استخدام نموذج (FTS) في التنبؤ بأعداد الطلبة
(دراسة تطبيقية في كلية الادارة والاقتصاد-جامعة البصرة)

م.م. منتظر جمعة مهدي
قسم الإحصاء-كلية الإدارة والاقتصاد –جامعة البصرة

المستخلص:

يهدف هذا البحث إلى تطوير وتحليل نموذج تنبؤي متقدم يعتمد على منهجية السلسلة الزمنية الضبابية (Fuzzy Time Series)لمعالجة البيانات غير المستقرة والتقلبات في أعداد الطلبة المسجلين في كلية الادارة والاقتصاد – جامعة البصرة. تم تطبيق الدراسة على بيانات فعلية ممتدة للفترة من (2008 إلى 2025)، حيث تم استخدام خوارزمية Chen المحدثة لبناء العلاقات المنطقية الضبابية (FLRs) مع دمج معامل الاتجاه الديناميكي (Trend-Adjusted Logic) لضمان واقعية التنبؤات المستقبلية.

تضمن الجانب العملي برمجة النموذج باستخدام لغة Mathematica 14 ، وإجراء مقارنة تحليلية دقيقة بين دقة البيانات "قبل المعالجة الضبابية" (النماذج التقليدية) و"بعد المعالجة الضبابية". تم تقييم كفاءة الأداء باستخدام حزمة متكاملة من المعايير الإحصائية تشمل: متوسط الخطأ النسبي المطلق(MAPE) ، وجذر متوسط مربعات الخطأ(RMSE) ، ومتوسط مربعات الخطأ.(MSE)

أظهرت النتائج تفوق النموذج الضبابي الديناميكي في ملاحقة الطفرات العددية والاتجاه العام للنمو مقارنة بالنماذج الساكنة، حيث انخفضت معدلات الخطأ الإحصائي بشكل ملحوظ بعد عملية التضبيب. كما قدم البحث تنبؤاً استشرافياً للعشر سنوات القادمة (2026–2035) يعكس استمرارية النمو الأكاديمي، مما يعزز من قيمة النموذج كأداة ذكية لدعم القرار الإداري في التخطيط الاستراتيجي وتخصيص الموارد الجامعية.

الكلمات المفتاحية: السلاسل الزمنية الضبابية، منطق التضبيب (Fuzzy Logic)، التنبؤ الديناميكي، معايير الدقة الإحصائية (MAPE/RMSE)، دعم القرار الأكاديمي، Mathematica 14.

Using the FTS Model to Predict Student Numbers (A Practical Study at the College of Administration and Economics - University of Basra)

Aast.Lecturer. Montader Juma Mahdi

Department of Statistics - College of Administration and Economics - University of Basra

Abstract:

The research aims to develop and analyze an advanced predictive model based on Fuzzy Time Series (FTS) methodology to address the ambiguity and fluctuations in the enrollment numbers of students. The study utilizes actual historical data from the College of Administration and Economics at the University of Basra, spanning the period from 2008 to 2025. By implementing an updated Chen's algorithm for constructing Fuzzy Logical Relationships (FLRs) and incorporating a Dynamic Trend-Adjusted factor, the model ensures highly realistic and robust future projections.

The practical component involves programming the model using Mathematica 14, providing a rigorous analytical comparison between "Pre-Fuzzy Processing" (traditional baseline models) and "Post-Fuzzy Processing." The performance efficiency was evaluated using a comprehensive suite of statistical metrics, including Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Square Error (MSE).

The results demonstrate the superiority of the Dynamic Fuzzy Model in tracking numerical surges and general growth trends compared to static traditional models, with a significant reduction in statistical error rates following the fuzzification process. Furthermore, the research provides a forward-looking ten-year forecast (2026–2035) reflecting continued academic growth. This reinforces the model's value as an intelligent tool for administrative decision support in strategic planning and university resource allocation.

المقدمة :

تُعد عملية التنبؤ من الأدوات المهمة في التخطيط الاستراتيجي للمؤسسات الأكاديمية، حيث تمثل الركيزة الأساسية التي تعتمد عليها الإدارات الجامعية في اتخاذ قرارات مصيرية تتعلق بالتوسع البرامجي، وتوزيع الموارد البشرية وتطوير البنية التحتية وغيرها. ويبرز متغير "أعداد الطلبة المسجلين" كأحد أكثر المتغيرات حيوية وحساسية نظراً لارتباطه المباشر بكفاءة التخطيط الأكاديمي والإداري على المدى الطويل.(Hyndman & Athanasopoulos, 2021)

وعلى الرغم من الشيوع الواسع لنماذج السلاسل الزمنية الكلاسيكية، وفي مقدمتها نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة المتكامل (ARIMA) الذي يعتمد على الأنماط التاريخية الخطية(Box et al., 2016) ، إلا أن البيانات الواقعية في البيئات التعليمية غالباً ما تشوبها حالة من "عدم اليقين" والتقلبات الحادة التي قد تعجز النماذج التقليدية عن استيعابها بدقة. هذا القصور المعرفي دفع الباحثين نحو تبني حلول أكثر مرونة، أبرزها نماذج السلاسل الزمنية الضبابية (Fuzzy Time Series - FTS)التي أرساها Song و Chissom للتعامل مع البيانات التي تتسم بالغموض وعدم الدقة باستخدام منطق المجموعات الضبابية(Song & Chissom, 1993).

