# المحاضرة الرابعة (04)

**الأهداف:** في نهاية هذه المحاضرة يكون الطالب قادرا على:

- تعريف نموذج السلسلة الزمنية العشوائية للتنبؤ.
- التمييز بين مركبات السلسلة الزمنية.
- معرفة نموذج مركبات السلسلة الزمنية.

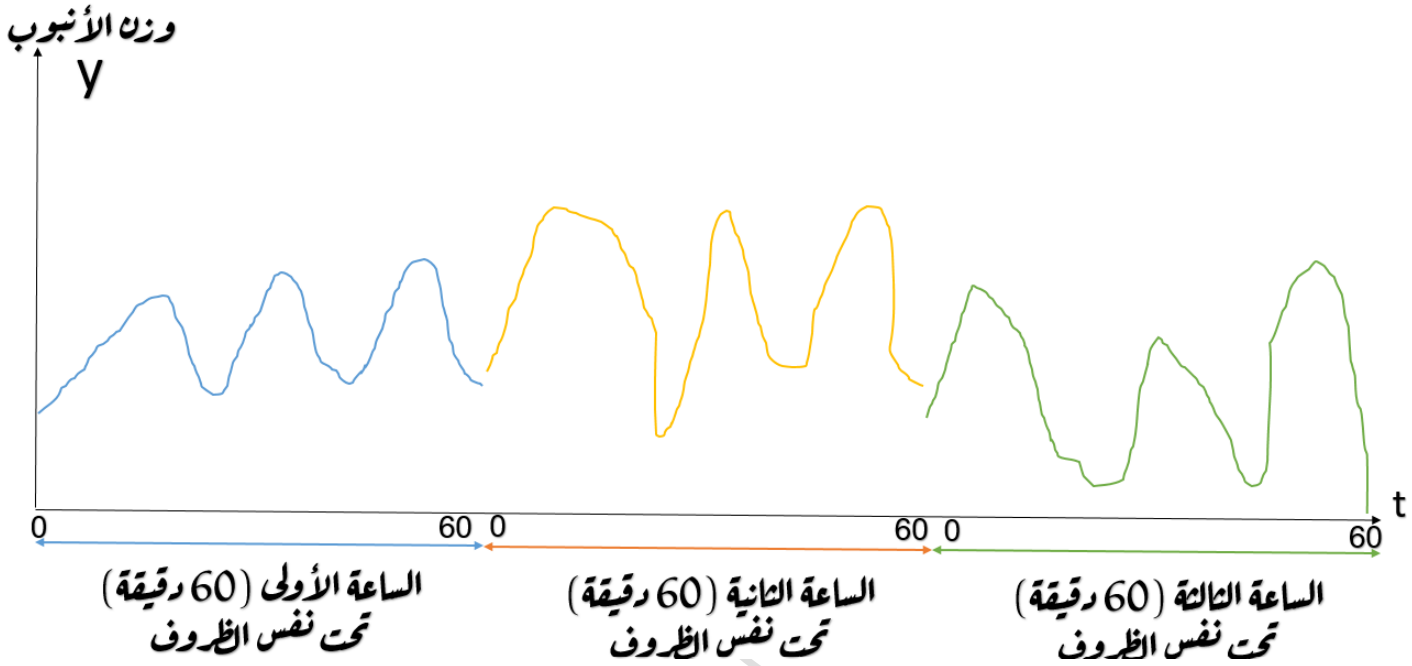
## السلسلة الزمنية العشوائية (Stochastic Time Series)

