

الفصل الرابع

تحليل بيانات السلاسل الزمنية

Decomposing Time Series Data

محتويات الفصل الرابع

- مقدمة Introduction
- تحليل السلاسل الزمنية Time Series Decomposition
- أنواع نمذجة السلاسل الزمنية Time Series Modeling Types
- مقارنة بين خصائص النمذجة الجمعية و النمذجة الضربية
- أنواع الاتجاه و الموسمية Types of Trends and Seasonality
- إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية
- ملخص Summary

لتحميل ملحقات هذا الفصل من الأكواد البرمجية والشروحات التوضيحية زيارة المستودع التالي على صفحتي في موقع [GitHub](#) :

- [السلاسل الزمنية باللغة العربية](#)

حتى الآن ، قد أخذنا نظرة عامة على تحليل السلاسل الزمنية ، وتعرفنا على أساسيات معالجة بياناتها باستخدام مكتبة

Pandas كما تطرقنا إلى موضوعات جوهرية مثل التشويش الأبيض **White Noise** والسير العشوائي **Random Walk**.

في هذا الفصل سنطبق عمليًا تحليل السلاسل الزمنية إلى مكوناتها الأساسية الاتجاه **Trend** والموسمية **Seasonality**

والبواقي **Residuals** وسنفهم لماذا ومتى يجب علينا القيام بذلك.

تحليل السلاسل الزمنية Time Series Decomposition

ما هو تحليل السلاسل الزمنية؟

ببساطة ، تحليل السلاسل الزمنية هي عملية تفكيك سلسلة زمنية إلى مكوناتها الأساسية التالية :

- **الاتجاه Trend**: هي الحركة العامة للسلسلة الزمنية بمرور الوقت
- **الموسمية Seasonality**: سلوكيات (أنماط) يتم التقاطها في فترات موسمية فردية.
- **البواقي Residuals**: كل شيء لا يتم التقاطه بواسطة مكونات الاتجاه والموسمية (الجزء المتبقي بعد فصل كل من الاتجاه والموسمية).

غالبًا ما تستخدم هذه التقنية لتحليل بيانات السلاسل الزمنية التاريخية. كما أنها تستخدم أحيانًا للتنبؤ. قد يكون عمل نماذج تنبؤية على الاتجاه والموسمية في وقت واحد مهمة صعبة للغاية ، لذلك قد يكون التعامل مع المكونات بشكل فردي أسلوبًا أفضل. في هذا الفصل سنركز فقط على التحليل و سنترك التنبؤ لفصل آخر !

Time Series Modeling Types أنواع نمذجة السلاسل الزمنية

سيتطلب تحليل السلاسل الزمنية تحديد نوع النمذجة والذي يخبر بايثون بكيفية فصل أو دمج المكونات الأساسية (الاتجاه , الموسمية , و البواقى) لإنتاج السلسلة الزمنية الأصلية. ستتعرف على طريقتين :

1- نمذجة جمعية (جمع المكونات) **Additive** 2- ونمذجة ضربية (ضرب المكونات) **Multiplicative**.

1- **السلسلة الزمنية الجمعية Additive Time Series** : المكونات الفردية (الاتجاه , الموسمية , و البواقى) تجمع معًا لإنتاج السلسلة الزمنية

$$y_t = T_t + S_t + R_t$$

2- **السلسلة الزمنية الضربية Multiplicative Time Series** : المكونات الفردية (الاتجاه , الموسمية , والبواقى) يتم ضربها معًا لإنتاج السلسلة الزمنية

$$y_t = T_t * S_t * R_t$$

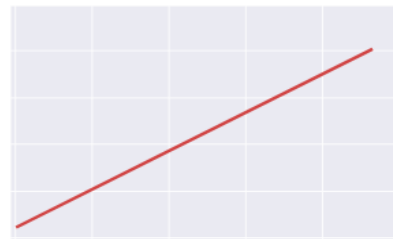
مقارنة بين خصائص النمذجة الجمعية و النمذجة الضربية

1- خصائص السلسلة الزمنية الجمعية Additive Time Series :

- يعتبر الاتجاه الجمعي **Additive Trend** دالة خطية **linear** .
- تعتبر الموسمية الجمعية **Additive Seasonality** دالة تحمل نفس التردد (عرض الموجة) والسعة (الارتفاع) للدورات الموسمية.

2- خصائص السلسلة الزمنية الضربية Multiplicative Time Series :

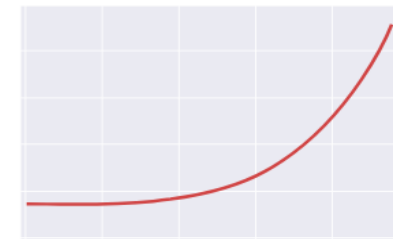
- يعتبر الاتجاه الضربي دالة غير خطية **non-linear** (خط الاتجاه منحنى).
- تشير الموسمية الضربية إلى تزايد / تناقص التردد (عرض الموجة) و / أو السعة (الارتفاع) للدورات الموسمية.



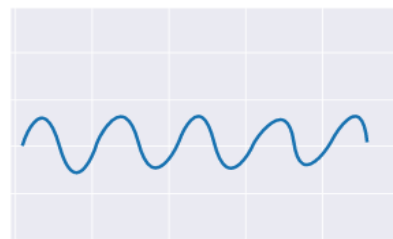
اتجاه جمعي (خطي)



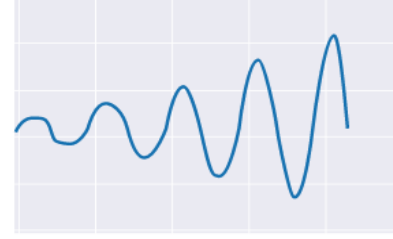
اتجاه جمعي (خطي)



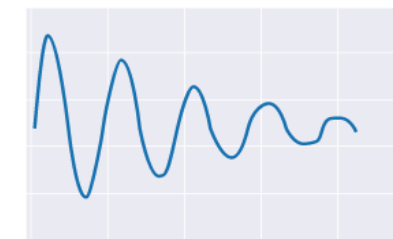
اتجاه ضربي (غير خطي)



موسمية جمعية



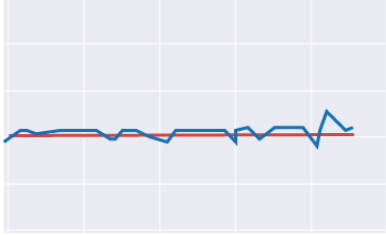
موسمية ضربية



موسمية ضربية

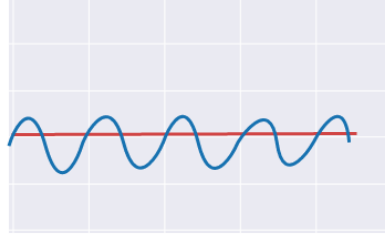
أنواع الاتجاه و الموسمية Types of Trends and Seasonality

No Seasonality
لا موسمية

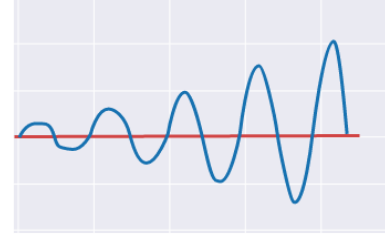


No Trend
لا اتجاه
(اتجاه ثابت)

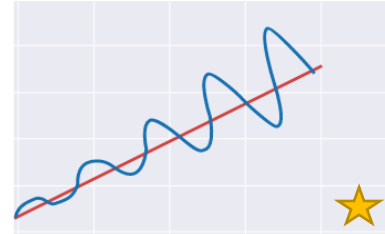
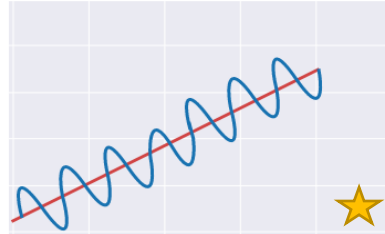
Additive Seasonality
موسمية جمعية



