مقدمة

التنبؤ الاقتصادي economic forecasting عملية تقدير للتطور المستقبلي لقيم الظـــواهر الاقتصادية استناداً إلى الوضع الراهن وإلى العوامل المؤثرة في تطور تلك الظواهر. ويقدم التنبـــؤ بهذا المعنى تقديرات كمية ونوعية للظواهر والمؤشرات الاقتصادية في لحظة محددة أو لمدد زمنية أطول.

ويعتمد التنبؤ الاقتصادي بصورة أساسية على السلاسل الزمنية time series مـــن خـــلال دراسة تطور الظاهرة مع الزمن بوصفه عاملاً يظهر حاصل تأثير جميع العوامل المؤثرة في هـــذه الظاهرة. فالظواهر تتغير مع الزمن من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى، ولا يعد الزمن ذاتـــه عاملاً مؤثراً في تطور الظواهر الاقتصادية بصفته مؤشراً موضوعياً مستقلاً عن فعل الإنسان. إلا أن الزمن ملازم لتطور الظواهر الاقتصادية ومن ثم يمكن الربط بين حالة الظاهرة واللحظة التـــي تقابل هذه الحالة، أو بين تطورات الظاهرة والمدة الزمنية التي جـــرت أو ســـتجري فيهـــا تلـــك التطورات الناجمة عن عوامل أخرى غير الزمن تؤثر في الظاهرة وتؤدي إلى تغيرها كماً ونوعاً.

والسلسلة الزمنية هي سلسلة من القيم العددية لمؤشر إحصائي يعكس تغير الظاهرة بالنســـبة إلى الزمن. وكل قيمة عددية في السلسلة تقابل لحظة زمنية أو مدة زمنية محددة. ويمكن أن تكـــون المدة أياماً أو شهوراً أو سنوات. وتُنشَأ سلسلة زمنية عن طريق مراقبة الظاهرة المدروسة مدة من الزمن وقياسها في مدد زمنية متساوية بهدف الحصول على قيمها.

والهدف من دراسة السلسلة الزمنية وتحليلها هو تعرّف التغيرات التي طرأت على الظـــاهرة التي تمثلها في مدة من الزمن. ثم تحليل أسبابها ونتائجها وتحديد اتجاهها حتى يمكن اســـتخدامها للتقدير والتنبؤ بالمستقبل. وتُستخدم مؤشرات الزيادة المطلقة ومؤشرات الزيادة النسبية لتحديد مقدار تغير الظاهرة المدروسة واتجاهها وسرعتها. وهي نوعان سلاسل زمنية آنية وسلاسل زمنية مديدة.

ولأن الاتجاه العام للسلاسل الزمنية يعكس تغيرات أساسية طويلة الأمد وتأخذ شكلها بصورة تدريجية، وتستمر في اتجاه واحد مدة طويلة من الزمن فإنه يمكن استخدامها للتنبؤ بالمستقبل.

يحتوي هذا الدرس على أربع مقاطع، الأول منها يضم الأسس النظرية للسلاسل الزمنية، والأخرى تعبر عن أهم طرق التقدير المستخدمة.

المقطع الأول: مفاهيم أساسية حول السلاسل الزمنية

تمهيـــد

لقد أصبح الاقتصاد اليوم أكثر تعقيدا مما كان عليه في القديم حيث بتطور المجتمعات زادت متاعب الحياة ولهذا أصبح العلماء يبحثون عن الحلول للظواهر الاقتصادية ، فإن المسيرين يبحثون دوما عن طرق لتطوير نوعية المعلومات والقرارات المتخذة.

في هذا المجال فإن طرق التنبؤ لازالت في تطور مستمر عبر الزمن، وهي عديدة ومتنوعـــة وتختلف باختلاف مجال استخدامها، فنجد مثلا طرق التنبؤ الكمية بنوعيها الخطية وغيـــر الخطيـــة وطرق التنبؤ الكيفية.

إن دراسة طرق التنبؤ تتطلب منا دراسة تحليلية للسلاسل الزمنية ومركباتها وأشـــكالها بعـــد التطرق إلى بعض المفاهيم الأساسية حول التنبؤ. ولاختيار أحد هذه الطرق فإنه توجد عدة معـــايير تؤخذ بعين الإعتبار بعد تحديد الأهداف المتوخاة من عملية التوقع.

1-1:تعريف السلسلة الزمنية[1]:

السلسلة الزمنية هي مجموعة من المشاهدات مرتبة وفق حدوثها في الزمن كالسنين أو الفصول أو الأشهر أو الأيام أو أية وحدة زمنية. فهي بذلك عبارة عن سجل تاريخي يتم اعتماده لبناء التوقعات المستقبلية .

1-2: رسم السلسلة الزمنية:

لما كانت مجموعة المشاهدات للسلسلة أزواجاً مرتبة فإنه يمكن تمثيلها بيانياً بنقط في المستوى البياني بحيث يمثل المحور الأفقي الزمن والمحور الرأسي يمثل قيم المشاهدات التي وقعت خلال الزمن .

