

التنبؤ بمقدار الطاقة الكهربائية المسربة لمحافظة واسط للمدة (2022-2018)

علي كويش هارون¹

المستخلص

التسريبات في شبكات التوزيع الكهربائية لمدينة واسط في الوضع الحالي تشكل أحد أعباء قطاع التوزيع لكون نسبتها عالية وهي تمثل التسريبات الفنية والتسريبات الإدارية (التجارية). التسريبات الفنية هي طبيعية تعتمد على طبيعة الشبكة الكهربائية بسبب مرور التيار الكهربائي في الموصلات وتكون على شكل حرارة في الأسلاك أما التسريبات الإدارية فأسبابها تعود إلى التجاوزات على الشبكة الكهربائية، عن طريق سرقة التيار الكهربائي والتلاعب بالمقاييس وعدم دقة قراءة المقاييس. تكمن مشكلة البحث في كون ضائعات الطاقة الكهربائية لها تأثير كبير على الطاقة الكهربائية المجهزة مما يستوجب دراستها لمحاولة تقليل تلك التسريبات. وفي هذا البحث تم دراسة تسريبات الطاقة الكهربائية للسلسلة الشهرية الممتدة من (2018-2022م) للتنبؤ بتلك التسريبات لعام 2023م، إذ استعملت طرائق السلاسل الزمنية وهي طريقة التمهيد الأسّي بأسلوبين: أسلوب التمهيد الأسّي المفرد وأسلوب التمهيد الأسّي المزدوج لهولت وكذلك استعمل أنموذج الانحدار الخطي البسيط. تبين عبر البحث أن طريقة التمهيد الأسّي المفرد هي التي أعطت أقل قيمة لمعيار (MAPE) بعد أن قورنت مع طريقة التمهيد الأسّي المزدوج لهولت وطريقة الانحدار الخطي البسيط التي يمكن الاعتماد عليها في عمل التنبؤات المستقبلية لضائعات الطاقة الكهربائية.

الكلمات المفتاحية: التنبؤ باستعمال الانحدار الخطي البسيط، الارتباط الذاتي، السلاسل الزمنية، الطاقة المسربة

Prediction of the amount of Electrical Energy Leaked to Wasit Governorate for the Period (2018-2022)

Ali kwesh haroon¹

Abstract

The losses in electrical distribution network (EDN) for Baghdad city, as they are now, are one of the difficulties facing electrical sector due to their relatively high occurrence. Two types of losses can be indicated, technical and administrative (commercial). The first normally occur when the Electrical current passes through conductors, as a heat in wires, while the latter caused by either illegal connection to EDN, leading to Energy leakage or tampered and by-passing (KWH) meters that lead in turn to non-accurate reading. Losses of electrical Energy (LEE) highly reduce electrical Energy provided, and so further study is required that may limit them. In this research, (LEE) were studied and predicted for 2023 based on time series (2018-2022). These series included two styles of principle exponential (PE), single and double for Holt, also simple linear regression used. The results showed that single principle (PE) methodology created the minimum values for Mean Absolute Percentage Error (MAPE) compared with double (PE) for Holt and simple linear regression methodologies. The first one can be adopted for future predictions of (LEE).

Keywords: Prediction using simple linear regression, Autocorrelation, Time Series, Leakage Energy

المقدمة

تتكون المنظومة الكهربائية من ثلاث مراحل (مرحلة الإنتاج، مرحلة النقل، مرحلة التوزيع) وصولاً إلى المستهلكين بمختلف أصنافهم.

وإن التسريبات في الطاقة الكهربائية هي ظاهرة طبيعية في كل مرحلة من مراحل المنظومة الكهربائية نتيجة إلى مرور التيار الكهربائي في الموصلات، فضلاً عن التسريبات الكهربائية في

المحولات الكهربائية بنوعها ضائعات الحديد بسبب القلب الحديدي في المحولة فضلاً عن ضائعات النحاس بسبب مرور التيار الكهربائي في الملفات الابتدائية والثانوية للمحولة، إذ ترافق كل مرحلة من هذه المراحل (الإنتاج، النقل، التوزيع) نسبة معينة من التسريبات (Losses) التي لا يمكن تجنبها ولكن من الممكن تقليلها إلى أدنى نسبة ممكنة والتي تسبب في انخفاض معدل كمية

انتساب الباحث
¹ مديرية تربية واسط، قسم تربية
الحى، وزارة التربية، العراق،
واسط، 0069

¹ Stat.post16@qu.edu.iq

¹ المؤلف المراسل

معلومات البحث
تأريخ النشر : حزيران 2025

Affiliation of Author

¹ General Directorate of
Wasit, Education Breeding
department alhayy,
Ministry of Education,
Iraq, Wasit, 0069

¹ Stat.post16@qu.edu.iq

¹ Corresponding Author

Paper Info.

Published: Jun. 2025

2. طريقة الانحدار الخطي البسيط

وذلك من خلال جمع بيانات السلسلة الزمنية الممتدة من 2018-2022م شهرياً لضائعات الطاقة الكهربائية لشبكات التوزيع.

هيكلية البحث

يتضمن البحث محورين محاور يتألف المحور الأول الجانب النظري والذي شمل تعريف السلاسل الزمنية وكذلك تعريف التنبؤ والحاجة الى استعماله وكذلك استعراض اساليب التمهيد الاسي (المفرد والمزدوج)، ومفهوم الانحدار الخطي البسيط، في حين تناول المحور الثاني : فقد تضمن الجانب التطبيقي والبيانات وطرائق جمعها والحصول عليها إذ تم تطبيق بيانات السلسلة الزمنية قيد البحث باستخدام طرائق التمهيد الاسي وهي طريقة التمهيد الاسي المفرد والتمهيد الاسي المزدوج لهولت، وكذلك تطبيق طريقة الانحدار الخطي البسيط والمقارنة بينهم بأستعمال معيار احصائي هو معيار متوسط النسبة المئوية للخطأ المطلق (MAPE)، ثم خرج البحث بجملة من الاستنتاجات، والتوصيات