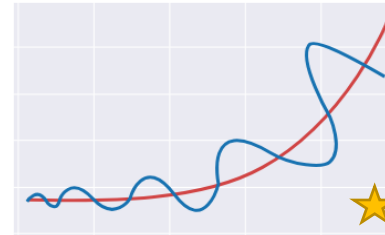
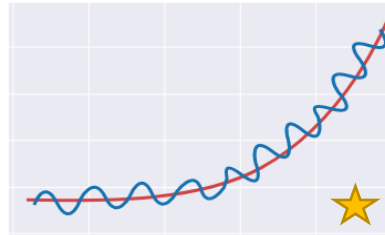
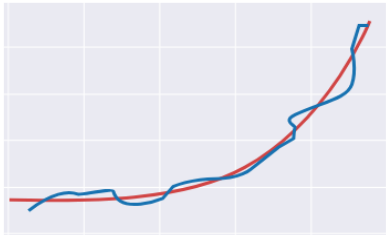
Multiplicative Seasonality
موسمية ضربية



Additive Trend
اتجاه جمعي



Multiplicative Trend
اتجاه ضربي



توضح المصفوفة الأشكال المختلفة
لكل من الاتجاه و الموسمية قبل
عملية الدمج لتكوين السلسلة الزمنية ,
في الشرائح التالية سنقوم بإنشاء
الأشكال الأربعة الأكثر شيوعًا و المميزة
بالنجمة! لنرى كيف يبدو كل منها
كسلسلة زمنية !

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

فيما يلي سنقوم بتشكيل الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية !

- اتجاه جمعي وموسمية جمعية Additive Trend & Additive Seasonality
- اتجاه جمعي وموسمية ضربية Additive Trend & Multiplicative Seasonality
- اتجاه ضربي وموسمية جمعية Multiplicative Trend & Additive Seasonality
- اتجاه ضربي وموسمية ضربية Multiplicative Trend & Multiplicative Seasonality

```
# استيراد المكتبات
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

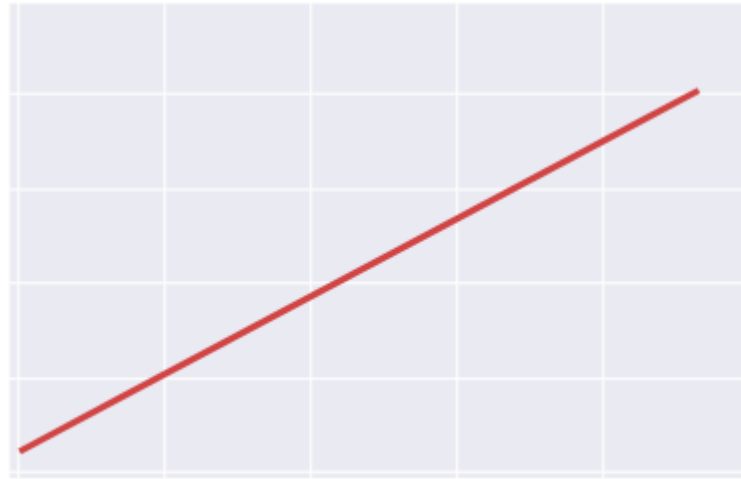
# نمط التصوير البياني
plt.style.use('ggplot')
```

المكتبات التي سنستخدمها في عملية النمذجة

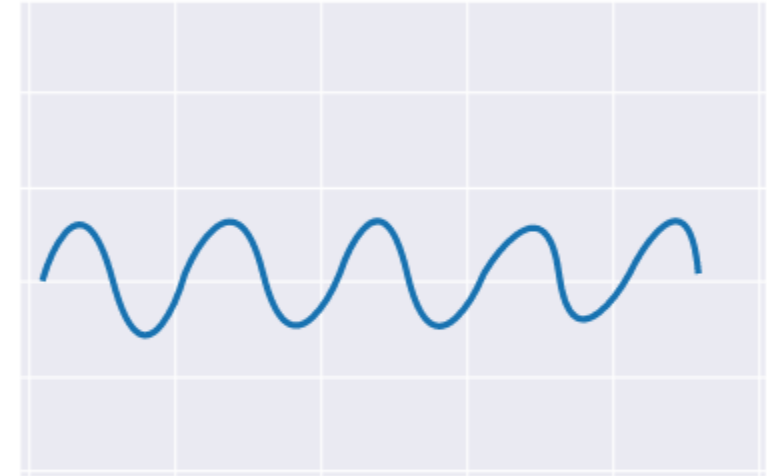
إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

1- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية جمعية Additive Trend & Additive Seasonality Time Series

الاتجاه الجمعي يشير إلى اتجاه خطي (خط مستقيم) ، وتعني الموسمية الجمعية عدم وجود أي تغييرات في عروض أو ارتفاعات الفترات الموسمية بمرور الوقت :



اتجاه جمعي (خطي)



موسمية جمعية

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

1- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية جمعية Additive Trend & Additive Seasonality Time Series

سننشئ سلسلة زمنية لمدة 10 سنوات ذات اتجاه جمعي وموسمية جمعية !

```
# إنشاء 120 نقطة (تمثل 10 * 12 شهر) أو 10 سنوات
x_range = np.arange(1, 121)

# عدد الحدود = 12 (يستخدم لإضافة تأثير الموسمية)
seasonal_adders = [11, 13, 12, 15, 19, 23, 21, 28, 20, 17, 15, 12]

# قيم السلسلة الزمنية
time_series = []

# تقسيم الـ 120 نقطة إلى 10 مجموعات كل مجموعة تشكل سنة
for chunk in np.split(x_range, 10):
    for i, val in enumerate(chunk):
        # إضافة قيمة الاتجاه إلى قيمة الموسمية
        time_series.append(val + seasonal_adders[i])
```

```
array([ 1,  2,  3,  4,  5,  6,  7,  8,  9, 10, 11, 12, 13,
        14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
        27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,
        40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52,
        53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65,
        66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78,
        79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91,
        92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104,
        105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117,
        118, 119, 120])
```

120 نقطة تمثل قيم السلسلة لمدة 120 شهراً أو 10 سنوات !

```
[12, 15, 15, 19, 24, 29, 28, 36, 29, 27, 26, 24,
 24, 27, 27, 31, 36, 41, 40, 48, 41, 39, 38, 36,
 36, 39, 39, 43, 48, 53, 52, 60, 53, 51, 50, 48,
 .....
 108, 111, 111, 115, 120, 125, 124, 132, 125, 123, 122, 120,
 120, 123, 123, 127, 132, 137, 136, 144, 137, 135, 134, 132]
```

يتم تقسيم الـ 120 نقطة إلى 10 مجموعات كل مجموعة تحتوي 12 قيمة لـ 12 شهراً (سنة) ثم يضاف إليها الحدود الـ 12 للموسمية كما هو موضح بالـ for loop

