الموافقة على الطلب يقوم المهندسون في المكتب بالتحقق من كمية المادة المطلوبة لتقليل المخزون الزائد. الطريقتان العجاف اللتان تم تحديدهما لتقليل المخزون الزائد هما التسجيل الصحيح للبيانات وتحسين المخزون. فضل 54% من المهنيين تنفيذ التسجيل المناسب للبيانات لتقليل الهدر. تساعدنا كلتا التقنيتين الخاليتين في معرفة المواد الموجودة بالفعل في الموقع والمواد التي سيتم شراؤها لتنفيذ نشاط بناء معين. وهذا يتجنب شراء كميات زائدة لأن المخزون الزائد يزيد رأس مال الشركات، كما أن تخزين المواد لفترة أطول يؤدي إلى فقدان مواد البناء وتدهورها. وهي أيضًا وسيلة يمكن لشركات البناء والموردين من خلالها تتبع المواد والقوى العاملة والمعدات.

بشكل عام، يمكن أن يكون النهج الهرمي بمثابة أداة لتحديد مصادر مخلفات البناء وأي تقنية بسيطة يجب استخدامها لتقليلها. المستوى الأول من التسلسل الهرمي يدور حول هدف النموذج وهو تنفيذ التقنيات الخالية من الهدر لتقليل مخلفات البناء. ويمثل المستوى الثاني من التسلسل الهرمي المصادر الرئيسية لمخلفات البناء ونسبة أولويتها مقارنة ببعضها البعض. تعد المخلفات التي يمكن التحكم فيها والمرتبطة بأنشطة الإدارة من أهم العوامل في تقليل مخلفات العمليات [36]. أما المستوى الثالث فيمثل التقنيات البسيطة للتنفيذ ومعدل كل منها لتحديد الأسلوب الأكثر قابلية للتطبيق والفعالية. يمكن لصانع القرار بسهولة تحديد التقنيات الخالية من الدهون المناسبة للمصادر المختلفة لمخلفات البناء التي تواجهها الصناعة بشكل شائع.

6. الاستنتاج

وبناء على نتائج هذه الدراسة، لم يكن لدى الشركات العقارية أي استراتيجية أو ممارسات للحد من المخلفات ، مما يدل على الحساسية التي توليها حتى شركات البناء الكبيرة في ليبيا لمخلفات البناء. علاوة على ذلك، فإن نسبة كبيرة من المتخصصين في الصناعة ليس لديهم وعي بالتقنيات الخالية من الدهون و السؤائل وأولئك الذين لديهم الوعي لا يعرفون كيفية تنفيذ تقنيات تقليل مخلفات البناء. طبقت

الدراسة نظرية الهدر من خلال منهج العملية الهرمية التحليلية، من خلال تطبيق بدائل التقنيات الهزيلة لدعم تحقيق الهدف الأمثل وكأداة للحد من مخلفات البناء.

يتم إعطاء الأولوية لمصادر المخلفات كسوء معالجة المواد وتخزينها، وسوء إدارة الموقع، والتغييرات المتكررة في التصميم، والانتظار، وسوء التخطيط، وإعادة العمل، والإفراط في الإنتاج، والمخزون الزائد. وفقًا للقائمة ذات الأولوية لمصادر المخلفات ، فإن التقنيات الخالية من الهدر المفضلة هي في الوقت المناسب، والتخطيط والتنفيذ والتحقق، والتصميم بمساعدة الكمبيوتر، وهندسة البناء، ونظام التخطيط الأخير، والمراقبة الضعيفة، والمعلومات الدقيقة، وتسجيل البيانات بشكل صحيح، على التوالي. . وأظهرت الدراسة أن سوء التعامل مع المواد وسوء إدارة الموقع والتغيير المتكرر هي المصادر الثلاثة الأولى لمخلفات البناء بمعدل أولوية 31.8% و16.8% و15.6% على التوالي.

يمكن دمج المعرفة المكتسبة حول تقنيات المخلفات والهدر من هذا البحث في تقنيات تدريب القادة في صناعة البناء والتشييد لضمان إكمال المشروع بنجاح. وباستخدام التقنيات الخالية من الدهون و السؤائل المفضلة، يمكن للشركات تقليل مخلفات البناء بشكل فعال. ومن المتوقع أن تولي شركات البناء الاهتمام الواجب لإدارة المواد والموقع لأن هذه هي المصادر الرئيسية لمخلفات البناء. بشكل عام، يحتاج المهنيون المعنيون إلى الاهتمام ليس فقط بالمخلفات المادية ولكن أيضًا بالمخلفات غير المادية (وقت الانتظار، والحركة غير الضرورية، وغيرها) ويحتاجون إلى تحديث أنفسهم بأحدث ما توصلت إليه التكنولوجيا.