المطلب الاول : الجانب النظري تعريف التنبؤ

التنبؤ عملية مرتبطة بحياة كل فرد لان كل منا يتنبأ ويحاول ذلك لمعرفة ماذا سيحصل في المستقبل القريب او البعيد للعديد من الاعمال او القرارات التي يتخذها وغالباً ما يتم ذلك من غير ان يشعر بأنه يقوم بنشاط تنبؤي [3] ، ان التنبؤ ليس تخمين ولكن هو عمل علمي يقوم على اساس وقواعد متعارف عليها يمكن على اساسها التوصل الى تقديرات موضوعية ومنطقية ولايوجد من يشك بضرورة التنبؤ للمستقبل والتعرف عليه مسبقاً في مختلف المجالات السياسية، الاجتماعية، العسكرية، ولمختلف الاجال (القصيرة والمتوسطة والطويلة) فهو الركيزة الاساسية التي تستند عليها خطط المؤسسات المختلفة اذ ان خطط المؤسسة تتأثر الى حد بعيد بمدى دقة وصحة التنبؤات المبنية عليها وهناك تعاريف كثيرة للتنبؤ منها:

التنبؤ بصورة عامة هو دراسة تحليلية لمسار وسلوك ظاهرة معينة والعوامل الرئيسية المؤثرة عليها في فترات سابقة وتحديد مسارها المستقبلي ومحاولة تقديرها كمياً. [4].

انواع التنبؤات

هناك العديد من المعايير التي يمكن تصنيف التنبؤات على اساسها منها معيار الطبيعة، معيار مدى الشمول، معيار المدة الزمنية التي يعد لها التنبؤ، معيار ثبوتها او تغيرها مع الزمن وغيرها واهم هذه

الطاقة الكهربائية المستهلكة (المجهزة للمستهلك)، والتي تسبب خسائر كبيرة من الناحية الاقتصادية. [1]

لذا يعدّ تقليل التسريبات (وخاصة في شبكات التوزيع لأنها تشكل النسبة الاكبر قياساً بالمراحل الاخرى) لكونها شبكة كهربائية واسعة تحتوي على ثلاثة مستويات من الجهد الكهربائي 33، 11، 0.4 كيلو فولت من الامور الملحة وينعكس ذلك بتوفير آلاف الاطنان من الوقود في محطات التوليد وانعكاسه على التأثيرات البيئية الناجمة من الانبعاثات الحرارية وغاز (CO2) فضلاً عن انها تسبب تقليص التوسع في المحطات الجديدة وتسعى الدول المتقدمة الى الاهتمام بموضوع حفظ الطاقة وعده من الوسائل المتبعة التي تصرف عليها اموال طائلة من أجل الحد من التوسع في بناء المحطات التوليدية وصولاً إلى الحد من التلوث البيئي والاحتباس الحراري. [2]

وفي هذا البحث درسنا ضائعات الطاقة الكهربائية لشبكات التوزيع لمدينة واسط التي تمثل التسريبات الفنية وغير الفنية (الادارية) لمدة خمس سنوات من 2018 – 2022م بحسب الاشهر كسلسلة زمنية وأجرينا دراسة تحليلية عليها باستعمال طرائق التمهيد الاسي (Exponential Smoothing Methods)، للانموذجين التمهيد الاسي المفرد (Single Exponential Smoothing) والتمهيد الاسي المضاعف (Double Exponential Smoothing). واستعملنا اسلوب الانحدار الخطي البسيط في محاولة للتوصل الى اسباب التسريبات والمقارنة بينهما باستعمال البرنامج الجاهز الـ (Minitab) الاصدار (11) من أجل احتساب التنبؤ المستقبلي لضائعات الطاقة الكهربائية.

مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في كون التسريبات من الطاقة الكهربائية تمثل ركيزة مهمة تؤثر في كميات الطاقة الكهربائية المجهزة ومن ثم فإن كمياتها ستؤثر في مستوى التجهيز ما يستوجب دراستها في محاولة لتقليل تلك التسريبات ضمن نشاط كفاية الطاقة من جانب التجهيز (جانب الشبكة الكهربائية).

هدف البحث

يهدف البحث الى التنبؤ بمقدار الطاقة الكهربائية المسربة بالوقوف على افضل طريقة من طرائق التقدير وذلك عن طريق المقارنة بين الطرائق الآتية:

1. طريقة التمهيد الاسي

أ- طريقة التمهيد الاسي المفرد

ب- طريقة التمهيد الاسي المزدوج

3- مجموع مربعات الأخطاء (Sum Squared Errors)

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (4)$$

4- متوسط مربعات الأخطاء (Mean Squared Errors)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (5)$$

5- الانحراف المعياري للأخطاء Standard Deviation (Errors)

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-1}} \quad (6)$$

ثانياً: مقاييس نسبية

اذ ان المقاييس المطلقة لا تؤدي في كثير من الاحيان الى امكانية الحكم على كفاية النموذج وخصوصاً في حالات المقارنة بين الطرائق المختلفة للتنبؤ لذا نستعمل المقاييس الآتية: [4]

1- الخطأ المئوي (Percentage Error)

$$PE_t = \left(\frac{e_t}{x_t} \right) * 100\% \quad (7)$$

2- متوسط الخطأ المئوي (Mean Percentage Error)

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n PE_t}{n} \quad (8)$$

3- متوسط مطلق الخطأ المئوي Mean Absolute (Percentage Error)

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |PE_t|}{n} \quad (9)$$

أسلوب تحليل السلاسل الزمنية

تعتمد طريقة تحليل السلاسل الزمنية على مشاهدات الظاهرة التي تكون مرتبة حسب الزمن إذ تفترض ان الظاهرة ستعيد نفسها مستقبلاً وعلى ذلك فإن هذه الطريقة ستعتمد على مجموعة من الانموذجات الاحتمالية للعديد من الاساليب وتمتاز طريقة السلاسل الزمنية بعدم الاهتمام بمعرفة العوامل المؤثرة على الظاهرة قيد البحث ومن هذه الاساليب هي اساليب التمهيد في تحليل السلاسل الزمنية وسنتعرف هنا على ماهية السلاسل الزمنية التي ستستعمل في التنبؤ وتميل الظواهر الى اخذ احد الاشكال الآتية او مجتمعةً او

بشكل منفرد وكما يلي: [6]

اولاً: السلاسل الزمنية المستقرة او الثابتة

وتميل هذه السلاسل الى التذبذب حول وسط ثابت في الشكل العام لها اي انها لا تميل الى التأثير بالزمن.