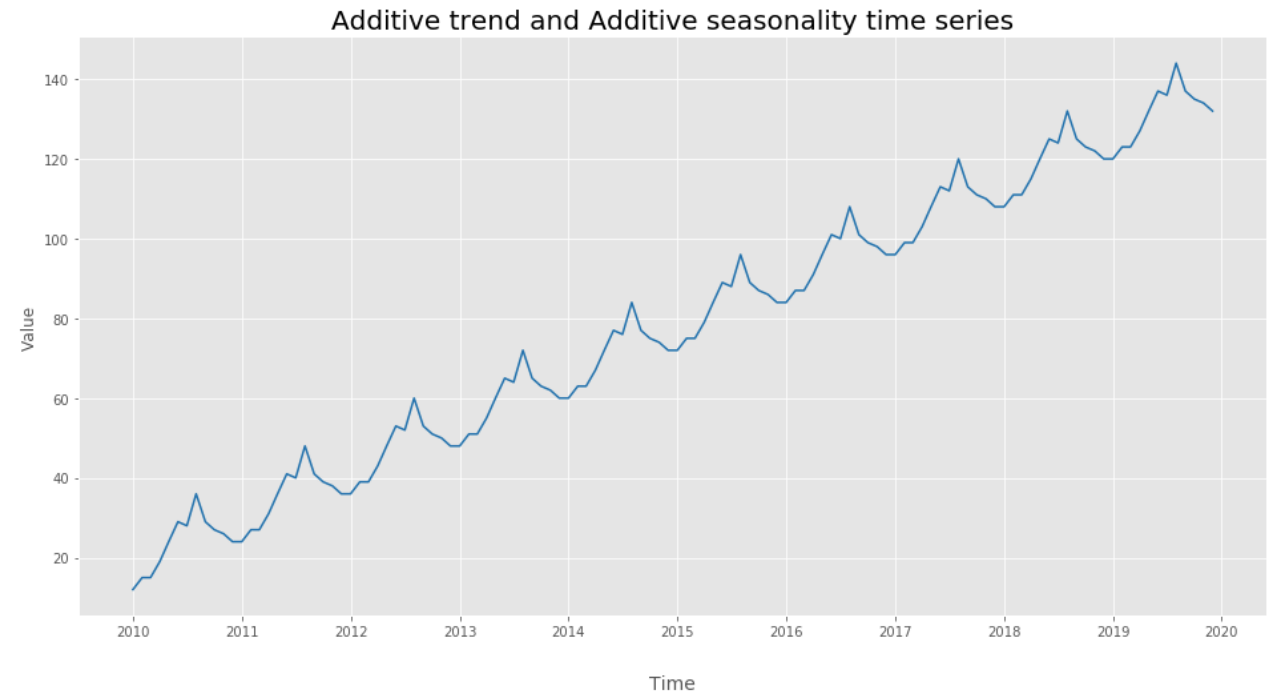
إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

التصوير البياني لسلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية جمعية

```
# تحويل المعطيات إلى إطار بيانات dataframe
df_aa = pd.DataFrame(
    data={'y': time_series},
    index=pd.date_range(start='2010-01-01', freq='MS', periods=120)
)

# الرسم البياني للسلسلة الزمنية
fig, ax = plt.subplots(figsize=(16,8))

ax.set_title('Additive trend and Additive seasonality time series',
size=20)
ax.set_xlabel("Time", size=14)
ax.xaxis.set_label_coords(0.5, -.1)
ax.set_ylabel("Value")
ax.plot(df_aa, c='#1772B1');
```



هل بإمكانك استنتاج كل من الاتجاه و الموسمية من خلال التصوير البياني ؟ إذا أجبت بنعم فلا بد من أنك لاحظت أن الاتجاه العام للسلسلة هو تصاعدي خطي و الموسمية تتكرر كل سنة (12 شهر) بنمط معين ثابت مما يشير إلى اتجاه جمعي و موسمية جمعية ، وفي حال قد أجبت ب لا فسنقوم بالشريحة التالية بتحليلها عن طريق مكتبة [statsmodels](#)

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

تحليل السلسلة الزمنية بواسطة مكتبة statsmodels

```
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose

# تحليل السلسلة الزمنية إلى كل من الاتجاه والموسمية والبقايا
ss_decomposition = seasonal_decompose(df_aa, model='additive', period=12)
estimated_trend = ss_decomposition.trend
estimated_seasonal = ss_decomposition.seasonal
estimated_resid = ss_decomposition.resid
```

تم استدعاء الدالة `seasonal_decompose` من مكتبة `statsmodels` والمسؤولة عن عمل تقدير لتحليل السلسلة الزمنية إلى أجزائها الأساسية ونلاحظ أنه تم تمرير ثلاثة `arguments` وهي كالتالي :

- قيم السلسلة الزمنية المراد تحليلها `time_series`
- نوع النمذجة (نمذجة الموسمية) : جمعية `additive`
- الفترة : 12 شهر وهي تمثل دورة الموسمية `period`

نلاحظ أنه يوجد ثلاثة `methods` : (`trend, seasonal, resid`) وهي مسؤولة عن استخراج الأجزاء الثلاثة و قد تم تعيين متغير لكل منها لتصويرها لاحقًا

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

تصوير السلسلة الزمنية ومكوناتها الأساسية !

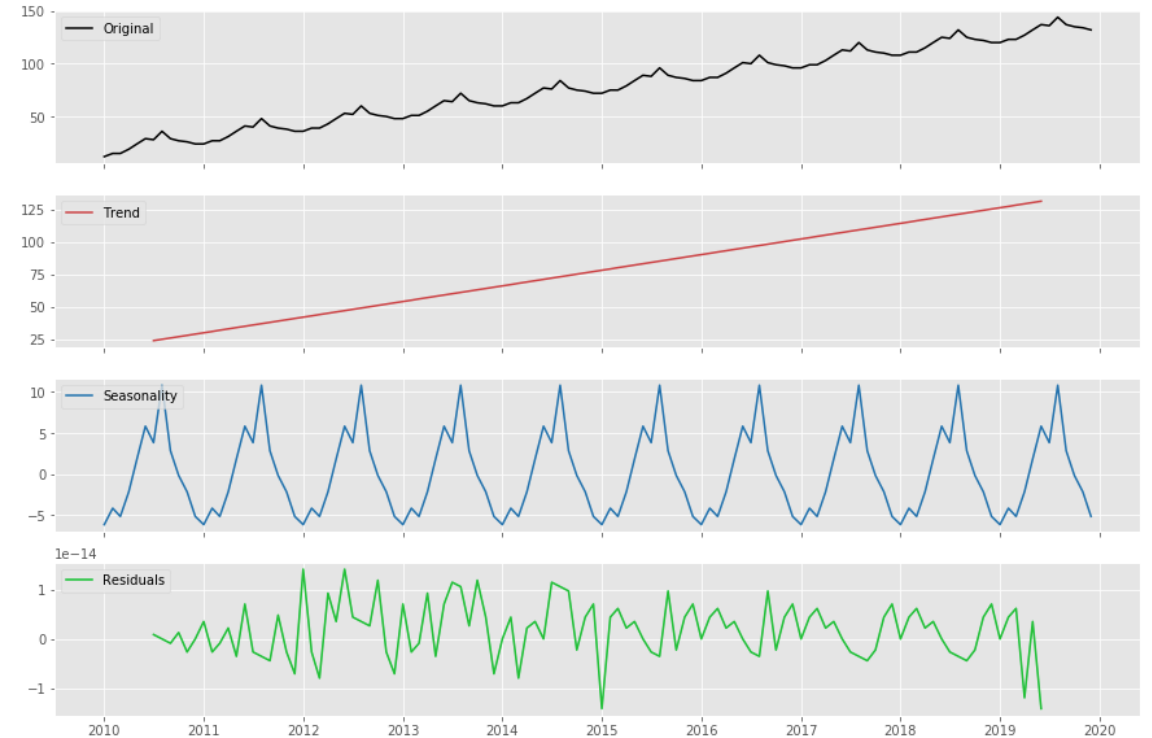
```
# إنشاء تصوير بياني للسلسلة الزمنية ومكوناتها الأساسية
fig, axes = plt.subplots(4, 1, sharex=True, sharey=False)
fig.set_figheight(10)
fig.set_figwidth(15)

axes[0].plot(df_aa, label='Original', c='#000000')
axes[0].legend(loc='upper left');

axes[1].plot(estimated_trend, label='Trend', c='#D14444')
axes[1].legend(loc='upper left');

axes[2].plot(estimated_seasonal, label='Seasonality', c='#1772B1')
axes[2].legend(loc='upper left');

axes[3].plot(estimated_residual, label='Residuals', c='#01BF21')
axes[3].legend(loc='upper left');
```



