المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
journal homepage:www.ijeit.misuratau.edu.ly

اختيار المقاول الأفضل باستخدام أسلوب FTOPSIS

دراسة تطبيقية على إنشاء مبنى إدارة الصيانة الميكانيكية بالشركة الليبية للحديد والصلب

علي قاسم شتوان
جامعة مصراتة، كلية الهندسة، الهندسة الصناعية والتصنيع، مصراتة، ليبيا
ali.shetwan@eng.misuratau.edu.ly

حمزة الهادي النبوت
الأكاديمية الليبية، قسم إدارة المشاريع الهندسية، مصراته، ليبيا
hamzaalnaboot92@gmail.edu.ly

الملخص— **يعتبر قرار اختيار المقاول المناسب ذو أهمية كبيرة ومصدر قلق؛ لما له من تأثير مباشر على نجاح تنفيذ المشروع واستكماله بالشكل المطلوب. تكمن مشكلة الدراسة في قصور وعدم فعالية الأساليب التقليدية لاختيار المقاول، نظرا لاعتمادها على معيار التكلفة فقط أو الاعتماد على المعيار الفني والمالي وإهمال باقي المعايير والتي قد تكون لها أهمية كبيرة في عملية الاختيار. هدفت هذه الدراسة إلى بناء نموذج اختيار أفضل مقاول باستخدام أسلوب ترتيب الأفضلية عن طريق التشابه مع الحل المثالي Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ودمجه مع المنطق الضبابي Fuzzy logic (FTOPSIS)، من خلال تطبيقه على حالة دراسية في الشركة الليبية للحديد والصلب LISCO، والمتمثلة في اختيار المقاول لمشروع إنشاء مبنى متكامل لإدارة الصيانة الميكانيكية بالشركة.**

تم تحديد أهم المعايير الرئيسية لاختيار المقاول بالاستعانة بذوي العلاقة بمجال إدارة العطاءات داخل شركة LISCO؛ وشملت المعايير المختارة حسب الأهمية النسبية للمعيار كلاً من الخبرة، السمعة، القدرة المالية، ضمان الجودة، السعر، الفترة الزمنية. أستخدم أسلوب AHP لتحديد الأوزان للمعايير الرئيسية من خلال المقارنات الثنائية بين المعايير واستخدامها كمدخلات لأسلوب TOPSIS، وتم الاستعانة ببرنامج MatlabR2013a لحساب تناسق الأحكام والتفضيلات للخبراء، بعد ذلك تم بناء النماذج الخاصة بأسلوب TOPSIS وFTOPSIS؛ ومن ثم تحويل مصفوفات المقارنات الثنائية إلى الشكل الضبابي وتحديد الأوزان الضبابية للمعايير باستخدام الأرقام المثلثية الضبابية، وأستخدم برنامج MatlabR2013a لتطبيق النماذج الرياضية لتحديد المقاول المناسب لتنفيذ المشروع في الحالة الدراسية. أظهرت نتائج الدراسة أن كلا الأسلوبين TOPSIS و FTOPSIS تعطي مؤشر يمكن الاسترشاد به في اتخاذ القرار، وبالتالي فإن نتائج اختيار المقاول قد تختلف باختلاف المعايير المستخدمة في التقييم؛ التي تعتمد على التقديرات الشخصية للخبراء، في أسلوب FTOPSIS تحصل المقاول A على الترتيب الأول ويليه في الترتيب المقاول B، بينما في أسلوب TOPSIS تحصل المقاول D على الترتيب الأول ويليه في الترتيب المقاول A.

الكلمات المفتاحية:**اختيار، مقاول، معايير، تحليل، FTOPSIS.**

1. المقدمة

أصبحت المشاريع الإنشائية تحظى باهتمام كبير في وقتنا الحاضر لما لها من تأثير مباشر على الأفراد والمنظمات والدول، ومن المتطلبات الأساسية لإنجاز المشاريع وتنفيذها في الوقت المحدد وبالتكلفة والجودة المطلوبة استخدام التقنيات والنظريات الحديثة في عملية اختيار من ينفذ هذه المشاريع؛ والتي من أهمها التحليل متعدد المعايير والمنطق الضبابي، حيث أن نجاح هذه المشاريع يتوقف على الإدارة التي تتولى تخطيطها وتنفيذها ومتابعتها ومدى قدرتها على توفير وتوجيه الموارد والإمكانيات المالية والبشرية لإنجاز هذه المشاريع، حيث يجب أن تكون الإدارة قادرة على اتخاذ القرارات الصحيحة واختيار أفضل المقاولين وذلك باستعمال الطرق والأساليب العلمية اللازمة للوصول إلى أفضل النتائج [1].

استلمت الورقة بالكامل في 23 سبتمبر 2022 وروجعت في 22 نوفمبر 2022
وقبلت للنشر في 19 مارس 2023

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 6 يونيو 2023.

يعتبر المقاول أحد أهم الأطراف المشاركة في انجاز المشروع، حيث أن اختيار المقاول الملائم يزيد من فرص إكمال المشروع في الوقت المحدد وبالتكلفة المقدرة وبالجودة المطلوبة [2]. في هذا البحث نحاول الوصول إلى بناء نموذج متكامل لاتخاذ القرار متعدد المعايير باستخدام أسلوب FTOPSIS، وذلك من أجل تحقيق اختيار أفضل مقاول لمشروع إنشاء مبنى متكامل لإدارة الصيانة الميكانيكية بالشركة الليبية للحديد والصلب.

2. الدراسات السابقة

توجد العديد من الدراسات والبحوث العلمية السابقة التي تناولت موضوع اتخاذ القرار متعدد المعايير من جوانب وزوايا مختلفة، منها دراسات تناولت تأثير معايير الاختيار على نجاح المشروع، ودراسات أخرى تناولت اختيار المورد أو المقاول أو الاستشاري.

كان تأثير معايير الاختيار على نجاح المشروع محور العديد من الأوراق البحثية، منها دراسة Vermeulen (2012)، التي درست مدى تأثير معايير الاختيار المختلفة على نجاح المشروع من وجهة نظر العميل. قام الباحث بتوزيع استبيانات على عينة تتكون من 141 منظمة من المنظمات الرئيسية العامة والخاصة، لقياس العلاقة بين كل من معايير الاختيار ونجاح المشروع. يقاس نجاح المشروع بمزيج من ثلاثة متغيرات مختلفة تعتمد على العلاقة بين المقاول ومدير المشروع ورضا العميل والتكاليف الفعلية والجودة ووقت التسليم للمشروع. أوضحت النتائج أن معايير الاختيار بناءً على تجربة سابقة للمقاول مع مشاريع مشابهة تؤثر سلبًا على العلاقة بين المقاول ومدير المشروع، والتكاليف الفعلية، والجودة، ووقت التسليم للمشروع [2]. ما يؤخذ على هذه الدراسة بأن الباحث لم يستخدم طرق التحليل متعدد المعايير، بينما تم استخدامها في دراسة بداوي وآخرون (2019) الجزائر، والتي هدفت إلى اختيار أهم البدائل التي تحقق تميز أداء المؤسسات في بيئة ضبابية، حيث استخدم الباحثين تقنية FTOPSIS، بتطبيق التقنية على خمسة مؤسسات ممثلة في مسؤولي الجودة بها. تم تحديد معايير تميز تلك المؤسسات وهي الجودة، القيادة، التحفيز، ثم تقييم البدائل وإجراء التصنيفات من قبل مجموعة من الخبراء .تم اختيار البديل الذي تحصل على أعلى درجة في التقييم، والذي بدوره قد يُمكن المؤسسة من أن تحقق من خلاله التميز والتفوق في أعمالها، كانت النتائج مرتبة كالتالي: الاستماع إلى الزبائن في الدرجة الأولى، يليه الاستراتيجية مع التحكم وقياس وتحسين الجودة في نفس الدرجة الثانية، وأخيرا مشاركة الموظفين [3].

توجد العديد من الدراسات التي تناولت اختيار المقاول أو المكتب الاستشاري أو المَورد، منها دراسة اسميو (2020) ليبيا، التي هدفت إلى استخدام أسلوب Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) في التعامل مع مشاكل Multi-criteria Decision Making (MCDM)، وذلك من خلال بناء نماذج رياضية لتقييم اختيار المورّد الأفضل من بين عِدّة مورّدين. تم تحديد أهم المعايير الرئيسية بالدراسة من قبل لجنة من الخبراء بالشركة وعدد من الأكاديميين ممن لهم علاقة بمجال الإدارة والتوريد. أوضحت نتائج الدراسة أن الطريقة المقترحة كانت قادرة بشكل فعّال على اختيار أفضل مورّد من بين ستّة مورّدين، حيث حاز المورّد A1 على أعلى أهمية نسبية وأفضل ترتيب،

وبذلك اختير كأفضل مورّد. أوصى الباحث بضرورة إدخال الأساليب الكمية الحديثة والذكية في عملية اختيار المورّد الأفضل، كأسلوب FAHP لما لذلك من أثر في اتخاذ القرار المناسب [4]. يوجد نقاط تشابه بين هذه الدراسة والبحث الحالي من حيث الدمج بين المنطق الضبابي مع أحد طرق التحليل متعدد المعايير، وأيضا في طريقة تحديد المعايير بالاعتماد على الخبراء، وتوجد نقاط اختلاف في مجال التطبيق فهذا البحث يهدف إلى اختيار أفضل مقاول بينما الدراسة السابقة هدفت إلى اختيار أفضل مورد، وفي الطريقة المستخدمة؛ فالدراسة الحالية تستخدم أسلوب TOPSIS، بينما الدراسة السابقة استخدمت أسلوب Analytic Hierarchy Process (AHP). اتفقت هذه الدراسة مع الدراسة الحالية في تحديد المعايير، بحيث تحصل معيار الخبرة على أعلى أهمية نسبية في كلاهما، واختلفت معها في المنهجية المستخدمة بتحديد المعايير، فالدراسة السابقة اعتمدت على الاستبيانات وعلى المقابلات بينما الدراسة الحالية اعتمدت على إجراء المقارنات الثنائية بين المعايير لتحديد الأهمية النسبية وإيجاد أوزان المعايير. بينما دراسة Balubaid، Alamoudi (2015) تناولت استخدام أسلوب AHP كنموذج لدعم القرار لاختيار أفضل مقاول، حيث تم تقييم ستة معايير للهدف الأساسي، وتم تحديدها باستخدام الاستبيان والمقابلات مع خبراء متخصصون في مجالات إدارة المشاريع والعقود. توصلت الدراسة إلى اختيار المقاول رقم 1، والذي أعطى نسبة التناسق المقبولة [8].