المعايير واكثرها استعمالاً هو معيار الزمن إذ تصنف التنبؤات وفق هذا المعيار حسب المدة الزمنية التي تغطيها التنبؤات الى:

1- تنبؤات قصيرة الامد: وتسمى بهذه التسمية اذ كانت تستعمل

بالتنبؤ لمدة زمنية تتراوح بين ستة اشهر الى سنة واحدة وفي بعض الاحيان اكثر من سنة بقليل إذ يمكن الافادة منها في وضع الخطط الانتاجية التفصيلية للعمليات الجارية وجدولة الانتاج والميزانيات التقديرية وغيرها من الانشطة التي تتغير مستوياتها خلال مدة العمل القصيرة. [5]

2- تنبؤات متوسطة الامد: تسمى اذا كانت الفترات الزمنية التي

تغطيها هذه التنبؤات تتراوح بين ثلاث الى سبع سنوات وما يميز هذه المدة انها تتبع مرونة اكبر في اجراء بعض التغييرات في الانشطة والعمليات الاقتصادية ولذلك فإنه يمكن الافادة من التنبؤات متوسطة المدى في بناء الخطط الكفيلة بتحديد الطاقات الانتاجية الكافية لمواجهة الطلب المحتمل خلال تلك المدة. [4]

3- تنبؤات طويلة الامد: وتغطي المدة الزمنية التي تتراوح بين

العشرة الى العشرين سنة وتغطي هذه المدة طويلة مرونة اكبر في رسم خطط المستقبل البعيد ولذلك فإنه يمكن الافادة من التنبؤات طويلة الامد في اعداد خطط تطوير نوعية الانتاج والقيام باستثمارات كبيرة واستيراد مكائن حديثة واختيار مواقع افضل للمصانع الجديدة وغيرها من المجالات.

[4]

دقة طرائق التنبؤ

وسنستخدم في قياس طرائق التنبؤ على اثنين من المقاييس هما: [5]

اولاً: المقاييس المطلقة

لو فرضنا ان (X_i) تمثل القيمة الحقيقية لـ (X) في المدة i وان (f_i) تمثل القيم التنبؤية لنفس المدة لذا يمكن تعريف الأخطاء الناتجة عن التنبؤ بالمعادلة (1):

$$E_i = X_i - F_i \quad (1)$$

وإدناه المقاييس التي تستعمل في هذه الفقرة:

1- متوسط الأخطاء (Mean Error)

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad (2)$$

2- متوسط مطلق الأخطاء (Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (3)$$

ثانياً: السلاسل ذات الاتجاه الخطي العام

وتميل هذه السلاسل الى التزايد او التناقص عبر الزمن.

ثالثاً: السلاسل الموسمية

وتميل هذه السلاسل الى تكرار نفس تذبذباتها مع الزمن اي ان الارتفاعات والانخفاضات في السلسلة ستعيد نفسها في نفس الاشهر للسنوات المتتالية.

رابعاً: السلاسل الدورية

وهي السلاسل التي تعيد نفسها كل مدة زمنية معينة وتكون غالباً اكثر من سنة مثل دورات الاعمال اي الانتعاش والكساد الاقتصادي التي تعيد نفسها كل ثلاث او اربع سنوات وبذلك تتميز هذه السلاسل عن السلاسل الموسمية في كون السلاسل الموسمية تنحصر خلال السنة الواحدة.

طرائق السلاسل الزمنية

وهو احد اساليب التنبؤ ويعتمد هذا الاسلوب على محاولة توفير انموذجات السلاسل الزمنية او الظواهر المدروسة بطرائق مختلفة ملائمة بحيث يتم الحصول على أنموذج كفوء لتمثيل كل ظاهرة من الظواهر المدروسة معتمدين على فرضية ان سلوك الظاهرة في الماضي سوف يتكرر مستقبلاً ومن ثم يجب ان يكون للظاهرة المدروسة علاقة مع الزمن الذي يتمثل بالايام او الاشهر... الخ. واعتماداً على ماذكر انفاً سوف نتطرق الى إحدى الطرائق المفيدة لتحليل السلاسل الزمنية.[7]

طرائق التمهيد

تعرف طرائق التمهيد بانها طرائق تنبؤ بالملاحظات المستقبلية بالاعتماد على المشاهدات السابقة بطريقة الوزن البسيط (Simple Weighting) او طريقة التمهيد (Smoothing) للمشاهدات السابقة في سلسلة زمنية من أجل التنبؤ بالمستقبل، في طريقة التمهيد فاننا نأخذ معدل البيانات التاريخية ليعطي تنبؤاً مبهماً (Smooth) والذي يكون تنبؤاً جيداً في حالات معينة، ان الفائدة الرئيسية لطرائق التمهيد هي تكلفتها القليلة وسهولة استخراجها وسرعة انجازها وهذه الخصائص مجتمعة تجعل طريقة التمهيد طريقة مرغوباً فيها عندما نرغب بالتنبؤ بعدد كبير من الحالات وكذلك عندما تكون السلسلة قصيرة (اقل من سنة)، اما طريقة تحليل السلسلة الزمنية الى عناصرها فانها تطبق مفاهيم التمهيد ولكنها تستعمل طريقة عمل تختلف في التنبؤ وطريقة التحليل تسعى لان تحلل او تجزأ السلسلة الزمنية الى مركباتها الجزئية الرئيسية والتي هي الجزء الخاص بالنمط الموسمي

(Seasonal Pattern) والجزء الخاص بنمط الاتجاه (Trend Pattern) والنمط الدوري (Cycle Pattern) فنقوم في عملية التحليل بايجاد كل جزء على حدة مع دمج هذه الاجزاء مع بعضها لايجاد تنبؤ نهائي وبذلك فأن طريقة تحليل السلسلة الزمنية تكون مفيدة في التنبؤ وكذلك في معرفة المركبات المساهمة في العملية العشوائية. [8]

في طرائق التمهيد بشكل عام فأننا نقف في نقطة محددة في مقياس الزمن تدعى بنقطة الاصل او نقطة المراجعة (Point of Reference) وننظر الى المشاهدات الماضية والى المشاهدات المستقبلية وحالما يتم اختيار أنموذج التنبؤ فأننا نطبق هذا الانموذج الى البيانات المعلومة (الماضية) ونستخرج القيم المتنبأ بها والتي تمكنا من استخراج الاخطاء وفي فحص هذه الاخطاء، ان طرائق التمهيد التي سوف ندرسها هي على الاكثر تكرارية في طبيعتها وتحرك من البيانات المعلومة مدة بعد مدة.

