ماهية السلاسل الزمنية

1 تعريف السلسلة الزمنية

تعرف السلسلة الزمنية بأنها " مجموعة من المشاهدات أو القياسات التي تأخذ إحدى الظواهر (الاقتصادية، الاجتماعية، الطبية، ,,,الخ) على فترات زمنية متتابعة عادة ماتكون متساوية الطول"1

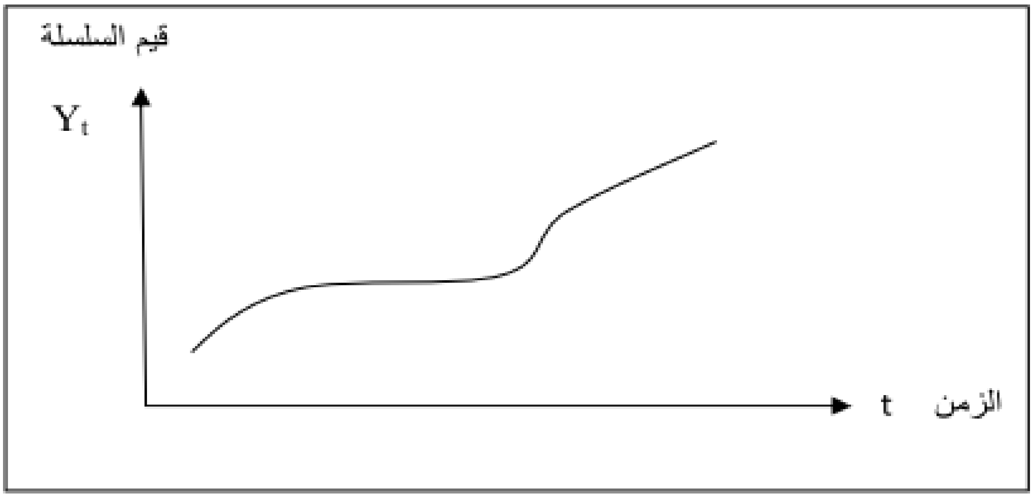
إذا السلسة الزمنية هي مجموعة من القيم لمؤشر إحصائي معين مرتبة وفق تسلسل زمني متساوي ومتصاعد مثل أيام، أسابيع، أشهر، سنوات ... الخ، بحيث أن كل فترة زمنية تقابلها قيمة عددية للمؤشر تسمى مستوى السلسلة مثل : أسعار البترول، مستوى استهلاك الطاقة ...الخ

الشرط الأساسي لاستخدام هذه السلسلة في التحليل الإحصائي هو أن تكون قابلة للمقارنة، بمعنى أوضح أنها تخص نفس المكان أو نفس الدولة أو نفس المؤسسة ...الخ، ولها نفس وحدة القياس.

2 التمثيل البياني للسلسلة الزمنية

يمكن تمثيل السلسلة الزمنية بيانيا في المستوى، يمثل المحور الأفقي الزمن والمحور العمودي قيم المؤشر المدروس، يسمى هذا التمثيل البياني بمنحنى التطور التاريخي للسلس لة (HISTOGRAMME) ، الشكل التالي يوضح ذلك :

الشكل(1.1): التطور التاريخي للسلسلة



3 الهدف من دراسة السلاسل الزمنية

تسمح السلاسل الزمنية بتحديد الوضع الإحصائي لظاهرة ما، مع تقليل التقلبات الغير مرغوب فيها، نهدف من خلال دراسة السلاسل الزمنية إلى:

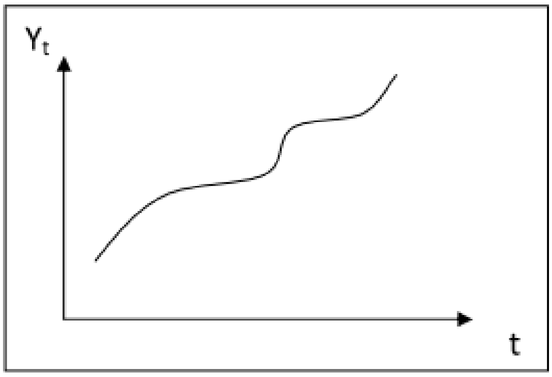
- الكشف عن الدورات التي تتكرر في السلسلة والحالات الشاذة فيها؛
- معرفة سلوك السلسلة وتحديد وضبط مسارها عن طريق النمذجة؛
- التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة.