دراسة Elsayah (2016)، هدفت إلى تطوير معايير وأساليب اختيار المقاول في مشاريع البناء في ليبيا. اعتمدت الدراسة على استبيان استقصائي قائم على أسئلة بحثية، من خلال جمع البيانات من القطاعين العام والخاص (العملاء والاستشاريين والمقاولين وغيرهم من المشاركين في عملية اختيار المقاول في مشاريع البناء الليبية والمطّلعين عليها). تم استخدام المتوسط وتحليل التباين لمعالجة البيانات من الاستبيان باستخدام برنامج Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). استخدم الباحث كلا من أسلوب AHP وأسلوب TOPSIS، وتوصل الباحث إلى أن المشاريع في ليبيا كانت تعاني من ضعف أساليب اختيار المقاول [9]. دراسة بن حكومة وآخرون (2019) هدفت إلى بناء نموذج موحد يناسب البيئة الليبية للتأهيل المسبق لشركات المقاولة الراغبة في التعاقد على تنفيذ مشاريع التشييد. تم استنباط المعايير الفنية التي تؤهل هذا النظام بالاستفادة من تجارب التأهيل والأبحاث والدراسات السابقة واستطلاع رأي المختصين في هذا المجال. تم استخدام برنامج اكسل وأسلوب AHP لتصميم النموذج، وكذلك تصميم برنامج محوسب لتقييم عطاءات التشييد واختيار المقاول الأفضل. أشارت النتائج إلى أن الإجراءات المنصوص عليها لطرح وترسيه المشاريع المنصوص عليها في لائحة العقود الإدارية في ليبيا لم تلتزم باختيار مقاولين مؤهلين مسبقا، مما أدى لضعف في تطبيق النظام المعتمد في تصنيف وتأهيل المقاولين لدى الأجهزة الحكومية، كما بينت الدراسة أن التأهيل المسبق للمقاولين أحد أهم إجراءات الترسية والتعاقد والتي يجب التأكيدعليها [10].

الدراسات الأربعة السابقة التي تناولت موضوع اختيار المقاول جميعها لم تأخذ في الحسبان المنطق الضبابي، ونظرا لأهميته وكونه أحد أبرز تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تقوم نظريته على محاكاة التفكير البشري، باعتباره يسمح بتحويل المتغيرات اللغوية والغامضة التي تفتقد إلى الدقة في طريقة تقديرها إلى قيم كمية قابلة للقياس، حيث أصبح يُعتمد عليه في مختلف الدراسات العلمية والتقنية وفي مختلف منظمات الأعمال. من الدراسات السابقة التي اعتمدت على المنطق الضبابي دراسة Tran Thanh وآخرون (2015) فيتنام، والتي هدفت إلى اختيار المقاول في مرحلة تقديم العطاءات، حيث قدمت الدراسة نموذجًا لاختيار مقاول باستخدام طريقة FAHP. اعتمد الباحثين في تحديد معايير الاختيار على ثمانية عشر خبيرا من ذوي الخبرة في مجال إدارة المشاريع ومجال العطاءات. تم اعتماد خمسة معايير رئيسية وستة عشر معيارًا فرعيًا من خلال مقارنة جميع المعايير الرئيسية والفرعية باستخدام المقياس النسبي الضبابي، كما تم تطبيق حالة دراسية لمشروع مجمع تجاري ومكتبي وسكني [11]. اتفقت هذه الدراسة مع الدراسة الحالية في الاعتماد على الخبراء في تحديد معايير الاختيار.

بعض من الدراسات السابقة ركزت على استخدام أسلوب TOPSIS مع المنطق الضبابي، منها دراسة المغربي (2017) السعودية، التي هدفت إلى اختيار وتقييم المقاولين في الشركة السعودية للكهرباء، حيث تم تحديد العديد من المعايير الرئيسية والفرعية لاختيار المقاول، ليتم بعدها حساب أوزان المعايير الأساسية والفرعية ثم يتم حساب وتطبيق أرقام الضبابية Fuzzy Triangular، وبعد احتساب معامل التشابه لكل مقاول، تم تحديد أفضل مقاول. أظهرت النتائج أن المقاول رقم 2 هو المقاول الأفضل للشركة يليه المقاول رقم 4؛ ذلك لتحصلهم على أعلى معامل تشابه [11]. دراسة Mohaghar وآخرون (2017) هدفت إلى تحديد المعايير المهمة لاختيار المقاول وتصميم إطار لاختيار المقاول المناسب، تم استخلاص المعايير لاختيار المقاول من الدراسات السابقة. تم الاعتماد على الاستبيان لجمع آراء الخبراء حول المعايير، وتم اختيار ستة معايير كانت أكثر أهمية من وجهة نظر الخبراء وتم تحديد أوزانهم. توصل الباحثين إلى تصنيف المقاولين واختيار المقاول النهائي باستخدام أسلوب FTOPSIS [12].

دراسة عيسى (2018)، هدفت إلى التعرف على واقع اختيار الموردين بالشركات الصناعية والحصول على أداة فعالة لاختيار الموردين، وتم في هذه الدراسة تصميم استبانة وزعت على مجموعة من الخبراء في مجال التوريد، عن طريقها تم تحديد المعايير الرئيسية اللازمة في عملية اختيار المورد، واستخدمت طرق تقنية مختلفة للمقارنة والاختيار بين المعايير، استخدام أسلوب التحليل الهرمي وقَرَ أداة فعالة لقياس أوزان المعايير، وتم إجراء اختبار الحساسية لدراسة مجموعة من النتائج وتسجيل مدى تأثير تغير المعايير في اختيار المورد. أظهرت الدراسة مجموعة من النتائج لعل من أهمها عدم اعتماد الشركة على أساليب علمية في المفاضلة بين بدائل الموردين، إذ غالباً ما تعتمد الشركة عند إسناد العطاءات إلى الموردين على معيارين هما الفني والمالي ولهذا فهي بحاجة إلى تطوير في أسلوب الاختيار يعطي أكثر كفاءة وأكبر موثوقية. أوجه التشابه بين الدراسة والبحث الحالي في الاعتماد على آراء الخبراء في تحديد المعايير، وأوجه الاختلاف في الأسلوب المستخدم فهذه الدراسة استخدمت أسلوب AHP، بينما البحث الحالي استخدم أسلوب TOPSIS [5]. تناولت دراسة أبو حليقة (2021)، تحديد أولوية استكمال المشاريع الإنشائية المتوقفة في ليبيا باستخدام التحليل المتعدد المعايير، وتهدف هذه الدراسة إلى تقديم منهجية لتحديد أولوية استكمال المشاريع المتوقفة في ليبيا وذلك باستخدام طرق التحليل المتعددة المعايير والمتمثلة في أسلوب AHP ، وأسلوب TOPSIS، وأسلوب ViseKriter ijumska Kompromisno (VIKOR) Optimizacija Resenje، من خلال تطبيقها على المشاريع الإنشائية المتوقفة بقطاع الصحة بمدينة مصراته، تم تحديد المعايير الرئيسية المتعلقة بأولوية استكمال المشاريع المتوقفة، ووضع الأوزان لها بالاستعانة بلجنة من الخبراء والمختصين. أُسْتخدِم أسلوب AHP لتحديد الأوزان للمعايير الرئيسية من خلال المقارنات الثنائية واستخدامها كمدخلات للأسلوبين TOPSIS وVIKOR، أظهرت نتائج الدراسة أن كلا الأسلوبين قادرين على تحديد أولوية استكمال المشاريع الإنشائية المتوقفة في قطاع الصحة من بين ثمانية بدائل، وحصول البديل B والمتمثل في صيانة وتطوير المركز الصحي طمينه على الأولوية في الأسلوبين.

توجد بعض الدراسات التي هدفت إلى اختيار الاستشاريين المعماريين والهندسيين مثل دراسة Josefin Sporrong (2014) في السويد، اعتمد البحث على ثلاث دراسات تجريبية؛ في الدراسة الأولى أجريت مقابلات مع ممثلين عن خمسة عملاء من القطاع العام ومع كبار الاستشاريين والمديرين من أربع شركات استشارية معمارية وهندسية في القطاع الخاص. في الدراسة الثانية تم جمع البيانات التجريبية من خلال استبيان استكشافي تم توزيعه على 50 في المائة من جميع البلديات السويدية، بمعدل استجابة 72 في المائة. كانت الدراسة الثالثة عبارة عن دراسة حالة دراسية، بناءً على مقابلات مع الموظفين المسؤولين عن التعاقد على الخدمات المعمارية والهندسية في خمس بلديات سويدية. أظهرت النتائج أن البلديات كثيراً ما تستخدم معايير متعددة لمنح عقود الخدمات المعمارية والهندسية، ولكن أيضًا هناك تركيز كبير على السعر. علاوة على ذلك، يتم استخدام مصادر المعلومات الشخصية بشكل متكرر، بينما يتم بشكل عام تجنب مصادر المعلومات الأكثر تقدمًا مثل المقابلات والعروض التقديمية. أوصى الباحث بضرورة وجود إجراءات اختيار أكثر تكيفًا مع تعقيد خدمات تصميم البناء، وهذا يعني بشكل أكثر تحديدًا الحاجة إلى دمج نطاق أوسع من المعايير مع تركيز أقل على السعر، وتطبيق مصادر معلومات أكثر تقدمًا في منح العقود [6]. يؤخذ على الباحث في هذه الدراسة عدم استخدام طرق التحليل متعدد المعايير ولم يؤخذ في الاعتبار المنطق الضبابي.

