Neutrosophic Knowledge, Vol. 1, 2020
University of New Mexico

استخدام السلاسل الزمنية الفازية للتنبؤ الفازي

(دراسة تطبيقية)

هبه إبراهيم محمد عشري
قسم الإحصاء التطبيقي والتأمين
كلية التجارة - جامعة دمياط

أ.د / محمود رياض محمود
معهد الدراسات والبحوث الاحصائية
جامعة القاهرة

أ.د / مرفت طلعت المحلاوي
قسم الاحصاء التطبيقي والتأمين
كلية التجارة-جامعة دمياط

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

Received: 10 September 2020; *Accepted:* 28 October 2020; *Published:* date

الملخص: يتم استخدام التحليل الفازي للحصول على أعلى مستويات الدقة فى التحليل الاحصائى، وتستخدم السلاسل الزمنية الفازية للتنبؤ الفازي بايرادات قناة السويس من ناقلات البترول حيث 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 متخذى القرار فى اتخاذ القرار الأمثل ووضع الخطط المستقبلية لتطوير هذا المجرى الملاحي العالمى الهام الذى يعد أحد الدعائم الأساسية للاقتصاد المصرى.

الكلمات الدالة : السلاسل الزمنية Time Series - المنطق الفازى FL - الفئات الفازية FS - نظرية الفئات الفازية FST - دالة الإنتماء Membership Function – السلاسل الزمنيه الفازية Fuzzy Time Series – البرمجة الخطية الفازية Fuzzy Linear Programming - اتخاذ القرار الفازى Fuzzy Decision Making.

Abstract: 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.

Keywords: Time Series, Fuzzy Logic, Fuzzy Theory, Fuzzy Set, Membership Function, Fuzzy Time Series, Fuzzy linear Programming, Fuzzy Decision Making.

1. مُقدّمــة

حيث تعد قناة السويس من أهم القطاعات الاقتصادية بالدولة فهى قناه ملاحيه عالميه وممر دولي تجاري مائي هام يربط البحر المتوسط عند بورسعيد بالبحر الأحمر عند السويس وشرياناً مالياً رئيسياً على المستوى المحلى والاقتصاد القومى من النقد الأجنبى كما تتميز بأن حركة الملاحة مستمرة طوال اليوم أى ليلاً ونهاراً وتكاد تكون نسبة الحوادث معدومة بالمقارنة بالقنوات الأخرى وتعد قناة السويس أطول قناة ملاحية في العالم بدون أهوسة بالاضافة لقابلية مجراها الملاحي للتطوير سواء مشروعات تطوير زيادة رأسيه أو أفقية، واخر تلك المشروعات هى قناة السويس الجديدة من الكيلو 61 إلى الكيلو 95 (طبقاً للترقيم الكيلومترى للقناة). تم افتتاحها فى 6 أغسطس 2015 بطول 35 كم بالاضافة إلى توسيع وتعميق تفريعات البحيرات المرة والبلاح .طول 87 كم ليصبح الطول الاجمالي للمشروع 72 كم من الكيلو متر 50 إلى الكيلو متر 122. ويهدف المشروع إلى تلافى المشكلات القديمة لقناة السويس وهى توقف قافلة الشمال لمدة تزيد عن 11 ساعة فى منطقة البحيرات المرة. ويسمح باستيعاب للسفن العملاقة بغاطس 55 قدم وبتكلفة بلغت 4 مليار دولار مما سيساهم فى زيادة دخل القناة مستقبلاً.

كما ان قناة السويس توجد فى منطقة تشهد تزايد مخاطر المنافسة المستمرة والمتزايده من قبل العديد من الطرق ووسائل النقل المنافسة لها، مما يؤدى لزيادة خطورة اتخاذ القرار الاستثماري. ونكون بحاجة لاتخاذ قرار استثماري أمثل بما يحقق تعظيم ربحية قناة السويس على مستوى الاقتصاد القومى وذلك من خلال الاختيار الأمثل لمشروعات تطوير مجراها الملاحي.

2. مشكلة البحث:

حيث 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 متخذى القرار فى اتخاذ القرار الأمثل ووضع الخطط المستقبلية لتطوير هذا المجرى الملاحي العالمى الهام الذى يعد أحد الدعائم الأساسية للاقتصاد المصرى فسوف نستخدم التحليل الفازي للحصول على أعلى مستويات الدقة فى التحليل الاحصائى، والتنبؤ الفازي بايرادات قناة السويس من ناقلات البترول باستخدام السلاسل الزمنية الفازية لاتخاذ القرار الفازي.

3. هدف البحث:

يهدف البحث إلى التنبؤ الفازي بايرادات قناة السويس من ناقلات البترول باستخدام السلاسل الزمنية الفازية لاتخاذ القرار الفازي الأمثل بشأن مشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس بهدف تحقيق أقصى ربحية ممكنه على مستوى الاقتصاد القومي. وذلك من خلال الأهداف الفرعية التالية:

1. ايجاد قيم دوال العضوية لبيانات المتغيرات المرتبطة بمشروعات تطوير المجرى الملاحى لقناة السويس وتحليلها.
2. تحليل السلسلة الزمنية لايرادات قناة السويس من ناقلات البترول.
3. التنبؤ الفازي بايرادات قناة السويس من ناقلات البترول.

4. 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.