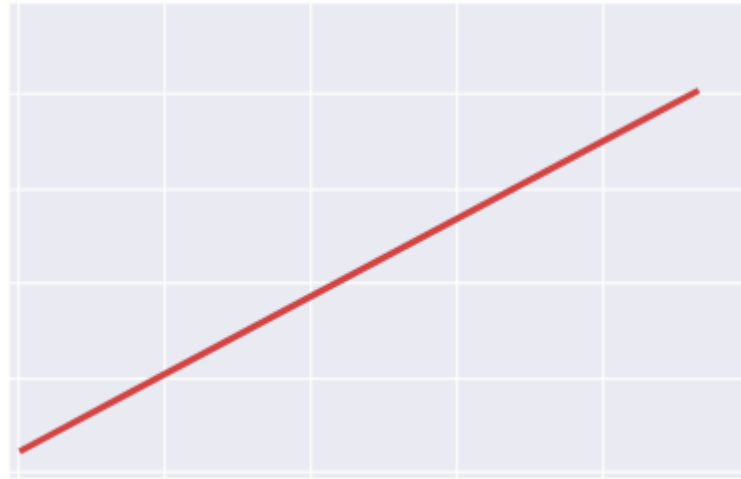
نلاحظ أن الأمور تجلت الآن بشكل أفضل وقد توضح كل من الاتجاه **Trend** على أنه اتجاه خطي متصاعد (جمعي) و الموسمية **seasonality** على أنها جمعية كما هو موضح من النمط الذي يتكرر كل دورة موسمية (12 شهر) أما بالنسبة للبواقي **Residuals** فنلاحظ أنها تتذبذب بين -1 و 1 وتتمركز حول الصفر

ملاحظة : في الفصول اللاحقة سيكون تركيزنا أكبر على مفهوم البواقي لأنها تستخدم في عملية التنبؤ

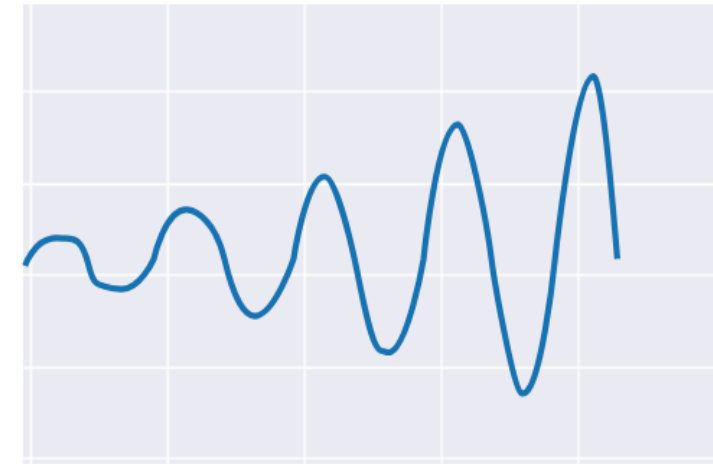
إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

2- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية ضربية Additive Trend & Multiplicative Seasonality

الاتجاه الجمعي يشير إلى اتجاه خطي (خط مستقيم) ، وتشير الموسمية الضربية إلى وجود تزايد أو تناقص في التردد (عرض الموجة) و / أو السعة (الارتفاع) للدورات الموسمية بمرور الوقت :



اتجاه جمعي (خطي)



موسمية ضربية

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

2- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية ضربية Additive Trend & Multiplicative Seasonality

سننشئ سلسلة زمنية لمدة 10 سنوات ذات اتجاه جمعي وموسمية جمعية !

```
# إنشاء 120 نقطة (تمثل 10 * 12 شهر) أو 10 سنوات
xs = np.arange(1, 121)

# عدد الحدود = 12 ، حدود تستخدم لإضافة تأثير الموسمية الضربية
seasonal_multipliers = [1.1, 1.3, 1.2, 1.5, 1.9, 2.3, 2.1, 2.8, 2.0, 1.7, 1.5, 1.2]

# قيم السلسلة الزمنية
time_series = []

# تقسيم الـ 120 نقطة إلى 10 مجموعات كل مجموعة تشكل سنة
for chunk in np.split(xs, 10):
    for i, val in enumerate(chunk):
        # ضرب قيمة الاتجاه في قيمة الموسمية
        time_series.append(val * seasonal_multipliers[i])
```

قمنا بتغيير كل من الحدود و العملية الحسابية إلى ضرب لإضافة تأثير الموسمية الضربية

```
array([ 1,  2,  3,  4,  5,  6,  7,  8,  9, 10, 11, 12, 13,
       14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
       27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,
       40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52,
       53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65,
       66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78,
       79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91,
       92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104,
       105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117,
       118, 119, 120])
```

120 نقطة زمنية تمثل قيم السلسلة لمدة 120 شهراً أو 10 سنوات !

```
[1.1,2.6,3.6,6.0,9.5,13.79,14.7,22.4,18.0,17.0,16.5,14.39,
14.3,18.2,18.0,24.0,32.3,41.4,39.9,56.0,42.0,37.4,34.5,28.79,
.....
.....
108,111,111,115,120,125,124,132,125,123,122,120,
120,123,123,127,132,137,136,144,137,135,134,132]
```

يتم تقسيم الـ 120 نقطة إلى 10 مجموعات كل مجموعة تحتوي على 12 قيمة لـ 12 شهراً (سنة) ثم يضرب كل عنصر بما يقابله في مصفوفة الحدود الـ 12 للموسمية كما هو موضح بالـ for loop

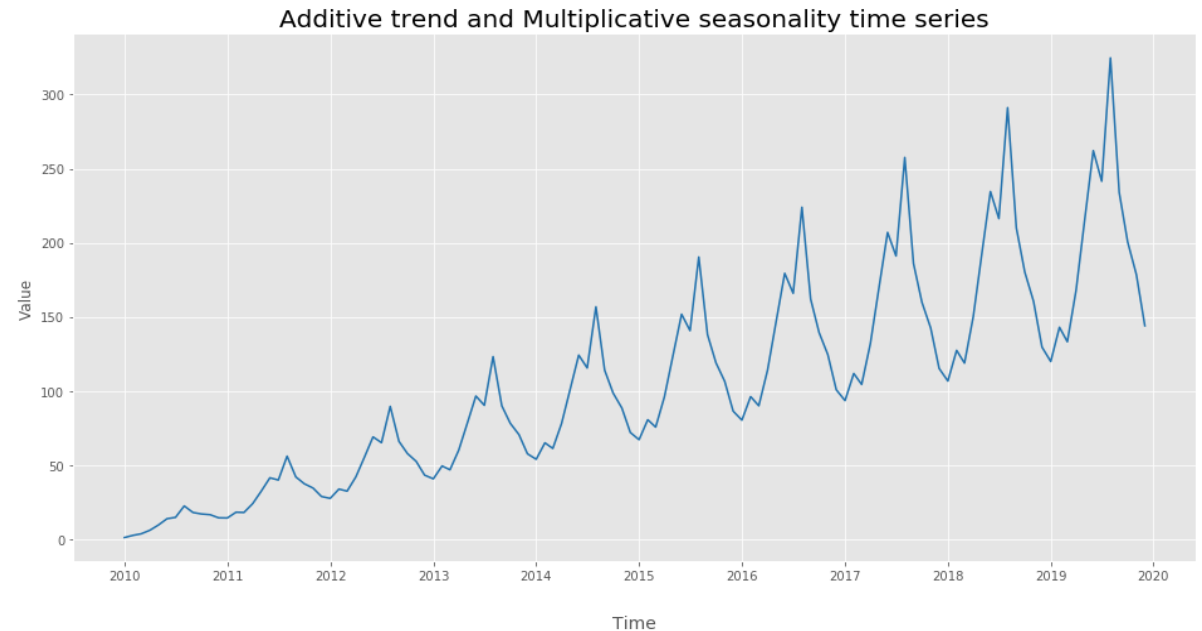
إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