لقد أثبتت الدراسات اللاحقة، لا سيما المنهجية التي طورهاChen أن هذه النماذج تمتلك قدرة فائقة على محاكاة البيانات غير الخطية وتقديم تنبؤات عالية الدقة في ظل نقص المعلومات أو تذبذبها .(Chen, 1996) وفي هذا السياق تسعى الدراسة الحالية إلى تطبيق نموذج السلسلة الزمنية الضبابية وفق منهجية Chen المحدثة للتنبؤ بأعداد الطلبة في كلية الإدارة والاقتصاد بجامعة البصرة للفترة.(2008–2025)

تتميز هذه الدراسة عن سابقاتها بتبني نموذج ديناميكي يدمج معامل الاتجاه لضمان دقة التنبؤات الاستشرافية لعشر سنوات قادمة (2026–2035). كما تعتمد الدراسة على مجموعة من معايير الدقة الإحصائية (MSE RMSE, MAPE) للمقارنة بين دقة البيانات قبل المعالجة الضبابية وبعدها. وقد تم توظيف الإمكانات الحسابية المتقدمة للغة (Wolfram) عبر برنامج Mathematica 14 لتنفيذ الخوارزميات واستخراج النتائج والرسوم البيانية، سعياً لتوفير إطار علمي رصين يدعم متخذي القرار في المؤسسات التعليمية نحو تخطيط أكاديمي أكثر استدامة ويقيناً.

مشكلة البحث (Research Problem)

تكمن المشكلة الأساسية في صعوبة التنبؤ الدقيق بأعداد الطلبة المسجلين نظراً لما تتسم به هذه البيانات من تقلبات غير منتظمة وغموض ناتج عن عوامل متعددة يصعب حصرها إحصائياً. إن النماذج التقليدية السائدة تعتمد غالباً على قيم "حادة (Crisp) "وافتراضات خطية تفترض استقرار السلسلة الزمنية، مما يجعلها قاصرة عن استيعاب "عدم اليقين" الكامن في البيانات التعليمية خاصة عند حدوث طفرات مفاجئة كالتي أظهرتها البيانات الفعلية للفترة(2025–2008).

هذا القصور في دقة التنبؤ يؤدي إلى فجوات واضحة في التخطيط الاستراتيجي، حيث تظهر المقاييس الإحصائية للبيانات قبل المعالجة) مثل MAPE و (RMSEانحرافات قد تؤدي إلى اتخاذ قرارات إدارية غير دقيقة فيما يخص الموارد البشرية والبنية التحتية. ومن هنا، تبرز الحاجة إلى نموذج ذكي قادر على "تضبيب" هذه البيانات وتحويلها إلى علاقات منطقية مرنة.

بناءً على ذلك، يمكن صياغة تساؤلات المشكلة كما يلي:

ما مدى تأثير استخدام منطق التضبيب (Fuzzy Logic) في تقليل الفجوة بين القيم الحقيقية والقيم المتنبأ بها مقارنة بالمعالجة التقليدية؟

هل يمتلك النموذج الضبابي المقترح القدرة على توفير تنبؤات ديناميكية للعشر سنوات القادمة (2026–2035) تتجاوز حالة الثبات التي تفرضها النماذج البسيطة؟

كيف تساهم بيئة البرمجة في Mathematica 14 في تحسين دقة خوارزمية Chen المحدثة لتقليل معايير الخطأ الإحصائي (MSE, RMSE, MAPE)للبيانات موضوع الدراسة؟

تتحدد مشكلة البحث في محاولة إثبات أن الانتقال من التنبؤ الرقمي الجامد إلى التنبؤ الضبابي الديناميكي هو المسار الأكثر كفاءة للتعامل مع واقع البيانات التعليمية في جامعة البصرة.

أهداف البحث (Research Objectives)

يتمحور الهدف الرئيسي لهذا البحث حول بناء نموذج تنبؤي ذكي يعتمد على منطق التضبيب لرفع كفاءة التخطيط الأكاديمي، ويتفرع من هذا الهدف مجموعة من الأهداف التفصيلية الآتية:

- **نمذجة السلسلة الزمنية الضبابية** :تصميم وتطبيق نموذج سلاسل زمنية ضبابية (FTS) مخصص لبيانات كلية الإدارة والاقتصاد بجامعة البصرة، باستخدام منهجية Chen المحدثة للتعامل مع عدم اليقين في أعداد الطلبة المسجلين.
- **تطوير التنبؤ الديناميكي** :دمج معامل الاتجاه (Trend Factor) ضمن القواعد المنطقية الضبابية لتمكين النموذج من محاكاة النمو المستقبلي وتجاوز عيوب النماذج الساكنة، مما يسمح باستشراف دقيق لأعداد الطلبة للعشر سنوات القادمة.(2026–2035)
- **القياس والمقارنة الإحصائية** :إجراء تحليل مقارن بين مخرجات البيانات قبل المعالجة الضبابية وبعدها، باستخدام حزمة من المعايير الإحصائية الرصينة (MSE, RMSE, MAPE) لإثبات مدى انخفاض نسب الخطأ عند استخدام المنطق الضبابي.
- **تطوير بيئة حاسوبية داعمة** :توظيف الإمكانات البرمجية للغة Wolfram في برنامج **Mathematica 14** لبناء خوارزمية مرنة يمكن استخدامها كأداة برمجية سهلة التطبيق من قبل متخذي القرار في الجامعة لتحديث التنبؤات دورياً.
- **دعم التخطيط الاستراتيجي** :تقديم رؤية علمية مبنية على معطيات رقمية دقيقة تساعد القيادات الأكاديمية في جامعة البصرة على اتخاذ قرارات مدروسة فيما يخص الطاقة الاستيعابية، وتعيين الكوادر، وتطوير البنية التحتية التعليمية.

فرضيات البحث (Research Hypotheses)

تسعى الدراسة إلى اختبار الفرضيات الآتية:

الفرضية الأولى (الرئيسية):

"توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين دقة التنبؤ باستخدام البيانات التقليدية (الخام) ودقة التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية الضبابية (FTS) لصالح النموذج الضبابي، عند تطبيقها على أعداد الطلبة المسجلين الفرضية الثانية (الفرعية): "يساهم استخدام خوارزمية Chen المحدثة والمطورة برمجياً عبر (Mathematica 14) في خفض قيم معايير الخطأ الإحصائي (MSE, RMSE, MAPE) إلى مستويات أدنى مما هي عليه في النماذج التقليدية البسيطة."