اسلوب التمهيد الاسي Exponential Smoothing Method

التمهيد الاسي احد طرائق التنبؤ المتقدمة والتي تعتمد اسلوب تحليل السلاسل الزمنية، ويعد الاستعمال الواسع لانموذجات التمهيد الاسي الى بساطتها والى تقديراتها الكفوءة فضلاً عن نتائجها ذات دقة وكفاية جيدة. [9]

وتعدّ هذه الطريقة امتداداً لطرائق التمهيد ولكنها لا تلغي دور اي مشاهدة عند تقدير المعالم وانما تعطي اكبر الاوزان لأحدث المشاهدات وذلك اعتماداً على احدى طرائق تقدير المربعات الصغرى والتي تسمى بطريقة تقدير المربعات الصغرى الموزونة تناقصياً، وتأخذ قيم الاوزان الشكل الاسي مع الزمن. [6] وتعتمد هذه الطريقة اذاً على بعض المعاملات التي توازن بين حداثة الانموذج واستقرار السلسلة الزمنية وسنتطرق الى طريقتي التمهيد الاسي المفرد والتمهيد الاسي المضاعف لـ (Holt).

اولاً: التمهيد الاسي المفرد Single Exponential Smoothing

إعتماداً على طريقة (Brown) يمكن التوصل الى الصيغة ادناه لأنموذج السلسلة الثابتة وكالاتي:

$$\hat{X}_{T+\tau} = S_T = \alpha X_T (1 - \alpha) S_{T-1} \quad (10)$$

$$\hat{X}_{T+\tau} = S_T \quad \tau = 1, 2, 3 \quad (11)$$

وان:

S_T : معامل التمهيد البسيط

α : ثابت التمهيد والذي تنحصر قيمته بين (0-1)

$$\hat{\beta} = \frac{\sum t_i y_i - n \bar{t} \bar{y}}{\sum t_i^2 - n \bar{t}^2} \quad (18)$$

مشكلة الارتباط الذاتي

تظهر مشكلة الارتباط الذاتي في حالة وجود علاقة ما بين قيم الأخطاء العشوائية في النموذج الخطي وخاصة عند استخدام بيانات السلاسل الزمنية في قياس متغيرات النموذج. إذ إن الخطأ العشوائي في كل مدة زمنية يعتمد على أخطاء الفترات الزمنية السابقة لها. وقد تكون هناك عوامل عشوائية تؤثر في القيم المتتالية للخطأ كما يحصل في حالات الحروب وعدم الاستقرار والجفاف إذ يمتد أثرها في مشاهدات العينة ولمدى سنوات عدة متعاقبة مما يتسبب في حصول ارتباط ذاتي ما بين الأخطاء المتعاقبة والناجمة من الفرق بين القيم المشاهدة والتقديرية للمتغير المعتمد.^[3] ومن الفرضيات الأساسية التي تم الاعتماد عليها في تقدير معالم النموذج الخطي، هي فرضية انعدام الارتباط الذاتي بين أخطاء المشاهدات المختلفة في العينة تحت البحث، أي أن

$$E(U_i, U_j) = 0, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (19)$$

ففي الحالة التي تكون فيها الظاهرة المدروسة، متضمنة وجود ارتباط ذاتي بين أخطاء المشاهدات المدروسة، تصبح الفرضية اعلاه كالاتي:

$$E(U_i, U_j) \neq 0 \quad (20)$$

اختبار وجود الارتباط الذاتي

لإختبار الفرضية التي تنص على عدم وجود ارتباط ذاتي بين الأخطاء العشوائية للسلسلة الزمنية المدروسة، توضع فرضية العدم التالية: [6]

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_1: \rho \neq 0$$

ويستخدم اختبار ديربن واتسن (D.W) والذي بدوره يعتمد على الأخطاء العشوائية الناتجة في النموذج الخطي العام وتقدر قيمة معامل ديربن واتسن بموجب الصيغة التالية:

$$D.W = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (21)$$

معالجة مشكلة الارتباط الذاتي

بعد ثبوت وجود مشكلة الارتباط الذاتي يستوجب تقدير قيمة ($\hat{\rho}$) وفق الصيغة التالية:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t e_{t-1}}{\sum_{t=2}^n e_{t-1}^2} \quad (22)$$

ويتم البدء بأيجاد تقديرات السلسلة الزمنية اعتماداً على القيمة الأولية (S_1) والتي تعطى كالاتي:

$$S_1 = X_1 \quad (12)$$

ثانياً: التمهيد الاسي المزدوج (الطريقة الخطية لهولت) بمعلمتين:

(Double Exponential Smoothing Holts Two Parameter Method)

تتمثل الطريقة الخطية لـ (Holt) بالمبدأ مع طريقة (Brown) ما عدا انها لا تطبق طريقة التمهيد المزدوج بشكل مباشر وبدلاً من ذلك فإنها تقوم بتمهيد القيم الاتجاهية بشكل منفصل وهذا يعطي مرونة اكبر من ذلك لانها تسمح بتمهيد الاتجاه مع معالم مختلفة عن تلك المستعملة في السلسلة الحقيقية. ان التنبؤ باستعمال هذه الطريقة يستعمل ثابتين بالتمهيد هما (الفا α) و(كاما γ) قيمها تقع بين (0 - 1) وتستعمل هذه الطريقة ثلاث معادلات في التنبؤ هي:

$$S_T = \alpha X_T + (1 - \alpha)(X_{T-1} + X_{T-1}) \quad (13)$$

$$b_T = \gamma(S_T - S_{T-1}) + (1 - \gamma)b_{T-1} \quad (14)$$

$$\hat{X}_{T+\tau} = S_T + b_T(\tau) \quad (15)$$

وأن:

$$S_t = \text{قيم التمهيد (مستوى السلسلة).}$$

$$X_t = \text{قيم المشاهدات للمدة } t.$$

$$b_t = \text{تمثل تقدير ميل السلسلة عند الزمن.}$$

$$\alpha, \beta = \text{قيم ثابتة تقع بين 0,1.}$$

انموذجات الانحدار الخطي البسيط

يعرف الانحدار الخطي البسيط بأنه عملية تقدير العلاقة الخطية بين متغيرين احدهما مستقل والاخر معتمد ويهدف الانحدار الخطي البسيط الى تقدير قيم عددية لمعالم النموذج باستعمال طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية التي تعتمد على ايجاد قيم المعالم المأخوذة بعد تصغير قيمة الخطأ العشوائي الى الحد الأدنى وتصبح معادلة الانحدار هنا بالصيغة الاتية:^[5]

$$Y_i = \alpha + \beta t_i + e_i \quad (16)$$

و لتقدير قيم معالم النموذج يتم من خلال العلاقتين الاتيتين:

$$\hat{\alpha} = \bar{y} - \hat{\beta} t \quad (17)$$

$$H_0: B_1 = 0$$

$$H_1: B_1 \neq 0$$

نستخدم النسبة $\frac{MSR}{MSE}$ والتي تتوزع F بدرجة حرية (1, n-2) $\alpha - 1$.