تم مراجعة العديد من الدراسات السابقة المتعلقة باختيار المقاول باستخدام القرار متعدد المعايير بقصد معرفة مجالات تطبيق اتخاذ القرار متعدد المعايير في عملية تقييم واختيار المقاول، وكذلك معرفة المعايير التي اعتمدت في عملية الاختيار من أجل الاستفادة من ذلك في انجاز هذه

الدراسة. في دراسة صفاء عاشور (2014) سوريا، والتي هدفت إلى تحديد المعايير التي تؤثر في اختيار المقاول الثانوي. تم اعتماد سبع معايير رئيسية وأحد عشر معياراً ثانوياً تم وضعها بالاعتماد على الاستبيانات وعلى المقابلات وعلى الدراسات السابقة. استخدم الباحث أسلوب(AHP) وتوصل الباحث إلى أن المعايير الرئيسية لاختيار المقاول الثانوي مرتبة حسب أهميتها إلى الخبرة التقنية، الأداء الماضي للمقاول، القدرة الإدارية، السعر، الأعمال الحالية، سجل النجاحات، الاستقرار المالي، بالإضافة إلى مجموعة من المعايير الفرعية [7].

توافقت الدراسات السابقة في مجملها على هدف مشترك وهو اختيار المقاول باستخدام القرار متعدد المعايير باستثناء دراسة بن حكومة وآخرون والتي هدفت إلى بناء نموذج موحد يناسب البيئة الليبية للتأهيل المسبق لشركات المقاولة، وهذه الدراسة تهدف إلى اختيار المقاول في بيئة مختلفة عن الدراسات السابقة. استخدمت الدراسات السابقة أداة الاستبيانات لجمع البيانات وتحديد المعايير باستثناء دراسة TRAN THANH وآخرون، ودراسة بن حكومة وآخرون، حيث استخدمت استطلاع اراء الخبراء في هذا المجال. أما هذه الدراسة ستعتمد في تحديد المعايير ووضع الأوزان لها على الخبراء من خارج الشركة والأشخاص ذوي العلاقة من داخل الشركة. اختلفت دراسة ELSAYAH عن بقية الدراسات لمعالجتها البيانات باستخدام برنامج SPSS، وفي استخدامها لأسلوب AHP وأسلوب TOPSIS. بينما توجد دراسات جمعت بين استخدام أسلوب TOPSIS والمنطق الضبابي في بيئات مختلفة منها دراسة المغربي في السعودية، ودراسة MOHAGHAR وآخرون في إيران، وفي هذه الدراسة سنستخدم أسلوب TOPSIS في البيئة الليبية.

3. القرار متعدد المعايير

تعدّدت المفاهيم العلمية لعملية اتخاذ القرار متعدد المعايير لكنّ مضمونها واحد، ويمكن تعريفها على أنها مجموعة مُحددة من مشاكل صُنع القرار التي يواجه فيها صانع القرار مجموعة من البدائل التي يتم وصفها بواسطة معايير مختلفة، وهدفها هو إيجاد البديل الأفضل أو ترتيب البدائل المتعلقة بمشكلة القرار [4]. تعتبر الدراسة التي قام بها كل من تشارلز وكوبر وفيرغسون في عام 1955، بمثابة الدراسة الأولى حول موضوع اتخاذ القرار متعدد المعايير؛ وفي السبعينات من القرن الماضي بدأت ظهور العديد من أساليب اتخاذ القرار متعدد المعايير، والتي تطورت في الثمانيات بظهور أسلوب TOPSIS في عام 1981 بواسطة هوانج ويون، وبعدها ظهر أسلوب AHP في عام 1986 بواسطة ساعاتي، وتطورت بسرعة أكبر في التسعينات بحيث قام كل من شين و هوانج في عام 1992 بتطوير أسلوب TOPSIS بعد إدخال تقنيات المنطق الضبابي بإظهار أسلوبFTOPSIS ، و في عام 1998 طور Opricovic أسلوب جديد لحل مشاكل اتخاذ القرار متعدد المعايير يعرف بالتحسين متعدد المعايير والحل الوسط VIKOR [13].

أ. أسلوب AHP

يعتبر أسلوب التحليل الهرمي واحد من أكثر أساليب اتخاذ القرار متعدد المعايير شيوعاً، وتم تطويره بواسطة توماس ساعاتي في عام 1977 لغرض تخطيط واستغلال الموارد بالشّكل الأمثل، وعرفه على أنه إطار عمل متكامل يجمع بين المعايير الموضوعية وغير الموضوعية وبين المقارنات الزوجية القائمة على أساس مقياس نسبي، ومنذ ذلك الحين أصبح هذا الأسلوب أداة فعّالة في هيكلة ونمذجة المشكلات التي تحتوي على أهداف متعددة ومتضاربة في بعض الأحيان. وقد تم استخدامه لحل العديد من مشكلات القرار في مجالات مختلفة من الاحتياجات والاهتمامات البشرية، مثل العلوم الاقتصادية والإدارية وكذلك التطبيقات الهندسية [2]. ومميزات أسلوب التحليل الهرمي يمكن تلخيصها بالنقاط التالية [1، 7]:

- الجمع بين الطريقة الكمية والجزئية: فالطريقة الكمية تتمثل في بناء الهرم الذي ينظر الى كافة العناصر ككل بشكل متكامل بينما الطريقة الجزئية تنظر الى الأجزاء من خلال المقارنات الثنائية بينها.
- لا تشترط الحكم العددي من صانع القرار.
- يمكن التعامل مع المعايير الغير قابلة للقياس الكمي.
- قدرتها على ادراج العوامل الملموسة وغير الملموسة بطريقة منهجية.
- الحكم على هذه العناصر وذلك من خلال عقد مقارنات ثنائية.

يتم استخدام أسلوب AHP لحساب أوزان معايير المقارنة الثنائية، وتعتبر طريقة حساب أوزان المعايير عن طريق تحديد الأهمية النسبية وإجراء المقارنات الثنائية للمعايير والمستخدمة ضمن أسلوب AHP هي الأكثر استخداما وانتشارا من الطرق الأخرى والتي تمر بمجموعة من الخطوات تبدأ بتجميع قائمة من المعايير المحتملة للقرار قيد الدراسة، وبعد ذلك يتم الاستعانة بالخبراء لتحديد الأهمية النسبية للمعايير وإجراء المقارنات الثنائية بين المعايير، مع ضرورة حساب ثبات الأحكام للخبراء والتأكد من تناسق الآراء لكل الخبراء. ويمكن تلخيص هذه الخطوات في النقاط التالية [1، 5]:

1) إجراء المقارنة الثنائية بين المعايير

تعرف المقارنة الثنائية بأنها تمثيل عددي للعلاقة بين معيارين ينتميان للمشكلة المطلوب معالجتها، والتي على أساسها يتم تحديد أهمية كل معيار مقارنة بالآخر. في هذه المرحلة يجب الأخذ برأي الخبراء للحصول على أحكام رشيدة للمقارنة الثنائية، يتم في هذه الخطوة إعداد مصفوفة المقارنات الثنائية بين المعايير الرئيسية عن طريق وضع المعايير في مصفوفة المقارنة [1]. ويتم استخدام مقياس التسع نقاط كمقياس للتفضيل بين المعايير والذي اقترحه ساعاتي عن طريق إعطاء الأحكام في شكل قيم بناءً على مقياس مدرج من العدد 1 إلى العدد 9، وفي حالة إعطاء الأحكام الخاصة بالمقارنات شفهية فإنه يتم تحويلها إلى قيم عددية بين العدد 1 إلى العدد 9 [2]، والجدول (1) يوضح مقياس توماس ساعاتي.

ويتم بعد ذلك تجميع مصفوفات المقارنات الثنائية بين المعايير لجميع الخبراء في مصفوفة واحدة عن طريق حساب متوسط تقييمات الخبراء، والذي يمكن حسابه باستخدام قانون المتوسط الهندسي والموضح بالمعادلة (1).

$$\overline{a} = \sqrt[n]{a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n} \qquad (1)$$

جدول 1. مقياس الأهمية النسبية لتوماس ساعاتي [1]

مدى الأهمية	المقياس اللغوي	الشرح
1	متساويان في الأهمية	المعيارين متساويين في الأهمية
3	أهمية معتدلة	تفضيل معيار على الآخر بدرجة متوسطة
5	أهمية كبيرة	تفضيل معيار بدرجة كبيرة عن الآخر
7	أهمية كبيرة جداً	تفضيل معيار بدرجة كبيرة جداً عن الآخر
9	أهمية قصوى	تفضيل معيار عن الآخر بأقصى درجة ممكنة
8،6،4،2	أهمية وسطية بين القيم	
$\frac{1}{9}، \frac{1}{7}، \frac{1}{5}، \frac{1}{3}$	هذه القيم تمثل مقلوب مقياس المقارنة	

2) حساب شعاع الأولوية

في هذه الطريقة يوظف مفهوم القيمة الذاتية والشعاع الذاتي لمصفوفة المقارنات الثنائية، وذلك من خلال ضرب مصفوفة المقارنات الثنائية A في شعاع الأوزان w ومنه نحصل على المصفوفة التالية [5]:

$$A \times w = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_1 \\ : \\ W_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} W_1 \\ W_1 \\ : \\ W_n \end{bmatrix} = nw \qquad (3)$$

3) حساب ثبات الأحكام للخبير

تعتبر هذه الخطوة ضرورية للتأكد من جودة القرار النهائي للخبير، ولأن التناسق التام يصعب تحقيقه في كل مجموعة من المقارنات الثنائية ومن المتوقع أن يكون هناك ضعف في الاتساق، ولكي يتم التعامل مع هذه المشكلة فإن أسلوب التحليل الهرمي يقترح طريقة لقياس درجة الاتساق بين أحكام المقارنة الثنائية التي يقوم بها صانع القرار، فإذا كانت درجة الاتساق مقبولة فإنه يمكن الاستمرار في عملية القرار وعلى العكس من ذلك، إذا كانت درجة الاتساق غير مقبولة فإنه يجب على صانع القرار إعادة بناء المصفوفة ويعدل من أحكام المقارنة الثنائية. لضمان الثبات ودقة الأوزان النسبية اقترح ساعاتي مؤشرين: الأول وهو مؤشر الثبات Consistency Index (CI) والمؤشر الثاني هو معدل الثبات Consistency Raito (CR)، ويحسب مؤشر الثبات (CI) من

خلال المعادلة (2) [1]. والشكل (1) يوضح مخطط قياس درجة الاتساق لمصفوفات المقارنة الثنائية.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (2)$$

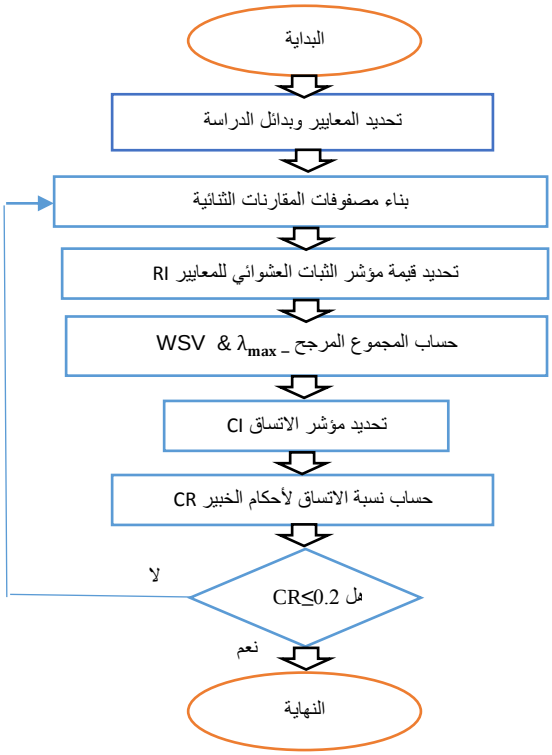
حيث أن:

n: تمثل عدد المعايير.