مثال1:

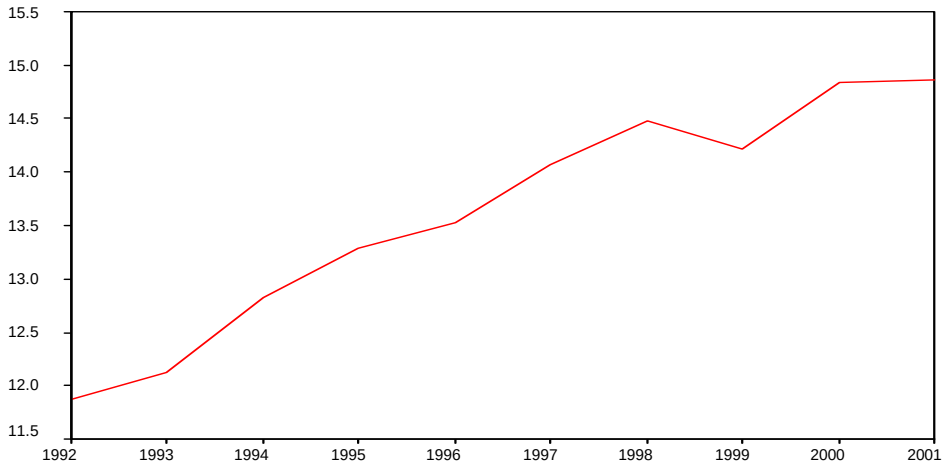
الجدول التالي يمثل أرباح إحدى الشركات بآلاف الدينارات :

السنة	1992	1993	1994	1995	1996
الأرباح	11.87	12.12	12.82	13.29	13.53
السنة	1997	1998	1999	2000	2001
الأرباح	14.07	14.48	14.22	14.84	14.86

المطلوب: مثل هذه السلسة بيانياً .

الحل: يكون الرسم كما هو موضح في الشكل التالي:

[1] G.bresson et A. pirrotte".économétrie des séries temporelles".PUF.1995.p :13.
- Bexnard M – « Statistique dès criptive » ed économisa 1990 .



1-3: مكونات السلسلة الزمنية :

تتعرض أي سلسلة زمنية لنوعين من التغيرات وهذه. التغيرات يطلق عليها عناصر السلسلة.

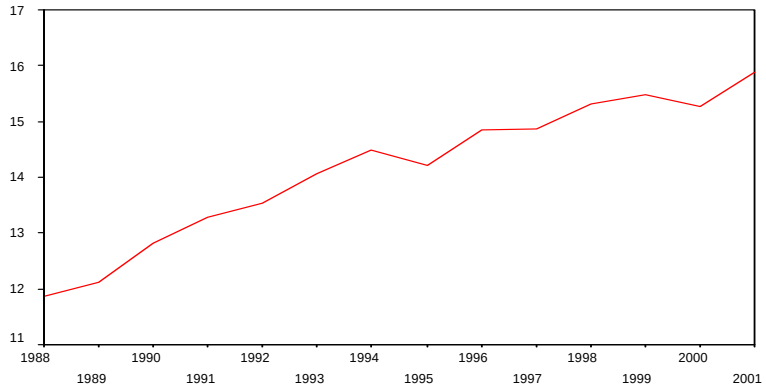
أولاً: التغيرات المنتظمة:

هي التغيرات التي يتكرر ظهورها في السلسلة في مواضع ذات صفات محددة وتشمل الاتجاه العام والتغيرات الموسمية والتغيرات الدورية.

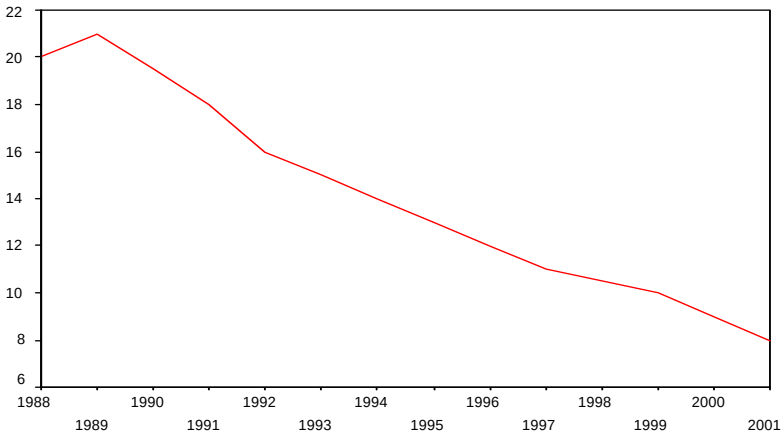
1: الاتجاه العام:

وهو العنصر الذي يقصد به الحركة المنتظمة للسلسلة عبر فترة زمنية طويلة نسبياً. ويقـــال إن الاتجاه العام للسلسلة موجبٌ إذا كان الاتجاه نحو التزايد بمرور الزمن ويقال إن الاتجاه العام سالب إذا اتجهت نحو التناقص بمرور الزمن.

سلسلة زمنية ذات اتجاه عام موجب



سلسلة زمنية ذات اتجاه عام سالب



2: التغيرات الموسمية*:

هي التى تمثل التغيرات المنتظمة القصيرة الأجل والتي تحدث خلال الفترة الزمنية الواحدة التي لا يزيد طولها عن السنة ، فقد تكون أسبوعية أو شهرية أو فصلية .

سلسلة زمنية تمثل التغيرات الموسمية

3: التغيرات الدورية:

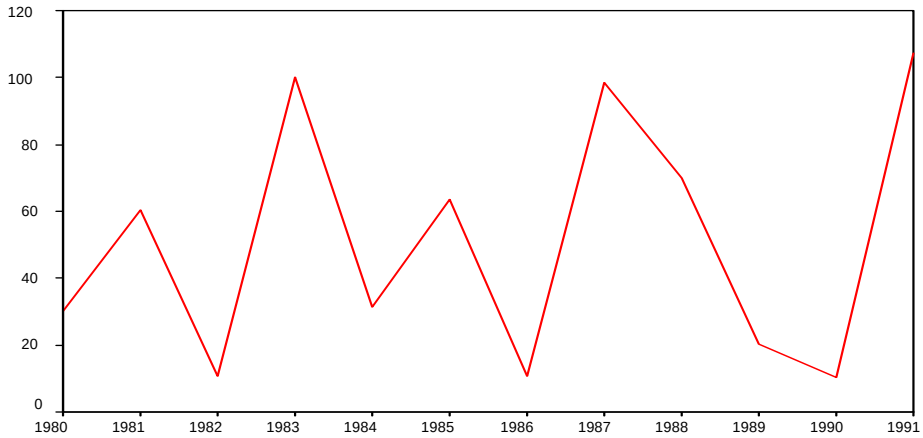
هي التى تمثل التغيرات التي تطرأ على قيم السلسلة الزمنية بصورة منتظمة ويزيد أمدها عــن السنة . وتتكون من دوال تشبه دوال الجيب وجيب التمام ولكن بأطوال وسعات مختلفة .

