الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة فرحات عباس–سطيف 1–

University of Ferhat Abbas - Setif 1

كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير

Faculty of Economics and Management Sciences

قسم علوم التسيير

تقنيات التنبؤ

مطبوعة بيداغوجية موجهة لطلبة السنة الثالثةليسانس، تخصص إدارة الأعمال

إعداد الدكتور: بن زهية محمد

الخبراء المقيمين للمطبوعة:

د. شيبوب ريمة جامعة سطيف1

د. زرمان كريم جامعة خنشلة

السنة الجامعية: 2023– 2024

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة فرحات عباس–سطيف 1–

University of Ferhat Abbas - Setif 1

كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير

Faculty of Economics and Management Sciences

قسم علوم التسيير

تقنيات التنبؤ

مطبوعة بيداغوجية موجهة لطلبة السنة الثالثةليسانس، تخصص إدارة الأعمال

إعداد الدكتور: بن زهية محمد

الخبراء المقيمين للمطبوعة:

د. شيبوب ريمة جامعة سطيف1

د. زرمان كريم جامعة خنشلة

السنة الجامعية: 2023– 2024

البرنامج المعتمد لمقياس تقنيات التنبؤ

الفصل الأول: ماهية التنبؤ

الفصل الثاني: مركبات وطرق السلاسل الزمنية

1. مفهوم السلسلة الزمنية

2. مركبات السلسلة الزمنية

3. طرق السلاسل الزمنية

الفصل الثالث: الطرق السببية

1. الانحدار الخطي البسيط

2. الانحدار الخطي المتعدد

مقدمة

تتخذ مختلف المؤسسات الاقتصادية قرارات مختلفة تخص نشاطها والتخطيط لمستقبلها لتحقيق أهدافها المرجوة، وهذا يتطلب منها إعداد خطط للإنتاج والتمويل والتسويق إلى غير ذلك من أوجه النشاط الإداري والاقتصادي.

تعتبر التنبؤات مدخلات أساسية في عمليات اتخاذ القرار لأنها توفر معلومات عن الطلب المستقبلي، كما أنها تعتبر أساس عملية التخطيط، فبمعرفة القيم المتنبأ بها يتم التخطيط لمستويات الموارد الواجب توفيرها من طاقة ومواد ومستلزمات ويد عاملة وأموال وغيرها لمجابهة هذه التنبؤات.

تتعدد الطرق والأساليب المستخدمة في عملية التنبؤ منها ما يتميز بالسهولة ومنها ما يتميز بالتعقيد، ومهمة القائم بالتنبؤ هي اختيار الأسلوب المناسب الذي يعطي نتائج تقترب من الواقع ويقلص الانحراف إلى أدنى حد ممكن خصوصا أن من فرضيات التنبؤ عدم تساوي القيمة الحقيقية مع القيمة المتنبأ بها وذلك بسبب وجود عدة عوامل لا يمكن للمؤسسة التحكم بها.

تتناول هذه المطبوعة الموسومة بعنوان "تقنيات التنبؤ" ثلاثة فصول، حيث يتناول الفصل الأول ماهية التنبؤ، أما الفصل الثاني فيتطرق إلى مركبات وطرق السلاسل الزمنية ، في حين أن الفصل الثالث تم التطرق فيه إلى الطرق السببية.

ولقد جاءت هذه المطبوعة نتاجا لتدريس هذا المقياس لعدة سنوات، وهي موجهة لطلبة الليسانس تخصص إدارة أعمال، على أن يكون لديهم معارف مسبقة في مقياس الإحصاء و في كيفية حساب المحددات.

الفصل الأول

ماهية التنبؤ

1. تعريف التنبؤ:

– عملية توقع ما سيحدث مستقبلا لظاهرة ما اعتمادا على اتجاه الظاهرة في الماضي باستخدام أحد نماذج التنبؤ المعروفة. بعبارة أخرى، معرفة سلوك ظاهرة ما في المستقبل انطلاقا من سلوكها في الفترة الماضية واتخاذ القرار المناسب في ضوء هذا السلوك بفرض ثبات المتغيرات المؤثرة على الظاهرة.[1]

من هذا التعريف يمكن أن نستنتج العناصر الأساسية في عملية التنبؤ وهي:[2]

* تحديد الظاهرة المراد التنبؤ بها؛

* دراسة سلوك الظاهرة في الماضي؛

* استخدام إحدى طرق التنبؤ؛

* رسم صورة مستقبلية للظاهرة على ضوء نتائج التنبؤ.

– التنبؤ هو فن وعلم التوقع بالأحداث المستقبلية، هو فن لأن الخبرة والحدس والتقدير الإداري له دور في التنبؤ وفي اختيار الأسلوب الملائم في التنبؤ، وهو علم لأنه يستخدم الأساليب والطرق الموضوعية والرياضية والإحصائية في التنبؤ مما يرفع من درجة الدقة ويقلص التحيز.[3]

– التنبؤ هو عملية عرض حالي لمعلومات مستقبلية باستخدام معلومات مشاهدة تاريخية بعد دراسة سلوكها في الماضي.[4]

– التنبؤ هو محاولة لمعرفة مسار بعض المتغيرات مستقبلا والتي على ضوئها ترسم المنشأة سياسة نشاطها وتحدد احتياجاتها المالية.[5]

[1] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مبادئ التنبؤ الإداري، النشر العلمي للمطابع، جامعة الملك سعود، السعودية، 2004، ص 2.

[2] المرجع نفسه، ص 2.

[3] نجم عبود نجم، مدخل إلى إدارة العمليات، ط1، دار المناهج، عمان، 2007، ص 157.

[4] مولود حشمان، نماذج وتقنيات التنبؤ القصير المدى، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2002، ص 177.

[5] كاسر نصر المنصور وآخرون، إدارة العمليات الانتاجية، ط 2، خوارزم العلمية، السعودية، 2011، ص 61.

2. أهمية التنبؤ:

ترجع أهمية التنبؤ إلى أن وجود المؤسسة على المدى البعيد يعتمد على وجود طلب مستمر على سلعها أو خدماتها، وهذا الطلب يرتبط بصورة ما بالمستوى العام للنشاط الاقتصادي. فكل أنشطة الادارة يجب أن تخطط مسبقا، وكل قرارات الادارة يجب أن يتم توقعها على ضوء تنبؤات مستقبلية تتعلق بهذا النشاط.

وقد لا تتحقق التنبؤات غالبا، لكنها هي الأداة الوحيدة للإدارة التي ستبني عليها خططها، فلا توجد إدارة بدون أهداف، والتنبؤ هو الذي يزود الادارة بالافتراضات والتصورات التي تبنى عليها الاستراتيجيات والخطط اللازمة لتحقيق هذه الأهداف.[6]

3. خصائص التنبؤ:

تتمثل خصائص التنبؤ في الآتي:[7]

- الاهتمام بالمستقبل: إن الهدف الأساسي للتنبؤ هو معرفة ما سيحدث مستقبلا سواء كان قريبا أو بعيدا؛

- عدم التأكد: إن جميع التنبؤات مهما اتصفت بالدقة فإنها تظل غير مؤكدة ومن المحتمل أن يحدث عكس ما هو متوقع؛

- البيانات التاريخية: تعتمد طرق التنبؤ العلمية على ماضي الظاهرة أي على البيانات التاريخية لها؛

- تنخفض دقة التنبؤ كلما كان الأفق الزمني للتنبؤ طويلا، وعموما التنبؤات قصيرة الأمد أدق من التنبؤات طويلة الأمد لأن الأولى تكون أقل عرضة لعدم التأكد من الثانية.

4. الحالات التي يمكن أن يأخذها التنبؤ:

هناك ثلاث حالات يمكن أن يأخذها التنبؤ، تتمثل في:[8]

أ. القيمة المتنبأ بها > القيمة الفعلية (الحقيقية): فرص بيعية ضائعة، أرباح ضائعة، سمعة متضررة، تحول الزبون إلى منافس آخر، ...

[6] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 2، 3.
[7] المرجع نفسه، ص 6.
[8] نجم عبود نجم، مرجع سبق ذكره، ص 158.

ب. القيمة المتنبأ بها > القيمة الفعلية: إنتاج زائد، احتفاظ بمخزون أكبر وما ينجر عنه من تكاليف، تجميد رؤوس أموال، ...

د. القيمة المتنبأ بها = القيمة الفعلية: وهي حالة مثالية، نادرة الحدوث.

5. أنواع التنبؤ:

تستخدم المؤسسات عادة ثلاثة أنواع من التنبؤ للتخطيط للمستقبل، تتمثل في:[9]

أ. التنبؤ الاقتصادي:

يتناول هذا النوع من التنبؤ المسائل المتعلقة بالاقتصاد على صعيد المجتمع كتنبؤ دورات الأعمال، التضخم النقدي، حركة السكان، حركة العمران وغيرها من المؤشرات ذات المساس بالتخطيط على الصعيد الاقتصادي.

ب. التنبؤ التكنولوجي:

يختص هذا النوع بإجراء تنبؤ للتقدم التكنولوجي في العالم والذي من شأنه أن يساعد في التخطيط لسلع أو خدمات جديدة وما يترتب على ذلك من التخطيط لإقامة مصانع جديدة أو توسيع المصانع الحالية، بالاضافة إلى التخطيط للموارد البشرية والمالية.

ج .. تنبؤ الطلب:

يختص هذا النوع بتقدير المبيعات التي ستحققها المؤسسة في المستقبل، ويعد هذا النوع من التنبؤ القوة المحركة للإنتاج أو لاستغلال الطاقة، ولجدولة الأعمال، كما تستخدم نتائج التنبؤ أيضا كمدخلات لتخطيط نشاطات وظيفة التسويق، ووظيفة التمويل ووظيفة الأفراد.

6. استعمالات التنبؤ:

إن دخول الحاسوب مختلف مجالات الحياة، ساعد الباحثين كثيرا على استخدام البيانات التي يرغبون في معالجتها بسرعة وسهولة.

[9] عبد الكريم محسن وصليح مجيد النجار، إدارة الانتاج والعمليات، ط 4، الذاكرة للنشر والتوزيع، بغداد، 2012، ص 87؛ 88.

كما أن توفر البيانات الإحصائية عن الانتاج والمبيعات والأسعار وغيرها، أدى إلى تكوين قواعد بيانات سهلت استخدام طرق التنبؤ المختلفة.

تزداد حاجة الادارة إلى التنبؤ كلما ازدادت رغبتها في تقليل اعتمادها على الصدفة، وكلما انتهجت الأسلوب العلمي في التعامل مع الظواهر المحيطة بها. وبما أن المؤسسة أيا كانت، هي مجموعة من الأجزاء المرتبطة ببعضها البعض، فإن التنبؤ الجيد في أحد أجزائها يمكن أن يؤثر عليها ككل.[10]

ومن أهم المجالات في المؤسسة التي يلعب التنبؤ فيها دورا كبيرا ما يلي:[11]

أ. المصادر الحالية لعوامل الانتاج:

إن الاستخدام الفعال لهذه المصادر يحتم وضع جدول زمني لكيفية الاستفادة منها على الوجه الصحيح. والتنبؤ بمستوى الطلب على المنتج النهائي أو المواد الخام أو العمالة أو السيولة، ... الخ، تعتبر معطيات أساسية في الجدول الزمني المقترح.

ب. المصادر الاضافية:

إن الوقت الفاصل بين طلب بعض المعدات الاضافية وبين وقت تركيبها ووضعها في الانتاج، قد يتراوح بين عدة أيام وعدة سنوات، لذلك فإن عملية التنبؤ بدخول هذه المصادر قبل فترة كافية ضروري جدا.

ج .. تحديد ماهية المصادر المطلوبة:

على المؤسسة أن تحدد نوعية المصادر التي تحتاجها بالاعتماد على الفرص المتاحة في السوق وعلى العوامل البيئية المحيطة وعلى التنمية الداخلية للموارد المالية والبشرية والتكنولوجية. وهذا التحديد يتطلب تنبؤات جيدة وإدارة تستطيع تفسير وتحليل هذه التنبؤات واتخاذ القرار المناسب في الوقت المناسب.

بالاضافة إلى المجالات السابقة، توجد مجالات أخرى تحتاج إلى التنبؤ على المدى البعيد والمتوسط والقريب. وهذا يجعل المؤسسات المعاصرة مضطرة إلى تطوير أساليب مختلفة للتنبؤ بالأحداث المستقبلية، وبناء نظام تنبؤ خاص

[10] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 4.
[11] المرجع نفسه، ص 4، 5.

بالمؤسسة، وهذا بدوره يتطلب من المؤسسة الإحاطة بالمعرفة والمهارات التي تغطي على الأقل الجوانب الأربعة التالية:

- تحديد وتعريف ما يراد التنبؤ به؛
- تطبيق عدد من طرق التنبؤ؛
- اختيار طريقة التنبؤ المناسبة من الطرق المطبقة؛
- الدعم التنظيمي لاستخدام طرق التنبؤ الجاهزة في كل حالة.

7. خطوات عملية التنبؤ:

تتمثل خطوات عملية التنبؤ للطرق الكمية في:[12]

أ. تعريف المشكلة:

تعتبر هذه الخطوة أحيانا، أصعب خطوة في عملية التنبؤ، حيث تتطلب تفكيرا عميقا عن كيفية استخدام التنبؤ وما هو الهدف من التنبؤ ومن يحتاج إلى التنبؤ وفي أي جزء من المؤسسة سيستخدم ... الخ. لذلك من المفيد قضاء بعض الوقت في التحدث إلى كل شخص له صلة بعملية التنبؤ، ابتداء من عملية جمع البيانات وحفظها والتعامل مع قواعد البيانات والمستفيد من عملية التنبؤ وفي أي مجال سيستخدم التنبؤ والهدف المرحلي أو النهائي من عملية التنبؤ. ففي مؤسسة إنتاجية تعاني مشكلة في التسويق مثلا، يجب أن نحدد بدقة كمية المواد المنتجة والمخزنة والطلب الحالي عليها والفترة اللازمة لإنتاج كل مادة وأسعارها وأسعار المواد والسلع المنافسة ... الخ. لنتمكن من التنبؤ بالطلب المستقبلي بحيث نخفض كمية المواد المخزنة ونوفر تكلفة التخزين على الأقل.

ب. جمع البيانات:

هناك نوعان من البيانات التي يجب الحصول عليها:

- بيانات احصائية عن الظاهرة المدروسة خلال الفترة الماضية؛

---

[12] انظر:

- John E. Hanke Dean Wichern, Business Forecasting, 9th edition, Pearson, England, 2014, p 5, 6.

- عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 13- 15.

– الخبرة المتراكمة لدى الأشخاص المهتمين بالظاهرة المدروسة.

ج .. التحليل المبدئي:

نبدأ برسم شكل انتشار البيانات للكشف عن وجود بعض أو كل مركبات السلسلة الزمنية ونوعية هذه المركبات والقيم الشاذة أو المتطرفة إن وجدت. ثم نحسب بعض المؤشرات الإحصائية البسيطة مثل المتوسطات والانحراف المعياري والقيمة الصغرى والقيمة العظمى والنسب المئوية ومعاملات الارتباط المتعلقة بكل مجموعة من البيانات. الهدف من هذه الخطوة هو فهم طبيعة البيانات الماضية والإجابة على بعض الأسئلة مثل: هل يوجد اتجاه عام واضح ؟ هل توجد تغيرات موسمية مهمة ؟ هل هناك أي دليل على وجود تغيرات دورية ؟ هل هناك نقاط متطرفة أو شاذة تحتاج إلى تفسير ذوي الخبرة ؟ ما هي قوة العلاقة بين المتغيرات ؟ ... الخ. هذا التحليل يساعدنا على اقتراح نماذج كمية يمكن أن تكون مفيدة في عملية التنبؤ.

د. اختيار النموذج الملائم للبيانات:

على ضوء نتائج الخطوة السابقة يمكن تحديد مجموعة من نماذج التنبؤ التي تناسب بيانات الظاهرة المدروسة، وفي هذه الخطوة يتم البحث عن النموذج الملائم من بين النماذج المقترحة بناء على مؤشر أو أكثر من مؤشرات البيانات.

ه. استخدام وتقييم النموذج:

بعد اختيار النموذج يتم تقدير معالمه، ثم يستخدم في عملية التنبؤ، ويمكن للإدارة أن تقيم ايجابيات وسلبيات النموذج المستخدم في التنبؤ مع مرور الوقت، حيث لا يمكن تقييم أداء النموذج إلا بعد توفر البيانات الحقيقية عن الفترة التي تم التنبؤ بها لنقارن بينها وبين القيم المتنبأ بها. وبما أن هذه البيانات غير متوفرة لذلك نلجأ إلى قياس الفرق بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة عن الفترة الماضية لتقييم النموذج. وغالبا، لا يمكن استخدام نموذج التنبؤ بدون تعديلات يمكن إدخالها بناء على تقديرات أصحاب الخبرة.

8. التنبؤ والتخطيط:

تهدف كل المؤسسات إلى التوسع والنمو وتحقيق معدلات مرضية من الربحية والاستقرار والتطور سواء على مستوى المؤسسة أو على مستوى الدولة بأجهزتها المختلفة لتحقيق مستوى مقبول من الرفاهية الاقتصادية

للمجتمع. وإذا كان الهدف الأساسي للإدارة، مهما كانت، هو تحقيق الأهداف التي حددتها لنفسها آخذة بعين الاعتبار الموارد والإمكانيات الحالية والمستقبلية والبيئة المحيطة بها، فإن على هذه الادارة وضع الخطط اللازمة لتحقيق هذه الأهداف والتي يجب أن تشمل كل مجالات عمل المؤسسة، ولا يمكن وضع أية خطة بدون تنبؤ علمي دقيق بما يراد الوصول إليه خلال منظور زمني محدد، أي أن عملية التنبؤ هي الأساس التي تبنى عليها الخطة.[13]

9. زيادة فاعلية التنبؤ:

قد يكون السبب الرئيسي في عدم فاعلية التنبؤ هو نقص الاتصالات الفعالة بين مستخدمي التنبؤ ومعديه. أو قد يشعر كليهما بأن التطبيقات المحتملة للتنبؤ غير مفهومة بشكل كاف، ويمكن أن يعزى هذا النوع من مشكلات الاتصال إلى تركيز معدي التنبؤ على الجوانب الفنية، بينما يميل مستخدموه إلى التركيز على النواحي الادارية.

والنتيجة الحتمية في مثل هذه الحالة أن المستخدمين لا يفهمون طرق التنبؤ بشكل جيد مما يقودهم إلى تطبيق غير سليم للتنبؤ، وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض فاعلية التنبؤ. كما أن معدي التنبؤ قد لا يفهمون الحالة المراد التنبؤ بها بشكل صحيح ليختاروا طريقة التنبؤ المناسبة.

يقتضي حل هذا الإشكال تعليم المستخدمين والمعدين المختصين كيف يمكن تطبيق طرق التنبؤ المختلفة على المشكلات التطبيقية، وتدريب كل منهم على كيفية تحديد احتياجاتهم بوضوح، أي يتعين على المستخدمين أن يشرحوا بدقة لماذا يحتاجون التنبؤ ؟ وكيف سيقومون باستخدامه ؟ في حين يتعين على معدي التنبؤ أن يحددوا بدقة أيضا ما يلزمهم من المعلومات لإعداد التنبؤ المناسب.[14]

10. اختيار أسلوب التنبؤ المناسب:

يعتمد الإحصائي أو متخذ القرارات بصفة عامة في اختياره لأسلوب التنبؤ المناسب على بعض المعايير أو العوامل العامة أهمها:[15]

أ. تصغير حجم أخطاء التنبؤ أول هذه المعايير التي يجب أن يضعها القائم بالتنبؤ نصب عينيه عند اختيار أسلوب التنبؤ ومن ثم نموذج التنبؤ المناسب.

---

[13] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 3.

[14] المرجع نفسه، ص 21، 22.

[15] سمير مصطفى شعراوي، مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، السعودية، 2005، ص 14، 15.

ب. نوعية التنبؤ المطلوب، فإذا كان تنبؤ النقطة هو المطلوب من الدراسة، فإن استخدام أحد الأساليب التقليدية البسيطة قد يكون كافيا لتحقيق هذا الهدف. وفي كثير من الدراسات قد يكون تنبؤ الفترة هام وكذلك اختبارات الفروض، وفي مثل هذه الحالات لابد من استخدام أسلوب تنبؤ حديث أكثر دقة وتنظيما.

ج .. عدد المشاهدات المتاحة، فإذا كان عدد المشاهدات صغيرا فإن استخدام أحد الأساليب الحديثة ليس له ما يبرره ويفضل استخدام أحد الأساليب التقليدية.

د. تكاليف أسلوب التنبؤ ومدى توافر البرامج الإحصائية ذات الصلة.

ه. سهولة العمليات الإحصائية والحسابية الضرورية وفهم أسلوب التنبؤ المستخدم.

و. مدى تحقق الفروض النظرية التي يعتمد عليها أسلوب التنبؤ المناسب وهو أهم المعايير التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند اختيار مثل هذا الأسلوب.