λ_{max}: تمثل أعظم قيمة ذاتية، ويمكن الحصول على شعاع الأولوية (الأوزان) من خلال المعادلة (3).

$$A\acute{W} = \lambda_{max}\acute{W} \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_j = 1$$



شكل 1. مخطط قياس درجة الاتساق لمصفوفات المقارنة الثنائية [17]

أشار ساعاتي أنه يجب ألا تتجاوز قيمة مؤشر الثبات CR القيمة 0.2 كحد أقصى يسمح به [5]، بعد ذلك نقوم بحساب معدل الثبات من خلال المعادلة (4).

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (4)$$

حيث أن:

RI: تمثل مؤشر الثبات العشوائي.

ويتحدد هذا المؤشر وفق درجة المصفوفة محل الدراسة، الجدول (2) يوضح مؤشر الثبات العشوائي (RI) لمختلف درجات أبعاد المصفوفات [5].في حالة الحصول على نتائج كبيرة يجب مراجعة المدخلات للمشكلة مرة ثانية [6].

ب. أسلوب TOPSIS

يُعرف أيضا بأسلوب تحليل المعايير المتعددة للقرارات Multi-Criteria Decision Analysis Method (MCADM)، ويعتبر هذا الأسلوب أحد أساليب المعايير المتعددة الكلاسيكية المعروفة التي اقترحها الباحثان هوانج ويون في 1981 لحل مشكلات صنع القرار، حيث يعتمد على مفهوم أن البديل المختار يجب أن يكون له أقصر مسافة من النقطة المثالية الموجبة وأبعد مسافة من النقطة المثالية السالبة بشكل متزامن، الفكرة لهذا الأسلوب هو اختيار البديل الأفضل من مجموعة البدائل المتوفرة، كما أن هذا الأسلوب يمكن أن يستعمل في حالة المفاضلة بين البدائل، وتكون شكل مصفوفة القرار وفق هذا الأسلوب كما يلي [15]:

$$D = \begin{bmatrix} & \mathbf{X_1} & \mathbf{X_2} & \mathbf{X_j} & \mathbf{X_n} \\ \mathbf{A_1} & X_{11} & X_{12} & X_{1j} & X_{1n} \\ \mathbf{A_2} & X_{21} & X_{22} & X_{2j} & X_{2n} \\ \mathbf{A_i} & X_{i1} & X_{i2} & X_{ij} & X_{in} \\ \mathbf{A_m} & X_{m1} & X_{m2} & X_{mj} & X_{mn} \end{bmatrix}$$

حيث أن:

A_i: هي مجموعة بدائل القرار المتوفرة.

X_{ij}: هي قيم النتائج لبديل (i) والمقيدة بمعيار (j).

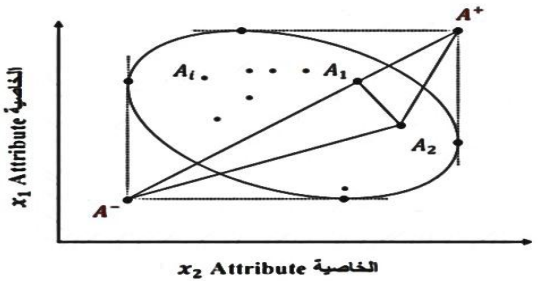
جدول 2. مؤشر الثبات العشوائي

رتبة المصفوفة	3	4	5	6	7	8
RI	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40
رتبة المصفوفة	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	
RI	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	

يعتمد هذا الأسلوب على أربعة عناصر رئيسية لاتخاذ القرار متعدد المعايير وهي كما يلي [4، 15]:

1. تحديد البدائل المتاحة لعملية الاختيار.
2. تحديد المعايير وهي الجوانب التي يتم تقييم البدائل على أساسها.
3. تقييمات أداء البدائل على أساس المعايير الموضوعة.
4. تحديد الأوزان وتقييم الأهمية النسبية للمعايير.

قبل تطبيق أسلوب TOPSIS يجب تحديد أفضل وأسوأ الحلول للمسألة المدروسة، في محاولة للوصول إلى حل يحتوي على مسافة أبعد من الحل الأسوأ وأقرب مسافة إلى الحل الأفضل [3]، والشكل (2) يوضح الحل الأسوأ Negative Ideal Solution (NIS) والحل الأفضل Positive Ideal Solution (PIS)).



شكل 2. الحل المثالي الموجب والحل المثالي السالب

يتميز أسلوب TOPSIS بمجموعة من الخصائص والمميزات وهي موضحة بالنقاط التالية [1، 5]:

1) قدرته على معالجة ثلاثة أنواع من المعايير وهي:
   أ. المعايير الكمية.
   ب. المعايير النوعية.
   ج. المعايير ذات طابع الكلفة.
2) يعتبر أحد النماذج التقليدية المعروفة والأكثر استخداما في التخطيط المشارك.
3) قدرة TOPSIS تتجاوز قدرة النماذج الأخرى في التعامل عند ارتفاع عدد البدائل.
4) لا توجد حاجة لأي أحكام مباشرة على البدائل لأن تصنيف البدائل يكون على أساس الأهمية النسبية للمعايير إلى بعضها البعض.

كما يمكن التعبير عن خطوات أسلوب TOPSIS، وذلك حسب الخطوات التالية [3، 15]:

أ. تشكيل مصفوفة القرار الموحدة

للوصول إلى تشكيل مصفوفة القرار الموحدة سنستخدم أوزان (MDL) Modified Digital Logic، للمقارنة بين جميع المعايير المدروسة؛ للحصول على بدائل مثالية، وتشمل الخطوات ما يلي [3]:

1) حساب أوزان MDL ويرمز لها بالرمز $\boldsymbol{r_{ij}}$

يتم في هذه الخطوة تحويل الأبعاد المختلفة إلى خواص عديمة الأبعاد، وذلك لتتم عملية المقارنة بين الخواص، وتتم عملية التوحيد من خلال المعادلة (5).

$$r_{ij} = \frac{\mathrm{x_{ij}}}{\sqrt{\sum_{\mathrm{J}=1}^{n} x_{ij}^2}} \qquad (5)$$

حيث أن:

$\mathrm{r_{ij}}$: تمثل المدخلات العددية بعد توحيد الخواص بمقياس واحد.

$\mathrm{X_{ij}}$: تمثل المدخلات العددية لعدد i بديل بالنسبة لعدد j معيار.

2) وصف المتغيرات اللغوية

تعتبر المتغيرات اللغوية خطوة أساسية من أجل مقارنة جميع البدائل لكل معيار، هذه المصطلحات اللغوية يتم تعيينها من قبل صناع القرار والمسؤولين عن المقارنات داخل المعيار والبديل [3].

ب. تشكيل مصفوفة القرار المعيارية

للحصول على المصفوفة المعيارية يتم حساب الأوزان المعيارية عن طريق ضرب كل عمود من المصفوفة الموحدة في الوزن المخصص له w_j، كذلك يجب أن يكون مجموع الأوزان المحدد من طرف متخذ القرار مساوياً للواحد، ويمكن الحصول على مصفوفة القرار المعيارية من خلال المعادلة (6).

$$\mathrm{v_{ij}} = \mathrm{w_j} \times \mathrm{r_{ij}} \qquad (6)$$

حيث أن:

$\mathrm{w_j}$: تمثل الوزن للمعيار j.

$$\mathrm{j} = 1,2,3,\dots,\mathrm{n}; \quad \mathrm{i} = 1,2,3,\dots,\mathrm{m}$$

ت. حساب المسافة للحلول المثلى

يتم حساب المسافة كما بالخطوات التالية [3]:

- تحديد الحلول المثلى، الموجب بالمعادلة (7) والسالب بالمعادلة (8):

$$\widetilde{\mathrm{A}}^{+} = \{\mathrm{V_1^+}, \mathrm{V_2^+}, \dots, \mathrm{V_m^+}\} = \left\{\left(\max_{\mathrm{i}} \frac{\widetilde{\mathrm{V}}_{\mathrm{ij}}^{\mathrm{U}}}{\mathrm{j}} \in \mathrm{I}, \min_{\mathrm{i}} \frac{\widetilde{\mathrm{V}}_{\mathrm{ij}}^{\mathrm{L}}}{\mathrm{j}} \in \mathrm{J}\right)\right\} \quad (7)$$

$$\widetilde{\mathrm{A}}^{-} = \{\mathrm{V_1^+}, \mathrm{V_2^+}, \dots, \mathrm{V_m^+}\} = \left\{\left(\max_{\mathrm{i}} \frac{\widetilde{\mathrm{V}}_{\mathrm{ij}}^{\mathrm{U}}}{\mathrm{j}} \in \mathrm{J}, \min_{\mathrm{i}} \frac{\widetilde{\mathrm{V}}_{\mathrm{ij}}^{\mathrm{L}}}{\mathrm{j}} \in \mathrm{I}\right)\right\} \quad (8)$$

حيث أن:

$\widetilde{\mathrm{A}}^{+}$: يمثل البديل الأكثر تفضيلاً (الحل المثالي الموجب).