---

* أنظر:

- حلمي فضل كتانة (1999) . الإحصاء التطبيقي الحديث والاحتمالات. المطبعة الأهلية، الدوحة، قطر.
- رمضان حامد محمد . برنامج الإشراف الفني للإحصائيين. معهد الإدارة العامة، الرياض.
- عبد الحميد البلداوي (1997) . الإحصاء للعلوم الإدارية والتطبيقية. دار الشروق – عمان – الأردن.
- عدنان عوض– مفيد عزام (1998) . طرق الإحصاء بالحاسوب . جامعة القدس المفتوحة .

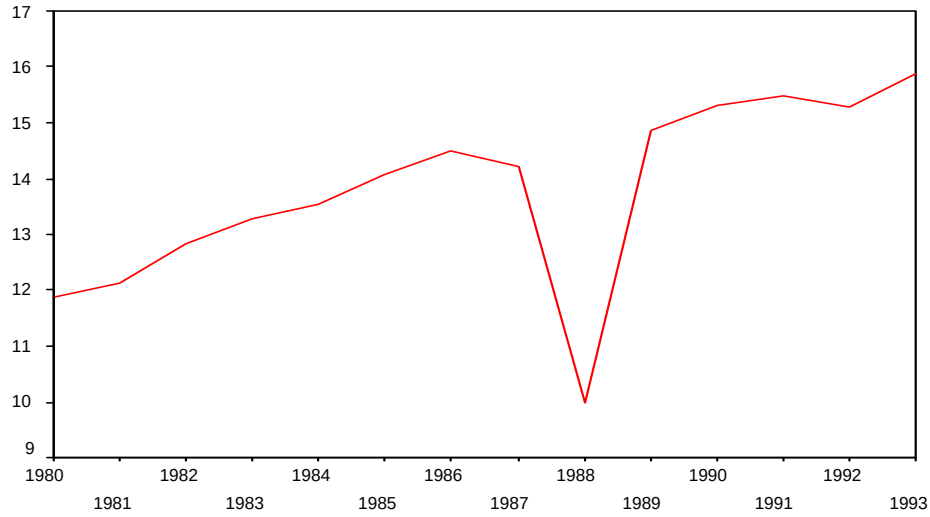
سلسلة زمنية تمثل التغيرات الدورية



ثانياً : التغيرات غير لمنتظمة (العرضية) :

تشمل التغيرات العرضية أو الفجائية التي تحدث فجائية لا يمكن التنبؤ بها. ومن أمثلتها ما يحدث للنشاط الاقتصادي في بلد ما بسبب الزلازل أو الحروب غير المتوقعة.

سلسلة زمنية تحتوي على تغيرات فجائية



1-4: تحليل السلسلة إلى مكوناتها الرئيسية[1]

[1] Regis bourbonnis et michel tirraza," analyse des séries temporelle en économiques ", PUF ,1998 , p18 .

- عبد العزيز بن عبد الله الزوم، "تحليل السلسلة الزمنية لأسعار الجملة لمحصول البصل في المملكة العربية السعودية"، مجلة جامعة الملك سعود، م14، قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، ص ص:175-190,

يتطلب تحليل السلسلة الزمنية صياغة نموذج رياضي يمثل السلسلة المعطـــاة. وقـــد طـــور الأخصائيون عدة نماذج رياضية تربط بين قيم المشاهدات، وقيم المركبات المختلفة للسلسلة الزمنية. وقبل أن نذكر بعض هذه النماذج سنتفق على استخدام الرموز التالية في السلسلة الزمنية. يســـتخدم الرمز T ليدل على الاتجاه العام، والرمز S ليدل على المركبة الفصلية (الموسمية)، والرمز C ليدل على المركبة الدورية، والرمز I ليدل على التغيرات العرضية. ومن أبرز النماذج الرياضية التي تصف السلسلة الزمنية هي النموذج الضربي والنموذج الجمعي.

1-4-1: النموذج الضربي والنموذج الجمعي

أولا:النموذج الضربي

هو النموذج الذي يفترض أن قيمة الظاهرة (المشاهدة) عند أي نقطة زمنية يساوي حاصل ضرب المركبات الأربعة أي أن:

$$Y= T. S. C. I$$

ويستعمل هذا النموذج غالباً في الحالات التي تكون فيها المركبات S, C, I معطاة أو مطلوبة على صورة نسب مئوية، وذلك من أجل أن تكون وحدات قياس T هي نفس وحدات قياس Y.

ومن صفات النموذج أنه يستخدم في الحالات التي يمكن أن نفرض فيها أن المركبات الأربع يؤثر بعضها في بعض على الرغم من أن مصادر حدوثها تكون مختلفة.

ومن أمثلة السلاسل التي يصلح لها النموذج الضربي سلسلة كميات المبيعات من سلعة معينة، لأنه يبدو أن هناك تأثيرًا واضحاً للمركبات فيما بينها .

ثانياً: النموذج الجمعي

حيث يفترض أن قيمة الظاهرة (المشاهدة) في أي نقطة زمنية هي حاصل جمع المركبـــات الأربعة أي أن:

$$Y = T+ S + C + I$$

ويستعمل هذا النموذج إذا فرضنا أن وحدة قياس جميع المركبات متشابهة وتشابه وحدة قيـــاس المشاهدات Y، ويحدث ذلك أيضاً عندما نريد أن نقدر قيم المركبات لا نسبها.

