نظام خبير فازي لاتخاذ القرار الفازي بالتطبيق على مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس

أ.د / محمود رياض محمود
استاذ الإحصاء الرياضي
والعميد السابق
لمعهد الدراسات
والبحوث الاحصائية
جامعة القاهرة

أ.د / مرفت طلعت المحلاوي
استاذ الإحصاء التطبيقي
ورئيس قسم الاحصاء
التطبيقي والتأمين
والعميد السابق لكلية التجارة
جامعة دمياط

أ.د / أحمد عبد الخالق سلامة
استاذ الرياضيات
ورئيس قسم الرياضيات
وعلوم الحاسب
كلية العلوم
جامعة بورسعيد

هبه إبراهيم محمد عشري
مدرس مساعد بقسم الإحصاء التطبيقي والتأمين
كلية التجارة – جامعة دمياط

الملخص:

تعد النظم الخبيرة من أقوى فروع الذكاء الاصطناعى وهى عبارة عن برمجيات تحاول اعادة تمثيل سلوك الخبراء البشر لتحديد بعض المهمات الفكرية، والنظم الخبيرة هى نظم قواعد المعرفة حيث تعمل على استخدام المعرفة والحقائق التى تستخدم من قبل خبراء البشر وتصمم النظم الخبيرة لاتخاذ القرار الأمثل.

ويمكن تعريف النظام الخبير Expert System (ES) على أنه تطبيق حاسب آلي يقوم بتحويل معرفة الخبير الأمثل.

ويعد المنطق الفازي Fuzzy Logic (FL) أحد أشكال المنطق ويستخدم فى الأنظمة الخبيرة Expert Systems (ES) وتطبيقات الذكاء الاصطناعي (AI) Artificial Intelligence وهو من أهم أنواع الذكاء الاصطناعي، ويطلق عليه المنطق المبهم أو المنطق المضبب أو المشوش (منطق الغموض) وقد قدم لطفى زاده "Zadeh" عام ١٩٦٥ نظرية الفئات الفازية Fuzzy Sets Theory (FST) والمنطق الفازي Fuzzy Logic (FL) والعديد من الدوافع دفعت العلماء إلى استخدام وتطوير المنطق الفازي ليستخدم كطريقة أفضل لمعالجة البيانات ومعالجة المشكلات الأكثر تعقيداً وغموضاً.

وقد تم اقتراح نظام خبير فازى يضم مجموعة من النماذج الفازية وفقاً لنظرية الفئات الفازية والمنطق الفازى. وتم تطبيق تلك النماذج على مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس لاختيار أفضل البدائل لمشروعات تطوير المجرى الملاحي للقناة بما يحقق تعظيم ربحية قناة السويس على مستوى الاقتصاد القومي من خلال الاختيار الأمثل لمشروعات تطوير مجراها الملاحي.

الكلمات الدالة :

المنطق الفازى FL – الفئات الفازية FS – نظرية الفئات الفازية FST – دالة الإنتماء Membership Function – البرمجة الخطية الفازية Fuzzy Linear Programming– اتخاذ القرار الفازى Fuzzy Decision Making – النظام الخبير الفازى Fuzzy Expert System

Abstract

Expert systems are one of the most powerful branches of AI, a software that attempts to re-represent the behavior of human experts to identify some intellectual tasks. Expert systems are knowledge base systems that use knowledge and facts that are used by human experts and design expert systems for optimal decision making.

The Expert System can be defined as a computer application that converts expert knowledge into a software system. This system is designed by the expert to analyze the problem, answer the user's questions and suggest appropriate solutions. As a result of the difficulty of investment decision making and its importance, there is a need to use expertise systems for optimal decision making.

Fuzzy Logic is one of the forms of logic used in expert systems (ES) and artificial intelligence (AI) applications. It is one of the most important types of artificial intelligence, called ambiguous logic or ambiguous. The Fuzzy Logic Theory (FST) and the Fuzzy Logic (FL). Many of the motivations prompted scientists to use and develop the logic to be used as a better method of processing data and addressing the most complex and ambiguous problems.

A Fuzzy expert system was proposed that includes a set of pseudo-models according to the theory of pseudo-classes and pseudo-logic. These models were applied to the development projects of the Suez Canal to select the best alternatives for the development of the Canal's waterways so as to maximize the profitability of the Suez Canal at the level of the national economy through optimal selection of projects to develop its navigational cours.

Keywords: Fuzzy Logic, Fuzzy Theory, Fuzzy Set, Membership Function, Fuzzy regression, Fuzzy Time series, Fuzzy linear Programming, Fuzzy Decision Making, Fuzzy Expert.

مقدمة:

تزداد خطورة اتخاذ القرار أمام متخذ القرار كلما زادت أهمية وضخامة المشروعات المطلوب اتخاذ قرار بشأنها، وكلما كانت تكلفة تلك المشروعات تتطلب المزيد من الموارد كما هو فى حالة مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس بالاضافه إلى تواجد

قناة السويس فى منطقة تشهد تزايد مخاطر المنافسة المستمره والمتزايدة من قبل الكثير من الطرق ووسائل النقل المنافسه للقناة.

وحيث أننا فى حاجة لتحقيق تعظيم ربحية قناة السويس على مستوى الاقتصاد القومى من خلال الاختيار الأمثل لمشروعات تطوير القناة والتى تتمثل تلك الربحية المراد تعظيمها فى الفرق بين الايرادات المتوقعة وتكاليف التطوير للقناة وهو ما يدعو لضرورة التوصل لأدق تنبؤ بايرادات قناة السويس مما يساعد متخذي القرار فى اتخاذ القرار الأمثل ووضع الخطط المستقبلية لتطوير هذا المجرى الملاحي العالمي الهام الذى يعد احد الدعائم الاساسية للاقتصاد المصري فسوف نستخدم التحليل الفازي للحصول على أعلى مستويات الدقة فى التحليل الاحصائي.

وقد تم اقتراح نظام خبير فازي يضم مجموعة من النماذج الفازية وفقاً لنظرية الفئات الفازية والمنطق الفازي. وتم تطبيق تلك النماذج على مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس لاختيار أفضل البدائل لمشروعات تطوير المجرى الملاحي للقناة بما يحقق تعظيم ربحية قناة السويس على مستوى الاقتصاد القومي من خلال الاختيار الأمثل لمشروعات تطوير مجراها الملاحي.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث فى ضرورة وجود نظام خبير فازي لمساعدة متخذ القرار بشأن مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس نتيجة لأهمية وصعوبة اتخاذ القرار الاستثماري فى مشروعات تطوير مجرى قناة السويس الملاحي حيث تحتاج تلك المشروعات استثمارات ضخمة مما ينعكس على صعوبة اتخاذ القرار الاستثماري، وما يترتب عليه ضرورة معرفة إن كان هناك حاجة لتحقيق المزيد من مشروعات التطوير أم

يكتفى بما تم تحقيقه، وإن كانت هناك حاجة لتحقيق المزيد من تلك المشروعات فما هو الشكل الأمثل لتحقيق ذلك التطوير.

ومن ثم فنحن فى حاجة لتحقيق تعظيم ربحية قناة السويس على مستوى الاقتصاد القومي من خلال الاختيار الأمثل لمشروعات تطوير مجراها الملاحي. ومن ثم فنحن بحاجة لاستخدام النظم الخبيرة لمساعدة متخذ القرار لاتخاذ القرار الأمثل.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى اقتراح نظام خبير فازي يتضمن مجموعة من النماذج الفازية تساعد متخذي القرار بشأن مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس لاتخاذ القرار الأمثل بهدف تحقيق أقصى ربحية ممكنه على مستوى الاقتصاد القومي. وذلك من خلال مجموعة من الأهداف الفرعية تتمثل فيما يلي:

١- اقتراح نماذج انحدار فازى Fuzzy Regression Models.

٢- التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية الفازية Fuzzy Time Series.

٣- اقتراح نموذج فازي للبرمجه العدديه الصحيحه (١-٠) المشتركه (المختلطه) Mixed (zero-one) Integer Programming.

٤- اقتراح نظام خبير فازي Fuzzy Expert System لاتخاذ القرار الأمثل بشأن مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس.

٥- اتخاذ القرار الفازي الأمثل لاختيار البديل الأمثل من مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس.

حدود البحث:

النطاق الزمانى:

البيانات خلال الفترة 2015:1976.

النطاق المكانى:

- مشروعات تطوير مجرى قناة السويس الملاحي دون غيرها من أوجه الإنفاق الاستثماري غير المرتبطة بتطوير المجرى الملاحي للقناة.
- تقتصر الدراسة على خطط التطوير المعلنة من هيئة قناة السويس.