$\widetilde{\mathrm{A}}^{-}$: يمثل البديل الأقل تفضيلاً (الحل المثالي السالب).

- حساب المسافة للحلول المثلى، تحسب مسافة الحل المثالي الموجب بالمعادلة (9) وتحسب مسافة الحل المثالي السالب بالمعادلة (10).

$$s_{j+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad ,\mathrm{i} = 1,2,3,\dots,\mathrm{m} \quad (9)$$

$$s_{j-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad ,\mathrm{i} = 1,2,3,\dots,\mathrm{m} \quad (10)$$

حيث أن:

$\boldsymbol{s_j}^+$: تمثل مسافة الحل المثالي الموجب.

$\boldsymbol{s_j}^-$: تمثل مسافة الحل المثالي السالب.

ث. حساب التقارب للحل المثالي وترتيب البدائل

يتم حساب معامل التقارب من خلال المعادلة (11).

$$C_j^+ = \frac{S_J^-}{S_J^- + S_J^+} \quad ,\mathrm{j} = 1,2,\dots,\mathrm{n} \qquad (11)$$

حيث أن:

$\boldsymbol{c_j}^+$: تمثل معامل التقارب النسبي لمعيار j.

بعد حساب معامل التقارب من خلال المعادلة (11) السابقة يتم ترتيب البدائل.

هذا الأسلوب يمكن أن يستعمل في حالة المفاضلة بين البدائل، وتكون شكل مصفوفة القرار وفق هذا الأسلوب كما يلي [15]:

$$\mathrm{V}= \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1\, r_{11} & w_2\, r_{12} & \cdots & w_n\, r_{1n} \\ w_1\, r_{21} & w_2\, r_{22} & \cdots & w_n\, r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1\, r_{m1} & w_2\, r_{m2} & \cdots & w_n\, r_{mn} \end{bmatrix}$$

حيث أن:

$$0 \le C_j^+ \le 1\,; \quad \mathrm{j} = 1,2,3,\dots,\mathrm{m}$$

حالة خاصة عندما: $C_j^+ = 0$ إذا $\mathrm{A_i} = \mathrm{NIS}$ و $C_j^+ = 1$ إذا $\mathrm{A_i} = \mathrm{PIS}$ ، البديل الأفضل هو الأقرب من PIS والأبعد من NIS ، ويكون ذلك كلما أقترب هذا المعامل من الواحد.

ج. أسلوب FTOPSIS

يتم بناء نموذج FTOPSIS بعد تحويل مصفوفات المقارنات الثنائية والتي تم الحصول عليها عن طريق أسلوب AHP إلى الشكل الضبابي لغرض إيجاد الأوزان الضبابية وتطبيعها. والشكل (3) يوضح خطوات أسلوب FTOPSIS. والتي يمكن توضيحها بالنقاط التالية:

1) ترتيب الأهمية النسبية وإجراء المقارنات الثنائية بين المعايير:

في هذه الخطوة يتم الاستعانة بأسلوب AHP لترتيب الأهمية النسبية للمعايير بالاعتماد على آراء الخبراء ومن ثم إجراء المقارنات الثنائية بين المعايير وفق مقياس توماس ساعاتي والموضح بالجدول (1).

2) تحويل مصفوفات المقارنة الثنائية إلى الشكل الضبابي:

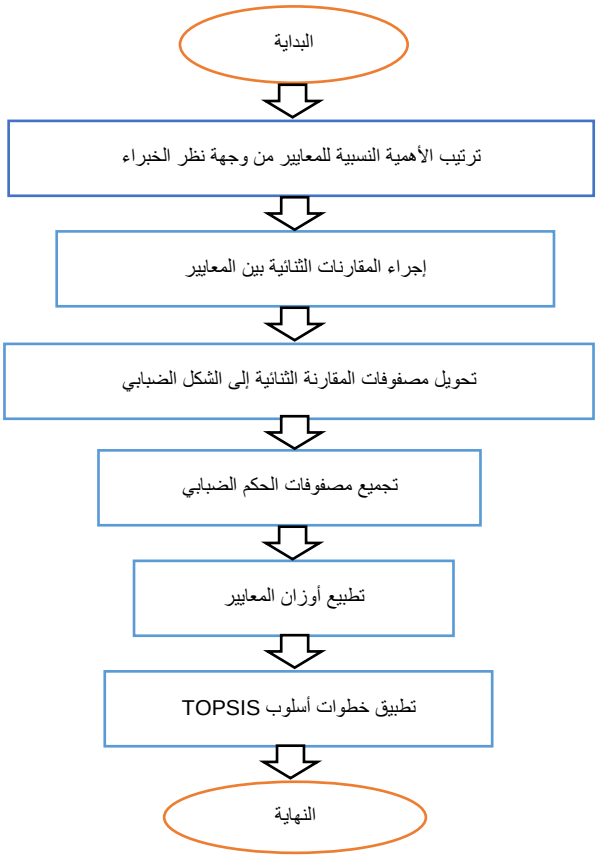
يتم بناء مصفوفة الحكم الضبابي$\{\tilde{a}_{ij}\} = \tilde{A}$، من خلال المقارنة الثنائية للمعايير باستخدام الأرقام المثلثية الضبابية Triangular Fuzzy Numbers، على النحو التالي[2]:

$$\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{M_{gi}^j} = \left(\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{l_j} \;,\; \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{m_j} \;,\; \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{u_j}\right)$$

$$\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{m}} \mathrm{M_{gi}^j} = \left(\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{l_i} \;,\; \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{m_i} \;,\; \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{u_i}\right)$$

عند التعبير عن مصفوفة المقارنة الثنائية الضبابية رياضيا، تمثل $\tilde{a}_{ij}$ الأرقام الثلاثية الضبابية أما $\tilde{a}_{ji}$ تمثل مقلوب تلك الأرقام $\tilde{a}_{ji} = 1/\,\tilde{a}_{ij}$ وبالتالي إذا كان $\tilde{\mathrm{A}}$ رقم مثلثي ضبابي فإن مقلوب هذا الرقم الضبابي يحسب كالتالي:

$$\tilde{A}^{-1} = (l, m, u) = \left(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l}\right)$$



شكل 3. خطوات بناء أسلوب FTOPSIS [16]

يتم تحويل مصفوفات المقارنات الثنائية إلى الشكل الضبابي باستخدام المقياس الثلاثي الضبابي والموضح بالجدول (3).

جدول 3. مقياس التحويل إلى الشكل الضبابي [5]

مقياس لغوي	درجة الأفضلية	
	قيم AHP التقليدي	المقياس الثلاثي الضبابي
متساويان في الأهمية	1	$(1-\delta, 1, 1+\delta) = \tilde{1}$
أهمية معتدلة	3	$(3-\delta, 3, 3+\delta) = \tilde{3}$
أهمية كبيرة	5	$(5-\delta, 5, 5+\delta) = \tilde{5}$
أهمية كبيرة جدا	7	$(7-\delta, 7, 7+\delta) = \tilde{7}$
أهمية قصوى	9	$(9-\delta, 9, 9+\delta) = \tilde{9}$
أهمية وسطية بين القيم	8,6,4,2	$\tilde{2}$ ، $\tilde{4}$ ، $\tilde{6}$ ، $\tilde{8}$

لكل رقم مثلثي ضبابي وظيفة عضوية من ثلاث حدود حيث M=(l,m,u)، ويمكن وصفها من خلال المعادلة (12) [4]:

$$\mu f(x) = \begin{cases} \dfrac{x - l_{ij}}{m_{ij} - l_{ij}} & , l_{ij} \le x \le m_{ij} \\ \dfrac{x - l_{ij}}{m_{ij} - l_{ij}} & m_{ij} \le x \le u_{ij} \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (12)$$

3) تجميع مصفوفات الحكم الضبابي

يتم تجميع مصفوفات الحكم الضبابي لمجموعة صناع القرار والتي عددهم n، للحصول على المصفوفة النهائية، ويتم العمل بمبدأ المعادلة التالية $\tilde{A}_{ij} = L_{ij}, M_{ij}, U_{ij}$، حيث L الحد الأدنى للرقم الضبابي وهو أصغر قيمة ضمن قيم الحدود الدنيا لمصفوفة المقارنات الثنائية الضبابية، والحد الأعلى للمصفوفة U هو أعلى قيمة لمصفوفة المقارنات الضبابية، أما الحد الأوسط M تحدد قيمته باستخدام طريقة الوسط الهندسي الغامض على النحو التالي [4]:

$$L_{ij} = \min\left(l_{ijk}\right) \qquad (13)$$

$$U_{ij} = \max\left(u_{ijk}\right) \qquad (14)$$

$$M_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{n} m_{ijk}\right)^{\frac{1}{n}}. \qquad (15)$$

4) تطبيع أوزان المعايير

يتم في هذه المرحلة تحويل الأوزان الضبابية للمعايير بعد اشتقاقها إلى أرقام غير ضبابية Crisp ليسهل التعامل معها في تطبيق خطوات أسلوب TOPSIS، وتمر هذه المرحلة بالخطوات التالية [4]:

الخطوة الأولى: يتم فيها حساب مجموع الأسطر S_i وذلك باستخدام المعادلة (16).

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gj}^{j} \times \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gj}^{j}\right]^{-1} \qquad (16)$$

حيث أن:

M_{gj}^{j} : أرقام مثلثية ضبابية.