4 مركبات السلسلة الزمنية

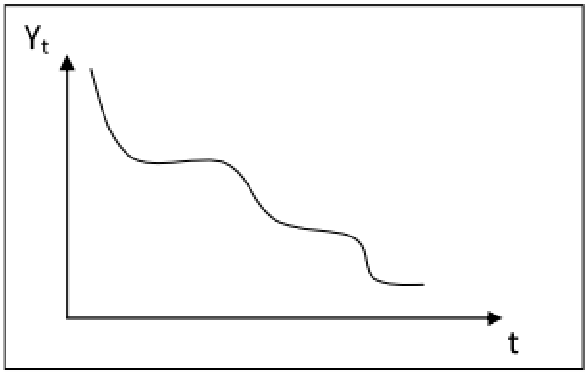
من أجل دراسة وتحليل السلسة الزمنية يجب أولا البدء بتحديد مركبات السلسلة الزمنية والمتمثلة فيما يلي:

4-1- الاتجاه العام: يقصد به التطور الطبيعي للسلسلة المدروسة عبر الزمن سواء كان هذا التطور بالزيادة أو بالنقصان، تظهر هذه المركبة على الأمد البعيد، وتعكس تأثير العوامل طويلة الأجل على السلسلة، يرمز لها بالرمز T

الشكل(2.1): سلسلة تتضمن مركبة الاتجاه العام بالزيادة

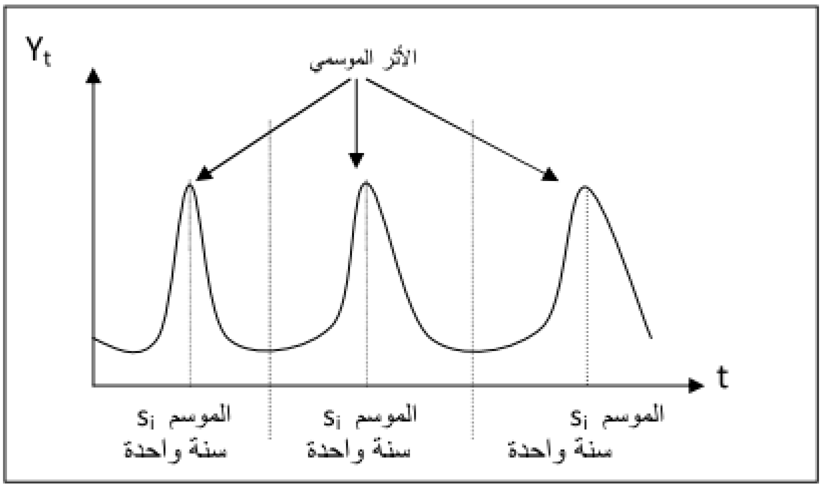


الشكل(3.1): سلسلة تتضمن مركبة الاتجاه العام بالنقصان



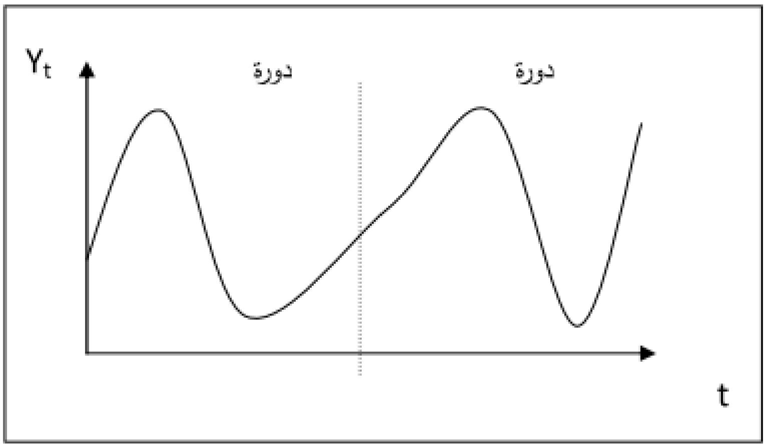
4-2- المركبة الفصلية (الموسمية): تضم هذه المركبة كل التغيرات التي تطرأ على السلسلة في وحدات زمنية متعاقبة وقصيرة المدى وتكون في كل سنة وبانتظام، يعود سبب ظهور هذه التغيرات إلى أسباب وعوامل خارجية مثل : زيادة استهلاك المشروبات الغازية في فصل الصيف بسبب ارتفاع درجة الحرارة، يرمز لهذه المركبة بالرمز S