وللحكم على معنوية الاختبار ستم مقارنة قيمة F المحسوبة مع قيمة F الجدولية فإذا كانت قيمة F المحسوبة اكبر من قيمة F الجدولية تحت مستوى معين من المعنوية غالباً ما يأخذ 0.01 أو 0.05 فإن هناك علاقة خطية معنوية بين المتغير المعتمد (y_i) والمتغير المستقل (x_i) أي يتم رفض فرضية العدم وقبول الفرضية البديلة والعكس صحيح أي أنه إذا كانت قيمة F المحسوبة اصغر من قيمة F الجدولية فإن العلاقة الجدولية بين (y_i, x_i) تكون غير معنوية أي قبول فرضية العدم ورفض الفرضية البديلة. [5]

التنبؤ باستعمال الانحدار الخطي البسيط

لتكن ($\hat{Y}_i$) قيمة تقديرية الى (Y_i) ومن جانب آخر يمكن ملاحظة ان ($\hat{Y}_i$) هي قيمة تنبؤية الى (Y_i)، أي بمعنى ان ($\hat{Y}$) يمكن استخدامها للتنبؤ بقيمة مفردة الى (Y) بالاعتماد على قيمة جديدة الى (X) مثل (X_0)، أي ان ($\hat{Y}_0$) يمكن استخدامها للتنبؤ بقيمة مفردة جديدة نرسم لها ($\hat{Y}_{0(new)}$). [5]

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i \quad (25)$$

$$\hat{Y}_0 = b_0 + b_1 X_0$$

$$V(\hat{Y}_0) = S_e^2 \left(\frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{S_{XX}} \right) \quad (26)$$

$$V(\hat{Y}_{0(New)} - \hat{Y}_0) = S_e^2 \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{S_{XX}} \right) \quad (27)$$

أي أن:

$\hat{Y}_{0(New)}$: هي المشاهدة الجديدة لـ (Y) عند مستوى معين لـ (X) وهي مستقلة عن مشاهدات العينة فضلاً عن أنها مجهولة (قيمة X) خارج نطاق العينة).

X_0 : هي قيمة جديدة معطاة للمتغير المستقل.

U_0 : هو الخطأ العشوائي للمشاهدة الجديدة وهذا الخطأ مستقل عن الأخطاء العشوائية في العينة أوتباين المشاهدة الجديدة لـ (Y).

المطلب الثاني: الجانب التجريبي تطبيق طريقة (Exponential Smoothing Method) بأسلوبين هما أسلوب التمهيد الأسّي المفرد (Single Exponential Smoothing) واسلوب التمهيد الأسّي المزدوج

يمكن استعمال طريقة التكرار لتنقية بيانات السلسلة الزمنية من أثر وجوده، إذ يتطلب ذلك العمليات الحسابية التالية:

$$Y_t^* = Y_t - \hat{\rho} Y_{t-1}, \quad X_t^* = X_t - \hat{\rho} X_{t-1} \quad (23)$$

وبتطبيق اسلوب (OLS) على البيانات المنقاة، يمكن تقدير معالم العلاقة الخطية الجديدة.

ومن ثم نستمر في عملية التكرار هذه مستخدمين معالم العلاقة الجديدة في ايجاد الانحرافات وصولاً إلى الاختبار لوجود الارتباط الذاتي، فإذا كانت نتيجة الاختبار تؤكد وجود الارتباط الذاتي، استوجب استبعاد اثره مرة ثانية من بيانات السلسلة الزمنية، اما اذا اظهرت نتيجة الاختبار بعدم وجوده عندئذ تعتمد معالم العلاقة المقدرة الاخيرة. [7]

طرائق قياس كفاية معادلة الانحدار الخطي البسيط

أولاً: معامل التحديد

وهو يمثل نسبة الانحرافات الكلية الموضحة او المشروحة بواسطة معادلة الانحدار التقديرية، او نسبة معادلة الانحدار التقديرية في تفسير او شرح الانحرافات الكلية في قيم (Y) حول الوسط الحسابي (Y). ويمكن ان يعبر عن معامل التحديد بأنه النسبة بين الانحرافات الموضحة الى الانحرافات الكلية. [9]

فمثلاً لو كانت قيمة $R^2 = 0.80$ فهذا يعني ان معادلة الانحدار التقديرية تفسر 80% من الانحرافات الكلية في قيم (Y) وان 20% من الانحرافات الكلية لا تزال غير موضحة اذ من المحتمل ان بعض العوامل لم تؤخذ بنظر الاعتبار في صيغة الأنموذج المقترح او ان الصيغة المقترحة هي بالاصل غير ملائمة للتعبير عن العلاقة بين المتغيرات مما يؤدي الى وجود انحرافات غير موضحة.

$$R^2 = \frac{SSR}{SSTO} \quad (24)$$

ثانياً: معنوية معادلة الانحدار البسيط

من المعلوم ان معادلة الانحدار البسيط لها معلمة ميل هي (β) فإذا كان الميل مساوي للصفر تصبح المعادلة ليس لها معنى أي بمعنى آخر ان معرفة قيمة (x_i) تكون بغير فائدة هنا، وحتى لو كانت هناك قيمة تقديرية لمعلمة الميل الا ان هذه القيمة قد تكون غير معنوية ومن ثمّ تعكس عدم وجود علاقة بين المتغيرين (y_i, x_i) لذا يجب علينا اختبار وجود تلك العلاقة من طريق اختبار (F) الذي من خلاله يتم معرفة هل ان معادلة الانحدار المقترحة معنوية ام لا. لأختبار معنوية الانحدار أي لأختبار الفرضية التالية:

الطاقة المباعة

وهي الطاقة الكهربائية المباعة الى المستهلكين (المشاركين) بأصنافهم كافة (المنزلي، التجاري، الصناعي، الحكومي، الزراعي) وعلى مستويات الجهد كافة (33، 11، 0.4 كيلوفولت) ضمن شبكات التوزيع، ويتم تسجيل هذه الطاقة من خلال نظام قراءة المقاييس لجميع اصناف الاستهلاك من قراء المقاييس ويتم تسجيل هذه القراءات شهرياً او كل شهرين حسب مدة دورة القراءة.

