طريقة التحليل الهرمي المبهم كأداة للمفاضلة بين مشاريع نظم المعلومات

A Fuzzy AHP Method for Selecting Information Systems Projects

بن عمر فاطمة الزهراء
جامعة تلمسان، الجزائر
مخبر LEPPESE، المركز الجامعي مغنية
benamar_fatimazohra@yahoo.fr

بلحسن محمد*
مخبر LEPPESE، المركز الجامعي
مغنية، الجزائر
bellahcene_mohammed@yahoo.fr

ميكيديش محمد
مخبر LEPPESE، المركز
الجامعي مغنية، الجزائر
mkidiche@yahoo.fr

تاريخ الإرسال: 2020/12/01 تاريخ القبول: 2021/05/09 تاريخ النشر: 2021/12/16

ملخص:

يُعدّ اختيار مشاريع نظم المعلومات من القرارات الإستراتيجية الصعبة، التي تتطلب مراعاة مجموعة متضاربة من الأهداف والمعايير، فضلا عن التفضيلات المبهمة للمسيرين. من هذا المنطلق، يهدف هذا البحث إلى اختبار نموذج لطريقة التحليل الهرمي المبهم، ولتقييم نوعية الدعم الذي يقدمه للقرارات المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات. وقد راعى النموذج المقترح غالبية المعايير النوعية والكمية المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات؛ من الأرباح، وتكاليف المعدات والبرمجيات، وتكاليف أخرى، وتفضيلات متخذي القرار والمستخدمين، والتكاليف السنوية لليد العاملة الإضافية، والوقت اللازم للتكوين ولتنفيذ المشروع، والمخاطرة. ومن أجل اختبار الفرضيات، تم إعداد وحل حالة افتراضية حيث أثبتت النتائج نوعية الدعم المقدم من طرف النموذج المقترح لاختيار مشاريع نظم المعلومات. وبالرغم من ذلك، يبقى هذا النموذج محتاجا إلى تحسين، إذ أنه يهمل ظاهرة الترابط بين المعايير والبدائل.

الكلمات المفتاحية: اتخاذ القرار؛ اختيار المشاريع؛ الأهداف والمعايير؛ طريقة التحليل الهرمي المبهم؛ نظم المعلومات.

Abstract :

As a strategic decision, information systems projects selection has to consider a conflicting set of attributes and alternative, as well as the decision makers' fuzzy and imprecise judgements. Therefore, the aim of this study is to propose a Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) method for the selection of information system projects that consider the fuzzy and imprecise nature of decision makers' judgements. The proposed model includes different criteria such as benefits, costs (hardware, software, required manpower and other costs), project risk, required time for completion and for training, etc. A hypothetical example is given to show how to use this methode and its advantages. At the end, the study has demonstrated the quality of the support provided by the Fuzzy AHP model to IS project selection. Nevertheless, this methodology does not include interdependencies among criteria and alternatives.

Key Words: Decision making; Fuzzy Analytic Hierarchy Process; Goals and criteria; Information systems; Project selection.

JEL Classification: C61, M15.

*مرسل المقال: بلحسن محمد (*bellahcene_mohammed@yahoo.fr*)

المقدمة:

خلال السنوات الأخيرة، دفع اشتداد المنافسة العالمية والتطور السريع لتكنولوجيا المعلومات بالمنظمات إلى البحث عن طرق أكثر فعالية لإدارة أعمالها (Zandi & Tavana, 2010). وتعتبر نظم المعلومات احدى أهم الحلول التي يمكن أن تتبناها الإدارة العليا في مواجهة هذا التحدي؛ إذ أنها تتولى إتمام العمليات والمهام الروتينية (التي تتطلب وقتًا وجهدًا كبيرًا دون خلق أي قيمة إستراتيجية إضافية) بشكل آلي (أوتوماتيكي). كما أنها ترفع من أداء المنظمة وتدعم ميزاتها التنافسية من خلال: تحقيق وفرات الحجم وخفض التكاليف، أو تعزيز الابتكار والتمييز (Weber & Pliskin,1985 ; Porter & Millar, 1996). وعلاوة على ذلك، ترفع نظم المعلومات مستويات الاتصال الأفقي والمشاركة (Chang & Wong, 2010) وتدعم التعاون الداخلي والخارجي للمنظمات (Deng & al, 2008; Lu & al, 2006).

على الرغم من هذه المزايا، إلا أن تطوير مشاريع نظم المعلومات ليس بالمهمة البسيطة؛ إذ يتأثر نجاح هذا النوع من القرارات بعوامل تنظيمية، وتكنولوجية، وبيئية مختلفة، نذكر منها على سبيل المثال: مدى ملائمة وتوافق النظام الجديد مع إستراتيجية المنظمة، ومرونة البرامج المعلوماتية (Wang & al, 2008)، والقدرات والكفاءات التي تملكها المنظمة في مجال تكنولوجيا ونظم المعلومات (Bharadwaj, 2000 ; Ray & al, 2005).

في ظل هذه الظروف، تطورت أساليب إدارة نظم المعلومات وبرزت مناهج متنوعة تسمح بتطوير وتثبيت نظم معلومات تتميز بالتكامل والجودة العالية (سعد غالب ياسين، 2000؛ نبيل محمد مرسي، 2005)، وتهدف إلى مساندة احتياجات التشغيل والإدارة، وترضي المستخدمين النهائيين، وتحترم القيود المتعلقة بالتكاليف المالية والبشرية. ومن بين هذه المناهج، تطرقت هذه الدراسة إلى تلك المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات.

عموما، يقتضي اختيار مشاريع نظم المعلومات: التعرف على عدد من المشاريع (النظم) البديلة والمفاضلة بينها من أجل تعظيم أرباح المنظمة؛ وتخصيص الموارد المتاحة وتوزيعها على المشاريع المختارة (Lee & Kim, 2001). خلال هذه العملية، يواجه المسير مشاكل مختلفة يمكن إرجاعها إلى: تعدد وتضارب الأهداف، وجود أهداف نوعية غير ملموسة، عدم اليقين والمخاطر التي يمكن أن تؤثر على المشاريع، ضرورة أن تكون محفظة المشاريع المختارة متوازنة من حيث أهمية المعايير، إمكانية ترابط بعض المشاريع، وكذا تعدد وتنوع محافظ مشاريع نظم المعلومات الممكنة (Ghasemzadeh & Archer, 2000).

وعلى الرغم من أهمية اختيار مشاريع نظم المعلومات، إلا أن درجة الصعوبة والتعقيد العالية التي تميزها حالت دون بروز نماذج لدعم هذه القرارات تحظى بالإجماع. إضافة إلى ذلك، تُهْمِلُ غالبية المناهج المقترحة في الدراسات السابقة، الطابع الضبابي والمبهم للأحكام التي يصدرها متخذو القرار عند المفاضلة بين المشاريع. من هذا المنطلق، يتعرض هذا المقال للإشكالية التالية: **هل يمكن اقتراح نموذج رياضي يستخدم طريقة التحليل الهرمي المبهم من أجل مساعدة مسيري المؤسسات الجزائرية في اختيار أحسن توليفة من مشاريع نظم المعلومات، بشكل يراعي**

الطابع الضبابي والمبهم لأحكام متخذي القرار، ويسمح بتخفيض النفقات والمخاطر، وتعظيم الأرباح النقدية وغير النقدية لهذه المشاريع؟

من أجل الإجابة على هذه الإشكالية، تمت صياغة الفرضيات التالية:

- **الفرضية الأولى:** يمكن صياغة نموذج رياضي يستخدم طريقة التحليل الهرمي المبهم من أجل ترشيد القرارات المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات.
- **الفرضية الثانية:** نموذج طريقة التحليل الهرمي المبهم المقترح في هذا المقال يراعي الطابع الضبابي والمبهم للأحكام التي يصدرها متخذو القرار عند المفاضلة بين المعايير والمشاريع المختلفة.
- **الفرضية الثالثة:** نموذج طريقة التحليل الهرمي المبهم المقترح في هذا المقال يقدم دعما ذا جودة للقرارات المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات.