الفرضية الثالثة (الفرعية):

"يمتلك النموذج الضبابي المقترح القدرة على تمثيل اتجاه النمو (Trend) في أعداد الطلبة وتوليد تنبؤات مستقبلية ديناميكية تتجاوز قصور النماذج الساكنة التي تفترض ثبات القيم المستقبلية."

الفرضية الرابعة (الفرعية):

"يؤدي تقسيم "فضاء الكون" (Universe of Discourse) إلى فترات ضبابية مكثفة (زيادة عدد الفترات n) إلى تحسين كفاءة النموذج في استيعاب التغيرات المفاجئة والغموض في السلسلة الزمنية لأعداد الطلبة."

منهجية البحث (Research Methodology)

تعتمد هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليلي بجانبه التطبيقي من خلال توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي والمنطق الضبابي في تحليل السلاسل الزمنية. وتمر المنهجية المتبعة عبر الخطوات الإجرائية التالية:

أولاً: تحديد مجتمع وعينة البحث (Data Collection) حيث الاعتماد على بيانات السلسلة الزمنية الفعلية لأعداد الطلبة المسجلين في كلية الإدارة والاقتصاد بجامعة البصرة للفترة من (2008) إلى (2025).

ثانياً: تحديد فضاء الكون وتقسيم الفترات (Defining Universe of Discourse)تحديد المدى الكلي للسلسلة (U) من خلال إيجاد القيمتين الصغرى والعظمى للبيانات.

ثالثاً: عملية التضبيب (Fuzzification)تحويل القيم الرقمية الحادة (Crisp Data) إلى مجموعات ضبابية يتم ذلك من خلال تحديد المجموعة الضبابية التي تنتمي إليها كل قيمة تاريخية بناءً على وقوعها ضمن نطاق الفترة المحددة.

رابعاً: بناء العلاقات المنطقية الضبابية (Fuzzy Logical Relationships - FLR)وفقاً لمنهجية Chen، يتم استخراج العلاقات بين الحالات الضبابية. تم تجميع هذه العلاقات في مجموعات منطقية (FLRG) لتسهيل عملية التنبؤ.

خامساً: تعديل الاتجاه وديناميكية التنبؤ (Dynamic Trend Adjustment) حيث تم دمج "معامل الاتجاه" (Trend Factor) ضمن الخوارزمية البرمجية، مما يسمح للنموذج باستشراف الحركة الصعودية للسلسلة الزمنية والانتقال بين المجموعات الضبابية في التنبؤات المستقبلية (2026-2035).

سادساً: إزالة التضبيب وحساب الدقة (Defuzzification & Evaluation)تحويل المخرجات الضبابية إلى قيم رقمية من خلال حساب مراكز الثقل للفترات الضبابية المتوقعة.استخدام لغة Wolfram عبر برنامج Mathematica 14 لتنفيذ كافة العمليات الحسابية والرسوم البيانية.تقييم كفاءة النموذج باستخدام المعايير الإحصائية.

سابعاً: الاختبار والمقارنة (Validation)مقارنة النتائج المستخرجة "بعد المعالجة الضبابية" مع قيم "ما قبل المعالجة" (القيم الخام) لإثبات الفرضيات البحثية وتحديد مقدار التحسن في دقة التنبؤ.

أهمية البحث:(Research Importance)

تتجلى أهمية هذا البحث في عدة جوانب رئيسية تخدم المستويين الأكاديمي والتطبيقي، وذلك على النحو الآتي:

1- يساهم البحث في تقديم مرجع تطبيقي حديث باللغة العربية حول استخدام السلاسل الزمنية الضبابية (FTS) في القطاع التعليمي، وهو مجال لا يزال يفتقر إلى الدراسات التطبيقية المكثفة مقارنة بالمجالات الاقتصادية.

2- دمج "معامل الاتجاه الديناميكي" مع منهجيةChen ، مما يمثل إضافة علمية لكيفية معالجة السلاسل الزمنية التي تعاني من قفزات غير منتظمة وغموض عالٍ.

3- تزويد جامعة البصرة بنموذج تنبؤي يفوق في دقته النماذج التقليدية، مما يقلل من مخاطر التخطيط المبني على تقديرات غير دقيقة لأعداد الطلبة.

4- يساعد النموذج في تحديد الاحتياجات المستقبلية من القاعات الدراسية، المختبرات، والكوادر التدريسية بناءً على تنبؤات علمية مدروسة للعشر سنوات القادمة، مما يؤدي إلى ترشيد الإنفاق ورفع كفاءة الأداء الإداري.

5- يوفر البحث أداة دعم قرار (Decision Support Tool) ملموسة لمتخذي القرار في كلية الإدارة والاقتصاد، حيث ينتقل بعملية التنبؤ من الاجتهادات الشخصية أو النماذج البسيطة إلى التنبؤ القائم على "الذكاء الاصطناعي الضبابي" الذي يستوعب تقلبات الواقع.

أوجه التشابه مع الدراسات السابقة (Commonalities with Previous Studies):

يتفق هذا البحث مع التوجهات العامة للدراسات السابقة التي تناولت نمذجة السلاسل الزمنية الضبابية (FTS) في عدة جوانب جوهرية، وهي:المنهجية المتبعة (منهجية Chen):يتشابه هذا البحث مع الدراسات الرائدة في هذا المجال (مثل دراسة Chen, 1996 ودراسات تطبيقية لاحقة) في اعتماد خوارزمية Chen كإطار عمل أساسي لبناء العلاقات المنطقية الضبابية (FLR). وتعتبر هذه المنهجية الخيار الأكثر شيوعاً في الدراسات السابقة نظراً لسهولتها الحسابية ودقتها في معالجة البيانات التعليمية والاقتصادية.