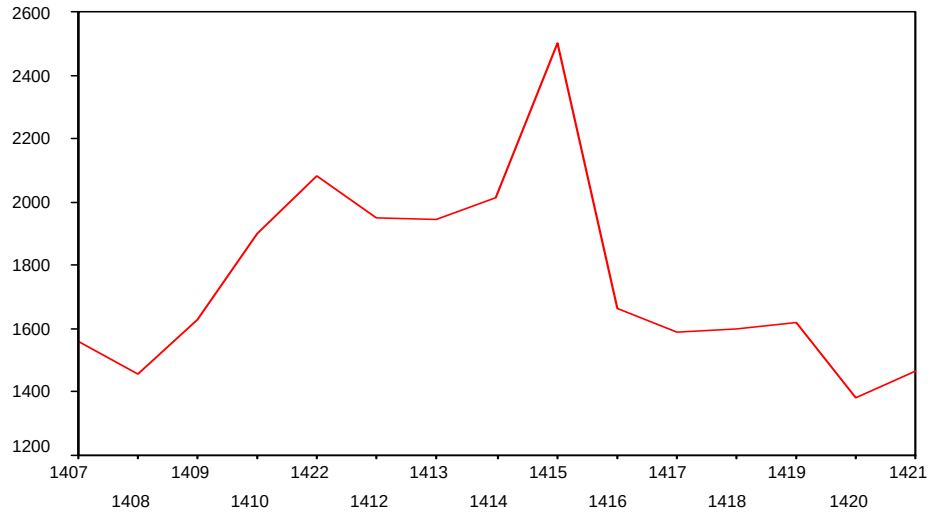
وعند استعمال هذا النموذج يجب أن يكون بالإمكان فرض أن جميع المركبات مستقل بعضـــها عن بعض ، بمعنى أن حدوث إحداها لا يؤثر في حدوث المركبات الأخرى . وفي هـــذا النمـــوذج يجب أن يكون مجموع قيم المركبة الفصلية على مدار السنة مساويا صفراً.

مثال 2: الجدول التالي يمثل أعداد الحجاج في الفترة من 1407 إلى 1420 بالألف

السنة	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414
العدد	1558	1456	1628	1899	2080	1950	1943	2012
السنة	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	
العدد	2502	1665	1590	1601	1619	1380	1467	

المطلوب: حلل هذه السلسلة حسب المركبات المؤثرة فيها.

الحل: نمثل السلسلة بيانيا كما بالرسم التالي:



يتضح من ملاحظة المشاهدات والشكل البياني أن هذه السلسلة تتعرض للاتجاه العام والتغيرات الدورية والتغيرات العرضية.

كما أننا نلاحظ أن المركبة الفصلية غير موجودة حيث أن أعداد الحجاج تعطى سنويا. ومعنى هذا أن النموذج الذي يمثل هذه السلسلة لا يحتوي على المركبة S.

1-5: تحليل الاتجاه العام

يتم تحديد الاتجاه العام لأي ظاهرة بطرق كثيرة، ومن أهم الطرق التي نستخدمها في هذا المجال هي:

- **طريقة المربعات الصغرى :**

يمكن تقدير الاتجاه العام للسلسلة الزمنية بطريقة المربعات الصغرى ، بحيث نستخدم الزمن كمتغير مستقل X وقيم السلسلة Y كمتغير تابع ، ويمكن استخدام معادلة الانحدار للتنبؤ عن قيم مستقبلية لهذه السلسلة. وهناك أنواع عديدة من معادلات الاتجاه العام منها .

أولاً: الاتجاه العام الخطي[1]

إذا كانت الظاهرة تزيد أو (تنقص) بمقدار ثابت كل فترة زمنية فإن معادلة الاتجاه العام تكون على صورة خط مستقيم أي أن معادلته هي:

$$\hat{y} = \hat{a} + \hat{b}x$$

حيث $\hat{a}$: هو الجزء المقطوع من المحور الرأسي

$\hat{b}$: ميل خط الاتجاه

$\hat{y}$: قيمة الظاهرة الاتجاهية

X : دليل الزمن (تبدأ بالواحد لأول فترة ثم اثنين للفترة الثانية وهكذا.....)

[1] Regis bourbonnis et michel tirraza, ibid, p :21

ملاحظة: إن إعطاء ترقيم متسلسل للزمن على النحو 1,2,3 ليس ملزماً إذ يمكن الابتداء من صفر ثم واحد وهكذا .
وتكون

$$\hat{b} = \frac{\sum xy - n\overline{x}\,\overline{y}}{\sum x^2 - n\overline{x}^2}$$

و

$$\hat{a} = \overline{y} - \hat{b}\,\overline{x}$$

بعد تقدير $\hat{a}$ ، $\hat{b}$ يمكن استخدام معادلة الاتجاه العام في التنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة وذلك بالتعويض عن قيم X في المعادلة:

$$\hat{y} = \hat{a} + \hat{b}x$$

مثال 3:

الجدول التالي يوضح عدد السيارات التي نقلت الحجاج في السنوات من 1407 – 1416هـ

السنة	1407	1408	1409	1410	1411
عدد السيارات	98017	88460	92234	124108	94355
السنة	1412	1413	1414	1415	1416
عدد السيارات	122521	114732	117724	145973	122991

المطلوب: إيجاد معادلة خط الاتجاه العام.