5. الدراسات السابقة

1) **دراسة Hao-Tien Liu (2007)**

الدراسة بعنوان: **An improved fuzzy time series forecasting method using trapezoidal fuzzy numbers.**

اقترح الباحث طريقة لتحسين التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية الفازية، ويمكن أن توفر لمحلل القرار مختلف الفترات المتوقعة لدرجات مختلفة من الثقة، بالاضافة إلى تقليل خطأ التنبؤ وتحسين دقة التنبؤ. وتم استخدام أمثلة عددية لتوضيح الطريقة المقترحة ومقارنة دقة التنبؤ مع ثلاثة أساليب للسلاسل الزمنية الفازية. وثبت أن هذه الدراسة يمكن أن توفر لمحلل القرار أداة أفضل للمساعدة في اتخاذ القرارات. وأحد العوائق الرئيسية لنماذج التنبؤ بالسلاسل الزمنية الفازية الحالية أنها توفر فقط قيمة نقطة واحدة متوقعة تماما مثل الطرق التقليدية للسلاسل الزمنية. وبالتالي فإنها لا يمكن أن توفر لمحلل القرار معلومات أكثر فائدة. وكان الهدف من هذا البحث هو تصميم طريقة محسنة للتنبؤ بسلسلة زمنية فازية تكون فيها القيمة المتوقعة عدداً فازياً شبه منحرف بدلاً من قيمة نقطة واحدة .والطريقة المقترحة تؤدى لزيادة دقة التنبؤ. وقد تم استخدام مجموعتين من البيانات العددية لتوضيح تلك الطريقة المقترحة ومقارنة دقة التنبؤ بثلاث سلاسل زمنية متقطعة. تشير نتائج المقارنة إلى أن الطريقة المقترحة يمكن أن تولد قيم تنبؤ أكثر دقة.

2) **دراسة Rosma mohd dom (2009)**

الدراسة بعنوان:**A Fuzzy Regression Model for the Prediction of Oral Cancer Susceptibility**

اقترح الباحث برنامج لتقدير العلاقة بين المتغيرات المستقلة المدخلات والمتغير التابع ذو الطبيعة الثنائية، كما تم تطوير أسلوب الانحدار الفازي وإجراء اختبارات الصلاحية فى حالة المتغير التابع ثنائى القيمة وبناء نماذج انحدار فازي والتنبؤ بالمتغير الثنائى وتطبيقه على بيانات سرطان الفم وقد تم بناء أربعة نماذج كما يلى:

النموذج الأول: للتنبؤ بسرطان الفم ويعتمد على أداء الأطباء كخبراءClinicians.

النموذج الثانى: يعتمد على المنطق الفازي.

النموذج الثالث: يعتمد على الشبكات العصبية الفازية.

النموذج الرابع: يعتمد على الانحدار اللوجستى.

وقد اتضح أن نموذج الانحدار الفازي ونموذج الشبكات العصبية الفازية ونموذج الانحدار اللوجستى لديهم قدرة لإيجاد القيمة المثلى للمدخلات أى المتغيرات التفسيرية.

3) دراسة (2009) Shapero et al.

الدراسة بعنوان: The Fuzziness in Regression Models

وفيها قام الباحثون باختبار وجود علاقة معنوية واضحة بين المتغير التابع والمتغير المستقل فى نموذج الانحدار وهل هى علاقة فازية أم لا (غير فازية) وذلك بمعالجة تشتت معاملات الانحدار كمقياس إحصائى للعلاقة الفازية بين المتغير التابع والمتغير المستقل واختبار الفرض الإحصائي أن تشتت البيانات بسبب الخطأ العشوائى. واجراء المحاكاة لعدد 80000 محاولة، وقد تم استنتاج عدم رفض الفرض بأن العلاقة بين المتغير التابع والمتغير المستقل ليست فازية.

4) دراسة (2010) Mir Hasan et al.

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 علي 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.

5) دراسة (2010) Nureize & J. Watada

الدراسة بعنوان:**A Fuzzy Regression Approach to a Hierarchical Evaluation Model for Oil Palm Fruit Grading**

تم استخدام نموذج الانحدار الفازي فى بناء نموذج تقييم هرمى فازي يميز معايير درجة ثمرة زيت النخيل وتحديد الأوزان الغامضة لتلك المعايير، وكذلك للمساعدة فى التقييم واتخاذ القرار ولتوقع تنميه أمثل فى المجالات الزراعية، حيث تحتاج عملية مراقبة و فحص جودة المحصول إلى أن تتم بصورة صحيحة للتأكد من ارتفاع الجودة التى يتم تحديدها للانتاج.

6) دراسة (2010) M. Mosleh et al.

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.

7) دراسة (2010) Zeynep Sener

الدراسة بعنوان: A Fuzzy Regression and Optimization Approach for Setting Target Levels in Software Quality Function Deployment

قد تم استخدام أسلوب Software quality function deployment (SQFD) : وتطبيق أدوات تحسين جودة البرمجيات استجابه لاحتياجات مستخدمى البرمجيات وذلك لتحسين جودة البرمجيات وتعظيم رضاء العملاء وايجاد منتجاً يغطى الاحتياجات المتوقعة للعملاء وتلك الدراسة تعرض أسلوب الانحدار الفازي لتحديد المستويات المثلى لاسلوب (SQFD) حيث أن العلاقات الفازية الموجودة فى نموذج (SQFD) تبرر استخدام نموذج الانحدار الفازي. وقد استخدم الانحدار الفازي لتحديد العلاقات الدالية بين رغبات المستهلكين والخواص الفنية وبين الخواص الفنية ذاتها واستخدام أسلوب نموذج البرمجة الرياضية لتحديد المستويات المثلى للخواص الفنية مع استخدام العلاقات الدالية المتحصل عليها من نتائج الانحدار الفازي.