11. الأبعاد الزمنية للتنبؤ:

يمكن تصنيف أنواع التنبؤ من حيث الفترة الزمنية التي يغطيها التنبؤ في المستقبل إلى ثلاث مجموعات:[16]

أ. التنبؤ قصير الأمد:

يغطي هذا النوع مدة زمنية لا تزيد عن السنة، وتستخدم المؤسسات هذا النوع من التنبؤ أيضا لتغطية مدة بحدود ثلاثة أشهر، وذلك لتنبؤ مشتريات المؤسسة، جدولة الأعمال، القوة العاملة اللازمة ومستويات الانتاج.

ب. التنبؤ متوسط الأمد:

تمتد المدة الزمنية للتنبؤ من ثلاثة أشهر إلى ثلاث سنوات، ويستخدم هذا النوع من التنبؤ في تخطيط المبيعات، تخطيط الانتاج والميزانية، تخطيط الإيرادات وتحليل مختلف خطط العمليات.

ج .. التنبؤ طويل الأمد:

تمتد المدة الزمنية هنا لتغطي ثلاث سنوات أو أكثر في المستقبل، ويستخدم هذا النوع من التنبؤ في الحالات التالية: التخطيط لسلع أو خدمات جديدة، اختيار موقع المصنع أو نشاطات البحث والتطوير.

[16] عبد الكريم محسن وصلبح مجيد النجار، مرجع سبق ذكره، ص 84؛ 86.

وتجدر الاشارة أن المؤسسات لا يمكنها الاستغناء عن التنبؤ واتخاذ قرارات الانتاج والطاقة مثلا بعد وقوع الطلب لأن هذا التصرف ينطوي على مجازفة بمصير المؤسسة. لذلك تستخدم المؤسسات التنبؤ كمنطلق للتخطيط في العديد من أنشطتها.

وينبغي التمييز أيضا بين التنبؤ قصير المدى والتنبؤ متوسط وبعيد المدى. فالتنبؤ طويل ومتوسط المدى يتعامل عادة مع قرارات ذات طبيعة شمولية بالمؤسسة كقرار اختيار موقع المصنع أو إدخال تكنولوجيا جديدة للمؤسسة. وتستخدم المؤسسة لذلك أساليب ليست بالضرورة كمية وإنما تستخدم مزيج من الخبرة الشخصية والأساليب الكمية. في حين أن التنبؤ قصير المدى يستخدم مجموعة من الأساليب الكمية أو غير الكمية والتي تعطي تقديرات تكاد تكون مقاربة للحقيقة في المستقبل.

12. الطرق الكيفية للتنبؤ:

وهي الأساليب التي تعتمد على الحس الذاتي والخبرة وليس على البيانات الكمية، وهي تستخدم عندما لا تتوفر البيانات الماضية كما هو الحال في المنتجات الجديدة، أو أن البيانات غير كافية ولا يمكن الاعتماد عليها، وهي تستعمل عادة في التنبؤات بعيدة المدى.

ومن بين هذه الطرق نجد:[17]

أ.آراء وتقديرات المديرين:

يتم في هذه الطريقة أخذ آراء وتقديرات مديري الانتاج، التسويق، المالية، ... الخ، والاعتماد عليها كأساس في التنبؤ على افتراض أن هؤلاء المديرين يتمتعون بالخبرة الماضية عن الانتاج والمبيعات، وهذه الطريقة يمكن أن تستخدم في التخطيط طويل المدى وتطوير منتج جديد، وهي بسيطة وغير مكلفة وتستعين بخبرة المديرين، ومن عيوب هذه الطريقة سيادة الرأي الواحد على بقية آراء الأفراد الآخرين.

مثال:

في اجتماع للإدارة العليا في مؤسسة طلب المدير العام من مديري الانتاج والتسويق والمالية تقديم تنبؤاتهم حول الطلب على منتج المؤسسة في السنة القادمة، وقد قدم المديرون تنبؤاتهم كالآتي:

[17] نجم عبود نجم، مرجع سبق ذكره

المدراء	الطلب (ألف وحدة)
الانتاج	125
التسويق	160
المالية	100

وفي ضوء خبرة المدير العام فقد أعطى الاحتمالات التالية لهذه التنبؤات:

مدير الانتاج 40 %، مدير التسويق 35 %، مدير المالية 25 %.

ومنه القيمة المتنبأ = 125 × 40 % + 160 × 35 % + 100 × 25 % = 131

ب. تقديرات رجال المبيعات:

إن العاملين في المبيعات يمثلون مصدرا مهما للمعلومات لأنهم على اتصال مباشر بالسوق وبالزبائن، لهذا يمكن استطلاع آرائهم والاستفادة من تقديراتهم لما هو متوقع في الفترة القادمة، ويتم في هذه الطريقة تكوين لجنة من رجال البيع، بعدها يقوم كل شخص منهم بوضع تقديراته عن المبيعات المتوقعة في العام القادم لكل منتج، ثم يقوم مدير المبيعات بمراجعة ومناقشة هذه التقديرات مع كل عضو من أعضاء اللجنة، ثم تجمع هذه التقديرات وتعتبر هي الطريقة النهائية للتنبؤ بالمبيعات.

مشكلة هذه اللجنة كما في الطريقة السابقة أنها قد تتأثر برأي واحد فيها لنشاط تميز به أو لتفوقه في الخبرة على الآخرين أو لنفوذه، مما يجعل القرار منحازا إلى رأيه وليس إلى رأي المجموعة كلها.

ج .. طريقة دلفي Delphi:

طور هذا الأسلوب من قبل شركة راند Rand الأمريكية في عام 1964 كأسلوب تنبؤ جماعي يلغي التأثيرات غير المرغوب فيها بين أعضاء اللجنة، فليس من الضروري أن يلتقي الخبراء وجها لوجه ولا أن يعرف بعضهم بعضا.

تبدأ الطريقة بأن يكتب كل خبير تقديراته الشخصية مدعمة أو مبررة مع الافتراضات التي وضعها، ثم تعطى هذه التقديرات إلى منسق يؤلف بينها ويلخصها ثم يوزع هذا الملخص من جديد في جولة ثانية.

تستمر هذه العملية لعدة جولات حتى تتحدد خصائص التنبؤ ونصل إلى شبه اتفاق بين الخبراء من خلال ملاحظة أن الجولات الجديدة لم تعد تضيف تغييرا على الجولات السابقة.

يستخدم هذا الأسلوب في التنبؤ بالتغيرات التقنية التي يمكن أن تحدث وما ينتج عنها من منتجات جديدة قد على مستقبل المؤسسة. إن بعض المنتجات يستخدم اليوم على نطاق واسع، لكنها كانت إلى وقت قريب ضربا من الخيال، كتوليد الطاقة النووية، وطائرات الركاب الأسرع من الصوت، والساعات الرقمية الالكترونية، وأجهزة الحاسب الآلي المتطورة وأجهزة الاتصالات ...الخ. لذلك يطلق عليه أحيانا التنبؤ التقني.[18]

مثال:

لو فرضنا أن هناك أربعة خبراء تم اختيارهم من لجنة دلفي وطلب منهم التنبؤ بالطلب على منتج المؤسسة في ضوء خبراتهم المتخصصة. وتم ذلك في أربع جلسات كما هو مبين في الجدول التالي:

الخبراء	الجلسات			
	1	2	3	4
الأول	5000	4500	4000	4000
الثاني	3000	3500	3500	3500
الثالث	4500	4000	4500	4000
الرابع	6000	5000	4500	4000

ويمكن أن نلاحظ أن تقديرات الخبراء في كل جلسة جديدة تقترب تقديراتهم من بعضها.

د. نظم الاجتماعات الالكترونية

إن طريقة دلفي تحل المشاكل الناجمة عن لقاء الخبراء وجها لوجه وتتفادى طغيان رأي واحد على المجموعة، لكنها مكلفة وطويلة، وقد يكون الخبراء متباعدين في مواقع عملهم مما يجعل من الصعب مشاركتهم في جلسات الطريقة، لذلك تم تطوير طريقة بديلة وحديثة، حيث تتم اجتماعات الخبراء الكترونيا باستعمال التقنيات الالكترونية الحديثة، كشبكة المعلومات الدولية، البريد الالكتروني، ... الخ.[19]

[18] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 9.

[19] المرجع نفسه، ص 9.

ه. مسوحات الزبائن وبحوث التسويق:

إن الزبون هو الذي يحدد الطلب لهذا فإن استطلاع آراء الزبائن يمكن أن يمثل مصدرا مهما للمعلومات حول الطلب المتوقع، مثل معرفة رغباتهم وميولاتهم، مستوى الجودة المطلوب، مستوى دخلهم، مستوى الأسعار المرغوب، ... الخ. واعتمادا على هذه المعلومات يمكن للقائم بالتنبؤ أن يتنبأ بقيمة الطلب المستقبلي.

والمؤسسات الحديثة تمتلك ضمن إدارة التسويق وحدة متخصصة ببحوث التسويق وإعداد المسوح الخاصة بالزبائن. ومن عيوب هذه الطريقة تحيز الزبون ففي حالة الرغبة بالمنتج يعطي تقديرا عاليا لطلبه وفي حالة عدم الرغبة يعطي تقديرا منخفضا، ضعف استجابة الزبائن لهذه المسوح، كلفة المسوح العالية، والحاجة إلى مهارات لإعداد وتنفيذ المسوح وبحوث السوق.

ولإجراء بحث للسوق يتطلب القيام بالخطوات التالية:[20]

- تصميم استبانة لجمع البيانات اللازمة عن المستهلكين؛
- تقرير الكيفية التي ستدار بموجبها الاستبانة (بالهاتف، بالبريد، بالمقابلة الشخصية)؛
- اختيار عينة ممثلة لمجتمع البحث؛
- تحليل نتائج الاستبانة.

[20] عبد الكريم محسن وصلبح مجيد النجار، مرجع سبق ذكره، ص 95.

أسئلة تقييمية:

1. عرف التنبؤ واذكر خصائصه.

2. ما هي أهمية التنبؤ ؟

3. ما هي الحالات التي يمكن أن يأخذها التنبؤ ؟

4. فيما تتمثل خطوات عملية التنبؤ ؟

5. ما هو الحل لزيادة فاعلية التنبؤ ؟

6. ما العلاقة بين التنبؤ والتخطيط ؟

7. ما هي المعايير التي يعتمد عليها القائم بالتنبؤ في اختيار الأسلوب الملائم ؟

8. ما هي الأبعاد الزمنية للتنبؤ ؟

9. اذكر أنواع طرق التنبؤ الكيفية.

10. ما هي المشكلة الناجمة عند تطبيق طريقتي آراء وتقديرات المديرين و تقديرات رجال المبيعات ؟

11. اشرح كيفية تطبيق طريقة دلفي Delphi.

12. في اجتماع للإدارة العليا في مؤسسة طلب المدير العام من مديري الانتاج والتسويق والمالية والتموين تقديم تنبؤاتهم حول الطلب على منتج المؤسسة في السنة القادمة، وقد قدم المديرون تنبؤاتهم كالآتي:

المدراء	الطلب (ألف وحدة)
الانتاج	125
التسويق	160
المالية	100
التموين	120

وفي ضوء خبرة المدير العام فقد أعطى الاحتمالات التالية لهذه التنبؤات:

مدير الانتاج 40 %، مدير التسويق 30 %، مدير المالية 15 %، مدير التموين 15 %.

- ما هي القيمة المتنبأ بها في هذه الحالة ؟

الفصل الثاني

مركبات وطرق السلاسل الزمنية

1. تعريف السلسلة الزمنية

– السلسلة الزمنية هي مجموعة من المشاهدات أو القياسات التي تؤخذ على إحدى الظواهر (الاقتصادية، الاجتماعية، الطبية، الطبيعية، ...) على فترات زمنية متتابعة عادة ما تكون متساوية الطول.[1]

– السلسلة الزمنية عبارة عن معطيات رقمية مرتبطة بالزمن أي تتغير عبر الزمن، حيث نعتمد على عنصر الزمن كمتغير مستقل لتفسير الظاهرة المدروسة (المتغير التابع) وذلك في غياب متغيرات مفسرة لهذه الظاهرة أو في حالة عدم توفر معطيات حول هذه المتغيرات.[2]

– السلسلة الزمنية هي مجموعة من المشاهدات المأخوذة عن متغير واحد أو أكثر مرتبة وفقا لزمن حدوثها في فترات زمنية متتابعة ومتساوية.[3]

ومن أمثلة السلاسل الزمنية: اجمالي المبيعات الشهرية لسلعة ما، درجات الحرارة اليومية، عدد الحوادث الأسبوعية في مدينة ما، تطور الدخل السنوي، تطور مرض ما سنويا، ... الخ.

نلجأ إلى استخدام طرق السلاسل الزمنية في عدة حالات من بينها:[4]

– في حالة غياب العلاقة السببية بين المتغيرات؛

– في حالة عدم توفر المعطيات الكافية حول المتغيرات المستقلة؛

– في حالة ضعف النماذج الانحدارية من حيث دقتها وذلك من خلال مؤشرات النموذج،: معامل الارتباط، معامل التحديد، ... الخ.

2. أهداف دراسة السلاسل الزمنية:

تدرس السلاسل الزمنية عادة لتحقيق عدد من الأهداف، وقد يكون أول أهداف هذه الدراسة هو استخدام السلسلة الزمنية لوصف وتصوير المعلومات المتاحة عن فترة زمنية توضح تطور الظاهرة المدروسة أي وصف الملامح والسمات الرئيسية للسلسلة. ويساعد وصف السلسلة إلى حد كبير في تحديد النموذج الذي يمكن أن

[1] سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 5.
[2] جيلالي جلاطو، الإحصاء التطبيقي، ط 1، دار الخلدونية، الجزائر، 2007، ص 143.
[3] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 183.
[4] جيلالي جلاطو، مرجع سبق ذكره، ص 144.

يكون مناسبا لتمثيل البيانات والتعرف على حركات الصعود والنزول في السلسلة الزمنية والتعرف على المكونات الرئيسية مثل الاتجاه العام والتغيرات الموسمية. أما الهدف الثاني من دراسة السلاسل الزمنية فهو التفسير ويقصد به توضيح وشرح التغيرات التي تحدث في الظاهرة باستخدام السلاسل الزمنية الأخرى التي ترتبط بها، مثال ذلك تفسير التغيرات التي تحدث في سلسلة المبيعات الخاصة بإحدى السلع باستخدام السلسلة الخاصة بتغيرات أسعار هذه السلعة.

أما أهم أهداف دراسة السلاسل الزمنية على الإطلاق فهو التنبؤ بالمشاهدات المستقبلية والذي عادة ما يمثل الهدف النهائي من تحليل السلاسل الزمنية. فتحليل السلاسل الزمنية يبدأ عادة بالتعرف على النمط المناسب لشرح آلية تطور هذه السلسلة واستكمال هذا النمط مستقبلا. والفرض الأساسي في أساليب التنبؤ المستخدمة هو أن هذا النمط الذي تم التعرف عليه سيستمر في المستقبل القريب، وتجدر الاشارة إلى أنه لا يمكن لأي أسلوب تنبؤ أن يعطي نتائج جيدة إذا لم يستمر هذا النمط، ولذلك فإنه ينصح دائما بالتنبؤ بالقيم المستقبلية القريبة وتحديثها بمجرد الحصول على أي مشاهدة جديدة.[5]

3. مركبات السلسلة الزمنية:

تتكون السلسلة الزمنية من أربع مركبات:[6]

أ. **الاتجاه (T)**: وهو عبارة عن التحركات الصاعدة أو النازلة في مستوى السلسلة على المدى الطويل ويعرف عادة بتغيرات المدى الطويل.

عند فحص نمط التغير للظاهرة موضع الدراسة من خلال المنحنى الزمني (أو من خلال البيانات) كثيرا ما يلاحظ وجود تغيرات بطيئة وتدريجية على المدى القصير (بالزيادة أو النقصان) وميل عام إلى التزايد على المدى الطويل كما يحدث عادة في السلسلة الخاصة بعدد الحجاج أو السلسلة الخاصة بعدد المواليد السنوي أو السلسلة الخاصة بأسعار إحدى السلع السنوية، ويقال في هذه الحالة أن للظاهرة اتجاها عاما بالزيادة. وعلى العكس قد يلاحظ وجود تغيرات بطيئة وتدريجية على المدى القصير (بالزيادة أو النقصان) وميل عام إلى التناقص على المدى الطويل كما يحدث عادة في السلسلة الخاصة بمرض معين أو السلسلة الخاصة بالاستهلاك السنوي لنوع معين من الهواتف القليلة التطبيقات، ويقال في هذه الحالة أن للظاهرة اتجاها

[5] سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 10، 11.

[6] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 185، 186.

عاما بالنقصان، وقد يكون للظاهرة اتجاها عاما بالتزايد في البداية واتجاها عاما بالتناقص في نهاية الفترة الزمنية.

والاتجاه العام هو محصلة مجموعة أخرى من العوامل أو المؤثرات العامة، فالزيادة في مستوى عدد الحجاج هو انعكاس للزيادة المتصلة في عدد المسلمين والارتفاع في مستوى المعيشة وانتشار الوعي الديني وغيرها من العوامل التي تحدد عدد الحجاج، والزيادة المتصلة بمبيعات إحدى السلع قد تحدد بعوامل كثيرة مثل التزايد المستمر في عدد السكان والتغيرات الفنية التي تحدث في إنتاج السلعة والتغيرات التي تحدث في أذواق المستهلكين.[7]

ب. **التغيرات الموسمية (الموسمية) (S)**: هي تقلبات تحدث للظاهرة في مواعيد وأزمنة محددة تتكرر في نفس المواعيد على مدار الفترة الزمنية، وتكون مدة الدورة أقل من سنة. ولها أمثلة كثيرة منها: الألبسة الشتوية، المكيفات الكهربائية، مبيعات بعض الأغذية والملابس في المناسبات والأعياد، ... الخ. ويمكن للتغيرات الموسمية أن تكون يومية أو أسبوعية أو شهرية أو فصلية، أو أية فترة زمنية مدتها أقل من سنة. وترجع التغيرات الموسمية إلى عدد من العوامل منها الطبيعي كالتغير في الجو ومنها ما يرتبط بالسلوك الإنساني كالعادات والتقاليد والأعياد ... الخ.

وتعتبر التغيرات الجوية من أهم العوامل التي تؤدي إلى حدوث تغيرات موسمية في الانتاج الزراعي وفي أعمال البناء وفي حركة النشاط السياحي وفي الطلب على الألبسة الثقيلة في فصل الشتاء في البلاد الباردة وعلى المشروبات الغازية في فصل الصيف.

وتجدر الاشارة إلى أن الطلب على المواد الموسمية يتقدم أو يتأخر عن الموسم نفسه، فالطلب على ألبسة وهدايا العيد يسبق العيد عادة.

ت. **التغيرات الدورية (الدورة) (C)**: هي تقلبات تتكرر على نفس الوتيرة وتستعيد سيرتها كل عدة سنوات، وتختلف هذه التقلبات من دورة إلى أخرى سواء من حيث طول الفترة الزمنية للدورة أو من حيث اتساع التقلبات. وتظهر هذه التقلبات أعلى وأسفل خط الاتجاه. وهي ناتجة عن الدورات الاقتصادية التي تمتد عادة لسنتين أو أكثر.

تتضح هذه التغيرات في السلاسل الزمنية التي تغطي عدة سنوات، ويمكن تعريف الدورة بأنها ذبذبة طويلة المدى أو تقلبات للبيانات حول خط الاتجاه العام تشمل على الأقل فترة تعادل ثلاثة مواسم كاملة.

[7] سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 43.

وترجع التغيرات الدورية إلى عوامل كثيرة، منها التغير في عرض السلع والخدمات وفي الطلب عليها والسياسات الحكومية والعلاقات الدولية ... الخ.

وتمر الدورة الاقتصادية عادة بأربعة مراحل هي: مرحلة النمو أو الازدهار، تليها مرحلة الانكماش، ثم مرحلة الركود وأخيرا مرحلة الكساد أو الأزمة (غالبا يعتبر قياس أو توقع هذه الدورات صعبا ويتطلب تحليل سلسلة طويلة نسبيا من البيانات).

إن طول هذا النوع من الدورات لا يمكن تحديده بشكل دقيق، فهذا النوع من التقلبات يتسم بعدم الانتظام بشكل أدى إلى عدم الاعتماد على تقديره من البيانات الزمنية في التنبؤ خاصة أن هذا النوع من التغيرات يحتاج إلى فترة طويلة لاكتشافه وتقديره.[8]

ث. **التغيرات غير المنتظمة (العشوائية) (I)**: تختلف هذه التغيرات عن التغيرات السابق ذكرها في أنها لا يمكن التنبؤ بها لأنها لا تحدث طبقا لقاعدة أو نظام أو قانون معين، فهي تغيرات غير عادية تسبب اهتزازات فجائية في الظاهرة بالارتفاع أو الانخفاض. وتتصف هذه التغيرات بأنها لا تستمر طويلا، ولذلك فهي تسمى بالتغيرات قصيرة الأجل. ومن أسباب هذه التغيرات الإضرابات العمالية، الحرائق، الحروب، الزلازل، الفيضانات، ...[9]

ويمكن أن تأخذ السلسلة الزمنية أحد النموذجين:

- النموذج التجميعي: $Y = T + C + S + I$

- النموذج الجدائي: $Y = T \times C \times S \times I$

ويعرف نموذج السلسلة الزمنية بأنه تحديد لعلاقة السلسلة الزمنية بمكوناتها الرئيسية، ويستخدم النموذج الجدائي عندما يكون مدى التغيرات متغير من سنة إلى أخرى، أما النموذج التجميعي فيستخدم عندما يكون مدى التغيرات الموسمية ثابت من سنة إلى أخرى ومستقل عن قيم الاتجاه العام. ويستخدم عادة كلا النموذجين كتقريب للعلاقة الحقيقية بين عناصر ومركبات السلسلة الزمنية التي تظهرها البيانات.[10]

ومن بين الطرق لتحديد أي النماذج الممكنة التي تأخذها السلسلة:[11]

[8] سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 47.