الحل: لإيجاد معادلة الاتجاه العام نحسب $\hat{a}$ ، $\hat{b}$ حيث نعرف الزمن X ابتداء من العدد واحد بشكل متسلسل وبزيادة واحد في كل مرة وبالتطبيق نحصل على:

- معادلة الاتجاه العام هي:

$$\hat{y} = 86950 + 4574.818\,x$$

مثال4:

من التطبيق الثالث ما هي عدد السيارات المقدرة لعام 1420 ؟

الحل: لإيجاد عدد السيارات المقدرة لعام 1420 نعوض عن $x = 14$ في المعادلة الاتجاهية فتكون:

ثانياً : الاتجاه العام غير الخطي

قد نواجه حالات مغايرة للاتجاه الخطي عند وصف التغيرات للسلسلة بحيث لا يمكن معها استخدام معادلة الاتجاه الخطي خاصة مع الظواهر الاقتصادية التي تتصف بالتغير على الأمد الطويل ، حينئذ نستخدم معادلة غير خطية مناسبة لقياس منحنى الاتجاه . ومن أهم هذه الطرق نجد:

1: معادلة الاتجاه العام الآسي

إذا كانت الظاهرة تزيد (أو تنقص) بمعدل ثابت كل فترة زمنية فان معادلة الاتجاه العام تأخذ الشكل التالي:

$$\hat{y} = \hat{a}\,\hat{b}^{x}$$

وللحصول على $\hat{a}$, $\hat{b}$ نأخذ لوغاريتم الطرفين فتصبح المعادلة:

$$\log \hat{y} = \log \hat{a} + x \log \hat{b}$$

وبنفس الأسلوب السابق نقدر $\log \hat{a}, \log \hat{b}$ ومن ثم نجد $\hat{a}$, $\hat{b}$ ونحصل على معادلة الاتجاه الآسية التي يمكن استخدامها في التنبؤ.

2 :معادلة الاتجاه التربيعي

إذا دل التمثيل البياني للسلسلة البيانية على وجود علاقة منحنية من الدرجة الثانية مثلًا (قطعاً مكافئاً) ، فإن معادلة الاتجاه العام تكون على صورة معادلة من الدرجة الثانية في متغير واحد وتأخذ الصورة التالية

$$\hat{y} = \hat{a} + \hat{b}x + \hat{c}x^{2}$$

وباستخدام طريقة المربعات الصغرى نقدر كلا من a, b, c وبالتعويض في المعادلة السابقة نحصل على معادلة الاتجاه العام التي يمكن استخدامها في التنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة .

مثال 5 : الجدول التالي أعداد المسافرين بواسطة إحدى شركات الطيران العالمية خلال السنوات 1991 – 2001 مقدرة بالألف.

السنة	1991	1992	1993	1994	1995	1996
عدد المسافرين	210	250	260	240	300	310
السنة	1997	1998	1999	2000	2001	
عدد المسافرين	330	380	470	530	560	

المطلوب :

1 – ارسم سلسلة أعداد المسافرين .

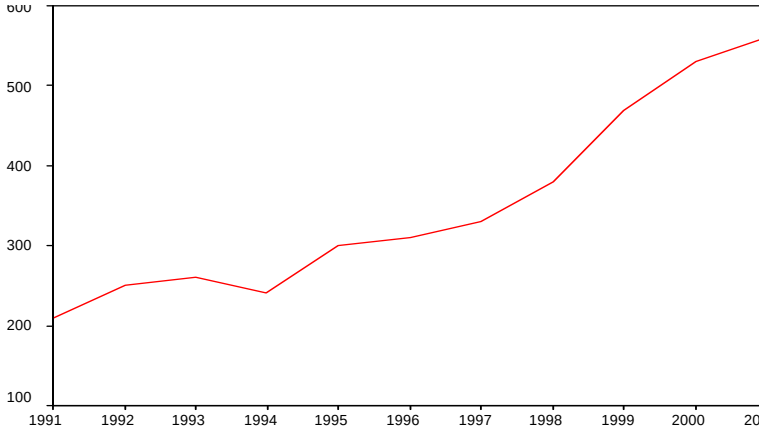
2 – حدد النموذج الملائم لإيجاد معادلة الاتجاه العام .

3 – إيجاد معادلة خط الاتجاه العام .

4 – ما هي أعداد المسافرين المقدرة لعام 2003؟

الحل :

1 – نرسم السلسلة كالآتي :



2 – واضح من هذا الشكل أن خط الاتجاه المستقيم لا يكون ملائماً وأن الشكل يوحي بإمكانية استخدام النموذج الآتى.

$$\hat{y} = \hat{a}\,\hat{b}^{x}$$

وبأخذ لوغاريتم الطرفين تصبح المعادلة

$$\log \hat{y} = \log \hat{a} + x \log \hat{b}$$

نفرض أن $y_1 = \log \hat{y}$ و $a_1 = \log \hat{a}$ و $b_1 = \log \hat{b}$

فتصبح المعادلة على الصورة:

$$y_1 = a_1 + b_1 x$$

وهي معادلة لوغاريتمية خطية تمكننا من استخدام طريقة المربعات الصغرى لحساب a_1 , b_1

3 – من النتائج نلاحظ أن $a_1 = 2.267 , b_1 = .04225$

ومنه تكون

$$\hat{a} = 10^{a_1} = 10^{2.267} = 184.927$$

$$\hat{b} = 10^{b_1} = 10^{.04225} = 1.1022$$

وتكون المعادلة الاتجاهية هي:

$$\hat{y} = 184.927\ (1.1022)^{x}$$

4 – ولإيجاد أعداد المسافرين المقدرة لعام 2003 نعوض في المعادلة عن $x = 13$ فيكون العدد المقدر هو 655.