8) دراسة S.Rajaram and V.Vamitha (2012)

الدراسة بعنوان: A Modified Approach on Fuzzy Time Series Forecasting

تم تطوير طريقة التنبؤ بالسلاسل الزمنية الفازية على أساس أقرب الأعداد شبه المتماثلة ويستخدم توزيع لتقسيم الفترات مع طول مختلف. وعن طريق تحويل الأرقام الفازية شبه منحرف من وإلى أقرب أرقام متماثلة شبه منحرف متماثل وباستخدام وظيفة الترتيب تم تحسين دقة التنبؤ. يهدف التنبؤ غير المؤكد استنادا إلى بيانات غير مؤكدة. في البحث لأقرب الأرقام شبه متماثلة تستخدم لزيادة دقة التنبؤ. ثم استخدام مثال توضيحي للتنبؤ للتحقق من فعالية النموذج المقترح ومقارنتها مع بعض الطرق الحالية لتأكيد الفوائد المحتملة للنهج المقترح مع خطأ صغير جداً.

9) **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.

10) دراسة Mohammed A. Al-Sulaiman et al. (2014)

الدراسة بعنوان: Estimation of Total Dissolved Salts of Irrigation Water Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

تم توظيف منظومة استنتاج عصبية فازية مكيفة (Adaptive Neuro Fuzzy Inferenece Systems; ANFIS) لتقدير تركيز مجموع الأملاح الذائبة لمياه الرى من الآبار، وتستخدم المنظومه المقترحة المنطق الفازي فى صياغة القواعد Rules الموضحة لتأثير العوامل على تركيز مجموع الأملاح الذائبة لمياه الرى. استخدم نموذج سيجينو Sugeno من الرتبه الأولى للمنظومة لاشتقاق دوال العضويه Membership functions وقواعد إذا-لو IF-Then. وتم استخدام تحليل الانحدار الخطى المتعدد للتنبؤ بتركيز مجموع الأملاح الذائبه فى عينه مياه من خلال نفس العناصر الكيميائية للمقارنه. وأظهرت النتائج أن القيم المقدرة من منظومة ANFIS المقترحة كانت قريبة جدا من القيم الفعلية وبالتالى يمكن استخدامها لتقدير تركيز مجموع الأملاح الذائبة وكنظام مساعد فى ادارة مياه الرى.

11) 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.

12) 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.

6. خطة البحث:

تم تناول الدراسة من خلال المباحث الآتية: المبحث الأول: السلاسل الزمنية,المبحث الثانى: السلاسل الزمنية الفازية, المبحث الثالث: التنبؤ الفازى, والنتائج والتوصيات.

6.1 المبحث الأول: السلاسل الزمنية

تعرف السلاسل الزمنية Time Series بأنها مجموعة من المشاهدات المتتالية المرتبطة بفترات زمنية حيث يتم رصدها تتابعياً خلال الزمن. ويهدف تحليل بيانات السلاسل الزمنية إلى وصف سلوك السلسلة الزمنية محل الدراسة، وتفسير التغيرات والعوامل المؤثرة على السلسلة الزمنية، والتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة، والتحكم في العملية التي تولد السلسلة بغرض تحقيق هدف معين.

المفاهيم الأساسية لتحليل السلاسل الزمنية

السكون Stationarity

يعد السكون من المفاهيم الأساسية والهامة في تحليل السلاسل الزمنية حيث يعد من الفروض اللازمة لتحليل السلسلة الزمنية، ويتحقق كون السلسلة الزمنية ساكنة بالمعنى الضعيف بتوافر ما يلي:

- عدم ظهور أي اتجاه للتزايد أو التناقص مع الزمن ومن ثم افتراض ثبات قيمة الوسط الحسابي للسلسلة.
- ثبات درجة التشتت حول الوسط الحسابي والذي يعبر عن تباين السلسلة ومن ثم ثبات تباين السلسلة.

الانعكاس Invertability

يعد الانعكاس من المفاهيم الأساسية والهامة في تحليل السلاسل الزمنية ويعبر الانعكاس عن إمكانية تقدير الخطأ العشوائي بدلالة القيم المشاهدة للسلسة وتنطبق خاصية الانعكاس على النموذج الممثل للسلسلة الزمنية، بعكس خاصية السكون الممثلة للسلسلة الزمنية ذاتها.

دالة الارتباط الذاتي (ACF) Autocorrelation Function

تعرف دالة الارتباط الذاتي بأنها علاقة دالية بين معاملات الارتباط الذاتي ρ_k بين قيم السلسلة المتتالية والفجوات الزمنية K التي تفصل بين هذه القيم. ويتم استخدام دالة الارتباط الذاتي ACF في الحكم المبدئي على سكون السلسلة كما أنه يستفاد منها في تحديد نموذج ملائم لوصف بيانات السلسلة الزمنية محل الدراسة بمقارنة نمط دالة الارتباط الذاتي لبيانات السلسلة ببعض الأنماط النظرية في حالة النماذج المختلفة.

دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) Partial Autocorrelation Function

تعرف دالة الارتباط الذاتي الجزئي بأنها علاقة دالية بين كلاً من معاملات الارتباط الذاتي الجزئي والفجوات الزمنية ، وتستخدم دالة الارتباط الذاتي الجزئي في المساعدة في اختيار النموذج الملائم لوصف بيانات السلسلة الزمنية محل الدراسة ، كذلك اختبار كفاءة النموذج المقدر بالتأكد من عشوائية البواقي.