من أجل الإجابة على هذه الفرضيات، أُستعمِلت المناهج التالية:

- المنهج التحليلي الوصفي: ارتكزت هذه الدراسة على المنهج التحليلي الوصفي من أجل تحليل الدراسات السابقة وتحديد المعايير والأهداف الواجب مراعاتها عند اتخاذ القرارات المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات.
- الحالة الافتراضية: من الجانب التطبيقي، ونظرا لعدم توفر حالة واقعية يمكن اختبار النموذج المقترح عليها، تم في الأخير إعداد وحل حالة افتراضية.

ومن أجل استعراض تفاصيل هذا البحث، قسم المقال إلى أربعة مباحث، حيث يتناول المبحث الأول بالتحليل والنقد الدراسات السابقة. أما المبحث الثاني، فيقدم نموذج التحليل الهرمي المبهم المقترح. المبحث الثالث يشرح مختلف مراحل طريقة التحليل الهرمي المبهم. والمبحث الرابع يبرز تفاصيل ونتائج الدراسة الافتراضية. وفي الأخير، تلخص الخاتمة إسهامات وحدود الدراسة.

I. الدراسات السابقة:

خلال العقود الأخيرة، مرت الأبحاث المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات بعدة مراحل. في البداية، اقترحت الدراسات نماذج أحادية المعيار لتقييم واختيار مشاريع نظم المعلومات. مثال ذلك دراستي Carlson (1974) وGinzberg (1979) اللتين اعتمدتا على طريقة تحليل الربح – التكاليف. من خلال هذين العملين، تبين أن طريقة الربح/التكاليف طريقة صعبة ومحدودة، كونها لا تراعي الأرباح النوعية المترتبة عن استعمال نظم المعلومات. وفي دراسات أخرى، أبرز Chen & Gorla (1998) حدود الطرق التقليدية أحادية المعيار(NPV,ROI,...) وعجزها عن ترشيد القرارات الإستراتيجية على العموم ومسائل اختيار مشاريع نظم المعلومات على وجه الخصوص، وهذا راجع للآثار الإستراتيجية لمشاريع نظم المعلومات، وكذا إلى عدم إمكانية إشباع الأرباح غير المادية...

في مرحلة ثانية، أدخلت في النماذج المقترحة لحل المشاكل المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات مجموعة متعددة من المعايير والقيود. ففي دراسة Lucas & Moore (1976)، تمت مقارنة مشاريع نظم المعلومات بمشاريع البحث والتطوير، حيث اقترح الباحثان نموذجا متعدد الأهداف للترصيد يراعي المعايير المتعلقة باتساق الإنفاق

المتعلق بمهارة اليد العاملة وبالمداخيل غير المضمونة للمشاريع. أما Melone & Wharton (1984) فقد بينا أن طريقة الترصيد توفر مقاييس كمية لمعايير اتخاذ القرار، والتي يمكن استعمالها مباشرة في عملية المقارنة بين البدائل واختيار البديل الأمثل (ذو الرصيد المرتفع).

وعلى الرغم من إسهاماتها، إلا أن المقاربات المعتمدة على الترصيد والترتيب بقيت تعاني من عدة حدود. فهذه المقاربات تتميز بدرجة عالية من الذاتية، وتهمل مجموعة من العوامل المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات. من أجل تجاوز هذه النقائص، اقترحت أعمال حديثة نماذج متعددة المعايير مختلفة أهمها: نموذج Santhanam & al (1989)، والذي اعتمد فيه على البرمجة الخطية بالأهداف، أين تمت مراعاة مجموعة من الأهداف الكمية والنوعية واحترام كل الموارد والاهتمام بمحدوديتها في عملية اختيار المشاريع. كما نذكر عمل Santhanam & al (1990) الذي استخدم فيه نموذج التحليل الهرمي. فهذا النموذج يأخذ بعين الاعتبار الأحكام المتعلقة بالمعايير النوعية غير الملموسة إلى جانب المعايير الكمية الملموسة؛ ولكنه يهمل في المقابل بعض القيود المحيطة بالعملية؛ كما أنه لا يحدد دائما العوامل (محدودية الميزانية، عملية التنبؤ، الموارد اللازمة) والتي تعتبر قيودا حقيقية يجب الاهتمام بها عند اختيار مشاريع نظم المعلومات. وبهدف تفادي هذه النقائص، طور Schniederjans & Wilson (1991) مقاربة هجينة تمزج بين طريقتي البرمجة الخطية بالأهداف وطريقة التحليل الهرمي. تقتضي هذه المقاربة استعمال طريقة التحليل الهرمي في تحديد تفضيلات مشاريع نظم المعلومات، ثم إدماجها في صياغة النموذج الرياضي للبرمجة الخطية بالأهداف 0-1 (ZOGP) المستعمل في ترشيد القرار.

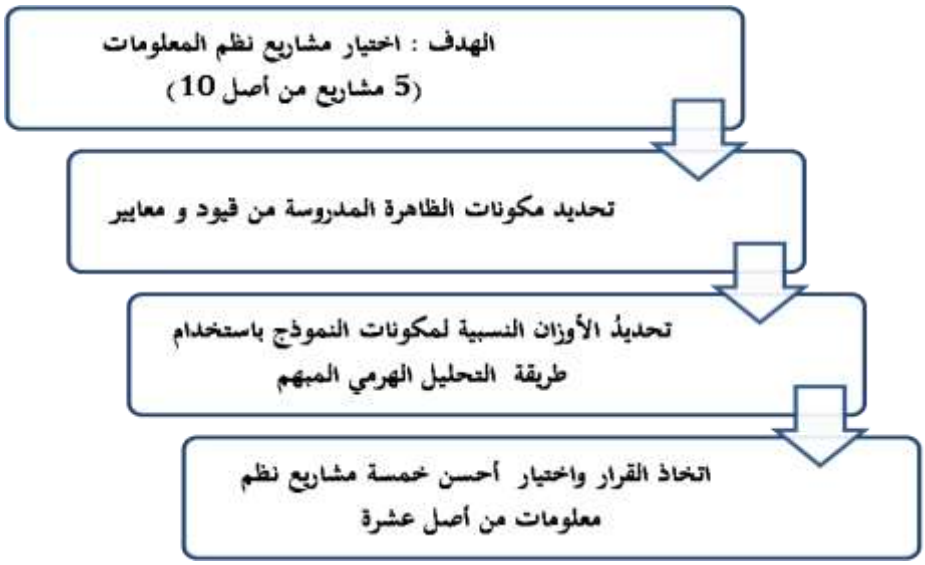
ومع أن هذه الدراسة ومثيلاتها أحرزت تقدما معتبرا، فإنها تجاهلت أربعة عوامل مصيرية ومؤثرة على عملية اختيار مشاريع نظم المعلومات وهي: الحدس الجيد، الخوف، عدم اليقين والتحيز. على هذا الأساس، اهتمت مجموعة أخيرة من الدراسات بإدخال مفهوم المنطق المبهم المقترح من طرف Zadeh (1965) في عملية اختيار مشاريع نظم المعلومات. من بين هذه الأبحاث، نذكر هنا على سبيل المثال: دراسة Yeh & al. (2010)، حيث استعملت طريقة الدلفي والنظرية المبهمة والـTOPSIS؛ فهذه المقاربة أدمجت ثلاثة مفاهيم وهي: نظرية القيمة المتعددة، ودرجة الهيمنة، ودرجة الأمثلية. وفي عمل ثاني، اقترح Samvedi & al. (2018) منهجية تعتمد على الـFUZZY DEMATEL والـFUZZY TOPSIS. وفي عمل أخير، دمج Bellahcene & al. (2020) طريقة التحليل الهرمي (AHP) والبرمجة الخطية بالأهداف المبهمة (FWAGP). وعلى الرغم من إسهامات هذه الدراسات، إلا أن العديد منها لا يراعي إلا الطابع المبهم للأهداف والمعايير، متناسيا أن الأحكام التي يصدرها متخذ القرار هي أيضا ليست دقيقة وتتسم بالضبابية.