الدراسات السابقة:

١) دراسة Alessandro G. Di Nuovo et al. (2006)

الدراسة بعنوان:

Fuzzy Decision Making in Embedded System Design.

تم اقتراح تقنيه لاستخراج الحلول الأكثر تمثيلاً لمجموعة باريتو. وقد تم توضيحها وتقييمها لمساعدة مصمم النظام فى اختيار التكوين الأمثل للنظام من حيث المساحة، استهلاك الطاقة. وعدد كبير من التكوينات التى تم الحصول عليها خلال مرحلة DSE التقييم العام هى نقطة الدخول لصانع القرار الذي يستخدم تقنيات التصنيف على أساس المنطق الفازى لاستخراج مجموعة فرعية تمثل مجموعة باريتو.

واستخدام تطبيق معالجة التعليمات الخاصة ASIP يعد حلا لمشكلة زيادة التعقيد فى نظم التصميم وأحد التحديات الرئيسية فى تصميم تطبيق معالجة التعليمات الخاصة هو تصميم استكشاف الفضاء، بسبب عدم تجانس الاهداف والمتغيرات المتضمنة او التى يشتمل عليها. وتصميم استكشاف الفضاء هو مشكلة بحثية متعددة الاهداف من حيث الاداء، القوة، والمساحة ... الخ وهى معايير التهيئة المختلفة، كما أن مخرج هذه الاستراتيجية هو مجموعة من حلول التصميم المقترحة والتى تسمى مخطط باريتو الأمثل. واختيار الحل لتطبيق النظام من المجموعة المثلى لمخطط باريتو يعد مهمة صعبة لأن مخطط باريتو الأمثل قد يكون ضخم للغاية، أو حتى قد يحتوى على عدد لا نهائى من الحلول.

تم اقتراح طريقة تدريس لمساعدة متخذ القرار فى تحليل الحلول الخاصة بالمشكلات متعددة الأهداف. وعن طريق الوسائل الخاصة بأساليب التجميع الفازية فإنها تتصل إلى مخطط فرعى مخفض يمثل كل حلول باريتو. هذه الفرعية المثلى تستخدم من أجل تحليل أفضل وأكثر وضوح ولكنه أبطأ.

٢) دراسة Van-Nam Huynh et al. (2007)

الدراسة بعنوان:

Decision Making under Uncertainty with Fuzzy targets

تم توضيح كيفية استخدام الأهداف الفازية لاتخاذ القرار فى حالة عدم التأكد، وتحليل الأهداف الفازية وتحديدها لمتخذى القرار. وايضاح أن نهج الهدف يستطيع أن يمد بطريقة موحدة لحل مشكلة اتخاذ القرار الفازى فى حالة عدم التأكد. وذلك مع العديد من الأمثلة للتوضيح.

٣) دراسة M. Mosleh et al. (2010)

الدراسة بعنوان:

Evaluation of Fuzzy Regression Models by Fuzzy Neural Network

اقترح الباحثون أسلوب جديد يعتمد على الشبكات العصبية الفازية يهدف إلى تقريب معالم نماذج الانحدار الفازية سواء الخطية أو غير الخطية ويعمل على تدنية دالة التكاليف للشبكات العصبية الفازية، كما قدمت هذه الدراسة العديد من الأمثلة الرقمية لشرح كيفية استخدام ذلك الأسلوب.

٤) دراسة Mir Hasan et al. (2010)

الدراسة بعنوان:

Human Disease Diagnosis Using a Fuzzy Expert System

تم اقتراح نظام خبير فازى على شبكة الإنترنت لتشخيص الأمراض البشرية. حيث أن تشخيص الأمراض البشرية يعد عمليه معقده وتتطلب مستوى عالى من الخبرة. ولبناء

نظام خبير على شبكه الإنترنت يتناول تشخيص الأمراض البشرية يمكن أن يتغلب علي العديد من الصعوبات. حيث نجد فى الوقت الحالى استخدام النظم الفازية بنجاح في العديد من مجالات التطبيق؛ حيث تستخدم قواعد لغوية لوصف الأنظمه.

ويهتم هذا البحث بتطوير وتحسين امكانية تبادل المعلومات الصحية بين العاملين في مجال الرعاية الصحية والمرضى. ويمكن للممارسين أيضاً استخدام هذه الأداه على شبكه الانترنت لإثبات التشخيص. ويجرى تجريب النظام المقترح علي سيناريوهات مختلفه من أجل تقييم أدائه. وفى جميع الحالات، يؤدى النظام المقترح إلى نتائج مرضيه.

وتعد التطبيقات القائمة على المعرفة هى أحدث التكنولوجيا على الإنترنت. ويمكن للنظام المقترح القائم على المعرفة على الإنترنت أن يلعب دوراً حيوياً لمستخدمي النظام. ويسهل النظام على المستخدمين تحديد الأمراض المحتملة بسرعة كبيرة بمساعدة نظام خبير قائم على المعرفة. كما يتم إنشاء قاعده المعرفه استناداً إلى التغذية المرتدة من الخبراء والأطباء المتخصصين، ويمكن للمستخدمين أيضاً الاعتماد عليه.

٥) دراسة Smita S. et al. (2013)

الدراسة بعنوان:

Fuzzy Expert System (FES) for Medical Diagnosis

اثبت الباحثون أن المنطق الفازى أداة فعاله لصنع القرار الذكى الذى يعتمد على ملاحظات ومعرفة الخبراء. ويستعرض هذا البحث اتجاه تطوير نظم الخبرة الفازية وتطبيقاتها فى المجال الطبى خلال الفترة السابقة.

وقد تم التحقق فى أهمية نظم الخبرة الفازية فى التشخيص الطبى وتم التصنيف إلى خمس أجزاء:

استعراض الدراسات الاستقصائية على نظم الخبرة الفازية فى التشخيص الطبى، وتطبيقات نظم الخبرة الفازية في التشخيص الطبى، منهجيات ونمذجة نظم الخبرة الفازية،

نهج الشبكات العصبية الفازية، والاطار العام لنظم الخبرة الفازية. ويلاحظ أن تطوير التطبيقات الخاصة بالأمراض باستخدام نظم الخبرة الفازية هو المجال الذي يهتم به الباحثون اهتماماً كبيراً. وتم عرض المساهمات السابقة وتصنيف وتحليل ذلك .

٦) دراسة R. Osuna-Gomez et al. (2017)

الدراسة بعنوان:

Different Optimum Notions for Fuzzy Functions and Optimality Conditions associated

تم تطبيق الأعداد الفازية على مشاكل القرار فى حالات عدم التأكد وتحديد مفاهيم الأمثليه لمتخذى القرار وإثبات أهميه وكفاءة شروط الأمثليه كخطوات ضروريه فى عملية حل المشكلات من خلال الأمثله المتنوعه.

٧) دراسة Kai Yao (2017)

الدراسة بعنوان:

Conditional Uncertain set and conditional membership Function

تم دراسة المجموعات غير المؤكده الشرطيه ودوال العضويه لها وأوضحت عدم وجود علاقة بين دالة العضوية للفئة الأصليه غير المؤكده ودالة العضويه للفئة غير المؤكده الشرطيه.

وتم أثبات أن الفئه غير المؤكدة الشرطيه يكون لها دالة عضوية فى حالتين هما:

الفئة الأصلية غير المؤكدة ترتب وتعرف فى فراغ غير مؤكد متصل، الفئة الأصلية غير المؤكدة لها دالة عضوية مستقلة عن الحدث.

٨) دراسة **R. Osuna-Gomez et al. (2017)**

الدراسة بعنوان:

Different Optimum Notions for Fuzzy Functions and Optimality Conditions associated

تم تطبيق الأعداد الفازية على مشاكل القرار فى حالات عدم التأكد وتحديد مفاهيم الأمثليه لمتخذى القرار وإثبات أهميه وكفاءة شروط الأمثليه كخطوات ضروريه فى عملية حل المشكلات من خلال الأمثله المتنوعه.

خطة البحث:

تم تناول الدراسة من خلال المباحث الآتية:

المبحث الأول: النظام الفازى.

المبحث الثانى: البرمجة الخطية الفازية.

المبحث الثالث: اتخاذ القرار الفازى.

المبحث الرابع: النظام الخبير الفازى المقترح لاتخاذ القرار الفازى.

النتائج والتوصيات.