وباستخدام كلاً من دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي نستطيع اختيار النموذج الملائم الذي يصف بيانات السلسلة الزمنية كما نجد أنه يمكن الحكم المبدئي على سكون السلسلة إذا كانت معاملات دالة الارتباط الذاتي تقترب بسرعة نحو الصفر سواء كانت في شكل دالة أسيه أو دالتين أسيتين أو موجات من دالة الجيب، فيعد ذلك مؤشراً على استقرار السلسلة، وذلك بالإضافة أنه يستفاد منها في تحديد نموذج ملائم لوصف بيانات السلسلة الزمنية محل الدراسة وذلك بمقارنة نمط ACF, PACF لبيانات السلسلة ببعض الأنماط النظرية في حالة النماذج المختلفة.

- ***نماذج السلاسل الزمنية***

نموذج الانحدار الذاتي Autoregressive Model (AR)

نتيجة لاعتماد المتغير التابع على القيمة السابقة فيطلق عليها عملية انحدار ذاتي

ويمكن التعبير عن نموذج الانحدار الذاتي باستخدام القيم الأصلية كما يلي :

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots \dots \dots + \phi_p y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t$$

y_t : المشاهدات الفعلية للسلسلة الزمنية محل الدراسة.

ϕ_i : معاملات الانحدار الذاتي حيث : (i = 1,2,.....,p ، p رتبة النموذج).

δ : مقدار ثابت.

ε_t : متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط يساوي الصفر وتباين ثابت.

ويمكن كتابة النموذج السابق بالشكل التالي:

$$\phi(B)\ y_t = \delta+\varepsilon_t$$

$$\phi(B) = (1- \phi_1 B - \phi_2 B^2 - ..... -\phi_p B^p)$$

حيث: (B) مشغل الإزاحة للخلف Backward Shift Operator

نموذج المتوسطات المتحركة Moving Average Model (MA)

الصيغة العامة لنماذج المتوسطات المتحركة باستخدام القيم الأصلية هي:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - ... ...- \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

y_t : المشاهدات الفعلية للسلسلة الزمنية محل الدراسة

μ : الوسط الحسابي للسلسلة الزمنية

θ_j: معالم نموذج المتوسطات المتحركة المراد حسابها حيث : j=1,2,.....,q

ε_t: متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط يساوي الصفر وتباين يساوي σ^2. ويمكن كتابة النموذج السابق بصورة مختصرة .

$$y_t = \mu +\theta (B)\ \varepsilon_t$$

$$\theta (B) =1- \theta (B)- \theta_2 (B)^2 - ... ...- \theta_q (B)_q$$

(B) مشغل الإزاحة للخلف Backward Shift Operator

نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة المختلط

Autoregressive Moving Average Model (ARMA)

يأخذ النموذج باستخدام القيم الأصلية للمشاهدات الشكل التالي:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1}+\phi_2 y_{t-2}+... ...+ \phi_p y_{t-p} +\delta+\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - ... ...- \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

y_t : القيم الفعلية للسلسلة الزمنية محل الدراسة.

δ : كمية ثابتة.

ϕ_i : معالم الانحدار الذاتي حيث : i = 1,2, ... P

θ_i : معالم المتوسطات المتحركة حيث : j = 1,2, ... q

ε_t : متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط الصفر وتباين ثابت σ^2

الصورة المختصرة

$$(B)\ yt = \theta \quad (B)\ \varepsilon_t \quad + \delta \quad \phi$$

$$\phi (B) = (1-\phi_1 B-\phi_2 B^2 - ..... -\phi_p B^p)$$

$$\theta (B) = 1- \theta_1 (B)- \theta_2 (B)^2 - ... ...- \theta_q (B)_q$$

نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

لتحويل السلاسل الزمنية غير الساكنة إلى سلاسل زمنية ساكنة يمكن اخذ الفروق مرة أو أكثر لإزالة الاتجاه العام وهنا يمكن استخدام بعض نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية ويشار إليها ARIMA (p,d,q) حيث نجد أن:

p : رتبة عملية الانحدار الذاتي.

d : عدد الفروق اللازمة لتحقيق السكون في الوسط.

q : رتبة عملية المتوسطات المتحركة.

والشكل العام لنموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية كما يلي:

$$W_t = \phi_1 w_{t-1} + \phi_2 w_{t-2} + \dots + \phi_p w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} + \delta$$

الصورة المختصرة

$$\mu (1- \phi - \dots - \phi_p) \phi_{21} - \delta =$$

$$Wt = \nabla^d y_t$$

∇ : مشغل الفروق.

d : رتبة الفروق العادية.

- **منهجية Box-Jenkins**

يعتبر أسلوب Box-Jenkins من الأساليب الإحصائية الهامة في تحليل السلاسل الزمنية وقد أصبحت أكثر الطرق انتشاراً واستخداماً لما لها من مميزات تتمثل فيما يلي:

تعطي حلول مناسبة لكافة مراحل تحليل السلاسل الزمنية مما يعني

- شموليتها.
- تعتمد على نماذج ARMA التي أظهرت تفوقها في الحصول على تنبؤات دقيقة.
- تمدنا بفترات ثقة مناسبة لمعالم النموذج وللمشاهدات المستقبلية.
- ينتج عنها تنبؤات موثوق بها.
- يوجد العديد من الحزم الإحصائية القادرة على تنفيذ جميع مراحل التحليل بكفاءة.

إلا أنه يعاب عليها فيما يلي:

- تفترض ضرورة وجود عدد كبير من مشاهدات السلسلة الزمنية.
- تتطلب خبرة ومهارة عالية لتطبق عملياً.