تعد أساليب وطرق التنبؤ السابق ذكرها (النماذج المجردة ونماذج Ad hoc) في المحاضرتين السابقتين من قبيل الأساليب البسيطة والتقليدية. ولا يرقى أي منها لأن يكون منهجية إحصائية منظمة لتحليل السلاسل الزمنية. أما نماذج السلاسل الزمنية العشوائية فتقدم طرقا أكثر تعقيد للتنبؤ تتيح إمكانية استحداث منهجية إحصائية منظمة لتحليل السلاسل الزمنية. ويفترض النموذج العشوائي دائما وجود عملية عشوائية نظرية (Stochastic Process) قادرة على توليد السلسلة الزمنية المتاحة التي بيننا. بحيث يجب النظر إلى القيمة المشاهدة للسلسلة خلال فترة زمنية معينة كقيمة عشوائية، أي انه إذا أمكننا الحصول على قيمة جديدة في السلسلة تحت نفس الظروف، فإننا لن نحصل على نفس القيمة الموجودة لدينا، كما هو موضح في الرسم البياني رقم (02). بمعنى أننا نكون أمام مجموعات عديدة من السلاسل الزمنية على نفس الفترة الزمنية كل مجموعة مختلفة عن الأخرى ولكن المجموعات كلها تتبع نفس القواعد والقوانين الاحتمالية شأنها في ذلك شأن المجتمع والعينة في علم الإحصاء حيث يمكن سحب العديد من العينات المختلفة من نفس المجتمع ولكن هذه العينات تخضع لنفس القواعد والقوانين الاحتمالية للمجتمع.

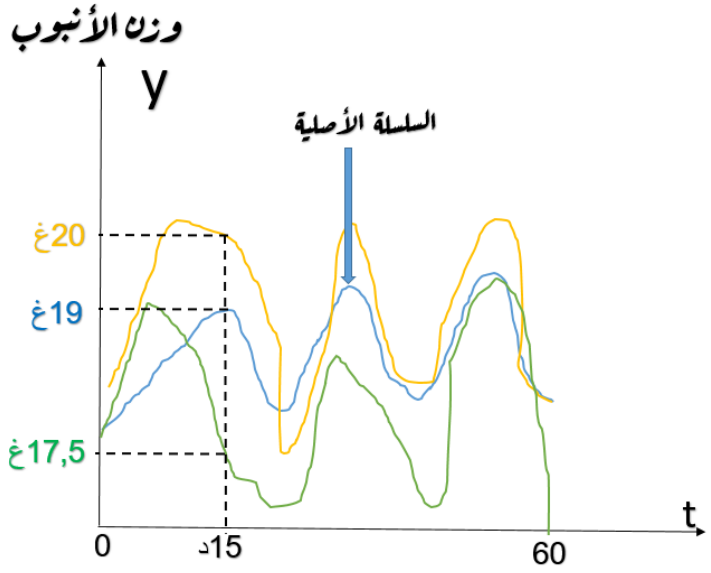
**مثال توضيحي:**

لو فرضا لدينا آلة صنع أنابيب حديدية بعد ادخال المادة الأولية الحديد وبعد كل 60 دقيقة (ساعة) نوقف الآلة ونرصد عدد الأنابيب وزن كل أنبوب، ونعيد تشغيل الآلة مرة أخرى تحت نفس الظروف، وبعد ثلاث ساعات مثلا سنحصل على ثلاث سلاسل زمنية مختلفة، كل سلسلة زمنية طول فترتها 60 دقيقة، فسنحصل على قيم جديدة في كل سلسلة كما يوضحه الرسم البياني رقم (1) كالآتي:

الرسم البياني رقم (01)




الرسم البياني رقم (02)