II. النموذج المقترح:

من أجل مراعاة الطابع الضبابي والمبهم للأحكام التي يصدرها متخذ القرار عند المفاضلة بين المعايير والبدائل؛ يختبر هذا المقال مقاربة لاختيار مشاريع نظم المعلومات تستعمل طريقة التحليل الهرمي المبهم. كما هو موضح في الشكل

01، تمر هذه المقاربة بأربع مراحل أساسية: في البداية، تُقْتَرَحُ مجموعة من المشاريع يتوجب على متخذ القرار المفاضلة بينها واختيار عدد محدد منها من أجل إدراجها في مخطط تطوير نظم معلومات المؤسسة. بعد ذلك، يتم تحديد المعايير والقيود التي يجب مراعاتها عند المفاضلة. في مرحلة ثالثة، تُحَدَّدُ الأوزان النسبية لمكونات النموذج باستخدام طريقة التحليل الهرمي المبهم. وفي الأخير، تُرَتَّبُ هذه المشاريع استنادا إلى أوزانها النهائية، فالمشروع ذو الوزن المرتفع هو المفضل وهكذا إلى أن نصل إلى آخر مشروع والذي يكون ذو أصغر وزن.

الشكل 01: المقاربة المقترحة للدراسة التطبيقية



المصدر: من إعداد الباحثين.

III. طريقة التحليل الهرمي المبهم (FAHP)

في بعض الأحيان، قد يكون من الصعب على الخبير مقارنة أزواج معينة من المعايير. في هذه الحالات، سيكون أكثر واقعية السماح للخبير بتقديم البيانات في شكل أرقام مبهمة. على هذا الأساس، تم اقتراح طرق متعددة تستخدم مصفوفات المقارنة مع عناصر مبهمة. ومن بين هذه الأساليب، وقع الاختيار في هذا البحث على طريقة التحليل الهرمي المبهم. تعتبر طريقة التحليل الهرمي المبهم امتدادا لطريقة التحليل الهرمي (AHP) مع اعتماد المنطق المبهم في بناء نماذج القرار، وهذا ما يعطي نوعا من الفعالية والواقعية للنتائج المحسوبة. ومن بين الأبحاث المساهمة في تطوير طريقة التحليل الهرمي المبهم نجد: دراسة Laarhoven & Pedrycz (1983)' والتي استخدم فيها التمديد المباشر لطريقة التحليل الهرمي لSaaty مع أرقام مبهمة ثلاثية. وهناك أيضا دراسة Buckley (1985)، والذي اعتمد فيها أيضا على التمديد المباشر لطريقة التحليل الهرمي لـ Saaty مع أرقام مبهمة شبه منحرفة. أما طريقة تحليل المدى لـ Chang (1996) فهي تسعى لإيجاد أوزان المعايير انطلاقا من درجة الإمكانية لكل معيار، وهذا من خلال إيجاد قيمة المدى الاصطناعي المبهم. تتميز هذه المنهجية بتسلسل بسيط، كما تتبع خطوات طريقة التحليل الهرمي ولا تنطوي على عمليات إضافية. وعلى الرغم من ذلك، يؤخذ على هذه المنهجية استخدامها لأرقام

مبهمة ثلاثية فقط. في الأخير، نقف على طريقة Ramik & Perzina (2014) والتي تم تطبيقها في هذا البحث باستخدام برنامج "FUZZY MCDM/FUZZY AHP".

تتمثل المزايا الرئيسية لمنهجية Ramik & Perzina (2014) في أساسها الرياضي القوي ومدى موافقتها للحسابات. وعموما، تمر هذه الطريقة بالمراحل الخمسة التالية:

1. صياغة المشكل وتحديد الأوزان النسبية:

في خطوة أولى يتم صياغة المشكل من خلال تنظيم وترتيب مختلف المتغيرات من أهداف ومعايير وبدائل، وكذا تحديد طبيعة العلاقات وتقييم مدى التشابك الموجود بينها (متغيرات النموذج). تسمح هذه العملية ببناء نموذج القرار والذي يأخذ الهيأة الموضحة في الشكل 03. بعدها، يتم تشكيل مصفوفة المقارنات المبهمة للمعايير بالنسبة للهدف بواسطة أحكام يقدمها متخذي القرار، ثم مصفوفة المقارنات المبهمة للبدائل بالنسبة للمعايير.

عند تشكيل مصفوفات المقارنات المبهمة، يتم الحصول على أحكام متخذي القرار من خلال مجموعة من المقارنات تجرى على مستوى البنية الهرمية للمشكلة المصاغة. تصاغ هذه المقارنات في شكل أسئلة يطرحها المختصون، والتي تأخذ الشكل التالي: "بكم تقدر أهمية المشروع X1 مقارنة بالمشروع X2 بالنظر لمعيار المخاطرة مثلا؟" كل عمليات المقارنة لمتغيرات النموذج تتم بنفس الطريقة. والإجابة عنها يسمح لنا بالحصول على قيم الأهمية النسبية المبهمة (الأعداد المبهمة المثلثة) بالاعتماد على جدول المقاييس اللغوية للأوزان النسبية (مقياس التحويل المبهم) (الجدول 01، الشكل 02).

σ : تمثل درجة الأهمية وهي تمتد في مقاييس للتحويل المبهم المقترح من طرف Kabir & Akhtar Hasin (2012) من 1/9 إلى 9. وعلى العموم، تنتمي درجة الأهمية النسبية التي يقدمها الخبير إلى المجال $[1/\sigma,\sigma]$ ، من أجل القيمة المختارة $\sigma > 1$.

بعد تحديد قيم الأهمية النسبية المبهمة (The fuzzy scale of relative importance) ($\tilde{a}_{ij}$)، يتم تحديد القيم التبادلية المبهمة (The reciprocal fuzzy scale of relative importance) ($1/\tilde{a}_{ij}$) كما يلي :

$\breve{a}_{ij}=(a_{ij}^L, a_{ij}^M, a_{ij}^U) = (1/a_{ij}^U, 1/a_{ij}^M, 1/a_{ij}^L)$.