[9] المرجع نفسه، ص 48.

[10] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 187.

[11] جيلالي جلاطو، مرجع سبق ذكره، ص 154.

أ. طريقة المتوسط السنوي:

تستعمل هذه الطريقة فيما إذا كانت السنة مقسمة إلى عدة فترات (شهر، ثلاثي، سداسي، ...)، ولهذه الطريقة خطوتان:

- حساب المتوسط السنوي لكل سنة؛

- حساب الفرق بين القيم الأصلية الخاصة بكل سنة والمتوسط السنوي المقابل لها.

فإذا كانت هذه الفروق تشكل متتالية حسابية أو قيم متقاربة نستنتج أن نموذج السلسلة الزمنية هو نموذج تجميعي، أما إذا كانت هذه الفروق على شكل متتالية هندسية أي أن الفروق تتضاعف من سنة إلى أخرى فنكون في حالة نموذج جدائي.

ب. طريقة الانحراف المعياري السنوي:

لهذه الطريقة خطوة واحدة وهي تحديد الانحراف المعياري السنوي لكل سنة، فإذا كانت قيم الانحرافات المعيارية السنوية متساوية أو متقاربة نكون في حالة نموذج تجميعي، أما إذا كانت هذه القيم متباعدة فنكون في حالة نموذج جدائي.

ج .. طريقة المعادلة الانحدارية:

تعتبر هذه الطريقة من أهم الطرق المعتمدة في تحديد شكل السلسلة الزمنية، وتعتمد هذه الطريقة على معامل انحدار المعادلة التالية:[12]

$$\sigma = a + b\,t$$

فمن خلال قيمة معامل الانحدار نبين فيما إذا كانت السلسلة الزمنية تجميعية أو جدائية.

- إذا كانت قيمة b أقل من 0.05 $(b < 0.05)$ نكون في حالة نموذج تجميعي؛

- إذا كانت قيمة b أكبر من 0.1 $(b > 0.1)$ نكون في حالة نموذج جدائي؛

[12] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 188.

- إذا كانت قيمة b محصورة بين القيمتين $(0.05 \leq b \leq 0.1)$ فإننا نأخذ النموذجين ونختار من بينهما النموذج ذو التشتت الأقل.[13]

مثال:

تبين السلسلة الزمنية التالية تطور مبيعات سلعة معينة خلال خمس سنوات حيث أن السنة مقسمة إلى أربع ثلاثيات:

ثلاثي / سنة	1	2	3	4
1	20	28	22	34
2	19	39	25	44
3	21	49	33	55
4	23	60	37	66
5	24	71	42	76

المطلوب:

1. استخدم طريقة المتوسط السنوي لتحديد شكل نموذج السلسلة الزمنية.

2. استخدم طريقة الانحراف المعياري السنوي لتحديد شكل نموذج السلسلة الزمنية.

3. استخدم طريقة المعادلة الانحدارية لتحديد شكل نموذج السلسلة الزمنية.

الحل:

1. طريقة المتوسط السنوي:

- نقوم أولا بحساب المتوسط السنوي لكل سنة $\bar{y}$.

- ثم نقوم بحساب الفروقات بين القيم الأصلية والمتوسط السنوي المقابل لكل سنة.

الجدول التالي يبين مختلف العمليات الحسابية:

[13] نفس المرجع، 188.

ثلاثي / سنة	1	2	3	4	
1	6 -	2	4 -	8	26
2	12.75 -	7.25	6.75 -	12.25	31.75
3	18.5 -	9.5	6.5 -	15.5	39.5
4	23.5 -	13.5	9.5 -	19.5	46.5
5	29.25 -	17.75	11.25 -	22.75	53.25

نلاحظ أن الفروقات بالنسبة للثلاثي الأول من كل سنة تتضاعف من سنة لأخرى (6، 12.75، 18.5، 23.5، 29.25)، نستنتج أن نموذج السلسلة الزمنية جدائي.

2. طريقة الانحراف المعياري السنوي:

لهذه الطريقة خطوة واحدة وهي حساب الانحراف المعياري السنوي لكل سنة، حيث أن الانحراف المعياري يحسب بالعلاقة التالية:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y})^2}{n}}$$

يبين الجدول التالي نتائج العمليات الحسابية:

السنة		
1	26	5.477
2	31.75	10.13
3	39.5	13.37
4	46.5	17.36
5	53.25	21.29

نلاحظ أن الانحرافات المعيارية غير ثابتة من سنة إلى أخرى، وبالتالي فإن النموذج الموافق لهذه السلسلة هو النموذج الجدائي.

3. طريقة المعادلة الانحدارية:

نقوم في هذه الطريقة بإيجاد معادلة الانحدار التالية:

$$\sigma = a + b\,t$$

وبعد القيام بالعمليات الحسابية اللازمة يتم إيجاد المعاملين a و b (تم شرح كيفية إيجاد قيم المعاملات في الجزء الخاص بطريقة الاتجاه العام، بالإضافة إلى أنه تم التطرق إليها في الفصل الثالث تحديدا عند التطرق إلى طريقة الانحدار الخطي البسيط)، ومنه فإن معادلة الانحدار هي:

$$\sigma = 1.87 + 3.9\,t$$

الملاحظ أن قيمة b = 3.9 وهي أكبر من 0.1، ومنه فإن نموذج السلسلة الزمنية هو النموذج الجدائي.

4. طرق الكشف عن مركبات السلسلة الزمنية:

1.4. الطريقة البيانية:

إن استعمال الطريقة البيانية للكشف عن مركبات السلسلة الزمنية يتطلب دقة كبيرة في عرض بيانات السلسلة المدروسة وذلك نظرا للصعوبة الكبيرة التي يتلقاها الباحث في كشف مركباتها في كثير من الحالات. وعلى كل حال فإن مركبة الاتجاه هي تلك المركبة التي تدفع بالمنحنى نحو الزيادة إذا كان ميلها موجب أو إلى الأسفل إذا كان ميلها سالب، بينما يمكن بسهولة كشف المركبة الموسمية بالعين المجردة من خلال التقلبات التي تحدث وتتكرر في نفس المواعيد، بينما المركبة العشوائية تتمثل في عدم تركها المركبات المنتظمة أن تكون كذلك.

2.4 الطريقة التحليلية:

نظرا لعدم وضوح الطريقة البيانية، نستعين بالطريقة التحليلية لكشف مركبات السلسلة الزمنية، كما يلي:[14]

أ. كشف مركبة الاتجاه: من بين الاختبارات المستعملة في كشف هذه المركبة ما يسمى باختبار دانيال test of Daniel، وهو يستعين بمعامل الارتباط الرتبي لسبيرمان، والذي يساوي:

$$r = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}$$

ولتطبيق هذا الاختبار نتبع الخطوات التالية:

[14] انظر:
- جيلالي جلاطو، مرجع سبق ذكره، ص 147- 151.
- مولود حشمان، مرجع سبق ذكره، ص 27-29؛ 32، 33.

- وضع رتبا لقيم السلسلة الزمنية من أصغر قيمة إلى أكبر قيمة R_t.

- حساب معامل الارتباط الرتبي.

- نقارن بين القيمة المحسوبة لمعامل الارتباط الرتبي والقيمة الجدولية لنفس المعامل، فإذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية نقول أن السلسلة الزمنية تحتوي على مركبة الاتجاه بالاضافة إلى المركبة العشوائية، وإذا كان العكس فالسلسلة تحتوي فقط على المركبة العشوائية.

مثال: لتكن السلسلة الزمنية التالية ، والمطلوب: تأكد من وجود مركبة الاتجاه عند مستوى دلالة $\alpha = 5\ \%$.

الحل:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Y	20	28	22	34	19	39	25	44	21	49	33	55	23	60	37	66	24	71	42	76	
R_t	2	8	4	10	1	12	7	14	3	15	9	16	5	17	11	18	6	19	13	20	
d	-1	-6	-1	-6	4	-6	0	-6	6	-5	2	-4	8	-3	4	-2	11	-1	6	0	
d^2	1	36	1	36	16	36	0	36	36	25	4	16	64	9	16	4	121	1	36	0	مج= 494

$$r = 1 - \frac{6(494)}{20(20^2-1)} = 0.63$$

القيمة الجدولية:

$$r_{(\alpha/2\ ,\ n)} = r_{(5\%/2\ ,\ 20)} = r_{(2.5\%\ ,\ 20)} = r_{(0.025\ ,\ 20)} = 0.4451$$

* بما أن القيمة المحسوبة (0.63) أكبر من القيمة الجدولية (0.4451) فإن السلسلة الزمنية تحتوي على مركبة الاتجاه بالاضافة إلى المركبة العشوائية.

ب. كشف المركبة الموسمية:

يعتبر اختبار كروسكل – واليس (Kruskall- Wallis) من أهم الاختبارات استعمالا للكشف عن المركبة الموسمية ويرمز له بالرمز KW، ولتطبيق هذا الاختبار نتبع الخطوات التالية:

1- تحديد وحساب مركبة الاتجاه بعد تقدير معلماتها باستعمال طريقة المربعات الصغرى: $T = b_0 + b_1 t$

2- عزل واستبعاد مركبة الاتجاه عن طريق وضع جدول البواقي w_t، حيث أن: $w_t = Y_t - T = Y_t - (b_0 + b_1t)$

3- تحديد الرتب R_t للبواقي w_t

4- تطبيق علاقة KW، أي تحديد القيمة المحسوبة، كما يلي:

$$KW = \frac{12}{n(n+1)}\sum\frac{R_i^2}{m_i} - 3(n+1)$$

حيث أن هذا المقدار يتبع توزيع كاي تربيع بدرجة حرية $(p-1)$، أي:

$$KW \longrightarrow \chi^2_{(p-1)}$$

علما أن:

R_i: مجموع رتب الفصل i

m_i: عدد القيم أو المشاهدات المقابلة للفصل i، وتكون في أغلب الأحيان عدد السنوات

n: عدد المشاهدات الكلي

p: دورية المركبة الموسمية، فإذا كانت السنة مقسمة إلى ثلاثيات (فصول) فإن: p=4، وإذا كانت مقسمة إلى أشهر فإن : p=12 وهكذا

5- تحديد القيمة الجدولية لـ $\chi^2_{(\alpha,\ p-1)}$ عند مستوى دلالة α ودرجة حرية $(p-1)$.

6- مقارنة القيمة المحسوبة مع القيمة الجدولية، فإذا كانت:

$KW > \chi^2_{(\alpha,\ p-1)}$: السلسلة الزمنية تحتوي على المركبة الموسمية.

$KW \leq \chi^2_{(\alpha,\ p-1)}$: السلسلة الزمنية لا تحتوي على المركبة الموسمية.

مثال: الجدول التالي يمثل المبيعات الفصلية لأحد محلات بيع الألبسة الجاهزة (بالألف دينار).

فصل / سنة	1	2	3	4
2005	369	378	385	413
2006	376	383	389	422
2007	383	392	402	438
2008	393	402	407	445

المطلوب: الكشف عن المركبة الموسمية عند مستوى دلالة 5 %.

الحل:

1- تحديد وحساب مركبة الاتجاه:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	مج = **136**
Y	369	378	385	413	376	383	389	422	383	392	402	438	393	402	407	445	مج= **6377**
R_t	1	3	6	13	2	4.5	7	14	4.5	8	10.5	15	9	10.5	12	16	
d	0	-1	-3	-9	3	1.5	0	-6	4.5	2	0.5	-3	4	3.5	3	0	
d^2	0	1	9	81	9	2.25	0	36	20.25	4	0.25	9	16	12.25	9	0	مج= **209**

$$r = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}$$

$$r = 1 - \frac{6(209)}{16(16^2-1)} = 0.69$$

القيمة الجدولية:

$$r_{(\alpha/2\ ,\ n)} = r_{(5\%/2\ ,\ 16)} = r_{(2.5\%\ ,\ 16)} = r_{(0.025\ ,\ 16)} = 0.5$$

* بما أن القيمة المحسوبة (0.69) أكبر من القيمة الجدولية (0.5) فإن السلسلة الزمنية تحتوي على مركبة الاتجاه بالاضافة إلى المركبة العشوائية.

- حساب مركبة الاتجاه:

t^2	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121	144	169	196	225	256	مج = **1496**
Yt	369	756	1155	1652	1880	2298	2723	3376	3447	3920	4422	5256	5109	5628	6105	7120	مج= **55216**

$$\overline{t} = 8.5$$

$$\overline{Y} = 398.56$$

$$b_1 = \frac{n\sum tY - \sum t \sum Y}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b_1 = \frac{16(55216) - (136)(6377)}{16(1496) - (136)^2}$$

$$b_1 = 2.975$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{t}$$

$$b_0 = 398.56 - 2.975\ (8.5)$$

$$b_0 = 373.275$$

ومنه:

$$T = 373.275 + 2.975\ t$$

2- استبعاد مركبة الاتجاه، أي: $w_t = Y - T$

$$w_1 = 369 - (373.275 + 2.975(1)) = -7.25$$

$$w_2 = 378 - (373.275 + 2.975(2)) = -1.225$$

..... وهكذا إلى غاية w_{16}

- جدول البواقي w_t:

فصل / سنة	1	2	3	4
2005	-7.25	-1.225	2.8	27.825
2006	-12.15	-8.125	-5.1	24.925
2007	-17.05	-11.025	-4	29.025
2008	-18.95	-12.925	-10.9	24.125

3- تحديد الرتب R_t للبواقي w_t:

فصل / سنة	1	2	3	4
2005	8	11	12	15
2006	4	7	9	14
2007	2	5	10	16
2008	1	3	6	13
$\sum R_i$	15	26	37	58

4- حساب قيمة KW (القيمة المحسوبة):

$$KW = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{m_i} - 3(n+1)$$

$$KW = \frac{12}{16(16+1)} \left(\frac{15^2}{4} + \frac{26^2}{4} + \frac{37^2}{4} + \frac{58^2}{4}\right) - 3(16+1)$$

$$KW = 11.14$$

5- تحديد القيمة الجدولية:

$$\chi^2_{(\alpha,\, p\text{-}1)} = \chi^2_{(5\,\%,\, 3)} = 7.815$$

6- المقارنة بين القيمة المحسوبة والقيمة الجدولية:

بما أن القيمة المحسوبة (11.14) أكبر من القيمة الجدولية (7.815) فإن السلسلة الزمنية تحتوي على المركبة الموسمية.

5. طرق السلاسل الزمنية:

1.5 التنبؤ السطحي:

تستخدم طريقة التنبؤ السطحي قيمة المشاهدة الحالية كتنبؤ مباشر للمشاهدة التالية، أي أن:

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t$$

وتكون هذه الطريقة ملائمة عندما تكون قيم السلسة ثابتة بشكل تقريبي على الفترة الزمنية موضع الدراسة.[15]

2.5 طريقة المتوسطات المتحركة:

المتوسط المتحرك البسيط يساوي مجموع بعض القيم في السلسلة الزمنية مقسوما على عدد القيم التي تدخل في حسابه.

مثال:

البيانات التالية تمثل الطلب الشهري لمنتج بالآلاف لستة أشهر. المطلوب: تنبأ بالطلب لهذا المنتج للشهر السابع باستخدام المتوسط المتحرك لثلاث أشهر.

الحل:

الأشهر t	الطلب Y	المتوسط المتحرك لـ ثلاث أشهر $\widehat{Y}$
جانفي	7	-
فيفري	12	-
مارس	14	-
أفريل	14	(7 + 12 + 14)/3=11
ماي	18	(12+14+14)/3=13.33
جوان	19	(14+14+18)/3=15.33
جويلية		(14+18+19)/3=17

ملاحظة: سمي متوسط متحرك لأنه في كل مرة يحسب فيها المتوسط المتحرك نترك الفترة الأقدم وتضاف قيمة الفترة اللاحقة.

3.5 المتوسط المتحرك المرجح:

في المتوسط المتحرك البسيط يتم إعطاء وزن أو ترجيح متساوي لجميع البيانات الداخلة في حسابه سواء للفترات الأقدم أو الأحدث، أما في المتوسط المتحرك المرجح يتم إعطاء وزن أكبر للفترات الأحدث لأنها الأقرب لما هو موجود في الوقت الراهن في السوق بالمقارنة مع الفترات التي تسبقها.

[15] سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 26.

ملاحظة: مجموع الأوزان أو الترجيحات يساوي الواحد.

مثال:

بالرجوع إلى المثال السابق، تنبأ بالطلب للشهر السابع باستخدام المتوسط المتحرك المرجح لثلاث أشهر، علما أن القائم بالتنبؤ افترض الأوزان التالية: 0.5 للفترة الأحدث، 0.3 للفترة التي تسبقها، 0.2 للفترة الأسبق.

الحل:

الأشهر t	الطلب Y	المتوسط المتحرك المرجح لـ ثلاث أشهر $\hat{Y}$
جانفي	7	-
فيفري	12	-
مارس	14	-
أفريل	14	(7×0.2 + 12×0.3 + 14×0.5)=12
ماي	18	(12×0.2 + 14×0.3 + 14×0.5)=13.6
جوان	19	(14×0.2 + 14×0.3 + 18×0.5)=16
جويلية		(14×0.2 + 18×0.3 + 19×0.5)=17.7

4.5 طريقة التمهيد الأسي البسيط:

يأخذ التمهيد الأسي البسيط الشكل العام التالي:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)\,\hat{Y}_t$$

حيث:

$\hat{Y}_{t+1}$: القيمة المقدرة في الزمن t+1 .

$\hat{Y}_t$: القيمة المقدرة في الزمن t .

Y_t: القيمة الحقيقية في الزمن t .

α : معامل التمهيد، حيث: $0 < \alpha < 1$.

يتم تحديد قيمة معامل التمهيد α بطريقة تجريبية، حيث نختار قيمة α التي تجعل مجموع مربعات الانحرافات أقل ما يمكن، أي:

$\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2$ أقل ما يمكن

ويتم حساب مجموع مربعات الانحرافات من أجل قيم مختلفة لـ α مبتدئين بـ $\alpha = 0.1$ ثم زيادتها بـ 0.1 في كل مرة.

وأخيرا نختار قيمة α التي تقابل أقل قيمة لمجموع مربعات الانحرافات، وعادة تكون القيمة المثلى لـ α ما بين 0.1 و 0.3 .

تتميز طريقة التمهيد الأسي البسيط بسهولة العمليات الحسابية وبقلة عدد القيم الضرورية للتنبؤ، فهي تحتاج فقط إلى القيمة الحقيقية للفترة السابقة والقيمة المقدرة للفترة السابقة بالاضافة إلى معامل التمهيد α.

يعتبر التنبؤ قصير الأجل المجال المفضل لاستخدام هذه الطريقة، بالاضافة إلى أنها مفيدة في التنبؤ في حالة السلاسل الزمنية التي تتميز بالاستقرار النسبي دون حدوث تغيرات غير متوقعة.

ملاحظة: إذا كانت السلسلة الزمنية بعد رسمها تظهر شكل منحنى ممهد نستخدم قيم كبيرة لمعامل التمهيد والعكس إذا كانت تظهر تغيرات مرتفعة نستخدم قيمة منخفضة.[16]

مثال:

بالعودة إلى المثال السابق، وبافتراض $\alpha = 0.3$، تنبأ بالطلب للشهر السابع باستخدام طريقة التمهيد الأسي البسيط، وذلك باعتبار أن القيمة الحقيقية الأولى هي نفسها القيمة المقدرة الأولى.

الحل:

لدينا:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\hat{Y}_t$$

$$\alpha = 0.3 \quad , \quad 1 - \alpha = 1 - 0.3 = 0.7$$

$Y_1 = \hat{Y}_1 = 7$ ، وذلك باعتبار أن القيمة الحقيقية للشهر الأول هي نفسها القيمة المقدرة للشهر الأول

[16] سكوت شافير وجاك ميرديث، إدارة العمليات، تعريب: سرور علي إبراهيم سرور، مراجعة: محمد يحي عبد الرحمن، دار المريخ، الرياض، 2005، ص 430.