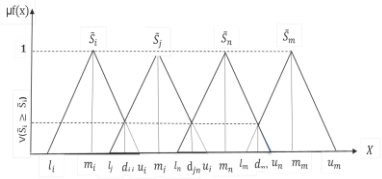
$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j \;,\; \sum_{j=1}^{m} m_j \;,\; \sum_{j=1}^{m} u_j\right)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i \;,\; \sum_{i=1}^{n} m_i \;,\; \sum_{i=1}^{n} u_i\right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i} \;,\; \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \;,\; \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$

الخطوة الثانية: وفيها يتم احتساب احتمال أن يكون $(S_i > S_j)$، من خلال المعادلة (17)، و الشكل (4) يوضح تقاطع $\tilde{S}_i$, $\tilde{S}_j$ ودرجة احتمالها:

$$\mu f(x) = V(\tilde{S}_j > \tilde{S}_i) = \begin{cases} 1 & , m_j \ge m_i \\ 0 & , l_i \ge u_j \\ \dfrac{l_i - u_j}{(m_j - u_j) - (m_i - l_i)} & , otherwise \end{cases} \qquad (17)$$



شكل 4. تقاطع الأرقام الضبابية ودرجة احتمالها [18]

حيث أن:

$$\tilde{S}_j = \left(L_j, M_j, U_j\right) \;\&\; \tilde{S}_i = \left(L_i, M_i, U_i\right)$$

الخطوة الثالثة: احتمال أن يكون S_i أكبر من جميع الأرقام الضبابية الأخرى، كما موضح بالمعادلة (18).

$$V(\tilde{S}_i \ge \tilde{S}_j),\ (j=1, \ldots..,\ n,\ j \ne 1) = min_{j \in (1,\ldots,n), j \ne i} V(\tilde{S}_i \ge \tilde{S}_j),\ (i = 1, \ldots, n) \qquad (18)$$

الخطوة الرابعة: تشكيل شعاع الأوزان لمصفوفة المقارنة الضبابية W_t، كما موضح بالمعادلة (19).

$$W_t = \frac{V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j, j = 1,..,n, j \neq i)}{\sum_{k=1}^{n} V(\tilde{S}_k \geq \tilde{S}_j, j = 1,..,n, j \neq k)} \qquad (19)$$

حيث أن:

W_t : هو رقم غير غامض فهو يعطي أهمية نسبية لوزن عن الآخر.

5) تطبيق خطوات أسلوب TOPSIS
تعتبر هذه المرحلة هي الأخيرة من مراحل تطبيق أسلوب FTOPSIS، وفيها يتم تطبيق جميع خطوات أسلوب TOPSIS والتي سبق ذكرها باستخدام المعادلات من (5) إلى (11).

4. الحالة الدراسية

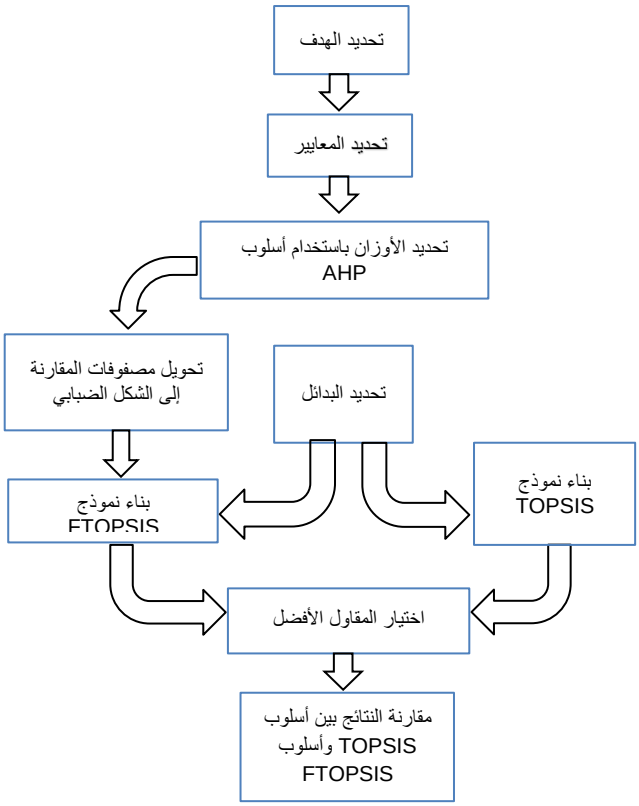
إنَ عملية الوصول إلى بناء نموذج لاختيار المقاول الأفضل يستلزم الحصول على بيانات حقيقية لمشروع ما لغرض استخدامها كحالة دراسية يتم التطبيق عليها، وبعد التواصل مع الشركة الليبية للحديد والصلب Libyan Iron and Steel Company (LISCO) من خلال الزيارات الميدانية للشركة والمقابلات مع ذوي الاختصاص بالمشاريع والعطاءات داخل الشركة. تم الحصول على بيانات لمشروع إنشاء مبنى متكامل لإدارة الصيانة الميكانيكية داخل الشركة. والشكل (5) يوضح منهجية الحالة الدراسية، ويمكن تلخيصها بالنقاط التالية:

أ. الاعتماد على أسلوب TOPSIS لاختيار المقاول المناسب من مجموعة المقاولين المتقدمين للمشروع.
ب. تم الاستعانة بأسلوب AHP لإجراء المقارنات الثنائية بين المعايير، وتحديد أوزان المعايير عن طريق الأهمية النسبية.
ج. تم الاعتماد على استخدام أسلوب FTOPSIS، وذلك لقدرته على استيعاب عدم اليقين والغموض في تقييمات الخبراء.
د. لتطبيق أساليب التحليل متعدد المعايير يجب تحديد الهدف وتحديد المعايير والبدائل للحالة الدراسية، والهدف في الدراسة هو تحديد أفضل مقاول لمشروع إنشاء مبنى متكامل لإدارة الصيانة الميكانيكية بالشركة، أما بالنسبة لتحديد المعايير فتم الاعتماد على المنهجية الموضحة بالنقاط التالية:

1. تم تجميع قائمة مبدئية من المعايير بالاعتماد على الدراسات السابقة وتمريره على مجموعة من المُشاركين في عملية التقييم من الأكاديميين وذوي الخبرة في مجال العطاءات داخل الشركة وخارجها. تم اعتماد ستة معايير رئيسية كمحصّلة لآراء الخبراء على نموذج الاستبيان وهي موضحة بالجدول (4)، والتي يمكن توضيحها بالنقاط التالية:
الخبرة: يقصد بها الخبرة العملية في مجال الإنشاءات عموماً ومشاريع إنشائية مشابهة خصوصاً.
السمعة: يقصد بها عدم وجود سجل من الأخطاء أو الشكاوى على المقاول أو إخلال بالتعاقدات أو التهرب الضريبي أو الغش.
القدرة المالية: يقصد بها أن يكون لدى المقاول القدرة المالية الكافية لتغطية المشروع في حالة وجود عراقيل في المشروع.
ضمان الجودة: يقصد بها هل المقاول يطبق نظام الجودة وهل هو متحصل على شهادة ضمان للجودة.
السعر: ويقصد به القيمة المالية التي يطلبها المقاول مقابل تنفيذ المشروع.
الفترة الزمنية: ويقصد بها الفترة الزمنية التي يحتاجها المقاول لتنفيذ المشروع.
دالة الهدف الموضحة بالجدول (4) تحتوي على خيارين وهما: (تعظيم القيمة Maximization) وتستخدم عندما يكون الهدف هو الحصول على أكبر قيمة للمعيار مثل معيار الخبرة، أي كلّما زادت الخبرة أفضل، بينما (تقليل القيمة Minimization) تستخدم عندما يكون الهدف هو الحصول على أقل قيمة للمعيار مثل معيار السعر.

جدول 4. ترتيب المعايير وفق آراء الخبراء

المعيار	الرمز	دالة الهدف	
		Min	Max
الخبرة	C_1		√
السمعة	C_2		√
القدرة المالية	C_3		√
ضمان الجودة	C_4		√
السعر	C_5	√	
الفترة الزمنية	C_6	√	



شكل 5. منهجية الحالة الدراسية

2. لتحديد الأوزان للمعايير يتم إجراء المقارنات الثنائية بين المعايير وفق المقياس الذي أقترحه توماس ساعاتي والمعروف بمقياس التسع نقاط والموضح بالجدول (2). والجدول (5) يوضح مصفوفات المقارنة الثنائية للخبراء الأربعة، ليتم بعد ذلك تجميع مصفوفات المقارنات الثنائية بين المعايير لجميع الخبراء في مصفوفة واحدة عن طريق حساب متوسط تقييمات الخبراء، والذي يمكن حسابه باستخدام قانون المتوسط الهندسي. والجدول (6) يوضح مصفوفة متوسط تقييمات الخبراء.
يتم التأكد من مدى جودة القرار النهائي عن طريق قياس درجة اتساق الأحكام التي يعتمدها الخبراء، ونظرا لصعوبة تحقيق الاتساق التام للأحكام في أي مقارنة ثنائية يتم إجراؤها، ولمعالجة ضعف الاتساق في أسلوب AHP اعتمد ساعاتي مؤشر للثبات يمكن من خلاله الحكم بقبول مصفوفة المقارنة أو رفضها وطلب إعادة بنائها، ويتم حساب نسبة التناسق من خلال الخطوات التالية:

أ. نحسب مجموع القيم لكل عمود في مصفوفة المقارنة الثنائية.
ب. يقسم كل عنصر من عناصر المصفوفة على مجموع العمود الذي يقع فيه العنصر، وبالتالي نحصل على المصفوفة الجديدة والتي مجموع كل عمود فيها يساوي 1.00.

جدول 5. مصفوفات المقارنة الثنائية للخبراء

الخبير	المعايير	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
K1	C_1	1.00	4.00	5.00	2.00	5.00	6.00
	C_2	0.25	1.00	5.00	0.50	0.25	4.00
	C_3	0.20	0.20	1.00	3.00	3.00	4.00
	C_4	0.50	2.00	0.33	1.00	3.00	3.00
	C_5	0.20	4.00	0.33	0.33	1.00	4.00
	C_6	0.17	0.25	0.25	0.33	0.25	1.00
K2	C_1	1.00	3.00	4.00	3.00	1.00	1.00
	C_2	0.33	1.00	3.00	0.33	0.33	0.50
	C_3	0.25	0.33	1.00	4.00	2.00	2.00
	C_4	0.33	3.00	0.25	1.00	3.00	3.00
	C_5	1.00	3.00	0.50	0.33	1.00	3.00
	C_6	1.00	2.00	0.50	0.33	0.33	1.00
K3	C_1	1.00	4.00	3.00	3.00	1.00	1.00
	C_2	0.25	1.00	1.00	1.00	0.25	0.25
	C_3	0.33	1.00	1.00	1.00	0.33	0.33
	C_4	0.33	1.00	1.00	1.00	0.33	0.33
	C_5	1.00	4.00	3.00	3.00	1.00	1.00
	C_6	1.00	4.00	3.00	3.00	1.00	1.00
K4	C_1	1.00	3.00	2.00	1.00	2.00	5.00
	C_2	0.33	1.00	2.00	0.20	7.00	6.00
	C_3	0.50	1.00	1.00	0.14	7.00	5.00
	C_4	1.00	5.00	7.00	1.00	6.00	7.00
	C_5	0.20	0.14	0.14	0.17	1.00	3.00
	C_6	0.20	0.17	0.20	0.14	0.33	1.00

جدول 6. مصفوفة متوسط تقييمات الخبراء

	متوسط تقييمات الخبراء						أوزان المعايير
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	
C_1	1.00	3.46	3.31	2.06	2.66	2.78	0.34
C_2	0.29	1.00	1.78	0.56	0.62	1.86	0.13
C_3	0.30	0.56	1.00	0.96	1.93	2.27	0.14
C_4	0.49	1.79	1.04	1.00	2.06	2.14	0.18
C_5	0.38	1.61	0.52	0.49	1.00	2.45	0.13
C_6	0.36	0.54	0.44	0.47	0.41	1.00	0.08
المجموع	2.82	8.96	8.09	5.54	8.68	12.5	-

ج. نقوم بحساب المتوسط الحسابي لكل صف في المصفوفة لنحصل على الأولوية النسبية للمعايير المرتبطة بذلك الصف.