التصوير البياني لسلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية ضربية

```
# تحويل المعطيات إلى إطار بيانات dataframe
df_am = pd.DataFrame(
    data={'y': time_series},
    index=pd.date_range(start='2010-01-01', freq='MS', periods=120)
)

# الرسم البياني للسلسلة الزمنية
fig, ax = plt.subplots(figsize=(16,8))
ax.set_title('Additive trend and Multiplicative seasonality time series',
             size=20)

ax.set_xlabel("Time", size=14)
ax.xaxis.set_label_coords(0.5, -.1)
ax.set_ylabel("Value")
ax.plot(df_am, c='#1772B1');
```



هل بإمكانك استنتاج كل من الاتجاه و الموسمية من خلال التصوير البياني ؟ الاتجاه العام للسلسلة هو تصاعدي خطي أما الموسمية فهي تتضاعف مع كل دورة موسمية (كل سنة) لكنها تحمل نفس النمط، في الشريحة التالية سنقوم بتحليل المكونات الأساسية للسلسلة عن طريق مكتبة **statsmodels**

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

تحليل السلسلة الزمنية بواسطة مكتبة statsmodels

```
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose

# تحليل السلسلة الزمنية إلى كل من الاتجاه والموسمية والبقايا
ss_decomposition = seasonal_decompose(df_am, model='multiplicative', period=12)
estimated_trend = ss_decomposition.trend
estimated_seasonal = ss_decomposition.seasonal
estimated_residual = ss_decomposition.resid
```

تم استدعاء الدالة `seasonal_decompose` من مكتبة `statsmodels` والمسئولة عن عمل تقدير لتحليل السلسلة الزمنية إلى أجزائها الأساسية ونلاحظ أنه تم تمرير ثلاثة `arguments` وهي كالتالي :

- قيم السلسلة الزمنية المراد تحليلها `time_series`
- نوع النمذجة (نمذجة الموسمية) : ضربية `multiplicative`
- الفترة : 12 شهر وهي تمثل دورة الموسمية `period`

نلاحظ أنه يوجد ثلاثة `methods` : (`trend`, `seasonal`, `resid`) وهي مسئولة عن استخراج الأجزاء الثلاثة و قد تم تعيين متغير لكل منها لتصويرها لاحقًا

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

تصوير السلسلة الزمنية ومكوناتها الأساسية !

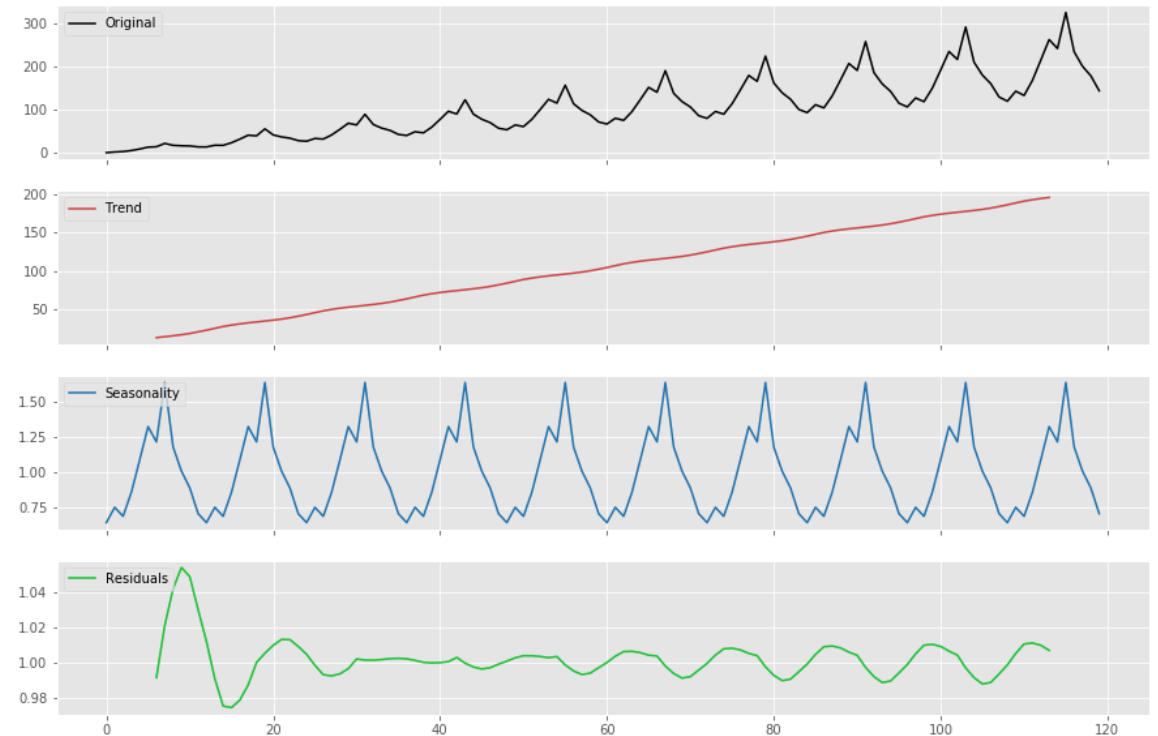
```
# إنشاء تصوير بياني للسلسلة الزمنية ومكوناتها الأساسية
fig, axes = plt.subplots(4, 1, sharex=True, sharey=False)
fig.set_figheight(10)
fig.set_figwidth(15)

axes[0].plot(df_am, label='Original', c='#000000')
axes[0].legend(loc='upper left');

axes[1].plot(estimated_trend, label='Trend', c='#D14444')
axes[1].legend(loc='upper left');

axes[2].plot(estimated_seasonal, label='Seasonality', c='#1772B1')
axes[2].legend(loc='upper left');

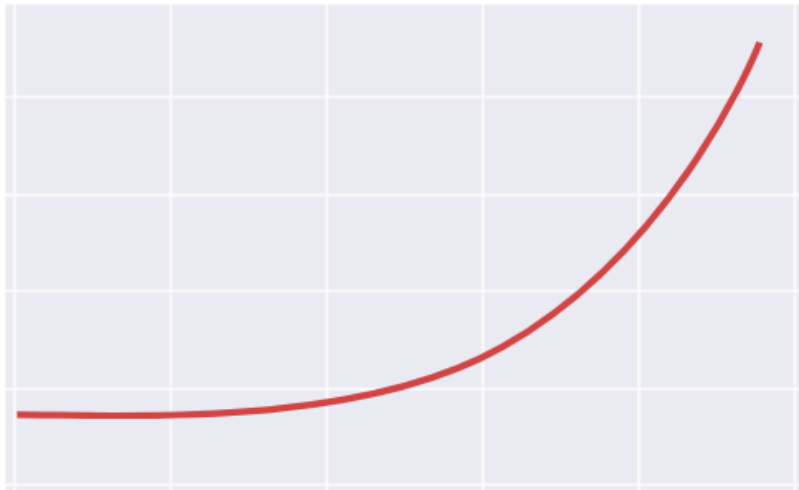
axes[3].plot(estimated_residual, label='Residuals', c='#01BF21')
axes[3].legend(loc='upper left');
```