وتتمثل الخطوات الرئيسية لتحليل السلاسل الزمنية باستخدام أسلوب Box-Jenkins فيما يلي:

- مرحلة التعرف على النموذج Model Identification
- مرحلة تقدير النموذج Model Estimation
- مرحلة فحص النموذج Model Checking
- مرحلة التنبؤ Forecasting

التعرف على النموذج Model-Identification

ويتم في هذه المرحلة اختيار نموذج ملائم لوصف بيانات السلسلة الزمنية محل الدراسة، وذلك بناءاً على افتراض رئيسي- وهو سكون السلسلة، وبالتالي يجب التحقق أولاً من شروط سكون السلسلة الزمنية من خلال رسم المنحنى الزمني للسلسلة الزمنية -Time Series Plot للتعرف على الخصائص المميزة لها، وفحص دالة الارتباط الذاتي للتحقق من سكون السلسلة الزمنية.

والجدول التالي يوضح الأشكال التي تأخذها كل من دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي

دالة الارتباط الذاتيACF	دالة الارتباط الذاتي الجزئيPACF	النموذج
تقترب تدريجياً من الصفر	تساوى الصفر بعد الفجوة الزمنية p	AR(p)
تساوى الصفر بعد الفجوة الزمنية q	تقترب تدريجياً من الصفر	MA(q)
تقترب تدريجياً من الصفر	تقترب تدريجياً من الصفر	ARMA (p,q)

تقدير النموذج Model-Estimation

بعد التعرف على النموذج الملائم من بين مجموعة نماذج ARIMA. يتم بهذه المرحلة تقدير معلمات النموذج الخاصة بالنموذج المقترح . ومن أشهر طرق التقدير:

- طريقة الإمكان الأعظم Maximum Likelihood Method
- طريقة المربعات الصغرى Least Squares Method

وتستخدم طريقة المربعات الصغرى لسهولتها والخصائص الجيدة التي تتمتع بها كما أنها تعتمد على اختيار مقدرات المعالم التي تجعل مجموع مربعات الأخطاء أقل ما يمكن.

فحص النموذج Model – Checking

يتم بهذه المرحلة اختبار مدي ملاءمة النموذج المقدر حتى يمكن استخدامه في التنبؤ. وفى حالة عدم ملاءمته يتم تعديله مرة أخرى وتحديد نموذج آخر وإعادة تقديره واختباره لنحصل على أنسب نموذج ، ويجب أن يجتاز النموذج مجموعة من الشروط حتى نستطيع أن نقبله تتمثل فيما يلي:

- التحقق من شروط السكون والانعكاس.
- اختبار معنوية معلمات النموذج المقدر.
- التحقق من أن النموذج يحتوى على عدد قليل من المعلمات Parsimonious.
- التحقق من عشوائية البواقي الخاصة بالنموذج.
- دراسة القدرة التنبؤية للنموذج.
- التحقق من أن النموذج لا يحتوى على معلمات غير ضرورية Redundant.

التنبؤ Forecasting

تعد مرحلة التنبؤ عند استخدام أسلوب Box-Jenkins هي المرحلة الأخيرة من مراحل تحليل السلسلة الزمنية وفيها يتم التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة، فالتنبؤ هو الهدف النهائي من تحليل

السلاسل الزمنية، ويمكننا تصنيف التنبؤ إلى ما يلي:

- **التنبؤ بنقطة: Point Forecast**

تعتبر أكثر الطرق ملاءمة للحصول على التنبؤات بنقطة من نماذج ARIMA هي معادلة الفروق Difference-Equation والتي تأخذ الشكل التالي:

$$y_{t+h} = \phi_1 y_{t+h-1} + \dots + \phi_p y_{t+h-p} + \varepsilon_{t+1} - \theta_1 \varepsilon_{t+h-1} - \dots - +\theta_q \varepsilon_{t+h-q} + \delta$$

حيث : t : نقطة التنبؤ للأصل Forecast Origin.

h : فترة التنبؤ للأمام Forecast Lead Time.

- **التنبؤ بفترة: Interval Forecast**

بعد الحصـول على التنبؤ بنقطة يمكننا قياس عدم التأكد حول هذه النقطة بإنشـاء فترات تنبؤ يعبر عنها بحدود ثقة قدرها %(1-α) وتأخذ الشكل التالي:

$$y_{n+h} = y_n(h) \pm Z_{\alpha/2} SE(\varepsilon_t(h))$$

$Z_{\alpha/2}$: القيم الجدوليه - جدول التوزيـع الطبيعي المعياري.

SE : الخطأ المعياري للتنبؤ.

جودة التنبؤ

بمجرد الحصول على قيمة المشاهدة التالية y_{n+1} نستطيع تعديل جميع التنبؤات السابق الحصول عليها لتناسب المعلومة الجديدة الناتجة من معرفة القيمة الفعلية للمشاهدة y_{n+1} ونستطيع الحصول على التنبؤات الجديدة باستخدام أحد الأسلوبين التاليين:

- استخدام قيمة المشاهدة الجديدة في إعادة تقدير معالم النموذج ثم استخدام النتائج التي تم

التوصل إليها في الحصول على تنبؤات جديدة ويسمى هذا الأسلوب بالتحديث التتابعي للتنبؤ Sequential Updating Forecasting .