1-6: تحليل التغير الموسمي[1]

تتركز أهمية دراسة التغيرات الموسمية في كل من تخليص البيانات من أثر الموسم وفي التنبؤ. وهناك عدة طرق لتقدير المركبة الموسمية (الفصلية). سنكتفي بذكر واحدة منها والتي تسمى النسبة إلى الاتجاه العام وتعتمد هذه الطريقة على حساب الدليل الموسمي.

1-6-1: تعريف الدليل الموسمي

[1] مولود حشمان .تقنيات و نماذج التنبؤ القصير المدى، OPU ، الجزائر ، 2002 ، ص 38.

- عزام، عبد المرضي حامد وأحمد حسين هارون. السلاسل الزمنية من الجهة التطبيقية ونماذج بوكس– جنكنز. كتاب مترجم، الرياض: دار المريخ،1992م.

نسبة مئوية توضح أثر الموسم في الظاهرة محل الدراسة فإذا كان الدليل الموسمي لأحد المواسم 98 %يدل على أن هذا الموسم يؤدي إلى نقص قيم الظاهرة بنسبة 2 % وإذا كان الدليل الموسمي 105 % دل ذلك على أن الظاهرة تزيد في هذا الموسم بنسبة 5 %.

1-6-2: خطوات حساب الدليل الموسمي

1- رسم السلسلة الزمنية ومن خلال الرسم نحدد معادلة الاتجاه العام المناسبة .
2 – أيجاد معادلة خط الاتجاه العام باستخدام طريقة المربعات الصغرى مع أخذ قيم X موسمياً.
3 – تكوين القيم الاتجاهية بالتعويض عن X في معادلة خط الاتجاه العام.
4 – تكوين النسب الموسمية لكل موسم = $\frac{y}{\hat{y}}(100)$
5 – تكوين متوسط النسب الموسمية لكل موسم عبر السنوات وليكن m_i .
6 – حساب الدليل الموسمي من المعادلة:

$$s_i = \frac{m_i}{\sum m_i} 100 \quad m$$

حيث m عدد المواسم ، s_i الدليل الموسمي لكل موسم .

مثال 6 : البيانات التالية توضح المبيعات ربع السنوية (بالمليون ريال) لإحدى شركات المياه الغازية لسنوات 1999 ، 2000 ، 2001

السنة / الربع	1999	2000	2001
الأول	10	12	13
الثاني	20	30	25
الثالث	50	80	70
الرابع	20	30	40

المطلوب: حساب الدليل الموسمي لكل فصل.

الحل:

1 – نكون معادلة الاتجاه العام بافتراض أنها خطية على الشكل التالي:

$$\hat{y} = 18.015 + 2.357 \; x$$

2 – نحسب القيم الاتجاهية T المناظرة لكل قيمة .
3 – نحسب النسبة الموسمية لكل فصل $q = \frac{y}{\hat{y}}(100)$
4 – نحسب متوسطات النسب الموسمية لكل فصل :

متوسط النسب الموسمية للفصل الأول .

$$m_1 = \frac{49.09 + 40.27 + 33.14}{3} = 40.8$$

متوسط النسب الموسمية للفصل الثاني .

$$m_2 = \frac{88 + 93.3 + 60.12}{3} = 80.47$$

متوسط النسب الموسمية للفصل الثالث .

$$m_3 = \frac{199.32 + 231.81 + 159.31}{3} = 196.8$$

متوسط النسب الموسمية للفصل الرابع .

$$m_4 = \frac{72.88 + 81.37 + 86.4}{3} = 80.2$$

5 – حساب الدليل الموسمي لكل فصل

$$s_i = \frac{m_i}{\sum m_i} 100 \quad m$$

نحسب أولاً:

$$\sum m_i = 40.8 + 80.47 + 196.8 + 80.2 = 398.27$$

الدليل الموسمي للفصل الأول :

$$s_1 = \frac{40.8}{398.27} 400 = 40.977$$

أي أن في هذا الموسم تنقص الظاهرة عن قيمتها الاتجاهية بنسبة 59.023 %

الدليل الموسمي للفصل الثاني :

$$s_2 = \frac{80.47}{398.27} 400 = 80.82$$

في هذا الموسم تنقص الظاهرة بنسبة 19.18 %

الدليل الموسمي للفصل الثالث :

$$s_3 = \frac{196.8}{398.27} 400 = 197.65$$

في هذا الموسم تزيد الظاهرة عن قيمتها الاتجاهية بنسبة 97.65 %

الدليل الموسمي للفصل الرابع :

$$s_4 = \frac{80.2}{398.27} 400 = 80.545$$

في هذا الموسم تنقص الظاهرة بنسبة % 19.455

1-6-3: استخدامات الدليل الموسمي

أولا:استبعاد أثر التغيرات الموسمية من القيم

بفرض أن لديك سلسلة زمنية نموذجها الضربي هو:

$$Y = T \cdot S \cdot C \cdot I$$

القيمة الفعلية مخلصة من أثر الموسم = $\frac{y}{s}(100)$

ثانياً: إضافة أثر الموسم للقيم الاتجاهية (التنبؤ)

القيمة الاتجاهية مضافاً لها أثر الموسم = القيمة الاتجاهية مضروبة في الدليل الموسمي مقسوم على 100 أي أن :

القيمة الاتجاهية مضافاً لها أثر الموسم = $\frac{\hat{y}\ s}{100}$

مثال 7 :

من التطبيق الرابع المطلوب :

1 – استبعد أثر التغيرات الموسمية من قيم السلسلة

2 – قدر المبيعات لعام 2002 في فصولها الأربع .

الحل:

لاستبعاد أثر التغيرات الموسمية للسلسلة نتبع الآتي :

الدليل الموسمي لكل فصل من التطبيق السابق كما يلي:

الموسم	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
الدليل الموسمي	40.977	80.82	197.65	80.545

نقسم كل مشاهدة في السلسلة الزمنية على الدليل الموسمي المناظر، ونضرب الناتج في 100، فنحصل على الجدول الآتي الذي يعطي قيم السلسلة بعد إزالة أثر الموسم منها.