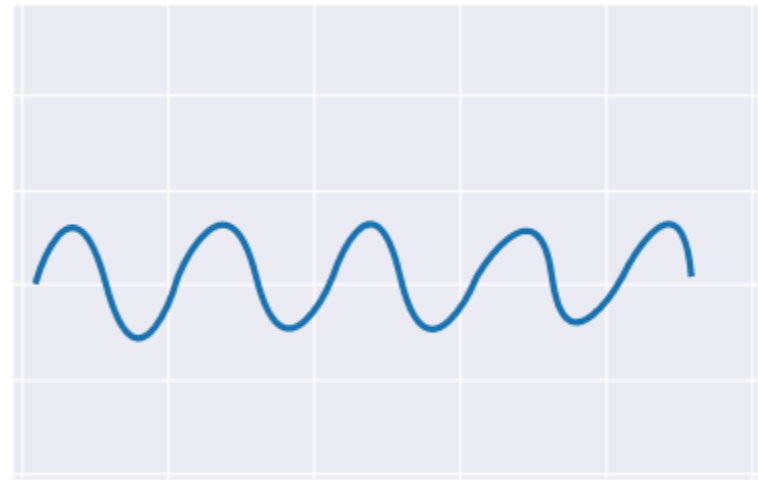
نلاحظ من التصوير البياني أن الاتجاه **Trend** خطي متصاعد (جمعي) أما بالنسبة للموسمية **Seasonality** فالنموذج قادر على استخراج النمط السائد و غير قادر على توضيح فيما إذا كانت جمعية أم ضربية إنما يمكن استنتاج ذلك من السلسلة الأصلية بسهولة !

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

3- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه ضربى وموسمية جمعية Multiplicative Trend & Additive Seasonality
الاتجاه الضربى يشير إلى اتجاه غير خطي *nonlinear* ، وتعني الموسمية الجمعية عدم وجود أي تغييرات في عروض أو ارتفاعات الفترات الموسمية بمرور الوقت :



اتجاه ضربى (غير خطي)



موسمية جمعية

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

3- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه ضربى وموسمية جمعية Multiplicative Trend & Additive Seasonality

سننشئ سلسلة زمنية لمدة 10 سنوات ذات اتجاه ضربى وموسمية جمعية !

```
# إنشاء 120 نقطة (تمثل 10 * 12 شهر) أو 10 سنوات
x_range = np.arange(1, 121)
# سنقوم برفع كل قيمة في القوى 1.5 لجعل الاتجاه ضربى (نمو أسي غير خطى)
x_range = np.array([x**1.5 for x in xs])

# حدود تستخدم لإضافة تأثير الموسمية الجمعية
seasonal_adders = [110, 130, 120, 150, 190, 230, 210, 280, 200, 170, 150, 120]

time_series = []
# تقسيم الـ 120 نقطة إلى 10 مجموعات كل مجموعة تشكل سنة
for chunk in np.split(x_range, 10):
    for i, val in enumerate(chunk):
        # إضافة قيمة الاتجاه إلى قيمة الموسمية
        time_series.append(val + seasonal_adders[i])
```

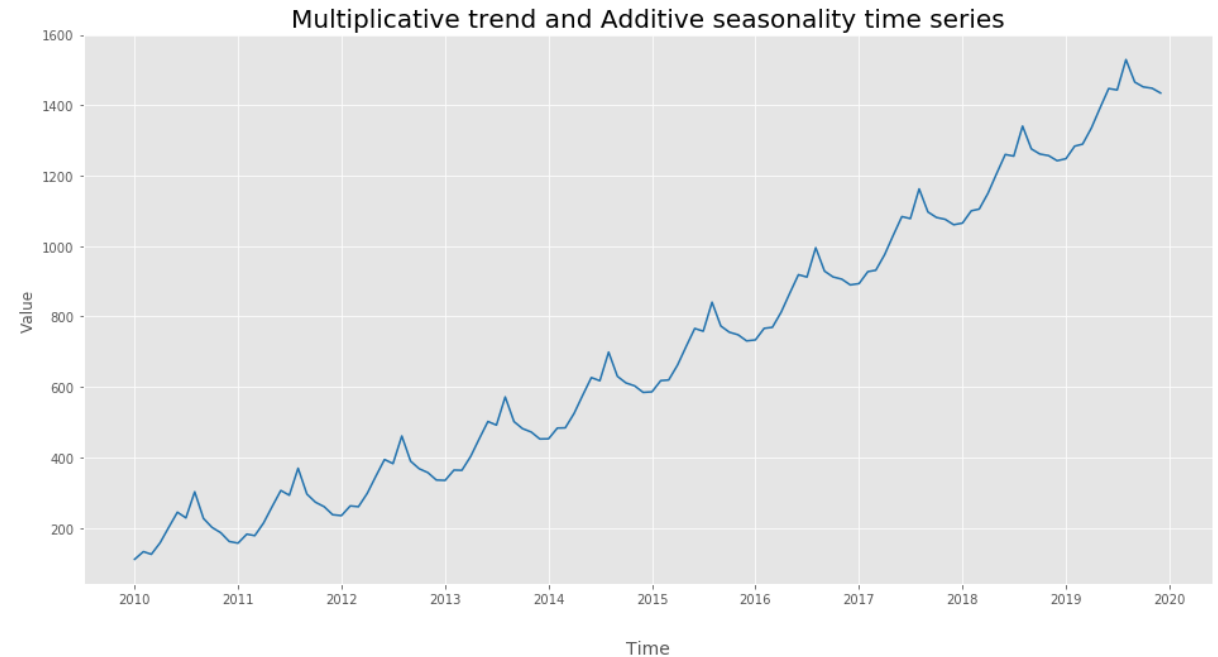
نلاحظ أنه تم رفع كل قيمة في الـ 120 نقطة للقوة 1.5 وذلك لغرض إضافة تأثير اللاخطية *non-linearity* أي تحويل الاتجاه إلى اتجاه ضربى ثم قمنا بإضافة حدود الموسمية إلى السلسلة الزمنية كما فعلنا سابقًا!