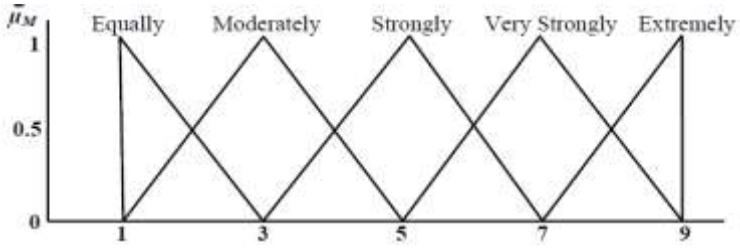
مجموع المقارنات المحصلة يوضع في المصفوفة $\tilde{A}$. حيث $\tilde{A}$ مصفوفة المقارنات المبهمة (The fuzzy pair-wise comparison matrice) من نوع (n*n). و $a_{ij}^L, a_{ij}^M, a_{ij}^U$ هي أعداد حقيقية، وهي تمثل على التوالي: الحدود العلوية، الوسطى والسفلية للرقم الثلاثي المبهم.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (a_{11}^L, a_{11}^M, a_{11}^U) & \cdots & (a_{l1}^L a_{l1}^M a_{l1}^U) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{n1}^L, a_{n1}^M, a_{n1}^U) & \cdots & (a_{nn}^L a_{nn}^M a_{nn}^U) \end{bmatrix} \qquad (1)$$

2. حساب مؤشر الاتساق لمصفوفة المقارنات المبهمة (Consistency Index):

تعتمد جودة تقدير الأوزان النسبية إلى حد كبير على اتساق الأحكام التي قام بها صانعو القرار خلال المقارنات الزوجية. وبالتالي، ومن أجل تجنب الحلول المضللة التي قد تؤدي إلى اتخاذ القرارات الخاطئة، يجب فحص اتساق أحكام صانعي القرار وتحسينها إذا لزم الأمر.

الشكل 02: المتغيرات اللغوية للأوزان النسبية



المصدر: Kabir & Akhtar Hasin، (2012)

الجدول 01: "المقاييس المبهمة الثلاثية المعبرة عن قيم المتغيرات اللغوية للأوزان النسبية التي تأخذها العناصر المكونة للمشكلة المطروحة"

درجة الأهمية(σ)	تعريفها	القيم الثلاثية المبهمة	القيم التبادلية المبهمة
$\tilde{1}$	عنصرين لهما أهمية متساوية (Equally Important)	(1.1.1)	(1.1.1)
$\tilde{2}$	قيم بينية (Intermediate preference)	(1.2.3)	(1/3.1/2.1)
$\tilde{3}$	عنصر أهم بقليل من عنصر آخر (Moderately More Important)	(2.3.4)	(1/4.1/3.1/2)
$\tilde{4}$	قيم بينية (Intermediate preference)	(3.4.5)	(1/5.1/4.1/3)
$\tilde{5}$	عنصر أهم من عنصر آخر (Strongly more important)	(4.5.6)	(1/6.1/5.1/4)
$\tilde{6}$	قيم بينية (Intermediate preference)	(5.6.7)	(1/7.1/6.1/5)
$\tilde{7}$	عنصرأهم بكثير من عنصر آخر (Very Strong more important)	(6.7.8)	(1/8.1/7.1/6)
$\tilde{8}$	قيم بينية (Intermediate preference)	(7.8.9)	(1/9.1/8.1/7)
$\tilde{9}$	عنصر أهم للغاية من عنصر آخر (Extremely more important)	(8.9.9)	(1/9.1/9.1/8)

المصدر: Ahamad Zaki Mohamed Noor et al، (2018)

وهناك عدة طرق لتحديد ما إذا كانت مصفوفة المقارنة المبهمة متسقة أم لا. مثال ذلك طريقة SAATY (1980)، وطريقة Gogus & Boucher (1998)، وطريقة Ramik & Korviny (2010)، والتي استعملت في هذا النموذج.

لقياس اتساق مصفوفة المقارنات المبهمة مع عنصر ثلاثي مبهم، اقترح Ramik & Korviny (2010) مؤشر الاتساقNI، والذي يحسب كما يلي:

$$NI_n^{\sigma}(\tilde{A}) = \gamma_n^{\sigma} \cdot \max_{i,j}\left\{\max\left\{\left|\frac{w_i^L}{w_j^U} - a_{ij}^L\right|, \left|\frac{w_i^M}{w_j^M} - a_{ij}^M\right|, \left|\frac{w_i^U}{w_j^L} - a_{ij}^U\right|\right\}\right\} \quad (2)$$

$$\gamma_n^{\sigma} = \begin{cases} \dfrac{1}{\max\left\{\sigma - \sigma^{(2-2n/n)},\ \sigma^2\left(\left(\frac{2}{n}\right)^{2/(n-2)} - \left(\frac{2}{n}\right)^{n/(n-2)}\right)\right\}} & \text{if } \sigma < \left(\frac{n}{2}\right)^{n/(n-2)} \\ \dfrac{1}{\max\left\{\sigma - \sigma^{(2-2n/n)},\ \sigma^{(2n-2/n)} - \sigma\right\}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

حيث w_i^L : الوزن المبهم للحد الأدنى L للسطر i، w_i^M الوزن المبهم للحد الأوسط M للسطر i، w_i^U : الوزن المبهم للحد الأعلى U للسطر i ، w_j^L : الوزن المبهم للحد الأدنى L للعمود j، w_j^M الوزن المبهم للحد الأوسط M للعمود j ، w_j^U : الوزن المبهم للحد الأعلى U للعمود j .

- تكون المصفوفة متسقة عندما تتراوح قيمة مؤشر الاتساق NI بين 0 و1.
- تكون المصفوفة متسقة تماما عندما تكون قيمة مؤشر الاتساق NI مساوية للصفر.
- تكون المصفوفة غير متسقة عندما تكون قيمة مؤشر الاتساق NI أكبر من1.

3. حساب الأوزان المبهمة للمتغيرات $\widetilde{W}_k$:

في مرحلة ثالثة تستخرج الأوزان المبهمة $\widetilde{W}_k$ للمتغيرات على ثلاث مراحل. حيث يتم حساب أوزان المعايير بالنسبة للهدف وأوزان البدائل بالنسبة لكل معيار على حدا؛ ثم نستخرج في الأخير الأوزان النهائية المبهمة للبدائل. في كل مرحلة، ولكل بديل أو معيار k، يجب حساب الوزن المبهم للحد الأعلى w_k^U، والوزن المبهم للحد الأوسط w_k^M، والوزن المبهم للحد السفلي w_k^L، حيث $\widetilde{w}_k = (w_k^L, w_k^M, w_k^U)$ من k=1,….,n .

عدل Ramik & Perzina (2014) طريقة المربعات الصغرى اللوغاريتمية المقترحة من Laarhoven & Pedrycz (1983) والمستندة على حساب المتجه الذاتي للأوزان الغامضة المثلثة (Fuzzy vectors of triangular fuzzy weights) $\widetilde{W}_1, \widetilde{W}_2, \ldots \widetilde{W}_n$ ، من خلال تدنية المسافة الخاصة بين المصفوفة $\tilde{A}$ والأوزان $\widetilde{W}_1, \widetilde{W}_2, \ldots \widetilde{W}_n$.

وفقا لهذه الطريقة، وباعتبار أن C_{max} و C_{min} عبارة عن ثوابت موجبة، يمكن حساب الأوزان المبهمة (w_k^L, w_k^U, w_k^M) وفق المعادلات التالية:

$$w_k^L = C_{min} * \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^L\right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^M\right)^{\frac{1}{n}}}, \quad \text{where } C_{min} = \min_{i=1,\ldots,n}\left\{\frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^M\right)^{\frac{1}{n}}}{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^L\right)^{\frac{1}{n}}}\right\} \quad (4)$$

$$w_k^M = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^M\right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^M\right)^{\frac{1}{n}}}, \quad (5)$$

$$w_k^U = C_{max} * \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^U\right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^M\right)^{\frac{1}{n}}} \text{ , where } C_{max} = \max_{i=1,..,n}\left\{\frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^M\right)^{\frac{1}{n}}}{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^U\right)^{\frac{1}{n}}}\right\} \qquad (6)$$

4. حساب التقييمات المبهمة المجمعة الثلاثية للمتغيرات (The Aggregating Triangular Fuzzy Evaluations Of The Variants):