المبحث الأول

النظام الفازى

والمنطق الفازى يمثل منظومة منطقية تقوم على تعميم للمنطق التقليدى ثنائى القيم للاستدلال فى ظروف غير مؤكدة. ويهدف المنطق الفازى والرياضيات المرتبطه به

إلى معالجة مفاهيم الحقيقة الجزئية Partial truth أو درجة الانتماء Degree of Membership. وللفئات الفازية Fuzzy Sets والعلاقات الفازية دوراً هاماً فى المنطق الفازى والذى يعد منطق مثالى للتعامل مع المشاكل الخطرة غير المؤكدة لما يتميز به من

قدره على نمذجة البيانات المعقدة وغير المؤكدة أو الغامضة، وتلك المنهجية توفر أداه فعالة للباحثين لاستخدامها فى العديد من المجالات، وطور ذلك المنطق اليابانيين ليشمل العديد من الجوانب التكنولوجيه الحديثة وأصبحنا نجد العديد من الأجهزة التى تعمل بنظام الاسلوب الفازى Fuzzy Technique.

فالمنطق الفازى ونظرية الفئات الفازية Fuzzy Sets Theory (FST) يمثلان تطور عظيم فى مجال معالجة البيانات التى تتسم بالغموض وعدم الدقة سواء كان ذلك لأنها بيانات تقريبية أو غير محددة بدقة. وقد استخدم كثير من الباحثين المنطق الفازى ونظرية الفئات الفازية فى تحليل العديد من الظواهر كبديل لأساليب التحليل التقليدية حيث أعطت أساليب التحليل الفازى نتائج أكثر دقة من الأساليب التقليدية.

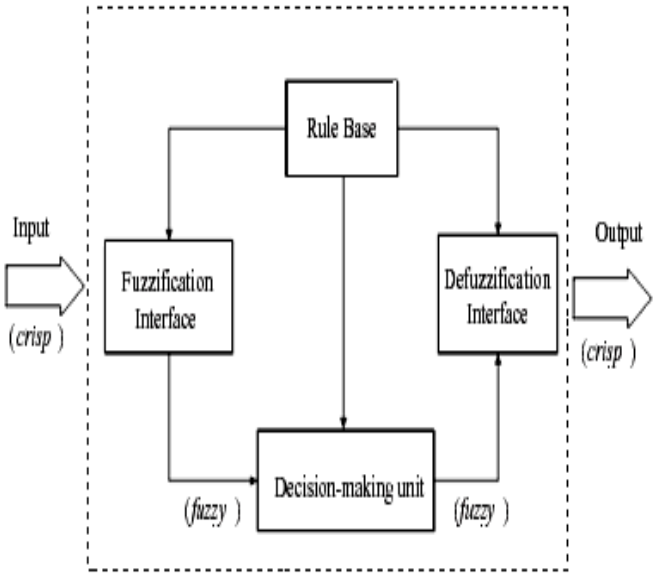
وقد ساهمت نظرية الفئات الفازية فى الحصول على أعلى مستويات الدقة فى التحليل الاحصائى، وتعتمد على دراسة دالة العضوية Membership Function للبيانات وتحليل درجات انتماء البيانات للفئة الفازية. وللتحليلات الفازية دور رئيسى فى نظم المعلومات. ويوجد العديد من التطبيقات الحديثة قد بدأت بالفعل فى المجالات العملية والعلوم الإنسانية.

وتعد عملية اتخاذ القرار Decisions Making من العمليات التى نالت اهتماماً واسعاً بالبحث والدراسة م
الإنسان لديه براعة فى اتخاذ القرارات المعقدة إلا أنه لا يملك قدره كافيه على التعامل مع كميات كبيرة من البيانات والمعلومات العددية على عكس الحاسب الآلى الذى يمكنه القيام فى جزء من الثانية بأكثر العمليات الحسابية تعقيداً

إلا أنه يعجز أمام أبسط الأنشطة البشرية إذا لم يتم تمثيلها عددياً وهذا التفوق البشرى وعجز الأنظمة العددية فى حل بعض المشكلات الدقيقة هو ما دفع بالعالم Zadeh عام ١٩٦٥ للتوصل لنظرية الفئات الفازية والتى تعد طريقة أفضل لمعالجة البيانات للحصول على معلومات تساعد متخذى القرار فى اتخاذ القرار الأمثل.

مكونات النظام الفازى

يوضح الشكل التالى رقم (١) النظام الفازى Fuzzy System



الشكل (١)

النظام الفازى Fuzzy System

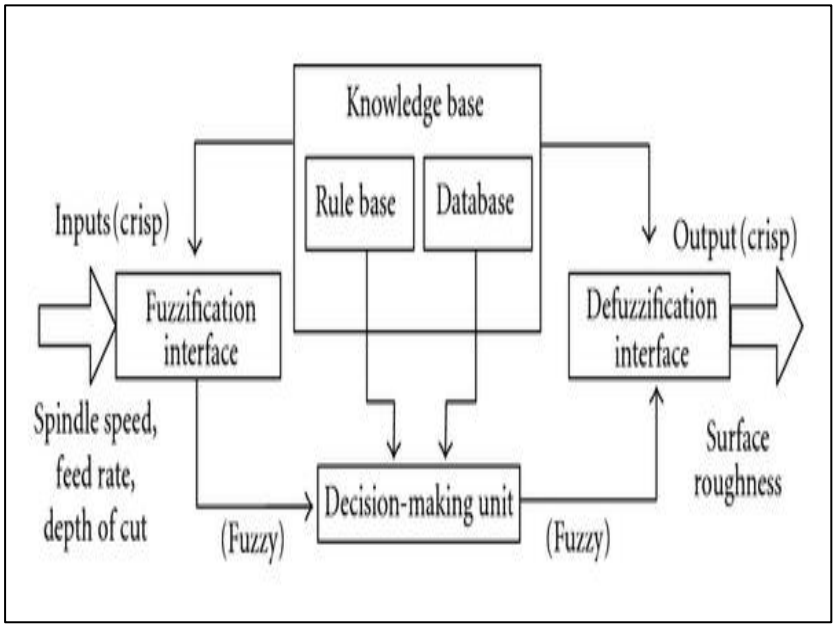
يتم دمج نظام معالجة المنطق الفازى داخل وحدة استنتاج فازية(FIU) Fuzzy inferencing unit تتكون من ثلاث وحدات للمعالجة وهى كما يلي:

١- الوحدة الأولى: تضم نظام الإدخال Input والإخراج Output.

٢- الحدة الثانية: التزويد من قبل المستخدمين.

٣- الوحدة الثالثة: تقوم بمعالجة القاعدة المعطاة.

ويوضح الشكل التالى رقم (٢) آلية الاستنتاج الفازية Inference Fuzzy



الشكل (٢)

آلية الاستنتاج الفازية Inference Fuzzy

وكما يتضح من الشكل رقم (٢) آلية الاستنتاج الفازية Inference Fuzzy

وهى العملية الكاملة لاتخاذ القرار باستخدام المنطق الفازي وتتكون من الخطوات التالية:

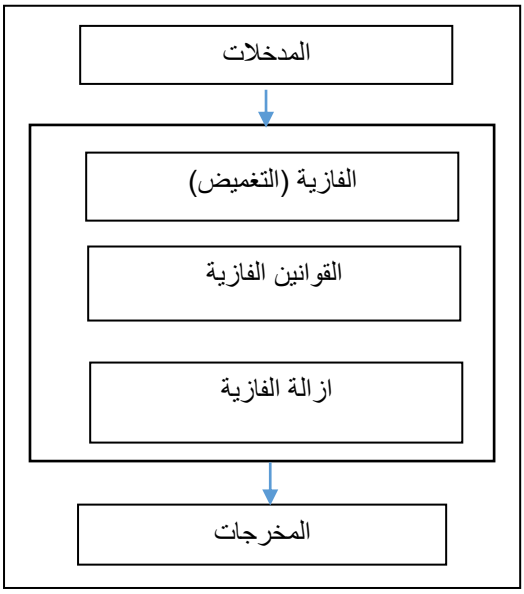
١- التغميض Fuzzification

٢- قاعدة المعرفة Knowledge Base

٣- اتخاذ القرار Decision Making

٤- ازالة التغميض Defuzzification

ويمكن توضيح مكونات النظام فى الشكل التالي رقم (٣)



شكل(٣)