وان زيادة كفاية تحقيق قراءات مقاييس المستهلكين يعتمد على نشاط كوادر قراء المقاييس للطاقة (قسم مبيعات الطاقة) عبر تحقيق اكبر لقراءة مقاييس المستهلكين وهو احد المؤشرات المعتمدة في نظام مبيعات الطاقة (نظام المستهلكين واصدار القوائم).^[2]

البيانات

في هذا البحث تم دراسة بيانات التسريبات من الطاقة الكهربائية في شبكات التوزيع لمدينة واسط ولخمس سنوات من 2018-2022م شهرياً وتم الحصول على تلك البيانات من وزارة الكهرباء مديرية المعلوماتية وبحوث العمليات وكما موضح في الجدول (1):

يحتوي هذا الفصل على تطبيق طريقة (Exponential Smoothing Method) بأسلوبين هما اسلوب التمهيد الأسّي المفرد (Single Exponential Smoothing) واسلوب التمهيد الأسّي المزدوج لهولت بمعلمتين (Double Exponential Smoothing Holt's Two Parameter Method) من جمع البيانات وتحليلها باستعمال الحاسوب وبالاتماد على البرنامج الجاهز (Minitab) إذ تم تحليل السلسلة الزمنية لضائعات الطاقة الكهربائية لمدينة واسط للسنوات من 2018م ولغاية 2022م حسب الأشهر، وتشخيص الأنموذج الملائم لها ومن ثم مقارنة الاساليب والتنبؤ باستعمال الاسلوب الافضل.^[8]

البيانات واسلوب جمعها

تم الحصول على بيانات البحث التي تمثلت بكميات الطاقة الكهربائية المسربة في شبكات التوزيع لمدينة واسط والتي يتم الحصول عليها من الفرق بين الطاقة المستلمة من شبكات نقل الطاقة والطاقة المباعة (المجهزة) للمستهلكين، بما فيها التسريبات الفنية والتسريبات غير الفنية (التجارية او الادارية) وفيما يلي توضيح كل من الطاقة المستلمة والطاقة المباعة (المجهزة) للمستهلكين:^[2]

جدول (1) : الجدول يبين بيانات التسريبات في شبكات التوزيع للسنوات 2018 – 2022م شهرياً

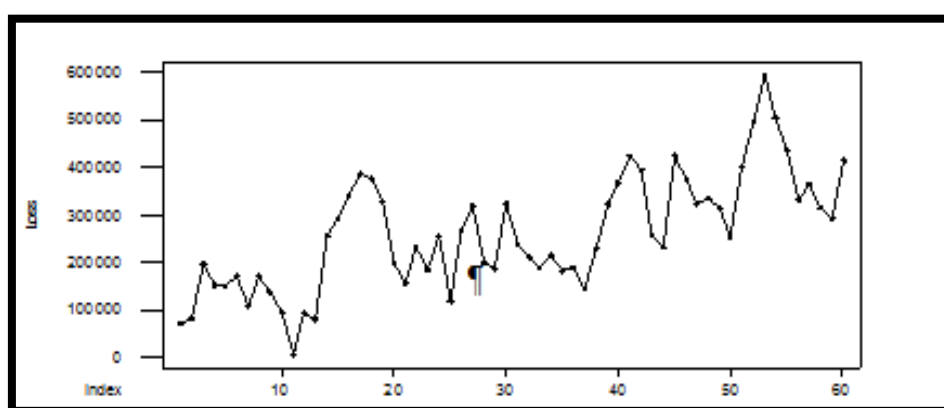
الشهر	الطاقة المستلمة (M.W.H)	الطاقة المباعة (M.W.H)	التسريبات (M.W.H)	نسب الضياعات (%)
1	434189	363870	70320	16
2	462120	379926	82195	18
3	533283	336783	196500	37
4	582329	432277	150052	26
5	591737	441567	150171	25
6	640705	469664	171041	27
7	646963	539084	107880	17
8	717610	547216	170394	24
9	746202	610001	136201	18
10	759761	664729	95032	13
11	721018	713437	7581	1
12	760874	667623	93251	12
13	763450	683315	80135	10
14	927933	671628	256305	28
15	921990	630749	291241	32

36	341190	595106	936296	16
40	387768	571702	959469	17
41	377181	549282	926463	18
36	327741	593163	920904	19
25	197975	599078	797053	20
19	154757	646896	801653	21
26	234683	668999	903681	22
23	184984	634207	819191	23
28	255133	642704	897837	24
16	117296	603912	721207	25
31	267006	590035	857040	26
36	320202	564179	884381	27
26	198657	577803	776460	28
24	186408	577268	763676	29
36	324581	579947	904528	30
27	238179	642894	881073	31
25	209318	637331	846649	32
24	190223	609733	799956	33
26	215038	607396	822434	34
25	181911	556622	738532	35
25	189197	552925	742121	36
21	143695	552484	696179	37
30	229707	535911	765618	38
39	321970	511032	833001	39
43	368892	498666	867558	40
43	422610	555487	978097	41
41	396320	579322	975642	42
31	257811	579486	837297	43
28	230714	592906	823620	44
44	423734	541516	965249	45
41	373444	529640	903084	46
36	323964	581552	905516	47
37	333651	578624	912275	48
35	314848	595931	910779	49
29	253413	624490	877902	50
40	401429	589790	991219	51
45	496249	607748	1103997	52

49	593377	614700	1208076	53
46	503663	600415	1104078	54
41	438712	632120	1070832	55
33	331799	673852	1005651	56
34	363641	713508	1077149	57
30	315391	734560	1049951	58
29	293612	726186	1019797	59
37	415261	711521	1126781	60

المصدر :- وزارة الكهرباء مديرية المعلوماتية وبحوث العمليات

إذ تم تحويل الجدول أعلاه الى سلسلة زمنية والذي يتضمن الطاقة
المستلمة والطاقة المباعة ونسبة الطاقة المسربة او الضائعة



الشكل (1): يوضح الشكل أعلاه السلسلة الزمنية للتسريبات الطاقة الكهربائية (M.W.H) لمدينة واسط للأعوام من 2018-2022م حسب الأشهر

أولاً: طريقة التمهيد الاسي المفرد (Single Exponential)

اسلوب التمهيد الاسي

Smoothing

بعد استعمال طريقة التمهيد الاسي المفرد على بيانات السلسلة الزمنية قيد الدراسة حصلنا على النتائج كما موضح بالجدول (2).