في مرحلة رابعة، يتم حساب التقييم المبهم الثلاثي المجمَّع للمتغيرات الفردية m الموصوفة كأرقام مبهمة مثلثة $(Z_1^L ; Z_1^M ; Z_1^U)...(Z_m^L ; Z_m^M ; Z_m^U)$. في حالة عدم وجود ترابط بين العناصر كما هو الشأن في نموذجنا:

$$\tilde{Z} = \widetilde{W}_3 \ \widetilde{W}_1 \qquad (7)$$

مع العلم أن $\widetilde{W}_1$ يمثل متجه الأوزان المبهمة للمعايير الفردية، $\widetilde{W}_3$ تمثل تقييمات المبهمة للمتغيرات (variant) بالنسبة للمعايير.

$$\widetilde{W}_1 = \begin{bmatrix} \widetilde{W}(C_1) \\ \cdot \\ \cdot \\ \widetilde{W}(C_n) \end{bmatrix}, \ \widetilde{W}_3 = \begin{bmatrix} \widetilde{W}(C_1,V_1) \dots \dots \widetilde{W}(C_n,V_1) \\ \cdot \\ \cdot \\ \widetilde{W}(C_1,V_m) \dots \dots \widetilde{W}(C_n,V_1) \end{bmatrix} \qquad (8)$$

من أجل مختلف عمليات الجمع والضرب على الأرقام المبهمة الثلاثية، نلجأ إلى المفاهيم المستعملة في المنطق المبهم (Zadeh, 1965).

5. إيجاد الوزن النهائي:

من بين النقائص التي تواجه الطريقة المقترحة من طرف Ramik & Perzina (2014)، هي توقفها عند الأوزان المبهمة المجمعة الثلاثية للمتغيرات والتي تكون في صورة أوزان ثلاثية مبهمة، وهذا لا يساعدنا في القيام بعملية الترتيب. ولتجاوز هذا النقص، يمكن استخدام طريقة من بين طرق الترتيب المستخدمة في حل المشاكل الرياضية. من بين هذه الطرق نجد طريقة مركز الثقل أو الجاذبية (Center Of Gravity method: COG)، والتي تعتمد على حساب إحداثيات x_i^g لمركز الجاذبية لكل مثلث يُعطى من خلال وظائف العضوية المقابلة ل $\widetilde{Z}_i$ ، كما أن قيم المتغيرات x_i^g ترتب من الأحسن إلى الأسوأ.

$$x_i^g = \frac{(Z_i^L + Z_i^M + Z_i^U)}{3} \text{ , } i = 1,..,n \qquad (9)$$

IV. الحالة الافتراضية:

من أجل إبراز جودة الدعم الذي تقدمه طريقة التحليل الهرمي المبهم لاختيار مشاريع نظم المعلومات، تم إعداد حالة افتراضية. هذه المنهجية متعارف عليها عالميا في الدراسات المتعلقة بنماذج اتخاذ القرار عموما؛ والأبحاث المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات على وجه الخصوص. فإلى جانب دراسة الحالة، والأمثلة المعتمدة على بيانات واقعية

مستمدة من البحوث السابقة، كثيرا ما يلجأ الباحثون إلى الأمثلة العددية لمحاكاة القرارات الاستراتيجية. وهذا راجع إلى صعوبة إيجاد مؤسسة كبرى تكون في طور بناء استراتيجية نظم المعلومات؛ وتقبل بمنح معلومات استراتيجية للباحثين واشراكهم في عملية صنع القرار. ولعل من أهم البحوث التي استعملت هذه المنهجية، دراسة Kim & al. (2009)، Samvedi & al (2018)، Leyva-Vazquez & al (2020)، وBellahcene & al (2020).

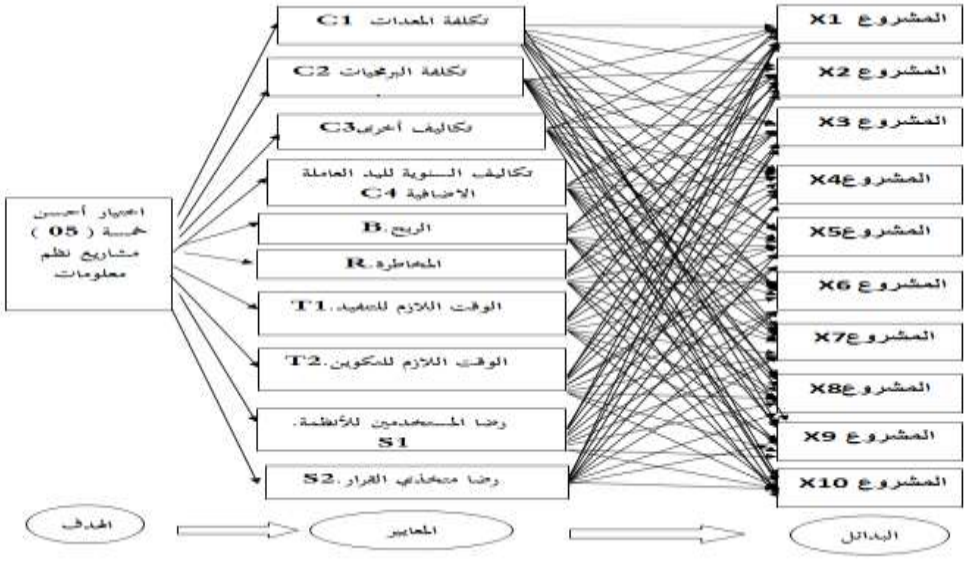
في هذا المقال، افترضنا أن مؤسسة خدمية تريد إعداد استراتيجيه جديدة لنظم معلوماتها. في هذا الصدد عليها أن تختار من أصل عشرة (10) مشاريع، خمسة (05) سيبرمج تطويرها على طول الأربع سنوات القادمة. في هذا الإطار، يجب مراعاة المعايير التالية: تكلفة المعدات (C1)، تكلفة البرمجيات (C2)، تكاليف أخرى (C3)، تكلفة اليد العاملة الإضافية (C4)، الربح (B)، الخطر المتوقع (R)، درجة رضا المستخدمين (S1)، درجة رضا متخذي القرار(S2)، وقت تنفيذ المشروع المتوقع (T1)، وقت التكوين اللازم (T2).

تمر عملية المفاضلة بين المشاريع العشرة – وفقا للمنهجية المقترحة – بالمراحل التالية:

1. بناء النموذج:

أولا، يتم بناء النموذج العام للتحليل الهرمي المبهم من خلال تحديد وتقسيم مكونات المشكل المدروس؛ أي: صياغة الهدف، وضع المعايير، وفي الأخير تحديد البدائل (الشكل 03).

الشكل 03: مكونات نموذج الدراسة الافتراضية



المصدر: من إعداد الباحثين

2. مقارنة المعايير مع احترام الهدف:

في هذه المرحلة، سيتم مقارنة البدائل فيما بينها بالنسبة للهدف، وإعداد مصفوفة المقارنة المبهمة للمعايير (الجدول 02). ومن أجل ذلك، تطرح على المسيرين مجموعة من الأسئلة على النحو التالي:

- بكم تقدر الأهمية النسبية لمعيار الربح مقارنة بمعيار المخاطرة مع احترام الهدف؟

- بكم تقدر الأهمية النسبية لمعيار الربح مقارنة بمعيار تكاليف المعدات مع احترام الهدف؟
- بكم تقدر الأهمية النسبية لمعيار الربح مقارنة بمعيار تكاليف البرمجيات مع احترام الهدف؟

يتم بعد ذلك التأكد من اتساق المصفوفة. وباستخدام برنامج FUZZY MCDM/FUZZY AHP، وجدنا أن درجة الاتساق تعادل 0.079 وهي نسبة مقبولة لأنها محصورة بين 0 و 1. كما تم الحصول على الأوزان المبهمة الثلاثية للمعايير مع احترام الهدف. وبعدها، استخدامنا طريقة مركز الثقل لنزع الإبهام ولإيجاد الوزن النهائي وعذلناه بالاستعانة ببرنامج Excel 2007. هذه الأخيرة موضحة في الجدول 03، حيث نلاحظ أن تكاليف البرمجيات، وتكاليف المعدات، والربح، والمخاطرة هي المعايير التي تحظى بأكبر قدر من الأهمية والاهتمام في عملية التقييم المقدمة من متخذي القرار.