أظهرت هذه الدراسة أن نموذج دعم القرار للعملية التحليلية الهرمية (AHP) يمكن تطبيقه بشكل فعال لتحديد أولويات أسباب مخلفات البناء وتعيين تقنيات بسيطة مناسبة لتحقيق هدف تقليل مخلفات البناء. يمكن أيضًا تطبيق AHP لتحليل المواقف المعقدة في أنشطة إدارة الإنشاءات الأخرى واتخاذ قرارات سليمة. هناك حاجة إلى دراسة مستقبلية لمقارنة ومقارنة AHP وغيرها من أساليب اتخاذ القرار متعددة المعايير لتقليل حالات عدم اليقين والحصول على حلول محسنة في ظل سيناريوهات صنع القرار المختلفة. أخيرًا، نظرًا لأن هذه الدراسة اقتصرت على شركات العقارات السكنية الخاصة الموجودة في طرابلس، فقد يتم إجراء دراسات مماثلة في مدن كبيرة أخرى في البلاد تتناول البنى التحتية الأخرى لصناعة البناء والتشييد.

References

[1] S. O. Ametepey and S. K. Ansah, "Impacts of construction activities on the environment: the case of Ghana," Journal of Environment and Earth Science, vol. 5, no. 3, pp. 18–27, 2015.

[2] C. Luangcharoenrat, S. Intrachooto, V. Peansupap, and W. Sutthinarakorn, "Factors influencing construction waste generation in

building construction: 'Thailand's perspective," Sustainability, vol. 11, no. 13, p. 3638, 2019.

[3] J. Solis-guzman, M. Marrero, M. V. Montes-delgado, and A. Ramirez-de-arellano, "A Spanish model for quanti0cation and management of construction waste," Waste Management, vol. 29, no. 9, pp. 2542–2548, 2009.

[4] N. Wahi, C. Joseph, R. Tawie, and R. Ikau, "Critical review on Construction waste control practices: Legislative and waste management perspective," Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 224, pp. 276–283, 2016.

[5] A. Yibeltal, "A study on sustainable construction waste management practices: the case of building construction projects in Bahir Dar City, Ethiopia," MSc thesis, Bahir Dar University, Bahir Dar, Ethiopia, 2020.

[6] Y. Selam, "Experience and prospects of private residential real estate development in alleviating housing problems in Addis Ababa," M.Sc. 'thesis, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia, 2016.

[7] A. Tadesse, D. Zakaria, L. Zoubeir, and V. A. Gonzalez, "Characterization of waste in Ethiopian building construction projects," in Proceedings of the 26th annual conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), pp. 797– 806, Chennai, India, July 2018.

[8] S. Tafesse, "Material waste minimization techniques in building construction projects," Ethiopian Journal of Science and Technology, vol. 14, no. 1, pp. 1–19, 2021.

[9] H. D. Khanh and S. Y. Kim, "Identifying causes for waste factors in high-rise building projects: a survey in Vietnam," KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 18, no. 4, pp. 865–874, 2014.

[10] O. A. Oguntona, C. O. Aigbavboa, and G. N. Mulongo, An Assessment of Lean Construction Practices in the Construction Industry, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, Berlin, Germany, 2019.

[11] J. P. Womack and D. T. Jones, "Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation," Journal of the Operational Research Society, vol. 48, no. 11, p. 1148, 1997.

[12] J. G. Sarhan, B. Xia, S. Fawzia, and A. Karim, "Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry," Construction Economics and Building, vol. 17, no. 1, pp. 46–69, 2017.

[13] O. Salem, J. Solomon, A. Genaidy, and M. Luegring, "Site implementation and assessment of lean construction techniques," Lean Construction Journal, vol. 2, no. 2, pp. 1–21, 2005.

[14] S. A. Abbasian-Hosseini, A. Nikakhtar, K. Y. Wong, and A. Zavichi, "Implementing lean construction theory to construction processes' waste management," in Proceedings of the International Conference on Sustainable Design and Construction (ICSDC), pp. 414–420, Kansas City, Missouri, March 2011.