ان طريقة اختيار الانموذجات الملائمة من التمهيد الاسي تعتمد على شكل السلسلة الزمنية قيد الدراسة، وسيتم تطبيق اسلوبي التمهيد الاسي المفرد والمضاعف لهولت باستعمال برنامج (Minitab) وسيتم اختيار الأنموذج الذي يعطي أقل متوسط مطلق خطأ منوي (MAPE).

جدول (2) : يبين الجدول استعمال طريقة التمهيد الاسي المفرد على بيانات السلسلة الزمنية إذ تمثل Alpha نسبة الخطأ الاعتيادي كما تمثل

MAPE أقل متوسط مطلق خطأ

Smoothing Constant		Accuracy Measures
Alpha	0.9	-----
MAPE		46

المصدر:- من اعداد الباحث

ثانياً: طريقة التمهيد الأسّي المزدوج لهولت بمعلمتين (Double Exponential Smoothing)
 الزمنية قيد الدراسة حصلنا على النتائج وكما موضح بالجدول (3):

بعد استعمال طريقة التمهيد الأسّي المزدوج على بيانات السلسلة

جدول (3): يبين الجدول استعمال طريقة التمهيد الأسّي المزدوج على بيانات السلسلة الزمنية إذ تمثل Alpha نسبة الخطأ الاعتيادي كما تمثل MAPE أقل متوسط مطلق خطأ

Smoothing Constants		Accuracy Measures
Alpha	1	-----
Gamma	0.03	
MAPE	-----	47

المصدر:- من اعداد الباحث

اسلوب الانحدار الخطي البسيط
 لكل من (α, β) ، وبأستعمال برنامج الـ (Minitab). وكما موضح بالجدول (4).

Regression Analysis

The regression equation is

$$Y_i = -298856 + 0.661 X_i$$

يعرف الانحدار الخطي البسيط بأنه عملية تقدير العلاقة الخطية بين متغيرين احدهما مستقل وهو كمية الطاقة المستلمة من مديريات النقل (M.W.H) والاخر هو المتغير التابع وهو كمية تسريبات الطاقة الكهربائية (M.W.H)، ويهدف الانحدار الخطي البسيط الى تقدير قيم عددية لمعالم الأنموذج، اي تقدير قيم عددية

الجدول (4): جدول تحليل التباين لمعرفة معنوية الانموذج إذ نلاحظ ان قيمة P اقل من 0.05 وذلك دليل على معنوية الانموذج اي ان الطاقة المستلمة لها تأثير على كمية الطاقة المسربة

ANOVA table

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	6.41213E+11	6.41213E+11	159.97	0.000
Error	58	2.32490E+11	4008445876		
Total	59	8.73703E+11			

المصدر:- من اعداد الباحث

وذلك يدل على وجود مشكلة ارتباط ذاتي بعد ثبوت وجود الارتباط الذاتي، وتقدير قيمة $\hat{\rho}$ سوف نستعمل طريقة التكرار لأول مرة لتنقية بيانات السلسلة الزمنية من أثر وجوده وكما موضح في الملحق. بعد إستعمال طريقة التكرار لأول مرة حصلنا على الأنموذج التالي وأيضاً كما موضح بالجدول (5)

The regression equation is

$$y^* = -130214 + 0.956 x^*$$

$$\hat{\rho} = 0.77$$

نلاحظ من النتائج في جدول تحليل التباين اعلاه ان قيمة P اقل من 0.05 وذلك دليل على معنوية الأنموذج اي ان الطاقة المستلمة لها تأثير على كمية الطاقة المسربة.

Durbin-Watson statistic = 0.43

ومن جداول القيم الحرجة العليا والدنيا لاختبار يدربن واتسون نجد أن:

$$d_l = 1.549, d_u = 1.616$$

نلاحظ ان قيمة (D.W) تقع $0 < 0.43 < 1.549$

الجدول (5): جدول تحليل التباين لمعرفة معنوية الانموذج نلاحظ أن قيمة (P) أقل من 0.05 وذلك دليل على معنوية الانموذج أي أن الطاقة المستلمة لها تأثير في كمية الطاقة المسربة

ANOVA table

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2.67369E+11	2.67369E+11	246.49	0.000
Error	57	61827747840	1084697344		
Total	58	3.29197E+11			

Durbin-Watson statistic = 2.04

المقارنة
اولاً: المقارنة بين أنموذجي اسلوب التمهيد الاسي المفرد والمزدوج لهولت
سيتم المقارنة بين اسلوبي التمهيد الاسي المفرد والمزدوج اعتماداً على قيمة (MAPE) وكما موضح بالجدول (6).

نلاحظ من جدول تحليل التباين أعلاه أن قيمة (P) أقل من 0.05 وذلك دليل على معنوية الانموذج أي أن الطاقة المستلمة لها تأثير على كمية الطاقة المسربة. وأن قيمة (D.W) تقع $1.616 < 2.04 < 2.384$ وذلك يدل على عدم وجود مشكلة ارتباط ذاتي في بيانات السلسلة الزمنية قيد البحث ونعتمد الصيغة التقديرية أعلاه.

جدول (6): يبين المقارنة بين اسلوبي التمهيد الاسي المفرد والمزدوج

الانموذج	MAPE
Single Exponential Smoothing	46
Double Exponential Smoothing	47

المصدر:- من اعداد الباحث

ثانياً: المقارنة بين اسلوب التمهيد الاسي المفرد كونه الانموذج الافضل وبين أنموذج الانحدار الخطي البسيط وكما موضح في الجدول (7):

نلاحظ من النتائج اعلاه ان (MAPE) لأسلوب التمهيد الاسي المفرد أقل من الـ (MAPE) لأسلوب التمهيد الاسي المزدوج وفي هذه الحالة يفضل اسلوب التمهيد الاسي المفرد.