السنة **الربع**	1999	2000	2001
الأول	24.4	29.28	31.73
الثاني	24.75	37.12	30.93
الثالث	25.3	40.5	35.42
الرابع	24.83	37.25	49.66

لتقدير المبيعات لعام 2002 :

1 – نحسب القيمة الاتجاهية لكل فصل وذلك بالتعويض عن $x = 13, 14, 15, 16$ في المعادلة

$$\hat{y} = 18.015 + 2.357\ x$$

فنحصل على القيم الاتجاهية كما في العمود الثالث من الجدول التالي :

2 – نضرب القيمة الاتجاهية في الدليل الموسمي ونقسم على 100 فنحصل على القيم المقدرة للمبيعات لكل فصل لعام 2002 كما في العمود الرابع من الجدول .

الفصل	x	$\hat{y}$	$\hat{y} * s_i / 100$
1	13	48.656	19.938
2	14	51.013	41.229
3	15	53.37	105.486
4	16	55.727	44.885

1-7: تحليل التغير الدوري

تنتاب السلاسل الزمنية تغيرات قد تتكرر خلال فترات زمنية متوسطة الطول، وتظهر هذه الدورات المتكررة قريبة من شكل منحنى الجيب أو جيب التمام ، ولكنها قد تكون بأطوال وسعات مختلفة وقد يحتاج تقدير هذه المركبة إلى ست أو سبع دورات كاملة من البيانات للتأكد من وجود مركبة الدورة . لهذا نحتاج لمراقبة السلسلة لفترة طويلة.

1-7-1: تقدير مركبة الدورة

يعتبر استبعاد أثر التغيرات الدورية من الأهمية في مجال المقارنة بين السلاسل الزمنية. وتوجد طرق كثيرة لتقدير التغيرات الدورية ومن ثم فصلها من السلسلة سوف نذكر منها هنا طريقة واحدة مبنية على أساس النموذج الضربي وتسمى طريقة البواقي . ولتقدير مركبة الدورة يمكن اتباع الخطوات التالية :

1 – احسب مركبة الاتجاه العام باستعمال أحد الأساليب المناسبة .
2 – احسب المركبات الفصلية (الدليل الموسمي) .
3 – نستبعد من قيم الظاهرة أثر الاتجاه العام (بقسمة قيمة الظاهرة على القيم الاتجاهية) .
4 – نستبعد أثر الموسم (بقسمة ناتج القسمة السابق على الدليل الموسمي).
5 – الباقي هو محصلة التغيرات الدورية والتغيرات العرضية ولفصل التغيرات العرضية نستخدم أسلوب المتوسطات المتحركة لفترة قصيرة.

- **المتوسطات المتحركة:**

الهدف منها هو إزالة التذبذب العشوائي في السلسلة الزمنية الذي قد يحدث لمتغير، فقد يزداد أو ينقص خلال فترة زمنية طويلة. وللتخلص من هذا الأثر يجمع كل عدد متتالٍ من السنوات (حسب طول الدورة) ويوجد متوسطه فتكون هذه المتوسطات هي القيم الاتجاهية .

مثال 8:

احسب المتوسطات المتحركة لفترة ثلاث سنوات للسلسة الزمنية الآتية التي تمثل إنتاج أحد أنواع السيارات (بالألف) للفترة من 1986– 1995.

السنة	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
الإنتاج	17	22	18	26	16	27	19	31	28	37

الحل: لتبسيط العملية الحسابية نحسب أولاً المجاميع المتحركة ومن ثم المتوسطات المتحركة كما يلي :

السنة	الإنتاج	المجاميع المتحركة	المتوسطات المتحركة
1986	17	---	---
1987	22	57	19
1988	18	66	22
1989	26	60	20
1990	16	69	23
1991	27	62	20.67
1992	19	77	25.67
1993	31	78	26
1994	28	96	32
1995	37	---	---

مثال 9:

من التطبيق الرابع قدر التغيرات الدورية باعتبار أن طول الفترة = 3 فصول .

الحل :

1- نحسب مركبة الاتجاه العام كما سبق .

2 – نستبعد أثر الاتجاه العام وذلك بقسمة القيم الفعلية على القيم الاتجاهية (نقسم بيانات العمود الثالث على بيانات العمود الرابع المناظرة لها فنحصل على العمود الخامس) كما بالجدول التالي:

3 – نستبعد أثر الموسم (بقسمة بيانات العمود الخامس على الدليل الموسمي المناظر لكل قيمة فنحصل على العمود السادس)

السنة	الفصل	القيم الفعلية	القيم الاتجاهية	التخليص من أثر الاتجاه العام	التخليص من أثر الموسم	المجموع المتحرك	المتوسط المتحرك
1999	1	10	20.37	.49	1.2	-----	
	2	20	22.73	.88	1.09	3.3	1.1
	3	50	25.085	1.99	1.01	3.01	1
	4	20	27.442	.73	.91	2.9	.97
2000	1	12	29.798	.40	.98	3.04	1.01
	2	30	32.155	.93	1.15	3.3	1.1
	3	80	34.51	2.32	1.17	3.33	1.11
	4	30	36.87	.81	1.01	2.99	.997
2001	1	13	39.225	.33	.81	2.56	.85
	2	25	41.58	.60	.74	2.35	.78
	3	70	43.94	1.59	.80	2.61	.87
	4	40	46.29	.86	1.07	-----	

4 – الباقي هو محصلة التغيرات الدورية والتغيرات العرضية ولفصل التغيرات العرضية نستخدم أسلوب المتوسطات المتحركة لفترة قصيرة ولتكن ثلاثة فصول.