الآن نحسب القيمة المقدرة للشهر الثاني، وذلك بالتعويض في معادلة التمهيد الأسي كما يلي:

$$\hat{Y}_2 = 0.3Y_1 + 0.7\,\hat{Y}_1$$

$$\hat{Y}_2 = 0.3(7)_1 + 0.7(7) = 7$$

القيمة المقدرة للشهر الثالث:

$$\hat{Y}_3 = 0.3Y_2 + 0.7\,\hat{Y}_2$$

$$\hat{Y}_3 = 0.3(12) + 0.7(7) = 8.5$$

القيمة المقدرة للشهر الرابع:

$$\hat{Y}_4 = 0.3Y_3 + 0.7\,\hat{Y}_3$$

$$\hat{Y}_4 = 0.3(14) + 0.7(8.5) = 10.15$$

القيمة المقدرة للشهر الخامس:

$$\hat{Y}_5 = 0.3Y_4 + 0.7\,\hat{Y}_4$$

$$\hat{Y}_5 = 0.3(14) + 0.7(10.15) = 11.305$$

القيمة المقدرة للشهر السادس:

$$\hat{Y}_6 = 0.3Y_5 + 0.7\,\hat{Y}_5$$

$$\hat{Y}_6 = 0.3(18) + 0.7(11.305) = 13.3135$$

القيمة المقدرة للشهر السابع:

$$\hat{Y}_7 = 0.3Y_6 + 0.7\,\hat{Y}_6$$

$$\hat{Y}_7 = 0.3(19) + 0.7(13.3135) = 15.01945$$

والنتائج مبينة في الجدول التالي:

الأشهر t	الطلب Y	$\hat{Y}_t$
جانفي	7	7
فيفري	12	7
مارس	14	8.5
أفريل	14	10.15
ماي	18	11.305
جوان	19	13.3135
جويلية		15.01945

ملاحظة:

هناك عدة طرق لاختيار القيمة المقدرة الأولى $\hat{Y}_1$:[17]

- اعتبار القيمة الحقيقية الأولى هي القيمة المقدرة الأولى؛

- أخذ متوسط القيمتين الحقيقيتين الأولتين ليكون القيمة المقدرة الأولى؛

- أخذ متوسط جميع قيم السلسلة الزمنية ليكون القيمة المقدرة الأولى.

5.5 طريقة التمهيد الأسي المعدل بالاتجاه:

تعتبر طريقة التمهيد الأسي السابقة مثل أي طريقة من طرق المتوسطات المتحركة، فهي تفشل في حالة وجود اتجاه، وعليه فهناك طرق أخرى يمكنها أن تتعامل مع البيانات التي تحتوي على اتجاه في البيانات، من بينها طريقة التمهيد الأسي المعدلة بالاتجاه.[18]

يتم حساب التنبؤات بهذه الطريقة عن طريق استخدام الصيغة التالية:

$$FIT_t = \hat{Y}_t + T_t \quad \dots (1)$$

حيث:

FIT_t: التنبؤ المتضمن الاتجاه.

T_t: الاتجاه الممهد أسيا.

[17] سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 35.

[18] Jay Heizer , Barry Render, Chuck Munson, Operations Management- Global Edition, 13th Edition, Pearson, USA, 2020, p. 152.

$\hat{Y}_t$: متوسط التنبؤ الممهد أسيا.

حيث $\hat{Y}_t$ يحسب وفق الصيغة التالية:

$$\hat{Y}_t = \alpha Y_{t-1} + (1- \alpha)(\hat{Y}_{t-1} + T_{t-1}) \quad \dots (2)$$

حيث:

Y_{t-1}: القيمة الحقيقية لفترة السابقة.

$\hat{Y}_{t-1}$: القيمة المتنبأ بها للفترة السابقة.

T_{t-1}: الاتجاه المقدر للفترة السابقة.

α : معامل التمهيد، حيث: $0 < \alpha < 1$.

أما T_t فيحسب وفق الصيغة التالية:

$$T_t = ß\ (\hat{Y}_t - \hat{Y}_{t-1}) + (1 - ß)T_{t-1} \quad \dots (3)$$

حيث:

$\hat{Y}_t$: التنبؤ للفترة الحالية.

$\hat{Y}_{t-1}$: التنبؤ للفترة السابقة.

T_{t-1}: الاتجاه المقدر للفترة السابقة.

ß: معامل التمهيد للاتجاه، حيث: $0 < \alpha < 1$.

ولحساب التنبؤ بهذه الطريقة نتبع الخطوات الثلاث التالية:

- الخطوة الأولى: حساب $\hat{Y}_t$ متوسط التنبؤ الممهد أسيا للفترة t باستخدام الصيغة (2)

- الخطوة الثانية: حساب الاتجاه الممهد أسيا T_t باستخدام الصيغة (3)

- الخطوة الثالثة: حساب التنبؤ المتضمن الاتجاه FIT_t باستخدام الصيغة (1)

مثال:

لديك البيانات التاريخية لمبيعات منتج X، تريد المؤسسة التنبؤ لمبيعات الشهر العاشر باستخدام طريقة التمهيد الأسي المعدل بالاتجاه، مع ملاحظة أن البيانات تشير إلى وجود اتجاه:

الشهر (t)	المبيعات (Y)
1	12
2	17
3	20
4	19
5	24
6	21
7	31
8	28
9	36
10	؟

مع العلم أن $\alpha = 0.2$، $ß = 0.4$، $\hat{Y}_1 = 11$ وحدة، $T_1 = 2$ وحدة

الحل:

للقيام بعملية التنبؤ نتبع الخطوات التالية:

1. التنبؤ لمبيعات الشهر الثاني، أي:

$$\hat{Y}_2 = \alpha Y_1 + (1- \alpha)(\hat{Y}_1 + T_1)$$

$$\hat{Y}_2 = 0.2(12) + (1- 0.2)(11 + 2)$$

$$\hat{Y}_2 = 2.4 + (0.8)(13) = 2.4 + 10.4 = 12.8 \text{ وحدة}$$

2. حساب الاتجاه للفترة الثانية:

$$T_2 = ß\ (\hat{Y}_2 - \hat{Y}_1) + (1 - ß)T_1$$

$$T_2 = 0.4(12.8 - 11) + (1 - 0.4)(2)$$

$$T_2 = 0.4(1.8) + (0.6)(2)$$

$$T_2 = 0.72 + 1.2 = 1.92$$

3. حساب التنبؤ متضمنا الاتجاه (FIT_t):

$$FIT_2 = \hat{Y}_2 + T_2$$

$$FIT_2 = 12.8 + 1.92$$

$FIT_2 = 14.72$ وحدة

نتبع نفس الخطوات للتنبؤ للشهر الثالث:

1. التنبؤ لمبيعات الشهر الثالث، أي:

$$\hat{Y}_3 = \alpha Y_2 + (1- \alpha)(\hat{Y}_2 + T_2)$$

$$\hat{Y}_3 = 0.2(17) + (1- 0.2)(12.8 + 1.92)$$

$\hat{Y}_3 = 3.4 + (0.8)(14.72) = 3.4 + 11.78 = 15.18$ وحدة

2. حساب الاتجاه للفترة الثالثة:

$$T_3 = ß\,(\hat{Y}_3 - \hat{Y}_2) + (1 - ß)T_2$$

$$T_3 = 0.4(15.18 - 12.8) + (1 - 0.4)(1.92)$$

$$T_3 = 0.4(2.38) + (0.6)(1.92)$$

$$T_3 = 0.952 + 1.152 = 2.10$$

3. حساب التنبؤ متضمنا الاتجاه (FIT_t):

$$FIT_3 = \hat{Y}_3 + T_3$$

$$FIT_3 = 15.18 + 2.10$$

$$FIT_3 = 17.28 \text{ وحدة}$$

وباتباع نفس الخطوات نحسب التنبؤات للأشهر الباقية كما يلي:

- التنبؤ للشهر الرابع:

$$\hat{Y}_4 = \alpha Y_3 + (1- \alpha)(\hat{Y}_3 + T_3)$$

$$\hat{Y}_4 = 0.2(20) + (1- 0.2)(15.18 + 2.10)$$

$$\hat{Y}_4 = 4 + (0.8)(17.28) = 4 + 13.82 = 17.82 \text{ وحدة}$$

$$T_4 = ß\ (\hat{Y}_4 - \hat{Y}_3) + (1 - ß)T_3$$

$$T_4 = 0.4(17.82 - 15.18) + (1 - 0.4)(2.10)$$

$$T_4 = 0.4(2.64) + (0.6)(2.10)$$

$$T_4 = 1.056 + 1.26 = 2.32$$

$$FIT_4 = \hat{Y}_4 + T_4$$

$$FIT_4 = 17.82 + 2.32$$

$$FIT_4 = 20.14 \text{ وحدة}$$

- التنبؤ للشهر الخامس:

$$\hat{Y}_5 = \alpha Y_4 + (1- \alpha)(\hat{Y}_4 + T_4)$$

$$\hat{Y}_5 = 0.2(19) + (1- 0.2)(17.82 + 2.32)$$

$$\hat{Y}_5 = 3.8 + (0.8)(20.14) = 3.8 + 16.11 = 19.91 \text{ وحدة}$$

$$T_5 = ß\ (\hat{Y}_5 - \hat{Y}_4) + (1 - ß)T_4$$

$$T_5 = 0.4(19.91 - 17.82) + (1 - 0.4)(2.32)$$

$$T_5 = 0.4(2.09) + (0.6)(2.32)$$

$$T_5 = 0.836 + 1.392 = 2.23$$

$$FIT_5 = \hat{Y}_5 + T_5$$

$$FIT_5 = 19.91 + 2.23$$

$$FIT_5 = 22.14 \text{ وحدة}$$

- التنبؤ للشهر السادس:

$$\hat{Y}_6 = \alpha Y_5 + (1- \alpha)(\hat{Y}_5 + T_5)$$

$$\hat{Y}_6 = 0.2(24) + (1- 0.2)(19.91 + 2.23)$$

$$\hat{Y}_6 = 4.8 + (0.8)(22.14) = 4.8 + 17.71 = 22.51 \text{ وحدة}$$

$$T_6 = ß\ (\hat{Y}_6 - \hat{Y}_5) + (1 - ß)T_5$$

$$T_6 = 0.4(22.51 - 19.91) + (1 - 0.4)(2.23)$$

$$T_6 = 0.4(2.6) + (0.6)(2.23)$$

$$T_6 = 1.04 + 1.34 = 2.38$$

$$FIT_6 = \hat{Y}_6 + T_6$$

$$FIT_6 = 22.51 + 2.38$$

$$FIT_6 = 24.89 \text{ وحدة}$$

- التنبؤ للشهر السابع:

$$\hat{Y}_7 = \alpha Y_6 + (1- \alpha)(\hat{Y}_6 + T_6)$$

$$\hat{Y}_7 = 0.2(21) + (1- 0.2)(22.51 + 2.38)$$

$$\hat{Y}_7 = 4.2 + (0.8)(24.89) = 4.2 + 19.91 = 24.11 \text{ وحدة}$$

$$T_7 = ß\ (\hat{Y}_7 - \hat{Y}_6) + (1 - ß)T_6$$

$$T_7 = 0.4(24.11 - 22.51) + (1 - 0.4)(2.38)$$

$$T_7 = 0.4(1.6) + (0.6)(2.38)$$

$$T_7 = 0.64 + 1.43 = 2.07$$

$$FIT_7 = \hat{Y}_7 + T_7$$

$$FIT_7 = 24.11 + 2.07$$

$FIT_7 = 26.18$ وحدة

- التنبؤ للشهر الثامن:

$$\hat{Y}_8 = \alpha Y_7 + (1- \alpha)(\hat{Y}_7 + T_7)$$

$$\hat{Y}_8 = 0.2(31) + (1- 0.2)(24.11 + 2.07)$$

$\hat{Y}_8 = 6.2 + (0.8)(26.18) = 6.2 + 20.94 = 27.14$ وحدة

$$T_8 = ß\ (\hat{Y}_8 - \hat{Y}_7) + (1 - ß)T_7$$

$$T_8 = 0.4(27.14 - 24.11) + (1 - 0.4)(2.07)$$

$$T_8 = 0.4(3.03) + (0.6)(2.07)$$

$$T_8 = 1.21 + 1.24 = 2.45$$

$$FIT_8 = \hat{Y}_8 + T_8$$

$$FIT_8 = 27.14 + 2.45$$

$FIT_8 = 29.59$ وحدة

- التنبؤ للشهر التاسع:

$$\hat{Y}_9 = \alpha Y_8 + (1-\alpha)(\hat{Y}_8 + T_8)$$

$$\hat{Y}_9 = 0.2(28) + (1-0.2)(27.14 + 2.45)$$

$$\hat{Y}_9 = 5.6 + (0.8)(29.59) = 5.6 + 23.67 = 29.27 \text{ وحدة}$$

$$T_9 = ß\,(\hat{Y}_9 - \hat{Y}_8) + (1 - ß)T_8$$

$$T_9 = 0.4(29.27 - 27.14) + (1 - 0.4)(2.45)$$

$$T_9 = 0.4(2.13) + (0.6)(2.45)$$

$$T_9 = 0.85 + 1.47 = 2.32$$

$$FIT_9 = \hat{Y}_9 + T_9$$

$$FIT_9 = 29.27 + 2.32$$

$$FIT_9 = 31.59 \text{ وحدة}$$

- التنبؤ للشهر العاشر:

$$\hat{Y}_{10} = \alpha Y_9 + (1-\alpha)(\hat{Y}_9 + T_9)$$

$$\hat{Y}_{10} = 0.2(36) + (1-0.2)(29.27 + 2.32)$$

$$\hat{Y}_{10} = 7.2 + (0.8)(31.59) = 7.2 + 25.27 = 32.47 \text{ وحدة}$$

$$T_{10} = ß\,(\hat{Y}_{10} - \hat{Y}_9) + (1 - ß)T_9$$

$$T_{10} = 0.4(32.47 - 29.27) + (1 - 0.4)(2.32)$$

$$T_{10} = 0.4(3.2) + (0.6)(2.32)$$

$$T_{10} = 1.28 + 1.39 = 2.67$$

$$FIT_{10} = \hat{Y}_{10} + T_{10}$$

$$FIT_{10} = 32.47 + 2.67$$

وحدة $FIT_{10} = 35.14$

نتائج هذه الطريقة ملخصة في الجدول التالي:

الشهر (t)	المبيعات (Y)		T_t	FIT_t
1	12	11	2	13
2	17	12.8	1.92	14.72
3	20	15.18	2.10	17.28
4	19	17.82	2.32	20.14
5	24	19.91	2.23	22.14
6	21	22.51	2.38	24.89
7	31	24.11	2.07	26.18
8	28	27.14	2.45	29.59
9	36	29.27	2.32	31.59
10	-	32.47	2.67	35.14

6.5 طريقة خط الاتجاه:

تعد هذه الطريقة من الطرق الشائعة الاستخدام في التنبؤ. وتفترض هذه الطريقة أن الظاهرة المدروسة تتغير (تزيد أو تنقص) بمرور الزمن وأن ما حدث في الماضي يمكن أن يتكرر في المستقبل. وتستخدم معادلة خط الاتجاه العام في التنبؤ للظاهرة في المستقبل.[19]

تكتب معادلة الاتجاه بالشكل التالي:

حيث:

T: القيمة المراد التنبؤ بها.

t: الزمن

[19] عبد الكريم محسن وصلبح مجيد النجار، مرجع سبق ذكره، ص 112.

b_0: النقطة التي يتقاطع عندها خط الاتجاه مع المحور العمودي.

b_1: ميل خط الاتجاه.

ويتم حساب قيمتي b_0 وb_1 عن طريق الصيغتين التاليتين (المستخرجتين بطريقة المربعات الصغرى، تم التطرق إليها في الجزء الخاص بالانحدار الخطي البسيط في الفصل الثالث):

$$b_1 = \frac{n\sum tY - \sum t \sum Y}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{t}$$

مثال:

الجدول التالي يبين الطلب على إطارات السيارات لدى إحدى مؤسسات استيراد وتوزيع الإطارات للسنوات 1999- 2009، والمطلوب إيجاد معادلة خط الاتجاه، والتنبؤ بالطلب لسنة 2010 و2011.

السنوات	الطلب
1999	20
2000	30
2001	60
2002	100
2003	80
2004	70
2005	120
2006	140
2007	140
2008	180
2009	190

الحل:

1. إيجاد معادلة خط الاتجاه:

t	Y	t^2	tY
1	20	1	20
2	30	4	60
3	60	9	180
4	100	16	400
5	80	25	400
6	70	36	420
7	120	49	840
8	140	64	1120
9	140	81	1260
10	180	100	1800
11	190	121	2090
مج= 66	مج= 1130	مج= 506	مج= 8590

$$b_1 = \frac{n\sum tY - \sum t \sum Y}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b_1 = \frac{11(8590) - (66)(1130)}{11(506) - (66)^2}$$

$$b_1 = 16.45$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{t}$$

$$b_0 = 102.72 - 16.45\ (6)$$

$$b_0 = 4$$

ومنه معادلة الاتجاه هي:

$$T = 4 + 102.72\ t$$

2. التنبؤ بالطلب لسنة 2010 و2011:

$$T_{12} = 4 + 102.72\ (12)$$

$$T_{12} = 1\ 237$$

$$T_{13} = 4 + 102.72\ (13)$$

$$T_{13} = 1\ 339$$

6. قياس خطأ التنبؤ:

عادة ما تدرس السلسلة الزمنية بغرض اكتشاف نمط التطور التاريخي للظاهرة واستغلال هذا النمط في التنبؤ بالقيم المستقبلية. وأي تنبؤ مستقبلي لأي ظاهرة لابد أن يحتوي على قدر معين من عدم التأكد، ويمكن ترجمة هذه الحقيقة بإدراج مركبة خطأ في نموذج التنبؤ، ومركبة الخطأ هي المركبة غير النمطية التي تعبر عن العوامل التي لا يمكن شرحها باستخدام التغيرات النمطية أو المنتظمة في السلسلة. وكلما كانت هذه المركبة صغيرة زادت قدرتنا على التنبؤ والعكس صحيح.[20] إذا افترضنا أن قيمة الظاهرة موضع الدراسة عند الزمن t هي Y_t وأن التنبؤ بالظاهرة عند الزمن t هو $\hat{Y}_t$، فإن الخطأ في التنبؤ عند الزمن t يعرف كالآتي:[21]

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad ; \quad t = 1, 2, 3, \ldots, n$$

حيث يرمز n إلى طول السلسلة أي عدد المشاهدات.

ولعل أهم المقاييس المستخدمة في قياس حجم الأخطاء نجد:[22]

1.6 مجموع الأخطاء:

ويرمز له عادة بالرمز SE ويحسب بالصيغة التالية:

$$SE = \sum_{t=1}^{n} e_t = \sum_{t=1}^{n} (Y_t - \hat{Y}_t)$$

[20] سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 11، 12.

[21] المرجع نفسه، ص 12.

[22] انظر:

- Jay Heizer , Barry Render, Chuck Munson, op. cit, p. 150 – 152.

– سمير مصطفى شعراوي، مرجع سبق ذكره، ص 13، 14.

هذا المقياس لا يفيد كثيرا حيث أنه من المعروف أنه إذا كانت الأخطاء عشوائية فإن هذا المجموع عادة ما يكون قريبا جدا من الصفر بغض النظر عن حجم هذه الأخطاء.

2.6 متوسط الانحرافات المطلقة

يرمز له عادة بالرمز MAD ويحسب بالصيغة التالية:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n}|Y_t - \hat{Y}_t|}{n}$$

مثال:

إليك السلسلة الزمنية التالية:

t	Y
1	180
2	168
3	159
4	175
5	190
6	205
7	180
8	182

المطلوب:

1. باستخدام طريقة التمهيد الأسي لما $\alpha = 0.1$ ثم لما $\alpha = 0.5$، تنبأ بقيمة الفترة 9. علما أن القيمة المقدرة الأولى تساوي 175.

2. احسب متوسط الانحرافات المطلقة MAD لكلا الحالتين.

3. ما هي قيمة α المفضلة في هذه الحالة ؟

الحل:

1. التنبؤ بقيمة الفترة 9:

t	Y	$\widehat{Y}$, α = 0.1	$\widehat{Y}$, α = 0.5
1	180	175	175
2	168	175.5	177.5
3	159	174.75	172.75
4	175	173.18	165.88
5	190	173.36	170.44
6	205	175.02	180.22
7	180	178.02	192.61
8	182	178.22	186.3
9	-	178.59	184.15

2. حساب متوسط الانحرافات المطلقة MAD لكلا الحالتين:

t	Y	$\widehat{Y}$, α = 0.1	$\lvert Y_t - \widehat{Y}_t \rvert$, α = 0.1	$\widehat{Y}$, α = 0.5	$\lvert Y_t - \widehat{Y}_t \rvert$, α = 0.5
1	180	175	5	175	5
2	168	175.5	7.5	177.5	9.5
3	159	174.75	15.75	172.75	13.75
4	175	173.18	1.82	165.88	9.12
5	190	173.36	16.64	170.44	19.56
6	205	175.02	29.98	180.22	24.78
7	180	178.02	1.98	192.61	12.61
8	182	178.22	3.78	186.3	4.3
		$\sum$ =	82.45		98.62
		MAD	10.31	MAD	12.33

3. قيمة α المفضلة في هذه الحالة:

بمقارنة متوسط الانحرافات المطلقة لكل من معامل التمهيد α نجد أن α = 0.1 هي المفضلة في هذه الحالة لأنها ذات أقل متوسط انحرافات مطلقة (MAD).

3.6 متوسط مربعات الأخطاء:

ويرمز له بالرمز MSE ويحسب بالصيغة التالية:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

مثال:

بالعودة إلى المثال السابق، احسب متوسط مربعات الأخطاء MSE.