د. نقوم بحساب شعاع المجموع المرجح WSV من خلال ضرب الأولوية النسبية لكل صف من صفوف المصفوفة في عناصر العمود الذي يقابلها في مصفوفة المقارنات الثنائية الأصلية للخبير قبل إجراء التخفيض.

هـ. نحسب شعاع الاتساق CV من خلال قسمة مركبات شعاع المجموع المرجح على الأولوية النسبية لكل صف.

و. نحسب متوسط مركبات شعاع الاتساق من خلال حساب المتوسط البسيط لقيم شعاع الاتساق. وبالتالي يمكننا حساب نسبة التناسق، والجدول (7) يوضح تناسق المقارنات الثنائية للخبراء.

بعد الاطلاع على مستندات مشروع إنشاء مبني لإدارة الصيانة الميكانيكية بشركة LISCO، والتي أظهرت وجود ستة مقاولين قدَموا عروض فنية ومالية لتتم عملية المفاضلة بينهم من قبل لجنة العطاءات. وتم منح المقاولين رموز من A إلى F. وبعد الانتهاء من تحديد المعايير وتحديد المقاولين، يتم تشكيل مصفوفة القرار والتي تعتبر البنية الأساسية لأسلوب TOPSIS. تم الحصول على البيانات داخل مصفوفة القرار بالاستعانة بالخبراء داخل الشركة واستخدام جداول بيانات تفريغ العروض لحالة المشروع قيد الدراسة، وتم تحويل جميع البيانات إلى نسبة مئوية لتسهيل عملية الحسابات. والأوزان المستخدمة في مصفوفة القرار هي أوزان المعايير لمصفوفة تقييمات الخبراء التي تم حسابها من خلال طريقة AHP ويتم استخدامها كمدخلات لأسلوب TOPSIS. والجدول (8) يوضح مصفوفة القرار للحالة المدروسة. وبتطبيق خطوات أسلوب TOPSIS على مصفوفة القرار في الجدول (8)، عن طريق تحديد الحلول المثلى الموجب والسالب وتحديد قيم الانفصال، وبالتالي تكون مصفوفة القرار النهائية كما بالجدول (9). والجدول (10) يوضح ترتيب المقاولين وفق التقارب النسبي للحل المثالي.

جدول 7. تناسق المقارنات الثنائية للخبراء

الخبير	CI	CR	ثبات الأحكام
K_1	0.26	0.20	مقبول
K_2	0.16	0.13	مقبول
K_3	0.06	0.05	مقبول
K_4	0.17	0.13	مقبول
K_m	0.06	0.05	مقبول

حيث أن:

K_m :تمثل مصفوفة متوسط تقييمات الخبراء.

جدول 8. مصفوفة القرار للحالة المدروسة

	الهدف	Max	Max	Max	Max	Min	Min
	المعايير	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	وزن المعيار	0.34	0.13	0.14	0.18	0.13	0.08
المقاولين	A	0.18	0.21	0.21	0.27	0.78	0.21
	B	0.19	0.19	0.13	0.22	0.82	0.17
	C	0.26	0.21	0.17	0.11	0.83	0.19
	D	0.14	0.15	0.17	0.13	0.85	0.19
	E	0.14	0.14	0.17	0.16	0.86	0.13
	F	0.10	0.10	0.14	0.11	0.85	0.11

جدول 9. مصفوفة القرار النهائية

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	S^+	S^-
A	0.391	0.147	0.157	0.202	0.332	0.090	0.145	0.177
B	0.411	0.135	0.104	0.167	0.323	0.075	0.178	0.140
C	0.541	0.147	0.130	0.094	0.319	0.082	0.158	0.186
D	0.316	0.111	0.130	0.106	0.312	0.082	0.114	0.274
E	0.316	0.103	0.130	0.128	0.308	0.060	0.249	0.070
F	0.241	0.079	0.111	0.094	0.312	0.052	0.309	0.020
V^+	0.206	0.070	0.072	0.112	0.308	0.033		
V^-	0.079	0.031	0.044	0.046	0.339	0.303		

جدول 10. ترتيب المقاولين وفق أسلوب TOPSIS

المقاول	C^+	ترتيب المقاولين
A	0.549	الثاني
B	0.440	الرابع
C	0.541	الثالث
D	0.706	الأول
E	0.219	الخامس
F	0.061	السادس

لعدم الدقة واليقين التي تواجه بيئة اتخاذ القرار يتم بناء نموذج FTOPSIS، وتوجد مجموعة من الخطوات التي يتم اتباعها لبناء هذا النموذج وهي موضحة بالمعادلات من المعادلة (12) إلى المعادلة (15). يتم تحويل مصفوفات المقارنات الثنائية للخبراء إلى الشكل الضبابي عن طريق استخدام الأرقام المثلثية الضبابية بدرجة تضبيب ($\delta = 1.0$)، ليتم تجميع مصفوفات المقارنات الثنائية للخبراء بعد تحويلها للشكل الضبابي، والجدول (11) يوضح مصفوفة الحكم الضبابي النهائية المجمعة لآراء الخبراء. والخطوة التالية هي تطبيع أوزان معايير الدراسة عن طريق اشتقاق الأوزان الضبابية للمعايير باستخدام المعادلات من المعادلة (16) إلى المعادلة (19). ونتائج تطبيع أوزان معايير الدراسة مدونة بالجداول من جدول (12) إلى جدول (14).

جدول 11. مصفوفة الحكم الضبابي النهائية المجمعة لآراء الخبراء

الهدف	Max			Max			Max			الهدف
المعايير	C_1			C_2			C_3			المعايير
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
C_1	1.00	1.00	1.00	2.00	3.50	5.00	1.00	3.50	6.00	C_1
C_2	0.20	0.29	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	2.25	6.00	C_2
C_3	0.17	0.32	1.00	0.17	0.68	1.00	1.00	1.00	1.00	C_3
C_4	0.25	0.54	1.00	1.00	2.25	6.00	0.25	2.21	8.00	C_4
C_5	0.17	0.40	1.00	0.13	2.04	5.00	0.13	0.99	4.00	C_5
C_6	0.14	0.39	1.00	0.14	1.15	5.00	0.17	0.93	4.00	C_6
الهدف	Max			Min			Min			الهدف
المعايير	C_4			C_5			C_6			المعايير
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
C_1	1.00	2.25	4.00	1.00	3.25	6.00	1.00	3.50	7.00	C_1
C_2	0.17	0.68	1.00	0.20	1.96	8.00	0.20	3.06	7.00	C_2
C_3	0.13	1.54	4.00	0.25	3.08	8.00	0.25	3.33	6.00	C_3
C_4	1.00	1.00	1.00	0.25	3.08	7.00	0.25	3.33	8.00	C_4
C_5	0.14	0.96	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.75	5.00	C_5
C_6	0.13	0.95	4.00	0.20	0.48	1.00	1.00	1.00	1.00	C_6

U: Upper Limit.

M: Medium Limit.

L: Lower Limit.

جدول 12. مجموع قيم المتجهات الضبابية

المعايير	rs_i		
	L	M	U
C_1	1.12	2.60	4.14
C_2	0.33	1.18	2.34
C_3	0.25	1.23	2.40
C_4	0.39	1.74	3.73
C_5	0.27	1.18	2.71

جدول 13. الأوزان الضبابية للمعايير

المعايير	$\widetilde{w}_i$		
	L	M	U
C_1	0.064	0.299	1.611
C_2	0.018	0.136	0.911
C_3	0.014	0.142	0.934
C_4	0.022	0.200	1.451
C_5	0.016	0.136	1.054
C_6	0.012	0.087	0.809

جدول 14. نتائج شرط المتباينة

المعايير	$V(\tilde{S}_j \geq \tilde{S}_i)$				
C_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C_2	0.839	0.993	0.932	1.00	1.00
C_3	0.874	1.00	0.940	1.00	1.00
C_4	0.933	1.00	1.00	1.00	1.00
C_5	0.859	1.00	0.902	0.942	1.00
C_6	0.705	0.942	0.935	0.874	0.942

وكانت نتائج حساب احتمال أن يكون S_i أكبر من جميع الأرقام الضبابية الأخرى (n-1)، مدونة بالمصفوفة التالية:

$$= \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \min V(\tilde{S}_1 \geq \tilde{S}_k) \\ \min V(\tilde{S}_2 \geq \tilde{S}_k) \\ \min V(\tilde{S}_3 \geq \tilde{S}_k) \\ \min V(\tilde{S}_4 \geq \tilde{S}_k) \\ \min V(\tilde{S}_5 \geq \tilde{S}_k) \\ \min V(\tilde{S}_6 \geq \tilde{S}_k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.00 \\ 0.839 \\ 0.847 \\ 0.933 \\ 0.859 \\ 0.705 \end{bmatrix}$$

وتم حساب الأوزان الطبيعية للمعايير بعد إزالة الضبابية وكانت النتائج وفق الجدول (15).