في أغلب المواقف نحصل على قيمة واحدة فقط للسلسلة، فمثلا لا نستطيع أن نوقف حركة الاقتصاد و نعود للوراء عند أية قيمة زمنية، ثم نبدأ العملية الاقتصادية من جديد لنحصل على قيمة جديدة للسلسلة على عكس ما هو موجود في مثال إنتاج الأنابيب الحديدية. ومن ثم فإن الأسلوب المقترح هنا أن مشاهدات السلسلة الفعلية والمتمثلة في أوزان الأنابيب التي تم رصدها في الفترة الزمنية 60 دقيقة هي عبارة عن قيمة a Realization سحبت من متغير عشوائي له توزيع احتمالي تراكمي يمثل جميع السلاسل الزمنية (أوزان الانابيب) التي يمكن ان تقع تحت نفس الظروف خلال نفس الفترة (60 دقيقة) كما هو موضع في الرسم البياني رقم (02)، هذا التوزيع الاحتمالي يستخدم لعمل دلالات إحصائية حول مستقبل العملية العشوائية، وكما هو معروف في علم الإحصاء الاستدلالي أن معرفة أو تحديد مثل هذا التوزيع الاحتمالي يعد من الأمور بالغة الصعوبة أو المستحيلة. ولكن من المعتاد إنشاء نموذج لوصف وشرح سلوك السلسلة يمكن استخدامه بكفاءة، وتعتمد هذه الكفاءة على مدى قدرة النموذج على عكس خصائص التوزيع الاحتمالي الحقيقي.

وتعتبر نماذج ARMA او ARIMA مسرح الأحداث الذي احتضن المنهجية الحديثة للسلاسل الزمنية العشوائية، كما قدم العالمان جورج بوكس G.Box وجويلم جينكينز G.Jenkins في كتابهما عام 1976 والذي يعد في الفكر الاحصائي واحد من أمهات الكتب في السلاسل الزمنية، حيث أحدثت هذه المنهجية ثورة كبيرة في مجال التحليل الحديث في السلاسل الزمنية العشوائية نظرا لدقتها في التنبؤ مقارنة مع النماذج التنبئية التقليدية والبسيطة.

## مركبات السلسلة الزمنية (Time Series Components)

تناولنا سابقا أحد اهداف دراسة السلسلة الزمنية وهو وصف الظاهرة موضع الدراسة والتعرف على التغيرات المختلفة التي طرأت عليها خلال الفترة الكلية المتاحة بسبب العوامل (المؤثرات) المختلفة التي تتعرض لها الظاهرة. وفي واقع الأمر يمكن القول ان التغيرات التي تطرأ على الظاهرة من فترة زمنية لأخرى تحدث بسبب أربعة أنواع من العوامل (المؤثرات) المختلفة هي الاتجاه العام والعوامل الموسمية