3. مقارنة البدائل الموجودة مع احترام كل معيار على حدا:

في مرحلة ثالثة، يتم مقارنة البدائل مع احترام كل معيار على حدا، ثم تُحْتَسَبُ التفضيلات المرتبطة بالبدائل بالنسبة لكل معيار بنفس الطريقة التي استعملت لتقييم مجموع المعايير بالنسبة للهدف. من بين الأسئلة التي تطرح هنا: بكم تقدر الأهمية النسبية للمشروع Xi مقارنة بالمشروع Xj مع احترام معيار تكاليف المعدات؟ بكم تقدر الأهمية النسبية للمشروع Xi مقارنة بالمشروع Xj مع احترام معيار المخاطرة ؟ بكم تقدر الأهمية النسبية للمشروع Xi مقارنة بالمشروع Xj مع احترام معيار الربح؟.

بعد إعداد مصفوفات المقارنة المبهمة لكل بديل من البدائل باحترام المعايير، استخدم برنامج FUZZY MCDM/FUZZY AHP لحساب الأوزان المبهمة الثلاثية للمشاريع (البدائل) مع احترام المعايير. وبعدها، استخدامنا طريقة مركز الثقل لنزع الإبهام ولإيجاد الأوزان النهائية للمشاريع العشرة؛ علما أننا قمنا بتعديلها بالاستعانة ببرنامج Excel 2007؛ وكل النتائج موضحة في الجدول 04.

4. النتائج النهائية للمشاريع :

تم الحصول – في مرحلة أخيرة – على الأوزان النهائية المبهمة للمشايع العشرة باستخدام برنامج FUZZY MCDM/FUZZY AHP، وهذا ما هو موضح في الجدول (05) والشكل (04). حيث قمنا بعدها باستخدام طريقة مركز الثقل لنزع الإبهام وإيجاد الوزن النهائي، ثم عذلناه بالاستعانة ببرنامج Excel 2007.

الجدول 02: "مصفوفة المقارنة المبهمة للمعايير مع بعضها باحترام الهدف"

GOAL	C1	C2	C3	C4	B	R	T1	T2	S1	S2
C1	1.1 .1	1.1. 1	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2	1/3.1/2.1	1/3.1/2.1	1/4.1/3.1/2	1/5.1/4.1/3	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2
C2	1.1. 1	1.1. 1	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2	1/3.1/2.1	1/3.1/2.1	1/4.1/3.1/2	1/5.1/4.1/3	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2
C3	2.3. 4	2.3. 4	1.1. 1	1/3.1/2.1	1.2. 3	2.3.4	1/3.1/2.1	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2
C4	2.3. 4	2.3. 4	1.2 .3	1.1. 1	1.2. 3	2.3.4	1/4.1/3.1/2	1/3.1/2.1	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2
B	1.2. 3	1.2 .3	1/3.1/2.1	1/3.1/2.1	1.1. 1	1/3.1/2.1	1/3.1/2.1	1/4.1/3.1/2	1/5.1/4.1/3	1/5.1/4.1/3
R	1.2 .3	1.2. 3	1/4.1/3,1/2	1/4.1/3.1/2	1.2 .3	1.1.1	1/3.1/2.1	1/4.1/3.1/2	1/5.1/4.1/3	1/5.1/4.1/3
T1	2.3. 4	2.3. 4	1.2. 3	2.3. 4	1.2. 3	1.2.3	1.1.1	1/3.1/2.1	1/4.1/3.1/2	1/4.1/3.1/2
T2	3.4.5	3.4.5	2.3.4	1.2.3	2.3.4	2.3.4	1.2.3	1.1.1	1.1.1	1/4.1/3.1/2
S1	2.3.4	2.3.4	2.3.4	2.3.4	3.4.5	3.4.5	2.3.4	3.4.5	1.1.1	1.2.3
S2	2.3. 4	2.3. 4	2.3. 4	2.3. 4	3.4. 5	3.4. 5	2.3. 4	3.4. 5	1/3 ,1/2.1	1.1.1

المصدر: من إعداد الباحثين.

الجدول03: "نتائج المقارنة المبهمة للمعايير مع احترام الهدف"

المعايير	Lowe (l)	Medium (m)	Upper (u)	COG= (l+m+u)/3	القيم النهائية المعدلة
c1	0,169	0,19	0,19	0,183	0,18429003
c2	0,169	0,19	0,19	0,183	0,18429003
c3	0,078	0,089	0,1	0,089	0,08962739
c4	0,07	0,078	0,089	0,079	0,0795569
B	0,115	0,141	0,16	0,138	0,13964418
R	0,118	0,133	0,151	0,134	0,13494461
T1	0,058	0,065	0,078	0,067	0,06747231
T2	0,051	0,052	0,058	0,053	0,05404498
S1	0,03	0,03	0,033	0,031	0,03121853
S2	0,033	0,034	0,037	0,034	0,03491104
المجموع	---	---	---	0.993	1

المصدر: من إعداد الباحثين.

في الأخير تم ترتيب المشاريع من الأكثر أهمية إلى الأقل أهمية بالارتكاز على الأوزان النهائية المعدلة (الجدول 05). من خلال النتائج المحصلة يمكننا القول إن المشروع 5 هو الذي احتل الصدارة يليه المشروع 10 ثم المشروع 3، ثم المشروع 6 والمشروع 7 وهي المشاريع التي سيتم اختيارها. ليأتي بعدها ترتيب المشاريع الخمسة المتبقية الغير مختارة كما يلي: المشروع 2، المشروع 1، المشروع 8، المشروع 9، وفي الأخير المشروع 4. وهذا يمكن ملاحظته جيدا في الشكل 04.

على ضوء هذه النتائج، يمكنا إثبات الفرضيات الثلاثة المقترحة في المقدمة. حيث يتبين لنا أن النموذج المقترح يراعي الطابع الضبابي والمبهم للأحكام التي يصدرها متخذو القرار عند المفاضلة بين المعايير والبدائل، ويقدم دعما ذا جودة للقرارات المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات.

مقارنة بالمقاربات السابقة، نلاحظ أن الميزة الأساسية لمنهجية "التحليل الهرمي المبهم" تكمن في مراعاته للطابع الضبابي والمبهم لأحكام متخذي القرار. الأمر الذي يجعلها أحسن من منهجية "التحليل الهرمي" المقترحة من Santhanam & al (1990) والمختبرة من طرف بلحسن وآخرون (2017). ومع ذلك، وشأنها شأن كل مناهج دعم القرار، تعاني منهجية التحليل الهرمي المبهم من بعض نقاط الضعف. إذ أنها لا رتاعي القيود المتعلقة بتخصيص الموارد والمشاريع الإلزامية، كما هو الشأن في طرق البرمجة الرياضية بالأهداف المقترحة من طرف Bolat & al. (2014) أو Bellahcene & al (2020). إضافة إلى ذلك، تهمل المنهجية المقترحة ظاهرة الترابط بين المشاريع والمعايير، والتي يمكن مراعاتها باستخدام البرمجة الرياضية غير الخطية (Santhanam & Kyparisis, 1996) أو التحليل الشبكي (Kim & al, 2009).