الحل:

t	Y	$\hat{Y}$, $\alpha = 0.1$		
1	180	175	5	25
2	168	175.5	- 7.5	56.25
3	159	174.75	- 15.75	248.06
4	175	173.18	1.82	3.31
5	190	173.36	16.64	276.89
6	205	175.02	29.98	898.8
7	180	178.02	1.98	3.92
8	182	178.22	3.78	14.29
			$\sum$ =	1526.52
			MSE	190.8

وبنفس الطريقة نقوم بحساب MSE لما $\alpha = 0.5$، فنجده يساوي 195.2 وبالتالي تبقى $\alpha = 0.1$ هي المفضلة لأنها ذات أقل متوسط مربعات أخطاء MSE.

4.6 متوسط الأخطاء النسبية المطلقة

يرمز له بالرمز MAPE ويحسب بالصيغة التالية:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} 100\left|Y_t - \hat{Y}_t\right|/Y_t}{n}$$

مثال:

بالعودة إلى المثال السابق، احسب متوسط الأخطاء النسبية المطلقة MAPE .

الحل:

t	Y	$\hat{Y}$, $\alpha = 0.1$	|	
1	180	175	5	2.78 %
2	168	175.5	7.5	4.46 %
3	159	174.75	15.75	9.9 %
4	175	173.18	1.82	1.05 %
5	190	173.36	16.64	8.76 %
6	205	175.02	29.98	14.62 %
7	180	178.02	1.98	1.10 %
8	182	178.22	3.78	2.08 %
			$\sum$ =	44.75 %
			MAPE	5.59 %

وبنفس الطريقة نقوم بحساب MAPE لما $\alpha = 0.5$، فنجده يساوي 6.75 % وبالتالي تبقى $\alpha = 0.1$ هي المفضلة لأنها ذات أقل **متوسط أخطاء نسبية مطلقة** MAPE.

تمارين محلولة:

التمرين الأول:

لديك السلسلة الزمنية التالية:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y	155	158	163	171	153	156	162	172	162	164	173	181

المطلوب: تأكد من وجود مركبة الاتجاه عند مستوى دلالة $\alpha = 1\ \%$.

التمرين الثاني:

إليك بيانات السلسلة الزمنية التالية:

فصل / سنة	1	2	3	4
2000	14	20	44	21
2001	10	19	64	32
2002	12	12	68	29
2003	7	18	60	36
2004	6	11	64	50

المطلوب: الكشف عن المركبة الموسمية عند مستوى دلالة 5 %.

التمرين الثالث

الجدول التالي يبين المبيعات السنوية (بالألف دينار):

السنة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
المبيعات	150	160	155	170	160	165	170	175	178	180	185

المطلوب:

– قدر قيمة المبيعات للسنة الثانية عشر باستخدام طريقة المتوسطات المتحركة لثلاث سنوات ؟

– قدر قيمة المبيعات للسنة الثانية عشر باستخدام طريقة المتوسطات المتحركة المرجحة لثلاث سنوات، مع العلم أن ترجيح الفترة الأحدث هو 0.4، وترجيح الفترة التي تسبقها هو 0.35، أما ترجيح الفترة الأسبق هو 0.25.

التمرين الرابع:

البيانات التالية تمثل تكاليف الاستغلال الشهرية لمؤسسة أحمد وشركاؤه (بالمائة ألف دينار):

الشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية
المبيعات	4	3	5	4	6	7	8

المطلوب:

– قدر قيمة التكاليف لشهر أوت بطريقة التمهيد الأسي البسيط، وذلك بافتراض $\alpha = 0.3$، مع العلم أن القيمة المقدرة الأولى تساوي متوسط القيمتين الحقيقيتين الأولتين.

– نفس السؤال وذلك بافتراض $\alpha = 0.4$.

– ما هي قيمة α المناسبة في هذه الحالة ؟

التمرين الخامس:

الجدول التالي يمثل المبيعات الشهرية لسلعة لأحد المحلات:

الشهر	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
المبيعات	**20**	**22**	**21**	**25**	**24**	**26**	**28**	**30**	**29**	**32**	**34**	**35**	**36**	**35**	**37**	**38**

المطلوب:

– رسم شكل الانتشار، ماذا تلاحظ ؟

– أوجد معادلة الاتجاه.

– قدر مبيعات الشهر السابع عشر.

التمرين السادس:

إليك السلسلة الزمنية التالية الخاصة بالطلب السنوي (بالآلاف) لمنتج:

السنوات	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
الطلب	7	14	12	14	16	18	17	20	19	21

المطلوب:

1. تأكد من وجود مركبة الاتجاه عند مستوى دلالة 5 % باستخدام اختبار دانيال، مع العلم أن القيمة الجدولية 0.6364 .

2. أوجد معادلة الاتجاه.

3. قدر قيمة الطلب لسنة 2018 .

4. ما هو المعيار الذي وفقه يتم اختيار القيمة المثلى لمعامل التمهيد ؟

التمرين السابع:

إليك السلسلة الزمنية التالية الخاصة بالطلب السنوي (بالآلاف) لمنتج:

السنوات	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
الطلب	14	7	12	16	18	16	17	20	19	23

المطلوب:

1. تأكد من وجود مركبة الاتجاه عند مستوى دلالة 5 % باستخدام اختبار دانيال، مع العلم أن القيمة الجدولية 0.6364 .

2. أوجد معادلة الاتجاه.

3. قدر قيمة الطلب لسنة 2018 .

التمرين الثامن:

الطلب على الطاقة الكهربائية لبلد لسبع سنوات السابقة بالميقاواط، يظهر في الجدول التالي:

السنوات	الطلب
1	74
2	79
3	80
4	90
5	105
6	142
7	122

المطلوب:

- تنبأ بالطلب على الطاقة الكهربائية للسنة التالية.

حل التمرين الأول:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Y	155	158	163	171	153	156	162	172	162	164	173	181	
R_t	2	4	7	9	1	3	5.5	10	5.5	8	11	12	
d	-1	-2	-4	-5	4	3	1.5	-2	3.5	2	0	0	
d^2	1	4	16	25	16	9	2.25	4	12.25	4	0	0	مج = 93.5

$$r = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}$$

$$r = 1 - \frac{6(93.5)}{12(12^2-1)} = 0.67$$

القيمة الجدولية:

$$r_{(\alpha/2\ ,\ n)} = r_{(1\%/2\ ,\ 12)} = r_{(0.5\%\ ,\ 12)} = r_{(0.005\ ,\ 12)} = 0.7273$$

* بما أن القيمة المحسوبة (0.67) أصغر من القيمة الجدولية (0.7273) فإن السلسلة الزمنية لا تحتوي على مركبة الاتجاه وإنما تحتوي فقط على المركبة العشوائية.

حل التمرين الثاني:

1- تحديد وحساب مركبة الاتجاه:

t	Y	R_t	d	d^2
1	14	7	-6	36
2	20	10	-8	64
3	44	15	-12	144
4	21	11	-7	49
5	10	3	2	4
6	19	9	-3	9
7	64	18.5	-11.5	132.25
8	32	13	-5	25
9	12	5.5	3.5	12.25
10	12	5.5	4.5	20.25
11	68	20	-9	81
12	29	12	0	0
13	7	2	11	121
14	18	8	6	36
15	60	17	-2	4
16	36	14	2	4
17	6	1	16	256
18	11	4	14	196
19	64	18.5	0.5	0.25
20	50	16	4	16
				مج = 1210

$$r = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}$$

$$r = 1 - \frac{6(1210)}{20(20^2-1)} = 0.09$$

القيمة الجدولية:

$$r_{(\alpha/2\ ,\ n)} = r_{(5\%/2\ ,\ 20)} = r_{(2.5\%\ ,\ 20)} = r_{(0.025\ ,\ 20)} = 0.4451$$

* بما أن القيمة المحسوبة (0.09) أصغر من القيمة الجدولية (0.4451) فإن السلسلة الزمنية لا تحتوي على مركبة الاتجاه وإنما تحتوي فقط على المركبة العشوائية.

– إعادة تنظيم الرتب:

فصل / سنة	1	2	3	4
2000	7	10	15	11
2001	3	9	18.5	13
2002	5.5	5.5	20	12
2003	2	8	17	14
2004	1	4	18.5	16
$\sum R_i$	18.5	36.5	89	66

2– حساب قيمة KW (القيمة المحسوبة):

$$KW = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{m_i} - 3(n+1)$$

$$KW = \frac{12}{20(20+1)} \left(\frac{18.5^2}{5} + \frac{36.5^2}{5} + \frac{89^2}{5} + \frac{66^2}{5}\right) - 3(20+1)$$

$$KW = 16.72$$

3– تحديد القيمة الجدولية:

$$\chi^2_{(\alpha,\ p-1)} = \chi^2_{(5\ \%,\ 3)} = 7.815$$

4– المقارنة بين القيمة المحسوبة والقيمة الجدولية:

بما أن القيمة المحسوبة (16.72) أكبر من القيمة الجدولية (7.815) فإن السلسلة الزمنية تحتوي على المركبة الموسمية.

حل التمرين الثالث:

1– تقدير قيمة المبيعات للسنة الثانية عشر باستخدام طريقة المتوسطات المتحركة لثلاث سنوات:

السنة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
المبيعات Y	150	160	155	170	160	165	170	175	178	180	185	
المتوسط المتحرك لثلاث سنوات	–	–	–	155	161.66	161.66	165	165	170	174.33	177.66	181

تم حساب المتوسطات المتحركة كما يلي:

$$(150 + 160 + 155)/3=155$$

$$(160 + 155 + 170)/3=161.66$$

وهكذا ...

أما القيمة المقدرة للسنة الثانية عشر تم حسابها كما يلي:

$$(178 + 180 + 185)/3=181$$

2– تقدير قيمة المبيعات للسنة الثانية عشر باستخدام طريقة المتوسطات المتحركة المرجحة لثلاث سنوات، مع العلم أن ترجيح الفترة الأحدث هو 0.4، وترجيح الفترة التي تسبقها هو 0.35، أما ترجيح الفترة الأسبق هو 0.25:

السنة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
المبيعات Y	150	160	155	170	160	165	170	175	178	180	185	
المتوسط المتحرك المرجح لثلاث سنوات	–	–	–	155.5	162.25	162.25	164.5	165.75	170.75	174.95	178.05	181.5

تم حساب المتوسطات المتحركة المرجحة كما يلي:

$$(150\times0.25 + 160\times0.35 + 155\times0.4)= 155.5$$

$$(160\times0.25 + 155\times0.35 + 170\times0.4)= 162.25$$

وهكذا ...

أما القيمة المقدرة للسنة الثانية عشر تم حسابها كما يلي:

$$(178\times0.25 + 180\times0.35 + 185\times0.4)= 181.5$$

حل التمرين الرابع:

1- تقدير قيمة التكاليف لشهر أوت بطريقة التمهيد الأسي البسيط، وذلك بافتراض $\alpha = 0.3$، مع العلم أن القيمة المقدرة الأولى تساوي متوسط القيمتين الحقيقيتين الأولتين:

لدينا:

$$\hat{Y}_{t+1}= \alpha Y_t + (1-\alpha)\,\hat{Y}_t$$

$$\alpha= 0.3\ , \qquad 1-\alpha= 1- 0.3 = 0.7$$

$\hat{Y}_1= (4 + 3)/2= 3.5$ ، وذلك باعتبار أن القيمة المقدرة للشهر الأول تساوي متوسط القيمتين الحقيقيتين الأولتين.

الآن نحسب القيمة المقدرة للشهر الثاني، وذلك بالتعويض في معادلة التمهيد الأسي كما يلي:

$$\hat{Y}_2= 0.3Y_1 + 0.7\,\hat{Y}_1$$

$$\hat{Y}_2= 0.3(4) + 0.7(3.5) = 3.65$$

القيمة المقدرة للشهر الثالث:

$$\hat{Y}_3= 0.3Y_2 + 0.7\,\hat{Y}_2$$

$$\hat{Y}_3= 0.3(3) + 0.7(3.65) = 3.455$$

القيمة المقدرة للشهر الرابع:

$$\hat{Y}_4 = 0.3Y_3 + 0.7\ \hat{Y}_3$$

$$\hat{Y}_4 = 0.3(5) + 0.7(3.455) = 3,9185$$

القيمة المقدرة للشهر الخامس:

$$\hat{Y}_5 = 0.3Y_4 + 0.7\ \hat{Y}_4$$

$$\hat{Y}_5 = 0.3(4) + 0.7(3,9185) = 3.94$$

القيمة المقدرة للشهر السادس:

$$\hat{Y}_6 = 0.3Y_5 + 0.7\ \hat{Y}_5$$

$$\hat{Y}_6 = 0.3(6) + 0.7(3.94) = 4.56$$

القيمة المقدرة للشهر السابع:

$$\hat{Y}_7 = 0.3Y_6 + 0.7\ \hat{Y}_6$$

$$\hat{Y}_7 = 0.3(7) + 0.7(4.56) = 5.29$$

القيمة المقدرة للشهر الثامن (شهر أوت):

$$\hat{Y}_8 = 0.3Y_7 + 0.7\ \hat{Y}_7$$

$$\hat{Y}_8 = 0.3(8) + 0.7(5.29) = 6.10$$

والنتائج مبينة في الجدول التالي:

الأشهر t	الطلب Y	$\hat{Y}_t$
جانفي	4	3.5
فيفري	3	3.65
مارس	5	3.455
أفريل	4	3,9185
ماي	6	3.94
جوان	7	4.56
جويلية	8	5.29
أوت		6.10

2- نفس السؤال وذلك بافتراض $\alpha = 0.4$:

لدينا:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\, \hat{Y}_t$$

$$\alpha = 0.4 \;, \qquad 1-\alpha = 1 - 0.4 = 0.6$$

$\hat{Y}_1 = (4 + 3)/2 = 3.5$ ، وذلك باعتبار أن القيمة المقدرة للشهر الأول تساوي متوسط القيمتين الحقيقيتين الأولتين.

الآن نحسب القيمة المقدرة للشهر الثاني، وذلك بالتعويض في معادلة التمهيد الأسي كما يلي:

$$\hat{Y}_2 = 0.4Y_1 + 0.6\, \hat{Y}_1$$

$$\hat{Y}_2 = 0.4(4) + 0.6(3.5) = 3.7$$

القيمة المقدرة للشهر الثالث:

$$\hat{Y}_3 = 0.4Y_2 + 0.6\, \hat{Y}_2$$

$$\hat{Y}_3 = 0.4(3) + 0.6(3.7) = 3.42$$

القيمة المقدرة للشهر الرابع:

$$\hat{Y}_4 = 0.4Y_3 + 0.6\ \hat{Y}_3$$

$$\hat{Y}_4 = 0.4(5) + 0.6(3.42) = 4,052$$

القيمة المقدرة للشهر الخامس:

$$\hat{Y}_5 = 0.4Y_4 + 0.6\ \hat{Y}_4$$

$$\hat{Y}_5 = 0.4(4) + 0.6(4,052) = 4.03$$

القيمة المقدرة للشهر السادس:

$$\hat{Y}_6 = 0.4Y_5 + 0.6\ \hat{Y}_5$$

$$\hat{Y}_6 = 0.4(6) + 0.6(4.03) = 4.82$$

القيمة المقدرة للشهر السابع:

$$\hat{Y}_7 = 0.4Y_6 + 0.6\ \hat{Y}_6$$

$$\hat{Y}_7 = 0.4(7) + 0.6(4.82) = 5.7$$

القيمة المقدرة للشهر الثامن (شهر أوت):

$$\hat{Y}_8 = 0.4Y_7 + 0.6\ \hat{Y}_7$$

$$\hat{Y}_8 = 0.4(8) + 0.6(5.7) = 6.62$$

والنتائج مبينة في الجدول التالي:

الأشهر t	الطلب Y	$\hat{Y}_t$
جانفي	4	3.5
فيفري	3	3.7
مارس	5	3.42
أفريل	4	4,052
ماي	6	4.03
جوان	7	4.82
جويلية	8	5.7
أوت		6.62

3- قيمة α المناسبة في هذه الحالة:

لمعرفة قيمة α المناسبة، نحسب مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة عند كل قيمة لـ α، ثم نقارن بينهما ونعتبر قيمة α المناسبة التي يكون لديها أصغر مجموع مربعات انحرافات.

لدينا مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة كما يلي:

$$\sum_{t=1}^{n}(\mathrm{Y_t} - \hat{Y}_t)^2$$

نحسب الآن مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة عند كل قيمة لـ α:

- لما: $\alpha = 0.3$

Y	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
4	3.5	0.5	0.25
3	3.65	- 0.65	0.42
5	3.455	1.545	2.39
4	3,9185	0.082	0.007
6	3.94	2.06	4.24
7	4.56	2.44	5.95
8	5.29	2.71	7.34
			المجموع **20.6**

ومنه مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة عند α=0.3 هو:

$$\sum_{t=1}^{n}(Y-\hat{Y})^2 = 20.6$$

- لما: $\alpha = 0.4$

Y	$\hat{Y}$	$Y-\hat{Y}$	$(Y-\hat{Y})^2$
4	3.5	0.5	.25
3	3.7	- 0.7	0.49
5	3.42	1.58	2.49
4	4,052	- 0.052	0.003
6	4.03	1.97	3.88
7	4.82	2.18	4.75
8	5.7	2.3	5.29
			المجموع **17.153**

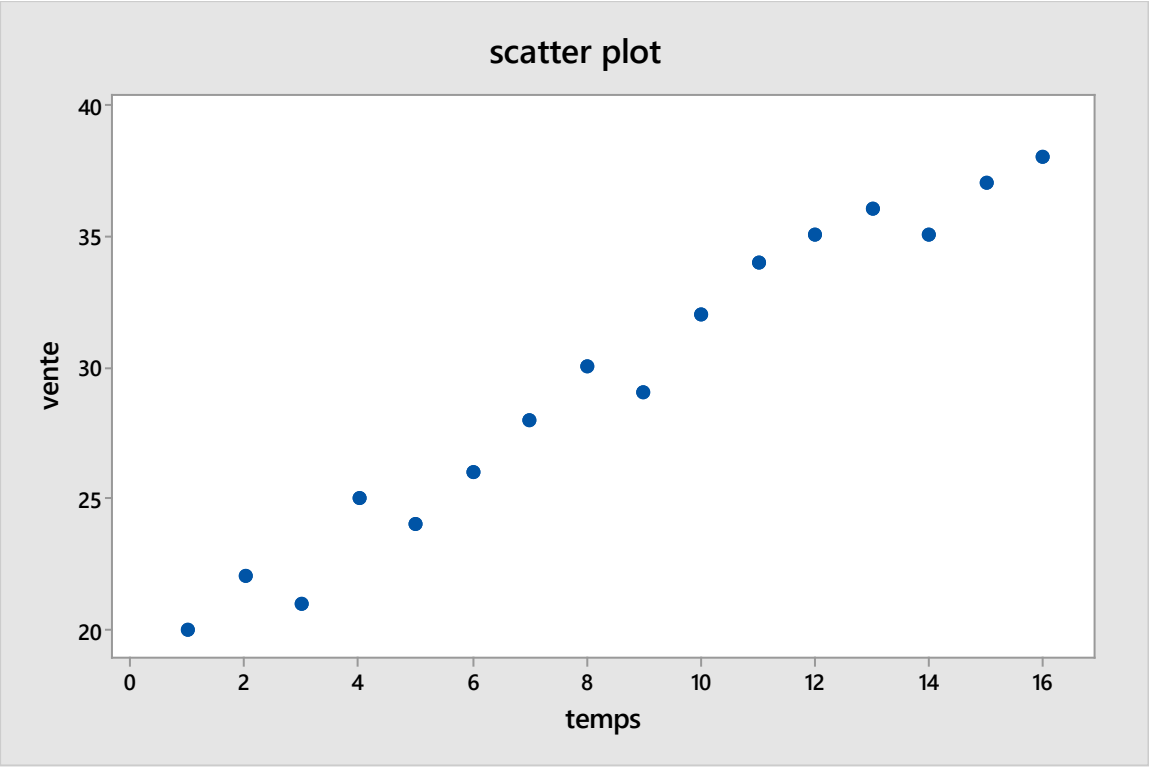
ومنه مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة α=0.4 هو:

$$\sum_{t=1}^{n}(Y-\hat{Y})^2 = 17.153$$

وبالتالي قيمة α= 0.4 أفضل من قيمة α= 0.3، لأن مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة عند α= 0.4 والذي يساوي 17.153 أصغر من مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة عند α= 0.3 والذي يساوي 20.6.

حل التمرين الخامس:

1- رسم شكل الانتشار



نلاحظ أن البيانات لها اتجاه تصاعدي، وبالتالي فالسلسلة الزمنية تحتوي على مركبة الاتجاه.