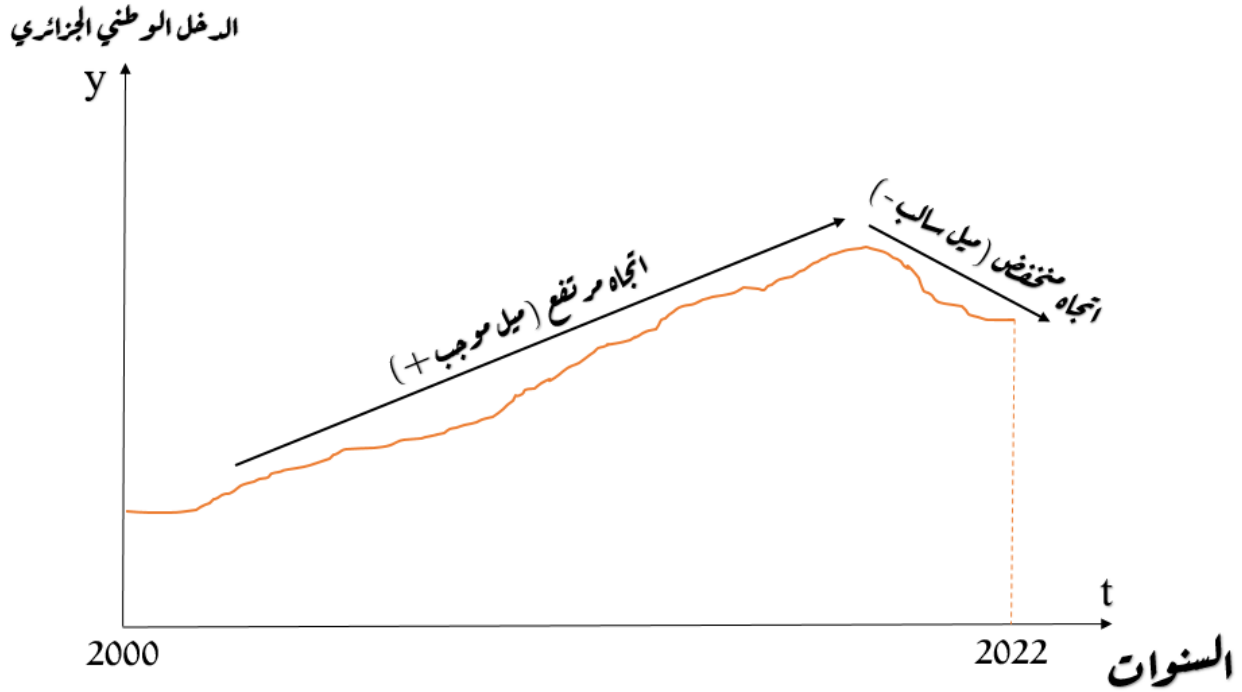
والعوامل الدورية والعوامل العارضة أو الفجائية حيث يؤثر كل نوع من هذه العوامل على اظاهرة عند أي فترة زمنية بشكل معين وفي اتجاه معين وبدرجة معينة. وقد تتأثر السلسلة الزمنية بهذه العوامل مجتمعة أو ببعض هذه العوامل فقط. وتعرف العوامل الثلاثة الأولى (الاتجاه العام – العوامل الموسمية – العوامل الدورية) بالعوامل او المؤثرات الرئيسة او المنتظمة في السلسلة وهي التي يمكن دراستها واكتشاف أنماطها والتنبؤ بها في المستقبل. بينما تعرف العوامل العارضة بالعوامل غير الرئيسة او غير المنتظمة في السلسلة وهي التغيرات العشوائية غير النمطية التي لا يمكن اكتشاف انماطها والتنبؤ بها في المستقبل.

تأخذ هذه التغيرات في ادبيات السلاسل الزمنية عادة تسمية مركبات السلسلة الزمنية، وفي ما يلي نقدم عرضا مبسطا لكل مركبة من مركبات السلسلة الزمنية.

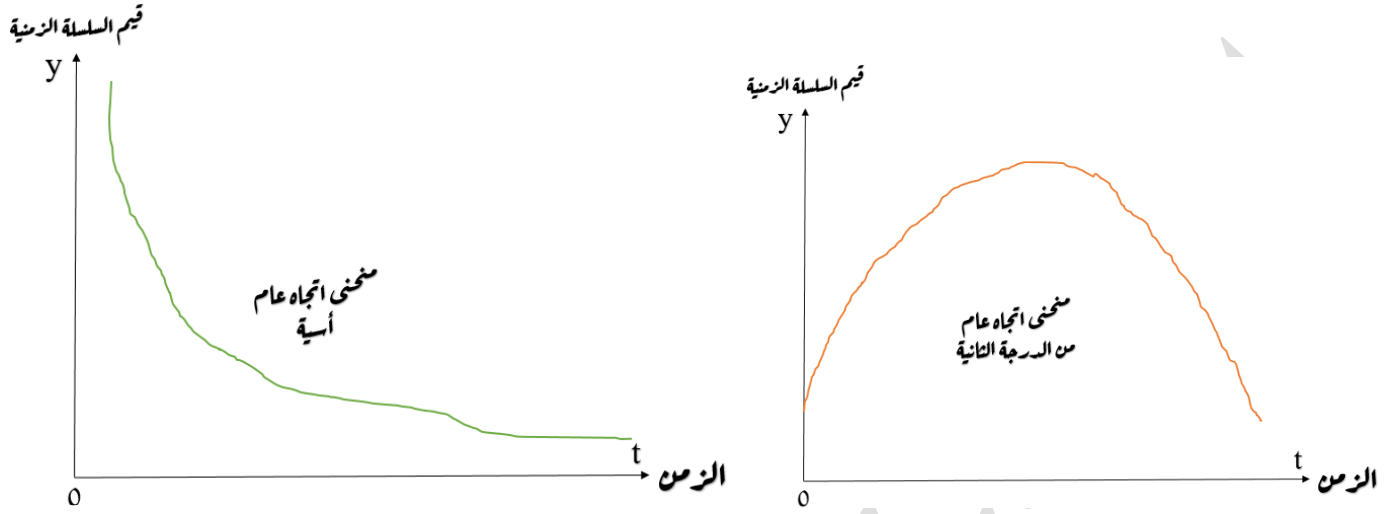
## أولا) الاتجاه العام (Secular Trend)