جدول (7): يبين المقارنة بين اسلوب التمهيد الاسي المفرد وبين أنموذج الانحدار الخطي البسيط

الانموذج	MAPE
Single Exponential Smoothing	64
Simple Linear Regression	98

المصدر:- من اعداد الباحث

استعمال الاسلوب الافضل في التنبؤ المستقبلي
القيم المتنبأ بها لعام 2023م شهرياً بطريقة التمهيد الاسي المفرد كونه الانموذج الافضل وكما موضح بالجدول (8).

نلاحظ من النتائج اعلاه ان (MAPE) لأسلوب التمهيد الاسي المفرد أقل من (MAPE) لأسلوب الانحدار الخطي البسيط وذلك دليل على ان اسلوب التمهيد الاسي المفرد هو الافضل بينهما.

الجدول (8): يبين القيم التنبؤية لتسريبات في الطاقة (M.W.H) لعام 2023م شهرياً

Row	Period	Forecast	Lower	Upper
1	61	401971	244537	559405
2	62	401971	244537	559405
3	63	401971	244537	559405
4	64	401971	244537	559405
5	65	401971	244537	559405
6	66	401971	244537	559405
7	67	401971	244537	559405
8	68	401971	244537	559405
9	69	401971	244537	559405
10	70	401971	244537	559405
11	71	401971	244537	559405
12	72	401971	244537	559405

المصدر:- من اعداد الباحث

الاستنتاجات والتوصيات

أولاً :- الاستنتاجات

الاستنتاجات التي تم التوصل إليها أهمها ما يأتي :-

- 1- التسريبات في شبكات التوزيع لمدينة واسط عالية نسبياً وتعود اسبابها كالتالي:
 - وجود تحديات كثيرة تواجه شبكات التوزيع منها التشغيل والصيانة، التأهيل، تقوية الشبكات بما يتناسب مع نمو الاحمال الكهربائية.
 - وجود مشاكل كبيرة تواجه اداء شبكات التوزيع مع اصناف المشتركين مثل التجاوز على الشبكة (الربط غير القانوني)، سرقات التيار الكهربائي، التلاعب في مقاييس الطاقة.
 - الاختناقات في الشبكة منها الاحمال الزائدة على المغذيات والمحولات وعلى مستويات الجهد 33، 11، 0.4 كيلو فولت.
 - ضعف نظام المشتركين (القراءة وتوزيع القوائم وجباية اجور الكهرباء).

2- ان طريقة التمهيد الأسّي لتحليل السلسلة الزمنية أثبتت فعاليتها للتنبؤ بما يفيد عملية اتخاذ القرار.

3- بالاعتماد على قيمة (MAPE) بصفة معيار احصائي للدقة والنتائج من تطبيق طرائق التمهيد الأسّي، نستنتج ان طريقة

التمهيد الأسّي المفرد هي الأكثر ملائمة لتمثيل بيانات السلسلة الشهرية قيد البحث.

- 4- من خلال أنموذج الانحدار الخطي البسيط نلاحظ ان متغير الطاقة المستلمة من مديريات النقل له تأثير كبير على تسريبات الطاقة الكهربائية في شبكات التوزيع.
- 4- من خلال المقارنات السابقة نلاحظ أن انموذجات التمهيد الأسّي (Exponential Smoothing Methods) المستعملة أظهرت تفوقاً على أنموذج الانحدار الخطي البسيط لكون (MAPE) لانموذجات التمهيد الأسّي اقل مما هي عليه في أنموذج الانحدار الخطي البسيط.

ثانياً :- التوصيات

من خلال الاستنتاجات التي توصل إليها الباحث فانه يوصي بما يأتي :

- 1- استعمال طرائق التمهيد الأسّي للتنبؤ بالقيم المستقبلية، اذا امكن الحصول على تقديرات جيدة للمؤشرات الشهرية للمدة المراد التنبؤ بها.
- 2- بناء وتحديث نظام المستهلكين عن طريق المسح الشامل لمقاييس الطاقة لدى اصناف المستهلكين، بناء قاعدة بيانات، تأشير حالات التجاوز والتلاعب والربط غير القانوني على الشبكة.

3- اصدار تشريعات صارمة ضد المتلاعبين بمقاييس الطاقة وحالات التجاوز على الشبكة والربط الغير قانوني ودفع غرامة مالية كبيرة ومراجعة استهلاك المشترك لخمس سنوات سابقة.

المصادر

- [1] الشريعي، رزان سعيد بن سعيد، (2007م). "نماذج السلاسل الزمنية وتطبيقاتها في دراسة قطاع النفط والغاز في اليمن"،
- [2] الرحامنة، اديب احمد علي، (2003م). "التنبؤ بكمية الطاقة الكهربائية المنتجة باستخدام نماذج الانحدار المقيدة واساليب السلاسل الزمنية"
- [3] دراسة عن ضياعات الطاقة في شبكات التوزيع، (2013م)، وزارة الكهرباء، دائرة التخطيط والدراسات.

- [4] الدباغ، سنا محمد شيت ، (2012م). "استخدام طرائق التمهيد في التنبؤ بأسعار الصرف في العراق وقياس اثر التضخم ومعدلات الفائدة
- [5] الجباري، نضال حسين، (1987م). "استخدام انموذجات السلاسل الزمنية الملائمة للتنبؤ بالاستهلاك الشهري للماء الصافي لمدينة واسط"، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد.
- [6] امين، محمد عبد العال. "دراسة احصائية تحليلية لانموذجات استهلاك الطاقة الكهربائية في العراق"، (1979م).
- [7] امين بك، عزة حاكم زكي، (2004م). "استخدام الشبكات العصبية في التكهّن للسلاسل الزمنية"،
- [8] ابو الشعير، محمود جواد، (1986م). "الاساليب المتقدمة في تحليل السلاسل الزمنية"، المعهد القومي للتخطيط.
- [9] Winters, P.R., (1960). (Forecasting sales by exponentially weighted moving average), Management science, P (324),