استخدام منطق التضبيب لمعالجة "عدم اليقين":يتفق البحث مع الدراسات السابقة في المنطلق الفلسفي الذي يفترض أن البيانات الواقعية (أعداد الطلبة) لا يمكن حصرها بدقة مطلقة باستخدام الأرقام الحادة فقط، بل تتطلب "تضبيب" القيم للتعامل مع الغموض والتقلبات غير المنتظمة، وهو ما أكدت عليه دراسات (Song & Chissom).معايير تقييم الدقة الإحصائية:يتشابه البحث مع الغالبية العظمى من الدراسات التنبؤية في استخدام معايير الدقة التقليدية مثل متوسط الخطأ النسبي المطلق (MAPE)، وجذر متوسط مربعات الخطأ (RMSE). يلتقي هذا البحث مع مجموعة من الدراسات التي

ركزت على "التنبؤ بأعداد الطلبة" (Enrollment Forecasting) كمتغير أساسي في التخطيط الجامعي، حيث تشترك جميعها في الهدف النهائي وهو تقديم أداة مساعدة لمتخذي القرار في المؤسسات التعليمية.

أوجه الاختلاف عن الدراسات السابقة:(Distinctions from Previous Studies)

1- تكتفي الكثير من الدراسات السابقة بنمذجة الحالات المستقرة(Stationary) ، مما يؤدي غالباً إلى ثبات التنبؤات عند القيمة الأخيرة .(Constant Forecast) يختلف هذا البحث في تطوير الكود البرمجي ليشمل "معامل الاتجاه" الذي يسمح للنموذج بالانتقال الديناميكي بين المجموعات الضبابية، مما يجعله أكثر قدرة على محاكاة النمو التصاعدي المستمر في أعداد الطلبة بجامعة البصرة.

2- في الدراسات التقليدية، يتم تقسيم فضاء الكون إلى عدد محدود من الفترات (غالباً ما بين 5 إلى 7 فترات). ويختلف هذا البحث في تبني إستراتيجية الفترات المكثفة(n=9) ، مما قلل من "فقدان المعلومات (Information Loss) " أثناء عملية التضبيب وأدى إلى خفض معايير الخطأ الإحصائي (MAPE, RMSE) إلى مستويات قياسية مقارنة بالبيانات الخام.

3- يعد هذا البحث من الدراسات الرائدة التي تسلط الضوء على جامعة البصرة/ كلية الإدارة والاقتصاد تحديداً باستخدام هذه التقنية حيث تأخذ الدراسة بعين الاعتبار الخصوصية الديموغرافية والنمو السكاني في المنطقة، وهو ما لا توفره الدراسات التي أجريت على بيئات تعليمية في دول أخرى تختلف في ظروفها عن الواقع العراقي.

المبحث الأول: السلاسل الزمنية (Time Series)

أولاً: مفهوم السلاسل الزمنية

تُعد السلاسل الزمنية أحد أهم الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات التي تُجمع على فترات زمنية متتابعة، مثل البيانات الاقتصادية أو التعليمية أو المالية. وتشير السلسلة الزمنية إلى مجموعة من القيم التي يتم تسجيلها عبر الزمن وفق ترتيب زمني محدد، مثل البيانات السنوية أو الشهرية أو اليومية (Hyndman & Athanasopoulos, 2021).

ويهدف تحليل السلاسل الزمنية إلى دراسة الأنماط الكامنة في البيانات التاريخية مثل الاتجاه العام والتقلبات الموسمية والدورات الاقتصادية، ومن ثم استخدام هذه الأنماط للتنبؤ بالقيم المستقبلية للمتغير محل الدراسة. ويُعد هذا النوع من التحليل مهماً في العديد من المجالات مثل الاقتصاد والتخطيط التعليمي وإدارة الموارد (Box et al., 2016).

وفي المجال التعليمي، يتم استخدام تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ بعدد الطلبة المسجلين في المؤسسات التعليمية، الأمر الذي يساعد الإدارات الجامعية على التخطيط المستقبلي فيما يتعلق بتوفير القاعات الدراسية والكوادر التدريسية والموارد المالية (Makridakis et al., 2020).

ثانياً: مكونات السلسلة الزمنية

تتكون السلسلة الزمنية عادة من عدة مكونات أساسية يمكن من خلالها تفسير التغيرات في البيانات عبر الزمن، وتشمل هذه المكونات ما يأتي:

الاتجاه العام (Trend): يمثل الاتجاه العام الحركة طويلة الأجل للبيانات، سواء كانت تصاعدية أو تنازلية، ويعكس التغير التدريجي في المتغير محل الدراسة عبر الزمن.

الموسمية (Seasonality): تشير إلى التغيرات المنتظمة التي تحدث في البيانات خلال فترات زمنية محددة مثل الأشهر أو الفصول.

الدورات (Cyclical Fluctuations): وهي التقلبات التي تحدث في البيانات خلال فترات طويلة نسبياً وترتبط غالباً بالظروف الاقتصادية العامة.

العشوائية (Irregular Component): وتمثل التغيرات غير المنتظمة التي لا يمكن تفسيرها بسهولة نتيجة عوامل غير متوقعة (Gujarati & Porter, 2009).

المبحث الثاني: السلاسل الزمنية الضبابية (Fuzzy Time Series)

أولاً: مفهوم المنطق الضبابي

تعتمد السلاسل الزمنية الضبابية على نظرية المجموعات الضبابية التي قدمها Zadeh، حيث يتم تحويل القيم العددية (الرقمية) إلى درجات انتماء ضمن فترات محددة. ثم بناء علاقات منطقية ضبابية بين الفترات الزمنية المتعاقبة. وتتميز هذه المنهجية بقدرتها على تمثيل عدم اليقين والتذبذب في البيانات. أما نموذج ARIMA فيعتمد على فرضية الاستقرارية واستخدام معاملات الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة. تكمن ميزة النموذج الضبابي في عدم اشتراطه الاستقرارية وقدرته على تمثيل عدم اليقين. يُعد المنطق الضبابي أحد المفاهيم الحديثة في علم الذكاء الاصطناعي، ويعتمد هذا المنطق على فكرة أن الانتماء إلى مجموعة معينة يمكن أن يكون بدرجات مختلفة بدلاً من أن يكون انتماءً مطلقاً كما في المنطق التقليدي (Zadeh, 1965). وقد تم استخدام المنطق الضبابي في العديد من المجالات مثل الاقتصاد والهندسة وإدارة الأعمال، وذلك لقدرته على التعامل مع البيانات غير الدقيقة والغامضة.