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

التصوير البياني لسلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية جمعية

```
# تحويل المعطيات إلى إطار بيانات
df_ma = pd.DataFrame(
    data={'y': time_series},
    index=pd.date_range(start='2010-01-01', freq='MS', periods=120)
)

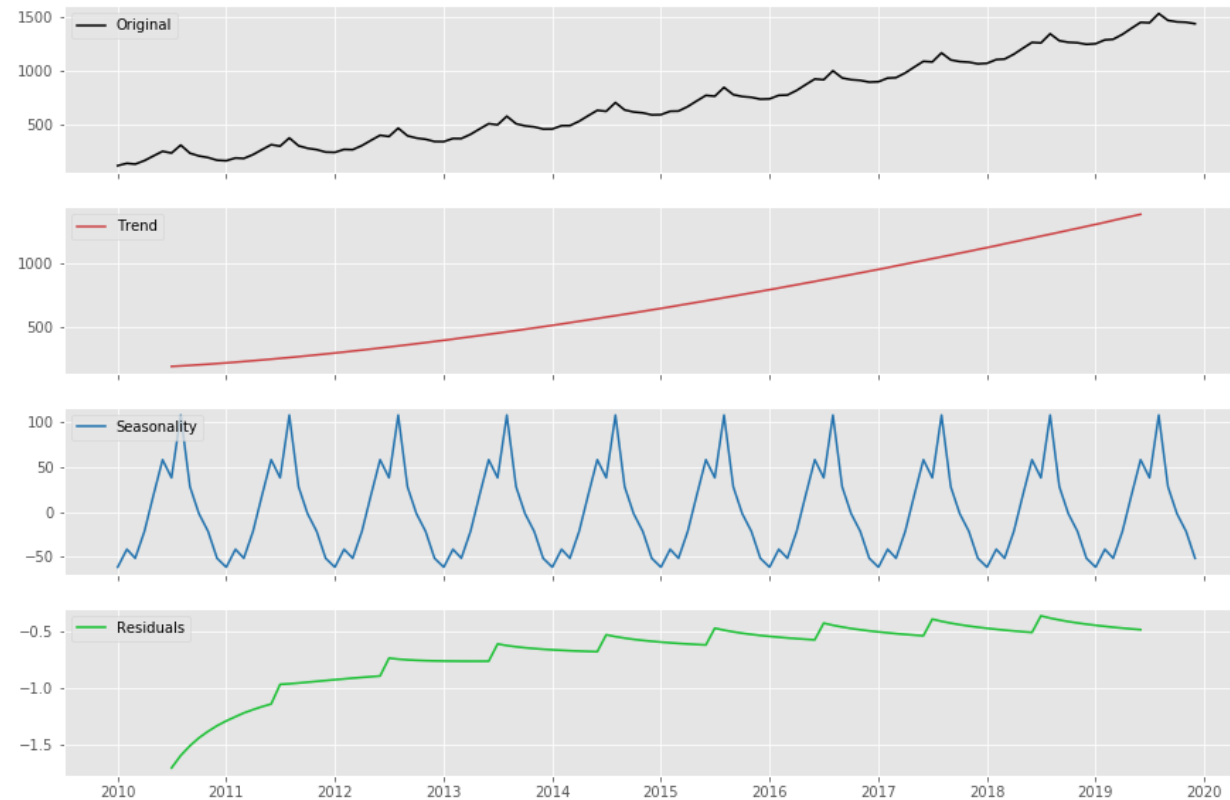
# الرسم البياني للسلسلة الزمنية
fig, ax = plt.subplots(figsize=(16,8))
plt.title('Multiplicative trend and Additive seasonality time series',
          size=20)
ax.set_xlabel("Time", size=14)
ax.xaxis.set_label_coords(0.5, -.1)
ax.set_ylabel("Value")
ax.plot(df_ma, c='#1772B1');
```



في هذه المرة فإن الاتجاه غير واضح تمامًا على أنه ذو طبيعة غير خطية (ضربية) بينما الموسمية فهي واضحة على أنها جمعية لذا سنقوم بالشريحة التالية بتحليل هذه السلسلة عن طريق مكتبة `statsmodels` للتأكد من ذلك

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

تصوير السلسلة الزمنية ومكوناتها الأساسية !

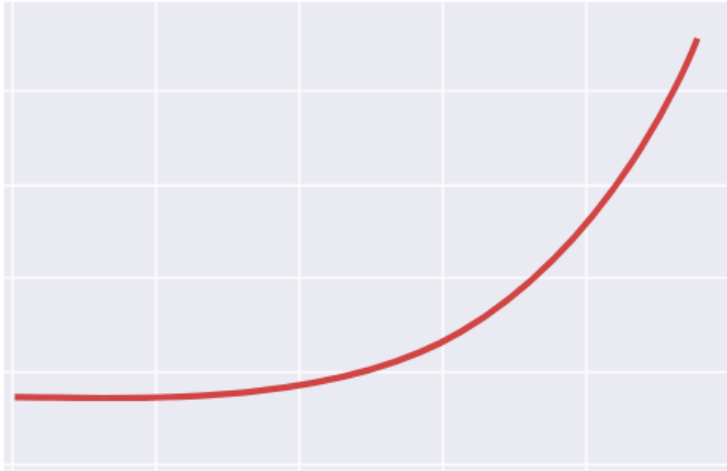


نلاحظ أن الاتجاه يتمثل بدالة غير خطية (اتجاه ضربي) بينما الموسمية يمكن استخلاصها من السلسلة الأصلية على أنها جمعية

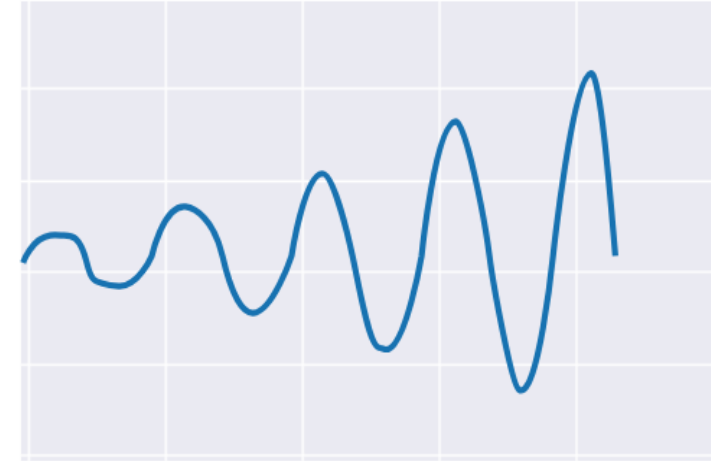
إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

4- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه ضربى وموسمية ضربية Multiplicative Trend & Multiplicative Seasonality

الاتجاه الضربى يشير إلى اتجاه غير خطي ، وتشير الموسمية الضربية إلى وجود تزايد أو تناقص في التردد (عرض الموجة) و / أو السعة (الارتفاع) للدورات الموسمية بمرور الوقت :



اتجاه ضربى (غير خطي)



موسمية ضربية

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

4- سلسلة زمنية مكونة من اتجاه ضربى وموسمية ضربية Multiplicative Trend & Multiplicative Seasonality