الجدول 04: "الأوزان النهائية للمشاريع العشرة مع احترام كل معيار من المعايير العشرة"

المشاريع / البدائل	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
C1	0,08056395	0,05874455	0,01745552	0,02148372	0,03054716	0,04397449	0,21215173	0,15374287	0,11178248	0,26955354
C2	0,02597403	0,20745921	0,02730603	0,06626707	0,31035631	0,1048951	0,02597403	0,14518815	0,03629704	0,05028305
C3	0,18940937	0,02376103	0,18940937	0,0736592	0,01561439	0,04786151	0,18940937	0,03462322	0,11812627	0,11812627
C4	0,04976463	0,08103564	0,27067922	0,21654338	0,15501009	0,10928043	0,01546738	0,02521856	0,0396772	0,03732347
B	0,07953411	0,03627288	0,28885191	0,01663894	0,19633943	0,16339434	0,11480865	0,02129784	0,02728785	0,05557404
R	0,078125	0,078125	0,04653533	0,07235054	0,14096467	0,15217391	0,08763587	0,078125	0,125	0,14096467
T1	0,12303511	0,16416924	0,03489055	0,08483914	0,04664316	0,062803	0,02497429	0,01799618	0,20633172	0,23431761
T2	0,13275362	0,01536232	0,01855072	0,04985507	0,23362319	0,23362319	0,06985507	0,18318841	0,03710145	0,02608696
S1	0,20288881	0,15317434	0,27746053	0,02183406	0,08733624	0,11353712	0,05777628	0,04165267	0,02888814	0,0154518
S2	0,21714286	0,14453782	0,27731092	0,01647059	0,11361345	0,05781513	0,07966387	0,04168067	0,0292437	0,02252101

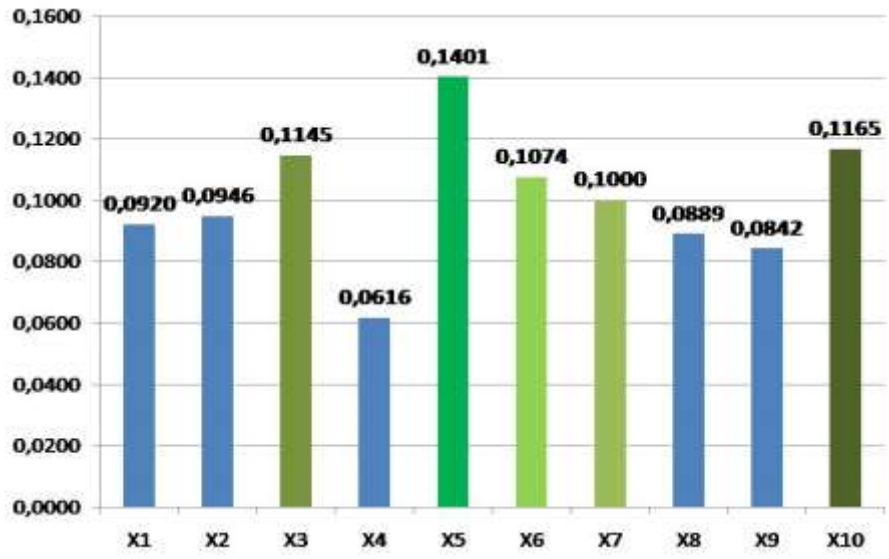
المصدر: من إعداد الباحثين.

الجدول 05: "الأوزان النهائية والترتيب النهائي للمشاريع العشرة"

المشاريع	Lower (l)	Medium (m)	Upper (u)	COG= (l+m+u)/3	القيم النهائية المعدلة	الترتيب النهائي للمشاريع
X1	0,073	0,091	0,109	0,091	0,09195015	7
X2	0,079	0,094	0,108	0,09366667	0,09464466	6
X3	0,093	0,114	0,133	0,11333333	0,11451667	**3**
X4	0,049	0,06	0,074	0,061	0,06163691	10
X5	0,115	0,141	0,16	0,13866667	0,14011452	**1**
X6	0,086	0,107	0,126	0,10633333	0,10744358	**4**
X7	0,081	0,101	0,115	0,099	0,10003368	5
X8	0,075	0,089	0,1	0,088	0,08891883	8
X9	0,066	0,084	0,1	0,08333333	0,08420344	9
X10	0,095	0,118	0,133	0,11533333	0,11653755	2
المجموع	-----	------	-----	**0,98966667**	**1**	---

المصدر: من إعداد الباحثين.

الشكل 4: الأوزان النهائية للمشاريع العشرة لنظم المعلومات



المصدر: من إعداد الباحثين.

الخاتمة:

في ظل اقتصاد عالمي مرتكز على الابداع والمعرفة، أصبح أداء المؤسسات – اليوم – يرتكز أكثر فأكثر على استعمال نظم المعلومات المتطورة وتكنولوجيات الإعلام والاتصال الحديثة؛ الأمر الذي دفع بالعديد من الباحثين إلى الاهتمام بالمراحل المختلفة لإدارة نظم المعلومات.

من بين هذه المراحل، يبرز اختيار مشاريع نظم المعلومات، كأحد النشاطات الإدارية المحورية والصعبة، والتي ترهن مستقبل المنظمة طويل المدى. في إطار هذه القرارات، يتوجب على المسير أن يراعي أهداف وقيود متعددة ومتضاربة؛ وأن يواجه الرهانات المتعلقة بمستويات التعقيد المرتفعة والطابع الاحتمالي للقيم المضافة التي يمكن للنظم المقترحة أن تولدها.

من خلال هذا المقال، اختبرنا مقاربة لاختيار مشاريع نظم المعلومات تستعمل طريقة التحليل الهرمي المبهم. تمر هذه المقاربة بمجموعة من المراحل الأساسية: ففي البداية، يتم اقتراح مجموعة من المشاريع يتوجب على متخذ القرار المفاضلة بينها واختيار عدد محدد منها من أجل إدراجها في مخطط تطوير نظم معلومات المؤسسة. بعد ذلك، يتم تحديد المعايير والقيود التي يجب مراعاتها عند المفاضلة. في مرحلة ثالثة، يتم تحديد الأوزان النهائية المعدلة لمكونات النموذج باستخدام طريقة التحليل الهرمي المبهم. لتُصَاغَ كل هذه النتائج في نموذج يسمح حله بإعطاء الحل الأفضل المتعلق باختيار المشاريع المناسبة للمنظمة.

إثر دراسة حالة افتراضية، بينت النتائج أن النموذج المقترح يقدم دعما ذا جودة للقرارات المتعلقة باختيار مشاريع نظم المعلومات. مقارنة بالمقاربات السابقة، نلاحظ أن الميزة الأساسية لمنهجية "التحليل الهرمي المبهم" تكمن في مراعاته للطابع الضبابي والمبهم لأحكام متخذي القرار. على الرغم من ذلك، وشأنها شأن سائر مناهج دعم القرار، تعاني منهجية التحليل الهرمي المبهم من بعض نقاط الضعف؛ إذ أنها لا تراعي القيود المتعلقة بتخصيص الموارد والمشاريع الإلزامية، وتهمل علاقات الترابط التي قد توجد بين المشاريع والمعايير. على هذا الأساس، وبغية تفادي قرارات خاطئة قد تؤدي إلى خسائر فادحة، يتوجب على المسير أن يتعامل بحذر مع نتائج هذا النموذج وأن يسعى إلى تحسينها من خلال مراعاة المعايير والقيود التي تهملها منهجية التحليل الهرمي المبهم.