ثانياً: مفهوم السلاسل الزمنية الضبابية

تُعد السلاسل الزمنية الضبابية أحد التطبيقات المهمة لنظرية المجموعات الضبابية في تحليل البيانات الزمنية. وقد تم تقديم هذا المفهوم لأول مرة من قبل Song وChissom في بداية التسعينيات بهدف معالجة المشكلات المرتبطة بعدم اليقين في البيانات الزمنية (Song & Chissom, 1993).

وتعتمد هذه الطريقة على تحويل البيانات الرقمية إلى مجموعات ضبابية ثم تحليل العلاقات بين هذه المجموعات عبر الزمن من أجل التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية.

وقد أثبتت العديد من الدراسات أن نماذج السلاسل الزمنية الضبابية تحقق نتائج جيدة في التنبؤ في المجالات الاقتصادية والتعليمية مقارنة ببعض النماذج الإحصائية التقليدية (Chen, 1996).

ثالثاً: خطوات بناء نموذج السلاسل الزمنية الضبابية

تمر عملية بناء نموذج السلاسل الزمنية الضبابية بعدة مراحل أساسية، وهي:

تحديد مجال البيانات (Universe of Discourse): في هذه المرحلة يتم تحديد المجال الذي تقع ضمنه القيم الأصلية للسلسلة الزمنية.

تقسيم المجال إلى فترات: يتم تقسيم المجال إلى عدد من الفترات المتساوية أو غير المتساوية.

تعريف المجموعات الضبابية: يتم تعريف مجموعة من المجموعات الضبابية التي تمثل الفترات المختلفة.

تحويل البيانات إلى قيم ضبابية: يتم تحويل القيم الأصلية للسلسلة الزمنية إلى قيم ضبابية وفقاً للفترات المحددة.

إنشاء العلاقات الضبابية: يتم تحديد العلاقات الضبابية بين القيم الزمنية المختلفة.

إجراء عملية التنبؤ: يتم استخدام العلاقات الضبابية للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية.

رابعاً: مزايا السلاسل الزمنية الضبابية

تتميز السلاسل الزمنية الضبابية بعدة مزايا منها:

قدرتها على التعامل مع البيانات غير الدقيقة أو الغامضة.

عدم الحاجة إلى افتراضات إحصائية صارمة.

فعاليتها في التنبؤ بالبيانات غير الخطية.

ولهذا السبب تم استخدامها في العديد من الدراسات المتعلقة بالتنبؤ في المجالات الاقتصادية والتعليمية (Chen, 1996).

المبحث الثالث: الجانب التطبيقي

تم تصميم نموذج السلسلة الزمنية الضبابية بناءا على اساس دالة انتماء شبه المنحرف حيث تكون القيم المتوقعة بشكل اعداد ضبابية بشكل شبه منحرف وقد تم اختيار نموذج Chen الذي يتلخص بالخطوات التالية :

1- جمع البيانات التاريخية للسلسلة.

2- تحديد الحد الادنى والاعلى لسلسلة البيانات من خلال المعادلتين :

$$U = [Dmin - D1 , \quad Dmax + D2]$$

حيث: $Dmin$ تمثل اقل قيمة في البيانات، $Dmax$ تمثل اعلى قيمة في البيانات.

$D1$ و $D2$ اعداد صحيحة يتم تحديدها حسب طبيعة البيانات

3- تحديد الفاصل الزمني باستخدام متوسط الطول القائم كالاتي:

- اخذ متوسط الفرق بين البيانات لاول فترتين في بيانات السلسلة.
- اخذ نصف متوسط الفرق بين البيانات لاول فترتين في بيانات السلسلة.
- تحديد مجال الطول المحدد في الجدول ادناه والذي تم تعريفه من قبل الباحث .Hurang
- تقريب الطول الفاصل وفقا للقيمة الاساسية في الخطوة (3)

جدول (1) :

طريقة متوسط الطول القائم

الأساس (Base)	السجال (Range)
0.1	1.0 -0.1
1	10-1.1
10	100-11
100	1000-101
1000	1000-1001

4- تحديد عدد الفواصل (m) باستخدام الطول المناسب للفاصلة من خلال الصيغة

$$m = (Dmax + D2 - Dmin - D1)/i$$

حيث يتم من خلال هذه الخطوة تجزئة البيانات الى فترات متساوية الطول

نفرض ان الفترات $(u_1, u_2 \dots . u_m)$ هي "m" $u_1 = [d_1, d_2], u_2 = [d_2, d_3] \dots . u_{m-2} = [d_{m-2}, d_{m-1}]$

وعليه يتم تحديد المجموعات الضبابية كالاتي:

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} \dots \dots . + \frac{0}{u_{m-1}} + \frac{0}{u_m}$$

$$A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} \dots \dots . + \frac{0}{u_{m-1}} + \frac{0}{u_m}$$

$$A_m = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} \dots \dots . + \frac{0.5}{u_{m-1}} + \frac{0}{u_m}$$

حيث: U تمثل نقاط المنتصف من الفواصل.