2- إيجاد معادلة الاتجاه:

الشهر t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	مج = 136
المبيعات Y	20	22	21	25	24	26	28	30	29	32	34	35	36	35	37	38	مج = 472
Y×t	20	44	63	100	120	156	196	240	261	320	374	420	468	490	555	608	مج =4435
t^2	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121	144	169	196	225	256	مج =1496

$$\bar{t} = 8.5$$

$$b_1 = \frac{n\sum tY - \sum t \sum Y}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b_1 = \frac{16(4435) - (136)(472)}{16(1496) - (136)^2}$$

$$b_1 = 1.24$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1 \overline{t}$$

$$b_0 = 29.5 - 1.24\ (8.5)$$

$$b_0 = 18.96$$

ومنه معادلة الاتجاه هي:

$$T = 18.96 + 1.24\ t$$

3- تقدير مبيعات الشهر السابع عشر:

$$T = 18.96 + 1.24\ (17)$$

$$T = 40.04$$

حل التمرين السادس:

1. التأكد من وجود مركبة الاتجاه:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	مج = 55
Y	7	14	12	14	16	18	17	20	19	21	مج = 158
$\mathbf{R_t}$	1	3.5	2	3.5	5	7	6	9	8	10	
d	0	-1.5	1	0.5	0	-1	1	-1	1	0	
$\mathbf{d^2}$	0	2.25	1	0.25	0	1	1	1	1	0	مج= 7.5

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)}$$

$$r = 1 - \frac{6(7.5)}{10(10^2 - 1)}$$

r= 0.96

* بما أن القيمة المحسوبة (0.96) أكبر من القيمة الجدولية (0.6364) فإن السلسلة الزمنية تحتوي على مركبة الاتجاه بالاضافة إلى المركبة العشوائية.

2. إيجاد معادلة الاتجاه:

t^2	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	مج = **385**
Yt	7	28	36	56	80	108	119	160	171	210	مج= **975**

$$\overline{t} = 5.5$$

$$\overline{Y} = 15.8$$

$$b_1 = \frac{n\sum tY - \sum t \sum Y}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b_1 = \frac{10(975) - (55)(158)}{10(385) - (55)^2}$$

$$b_1 = 1.28$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{t}$$

$$b_0 = 15.8 - 1.28\ (5.5)$$

$$b_0 = 8.76$$

ومنه:

$$T = 8.76 + 1.28\ t$$

3. تقدير قيمة الطلب لسنة2018:

$$T = 8.76 + 1.28(11)$$

$$T = 22.84$$

4. المعيار الذي وفقه يتم اختيار القيمة المثلى لمعامل التمهيد: هو أقل مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة.

حل التمرين السابع:

1. التأكد من وجود مركبة الاتجاه:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	مج = 55
Y	14	7	12	16	18	16	17	20	19	23	مج = 162
$\mathbf{R_t}$	3	1	2	4.5	7	4.5	6	9	8	10	
d	-2	1	1	-0.5	-2	1.5	1	-1	1	0	
$\mathbf{d^2}$	4	1	1	0.25	4	2.25	1	1	1	0	مج= 15.5

$$r = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}$$

$$r = 1 - \frac{6(15.5)}{10(10^2-1)}$$

$$r = 0.91$$

* بما أن القيمة المحسوبة (0.91) أكبر من القيمة الجدولية (0.6364) فإن السلسلة الزمنية تحتوي على مركبة الاتجاه بالاضافة إلى المركبة العشوائية.

2. إيجاد معادلة الاتجاه:

t^2	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	مج = **385**
Yt	14	14	36	64	90	96	119	160	171	230	مج= **994**

$$\overline{t} = 5.5$$

$$\overline{Y} = 16.2$$

$$b_1 = \frac{n\sum tY - \sum t \sum Y}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b_1 = \frac{10(994) - (55)(162)}{10(385) - (55)^2}$$

$$b_1 = 1.24$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{t}$$

$$b_0 = 16.2 - 1.24\ (5.5)$$

$$b_0 = 9.38$$

ومنه:

$$T = 9.38 + 1.24\ t$$

3. تقدير قيمة الطلب لسنة2018:

$$T = 9.38 + 1.24(11)$$

$$T = 23.02$$

حل التمرين الثامن:

سنقوم أولا بإيجاد معادلة الاتجاه:

t	Y	t^2	tY
1	74	1	74
2	79	4	158
3	80	9	240
4	90	16	360
5	105	25	525
6	142	36	852
7	122	49	854
مج= 28	مج= 692	مج= 140	مج= 3063

$$b_1 = \frac{n\sum tY - \sum t \sum Y}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$b_1 = \frac{7(3063) - (28)(692)}{7(140) - (28)^2}$$

$$b_1 = 10.54$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{t}$$

$$b_0 = 98.86 - 10.54\ (4)$$

$$b_0 = 56.7$$

ومنه معادلة الاتجاه هي:

$$T = 56.7 + 10.54\ t$$

- التنبؤ بالطلب على الطاقة الكهربائية للسنة التالية:

تمارين غير محلولة:

التمرين الأول:

البيانات التالية تبين الطلب الذي تحقق على المصابيح الكهربائية لمؤسسة النور.

الشهر	الطلب (1000 وحدة)
1	25
2	30
3	32
4	40
5	48
6	58
7	65
8	75
9	70
10	45
11	40
12	35

المطلوب: باستخدام المتوسط المتحرك لأربعة أشهر تنبأ بالطلب للشهر الثالث عشر.

التمرين الثاني:

يستخدم أحد منتجي الساعات الجدارية طريقة المتوسطات المتحركة للتنبؤ بالطلب على منتوجه. وتبين البيانات التالية الطلب لآخر 12 شهر في سجلات المبيعات.

الشهر	الطلب
1	340
2	250
3	370
4	260
5	390
6	460
7	410
8	350
9	460
10	670
11	530
12	600

المطلوب:

1. تنبأ بالطلب للشهر الثالث عشر باستخدام المتوسط المتحرك لثلاثة أشهر ثم لخمسة أشهر.

2. استخدم المتوسط المتحرك المرجح لأربعة أشهر للتنبؤ بالطلب للشهر الثالث عشر. علما أن الأوزان للأشهر 1، 2، 3، 4 هي على التوالي: 0.1، 0.2، 0.3، 0.4.

التمرين الثالث:

البيانات التالية تبين مبيعات حقائب السفر موزعة حسب الأشهر.

المطلوب:

1. باستخدام طريقة التمهيد الأسي البسيط تنبأ بالطلب للشهر التاسع على هذا المنتج، علما أن معامل التمهيد يساوي 0.1. وذلك في الحالات التالية:

- القيمة المقدرة الأولى هي نفسها القيمة الحقيقية الأولى.

- القيمة المقدرة الأولى تساوي متوسط القيمتين الحقيقيتين الأولتين.

- القيمة المقدرة الأولى تساوي متوسط جميع قيم السلسلة الزمنية.

2. نفس السؤال في حالة معامل التمهيد يساوي 0.3.

3. ما هي قيمة α المناسبة في هذه الحالة ؟

الشهر	الطلب
1	390
2	280
3	480
4	510
5	400
6	370
7	410
8	470

التمرين الرابع:

البيانات التالية تمثل المبيعات لأحد المنتجات لإثنا عشر شهرا.

المطلوب:

1. رسم شكل الانتشار.

2. استخدم البيانات في إيجاد معادلة خط الاتجاه.

3. تمثيل معادلة خط الاتجاه بيانيا.

4. تنبأ بالمبيعات من للشهر 13، 14، 15 و16.

الشهر	المبيعات
1	150
2	160
3	170
4	190
5	210
6	240
7	270
8	310
9	350
10	370
11	390
12	420

الفصل الثالث

الطرق السببية

تعتمد هذه الطرق على إيجاد العلاقة بين المتغيرات من خلال تحليل الارتباط لقياس مدى قوة الارتباط بين المتغيرات ومن خلال تحليل الانحدار للتنبؤ بقيمة أحد المتغيرات إذا علمنا قيمة المتغيرات الأخرى، ومن أشهر الطرق في هذا المجال: الانحدار الخطي البسيط والانحدار الخطي المتعدد.

1. الانحدار الخطي البسيط:[1]

يستخدم تحليل الانحدار الخطي البسيط للتنبؤ بقيمة أحد المتغيرين إذا علمت قيمة المتغير الآخر، أي أن الانحدار البسيط يهتم بدراسة العلاقة بين متغيرين فقط، أحدهما يسمى متغير تابع، والذي يتبع في تغيراته تغيرات المتغير الآخر والذي يعرف بالمتغير المستقل، فمثلا قد يرغب مدير التسويق في تحديد شكل العلاقة بين حجم المبيعات لسلعة ما (متغير تابع) وبين مصاريف الدعاية والإشهار (متغير مستقل)، كذلك قد يهتم أحد الباحثين بتحديد العلاقة بين الأداء الوظيفي والمؤهل الأكاديمي أو بين الرضا الوظيفي والأجور أو بين وزن الطفل وعمره، ... الخ. نرمز للمتغير التابع بالرمز (Y) وهو المتغير المراد التنبؤ به، وللمتغير المستقل بالرمز (X) وهو المتغير الذي تستخدم قيمته في التنبؤ بالمتغير التابع.

1.1 شكل الانتشار:

يعتبر شكل الانتشار الخطوة الأولى في التوصل إلى معادلة الانحدار، حيث يصور شكل الانتشار العلاقة بين المتغيرين وبالتالي يساعدنا في تحديد نوع المعادلة التي تناسب البيانات المتاحة، وللحصول على شكل الانتشار يستخدم المحور الأفقي لتمثيل المتغير المستقل بينما يستخدم المحور العمودي لتمثيل المتغير التابع.

2.1 معادلة الانحدار الخطي البسيط:

تهدف أساليب الانحدار للتوصل إلى معادلة لتمثيل البيانات المتاحة لاستخدامها في التنبؤ. وبشكل عام تكتب معادلة الانحدار الخطي البسيط بالشكل التالي:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X$$

حيث:

$\hat{Y}$: القيمة المقدرة للمتغير التابع.

[1] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مبادئ التنبؤ الإداري، النشر العلمي للمطابع، جامعة الملك سعود، السعودية، 2004، ص 33- 35؛ 38؛ 41.

X: المتغير المستقل

b_0 : النقطة التي يتقاطع عندها خط الانحدار مع المحور العمودي، بتعبير آخر يمثل قيمة المتغير التابع عندما يأخذ المتغير المستقل القيمة صفر.

b_1: ميل خط الانحدار، أي مقدار التغير في Y عندما يتغير X بمقدار وحدة واحدة. ويساوي ظل α أي المقابل على المجاور ويساوي ΔY على ΔX .

إن الهدف من تشكيل معادلة الانحدار الخطي البسيط هو إيجاد قيمتي معاملات الانحدار b_0 و b_1 ويتم إيجادهما بطريقة المربعات الصغرى.

3.1 طريقة المربعات الصغرى:

تعتمد هذه الطريقة على تمثيل البيانات المتاحة بخط مستقيم بحيث يكون مجموع مربعات انحرافات نقاط شكل الانتشار عن هذا الخط أقل ما يمكن، أي:

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n}(Y - \hat{Y})^2 \quad \text{أقل ما يمكن}$$

$$= \sum_{i=1}^{n}(Y - b_0 - b_1 X)^2 \quad .....(1)$$

بالاشتقاق الجزئي للمعادلة (1) مرة بالنسبة ل b_0 ومرة بالنسبة لـ b_1 ومساواة المشتقة إلى الصفر والتعويض نتحصل على الصيغتين لـ b_0 وb_1 كما يلي:

$$b_0 = \overline{Y} - b_1 \overline{X}$$

$$b_1 = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

مثال تطبيقي:[2]

لدينا البيانات التالية المتعلقة بمبيعات ومصاريف الدعاية والإشهار لسلعة ما:

[2] Larry Ritzman, Lee Krajewski, Manoj Malhotra, Operations Management, 11th Edition, Pearson, England, 2016, p 305

مصاريف الاشهار X (بآلاف الدينارات)	المبيعات Y (بآلاف الوحدات)
2.5	264
1.3	116
1.4	165
1	101
2	209

المطلوب:

- أوجد معادلة الانحدار الخطي البسيط (أي تقدير قيمة b_0 وb_1).

- إذا علمت أن مصاريف الاشهار للشهر السادس هي 1.75، قدر عدد الوحدات المباعة لهذا الشهر.

الحل:

Y	X	XY	X^2
264	2.5	660	6.25
116	1.3	150.8	1.69
165	1.4	231	1.96
101	1	101	1
209	2	418	4
المجموع 855	المجموع 8.2	المجموع 1560.8	المجموع 14.9

$$\overline{Y} = 171$$

$$\overline{X} = 1.64$$

بالتعويض في معادلتي b_0 وb_1 نجد قيمتيهما كما يلي:

$$b_1 = \frac{5 \times 1560.8 - 8.2 \times 855}{5(14.9) - (8.2)^2}$$

$$b_1 = 109.23$$

$$b_0 = 171 - 109.23(1.64)$$

$$b_0 = -8.14$$

ومنه معادلة الانحدار هي:

$$\widehat{Y} = -8.14 + 109.23\ X$$

– تقدير عدد الوحدات المباعة للشهر السادس مع العلم أن مصاريف الاشهار لهذا الشهر هي 1.75:

نعوض في معادلة الانحدار نجد:

$$\widehat{Y} = -8.14 + 109.23\ (1.75)$$

$$\widehat{Y} = 183.0125$$

4.1 الارتباط البسيط:[3]

تعتمد درجة دقة التنبؤ بقيم Y على مدى قوة العلاقة بين X و Y، أي على قوة الارتباط بين المتغيرين، فإذا كان الارتباط قويا تكون دقة التنبؤ مرتفعة، أي خط الانحدار يمر من أو بالقرب من جميع نقاط شكل الانتشار، وبالعكس تكون دقة التنبؤ منخفضة إذا كان الارتباط ضعيفا، أي أن خط الانحدار لا يمر بأغلب نقاط شكل الانتشار.

ويستخدم معامل الارتباط البسيط (r) لقياس درجة قوة العلاقة بين المتغيرين X و Y. ويمكن حساب معامل الارتباط البسيط بين المتغيرين X و Y – والذي يسمى معامل ارتباط بيرسون Pearson نسبة إلى العالم الإحصائي الذي اكتشفه – من العلاقة التالية:

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} Y_i)^2}}$$

لنحسب معامل الارتباط بالنسبة للمثال السابق:

Y	X	XY	X^2	Y^2
264	2.5	660	6.25	69696
116	1.3	150.8	1.69	13456
165	1.4	231	1.96	27225
101	1	101	1	10201
209	2	418	4	43681

[3] عبد الرحمن الأحمد العبيد، مرجع سبق ذكره، ص 58- 60.

المجموع	المجموع	المجموع	المجموع	المجموع
164259	14.9	1560.8	8.2	855

بعد إضافة عمود آخر للجدول السابق لحساب قيم Y^2 وبالتعويض في صيغة r نجد قيمة معامل الارتباط على النحو التالي:

$$r = \frac{5(1560.8) - (8.2)(855)}{\sqrt{5(14.9) - (8.2)^2}\sqrt{5(164259) - (855)^2}}$$

$$r = 0.98$$

أي أن الارتباط بين المتغيرين قوي موجب.

ملاحظة هامة:

إن إشارة r هي نفس إشارة b_1 في معادلة الانحدار، كما أن قيمة معامل الارتباط تكون محصورة بين 1 و−1 أي: $-1 \leq r \leq 1$ ، حيث تكون مساوية إلى الواحد إذا كان الارتباط تام، وتكون مساوية إلى الصفر إذا كان المتغيرين مستقلين.

وبشكل عام، تصنف قوة معامل الارتباط بين المتغيرين X و Y على النحو التالي:

$-0.3 \leq r \leq 0$: ارتباط ضعيف سالب	**$0 \leq r \leq 0.3$: ارتباط ضعيف موجب**
$-0.6 \leq r < -0.3$: ارتباط متوسط سالب	**$0.3 < r \leq 0.6$: ارتباط متوسط موجب**
$-0.8 \leq r < -0.6$: ارتباط جيد سالب	**$0.6 < r \leq 0.8$: ارتباط جيد موجب**
$-1 \leq r < -0.8$: ارتباط قوي سالب	**$0.8 < r \leq 1$: ارتباط قوي موجب**

5.1 اختبار جودة معادلة الانحدار (معامل التحديد):[4]

تم إيجاد خط الانحدار الذي يمثل العلاقة بين X و Y بطريقة المربعات الصغرى أي أن مجموع مربعات انحرافات القيم المقدرة $\hat{Y}_i$ عن القيم الفعلية Y_i أقل ما يمكن. وكلما قل هذا المجموع كلما ارتفعت جودة خط الانحدار في

[4] المرجع نفسه، ص 60، 61.

تمثيل النقاط الفعلية، وبالعكس كلما زاد هذا المجموع كلما انخفضت جودة خط الانحدار في تمثيل النقاط الفعلية، وعندها لا يمكن استخدام معادلة هذا الخط في التنبؤ.

ولتحديد جودة معادلة الانحدار نستخدم معامل التحديد (R^2)، وهو يساوي مربع معامل الارتباط البسيط، وقيمته محصورة بين الصفر والواحد، أي: $\mathbf{0 \leq R^2 \leq 1}$.

أي أن معامل التحديد هو نسبة التغير في المتغير التابع الذي فسرته معادلة الانحدار.

بشكل عام، يمكن تصنيف جودة معادلة الانحدار على النحو التالي:

جودة معادلة الانحدار جيدة جدا : $\mathbf{0.9 \leq R^2 \leq 1}$
جودة معادلة الانحدار جيدة : $\mathbf{0.8 \leq R^2 < 0.9}$
جودة معادلة الانحدار مقبولة : $\mathbf{0.7 \leq R^2 < 0.8}$
جودة معادلة الانحدار ضعيفة : $\mathbf{0 \leq R^2 < 0.7}$

بالرجوع إلى المثال السابق نجد أن:

$$R^2 = r^2 = (0.98)^2 = 0.96$$

أي أن معادلة الانحدار جيدة جدا، بمعنى أن 96 % من التغير الكلي للمتغير التابع Y (المبيعات) يرجع إلى المتغير المستقل X (مصاريف الاشهار)، بمعنى أن أغلب التغير في Y يمكن إرجاعه للمتغير المستقل X.

ويمكن حساب معامل التحديد كذلك من الصيغة التالية:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2}$$

مثال: بالعودة إلى المثال السابق، نقوم بحساب معامل التحديد باستخدام الصيغة الأخيرة، كما يلي:

Y	$\hat{Y}$	Y- $\hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
264	264.94	- 0.94	0.88	93	8649
116	133.86	- 17.86	318.98	- 55	3025
165	144.78	20.22	408.85	- 6	36
101	101.09	- 0.09	0.008	- 70	4900
209	210.32	- 1.32	1.74	38	1444
			730.46		18054

حيث تم حساب قيم $\widehat{Y}$ كما يلي:

$$\hat{Y}_1 = -8.14 + 109.23(2.5) = 264.94$$

$$\hat{Y}_2 = -8.14 + 109.23(1.3) = 133.86$$

$$\hat{Y}_3 = -8.14 + 109.23(1.4) = 144.78$$

$$\hat{Y}_4 = -8.14 + 109.23(1) = 101.09$$

$$\hat{Y}_5 = -8.14 + 109.23(2) = 210.32$$

$$\bar{Y} = \frac{855}{5} = 171$$

ومنه:

$$R^2 = 1 - \frac{730.46}{18054} = 0.96$$

2. الانحدار الخطي المتعدد:[5]

تكون العلاقة المدروسة في الانحدار الخطي البسيط بين متغيرين فقط أحدهما تابع والآخر مستقل، ولكن الواقع العملي يقوم بشكل عام على تأثر أي ظاهرة بأكثر من متغير مستقل، ومن الأمثلة على ذلك نجد أن المبيعات لمنتج ما تتأثر بأكثر من متغير واحد كمصاريف الاشهار، سعر المنتج، أسعار السلع البديلة، جودة المنتوج، دخل الفرد، ... ،كذلك أسعار بيع المنازل قد تتأثر بالمساحة، الموقع، عدد الطوابق، ...، وفي هذه الحالة نلجأ إلى الانحدار الخطي المتعدد لتمثيل هذه العلاقة.

1.2 معادلة الانحدار الخطي المتعدد:

تأخذ معادلة الانحدار الخطي المتعدد الشكل التالي:

[5] المرجع نفسه، ص 87، 88.

$$\widehat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \ldots.$$

حيث:

$\widehat{Y}$: القيمة المقدرة للمتغير التابع.