الشكل(4.1): سلسلة تتضمن وجود المركبة الفصلية أو الموسمية



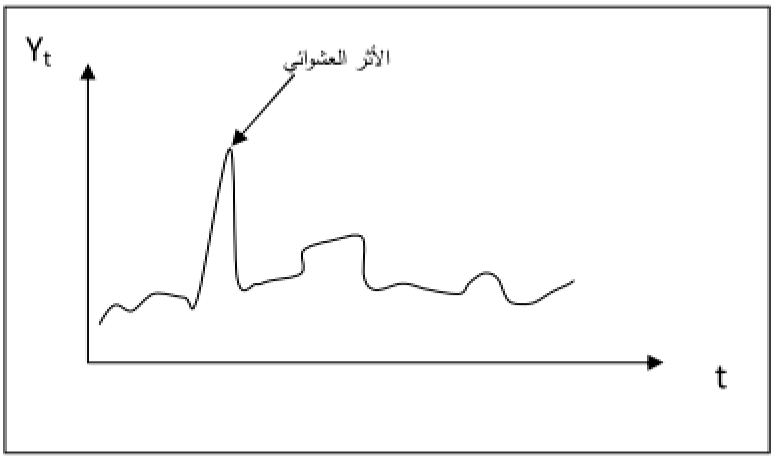
4-3- المركبة الدورية: يقصد بهذه المركبة كل التغيرات التي تحدث في السلسلة بانتظام، وخلال فترات زمنية طويلة نسبيا تتراوح من 3 إلى 10 سنوات، كمثال على ذلك الدورات الاقتصادية، يرمز لها بالرمز C.

الشكل(5.1): سلسلة تتضمن وجود المركبة الدورية



4-4- **المركبة العشوائية**: تمثل المركبة العشوائية كل التغيرات التي تطرأ على السلسلة بشكل مفاجئ ولا يمكن ضبطها وليس لها علاقة بالزمن إنما هي نتاج عوامل غير منتظمة وظروف طارئة. يرمز لها بالرمز I

الشكل(6.1): سلسلة تتضمن وجود المركبة العشوائية

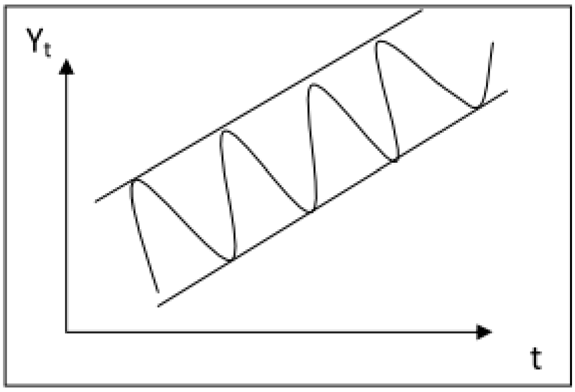


5 - <u>نموذج مركبات السلسلة الزمنية</u>

بغرض دراسة السلسلة الزمنية وتحليل مركباتها يجب أولا بناء نموذج يحدد العلاقة بين هذه المركبات، نميز النماذج التالية:

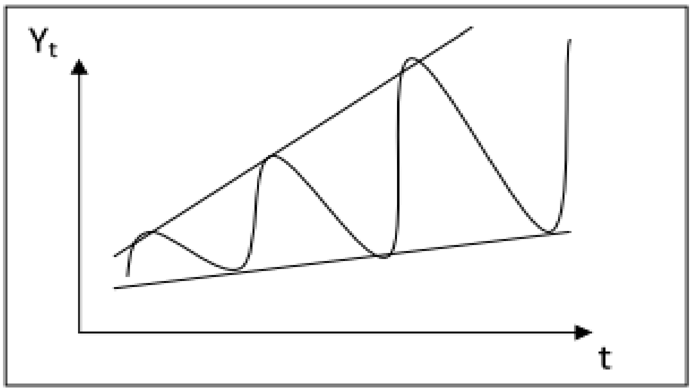
5 -1 - **نموذج تجميعي**: تكون العلاقة بين المركبات كالتالي: Y=T+S+C+I