قائمة المراجع:

- بلحسن محمد، بن عمر فاطمة الزهراء، بلمقدم مصطفى، (2017)، "مقاربة لاختيار مشاريع نظم المعلومات باستخدام سيرورة التحليل الهرمي"، مجلة نور للدراسات الاقتصادية، العدد 03، رقم 04، ص 36-50.
- سعد غالب ياسين، (2000)، "تحليل وتصميم نظم المعلومات "، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، الطبعة الأولى.
- نبيل محمد مرسي، (2005)، "التقنيات الحديثة للمعلومات"، دار الجامعة الجديدة للنشر، مصر.

- Bellahcene, M., Benamar, F.Z, & Mekidiche, M. (2020). AHP and WAFGP hybrid model for information system project selection. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process, 12* (2), 228-253.
- Bharadwaj, A. (2000). A resource-based perspective on information technology capabilities and firm performance: an empirical investigation. *MIS Quarterly, 24*(1), 169-197.
- Bolat, B., Cebi, F., Gul Tekin, T., & Otay, I. (2014). A fuzzy integrated approach for project selection. *Journal of Enterprise Information Management, 27*, 247-260. Doi: 10.1108/JEIM-12-2013-0091.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets Systems, 17*, 233–247.
- Buss, M. D. (1983). How to rank computer projects haro. *Bus Rev, 61*(1), 118-125.
- Carlson, E. D. (1974). Evaluating the impact of information systems . *Sloan MGMT Rev, 12* (2), 1-16.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis methode on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research, 95*, 649–655.
- Chang, H. H., & Wong, K. H. (2010). Adoption of e-procurement and participation of e-marketplace on firm performance: Trust as a moderator. *Information & Management, 47*, 262–270.
- CHEN, K., & GORLA, N. (1998). Information system projects selection using Fuzzy logic. *IEEE Transaction on systems Man and cybernetics, 28*(6), 849-855.
- Deng, X., Doll, W. J., Al-Gahtan, S., Larsen, T., Pearson, J. M., Raghunathan, T. S. (2008). A cross-cultural analysis of the end-user computing satisfaction instrument: A multi-group invariance analysis. *Information & Management, 45*, 211–220.
- Ghasemzadeh, F., & Archer, N. P. (2000). Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems* ,*29*(01), 73-88. DOI: 10.1016/S0167-9236(00)00065-8.
- Ginzberg, M. J. (1979). Improving MIS project selection. *OMEGA, 7*(6), 527-537.
- Gogus, O., & Boucher, T. O. (1998). Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems, 94*(1), 133-144.
- Kabir, G., Akhtar Hasin, M. A. (2012). Multiple criteria inventory classification using fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Industrial Engineering Computations, 3*, 123–132.
- Kilic, H., Zaim, S., & Delen, D. (2010). Development of a hybrid methodology for ERP system selection:The case of Turkish Airlines. *Decision Support Systems, 66*, 82-92.
- Kim, I., Shin, S., Choi, Y., Thang, N.M., Ramos, E.R., Hwang, W.J. (2009). Development of a project selection method on information system using ANP

and Fuzzy Logic. *World Academy of Science, Engineering and Technology, 29*, 411-416.

- Laarhoven, V., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets Systems, 11*, 229–241.
- Lee, J. W., & Kim, S. H. (2001). An integrated approach for interdependent information system project selection. *International Journal of Project Management, 19*, 111-118.
- Lien, C.-T., & Chan, H.-L. (2007). A Selection Model for ERP System by Applying Fuzzy AHP Approach. *International Journal of The Computer the Internet and Management, 15*(3), 58-72.
- Lu, X. H., Huang, L. H., & Heng, M. (2006). Critical success factors of inter-organizational information systems; A case study of Cisco and Xiao Tong in China. *Information & Management, 43*, 395–408.
- Lucas, H., & Moore, J. R. (1976). A multiple criterion scoring approach to information system project selection. *Inform, 14*(1), 1-12.
- Maikel, L-V., Quiroz-Martínez, M. A., Portilla-Castell, Y., HechavarríaHernández, J.R., González-Caballero, E. (2020). A New Model for the selection of Information Technology Project in a Neutrosophic Environment. *Neutrosophic Sets and Systems, 32*(1), 343-359. https:// digital repository. unm.edu/ nss_journal/ vol32/iss1/22.
- Melone, N. P., & Wharton, T. J. (1984). 11.Strategies for MIS Projects selection. *J. Systems MGMT, 4*(2), 26-33.
- Mohamed Noor, A., Muhammad Fazli, M., Hafiq Zulkifli, N., Abdul Basit, M., Azni Jafar, F., & Rashidah Mohamad, N. (2018). Computation of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Using MATLAB Programming In Sustainable Supply Chain. *International Journal of Engineering & Technology, 7* ((3.20)), 82-86.
- Porter, M., & Milla, V. (1985). How Information Technology Gives You Competitive Advantage. *Harvard Business Review, 63*(4), 149-161.
- Ramik, J., & Korviny, P. (2010). Inconsistency of pair-wise comparison matrix with fuzzy elements based on geometric mean. *Fuzzy Sets and Systems, 161*, 1604-1613.
- Ramík, J., & Perzina, R. (2014). Solving Decision Problems with Dependent Criteria by New Fuzzy Multicriteria Method in Excel. *Journal of Business & Management, 3*(04), 01-16. DOI: 10.12735/jbm.v3i4p01.
- Ray, G., Muhanna, W. A., & Barney, J. (2005). Information, Technology and the performance of the customer service process: a resource-based analysis. *MIS Quarterly, 29*(4), 625–651.
- Saaty, T. L. (1994). how to make a decision: the Analytic Hierarchy Process. *Interfaces, 24*(6), 19-43.
- Samvedi, A., Jain., V., Chan, F.T.S., & Chung, S.H. (2018). Information system selection for a supply chain based on current trends: the BRIGS approach. *Neural Comput & Applic, 30*, 1619–1633.

- Santhanam, R, Kyparisis, G. J. (1996) .A decision model for interdependent information system project selection .*European Journal of Operational Research, 89,* P380-399.
- Santhanam, R., Muralidhar, K., & Shniederjans, M. (1989). A zero-one goal programming approach for information system project selection. *OMEGA International Journal of Management , 17*(6), 583-593.
- Santhanam, R., Muralidhar, K., & Wilson, R. L. (1990, January). Using the Analytic Hierarchy for information systems projects selection. *Information and Management*, 1-19.
- Schniederjans, M. J., & Wilson, R. L. (1991). Using the analytic hierarchy process and goal programming for information system project selection. *Information & Management North-Holland, 20*, 333-342.
- Tagliavini, M., Pigni, F., & Buonanno, G. (2001). Empirical testing the impact of ICT on business performance within SMEs. 11th Annual Business IT Management Conference: Constructing IS Future. Manchester.
- Toloo, M., Nalchigar, S., Sohrabi, B. (2018). Selecting most efficient information system projects in presence of user subjective opinions: a DEA approach. The *Central European Journal of Operations Research, 26,* 1027-1051. Doi: 10.1007/s10100-018-0549-4.
- Wang, E. G., Ju, P. H., Jiang, J. J., & Klein, ,. G. (2008). The effects of change control and management review on software flexibility and project performance. *Information & Management, 45*, 438–443.
- Weber, Y., & Pliskin, N. (1996). The effects of information systems integration and organizational culture on a firm's effectiveness. *Information & Management, 30*, 81-90.
- Yeh, C.-H., Deng, H., Wibowo, S., & Xu, Y. (2010). Fuzzy Multicriteria Decision Support for Information Systems Project Selection. *International Journal of Fuzzy Systems, 12*(2), 170-180.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Set. *Information and Control, 8*, 338-353.
- Zandi, F., & Tavana, M. (2010). A multi-attribute group decision support system for information technology project selection. *International Journal of Business Information Systems, 6*(2), 179-199.