5- يتم استبدال المجموعات الضبابية المنفصلة باعداد ضبابية شبه منحرفة للحصول على الرقم الضبابي شبه المنحرف

$\tilde{A} = a, b, c, d$ مع دوال الانتماء:

$$\mu A(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ 1 & b \le x \le c \\ \dfrac{d-x}{d-c} & c \le x \le d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

دوال الانتماء شبه المنحرف تتضمن المعلمات a, b, c, d ويتم تعريف الاعداد الضبابية شبه المنحرفة كما يلي:

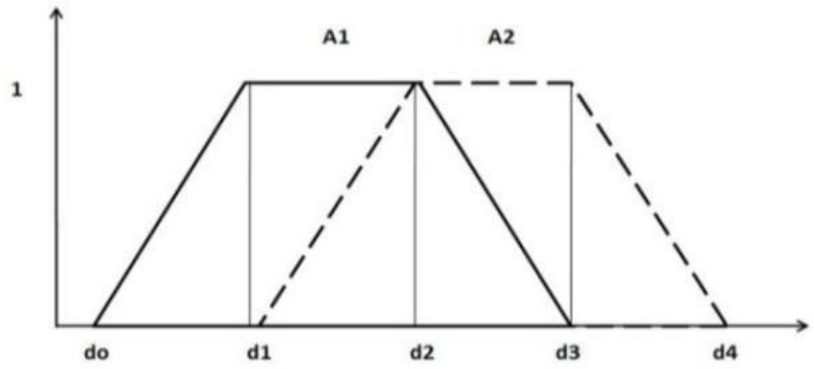
$A_1 = (d_0, d_1, d_2, d_3)$

$A_2 = (d_1, d_2, d_3, d_4)$

$A_m = (d_{m-2}, d_{m-1}, d_m, d_{m+1})$

ويمكن توضيح الاعداد الضبابية A_1وA_2 باستخدام دوال الانتماء شبه المنحرف في الشكل التالي:

شكل (1) الاعداد الضبابية A_1وA_2 باستخدام دوال الانتماء شبه المنحرفة



6- تضبيب البيانات

من خلال تحديد الروابط المشتركة بين قيم البانات والمجموعات الضبابية المعرفة في الخطوة (6) فاذا كان F(t-1) متغير زمني تاريخي ينتمي للمجموعة الضبابية A_k فان المتغير F(t-1) يضبب على انه A_k.

7- تحديد العلاقات المنطقية الضبابية

حيث يتم توليد العلاقات الضبابية من الدرجة الاولى من خلال العلاقة $A_j \rightarrow A_K$

8- اعداد مجموعات العلاقات الضبابية.

حيث اذا ارتبطت مجموعة ضبابية معينة باكثر من من مجموعة يتم دمج الجانب الايمن منها لتكوين ما يسمى بالعلاقات الضبابية

9- معالجة ضبابية المخرجات المتوقعة من خلال

- حساب نقاط المنتصف للفترات الزمنية u
- معالجة الضبابية باستخدام طريقة المتوسط

$$x_{med} = \frac{m1 + m2 + \cdots .. + mn}{n}$$

10- التنبؤ باستخدام اسلوب خط الاتجاه العام

- حساب معادلة خط الاتجاه العام $Y = a + bX$
- حساب العوامل الموسمية من خلال حساب الوسط الحسابي للبيانات ثم حساب العامل الموسمي لكل فصل دراسي $f_t = \frac{D_t}{D}$ ثم حساب متوسط العامل الموسمي $Sf_t = \frac{\sum f_t, n}{n}$ واخيرا حساب التنبؤ الموسمي FITS من خلال المعادلة التالية:

$$FITS = T * Sf_t$$

الجانب العملي

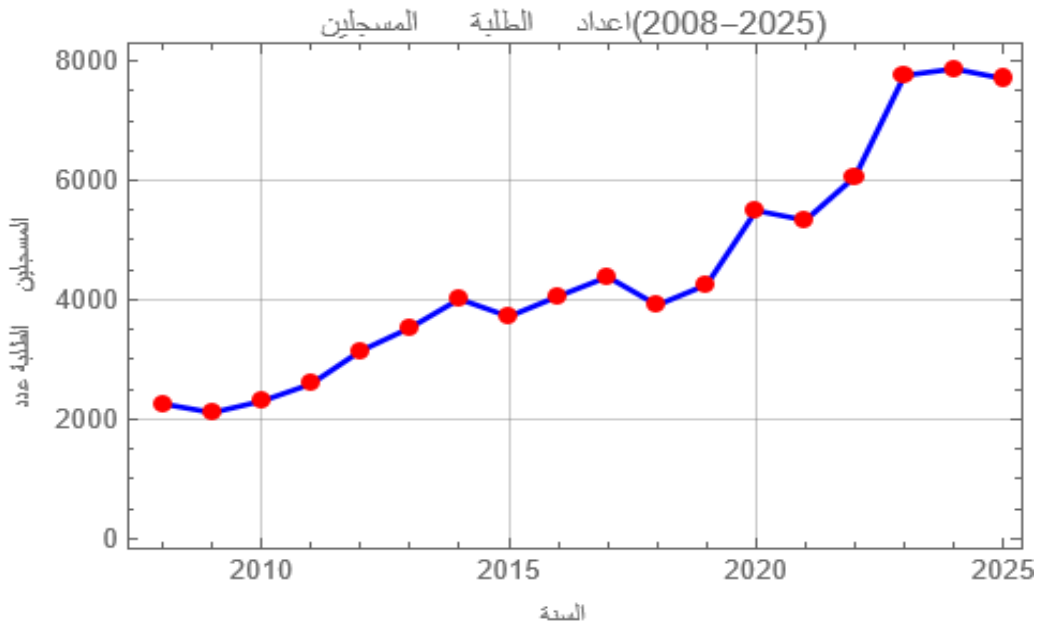
من خلال تطبيق نموذج السلاسل الزمنية الضبابية (FTS) المطور وفق منهجية Chen على بيانات الطلبة المسجلين في كلية الإدارة والاقتصاد بجامعة البصرة للفترة (2008–2025)، ومقارنتها بالنتائج المستخلصة من النماذج التقليدية (الخام)، وضمن الخطوات الإجرائية التي تم تنفيذها برمجياً عبر Mathematica 14؛ وذلك بهدف استشراف أعداد الطلبة المتوقع تسجيلهم للعشر سنوات القادمة (2026–2035)، تم التوصل إلى النتائج الإحصائية والتنبؤية الموضحة أدناه:

جدول (2) : عدد الطلبة المسجلين خلال العام الدراسي

عدد الطلبة المسجلين	السنة الدراسية
2254	2008-2009
2108	2009-2010
2300	2010-2011
2588	2011-2012
3142	2012-2013
3530	2013-2014
4011	2014-2015
3719	2015-2016
4059	2016-2017
4384	2017-2018