$X_1, X_2, X_3, \ldots$: المتغيرات المستقلة

$b_0, b_1, b_2, b_3, \ldots$: معاملات الانحدار

وإذا كان لدينا متغيرين مستقلين فقط هما X_1 وX_2 تصبح المعادلة:

$$\widehat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

حيث:

b_0 : قيمة $\widehat{Y}$ عندما $X_1 = 0$ و $X_2 = 0$

b_1: التغير في $\widehat{Y}$ الناتج عن التغير في X_1 بوحدة واحدة بافتراض ثبات قيمة X_2

b_2: التغير في $\widehat{Y}$ الناتج عن التغير في X_2 بوحدة واحدة بافتراض ثبات قيمة X_1

2.2 طريقة المربعات الصغرى:

يمكن إيجاد معاملات الانحدار باستخدام طريقة المربعات الصغرى، والتي يكون عندها مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة أقل ما يمكن، أي:

$$\sum(Y - \hat{Y})^2 \quad \text{أقل ما يمكن}$$

$$=\sum(Y - b_0 - b_1X_1 - b_2X_2)^2$$

وبأخذ الاشتقاق الجزئي بالنسبة لـ b_0, b_1, b_2 ومساواته بالصفر نحصل على المعادلات الطبيعية التالية:

$$\sum Y = nb_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2$$

$$\sum YX_1 = b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1X_2$$

$$\sum YX_2 = b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_1X_2 + b_2 \sum X_2^2$$

وبحل هذه المعادلات نحصل على معاملات الانحدار b_0, b_1, b_2 وذلك باستخدام طريقة المحددات كما يلي:

$$b_0 = \Delta_0 / \Delta$$

$$b_1 = \Delta_1 / \Delta$$

$$b_2 = \Delta_2 / \Delta$$

حيث:

Δ: محدد معاملات الانحدار ويكون كما يلي:

$$\Delta = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1X_2 \\ \sum X_2 & \sum X_1X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

Δ_0: محدد معاملات b_0:

$$\Delta_0 = \begin{matrix} \sum Y & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum YX_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1X_2 \\ \sum YX_2 & \sum X_1X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

Δ_1: محدد معاملات b_1:

$$\Delta_1 = \begin{matrix} n & \sum Y & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum YX_1 & \sum X_1X_2 \\ \sum X_2 & \sum YX_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

Δ_2: محدد معاملات b_2:

$$\Delta_2 = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum Y \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum YX_1 \\ \sum X_2 & \sum X_1X_2 & \sum YX_2 \end{matrix}$$

مثال: لتكن البيانات التالية الخاصة بكمية المبيعات لمنتج ما وسعر بيعه ومصاريف الاشهار الخاصة به لثلاثة أشهر:

X_2 (ألف دينار)	X_1 (ألف دينار)	Y (ألف وحدة)
1	2	2
2	1	3
3	2	3

المطلوب:

1. أوجد معادلة الانحدار.

2. إذا علمت أن سعر البيع ومصاريف الاشهار للشهر الرابع هي على التوالي: 3، 4. قدر كمية المبيعات لهذا الشهر.

الحل:

1. إيجاد معادلة الانحدار:

Y	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	$Y X_1$	$Y X_2$
2	2	1	4	1	2	4	2
3	1	2	1	4	2	3	6
3	2	3	4	9	6	6	9
مج = 8	مج = 5	مج = 6	مج = 9	مج = 14	مج = 10	مج = 13	مج = 17

أ. حساب محدد معاملات الانحدار Δ:

$$\Delta = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta = \begin{matrix} 3 & 5 & 6 \\ 5 & 9 & 10 \\ 6 & 10 & 14 \end{matrix}$$

$$\Delta = 3\times26 \ -5\times10 + 6(-4) = 4$$

ب. حساب Δ_0 محدد معاملات الانحدار b_0:

$$\Delta_0 = \begin{matrix} \sum Y & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum YX_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1X_2 \\ \sum YX_2 & \sum X_1X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = \begin{matrix} 8 & 5 & 6 \\ 13 & 9 & 10 \\ 17 & 10 & 14 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = 8\times26 \ -5\times12 + 6(-23) =10$$

ج. حساب Δ_1 محدد معاملات الانحدار b_1:

$$\Delta_1 = \begin{matrix} n & \sum Y & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum YX_1 & \sum X_1X_2 \\ \sum X_2 & \sum YX_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = \begin{matrix} 3 & 8 & 6 \\ 5 & 13 & 10 \\ 6 & 17 & 14 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = 3\times12 \ -8\times10 + 6\times7 = -2$$

د. حساب Δ_2 محدد معاملات الانحدار b_2:

$$\Delta_2 = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum Y \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum YX_1 \\ \sum X_2 & \sum X_1X_2 & \sum YX_2 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{matrix} 3 & 5 & 8 \\ 5 & 9 & 13 \\ 6 & 10 & 17 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = 3\times23 \ -5\times7 + 8(-4) = 2$$

هـ. حساب قيمة b_0، b_1، b_2:

$$b_0 = \Delta_0 / \Delta = 10/4 = 2.5$$

$$b_1 = \Delta_1 / \Delta = -2/4 = -0.5$$

$$b_2 = \Delta_2 / \Delta = 2/4 = 0.5$$

ومنه معادلة الانحدار هي:

$$\hat{Y} = 2.5 - 0.5\ X_1 + 0.5\ X_2$$

2- تقدير قيمة Y مع العلم أن $X_1= 3$, $X_2= 4$:

$$\hat{Y} = 2.5 - 0.5(3) + 0.5(4) = 3$$

3.2 معامل التحديد:

يحسب معامل التحديد المتعدد من العلاقة التالية:[6]

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2}$$

إن معامل التحديد المتعدد له نفس مفهوم معامل التحديد البسيط، حيث يقيس نسبة التغير في المتغير التابع التي تفسرها المتغيرات المستقلة.

مثال: بالرجوع إلى المثال السابق، احسب معامل التحديد المتعدد وفسره.

[6] ورج كانافوس ودون ميلر، الإحصاء للتجاريين – مدخل حديث، تعريب: سلطان محمد عبد الحميد، مراجعة: محمد توفيق البلقيني، دار المريخ، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2004، ص 577.

Y	$\hat{Y}$	Y- $\hat{Y}$	$(Y-\hat{Y})^2$	$Y-\bar{Y}$	$(Y-\bar{Y})^2$
2	2	0	0	-0.67	0.45
3	3	0	0	0.33	0.11
3	3	0	0	0.33	0.11
			0		0.67

حيث تم حساب قيم $\hat{Y}$ كما يلي:

$$\hat{Y}_1 = 2.5 - 0.5(2) + 0.5(1) = 2$$

$$\hat{Y}_2 = 2.5 - 0.5(1) + 0.5(2) = 3$$

$$\hat{Y}_3 = 2.5 - 0.5(2) + 0.5(3) = 3$$

$$\bar{Y} = \frac{8}{3} = 2.67$$

ومنه:

$$R^2 = 1 - \frac{0}{0.67} = 1$$

التفسير: أي أن كل التغير في المبيعات يرجع سببه إلى التغير في السعر ومصاريف الاشهار.

تمارين محلولة:

التمرين الأول

إليك البيانات التالية المتعلقة بأسعار بيع منازل مع مساحاتها (سعر البيع والمساحة معبر عنهما بالمليون دينار وبألف متر مربع على التوالي).

المساحة	سعر بيع المنزل
14	21
17	24
25	27
25	32
35	29
35	37
45	43
50	43

المطلوب:

- ارسم شكل الانتشار، ماذا تلاحظ ؟
- أوجد معادلة الانحدار مع تفسير معاملاتها.
- ادرس قوة العلاقة بين المتغيرين.
- ادرس جودة معادلة الانحدار مع التفسير.
- إذا علمت أن المساحة لمنزلين على التوالي: 40، 55، قدر أسعار بيع هذين المنزلين.

التمرين الثاني:

البيانات التالية تمثل المبيعات (بألف وحدة) ومصاريف الاشهار (بألف دينار)

مصاريف الاشهار	المبيعات
2	5
1	8
3	6
2	7
4	9

المطلوب:

- قدر قيمة b_0 وb_1، مع تفسير قيمة الميل.

- إليك المعادلة التالية:

$$\widehat{Y} = 5 + 1\,X$$

أي المعادلتين تمثل البيانات أحسن تمثيل؟

التمرين الثالث:

إليك البيانات الآتية المتعلقة بمبيعات ومصاريف الإشهار للمنتج "ج":

المبيعات (ألف وحدة)	مصاريف الإشهار (ألف دينار)
10	2
10	3
12	3
11	4
14	5
15	6
16	7

المطلوب:

1- ارسم شكل الانتشار، ماذا تلاحظ؟

2- أوجد معادلة الانحدار مع تفسير قيمة الميل.

3- ادرس قوة العلاقة بين المتغيرين.

4- ادرس جودة معادلة الانحدار مع التفسير.

5- قدر مبيعات هذا المنتج إذا علمت أن مصاريف الإشهار على التوالي: 8000 و9000 دينار.

6- إليك المعادلة التالية:

$$\widehat{Y} = 6 + 2\,X$$

- أي المعادلتين تمثل البيانات أحسن تمثيل ؟ (**أي المفاضلة بين المعادلة المحسوبة والمعادلة المعطاة**).

التمرين الرابع: إليك المعطيات الآتية الخاصة برقم الأعمال (Y) ومصاريف التوزيع (X_1) وتكلفة المواد الأولية (X_2).

X_2 (ألف دينار)	X_1 (ألف دينار)	Y (ألف دينار)
1	1	2
2	2	1
2	2	2
4	3	4

المطلوب:

- أوجد معادلة الانحدار المتعدد.
- إذا علمت أن $X_2= 10$, $X_1= 5$، قدر قيمة Y.
- احسب معامل التحديد وفسره.

التمرين الخامس:

البيانات التالية تخص أسعار بيع منازل (بالمليون دينار)، مساحاتها (بالألف متر مربع)، وعدد غرفها، لعينة من خمس منازل.

سعر البيع Y	المساحة X_1	عدد الغرف X_2
2	1	1
1	2	2
2	2	2
4	3	4
3	2	2

المطلوب

1. قدر قيمة b_0، b_1، b_2.
2. إذا علمت أن مساحة منزل 5000 $م^2$، وعدد غرفه 5، قدر سعر بيعه.
3. ماذا تمثل b_1 ؟

التمرين السادس:

البيانات التالية تخص أسعار بيع منازل (بالمليون دينار)، مساحاتها (بالألف متر مربع)، وعدد غرفها، لعينة من خمس منازل.

سعر البيع Y	المساحة X_1	عدد الغرف X_2
2	1	1
1	2	2
2	2	2
4	3	4
2	3	4

المطلوب

1. قدر قيمة b_0، b_1، b_2.

2. إذا علمت أن مساحة منزل 4000 م^2، وعدد غرفه 6، قدر سعر بيعه.

3. ما ذا تمثل b_2 ؟

Exercise 7[7]

The manager of the Bird's Nest Restaurant wishes to obtain a model that shows how an evening's revenue is related to the number of persons who order a meal.

The following data are for six recent evenings (revenues are expressed in hundreds of dollars):

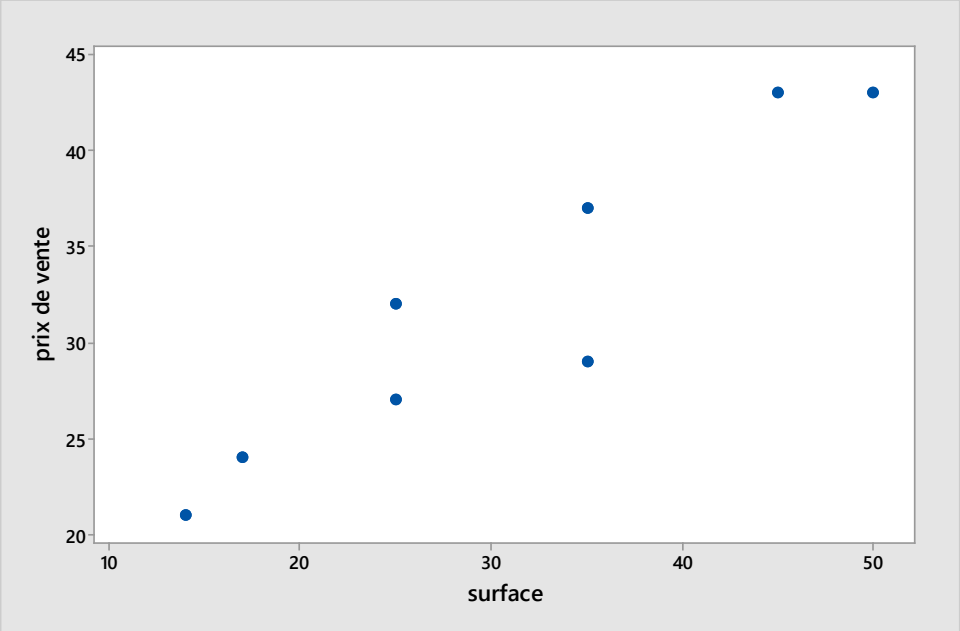
number of persons	15	20	50	30	25	40
revenue	5	8	12	10	9	13

1. determine the equation of regression.
2. compute the coefficient of determination.
3. determine the coefficient of correlation.

[7] GEORGE C CANAVOS and DON M. MILLER, MODERN BUSINESS STATISTICS, Wadsworth Publishing Company, USA, 1995, p. 541.

حل التمرين الأول:

1- رسم شكل الانتشار:



نلاحظ أن البيانات تظهر وجود علاقة بين المتغيرين، حيث أن أسعار بيع المنازل تميل إلى الزيادة بزيادة المساحة، لكنها غير تامة بسبب وجود عوامل أخرى تؤثر على أسعار البيع، مثل: عدد الغرف، عدد الطوابق، ... الخ.

والملاحظ كذلك أنه يمكن توفيق (تمثيل) هذه العلاقة بخط مستقيم.

2- إيجاد معادلة الانحدار مع تفسير معاملاتها:

Y	X	X^2	YX
21	14	196	294
24	17	289	408
27	25	625	675
32	25	625	800
29	35	1225	1015
37	35	1225	1295
43	45	2025	1935
43	50	2500	2150
المجموع 256	المجموع 246	المجموع 8710	المجموع 8572

$$\overline{Y} = 32$$

$$\overline{X} = 30.75$$

$$b_1 = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b_1 = \frac{8(8572) - (246)(256)}{8(8710) - (246)^2}$$

$$b_1 = \frac{8(8572) - 62976}{8(8710) - 60516}$$

$$b_1 = \frac{5600}{9164}$$

$$b_1 = 0.61$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{X}$$

$$b_0 = 32 - 0.61(30.75)$$

$$b_0 = 13.24$$

إذن معادلة الانحدار هي:

$$\widehat{Y} = 13.24 + 0.61\,X$$

– تفسير معاملات معادلة الانحدار:

b_0 = 13.24: القيمة التي تأخذها $\widehat{Y}$ عندما X = 0 .

b_1 = 0.61: كل وحدة إضافية من المساحة يزداد إثرها سعر البيع بـ 0.61

3– دراسة قوة العلاقة بين المتغيرين:

نحسب معامل الارتباط البسيط:

Y	X	X^2	YX	Y^2
21	14	196	294	441
24	17	289	408	576
27	25	625	675	729
32	25	625	800	1024
29	35	1225	1015	841
37	35	1225	1295	1369
43	45	2025	1935	1849
43	50	2500	2150	1849
المجموع 256	المجموع 246	المجموع 8710	المجموع 8572	المجموع 8678

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)^2}}$$

$$r = \frac{8(8572) - (246)(256)}{\sqrt{8(8710) - (246)^2}\sqrt{8(8678) - (256)^2}}$$

$$r = \frac{5600}{\sqrt{95.72}\sqrt{62.35}}$$

$$r = \frac{5600}{5968.142}$$

$$r = 0.93$$

العلاقة بين المتغيرين قوية أو أن الارتباط بين المتغيرين قوي.

4- دراسة جودة معادلة الانحدار مع التفسير:

نحسب معامل التحديد:

$$R^2 = r^2 = (0.93)^2 = 0.86$$

أي أن معادلة الانحدار جيدة.

– **التفسير**: 86 % من التغير في أسعار بيع المنازل يرجع سببه إلى التغير في المساحة.

5- تقدير سعر بيع المنزلين مع العلم أن مساحتيهما 40 و55 على التوالي:

لما: X= 40

$$\widehat{Y} = 13.24 + 0.61\ (40) = 37.64$$

لما: X= 55

$$\widehat{Y} = 13.24 + 0.61\ (55) = 46.79$$

حل التمرين الثاني:

1- تقدير قيمة b_0 وb_1 :

Y	X	YX	X^2
5	2	10	4
8	1	8	1
6	3	18	9
7	2	14	4
9	4	36	16
المجموع 35	المجموع 12	المجموع 86	المجموع 34

$$\overline{Y} = 7$$

$$\overline{X} = 2.4$$

$$b_1 = \frac{5(86) - (35)(12)}{5(34) - (12)^2}$$

$$b_1 = \frac{430 - 420}{170 - 144}$$

$$b_1 = \frac{10}{26}$$

$$b_1 = 0.38$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{X}$$

$$b_0 = 7 - 0.38\ (2.4)$$

$$b_0 = 6.088$$

إذن معادلة الانحدار هي:

$$\widehat{Y} = 6.088 + 0.38\ X$$

2- تفسير قيمة الميل:

b_1 = 0.38: كل وحدة إضافية من مصاريف الاشهار تزداد إثرها المبيعات بـ 0.38

3- إليك المعادلة التالية:

$$\widehat{\boldsymbol{Y}} = \mathbf{5} + \mathbf{1}\ \boldsymbol{X}$$

أي المعادلتين تمثل البيانات أحسن تمثيل؟

لدينا: معادلتي انحدار هما:

- معادلة الانحدار المحسوبة من بيانات التمرين وهي:

$$\widehat{\boldsymbol{Y}} = \mathbf{6.088} + \mathbf{0.38}\ \boldsymbol{X}$$

- والمعادلة الثانية المعطاة في التمرين وهي:

$$\widehat{\boldsymbol{Y}} = \mathbf{5} + \mathbf{1}\ \boldsymbol{X}$$

ولمعرفة أي المعادلتين تمثل البيانات أحسن تمثيل، نحسب مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة لكل معادلة، ثم نقارن بينهما ونعتبر المعادلة التي تمثل البيانات أحسن تمثيل هي المعادلة ذات أصغر مجموع مربعات انحرافات.

لدينا مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة كما يلي:

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y - \hat{Y})^2$$

نحسب الآن مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة لكلا المعادلتين:

– المعادلة الأولى:

Y	X	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
5	2	6,848	1,848-	3,42
8	1	6,468	1,532	2,35
6	3	7,228	1,228-	1,51
7	2	6,848	0,152	0,02
9	4	7,608	1,392	1,94
				المجموع **9,24**

حيث قيم $\hat{Y}$ نحسبها من معادلة الانحدار وذلك بتعويض كل قيمة من قيم X في المعادلة، مثلا القيمة المقدرة الأولى تحسب كما يلي:

$$\hat{Y} = 6.088 + 0.38\,(2) = 6{,}848$$

ثم القيمة المقدرة الثانية:

$$\hat{Y} = 6.088 + 0.38\,(1) = 6,468$$

وهكذا تتم العملية لباقي القيم .....

ومنه مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة للمعادلة الأولى هو:

$$\sum_{i=1}^{n} (Y - \hat{Y})^2 = 9.24$$

– المعادلة الثانية:

$$\hat{Y} = 5 + 1\,X$$

نعيد نفس العملية للمعادلة الثانية:

Y	X	$\hat{Y}$	$Y-\hat{Y}$	$(Y-\hat{Y})^2$
5	2	7	2 -	4
8	1	6	2	4
6	3	8	2 -	4
7	2	7	0	0
9	4	9	0	0
				المجموع **12**

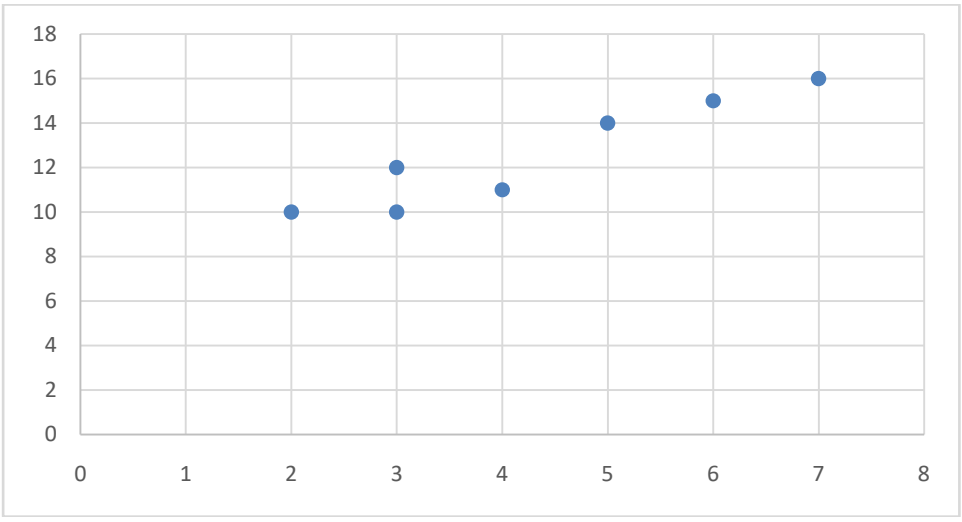
ومنه مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة للمعادلة الثانية هو:

$$\sum_{i=1}^{n}(Y-\hat{Y})^2 = 12$$

وبالتالي معادلة الانحدار الأولى والمحسوبة من بيانات التمرين تمثل البيانات أحسن تمثيل من المعادلة الثانية، لأن مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة للمعادلة الأولى والذي يساوي 9.24 أصغر من مجموع مربعات انحرافات القيم الفعلية عن القيم المقدرة للمعادلة الثانية والذي يساوي 12.

حل التمرين الثالث:

1 -شكل الانتشار:



انطلاقا من الرسم البياني يتضح وجود **علاقة خطية** (اتجاه خطي) بين المتغيرين، حيث أن **العلاقة موجبة**، وقرب النقاط يجعلنا نحكم مبدئيا **بقوة العلاقة**، ومنه يمكن اعتماد معادلة الانحدار البسيط في تقدير المبيعات.