وهي تعبر عن تطور متغير ما عبر الزمن، سواء كان هذا التطور بميل موجب او ميل سالب، او كليهما ويكون خلال فترة زمنية طويلة المدى، ويرمز له لاتينيا بالرمز $T$.

مثال: تطور الدخل الوطني الجزائري خلال الفترة (2000/2022)



عادة يمكن تقدير الاتجاه العام بواسطة كثير حدود (معادلة من الدرجة الثانية) او دالة اسية في الزمن كما في الشكلين التاليين:




## ثانيا) المركبة الموسمية (seasonal component)

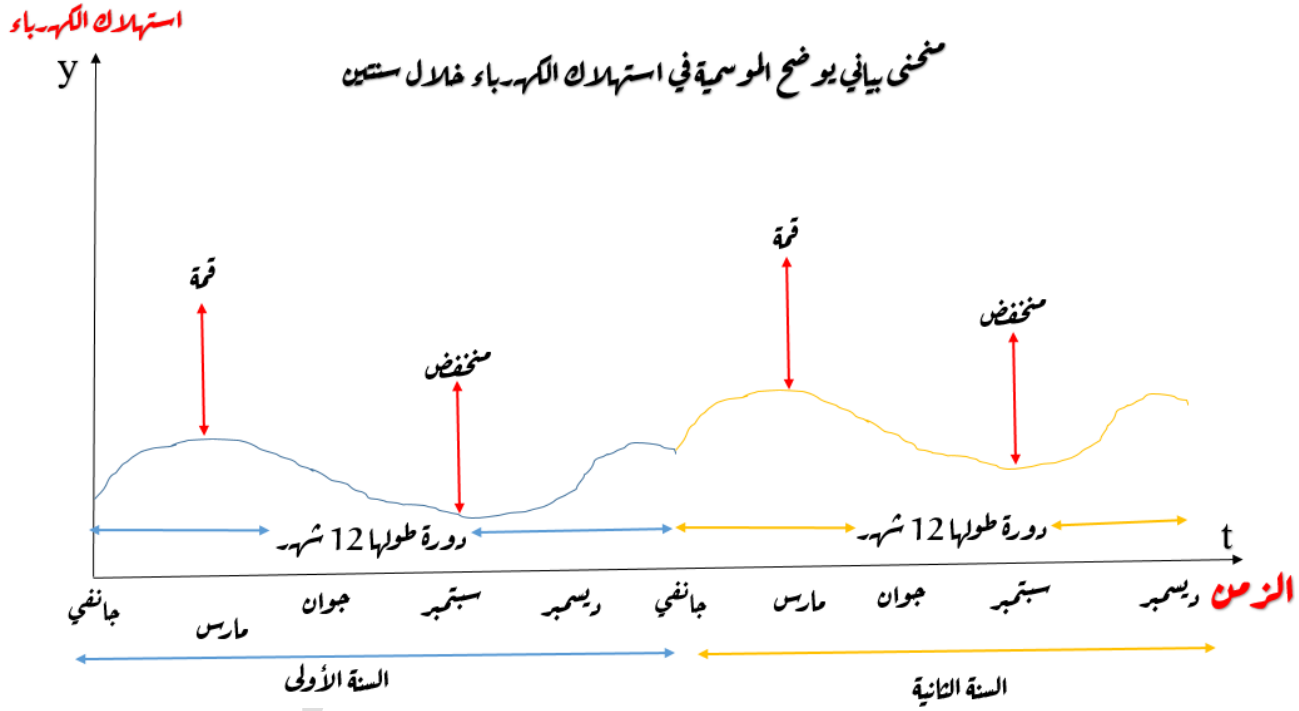
وهي التغيرات التي تؤدي على حدوث نمط دوري (Periodical Pattern) كامل في السلسلة يتكرر بانتظام بعد عدد معين من الفترات الزمنية يشار إليه عادة بالرمز ($S$). وتسمى السلسلة من هذا سلسلة زمنية موسمية (Seasonal time series) ذات دورة (Period) طولها ($S$). ويختلف طول الدورة $S$ باختلاف طبيعة البيانات. فقد يساوي 12 إذا كانت البيانات شهرية، وهنا يتكرر انتظام الدوري بعد كل 12 شهر أي على أساس سنوي. وقد يساوي طول الدورة 4 عندما تكون البيانات ربع سنوية – وتسمى عادة بيانات فصلية -، ولا يخفى على الطالب أن انتظام الموسمي في السلسلة قد يحدث كل أسبوع أو كل يوم او كل ساعة او كل دقيقة. وجدير بالذكر ان مركبة الموسمية تحدث داخل وحدة زمنية أقل من سنة (لا يمكن ان تكون موسمية أكبر من سنة وإلا تصبح مركبة تسمى بالدورية سيتم شرحها لاحقا).