استخدام الفترة n+1 بدلاً من الفترة n كنقطة بداية للحصول على تنبؤات جديدة باستخدام قيمة المشاهدة الجديدة y_{n+1} دون الحاجة إلى إعادة تقدير معالم النموذج ويسمى هذا الأسلوب Adaptive Forecasting. والأسلوب الأول في الحصول على التنبؤ يختلف من حيث إعادة تقدير معالم النموذج وفحص مدى الملاءمة في كل مرة يتم فيها الحصول على مشاهدة
جديدة ثم استخدام النموذج في التنبؤ، أما الأسلوب الثاني فيسمح بتحديث التنبؤات السابقة لأي من نماذج ARIMA والتي تم الحصول عليها لعدد h من الفترات في المستقبل دون الحاجة لاستخدام جميع البيانات السابقة.

6.2 المبحث الثانى: السلاسل الزمنية الفازية

السلاسل الزمنية الفازية Fuzzy Time Series

تعريف (1)

تعرف المجموعة الفازية A كمجموعة جزئية غير مؤكدة من المجموعة الاساسية

$$X.\ A = \{ (x.\mu_A(x)) \mid x \in X \}$$

ويتم تقييم عدم التأكد من خلال دالة العضوية $\mu_A(x)$.

تعريف (2)

Y(t) { t = 0,1,2,3,.....}, a subset of R, universe of discourse

$f_i(t)$ (i = 1,2,3,.....)

F(t) collection of $f_i(t)$ Then F(t) Fuzzy time series on Y(t).

ومن التعريف يتضح أن:

- F(t) دالة فى الزمن.
- F(t) تعتبر متغير لغوى، حيث للمتغير اللغوى قيم ممثلة بمجموعات فازية.
- (($f_i(t)$ (i = 1,2,3,...)) هى القيم اللغوية F(t)

حيث يتم تمثيل(... $f_i(t)$, i = 1,2,3,) بواسطة المجموعات الفازية.

التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية الفازية

1- ايجاد (maximum D_{max} and the minimum D_{min}) لكل Av_t

$$U = [\ D_{min} - D1,\ D_{max} + D2\ ]$$

2- تقسيم Ui ، i = 1 to 7

3- $V_1 = [d_1, d_2]$, $v_2 = [d_2, d_3]$,....., $v_m = [d_m, d_{m+1}]$

$A_1 = [d_0, d_1, d_2, d_3]$

$A_2 = [d_1, d_2, d_3, d_4]$

$A_{m-1} = [d_{m-2}, d_{m-1}, d_m, d_{m+1}]$

$A_m = [d_{m-1}, d_m, d_{m+1}, d_{m+2}]$.

4- فى حالة ان بيانات السلسلة داخل المدى v_j فإنها تنتمى للعدد الفازي Aj

5- العلاقات المنطقية الفازية.

6- ترتيب العلاقات المنطقية الفازية حيث:

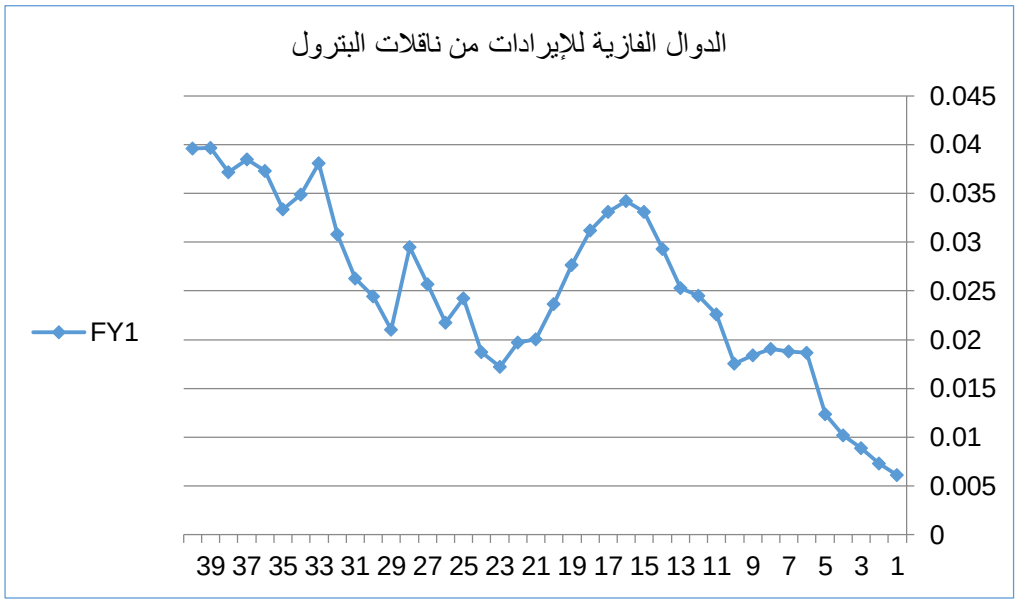
$A_j \rightarrow A_{k1}$, $A_j \rightarrow A_{k1}$, ... , $A_j \rightarrow A_{kp}$

7- القيمة المتوقعة فى الزمن t , Fv تحدد من خلال القواعد الاستدلالية.

ايرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول

فيما يلي يتم توضيح الدوال الفازية لايرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول

يوضح الشكل التالي رقم (1) الدوال الفازية لايرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول



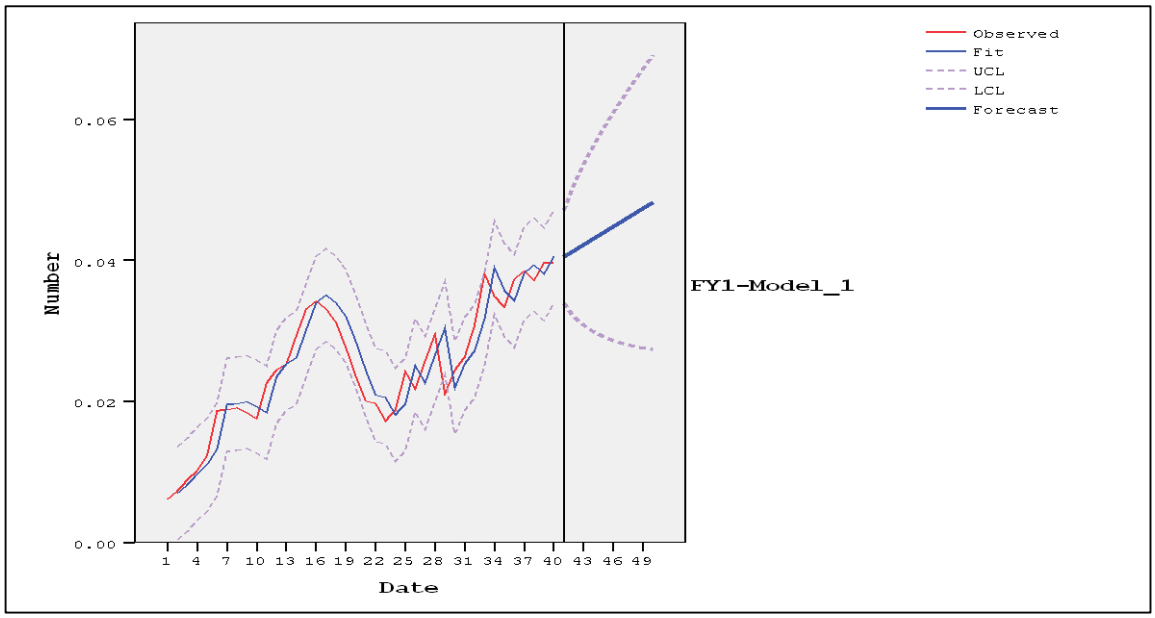
شكل رقم (1)

الدوال الفازية لايرادات قناة السويس المحصلة من ناقلات البترول

6.3 المبحث الثالث: التنبؤ الفازي

التنبؤ الفازي بايرادات قناة السويس من ناقلات البترول

يوضح الشكل التالي رقم (2) القيم المتنبأ بها لإيرادات قناة السويس من ناقلات البترول



شكل رقم (2)

شكل يوضح القيم المتنبأ بها لإيرادات قناة السويس من ناقلات البترول

وكما يتضح من الشكل أن إيرادات قناة السويس المحصلة نتيجة عبور ناقلات البترول تتأثر تأثراً إيجابياً بمشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس. ويتضح أهمية الدور الذي تلعبه مشروعات تطوير المجرى الملاحي للقناة في التأثير على حجم ايرادات قناة السويس ومن ثم الاقتصاد القومي.

جدول رقم (1)

القيم المتنبأ بها لإيرادات قناة السويس من ناقلات البترول

السنة	الحد الأعلى	الحد الأدنى	القيم التنبؤية
2018	.053622590710	.0298533284	.0421926061
2019	.056249747222	.0291544228	.0430515378
2020	.058666516259	.0286049620	.0439104695
2021	.060933840571	.0281687431	.0447694013
2022	.063087922945	.0278221780	.0456283330
2023	.065152351502	.0275488823	.0464872647
2024	.067143510606	.0273369268	.0473461965
2025	.069073329613	.0298533284	.0482051282
2026	.053622590710	.0291544228	.0421926061
2027	.056249747222	.0286049620	.0430515378

النتائج :

أسفرت الدراسة عن عدة نتائج منها :

1. ايجاد قيم دوال العضوية لبيانات المتغيرات وتحليلها.
2. إيرادات قناة السويس المحصلة نتيجة عبور ناقلات البترول تتأثر تأثراً إيجابياً بمشروعات تطوير المجرى الملاحي لقناة السويس المتمثلة في زيادة طاقتها الاستيعابيه حيث توجد
3. علاقة طردية بين حجم الايرادات المحصلة من ناقلات البترول والاستمرار فى تحقيق المزيد من مشروعات تطوير القناة وزيادة طاقتها الاستيعابية.
4. تتأثر إيرادات قناة السويس المحصلة نتيجة عبور ناقلات البترول تأثراً إيجابياً بإجمالي الحمولات العابرة للقناة من ناقلات البترول وتوجد علاقة طردية بين حجم الايرادات المحصلة من ناقلات البترول وزيادة أحجام حمولاتها.
5. معنوية معاملات الانحدار فى النموذج الفازي الخاص بإيرادات قناة السويس.
6. قابلية المجرى الملاحي 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.

6-2 التوصيات

1. تقترح الدراسة على الباحثين التحليلات الفازية بفرض أن الدوال العضوية ليست مثلثية أو رباعية سواء متماثلة أو غير متماثلة والمقارنة بينها واختيار أكثرها كفاءة.
2. 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.
3. 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.
4. استمرار الدراسات في مجال إيرادات قناة السويس والتنبؤ بإيرادات باقي الأنواع الأخرى خلاف ناقلات البترول.
5. 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.