الشكل(7.1): حالة نموذج الجمع



5 -2 -**نموذج جدائي:** تكون العلاقة بين المركبات كالتالي: Y=T*S*C*I

الشكل(8.1): حالة نموذج الجداء



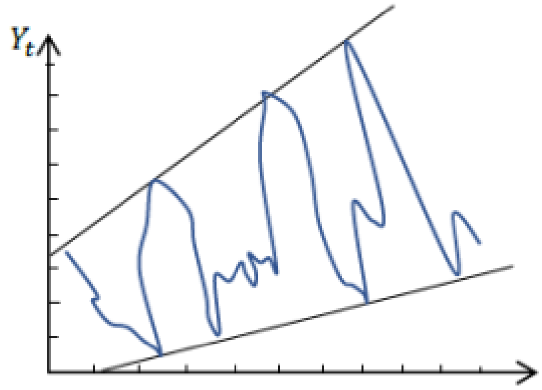
بالاعتماد على المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للسلسة الزمنية خلال فترة الدراسة يمكن تحديد نوع النموذج، إذا كان الانحراف المعياري مستقل عن المتوسط الحسابي عبر الزمن فإن النموذج الموافق لهذه الحالة هو النموذج التجميعي، أما إذا كان للانحراف المعياري علاقة بالمتوسط الحسابي فإن النموذج الموافق لهذه الحالة هو النموذج الجدائي.

6 - <u>الكشف عن نموذج مركبات السلسلة الزمنية</u>

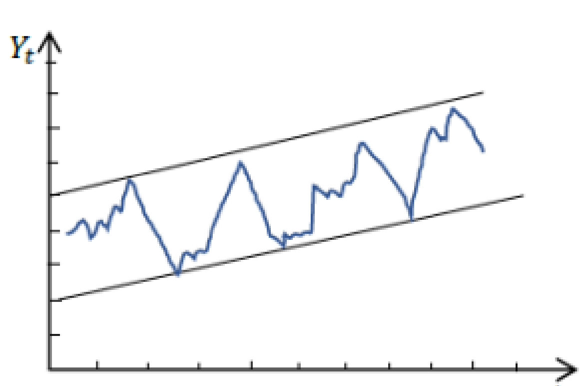
توجد طريقتين لتحديد العلاقة بين مركبات السلسلة الزمنية

6 1 -**الطريقة البيانية:** تكون السلسلة الزمنية من النوع التجميعي إذا انحصرت ذبذباتها بين خطين متوازيين، أي أن هذه الهزات ثابتة الشدة، بينما السلسلة الزمنية من النوع الجدائي تكون ذبذباتها غير ثابة الشدة، أي تباين متزايد أو متناقص وتكون محصورة بين خطين يشكلان زاوية منفرجة.

الشكل 9 الحالة الجدائية



الشكل 8: الحالة التجميعية



المصدر: (حشمان، 1998، صفحة 36)

أما الحالة المختلطة فهي أصعب حالة لا يمكن معرفتها

6 2 -**الطريقة الانحدارية:** نقوم بالاستناد علة طريقة المربعات الصغرى التي تعطي الصيغة العامة ل $\hat{a}$:

$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \sigma_i \bar{Y}_i - \bar{m}\bar{\sigma}\bar{\bar{Y}}}{\sum_{i=1}^{m} \bar{Y}_i^2 - m\bar{\bar{Y}}^2}$$

- إذا كان: $\hat{a} < 0.05$ فإن السلسلة الزمنية تجميعية.
- إذا كان: $\hat{a} > 0.1$ فإن السلسلة الزمنية جدائية.
- إذا كان: $0.05 \leq \hat{a} \leq 0.1$ فإن السلسلة الزمنية مختلطة.

7 - اختبارات الكشف عن مركبات السلسلة الزمنية

هناك طريقتين مختلفتين للكشف عن مركبات السلسلة الزمنية، تتمثل الطريقة الأولى في الطريقة البيانية، أما الطريقة الثانية فتتمثل في الطريقة التحليلية من خلال الاختبارات الإحصائية.