سننشئ سلسلة زمنية لمدة 10 سنوات ذات اتجاه ضربى وموسمية جمعية !

```
# إنشاء 120 نقطة (تمثل 10 * 12 شهر) أو 10 سنوات
x_range = np.arange(1, 121)

# سنقوم برفع كل قيمة في القوة 1.25 لجعل الاتجاه ضربى (نمو أسي غير خطى)
x_range = np.array([x**1.25 for x in xs])

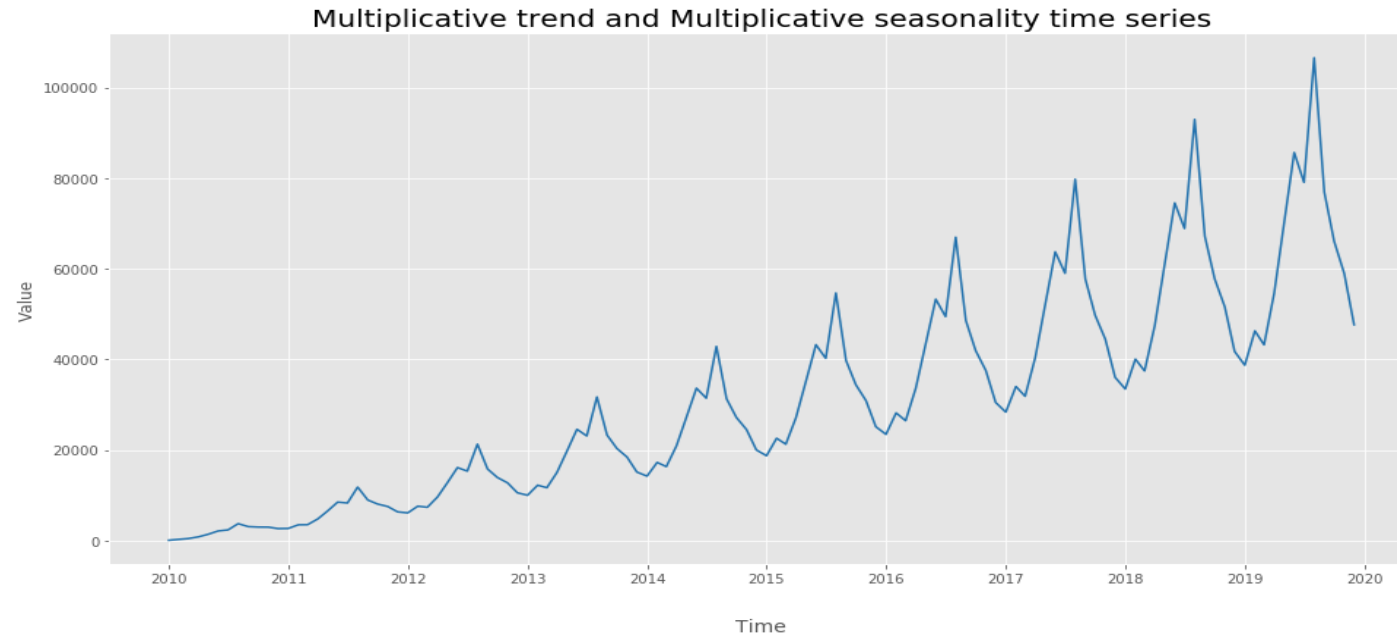
# حدود تستخدم لإضافة تأثير الموسمية الضربية
seasonal_multipliers = [110, 130, 120, 150, 190, 230, 210, 280, 200, 170,
                        150, 120]

time_series = []
# تقسيم الـ 120 نقطة إلى 10 مجموعات كل مجموعة تشكل سنة
for chunk in np.split(x_range, 10):
    for i, val in enumerate(chunk):
        # ضرب قيم الاتجاه في قيم الموسمية
        time_series.append(val * seasonal_multipliers[i])
```

نلاحظ أنه تم رفع كل قيمة في الـ 120 نقطة للقوة 1.25 وذلك لغرض إضافة تأثير اللاخطية **non-linearity** أي تحويل الاتجاه إلى اتجاه ضربى ثم قمنا بضرب حدود الموسمية في قيم الاتجاه لإنتاج السلسلة الزمنية.

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

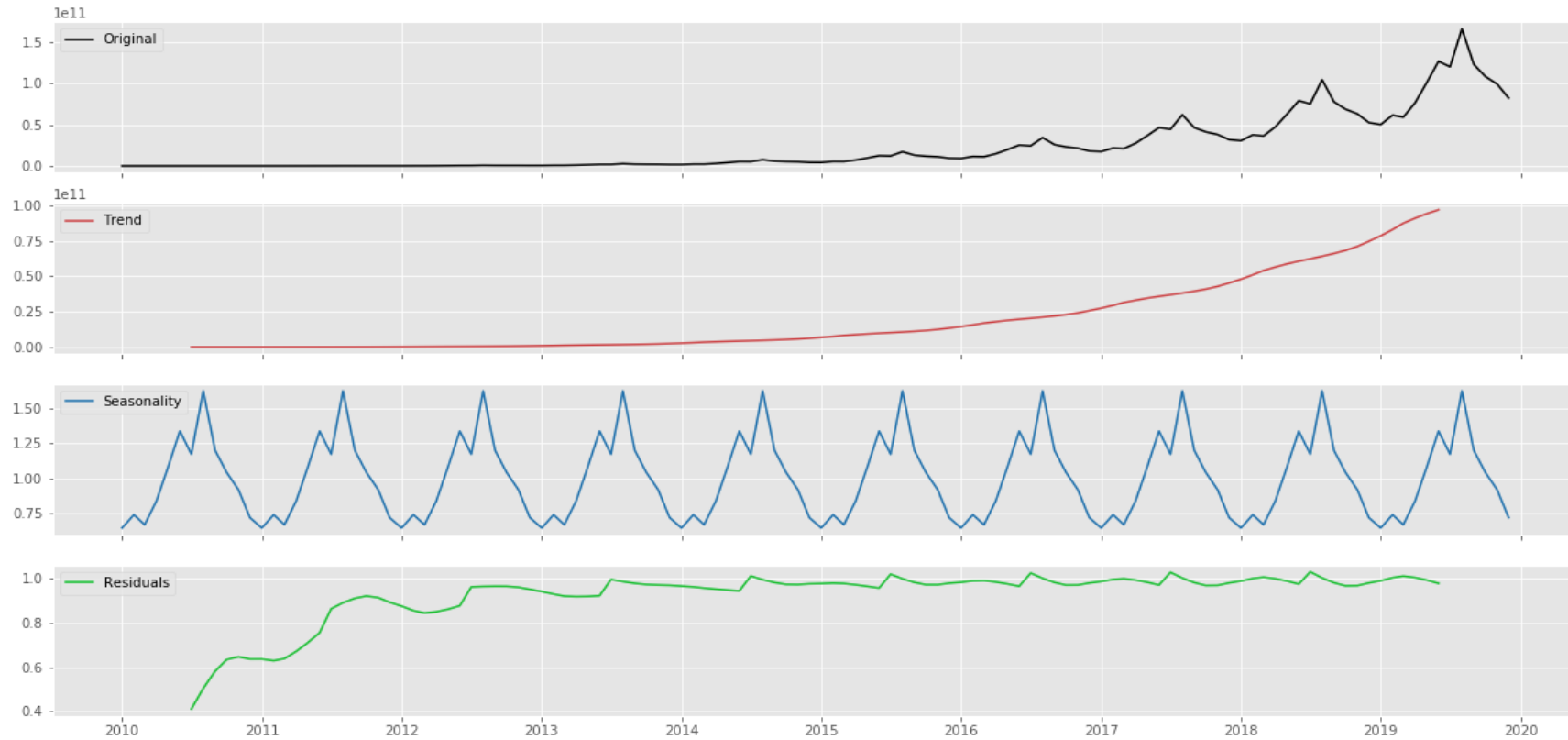
التصوير البياني لسلسلة زمنية مكونة من اتجاه جمعي وموسمية جمعية



الاتجاه غير واضح تمامًا على أنه ذو طبيعة غير خطية (ضربية) بينما الموسمية فهي واضحة على أنها ذات طبيعة ضربية لذا سنقوم بالشريحة التالية بتحليل هذه السلسلة عن طريق مكتبة **statsmodels** للتأكد من ذلك

إنشاء الأنماط الأربعة لنمذجة السلاسل الزمنية

تصوير السلسلة الزمنية ومكوناتها الأساسية !



نلاحظ أن الاتجاه يتمثل بدالة غير خطية (اتجاه ضربي) و أيضًا الموسمية تعتبر ضربية كما هو موضح في السلسلة الأصلية أما بالنسبة للبواقي فهي تتمركز بشكل كبير عند القيمة 1 مما يدل على انحراف معياري صغير أي مدى أقل من القيم

يُعد تحليل السلاسل الزمنية أداة رائعة لمعرفة البيانات التاريخية **Historical Data** ونمذجتها وتفكيكها إلى مكوناتها الأساسية الفردية وذلك لاكتشاف الأنماط المتكررة والسلوك العام في السلسلة الزمنية لتسهيل عملية النمذجة والتنبؤ فيما بعد حيث أن استكشاف نوعية الموسمية على سبيل المثال سيساعد في استخدام اختيار النموذج كاختيار النماذج الموسمية والتي سنتعرف عليها في فصل التنبؤ في السلاسل الزمنية !