6. تعظيم إيرادات القناة من خلال تعظيم أحجام الحمولات التي تعبر القناة وليس مجرد زيادة فئات رسوم العبور لها.
7. توصى الدراسه متخذى القرار فى الاستمرار فى مشروعات تطوير المجرى الملاحي 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". Universita degli studi di Catania, Italy.
2. Ali Reza Afshari, et al., (2014). "Applications of Fuzzy Decision Making For Personnel Selection Problem-A Review"
3. Andrzej Bargiela, et al., (2007)."Multiple regression with fuzzy data"
4. Baoding Liu, (2012). "Membership Functions and Operational law of uncertain sets"
5. Bellman, R. E. and Zadeh, L. A. "Decision-Making in A Fuzzy Environment"
6. Bojadziev, G. & Bojadziev, M. (2007). "Fuzzy Logic for Business Finance and Management", 2nd Edition, World Scientific Publishing Co. pte. Ltd.
7. Buckley, j. J. and Eslami, E. (2002). "An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets". Physica-Verlag Heidelberg, Germany.
8. Chen-Tung Chen. (2000) "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment"
9. Dom, R. M. (2009). Ph.D. "A Fuzzy Regression Model for the Prediction of Oral Cancer Susceptibility". University of Malaya, Kuala Lumpur.
10. Dubois, D., Prade, H. and Yager, R. R., (1993). "Readings in fuzzy sets for intelligent systems". San Mateo, CA. , Morgan Kaufmann.
11. E. Pasha et al., (2007)."Fuzzy Linear Regression Models with Fuzzy Entropy", Applied Mathematical Sciences, Vol. 1,no. 35,
12. Eero Lehtonen, (2015). "A Study on Decision Making Using Fuzzy Decision tree".
13. Ekel p. YA, (2002). "Fuzzy Sets and Models of Decision Making"
14. Feng, H. (2006). Ph.D. "Bayesian and non-Bayesian contributions to fuzzy regression analysis". York University, Canada.
15. Ganesh, M. (2009). "Introduction to Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Prentice-Hall", India.
16. George J. Klir and Bo Yuan (1995). "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications",
17. Gladysz, B. & Kuchta, D. (2009). "Least Squares Method for L-R Fuzzy Variables". WILF, LNAI 5571, Verlag Berlin Heidelberg.
18. Gujarati, D., "Basic Econometrics", (1995). McGraw Hill, New York.
19. Hao-Tien Liu (2007). "An improved fuzzy time series forecasting method using trapezoidal fuzzy numbers".
20. Hsien-Chung, (2003). "Linear Regression Analysis for Fuzzy Input and Output Data Using the Extension Principle"
21. Kai Yao. (2017). "Conditional Uncertain set and conditional membership Function"
22. Kandel, A., (1986). "Fuzzy Mathematics Techniques with Applications", Addison -Wesley Publishing Company, England.
23. Makridakis, S., Wheelwright, S.C. (1983). "Forecasting Methods and Applications", john wily& sons Inc, Canada.
24. Ming-Tao Chou (2017). "An Improved Fuzzy Time Series Theory with Applications in The Shanghai containerized Freight index
25. Mohammed A. Al-Sulaiman et al. (2014). "Estimation Of Total Dissolved Salts of Irrigation Water Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System"
26. Mosleha, M., Otadi, M. & Abbasbandyb, S. (2010). "Evaluation of fuzzy regression models by fuzzy neural network". Software Qual J.
27. Muhammad Ammar Bin shafi, (2015). "Application of Fuzzy Linear Regression Models for predicting tumor size of colorectal cancer in Malaysia's Hospital".

28. Nureize A. and Watada, J., (2010). "A Fuzzy Regression Approach to A Hierarchical Evaluation Model For Oil Palm Fruit Grading" , Springer Science, Business Media, LLc.
29. P. YA. Ekel (2002). "Fuzzy Sets and Models of Decision Making".
30. Pal N. R. and Bezdek J. C. (1995). "On cluster validity for the fuzzy c-means model" .IEEE Trans. on Fuzzy Systems.
31. Pedrycz, W. and Gomide, F., (1998)."An introduction to fuzzy sets: analysis and design. Massachusetts Institute of Technology press", Cambridge, MA, U.S.A.
32. Pindyck, R.S., & Rubinfeld, D.L. (1981). "Econometric Models and Economic Forecasts", McGraw-Hill inc.
33. R. Osuna-Gomez et al. (2017). "Different Optimum Notions for Fuzzy Functions and Optimality Conditions associated"
34. Rajaram S. & Vamitha V., (2012). " A Modified Approach on Fuzzy Time Series Forecasting"
35. Rules of Navigation (1992), Suez Canal Authority ,
36. S.Rajaram and V.Vamitha (2012). "A Modified Approach on Fuzzy Time Series Forecasting".
37. Sener, Z. & Karsak, E. E. (2010). "A fuzzy regression and optimization approach for setting target levels in software quality function deployment".
38. Shapiro, A. F., Berry-Stölzle, T.R. & Koissi, M. C. (2009). "The Fuzziness".
39. Souhir Charfeddine, et al., (2014). "Fuzzy linear regression: application to the estimation of air transport demand".
40. Taha, Hamdy A. (1997). "Operations Research", Prentice – Hall, inc.
41. Thompson, M.L, (1978). "Selection of Variables in Multiple Regression", part1.A Review and Evaluation, international Statistical Review, Longmont. Group Limited, Printed in Britain, No46. Transport demand". (2014).
42. Van-Nam Huynh et al. (2007). "Decision Making under Uncertainty with Fuzzy targets"
43. Wagner, H., (1982). "Principles of Operations Research prentice Hall inc., London.
44. Yager, R., S, Ovchinnikov, R. Tong, and H. Nguyen, (1987). "Fuzzy sets and application", selected papers by L.A. Zadeh, New York: John Wiley and Sons.
45. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets Theory, Information and Control.
46. Zimmermann, H. J. (1991). "Fuzzy Set Theory and its Applications", Allied Publishers, New Delhi.