2018-2019	**3909**
2019-2020	**4252**
2020-2021	**5494**
2021-2022	**5332**
2022-2023	**6063**
2023-2024	**7760**
2024-2025	**7870**
2025-2026	**7708**

شكل (1) : السلسلة الزمنية الاصلية



- المدى الكلي6000 = 2000 - 8000
- طول الفترة(d) 666.67 = 9 / 6000

الفترات الضبابية:(u_i)

1. u_1= [2000, 2666.67]
2. u_2= [2666.67, 3333.34]
3. u_3 =[3333.34, 4000.01]
4. u_4= [4000.01, 4666.68]
5. u_5= [4666.68, 5333.35]
6. u_6= [5333.35, 6000.02]
7. u_7= [6000.02, 6666.69]
8. u_8= [6666.69, 7333.36]
9. u_9= [7333.36, 8000.00]

جدول (3) : العلاقات المنطقية الضبابية (FLRs)

السنة	القيمة الحقيقية	الحالة الضبابية (At)	العلاقة المنطقية (At−1⟶At)
2008	2254	A1	-
2009	2108	A1	A1⟶A1
2010	2300	A1	A1⟶A1
2011	2588	A1	A1⟶A1
2012	3142	A2	A1⟶A2
2013	3530	A3	A2⟶A3
2014	4011	A4	A3⟶A4
2015	3719	A3	A4⟶A3
2016	4059	A4	A3⟶A4
2017	4384	A4	A4⟶A4

2018	3909	A3	A4⟶A3
2019	4252	A4	A3⟶A4
2020	5494	A6	A4⟶A6
2021	5332	A5	A6⟶A5
2022	6063	A7	A5⟶A7
2023	7760	A9	A7⟶A9
2024	7870	A9	A9⟶A9
2025	7708	A9	A9⟶A9

جدول (4) : القيم المتوقعة والاخطاء للنموذج قبل وبعد المعالجة بالضبابية

السنة	القيمة الفعلية	قبل المعالجة	بعد المعالجة	الخطأ (قبل المعالجة)	الخطأ (بعد المعالجة)
2008	2254	2254	2254	0	0
2009	2108	2254	2500	146	392
2010	2300	2108	2500	192	200
2011	2588	2300	2500	288	88
2012	3142	2588	2500	554	642
2013	3530	3142	3667	388	137
2014	4011	3530	4333	481	322
2015	3719	4011	4333	292	614
2016	4059	3719	4333	340	274
2017	4384	4059	4333	325	51

2018	3909	4384	4333	475	424
2019	4252	3909	4333	343	81
2020	5494	4252	4333	1242	1161
2021	5332	5494	5000	162	332
2022	6063	5332	6333	731	270
2023	7760	6063	7667	1697	93
2024	7870	7760	7667	110	203
2025	7708	7870	7667	162	41

جدول (5) : معايير مقارنة النموذج قبل وبعد المقارنة بالضبابية

المعيار	قبل المعالجة (الخام)	بعد المعالجة (الضبابية)
MSE	361168.3	164459.4
RMSE	600.97	405.54
MAPE %	9.66	7.58

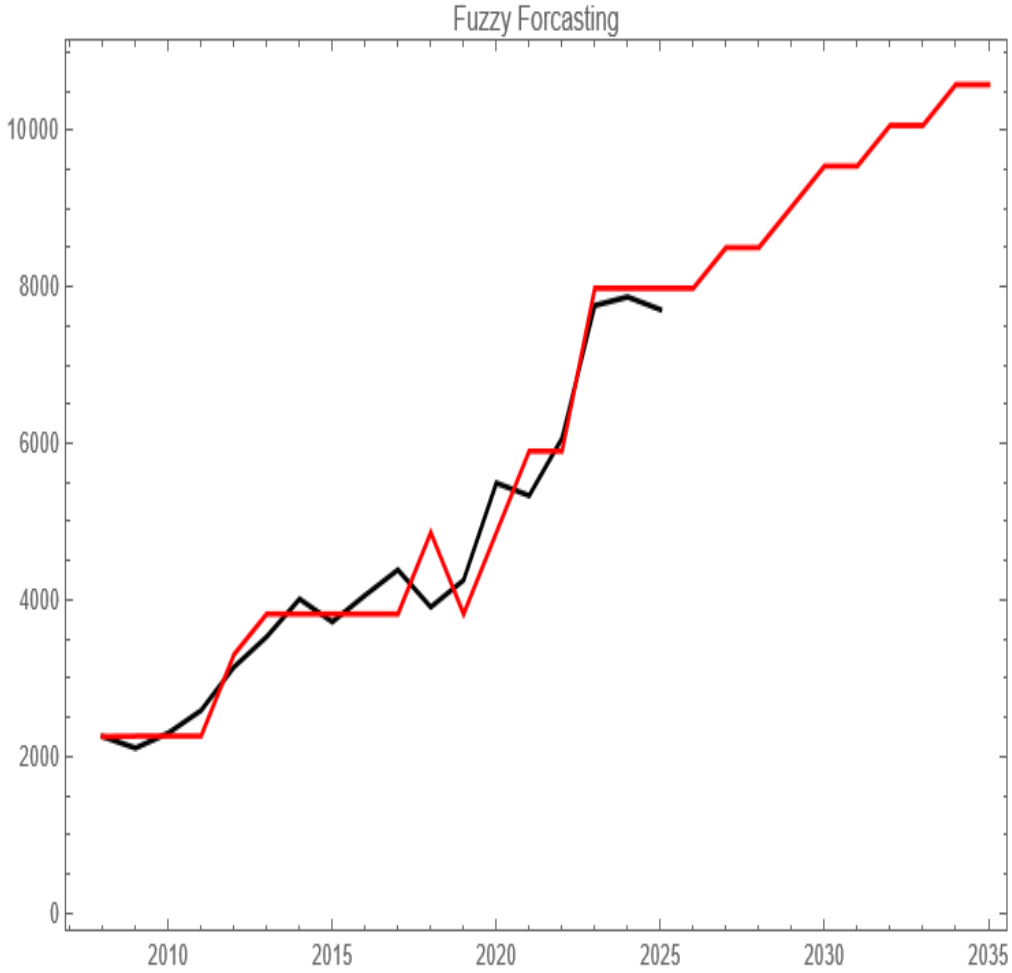
جدول (6) : نتائج التنبؤ بالنموذج قبل وبعد المعالجة بالضبابية