مكونات النظام

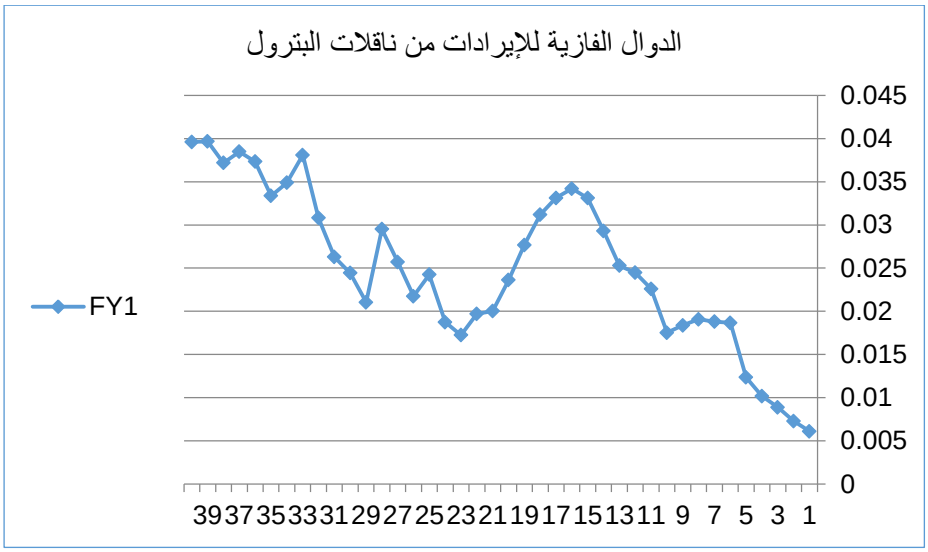
ويمكن توضيح مكونات النظام كما يلي:

مدخلات النظام (المدخلات)

فيما يلى عرض لمدخلات النظام:

- ايرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول

الشكل التالى رقم (٤) يوضح الدوال الفازية لايرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول



شكل (٤)

الدوال الفازية لايرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول

ايرادات قناة السويس المحصلة من سفن البضائع الصب

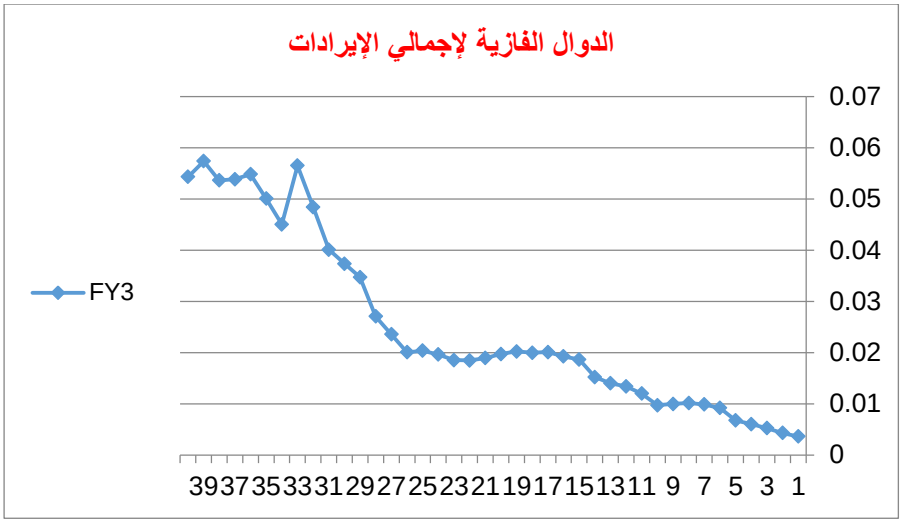
الشكل التالى رقم (٥) يوضح الدوال الفازية لايرادات قناة السويس المحصلة من سفن البضائع الصب.

شكل (٥)

الدوال الفازية لايرادات قناة السويس المحصلة من سفن البضائع الصب

الايرادات الاجمالية لقناة السويس

الشكل التالى رقم (٦) يوضح الدوال الفازية لايرادات قناة السويس



شكل (٦)

الدوال الفازية لايرادات قناة السويس

أحجام الحمولات العابرة قناة السويس من ناقلات البترول

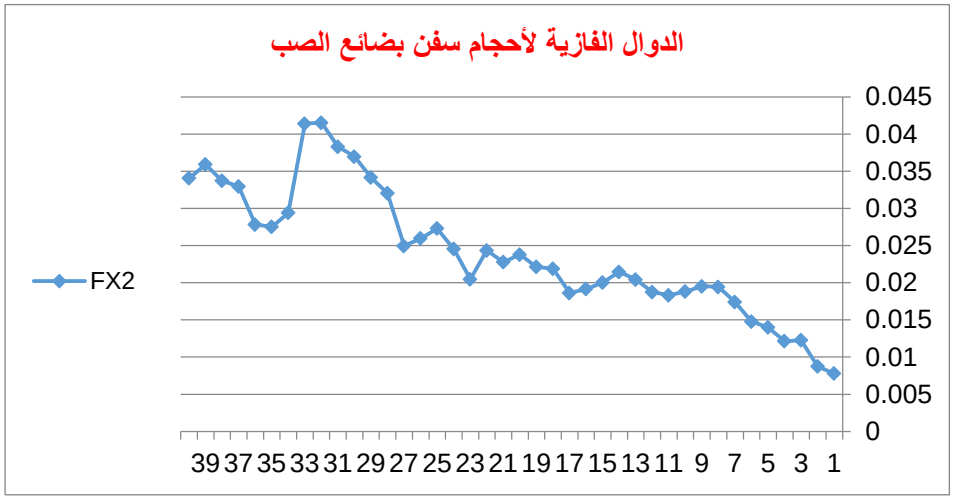
الشكل التالى رقم (٧) يوضح الدوال الفازية لأحجام الحمولات العابرة قناة السويس من ناقلات البترول

شكل (٧)

الدوال الفازية لأحجام الحمولات الكلية العابرة قناة السويس من ناقلات البترول

أحجام الحمولات العابرة قناة السويس من سفن البضائع الصب

الشكل التالى رقم (٨) يوضح الدوال الفازية لأحجام الحمولات العابرة قناة السويس من سفن البضائع الصب

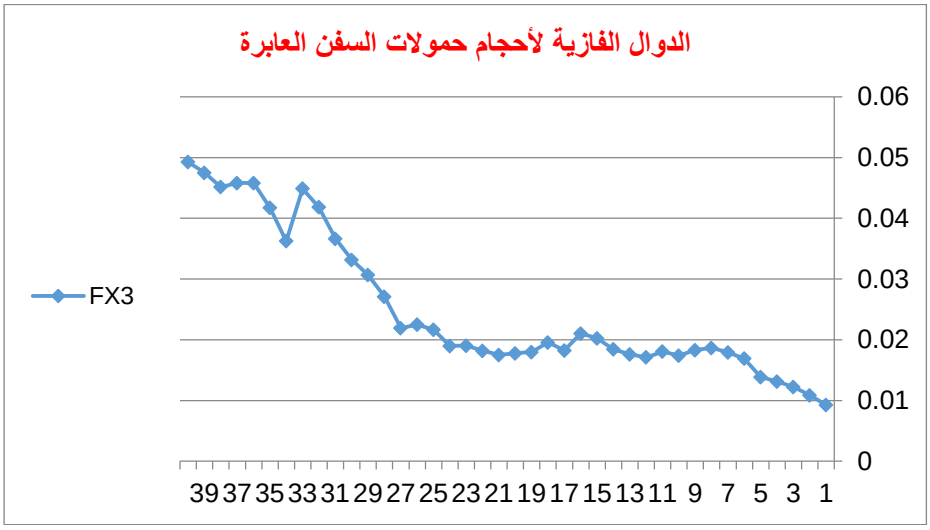


شكل (٨)

الدوال الفازية لأحجام الحمولات العابرة قناة السويس من سفن البضائع الصب

أحجام الحمولات الكلية العابرة قناة السويس

الشكل التالى رقم (٩) يوضح الدوال الفازية لأحجام الحمولات الكلية العابرة قناة السويس

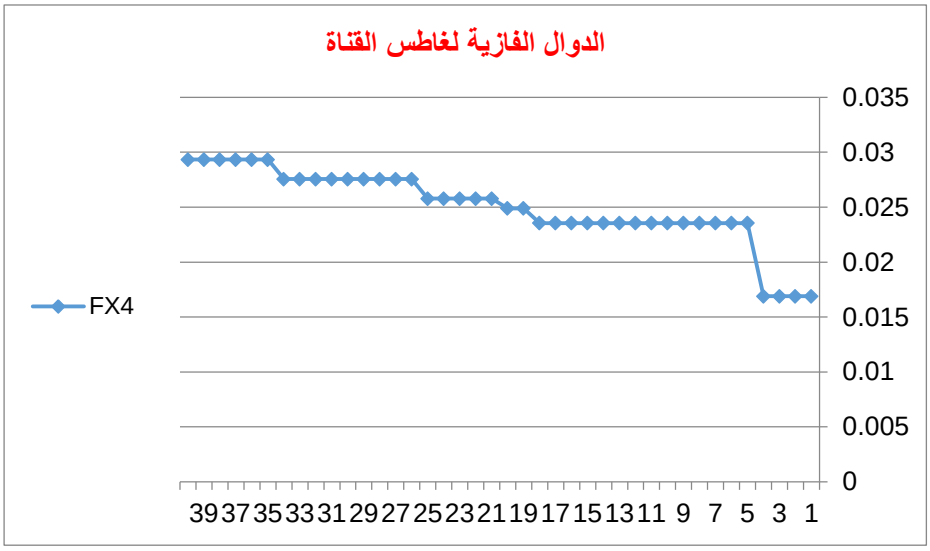


شكل (٩)