## ملاحظات مهمة بخصوص المركبة الموسمية

1) ليس كل السلاسل القاسة على وحدات اقل من سنة سلاسل موسمية، فقد نجد سلسلة شهرية او ربع سنوية غير موسمية مثل السلسلة الخاصة بمبيعات الخبز وعدد المواليد او عدد الوفيات وغيرها..

2) السلسلة الموسمية قد يكون لها أو لا يكون لها اتجاه عام.

وفيما يلي التمثيل البياني للمركبة الموسمية لسلسلة زمنية تمثل استهلاك الكهرباء كل 12 شهر خلال سنتين:




يتضح من خلال المنحنى أعلاه أن القمة والمنخفض يتكرران مرة كل سنة وان منحنى السنة الأولى يأخذ نفس شكل منحنى السنة الثانية وهذا يعني ان السلسلة الزمنية (استهلاك الكهرباء) تمتلك مركبة موسمية نظرا لأن استهلاك الكهرباء يكون مرتفعا في فصل الشتاء و منخفض في فصل الصيف وتتكرر هذه العملية كل سنة، وهذا مايفسر تكرر وجود قمة و منخفض في السلسلة.

## ثالثا) المركبة الدورية (Cyclical component)

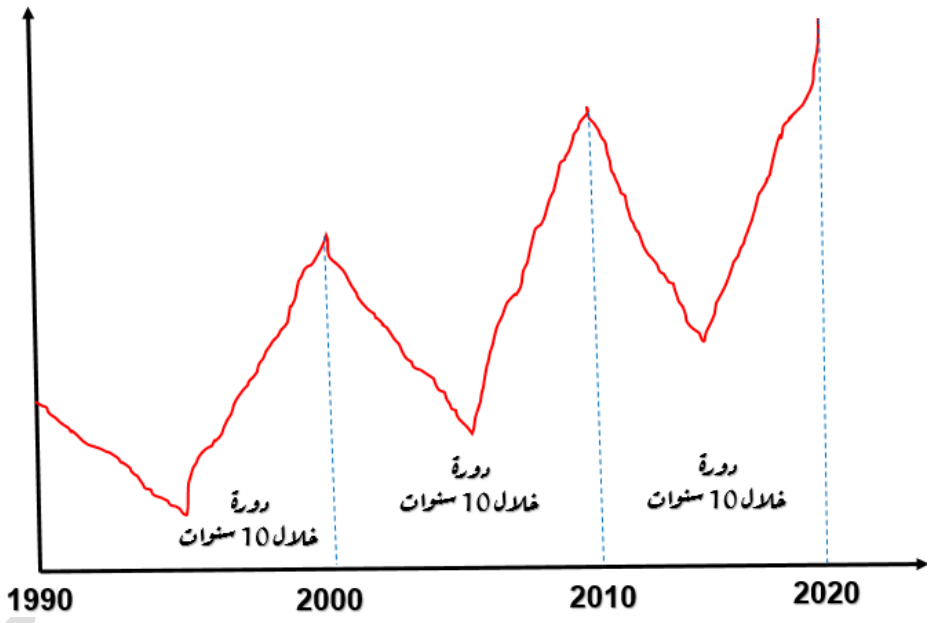
وهي تغيرات تؤدي إلى حدوث نمط دوري في السلسلة يتكرر كل فترة زمنية طويلة (سنتين او أكثر)، وهي بذلك تشبه التغيرات الموسمية، غلا انها تختلف عن هذه التغيرات في العديد من الوجه منها:

1) طول الدورة التي تحدثها هذه التغيرات أكبر بكثير من طول الدورة الموسمية وعادة ما يكون خمس أو عشر سنوات ولذلك تسمى هذه التغيرات بالتغيرات طويلة الأجل.

2) تغيرات المركبة الدورية تعكس آثار الدورات والتقلبات الاقتصادية من الكساد إلى الانتعاش فالرواج ثم الركود وهكذا دواليك.

3) طول هذا النوع من الدورات لا يمكن تحديده بشكل دقيق، فهذا النوع من التقلبات يتسم بعدم الانتظام بشكل أدى على عدم الاعتماد على تقديره من البيانات الزمنية في التنبؤ خاصة ان هذا النوع من التغيرات يحتاج على فترة طويلة لاكتشافه وتقديره، ولهذا لا نتعرض لتقدير هذه التغيرات في برنامج القياس.

الشكل البياني التالي يوضح التغيرات الدورية في السلسلة الزمنية خلال ثلاثون 30 سنة كما يلي:

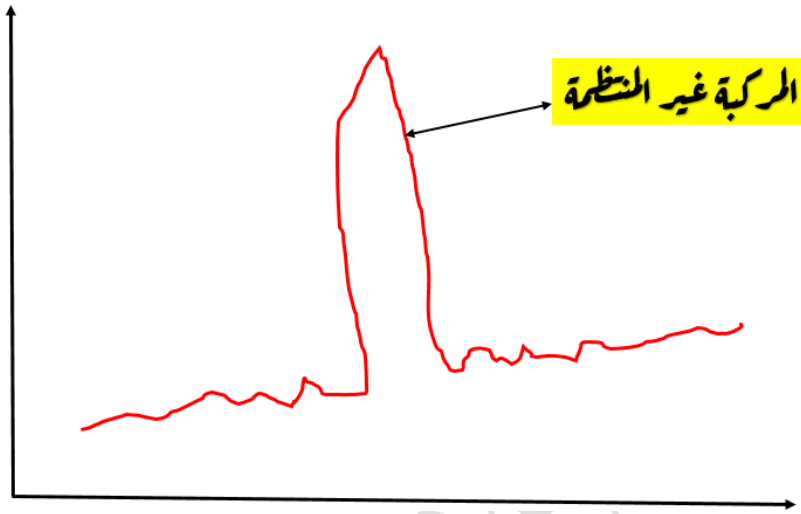



## رابعا) المركبة غير المنتظمة (العشوائية) (Erregular component)

تختلف هذه التغيرات عن كل التغيرات السابق ذكرها في انها لا يمكن التنبؤ بها لأنها لا تحدث طبقا لقاعدة أو نظام او قانون معين، فهي تغيرات غير عادية تسبب اهتزازات فجائية في الظاهرة بالارتفاع أو الانخفاض، ويصف هذه التغيرات بأنها لا تستمر طويلا ولذلك فهي تسمى بالتغيرات قصيرة الأجل ومن

أسباب هذه التغيرات الحروب والكوارث والزلازل والبراكين والحرائق والسيول والفيضانات والاضطرابات العمالية وغيرها....ويرمز لها بالرمز $(I)$.