7 1 - **الطريقة البيانية:** أن استعمال هذه الطريقة يتطلب دقة كبيرة في عرض بيانات السلسلة الزمنية، التمثيل البياني للسلسلة الزمنية يعكس مركباتها الأساسية بشكل أوضح، فإذا كان ميل اتجاه السلسلة موجبا فإنه يدفع الاتجاه نحو الأعلى، وإذا كان سالبا فإنه يدفع به نحو الأسفل، وهذا يدل على وجود مركبة الاتجاه العام، أما فيما يخص المركبة الدورية والفصلية فإنه من خلال التمثيل البياني لها تظهر على شكل قمم أو نتوءات بشكل منتظم، بشرط أن تكون الفترة الزمنية شهر، فصل.... أو سنوات بالنسبة للمركبة الدورية، بينما تتمثل المركبة العشوائية في تلك التذبذبات التي تشوش سلوك المركبات المنتظمة وتطبعها بصبغة عشوائية.

7 2 - **الاختبارات الإحصائية:** في كثير من الحالات لا يكون التمثيل البياني كافيا للكشف عن مركبات السلسلة الزمنية مما يستلزم استعمال الاختبارات الإحصائية.

7 2 1 - **الكشف عن الاتجاه العام :** يمكن استخدام نوعين من الاختبارات

- **الاختبارات الحرة:** سميت بالاختبارات الحرة لأن المتغير العشوائي لا يخضع بالضرورة لأي توزيع احتمالي، إذا فهي حرة التوزيع ولا تتطلب أي فرضية حول التوزيع الاحتمالي للخطأ.تتمثل هذه الاختبارات في

1 -اختبار التوالي

2 -اختبار نقطة الانعطاف

3 -اختبار الإشارة

4 -اختبار دانيال

- **الاختبارات الغير حرة:** تتمثل في الطريقة المعلمية وهي تقدير معادلة الاتجاه العام، واختبار معنوية الاتجاه العام بالاعتماد على إحصائية ستودنت.

7 2 2 - الكشف عن المركبة الموسمية: يمكن الكشف عن المركبة الموسمية باستخدام اختبار Kruskall-wallis ، كما يمكن الكشف عنها باستخدام دالة الارتباط الذاتي

8 - اختبار تحليل التباين

يساعد هذا الاختبار في الكشف عن مركبة الاتجاه العام والمركبة الموسمية معا، يعتبر هذا الاختبار هو الأفضل والأكثر استعمالا، وهو على الشكل التالي:

ليكن Y_{ij} هو المتغير الذي يقيس قيم الظاهرة المدروسة؛

حيث أن:

i يمثل السنوات: $i = 1,2,3,\dots\dots\dots, N$ ؛

j يمثل الفصول: $j = 1,2,3,4$ ، أو الأشهر $j = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12$.

- المتوسط السنوي:

$$Y_{i\bullet} = \frac{1}{P}\sum_{j=1}^{P} Y_{ij}$$

- المتوسط الشهري أو المتوسط الفصلي:

$$Y_{\bullet j} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Y_{ij}$$

- و يكون المتوسط الحسابي العام للسلسلة على النحو التالي:

$$Y_{\bullet\bullet} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Y_{i\bullet} = \frac{1}{P}\sum_{j=1}^{P} Y_{\bullet j} = \frac{1}{NP}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{P} Y_{ij}$$

و الجدول التالي يوضح المتوسطات السابقة:

الجدول(1.1): متوسطات السلسلة لاختبار تحليل التباين

الفصول أو الأشهر / السنوات	1	....	j	....	P	**المتوسط السنوي** $Y_{i\bullet}$
1	Y_{11}	....	Y_{1j}	....	Y_{1P}	$Y_{1\bullet}$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
i	Y_{i1}	....	Y_{ij}	....	Y_{iP}	$Y_{i\bullet}$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
N	Y_{N1}	....	Y_{Nj}	....	Y_{NP}	$Y_{N\bullet}$
المتوسط الفصلي أو الشهري $Y_{\bullet j}$	$Y_{\bullet 1}$	....	$Y_{\bullet j}$	....	$Y_{\bullet P}$	$Y_{\bullet\bullet}$

أما الجدول التالي فيلخص كل أنوع التباينات:

الجدول(2.1): تباينات السلسلة لاختبار تحليل التباين

قيمة التباين	نوع التباين	دراجات الحرية	مجموع المربعات
$V_p = S_p / (p-1)$	تباين الفصلي	$(p-1)$	$S_p = N\sum_{j=1}^{p}(Y_{\bullet j} - Y_{\bullet\bullet})^2$
$V_A = S_A / (N-1)$	تباين السنوي	$(N-1)$	$S_A = p\sum_{i=1}^{N}(Y_{i\bullet} - Y_{\bullet\bullet})^2$
$V_R = S_R / (N-1)(p-1)$	تباين البواقي	$(p-1)(N-1)$	$S_R = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{p}(Y_{ij} - Y_{i\bullet} - Y_{\bullet j} + Y_{\bullet\bullet})^2$
$V_T = S_T / (NP-1)$	التباين الكلي	$(NP-1)$	$S_T = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{p}(Y_{ij} - Y_{\bullet\bullet})^2$

حيث أن: $S_T = S_A + S_P + S_R$

أ - اختبار وجود المركبة الفصلية

إن اختبار إمكانية وجود المركبة الفصلية ضمن السلسلة المدروسة يعتمد على الفرضية المعدومة التالية: عدم وجود المركبة الفصلية ضمن السلسلة المدروسة : H0

و الإحصائية المحسوبة لهذا الاختبار هي:

$$F_c = {}^{V_P}\!/_{V_R} \rightarrow F\left[(P-1),(P-1)(N-1)\right]$$

إذا كانت الإحصائية المحسوبة اكبر من الإحصائية المجدولة نرفض الفرضية المعدومة H0 و بمستوي معنوية $\alpha\%$ و نقر بوجود المركبة الفصلية ضمن السلسلة المدروسة.

ب لختبار وجود مركبة الاتجاه العام

إن اختبار إمكانية وجود مركبة الاتجاه العام ضمن السلسلة المدروسة يعتمد على الفرضية المعدومة لتالية: عدم وجود مركبة الاتجاه العام ضمن السلسلة المدروسة : H0

و الإحصائية المحسوبة لهذا الاختبار هي:

$$F_c = {}^{V_A}\!/_{V_R} \rightarrow F\left[(N-1),(P-1)(N-1)\right]$$

إذا كانت الإحصائية المحسوبة اكبر من الإحصائية المجدولة نرفض الفرضية المعدومة H0 و بمستوي معنوية $\alpha\%$ و نقر بوجود مركبة الاتجاه العام ضمن السلسلة المدروسة.

ج- اختبار نوع نموذج المركبات : إذا كانت السلسلة تحتوي على المركبة الفصلية ومركبة الاتجاه العام، فإنه يجب تحديد نوع النموذج الأمثل للمركبات.

يعتمد هذا الاختبار على فكرة أنه إذا كان الانحراف المعياري للسلسلة يرتبط بالمتوسط الحسابي للسلسلة خلال زمن الدراسة يكون نموذج السلسلة من النوع الجدائي، أما إذا كان الانحراف المعياري مستقل عن المتوسط الحسابي فإن النموذج تجميعي، وعليه يكون نموذج (Buys-ballot) كالتالي:

ليكن النموذج التالي: $\sigma_i = a_0 + a_1\overline{Y_i} + \zeta_i$

حيث أن: σ_i يمثل الانحراف المعياري السنوي للسلسلة المدروسة؛

$\overline{Y_i}$ يمثل المتوسط الحسابي السنوي للسلسلة المدروسة؛

i يمثل سنوات الدراسة.

و الفرضية المعدومة لاختبار (Buys - Ballot) هي:

النموذج من نوع الجمع $H0 : a_1 = 0$

و يكون ذلك باستخدام اختبار ستيودنت للمعنوية، ففي حالة قبول الفرضية المعدومة فان النموذج المقبول هو نموذج الجمع S+T. أما في الحالة العكسية فان النموذج الأنسب فهو من نوع الجداء.

7 3 -طريقة المتوسطات المتحركات البسيطة لتقدير مركبة الاتجاه العام

تهدف طريقة المتوسطات المتحركة البسيطة إلى تقدير قيمة مركبة الاتجاه العام $\hat{E}_t$ ضمن السلسلة المدروسة Y_t حتى يتسنى لنا فيما بعد تفكيك السلسلة و التخلص من الأثر الفصلي أو الموسمي، و تعتمد هذه الطريقة على المتوسطات المتحركة، فإذا كان L يمثل عدد الفصول أو الأشهر في السنة يمكننا أن نميز الحالتين التاليتين:

A. حالة L عدد فردي: $L = 2m+1, \quad m \in N^*$

و يحدث هذا مثلاً في حالة L يساوي 3 فصول في السنة أو 5 أيام بالنسبة للأسبوع.