الدوال الفازية لأحجام الحمولات الكلية العابرة قناة السويس

أقصى غاطس للسفن العابرة قناة السويس

الشكل التالى رقم (١٠) يوضح الدوال الفازية لغاطس القناه

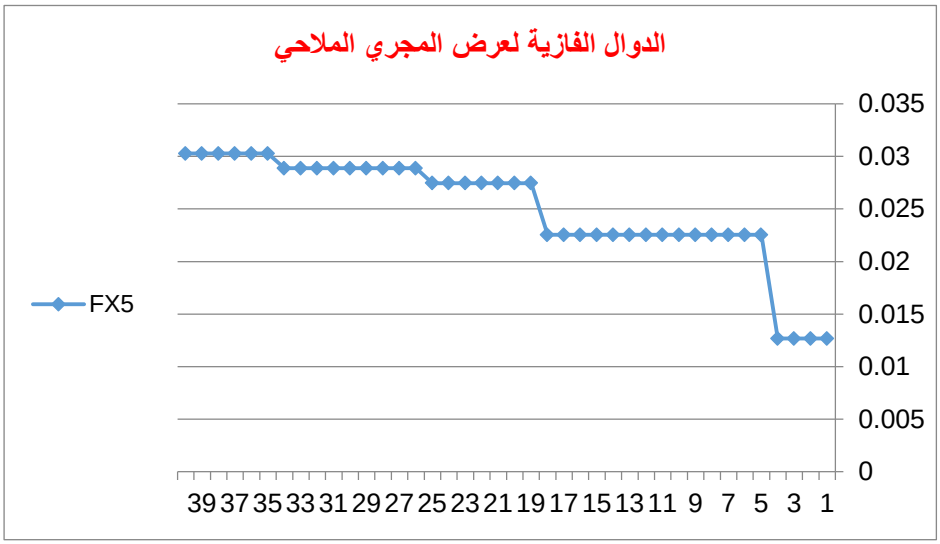


شكل (١٠)

الدوال الفازيه لغاطس القناه

عرض المجرى الملاحى عند خط عمق (١١.٠م)

الشكل رقم (١١) يوضح الدوال الفازيه لعرض المجرى الملاحى عند خط عمق (١١.٠م)



شكل (١١)

الدوال الفازيه لعرض المجرى الملاحى عند خط عمق (١١.٠م)

متغيرات النموذج الرياضي للبرمجة العددية (٠-١) المشتركة

١- البدائل المتاحة.

٢- أحجام حمولات السفن الإضافية المتوقعة والتي من الممكن لقناة السويس استقبالها مع كل بديل.

٣- الإيرادات المتوقعة.

٤- التكاليف الاستثمارية لكل بديل.

٥- الاعتماد المالى.

٦- معدل الخصم المناسب.

٧- العمر الاقتصادي لمشروع التطوير.

٨- الفترة الزمنية لتنفيذ كل بديل من بدائل التطوير المتاحة.

العوامل والقيود الحاكمة للاختيار الأمثل، والتي بها يتم بناء النموذج الرياضي المقترح لاختيار وتحديد استثمارات البديل الأمثل لتطوير مجرى القناة باستخدام البرمجة العددية (٠-١) المشتركة

- عدد البدائل المتاحة.
- التكاليف الرأسمالية (التدفقات النقدية الخارجة) اللازمة لتنفيذ كل بديل.
- تكاليف التشغيل الإضافية والمترتبة على تنفيذ كل بديل.
- الإيرادات والمنافع الاقتصادية الإضافية (التدفقات النقدية الداخلة) المتوقعة والتى يمكن تحقيقها لكل بديل من البدائل.
- الاعتمادات المالية لتطوير مجرى القناة.
- الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ كل بديل.
- العمر الاقتصادي المتوقع لكل بديل.
- سعر الخصم المناسب لإيجاد القيم الحالية لكل من التكاليف والإيرادات المتوقعة لكل بديل.

ويقع الاختيار الأمثل من بدائل التطوير عند نقطة التقاء الهدف مع مجموعة العوامل والقيود السابق ذكرها، والتي بموجبها يتحقق أقصى إيرادات ممكنة بأقل تكاليف ممكنة، أي تعظيم الإيرادات الممكن تحقيقها عند اختيار البديل الأمثل.

المبحث الثانى
البرمجة الخطية الفازية

- مشكلة البرمجة الخطية الفازية Fuzzy Linear Programming Problem(FLPP)

تعد البرمجة الخطية Linear Programming طريقة لايجاد أفضل استخدام للموارد المحدودة ويجب أن يتوفر بها الشروط التالية:

١- وجود هدف يتم صياغته فى شكل دالة تعرف بدالة الهدف.

٢- وجود مجموعة من القيود تمثل حدود الموارد ويتم التعبير عنها بمعادلات أو متباينات خطية.

وتأخذ مشكلة البرمجة الخطية الفازية FLPP الصيغة التالية :

Max: $\sum c_j x_j$

Subject to $\sum a_{ij} x_j \leq b \ \ (i = 1to\ m)$

$x_j \geq 0$

ويأخذ العدد الفازى b_i الشكل التالى:

$$b_i(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x \leq d_i \\ \frac{d_i + p_i - x}{p_i} & \text{for } d_i \leq x \leq d_i + p_i \\ 0 & \text{for } d_i + p_i \leq x \end{cases}$$

$$\sum a_{ij}x_j \le d_i$$

$$x_j \ge 0$$

$$\sum a_{ij}x_j \le d_i + p_i$$

$$x_j \le 0$$

$$\mathrm{G(X)} = \begin{cases} 0 & \text{for CX} \le z_1 \\ (\mathrm{CX} - Z_1)(Z_n - Z_1) & \text{for } z_1 \le CX \le Z_{II} \\ 1 & \text{for } Z_{II} \le CX \end{cases}$$

$$D_i(X) = b_i(\sum a_{ij}x_j)$$

$$[D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_m \cap G](X)$$

$$\lambda(X) = [D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_m \cap G](X)$$

$$0 \le \lambda(X) \le 1, for\ all\ X\ in\ r^n$$

$$\lambda(X) \le D_i(X) = b_i(\sum a_{ij}x_j) = \frac{(d_i + p_i + a_{ij}x_j)}{p_i}$$

$$\lambda(X)p_i + \sum a_{ij}x_j \le d_i + p_i$$

$$\lambda(X)(Z_{II} - Z_I) - C^T X \le -Z_I$$

$$\lambda(X) \le G(X) = \frac{(C^T X - Z_1)}{(Z_{II} - Z_I)}$$

$$\lambda(Z_{II} - Z_I) - CX \le -Z_1$$

Subject to $\lambda P_i + \sum a_{ij}x_j \le d_i + p_i \ (i = 1\ to\ m)$

$\lambda, x_j \ge 0 \quad (j = 1\ to\ n)$

المبحث الثالث

اتخاذ القرار الفازى Fuzzy Decision Making

تعريف:

يمكن تعريف القرار **Decision** بأنه اختيار البديل الأمثل لأحد الحلول من بين بدائل أخرى متاحة لهذا الحل.

نماذج اتخاذ القرار:

يمكن تقسيم حالات اتخاذ القرار التي تواجه متخذ القرار بوجه عام، والقرار الاستثماري بوجه خاص، إلى ثلاث حالات رئيسية هي:

- قرارات تتخذ في حالات التأكد Decisions Making Under Certainty
- قرارات تتخذ في حالات المخاطرة Decisions Making Under Risk
- قرارات تتخذ في حالات عدم التأكد Decisions Making Under Uncertainty

وتنفيذ أي من بدائل مشروعات التطوير يتم في ضوء ظروف احتمالية غير مؤكدة ويحدوها الكثير من المخاطر نتيجة ارتباطها بالعديد من المتغيرات بكافة أنواعها وأشكالها سواء السياسية أو الاقتصادية أو الاجتماعية أو التجارية أو غيرها من العلاقات على كافة الساحات سواء الدولية أو الإقليمية أو المحلية أو غيرها. من هنا جاء وصف الاستثمار في مجال تطوير مجرى قناة السويس بأنه استثمار يتصف بالمخاطرة إلى حد بعيد. ويكاد يتلاشى الفرق بين حالات المخاطرة وحالات عدم التأكد في مجال تقييم مشروعات تطوير مجرى قناة السويس نتيجة لصعوبة الفصل بين الاحتمالات الموضوعية والشخصية حيث لا يمكن الاستغناء عن الخبرات الشخصية.