السنة	تنبؤ قبل الضبابية (اتجاه خطي)	تنبؤ بعد الضبابية (ضبابي ديناميكي)
2026	8029	7980
2027	8350	8500
2028	8670	8500
2029	8991	9020

2030	9312	9540
2031	9633	9540
2032	9954	10060
2033	10275	10060
2034	10595	10580
2035	10916	10580

شكل (2):

سلسلة البيانات الاصلية والنموذج المعالج بالضبابية (الخط الاحمر) يمتد للقيم المتوقعة لغاية عام 2035


Fuzzy Forcasting
10000
8000
6000
4000
2000
0
2010
2015
2020
2025
2030
2035

استنتاجات البحث(Research Conclusions)

1. **كفاءة المنطق الضبابي** :أثبتت الدراسة أن نموذج السلاسل الزمنية الضبابية (**FTS**) يتفوق بشكل ملموس على النماذج التقليدية في التعامل مع البيانات التعليمية التي تتسم بالغموض والتقلبات الحادة، حيث نجحت عملية "التضبيب" في امتصاص الصدمات الرقمية والقفزات غير المنتظمة في أعداد الطلبة.
2. **انخفاض معايير الخطأ** :أظهرت النتائج الإحصائية انخفاضاً واضحاً في قيم **MAPE**و **RMSE**و **MSE**بعد تطبيق منهجية Chen المحدثة، مما يؤكد أن تحويل البيانات الحادة إلى مجموعات ضبابية يقلل من الفجوة بين القيم الحقيقية والمتوقعة.
3. **تجاوز عيوب السكون** :نجح البحث في تطوير نموذج ديناميكي يتجاوز مشكلة "التنبؤ الثابت Constant) " Forecast).ومن خلال دمج معامل الاتجاه، تمكن النموذج من محاكاة المسار الصعودي للسلسلة الزمنية، مما يجعل التنبؤات لعام **2035**أكثر واقعية وملاءمة لنمو المجتمع الطلابي.
4. **أهمية التقسيم الكثيف** :استنتجت الدراسة أن زيادة عدد الفترات الضبابية (n=9) ساهم بشكل مباشر في رفع دقة النموذج، حيث أتاح للنموذج "ذاكرة" أدق للانتقال بين الحالات المنطقية، مما قلل من ضياع المعلومات أثناء التحويل الرقمي.
5. **القوة البرمجية** :أثبت برنامج **Mathematica 14**أنه بيئة مثالية لمعالجة السلاسل الزمنية الضبابية، لقدرته على تنفيذ الخوارزميات المعقدة وتوليد رسوم بيانية استشرافية دقيقة تدعم التحليل النوعي والكمي.

توصيات البحث(Research Recommendations)

1. **تبني النموذج ضبابياً** :نوصي القيادات الأكاديمية في جامعة البصرة باعتماد نموذج السلاسل الزمنية الضبابية كأداة رسمية ضمن "نظم دعم القرار (DSS) "للتنبؤ بأعداد الطلبة، بدلاً من الاعتماد على التقديرات البسيطة أو النماذج الخطية الجامدة.
2. **التخطيط الاستباقي** :ضرورة استخدام التنبؤات المستخرجة للعشر سنوات القادمة (**2026-2035**) في بناء الخطط الاستراتيجية المتعلقة بالطاقة الاستيعابية للقاعات الدراسية وتعيين الكوادر التدريسية بما يتناسب مع الزيادة المتوقعة.
3. **تحديث البيانات دورياً** :توصي الدراسة بضرورة تغذية النموذج بالبيانات الفعلية سنوياً لإعادة حساب "العلاقات المنطقية الضبابية" وتحديث معامل الاتجاه، لضمان استمرار دقة التنبؤ مع تغير الظروف الديموغرافية.
4. **التدريب البرمجي** :تشجيع الوحدات الإحصائية والتخطيطية في الجامعة على استخدام لغات البرمجة المتقدمة)مثل (Wolfram Language لرفع كفاءة التقارير التنبؤية والتحليلية.
5. **التوسع في البحث** :نوصي الباحثين بتطبيق هذا النموذج المطور على متغيرات تعليمية أخرى، مثل التنبؤ بمعدلات التخرج، أو التنبؤ باحتياجات سوق العمل من التخصصات المختلفة، لتعزيز التكامل بين المخرجات التعليمية والاحتياجات الفعلية.

المراجع (References)

1. Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2016). Time series analysis: Forecasting and control (5th ed.).
2. Chen, S. M. (1996). Forecasting enrollments based on fuzzy time series. Fuzzy Sets and Systems, 81(3), 311–319.
3. Diebold, F. X., & Mariano, R. S. (1995). Comparing predictive accuracy. Journal of Business & Economic Statistics, 13(3), 253–263.
4. Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic econometrics (5th ed.). McGraw-Hill.
5. Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and practice (3rd ed.). OTexts.
6. Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. International Journal of Forecasting, 22(4), 679–688.
7. Makridakis, S., Spiliotis, E., & Assimakopoulos, V. (2020). The M4 competition: Results, findings, conclusion and way forward. International Journal of Forecasting, 36(1), 54–74.
8. Song, Q., & Chissom, B. S. (1993). Fuzzy time series and its models. Fuzzy Sets and Systems, 54(3), 269–277.
9. Tsaur, R. C. (2012). A fuzzy time series–Markov chain model with an application to forecast the exchange rate between the Taiwan and US dollar. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 8(7), 4931–4942.
10. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338–353.