$$\hat{E}_t = \frac{1}{2m+1}\left[\sum_{i=-m}^{i=m} Y_{t+i}\right]$$

B. حالة L عدد زوجي: $L = 2m, \quad m \in N^*$

و يحدث هذا مثلاً في حالة L يساوي 12 شهر في البيانات الشهرية أو L يساوي 4 فصول في حالة البيانات الربع سنوية أو L يساوي 2 في حالة البيانات نصف سنوية.

$$\hat{E}_t = \frac{1}{2m}\left[\frac{1}{2}Y_{t-m} + \sum_{i=-m+1}^{i=m-1} Y_{t+i} + \frac{1}{2}Y_{t+m}\right]$$

و على الرغم من وجود العديد من الطرق الأخرى التي تساعد في تقدير الاتجاه العام نذكر منها مثلاً:

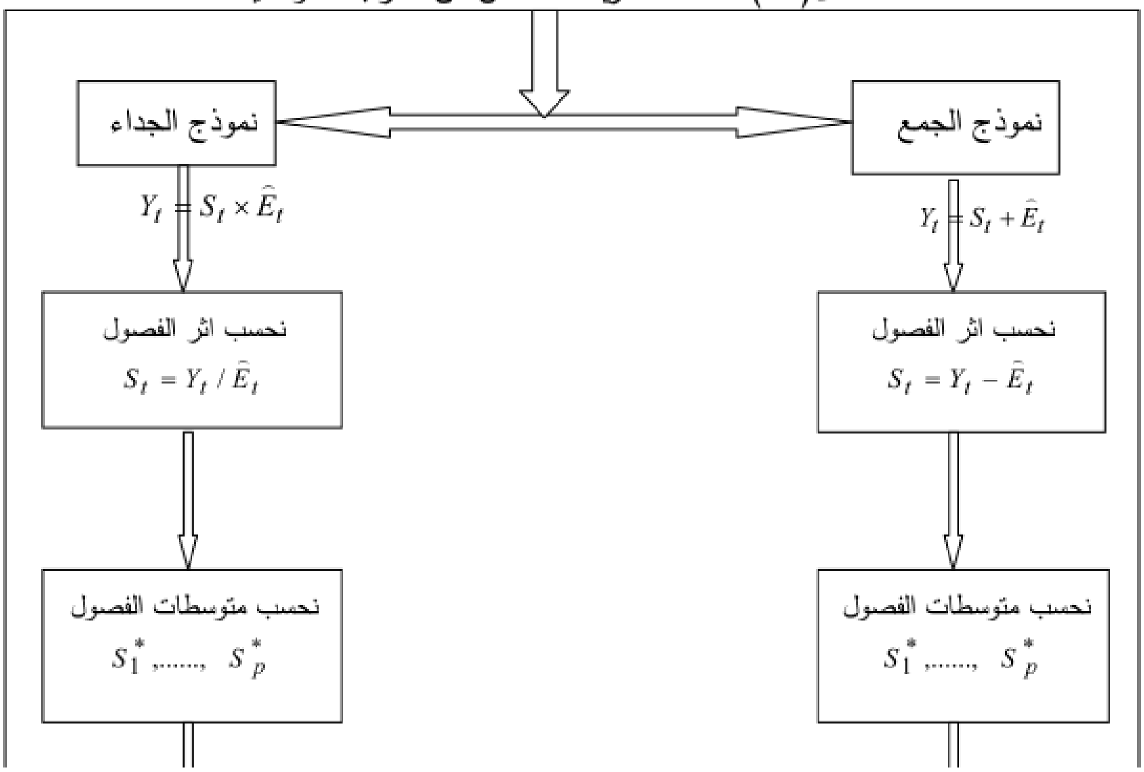
- التقدير باستعمال المربعات الصغرى؛
- التقدير باستعمال المتغيرات الصورية؛
- طريقة (CENSUS)؛
- إزالة التشكيلات المعقدة؛
- طريقة (TRAMO-SEATS).