الطرق الفازية لاتخاذ القرار:

Fuzzy Methods in Decision Making (FMDM)

1-Single stage, single person, simple optimization.

2-Single stage, single person, optimization under constraints.

3-Single stage, single person, optimization based on multi-criteria.

4-Single stage, multi-person DM.

وبالتطبيق على مشروعات تطوير المجرى الملاحى لقناة السويس فإن متخذ القرار أمام قرار استثماري يتميز بخصائص تعكس مدى أهمية تلك النوعية من القرارات منها:

١- يتطلب القرار الاستثماري إنفاق مبالغ ضخمة قد يترتب عليها أحياناً اقتراض مبالغ ضخمة أو زيادة رأس مال المنشأة متخذة القرار.

٢- ينعكس القرار الاستثماري على الهيكل المالي للمنشأة لفترة طويلة مما يتطلب الحيطة والحذر عند تقييم هذه النوعية من القرارات.

٣- تظهر آثار القرار الاستثماري في المستقبل مع صعوبة تعديل هذه الآثار أو الرجوع فيها في حالة عدم سلامة هذا القرار بعد التنفيذ.

٤- يتصف القرار الاستثماري بوجه عام بالمخاطرة وعدم التأكد لارتباطه بالمستقبل وما يتطلبه من تنبؤات تحتاج للمزيد من الدراسات الدقيقة والمتعمقة حيث تزيد درجة المخاطرة وعدم التأكد كلما طالت فترات التنبؤ التي يتطلبها القرار الاستثماري.

٥- يرتبط القرار الاستثماري بمشكلة القيمة الزمنية للنقود عند قياس العائد المتوقع من اتخاذ هذا القرار لارتباطه بالمستقبل سواء القريب أو البعيد.

ومن أهم المتغيرات المتسببة في اعتبار مشروعات تطوير مجرى قناة السويس تخضع لحالة المخاطرة وعدم التأكد ما يلي:

١- وجود العديد من الطرق ووسائل النقل المنافسة لمجرى قناة السويس كطريق رأس الرجاء الصالح وخطوط أنابيب البترول مع احتمال زيادة طاقة بعضها.

٢- احتمالات ظهور بعض الاكتشافات الجديدة في مجال الطاقة بدلاً من البترول مما يترتب عليه انخفاض أو استغناء الغرب عن بترول الشرق الأوسط وبالتالي عدم حاجة ناقلات البترول لعبور القناة. علماً بأن هذه الناقلات تمثل النوع الرئيسي الأول المعني بمشروعات تطوير مجرى قناة السويس مستقبلاً.

٣- احتمالات الاستغناء عن ناقلات البترول العملاقة أو بعضها وعدم التفكير في بناء الجديد منها في ضوء اقتصاديات تشغيل الناقلات.

٤- احتمالات نشوب بعض الصراعات والحروب بين بعض دول العالم بوجه عام وتأثير ذلك على حركة الملاحة في قناة السويس.

عرض البدائل الاستثمارية الممكنة لتطوير مجري قناة السويس

- **<u>التطوير بغرض زيادة الطاقة التصريفية لمجرى القناة:</u>**

ويتم هذا التطوير من خلال التوسع الأفقي للمجرى الملاحي، بغرض زيادة الطاقة التصريفية للقناة، أي زيادة أعداد السفن الممكن للقناة استقبالها وذلك من خلال ما يلي:

١- زيادة عدد تفريعات المجرى الملاحي الرئيسي للقناة عند مناطق معينة ولاسيما التي تعاني من بعض الاختناقات أثناء عبور السفن، وذلك بهدف تحقيق انسياب الحركة بما يخدم زيادة الأعداد الممكن عبورها خلال هذه الدورة التشغيلية (وليكن ٢٤ ساعة) أو بما يخدم تخفيض مدة دورة التشغيل الحالية.

٢- ازدواج القناة عن طريق أحد أو بعض البدائل التالية:

٢-١ حفر قناة جديدة موازية للقناة الرئيسية الحالية ويفصلهما يابس.

٢-٢ حفر قناة جديدة. (قناة السويس الجديدة التى تم حفرها حديثاً وتم افتتاحها فى أغسطس٢٠١٥).

٢-٣ زيادة عرض المجرى الملاحي الرئيسي للقناة دون زيادة غاطسه بما يسمح باستقبال السفن الصغيرة والمتوسطة الحجم من الاتجاهين معاً، أي في وقت واحد، أي ازدواج القناة أمام هذه الأحجام المحدودة من السفن.

٢-٤ زيادة عرض القناة الحالية بما يسمح باستقبال السفن في اتجاهين في نفس الوقت دون انتظار عند مدخلي القناة أو بأحد التفريعات الحالية أي ازدواج القناة دون أن يفصلهما يابس، كما هو الحال بالنسبة لمنطقة البحيرات الكبرى.

٢-٥ توصيل التفريعات الحالية بعضها البعض بحيث يتم إضافة قناة جديدة موازية للقناة الرئيسية، أو توصيل بعض هذه التفريعات دون البعض الآخر، بما يحقق انسياب في حركة عبور السفن، وتخفيض فترات الانتظار عند مدخلي القناة أو بإحدى التفريعات.

التطوير بغرض زيادة الطاقة الاستيعابية لمجرى القناة:

ويتم هذا التطوير عن طريق التطوير الرأسي للمجرى الملاحي، بغرض زيادة الطاقة الاستيعابية للقناة، أي زيادة أحجام السفن الممكن للقناة استقبالها (استيعابها) بكامل حمولتها. ويمكن أن يتم هذا التطوير الرأسي من خلال زيادة غاطس مجرى القناة الملاحي إلى عمق أكبر مما هو عليه.

التطوير بغرض زيادة الطاقة التصريفية والاستيعابية معاً:

التطوير من خلال زيادة كلاً من الغاطس والعرض المسموح به لاستقبال المزيد من الناقلات العملاقة والسفن الضخمة، وقد يكون البديل عدم إنجاز شئ، وتكون البدائل المتاحة لأي مشروع عادة غير محدودة.

المبحث الرابع
النظام الخبير الفازى المقترح لاتخاد القرار الفازى

البرمجة العددية الصحيحة (0-1) Integer Programming (Zero-one)

العوامل والقيود الحاكمة للاختيار الأمثل، والتي بها يتم بناء النموذج الرياضي المقترح لاختيار وتحديد استثمارات البديل الأمثل لتطوير مجرى القناة باستخدام البرمجة العددية (٠-١) المشتركة:

- عدد البدائل المتاحة.
- التكاليف الرأسمالية (التدفقات النقدية الخارجة) اللازمة لتنفيذ كل بديل.
- تكاليف التشغيل الإضافية والمترتبة على تنفيذ كل بديل.
- الإيرادات والمنافع الاقتصادية الإضافية (التدفقات النقدية الداخلة) المتوقعة والتى يمكن تحقيقها لكل بديل من البدائل.
- الاعتمادات المالية لتطوير مجرى القناة.
- الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ كل بديل.
- العمر الاقتصادي المتوقع لكل بديل.
- سعر الخصم المناسب لإيجاد القيم الحالية لكل من التكاليف والإيرادات المتوقعة لكل بديل.

ويقع الاختيار الأمثل من بدائل التطوير عند نقطة التقاء الهدف مع مجموعة العوامل والقيود السابق ذكرها، والتي بموجبها يتحقق أقصى إيرادات ممكنة بأقل تكاليف ممكنة، أي تعظيم الإيرادات الممكن تحقيقها عند اختيار البديل الأمثل.

متغيرات النموذج الرياضي للبرمجة العددية (٠-١) المشتركة

١. البدائل المتاحة.
٢. أحجام حمولات السفن الإضافية المتوقعة والتي من الممكن لقناة السويس استقبالها مع كل بديل.
٣. الإيرادات المتوقعة.
٤. التكاليف الاستثمارية لكل بديل.
٥. الاعتماد المالى.
٦. معدل الخصم المناسب.
٧. العمر الاقتصادي لمشروع التطوير.
٨. الفترة الزمنية لتنفيذ كل بديل من بدائل التطوير المتاحة.