2 -معادلة الانحدار البسيط:

$$a = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2} \qquad / \ \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

x	y	xy	x^2
2	10	20	4
3	10	30	9
3	12	36	9
4	11	44	16
5	14	70	25
6	15	90	36
7	16	112	49
30	**88**	**402**	**148**

$\bar{x} = 4.28$

$a = 1.2$

$\hat{y} = 1.2$

تفسير قيمة الميل: يعتبر ميل المعادلة موجبا مما يعكس العلاقة الموجبة بين المتغيرين، حيث أن كل تغير في مصاريف الإشهار بوحدة واحدة، يؤدي إلى تغير المبيعات بـ1.28 وحدة (يمكن الأخذ بالوحدات).

3 -دراسة قوة العلاقة بين المتغيرين:

لدراسة العلاقة بين المتغيرين يتم حساب معامل الارتباط r:

$$r = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2}\sqrt{\sum y_i^2 - n\bar{y}^2}}$$

x	y	xy	x^2	y^2
2	10	20	4	100
3	10	30	9	100
3	12	36	9	144
4	11	44	16	121
5	14	70	25	196
6	15	90	36	225
7	16	112	49	256
30	**88**	**402**	**148**	**1142**

$$r = 0.943$$

ومنه فإن العلاقة بين المتغيرين علاقة قوية.

4 -دراسة جودة معادلة الانحدار:

يتم الحكم على جودة معادلة الانحدار من خلال معامل التحديد R^2:

$$R^2 = r^2$$

انطلاقا من قيمة معامل التحديد فإن:

- نموذج الانحدار الخطي البسيط يعتبر جيدا لتقدير المبيعات ويمكن بذلك تقليص الأخطاء عند التقدير.
- 89%من التغيرات التي تحصل في المبيعات تعزى لمصاريف الإشهار، والنسبة المتبقية (11%) تعزى لعوامل أخرى.

5 -تقدير قيمة المبيعات:

- عند مستوى مصاريف إشهار 8000 و.ن:

$$\hat{y} = 1.28(8) + 7.086, \hat{y} = 17.326$$

- عند مستوى مصاريف إشهار 9000و.ن:

$$\hat{y} = 1.28(9) + 7.086, \hat{y} = 18.606$$

6 -المفاضلة بين المعادلتين:

للمفاضلة بين المعادلتين يتم اعتماد طريقة المربعات الصغرى، حيث:

$$Min \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = Min \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

- مجموع انحرافات المعادلة المحسوبة:

x	y	$\hat{y}$	e	e^2
2	10	9.646	0.354	0.125
3	10	10.926	-0.926	0.857
3	12	10.926	1.074	1.153
4	11	12.206	-1.206	1.454
5	14	13.486	0.514	0.264
6	15	14.766	0.234	0.055
7	16	16.046	-0.046	0.002
30	**88**			**3.912**

- مجموع انحرافات المعادلة المعطاة:

x	y	$\hat{y}$	e	e^2
2	10	10	0	0
3	10	12	-2	4
3	12	12	0	0
4	11	14	-3	9
5	14	16	-2	4
6	15	18	-3	9
7	16	20	-4	16
30	**88**			**42**

انطلاقا من معطيات الجدولين يتضح أن المعادلة المحسوبة أفضل لأن مجموع الانحرافات أقل.

حل التمرين الرابع:

1- إيجاد معادلة الانحدار المتعدد:

Y	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	$Y X_1$	$Y X_2$
2	1	1	1	1	1	2	2
1	2	2	4	4	4	2	2
2	2	2	4	4	4	4	4
4	3	4	9	16	12	12	16
مج = 9	مج = 8	مج = 9	مج = 18	مج = 25	مج = 21	مج = 20	مج = 24

أ. حساب محدد معاملات الانحدار Δ:

$$\Delta = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta = \begin{matrix} 4 & 8 & 9 \\ 8 & 18 & 21 \\ 9 & 21 & 25 \end{matrix}$$

$$\Delta = 4(18\times25 - 21\times21) -8(8\times25 - 9\times21) +9(8\times21 - 9\times18) = 2$$

ب. حساب Δ_0 محدد معاملات الانحدار b_0:

$$\Delta_0 = \begin{matrix} \sum Y & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum Y X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum Y X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = \begin{matrix} 9 & 8 & 9 \\ 20 & 18 & 21 \\ 24 & 21 & 25 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = 9(18\times25 - 21\times21) -8(20\times25 - 24\times21) +9(20\times21 - 24\times18) = 5$$

ج. حساب Δ_1 محدد معاملات الانحدار b_1:

$$\Delta_1 = \begin{matrix} n & \sum Y & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum Y X_1 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum Y X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = \begin{matrix} 4 & 9 & 9 \\ 8 & 20 & 21 \\ 9 & 24 & 25 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = 4(20\times25 - 24\times21) -9(8\times25 - 9\times21) +9(8\times24 - 9\times20) = -7$$

د. حساب Δ_2 محدد معاملات الانحدار b_2:

$$\Delta_2 = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum Y \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum Y X_1 \\ \sum X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum Y X_2 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{matrix} 4 & 8 & 9 \\ 8 & 18 & 20 \\ 9 & 21 & 24 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = 4(18\times24 - 21\times20) -8(8\times24 - 9\times20) +9(8\times21 - 9\times18) = 6$$

هـ. حساب قيمة b_0، b_1، b_2:

$$b_0 = \Delta_0 / \Delta = 5/2 = 2.5$$

$$b_1 = \Delta_1 / \Delta = - 7/2 = - 3.5$$

$$b_2 = \Delta_2 / \Delta = 6/2 = 3$$

ومنه معادلة الانحدار هي:

$$Y = 2.5 - 3.5\ X_1 + 3\ X_2$$

2- تقدير قيمة Y مع العلم أن X_2= 10 , X_1= 5:

$$Y = 2.5 - 3.5(5) + 3(10) = 15$$

3. حساب معامل التحديد وتفسيره:

Y	$\hat{Y}$	Y- $\hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
2	2	0	0	- 0.25	0.0625
1	1.5	- 0.5	0.25	- 1.25	1.5625
2	1.5	0.5	0.25	- 0.25	0.0625
4	4	0	0	1.75	3.0625
			0.5		4.75

حيث تم حساب قيم $\hat{Y}$ كما يلي:

$$\hat{Y}_1 = 2.5 - 3.5(2) + 3(1) = 2$$

$$\hat{Y}_2 = 2.5 - 3.5(2) + 3(2) = 1.5$$

$$\hat{Y}_3 = 2.5 - 3.5(2) + 3(2) = 1.5$$

$$\hat{Y}_4 = 2.5 - 3.5(3) + 3(4) = 4$$

$$\bar{Y} = \frac{9}{4} = 2.25$$

ومنه:

$$R^2 = 1 - \frac{0.5}{4.75} = 0.89$$

التفسير: 89 % من التغير في رقم الأعمال يعزى إلى التغير في مصاريف التوزيع وتكلفة المواد الأولية.

حل التمرين الخامس:

1. تقدير قيمة b_0، b_1، b_2:

Y	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	$Y X_1$	$Y X_2$
2	1	1	1	1	1	2	2
1	2	2	4	4	4	2	2
2	2	2	4	4	4	4	4
4	3	4	9	16	12	12	16
3	2	2	4	4	4	6	6
مج = 12	مج = 10	مج = 11	مج = 22	مج = 29	مج = 25	مج = 26	مج = 30

أ. حساب محدد معاملات الانحدار Δ:

$$\Delta = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta = \begin{matrix} 5 & 10 & 11 \\ 10 & 22 & 25 \\ 11 & 25 & 29 \end{matrix}$$

$$\Delta = 5\times13 \ -10\times15 + 11(8)$$

$$\Delta = 3$$

ب. حساب Δ_0 محدد معاملات الانحدار b_0:

$$\Delta_0 = \begin{matrix} \sum Y & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum YX_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1X_2 \\ \sum YX_2 & \sum X_1X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = \begin{matrix} 12 & 10 & 11 \\ 26 & 22 & 25 \\ 30 & 25 & 29 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = 12\times13 \ -10\times4 + 11(-10)$$

$$\Delta_0 = 6$$

ج. حساب Δ_1 محدد معاملات الانحدار b_1:

$$\Delta_1 = \begin{matrix} n & \sum Y & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum YX_1 & \sum X_1X_2 \\ \sum X_2 & \sum YX_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = \begin{matrix} 5 & 12 & 11 \\ 10 & 26 & 25 \\ 11 & 30 & 29 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = 5\times4 \ -12\times15 + 11\times14$$

$$\Delta_1 = -6$$

د. حساب Δ_2 محدد معاملات الانحدار b_2:

$$\Delta_2 = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum Y \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum YX_1 \\ \sum X_2 & \sum X_1X_2 & \sum YX_2 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{matrix} 5 & 10 & 12 \\ 10 & 22 & 26 \\ 11 & 25 & 30 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = 5\times10 \ -10\times14 + 12(8)$$

$$\Delta_2 = 6$$

هـ. حساب قيمة b_0، b_1، b_2:

$$b_0 = \Delta_0 / \Delta = 6/3 = 2$$

$$b_1 = \Delta_1 / \Delta = -6/3 = -2$$

$$b_2 = \Delta_2 / \Delta = 6/3 = 2$$

ومنه معادلة الانحدار هي:

$$\hat{Y} = 2 - 2\,X_1 + 2\,X_2$$

2- تقدير سعر بيع المنزل إذا علمت أن مساحته 5000 م^2، وعدد غرفه 5:

$$\hat{Y} = 2 - 2(5) + 2(5) = 2$$

3. تمثل b_1: التغير في $\hat{Y}$ عندما يتغير X_1 بمقدار وحدة واحدة مع ثبات قيمة X_2.

حل التمرين السادس:

1. تقدير قيمة b_0، b_1، b_2:

Y	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	$Y X_1$	$Y X_2$
2	1	1	1	1	1	2	2
1	2	2	4	4	4	2	2
2	2	2	4	4	4	4	4
4	3	4	9	16	12	12	16
2	3	4	9	16	12	6	8
مج = 11	مج = 11	مج = 13	مج = 27	مج = 41	مج = 33	مج = 26	مج = 32

أ. حساب محدد معاملات الانحدار Δ:

$$\Delta = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta = \begin{matrix} 5 & 11 & 13 \\ 11 & 27 & 33 \\ 13 & 33 & 41 \end{matrix}$$

$$\Delta = 5\times18 \ -11\times22 + 13(12)$$

$$\Delta = 4$$

ب. حساب Δ_0 محدد معاملات الانحدار b_0:

$$\Delta_0 = \begin{matrix} \sum Y & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum Y X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum Y X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = \begin{matrix} 11 & 11 & 13 \\ 26 & 27 & 33 \\ 32 & 33 & 41 \end{matrix}$$

$$\Delta_0 = 11\times18 \ -11\times10 + 13(-6)$$

$$\Delta_0 = 10$$

ج. حساب Δ_1 محدد معاملات الانحدار b_1:

$$\Delta_1 = \begin{matrix} n & \sum Y & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum Y X_1 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum Y X_2 & \sum {X_2}^2 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = \begin{matrix} 5 & 11 & 13 \\ 11 & 26 & 33 \\ 13 & 32 & 41 \end{matrix}$$

$$\Delta_1 = 5\times10 \ -11\times22 + 13\times14$$

$$\Delta_1 = -10$$

د. حساب Δ_2 محدد معاملات الانحدار b_2:

$$\Delta_2 = \begin{matrix} n & \sum X_1 & \sum Y \\ \sum X_1 & \sum {X_1}^2 & \sum YX_1 \\ \sum X_2 & \sum X_1X_2 & \sum YX_2 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{matrix} 5 & 11 & 11 \\ 11 & 27 & 26 \\ 13 & 33 & 32 \end{matrix}$$

$$\Delta_2 = 5\times6 \ -11\times14 + 11(12)$$

$$\Delta_2 = 8$$

هـ. حساب قيمة b_0، b_1، b_2:

$$b_0 = \Delta_0/\Delta = 10/4 = 2.5$$

$$b_1 = \Delta_1/\Delta = -10/4 = -2.5$$

$$b_2 = \Delta_2/\Delta = 8/4 = 2$$

ومنه معادلة الانحدار هي:

$$\hat{Y} = 2.5 - 2.5\ X_1 + 2\ X_2$$

2- تقدير سعر بيع المنزل إذا علمت أن مساحته 4000 م^2، وعدد غرفه 6:

$$\hat{Y} = 2.5 - 2.5(4) + 2(6) = 4.5$$

3. تمثل b_2: التغير في $\hat{Y}$ عندما يتغير X_2 بمقدار وحدة واحدة مع ثبات قيمة X_1.

Solution of exercise 7

1. the equation of regression:

number of persons X	15	20	50	30	25	40	Sum= 180
Revenue Y	5	8	12	10	9	13	Sum= 57
YX	75	160	600	300	225	520	Sum= 1880
X^2	225	400	2500	900	625	1600	Sum= 6250

$$\overline{Y} = 9.5$$

$$\overline{X} = 30$$

$$b_1 = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b_1 = \frac{6(1880) - (180)(57)}{6(6250) - (180)^2}$$

$$b_1 = \frac{11280 - 10260}{37500 - 32400}$$

$$b_1 = \frac{1020}{5100}$$

$$b_1 = 0.2$$

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{X}$$

$$b_0 = 9.5 - 0.2(30)$$

$$b_0 = 3.5$$

$$\widehat{Y} = 3.5 + 0.2\,X$$

2. the coefficient of determination:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2}$$

Y	$\hat{Y}$	Y- $\hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$
5	6.5	- 1.5	2.25	- 4.5	20.25
8	7.5	0.5	0.25	- 1.5	2.25
12	13.5	- 1.5	2.25	2.5	6.25
10	9.5	0.5	0.25	0.5	0.25
9	8.5	0.5	0.25	- 0.5	0.25
13	11.5	1.5	2.25	3.5	12.25
			7.5		41.5

$$\hat{Y}_1 = 3.5 + 0.2(15) = 6.5$$

$$\hat{Y}_2 = 3.5 + 0.2(20) = 7.5$$

$$\hat{Y}_3 = 3.5 + 0.2(50) = 13.5$$

$$\hat{Y}_4 = 3.5 + 0.2(30) = 9.5$$

$$\hat{Y}_5 = 3.5 + 0.2(25) = 8.5$$

$$\hat{Y}_6 = 3.5 + 0.2(40) = 11.5$$

$$\bar{Y} = \frac{57}{6} = 9.5$$

$$R^2 = 1 - \frac{7.5}{41.5} = 0.82$$

The equation of regression is good.

82 % of the change in revenue is due to the change in the number of persons coming to the restaurant.

3. the coefficient of correlation:

$$r = \sqrt{R^2}$$

$$r = \sqrt{0.82}$$

$$r = 0.91$$

the relationship between the variables is strong and positive

تمارين غير محلولة:

التمرين الأول:

الجدول التالي يمثل الناتج من محصول ما للهكتار الواحد والكمية المستخدمة من السماد:

كمية السماد	المحصول
100	40
200	50
300	50
400	70
500	65
600	65
700	80

المطلوب:

1. أوجد معادلة الانحدار .
2. احسب معامل الارتباط.
3. استنتج معامل التحديد.

التمرين الثاني:

لاحظت إحدى الشركات المنتجة للعطور بأن الطلب على أحد أنواع عطورها Y يتأثر بالكميات المطروحة في السوق من نوعين آخرين من العطور هما X_1 و X_2. وقد توفرت البيانات التالية عن مبيعات هذه المنتجات (المبيعات بالآلاف):

Y	X_1	X_2
3.1	3.9	2.4
2.6	3.6	2.1
2.9	3.8	2.3
2.7	3.9	1.9
2.8	3.7	1.9
3	3.9	2.1
3.2	3.8	2.4

المطلوب:

1. استخدم أسلوب الانحدار المتعدد للتنبؤ بالطلب على المنتج Y إذا قررت الشركة طرح كميات مقدارها 4100 و2500 من المنتجين X_1 و X_2 على التوالي خلال الشهر الثامن.

2. احسب معامل التحديد مع تفسيره.

خاتمة

تم التطرق في هذه المطبوعة إلى تقنيات وطرق التنبؤ من خلال ثلاثة فصول، حيث يتناول الفصل الأول ماهية التنبؤ، تم التطرق فيه إلى تعريف التنبؤ، أهميته، خصائصه، أنواعه، استعمالاته، خطواته، معايير اختيار الأسلوب المناسب والطرق الكيفية لعملية التنبؤ؛ أما الفصل الثاني بعنوان مركبات وطرق السلاسل الزمنية، حيث يتناول تعريف السلسة الزمنية، أهداف دراستها، ثم تم التطرق إلى مركبات السلسلة الزمنية وطرق الكشف عنها، بعدها تم تناول أهم طرق السلاسل الزمنية المستخدمة في عملية التنبؤ؛ أما الفصل الثالث تم التطرق فيه إلى الطرق السببية من خلال معالجة الانحدار الخطي البسيط والانحدار الخطي المتعدد.

وفي الأخير نأمل أننا قد وفقنا في معالجة فصول هذه المطبوعة وقربنا إلى الطالب مختلف المفاهيم الخاصة بهذا المقياس.

1- جورج كانافوس ودون ميلر، الإحصاء للتجاريين – مدخل حديث، تعريب: سلطان مُحَّد عبد الحميد، مراجعة: مُحَّد توفيق البلقيني، دار المريخ، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2004.

2- جيلالي جلاطو، الإحصاء التطبيقي، ط 1، دار الخلدونية، الجزائر، 2007.

3- كاسر نصر المنصور وآخرون، إدارة العمليات الإنتاجية، ط 2، خوارزم العلمية، السعودية، 2011.

4- مولود حشمان، نماذج وتقنيات التنبؤ القصير المدى، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2002.

5- نجم عبود نجم، مدخل إلى إدارة العمليات، ط1، دار المناهج، عمان، 2007.

6- سكوت شافير وجاك ميرديث، إدارة العمليات، تعريب: سرور علي إبراهيم سرور، مراجعة: مُحَّد يحي عبد الرحمن، دار المريخ، الرياض، 2005.

7- سمير مصطفى شعراوي، مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، السعودية، 2005.

8- عبد الكريم محسن وصلبع مجيد النجار، إدارة الانتاج والعمليات، ط 4، الذاكرة للنشر والتوزيع، بغداد، 2012.

9- عبد الرحمن الأحمد العبيد، مبادئ التنبؤ الإداري، النشر العلمي للمطابع، جامعة الملك سعود، السعودية، 2004.

10- George C. Canavos and Don M. Miller, Modern Business Statistics, Wadsworth Publishing Company, USA, 1995

11- Jay Heizer , Barry Render, Chuck Munson, Operations Management- Global Edition, 13th Edition, Pearson, USA, 2020

12- John E. Hanke Dean Wichern, Business Forecasting, 9th edition, Pearson, England, 2014.

13- Larry Ritzman, Lee Krajewski, Manoj Malhotra, Operations Management, 11th Edition, Pearson, England, 2016.

14- William J. Stevenson, Operations Management, 14th Edition, McGraw-Hill Education, USA, 2021.

مقدمة

الفصل الأول: ماهية التنبؤ 01

1- تعريف التنبؤ 02

2- أهمية التنبؤ 03

3- خصائص التنبؤ 03

4- الحالات التي يمكن أن يأخذها التنبؤ 03

5- أنواع التنبؤ 04

6- استعمالات التنبؤ 04

7- خطوات عملية التنبؤ 06

8- التنبؤ والتخطيط 07

9- زيادة فاعلية التنبؤ 08

10- اختيار أسلوب التنبؤ المناسب 08

11- الأبعاد الزمنية للتنبؤ 09

12- الطرق الكيفية للتنبؤ 10

أسئلة تقييمية 14

الفصل الثاني: مركبات وطرق السلاسل الزمنية 16

1- تعريف السلسلة الزمنية 17

2- أهداف دراسة السلسلة الزمنية 17

3- مركبات السلسلة الزمنية 18

4- طرق الكشف عن مركبات السلسلة الزمنية 24

5- طرق السلاسل الزمنية 29

5-1 التنبؤ السطحي 29

5-2 طريقة المتوسطات المتحركة 30

5-3 المتوسط المتحرك المرجح 30

5-4 طريقة التمهيد الأسي البسيط 31

5-5 طريقة التمهيد الأسي المعدل بالاتجاه 34

5-6 طريقة خط الاتجاه 42

6- قياس خطأ التنبؤ 45

6- 1 مجموع الأخطاء 45

6- 2 متوسط الانحرافات المطلقة 46

6- 3 متوسط مربعات الأخطاء 48

6- 4 متوسط الأخطاء النسبية المطلقة 48

تمارين محلولة 50
تمارين غير محلولة 69
الفصل الثالث: الطرق السببية 73
1- الانحدار الخطي البسيط 74
1-1 شكل الانتشار 74
1-2 معادلة الانحدار الخطي البسيط 74
1-3 طريقة المربعات الصغرى 75
1-4 الارتباط البسيط .....ـ..... 77
1-5 اختبار جودة معادلة الانحدار (معامل التحديد) 78
2- الانحدار الخطي المتعدد 80
2-1 معادلة الانحدار الخطي المتعدد 80
2-2 طريقة المربعات الصغرى 81
2-3 معامل التحديد .....ـ..... 85
تمارين محلولة 87
تمارين غير محلولة 111
خـاتمة.....113
قائمة المراجع..... 114
فهرس المحتويات..... 115