الشكل البياني لهذه المركبة يكون كما يلي:




## نموذج مركبات السلسلة الزمنية

في بعض الأحيان نحتاج لمعرفة نوع العلاقة التي تربط بين مركبات السلسلة الزمنية وهنا نميز بين ثلاث أنواع من العلاقات وهي كما يلي:

1. الحالة الجدائية: تفترض هذه الحالة أن السلاسل الزمنية تتفاعل طبقا لنموذج المضاعف (حاصل الضرب)

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

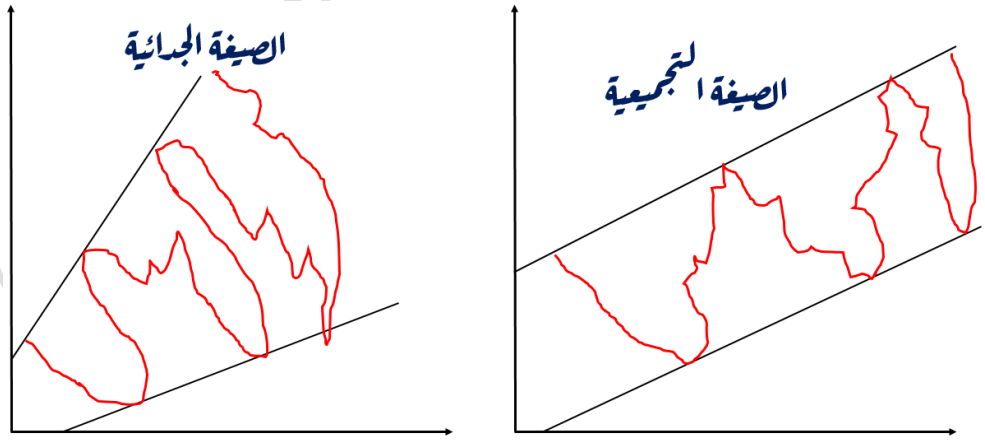
لو نفترض أن هناك سلاسل زمنية تتكون من قيم المبيعات الشهرية لفترات متعددة. ولو نفترض ان المبيعات الحقيقية الفعلية للحظة الزمنية 5 هي: $Y_5 = 417.9$ هذه القيمة يمكن ان تتجزأ كما هو موضح في المعادلة التالية:

في المثال أعلاه يتضح أن متوسط المبيعات عند الزمن 5 هو 405 ، ولو فرضا أن تأثير المركبة الدورية تساوي 0.94 وهو ما يعني أن المبيعات تنخفض بنسبة 6% (0.06 = 0.94-1) والمركبة الموسمية للسلسلة عند الزمن 5 تساوي 1.12 أي ان المبيعات ترتفع بنسبة 12% (0.12=12.1-1). وبافتراض أن المركبة غير المنتظمة (العشوائية) تخفض المبيعات بنسبة 2%(0.02=98.0-1)، وبالتالي فإن القيمة الحقيقية (417.9) تساوي جداء كل هذه المركبات كما في الصورة الرياضية أعلاه.

2. الحالة التجميعية: $Y = T + C + S + I$

3. الحالة المختلطة: $Y = T \times C + S \times I$

الشكل التالي يوضح لنا كيفية كشف الصيغة الجدائية للمركبات والصيغة التجميعية بطريقة بيانية كما يلي:




تكون السلسلة الزمنية ذات عناصر تجميعية لما تنحصر تذبذباتها بين خطين متوازيين، أي ان هذه الهزات ثابتة الشدة، بينما السلسلة الجدائية، تكون تذبذباتها غير ثابتة الشدة وبالتالي تقع بين خطين منفرجين كما يوضحه الشكل أعلاه.