الصياغة الرياضية للمشكلة

نستعرض فيما يلي الصياغة الرياضية للمشكلة:

d ترمز إلى عدد البدائل المتاحة لزيادة غاطس المجرى الملاحي للقناة.

i ترمز إلى أحد بدائل تعميق المجرى الملاحي للقناة حيث:

$i = 1,2, \ldots\ldots, d$

w ترمز إلى عدد البدائل المتاحة لزيادة عرض المجرى الملاحي للقناة.

j ترمز إلى أحد بدائل زيادة عرض المجرى الملاحي للقناة حيث:

$j = 1,2, \ldots\ldots , w$

N ترمز إلى الفترة الزمنية اللازمة لتقييم البدائل منذ تاريخ البدء في التنفيذ، وحتى نهاية العمر الاقتصادي لمشروعات التطوير.

n ترمز إلى عدد وحدات الزمن (سنة أو شهر أو غيرهما) للفترة الزمنية اللازمة لتقييم بدائل التطوير. حيث: $n = 1,2, \ldots\ldots, N$

P_{ij} ترمز إلى الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ البديل (i , j)، حيث: $P_{ij} < N$

L ترمز إلى وحدة الزمن (سنة أو شهر أو غيرهما) للفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ كل بديل من بدائل التطوير. حيث: $L = 1,2, \ldots\ldots, p_{ij}$

Y_{ijn} ترمز إلى الإيرادات والمنافع الاقتصادية الإضافية (التدفقات النقدية الداخلة) الناتجة عن تنفيذ البديل (i , j) وذلك عن الفترة الزمنية n.

X_{ijn} ترمز إلى تكاليف التشغيل الإضافية (أحد بنود التدفقات النقدية الخارجة) الناتجة عن تنفيذ البديل (i , j) بمجرد الانتهاء من تنفيذه والسماح بمرور أحجام حمولات جديدة إضافية، وذلك عن الفترة الزمنية n.

K_{ijL} ترمز إلى إجمالي التكاليف الرأسمالية (البند الرئيسي من التدفقات النقدية الخارجة) المتوقعة خلال فترة تنفيذ البديل (i , j) وذلك عن الفترة الزمنية L.

Z ترمز إلى معدل الخصم المناسب لخصم كل من تكاليف وإيرادات البديل وإيجاد القيمة الحالية لكل منها منذ بداية التنفيذ وحتى نهاية العمر الاقتصادي المتوقع لهذا البديل.

M ترمز إلى الحد الأقصى للمبالغ التي يمكن اعتمادها لمشروعات تطوير مجرى القناة.

A ترمز إلى متغير يمثل الاعتماد المالي المطلوب لتنفيذ البديل الأمثل المختار من بين البدائل المتاحة لتطوير مجرى قناة السويس الملاحي.

H_{ij} ترمز إلى متغير ثنائي يأخذ القيمة (٠ ،١) حيث أن:

H_{ij} = ١ ترمز إلى قبول البديل (i , j).

H_{ij} = ٠ ترمز إلى رفض البديل (i , j).

وبذلك تتلخص المشكلة في الاختيار الأمثل لمشروع تطوير مجرى قناة السويس من بين بدائل التطوير المختلفة المتاحة والتي تعظم الفرق بين صافى القيمة الحالية للإيرادات (التدفقات النقدية الإضافية الداخلة) نتيجة مرور حمولات جديدة بسبب تنفيذ البديل

والاعتمادات المطلوبة لتنفيذ هذا البديل، ويرمز لها في النموذج بالرمز A وهذا هو الهدف الرئيسي للنموذج.

ويمكن عرض النموذج كما يلي:

دالة الهدف هي :

$$\sum_{i=1}^{d}\sum_{j=1}^{w}\sum_{n=1}^{N}\left(\frac{Y_{ijn}-X_{ijn}}{(1+Z)^{n}}\right)H_{ij}-A$$

(Maximize)

وذلك تحت مجموعة الشروط التالية:

(1)

$$\sum_{L=1}^{P_{ij}} \frac{K_{ijL}}{(1+Z)^{L}} \qquad H_{ij} < A$$

i = 1,2, …… , d

j = 1,2, …… ,w

(2) $$M \geq \quad A \geq 0$$

(3)

$$\sum_{n=1}^{N} \left(\frac{Y_{ijn} - X_{ijn}}{(1+Z)^{n}}\right) \ . H_{ij} \quad \geq \quad \sum_{L=1}^{P_{ij}} \frac{K_{ijL}}{(1+Z)^{L}} \quad . \ H_{ij}$$

i = 1,2, …… , d

j = 1,2, …… ,w

(4)

$$\sum_{i=1}^{d} \sum_{j=1}^{w} . \quad H_{ij} = 1$$

i = 1,2, …… , d

(5)

$$\boldsymbol{H_{ij} = (0 or 1)}$$

j = 1,2, …… ,w

اتخاذ القرار الفازى

Fuzzy C−Means (FCM) (١)

$$J(U, C, X) = \sum_{J=1}^{K} \sum_{J=1}^{K} u_{ij}^{m} \ . d(x_i, c_j)$$

$$\sum_{J=1}^{K} u_{ij} = 1 \quad \forall i \ \in \{1,2, \dots, N\}$$

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^{N} u_{ij} \ . x_i}{\sum_{i=1}^{N} u_{ij}}$$

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{K} \left[\frac{d(x_i , c_j)}{d(x_{i\,,} c_k)}\right]^{2/(m-1)}}$$

Cluster Validation Index (2)

$$\sigma(U, C, X) = \sum_{j=1}^{K} \sum_{i=1}^{N} u_{ij}^2 \left\| x_i - c_j \right\|^2$$

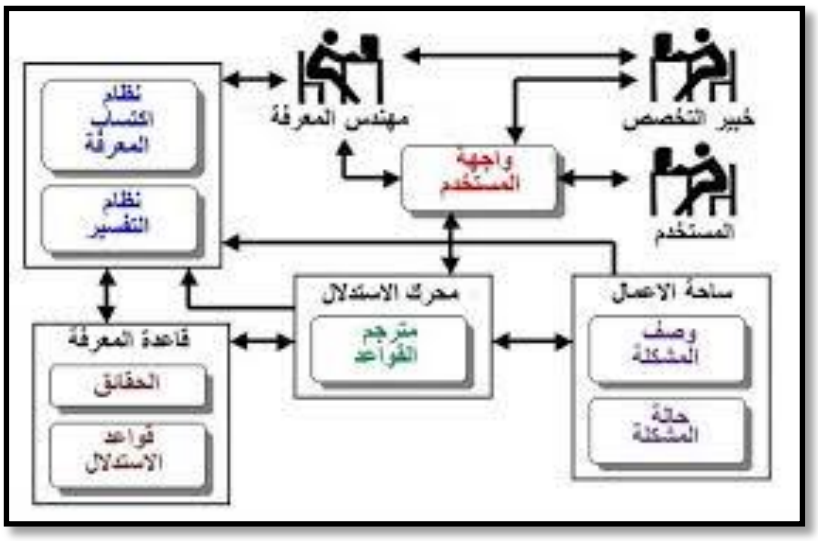
$$sep(C) = \min_{j \neq k} \{ \left\| c_j - c_k \right\|^2 \}$$

$$X\,B(U, C, X) = \frac{\sigma(U, C, X)}{N \,.\, sep}$$

Data treatment (۳)

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\limits_{1 \leq k \leq N} (x_{kj})}{\max\limits_{1 \leq k \leq N} (x_{kj}) - \min\limits_{1 \leq k \leq N} (x_{kj})} \quad \forall j \in \{1,2, \dots, D\}$$

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{j=1}^{D} w_j^2 \left(x_j - y_j\right)^2}$$



شكل (١٢)

ويتمثل دور الخبير بوضع قاعدة المعرفة وذلك بالتعاون مع المبرمج فى محرك الاستدلال والقاعدة المعرفية التى يتم وضعها فى نظام الحاسب الآلى يتم استخدامها من قبل المستخدم غير الخبير حيث يقوم البرنامج بعرض مجموعة من الأسئلة على المستخدم قد اقترحها الخبير وينتهى بايجاد الحل للمشكلة. ومن ثم يتم نسخ معرفة الخبير ونقلها إلى ما لا نهاية من الأنظمة ويتم من خلال دلك حل مشكلة الندرة فى الخبرة الموجودة فى بعض المجالات.

النتائج والتوصيات

أولاً: النتائج

باستخدام برنامج MATLAB تم التوصل لما يلي:

١- فعالية النظام الخبير الفازي المقترح فى اختيار البديل الأمثل من مشروعات تطوير المجرى الملاحى لقناة السويس.

٢- ايجاد قيم دوال العضوية لبيانات المتغيرات وتحليلها.

٣- اقتراح نموذج الانحدار الفازي لإيرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول.