جدول 15. الأوزان الطبيعية للمعايير

الرمز	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6
الوزن	0.193	0.162	0.163	0.180	0.166	0.13

بعد تطبيع الأوزان الضبابية لمعايير الدراسة يتم إدخالها على مصفوفة القرار في شكل قيم محددة Crisp، ويتم تطبيق نفس خطوات أسلوب TOPSIS على مصفوفة القرار الجديدة. وبالتالي تكون مصفوفة القرار النهائية كما بالجدول (16). بينما الجدول (17) يوضح ترتيب المقاولين وفق التقارب النسبي للحل المثالي.

جدول 16. مصفوفة القرار النهائية

S^-	S^+	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
0.092	0.048	0.068	0.064	0.112	0.084	0.081	0.081	A
0.071	0.054	0.055	0.067	0.091	0.052	0.073	0.085	B
0.086	0.073	0.062	0.068	0.046	0.068	0.081	0.117	C
0.032	0.088	0.062	0.069	0.054	0.068	0.057	0.063	D
0.044	0.078	0.042	0.070	0.066	0.068	0.054	0.063	E
0.032	0.110	0.036	0.069	0.046	0.056	0.039	0.044	F
		0.036	0.064	0.112	0.084	0.081	0.117	V^+
		0.068	0.070	0.046	0.052	0.039	0.044	V^-

جدول17. ترتيب المقاولين وفق أسلوب FTOPSIS

المقاول	C^+	ترتيب المقاولين
A	0.657	الأول
B	0.568	الثاني
C	0.541	الثالث
D	0.267	الخامس
E	0.361	الرابع
F	0.225	السادس

تم تحديد معايير اختيار المقاول بالاعتماد على أسلوب AHP، عن طريق إجراء المقارنات الثنائية بين المعايير وفق المقياس الذي أقترحه توماس ساعاتي والمعروف بمقياس التسع نقاط، وكانت نتائج تحديد الأهمية النسبية للمعايير وفق أسلوب AHP مرتبة كالتالي:
تحصل معيار الخبرة على أهمية نسبية كبيرة عن باقي المعايير بقيمة أهمية بلغت قيمتها 0.34، ويليه في الترتيب معيار ضمان الجودة بأهمية نسبية بلغت قيمتها 0.18، من خلال هذا الترتيب يظهر عدم قدرة الأسلوب المتبع في شركة LISCO، بتحديد المعايير الأكثر أهمية لإجراء المفاضلة بين المقاولين؛ حيث اعتمدت الشركة في تقييم المقاولين على معيارين فقط، هما معيار السعر والمعيار الفني، في نتائج الدراسة نجد أن معيار السعر قد تحصل على الترتيب الخامس من بين ستة معايير. عند استخدام أسلوب TOPSIS كانت نتائج ترتيب المقاولين وفق التقارب النسبي للحل المثالي كالتالي: تحصل المقاول D على أعلى تقارب نسبي للحل المثالي بقيمة 0.706، وحل في الترتيب الثاني المقاول A والذي تحصل على تقارب نسبي بقيمة 0.549، بينما عند استخدام أسلوب FTOPSIS، تحصل المقاول A على الترتيب الأول بتقارب نسبي مقداره 0.657، بينما جاء في الترتيب الثاني المقاول B والذي تحصل على تقارب نسبي مقداره 0.568 وبالرغم من تفوق المقاول E من حيث معيار التكلفة، إلا أن نتيجة إهماله لباقي المعايير وخصوصا معيار الخبرة الذي له أهمية كبيرة تحصل على الترتيب الرابع. أوضحت نتائج الدراسة أهمية الاعتماد على معايير مختلفة في اختيار المقاول، وألا تقتصر عملية اختيار المقاول على المعيار الفني والمالي فقط حسب ما هو متبع في شركة LISCO، حيث أظهرت الدراسة أهمية اعتماد الشركة على معايير مختلفة في اختيار المقاول، وما يترتب عن ذلك من تقليل في التكلفة وزيادة الجودة وتقليل زمن التنفيذ من خلال اختيار المقاول المناسب. تعد المنهجية المتبعة في أسلوب FTOPSIS منهجية عامة يمكن التعديل على معايير الاختيار والبدائل وفق الحالة المدروسة وبنفس الخطوات المتبعة في اختيار المقاول في شركة LISCO، ويمكن استخدامها في مؤسسات أخرى وفي بيئات أخرى مختلفة.

5. الخلاصة

الهدف من هذه الورقة هو اختيار أفضل مقاول في شركة LISCO باستخدام طريقة FTOPSIS. تمثلت الحالة الدراسية في اختيار المقاول المناسب لمشروع إنشاء مبنى متكامل لإدارة الصيانة الميكانيكية داخل الشركة الليبية للحديد والصلب. يشكل اختيار المقاول مصدر قلق لأغلب المؤسسات، لما له من تأثير مباشر على نجاح المشروع، فالاختيار غير الصحيح للمقاول يعتبر من العوامل الأساسية لفشل أي مشروع. تعتبر عملية اختيار المقاول الأفضل من بين مجموعة من المقاولين عملية معقدة وصعبة، وذلك بسبب تعدد المعايير التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند عملية التقييم، وتزداد العملية صعوبة عندما يؤخذ في الاعتبار عملية الغموض عند عملية التقييم. تم تحديد معايير اختيار المقاول بالاعتماد على أسلوب AHP، عن طريق إجراء المقارنات الثنائية بين المعايير. أظهرت نتائج الدراسة أن كلا الأسلوبين TOPSIS وFTOPSIS، تعطي مؤشر يمكن الاسترشاد به في اتخاذ القرار، في أسلوب FTOPSIS كانت نتائج ترتيب المقاولين بتحصل المقاول A على الترتيب الأول ويليه في الترتيب المقاول B، بينما في أسلوب TOPSIS تحصل المقاول D على الترتيب الأول ويليه المقاول A، ويفسر الاختلاف في ترتيب المقاولين بسبب استخدام الأرقام الضبابية وتحويل أحكام الخبراء وتفضيلاتهم إلى الشكل الضبابي، ويرجع ذلك إلى دقة أسلوب FTOPSIS في تقدير الأوزان الناتجة عن آلية المقارنة الثنائية لمعايير الدراسة، مما يوثر في الترتيب النهائي للمقاولين. يوصي الباحث بالتركيز على أسلوب FTOPSIS لأنه يعطي النتائج بأكبر دقة وموثوقية من أسلوب TOPSIS.

6. المراجع

[1] وئام أبوحليقة. (2021). تحديد أولوية استكمال المشاريع الإنشائية المتوقفة في ليبيا باستخدام التحليل المتعدد المعايير. كلية التقنية الصناعية/ مصراتة- ليبيا.

[2] P.J.A. Vermeulen, " The effect of contractor selection criteria on project success, MSc Thesis, Tilburg University, Tilburg, 2012.

[3] محمد بداوي، أبو القاسم حمدي و عبد الحميد نعيجات. (2019). استخدام طريقة ترتيب الأفضليات عن طريق التشابه مع الحل المثالي TOPSIS الضبابية في دراسة أهمية العوامل المحققة لتميز أداء المؤسسات: دراسة حالة عينة من المؤسسات المشاركة في مسابقة الجزائر للجودة. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية, مجلد 12 (العدد 2).

[4] مهدي اسميو. (2020). استخدام أسلوب التحليل الهرمي الضبابي Fuzzy AHP ضمن سلسلة التوريد لاختيار أفضل مورد. كلية التقنية الصناعية/ مصراتة- ليبيا.

[5] سالم عيسى. (2018). اختيار الموردين في الشركات الصناعية باستخدام أسلوب التحليل الهرمي AHP. الأكاديمية الليبية/ مصراتة- ليبيا.

[6] J. Sporrong, Selecting Architectural and Engineering Consultants, Chalmers University of Technology, Göteborg, Swede, 2014.

[7] صفاء عاشور. (2014). استخدام القرار متعدد المعايير لاختيار المقاول الثانوي. جامعة دمشق/سوريا.

[8] R. A. M. Balubaid, " Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multi-Criteria Analysis for Contractor Selection," American Journal of Industrial and Business Management, vol. 5, 2015, pp 581-589.

[9] O. S. Elsayah, " A Framework for Improvement of Contractor Selection Procedures on Major Construction Project in Libya," Thesis of PhD, Napier University, Edinburgh, July 2016.

[10] مصطفى بن حكومة، بشير قلوز و عادل السوسي، "التأهيل المسبق للشركات المقاولة خيار استراتيجي لإدارة المشاريع الهندسية،" المؤتمر العلمي الثاني للعلوم الهندسية والتقنية، صبراتة، ليبيا، 29-31 أكتوبر 2019.

[11] ريان المغربي. (2017). إختيار المقاولين بالشركة السعودية للكهرباء باستخدام طريقة TOPSIS الضبابية. جامعة الملك عبد العزيز/ المملكة العربية السعودية.

[12] M. F. E. k. A. j. A. Mohaghar, "Contractor selection using extended Topsis technique with interval-valued triangular fuzzy numbers" ,Global Business and Economics Research Journal, vol. 2, no. 5, May 2013, pp 55-65.

[13] A. Le´sniak, D. Kubek, E. Plebankiewicz, K. Zima, S. Belniak" Fuzzy AHP Application for Supporting Contractors Bidding Decision," Symmetry Journal, Received: 14 October 2018, , Accepted: 13 November 2018, Published: 16 November 2018.
[14] "Bids, Tenders& Proposals ", 5th edition, 2015, UK. Harold Lewis,
[15] S. Nadaban, S. Dzitac, I. Dzitac " Fuzzy Topsis: A General View," ELSEVIER, December 2016.
[16] M. I. Bolos, I. A. Bradea, C. Delcea " A Fuzzy Logic Algorithm for Optimizing the Investment Decisions within Companies," Symmetry, December 2018.
[17] M. H. AMINI, "A Study of Multiple Attributes Decision Making Methods Facing Uncertain Attributes, MSc Thesis, Kansas State University, Iran, 2015.
[18] زينب بلحريزي و نصر الدين بن مسعود. (2020). استخدام تقنية الاستدلال الضبابي لتقييم مستوى أداء الموارد البشرية دراسة حالة مؤسسة سونلغاز عين تموشنت. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية, مجلد 12 (العدد 03), الصفحة 125-138.