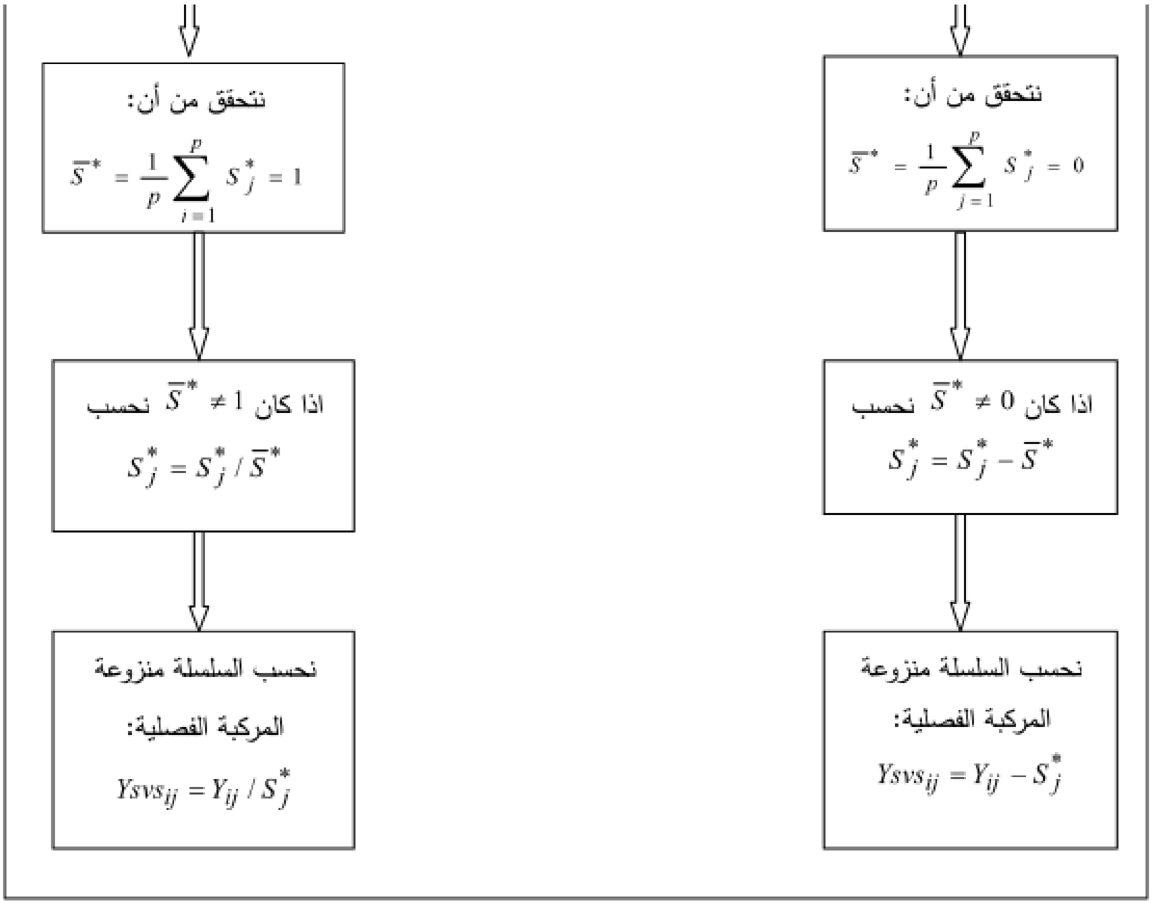
غير انها تبقى طريقة المتوسطات المتحركة البسيطة الأكثر استعمالاً و الأكثر شيوعاً.

2 8 - طريقة نزع المركبة الفصلية من السلسلة

إن التخلص من المركبة الفصلية أو الموسمية من السلسلة الأصلية يقتضي عدم المساس بالمركبات الأخرى، كما أن هذه الطريقة تشترط الحفاظ على متوسط السلسلة قبل و بعد نزع المركبة الفصلية. غير أن قيمة التباين تنخفض بعد نزع المركبة الفصلية، و على أساس أن معامل التغاير cv هو نسبة التباين إلى المتوسط $\left(cv = \sigma / \bar{x}\right)$ فان قيمته تنخفض بعد تصحيح السلسلة مما يؤدي إلى تراجع تشتت السلسلة. و المخطط الموضح في الشكل9 يشرح طريقة التخلص من المركبة الموسمية أو الفصلية، حيث أننا نميز فيه نموذج الجمع و نموذج الجداء.

الشكل(9.1): مخطط طريقة التخلص من المركبة الموسمية





حيث أن: $t = i, j$ تمثل المشاهدة، i تمثل السنوات، j تمثل المواسم أو الفصول.