5 – بعد استخدام أسلوب المتوسطات المتحركة نحصل على العمود الثامن الذي يمثل أثر التغيرات الدورية لكل فصل .

أي أن أثر التغير الدوري في الفصل الثاني لعام 2001 يساوي 0.22 = 0.78-1 وهكـــذا بالنسبة لبقية الفصول.

المقطع الثاني: تقنيات التنبؤ الكمية الخطية

هناك عدد كبير من تقنيات التنبؤ المختلفة لتي لا يمكن حصرها كلها في هـذا البحـث، لـذا سنتطرق إلى أهم هذه التقنيات والأكثر استعمالا منها:

1: تقنيات المسح *Techniques de lissage*

1-1:تقنية الأوساط المتحركة البسيطة: *(MMS)*

تستعمل هذه الطريقة للقيام بتنبؤات على المدى القصير، وتعتمـد علـى حسـاب المتوسـط لمجموعة قيم المشاهدة، وأخذ هذا المعدل كتنبؤ للمرحلة القادمة.

والصيغة المستعملة في الحساب هي:[1]

$$S_{t+1} = \frac{X_t + X_{t+1} + ...X_{t-N+1}}{N}$$

$$S_{t+1} = \frac{\sum X_i}{\frac{i=t-N+1}{N}}$$

حيث:

S_{t+1} : هو التنبؤ للفترة.

X_t : القيمة المشاهدة في الفترة.

N: عدد القيم التاريخية المأخوذة للحساب.

نلاحظ أن هذه التقنية تعطي أوزانا متساوية للمشاهدات المستخدمة في حساب المتوسط ووزنا يساوي الصفر للقيم السابقة أي أننا استخدمنا N مشاهدة سابقة وأعطينا أكثر أهميـة مـن القيمـة الأخيرة المشاهدة، وبالتالي فهذه التقنية لا تستجيب للمستجدات الحديثة التي تكون قد طرأت علـى طبيعة الظاهرة، والتقنية الموالية سنحاول تجاوز هذا النقص وذلك بإعطاء أوزان مختلفة لمستويات الظاهرة التي تدخل في حساب الوسط الحسابي المتحرك.

1-2: تقنية الأوساط المتحركة المرجحة: (*MMP*)

هذه الطريقة تعطي أوزنا مختلفة لقيم المشاهدات التي عددها N مع إعطاء وزن أكبر للقيم أو المشاهدات الحديثة: وفقا للعلاقة التالية:[2]

$$S_{t+1} = k_0 X_t + k_1 X_{t-1} + ... + k_{N-1} X_{t-(N-1)}$$

$$S_{t+1} = \sum_{i=0}^{N-1} k_i X_{t-i}$$

حيث: $k_{N-1}, ... \ k_1, k_0$: معاملات الترجيح حيث يشترط أن يكون:

$$\sum_{i=0}^{N-1} k_i = 1$$

1-3: تقنية الأوساط المتحركة المضاعفة:

تستعمل هذه الطريقة لمعالجة السلاسل الزمنية من الشكل:

$$X_t = a + (bxt) + \varepsilon_t$$

---

[1] Makridakis, S.; Wheelwright, S. and Mc Gaee, V. (1978), "Forecasting, Methods and Applications", 2nd edition, John Wiley & Sons, p70.

[2] : R.Lewandawski, « la prévision à court terme », (paris: Dunod, 1979), pp :48-49.

أي أن هناك اتجاه عام في السلسلة إضافة إلى المركبة العشوائية.

وتعتمد هذه الطريقة على حساب الأوساط المتحركة البسيطة كمرحلة أولى، ثم القيام بحساب الأوساط المتحركة البسيطة انطلاقا من القيم المحصل عليها في المرحلة الأولى.

ويعرف المتوسط المتحرك المضاعف على أساس N بالعلاقة التالية:

$$MM_t = \frac{M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + ... + M_{t-N+1}}{N}$$

$$M_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + ... + X_{t-N+1}}{N}$$

وعلاقة التنبؤ للفترة $t+1$ تعطى كما يلي:

$$\hat{b}_t = \frac{2}{N-1}\left(M_t - MM_t\right)$$

$$\hat{a}_t = 2M_t - MM_t$$

$$\hat{b}_t = \frac{2}{N-1}\left(M_t - MM_t\right)$$

وعليه فأن:

$$S_{t+h} = \hat{a}_t + \left(\hat{b}_t + h\right)$$

لقد استحدثت هذه التقنية من اجل إعطاء نفس الأوزان لجميع المشاهدات التي تدخل في حساب الوسط الحسابي.

إلا أنها تبقى تعاني من مشكل آخر هو تطلبها تخزين عدد كبير من المشاهدات الفعلية لكل فترة من الفترات N التي تدخل في حساب الوسط الحسابي، وهذا ما قد يكون مكلفا أو غير متاح.

ولتجاوز هذه النقائص استحدثت تقنيات المسح الأسي التي لا تتطلب تخزين عدد كبير من المشاهدات.

1-4: تقنيات المسح الأسي (*lissage exponentiel*)

تتميز هذه التقنيات بأنها تخصص الوزن الأكبر للقيم الأخيرة عن سابقتها بشكل متناقص، ونعني بهذا ن تأثير X_{t-1} يكون أكبر من تأثير X_{t-s} حيث $S>1$ كما أنها تتخلص من إشكالية معامل الترجيح N.

ومن بين أهم طرق المسح الأسي نجد:

- تقنية المسح الأسي البسيط (نموذج *Brown*).
- تقنية المسح الأسي هولت (*Holt*).
- تقنية المسح الأسي لوينتر (*Winters*).

بالإضافة إلى كل هذه الطرق توجد طرق الانحدار التي سنتناولها في الفترة الموالية