٤- عند تقدير نموذج الانحدار الفازي الخاص بإيرادات قناة السويس من ناقلات البترول كانت نتائج التقدير كما يلى :

Variable	Constant	Fx_1	Fx_4
B_i , i = 0, 1, 4	- 0.029	0.685	1.505
R^2	٠.715		
R^2 (adj)	٠.699		

٥- معنوية معاملات الانحدار فى النموذج الفازي .

٦- إيرادات قناة السويس المحصلة نتيجة عبور ناقلات البترول تتأثر تأثراً إيجابياً بمشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس المتمثلة في زيادة طاقتها الاستيعابيه .

٧- تتأثر إيرادات قناة السويس المحصلة نتيجة عبور ناقلات البترول تأثراً إيجابياً بإجمالي الحمولات العابرة للقناة من ناقلات البترول.

٨- اقتراح نموذج الانحدار الفازي لإيرادات القناة من سفن البضائع الصب.

٩- عند تقدير نموذج الانحدار الفازي لإيرادات قناة السويس المحصلة من سفن البضائع الصب كانت نتائج التقدير كما يلى:

Variable	Constant	Fx_2	Fx_4
B_i , i = 0, 2, 4	-0.029	0.577	1.595
R^2	0.814		
R^2 (adj)	0.804		

١٠- معنوية معاملات الانحدار فى النموذج الفازي الخاص بإيرادات قناة السويس من سفن البضائع الصب.

١١- إيرادات قناة السويس المحصلة نتيجة عبور سفن البضائع الصب تتأثر تأثراً إيجابياً بمشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس المتمثلة في زيادة الطاقة الاستيعابية.

١٢- إيرادات قناة السويس المحصلة نتيجة عبور سفن البضائع الصب تتأثر تأثراً إيجابياً بإجمالي الحمولات العابرة للقناة من سفن البضائع الصب.

١٣- اقتراح نموذج الانحدار الفازي لإيرادات قناة السويس.

١٤- وعند تقدير نموذج الانحدار الفازي لإيرادات قناة السويس كانت نتائج التقدير كما يلي:

Variable	Constant	FX3	FX5
B_i , i = 0, 3, 5	-0.016	1.332	0.313
R^2	0.974		
R^2 (adj)	0.972		

١٥- معنوية معاملات الانحدار فى النموذج الفازي الخاص بإيرادات قناة السويس.

١٦- اجمالى إيرادات قناة السويس تتأثر تأثراً إيجابياً بمشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس المتمثلة في زيادة طاقتها التصريفية.

١٧- تتأثر إيرادات قناة السويس تأثراً إيجابياً بإجمالي الحمولات العابرة للقناة من السفن.

١٨- اقتراح نموذج البرمجة العددية الصحيحة المشتركة (0-1) (Zero-one) Integer Programming.

١٩- قابلية المجرى الملاحى لقناة السويس لتحقيق المزيد من التطوير مما يعنى

امكانيه مسايرة هذا المرفق الحيوى لكافة العصور ويتضح أهمية الدور الذي تلعبه مشروعات تطوير

المجرى الملاحي للقناة في التأثير على حجم ايرادات قناة السويس ومن ثم الاقتصاد القومي.

٢٠- تم اختيار البديل الأول وهو البديل الأمثل من مشروعات تطوير المجرى الملاحى لقناة السويس الذى يحقق تعظيم ربحية قناة السويس على مستوى الاقتصاد القومى.

ثانياً: التوصيات

١- الإفادة من النموذج الخبير المقترح في اتخاذ القرار لاختيار البديل الأمثل من مشروعات تطوير المجرى الملاحى لقناة السويس.

٢- تدريب كوادر متخصصة بهيئة قناة السويس لاستخدام الأنظمة الحديثة لاتخاذ القرار كنظم دعم القرار والنظم الخبيرة.

٣- عمل ورش عمل مختلفة ودورات تدريبية فى كافة المؤسسات العلمية والبحثية للتوعية بأهمية دور النظم الخبيرة فى اتخاذ القرار.

٤- تقترح الدراسة على الباحثين إجراء تحليلات فازية تحت فرض كون دوال العضوية ليست مثلثية أو رباعية سواء متماثلة أو غير متماثلة والمقارنة بينها واختيار الأكثر كفاءة.

٥- زيادة الاهتمام بدراسة المشروعات المستقبلية لتطوير المجرى الملاحي لقناة السويس سواء لزيادة الطاقة الاستيعابية أو التصريفية للقناة أو كلاهما لما يمثله ذلك من تأثير إيجابي على إيرادات القناة.

٦- دراسة إيرادات باقي الأنواع الأخرى من سفن الأسطول العالمي العابرة لقناة السويس والعوامل المؤثرة عليها للتعرف على أهم تلك العوامل مما يساهم في التعرف على أهم العوامل المؤثرة على الإيرادات الإجمالية للقناة ومن ثم العمل على تعظيمها.

٧- استمرار الدراسات في مجال إيرادات قناة السويس والتنبؤ بإيرادات باقي الأنواع الأخرى خلاف ناقلات البترول وسفن البضائع الصب.

٨- أهمية توجيه عناية خاصة نحو دراسة وتحليل أحجام حمولات سفن الأسطول العالمي التي لا يمكن لمجري قناة السويس حالياً من استقبالها بكامل حمولاتها لتحقيق المزيد من تطوير المجرى الملاحي للقناة بما يسمح باستيعابها.

٩- تعظيم إيرادات القناة من خلال تعظيم أحجام الحمولات التي تعبر القناة وليس مجرد زيادة فئات رسوم العبور لها.

١٠-توصى الدراسه متخذى القرار فى الاستمرار فى مشروعات تطوير المجرى الملاحى لقناة السويس حتى تتمكن من جذب أكبر حجم ممكن من الحركه الملاحية العالمية وبالتالى زيادة ايرادتها.

المراجع

1. Alessendro G. Di Nuovo et al, (2006). "Fuzzy Decision Making in Embedded System Design". University degli study di Catania, Italy.
2. Ali R. A., et al., (2014). "Applications of Fuzzy Decision Making For Personnel Selection Problem-A Review".
3. Baoding L., (2012). "Membership Functions and Operational law of uncertain sets".
4. Bellman, R. E. and Zadeh, L. A. "Decision-Making in A Fuzzy Environment".
5. Bojadziev, G. and Bojadziev, M. (2007). " Fuzzy Logic for Business Finance and Management", 2nd Edition, World Scientific Publishing Co. pte. Ltd.
6. Buckley, j. j. and Eslami, E. (2002). "An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets". Physica-Verlag Heidelberg, Germany.
7. Chen-Tung C., (2000) "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment".
8. Dubois, D., Prade, H., and Yager, R. R., (1993). "Readings in fuzzy sets for intelligent systems". San Mateo, CA. , Morgan Kaufmann.

9. Eero L, (2015). "A Study on Decision Making Using Fuzzy Decision tree".
10. Ekel p. YA, (2002). "Fuzzy Sets and Models of Decision Making".
11. Ganesh, M. (2009). "Introduction to Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Prentice-Hall", India.
12. George J., and Bo Yuan, (1995). "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications".
13. Gladysz, B. and Kuchta, D. (2009). " Least Squares Method For L-R Fuzzy Variables". WILF, LNAI 5571, Verlag Berlin Heidelberg.
14. Kai Y. (2017). "Conditional Uncertain set and conditional membership Function"
15. Kandel, A., (1986). "Fuzzy Mathematics Techniques with Applications", Addison -Wesley Publishing Company, England.
16. Mir A. H. et. al., (2010). "Human Disease Diagnosis Using a Fuzzy Expert System "journal of computing ,volume 2, issue 6, issn 2151-9617.
17. P. YA. Ekel (2002). "Fuzzy Sets and Models of Decision Making".
18. Pal N. R. and Bezdek J. C. (1995). " On cluster validity for the fuzzy c-means model" .IEEE Trans. on Fuzzy Systems.
19. Pedrycz, W. and Gomide, F., (1998)."An introduction to fuzzy sets: analysis and design. Massachusetts Institute of Technology press", Cambridge, MA, U.S.A.
20. R. Osuna-Gomez et al. (2017). "Different Optimum Notions for Fuzzy Functions and Optimality Conditions associated".
21. Smita S. , et al., (2013). "Fuzzy Expert Systems (FES) for Medical Diagnosis "International Journal of Computer Applications 0975-8887 volume 63 – No. 11.
22. Shapiro, A. F., Berry-Stölzle, T.R. and Koissi, M. C. (2009). "The Fuzziness" .
23. Taha , H. A. (1997). "Operations Research" , Prentice – Hall , inc.
24. Van-Nam et al., (2007). "Decision Making under Uncertainty with Fuzzy targets"
25. Wagner, H., (1982). "Principles of Operations Research prentice" Hall inc., London.