[15] D. D. Viana, C. T. Formoso, B. T. Kalsaas, I. D. Tommelein, and C. L. Pasquire, "Waste in construction: a systematic literature review on empirical studies," in Proceedings of the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, CA, USA, July 2012.

[16] A. Mossman, "Creating value: a sufficient way to eliminate waste in lean design and lean production," Lean Construction Journal, pp. 13–23, 2009.

[17] S. Wandahl and E. Bejder, "Value-based management in the supply chain of construction projects," in Proceedings of the 11th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, Blacksburg, VA, USA, November 2003.

[18] G. A. Bekr, "Study of the causes and magnitude of wastage of materials on construction sites in Jordan," Journal of Construction Engineering, vol. 2014, Article ID 283298, 6 pages, 2014.

[19] G. L. Garas, A. R. Anis, and A. El Gamal, "Materials waste in the Egyptian construction industry," in Proceedings of the IGLC-9, Singapore, Singapore, August 2001.

[20] E. N. Shaqour, "' The impact of adopting lean construction in Egypt: level of knowledge, application, and bene0ts," Ain Shams Engineering Journal, vol. 13, no. 2, Article ID 101551, 2022.

[21] M. S. Bajjou and A. Cha0, "Lean construction implementation

in the Moroccan construction industry: awareness, benefits and barriers," Journal of Engineering, Design and Technology, vol. 16, no. 4, pp. 533–556, 2018.

[22] I. Maradzano, S. Matope, and R. A. Dondofema, "Application of lean principles in the South African construction industry," South African Journal of Industrial Engineering, vol. 30, no. 3, pp. 210–223, 2019.

[23] O. Salem, S. Pirzadeh, S. Ghorai, and A. Abdel-Rahim, "Reducing environmental, economic, and social impacts of work zones by implementing lean construction techniques," in Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp. 145–155, Oslo, Norway, June 2014.

[24] S. Ghosh, S. Bhattacharjee, P. Pishdad-Bozorgi, and R. Ganapathy, "A case study to examine environmental benefits of lean construction," in Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp. 133–144, Oslo, Norway, June 2014.

[25] A. Reinbold, "Benefits of lean construction for affordable housing," MSc 'thesis, University of Applied Sciences, Berlin, Germany, 2017.

[26] D. Ivina, N. O. E. Olsson, I. D. Tommelein, and E. Daniel, "Lean construction principles and railway maintenance planning," in Proceedings of the 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC28), California, CA, USA, July 2020.

[27] R. H. Ansah and S. Sorooshian, "Effiect of lean tools to control

external environment risks of construction projects," Sustainable Cities and Society, vol. 32, pp. 348–356, 2017.

[28] O. O. Fadiya, P. Georgakis, and E. Chinyio, "Quantitative analysis of the sources of construction waste," Journal of Construction Engineering, vol. 2014, Article ID 651060, 9 pages, 2014.

[29] H. Taherdoost, "Decision making using the Analytic Hierarchy Process (AHP); a step-by-step approach," International Journal of Economics & Management Systems, vol. 2, pp. 244–246, 2017.

[30] T. L. Saaty and L. G. Vargas, Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process, Springer Science+ Business Media, New York, NY, USA, 2 edition, 2012.

[31] I. Temiz and G. Calis, "Selection of construction equipment by using multi-criteria decision-making methods," Procedia Engineering, vol. 196, pp. 286–293, 2017.

[32] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," International Journal of Services Sciences, vol. 1, no. 1, pp. 83–98, 2008.

[33] M. A. Abo-zaid and A. A. E. Othman, "Lean construction for reducing construction waste in the Egyptian construction industry," in Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainable Construction and Project Management - Sustainable Infrastructure and Transportation for Future Cities, Aswan, Egypt, December 2018.

[34] S. Nagapan, I. A. Rahman, A. Asmi, A. H. Memon, and R. M. Zin, "Identifying causes of construction Waste–case of central region of Peninsula Malaysia," International Journal of Integrated Engineering, vol. 4, no. 2, pp. 22–28, 2012.

[35] O. Ogunbiyi, J. S. Goulding, and A. Oladapo, "An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK," Construction Innovation, vol. 14, no. 1, pp. 88–107, 2014.

[36] Y. E. Abdelrazig, "Using lean techniques to reduce waste and improve performance in municipal construction project delivery," MSc thesis, the University of Texas at Arlington, Arlington, TX, USA, 2015.