

Visualización de series de tiempo en Python

Erika Elizabeth Rodríguez Torres

Margarita Tetlalmatzi Montiel

Rafael Villarroel Flores

6 de julio de 2017

Introducción

Series de tiempo

- Una *serie de tiempo* es una sucesión de datos $X = \{x_t\}$, donde la variable t toma valores uniformemente espaciados en el tiempo. El valor x_t se interpreta como el valor que toma una cantidad a estudiar en el tiempo t .

Series de tiempo

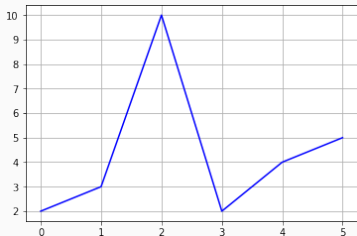
- Una *serie de tiempo* es una sucesión de datos $X = \{x_t\}$, donde la variable t toma valores uniformemente espaciados en el tiempo. El valor x_t se interpreta como el valor que toma una cantidad a estudiar en el tiempo t .
- En este trabajo para simplificar la discusión, supondremos sin perder generalidad que la variable t toma valores en los enteros no negativos: $0, 1, 2, 3, \dots$

- *Python* es un lenguaje de programación moderno, el cual puede obtenerse legalmente de internet de manera gratuita. El lenguaje *Python* se presta de manera natural a las aplicaciones a la ciencia.

- *Python* es un lenguaje de programación moderno, el cual puede obtenerse legalmente de internet de manera gratuita. El lenguaje *Python* se presta de manera natural a las aplicaciones a la ciencia.
- En este trabajo mostraremos el uso de sus librerías `matplotlib` (la cual sirve para producir dibujos científicos) y `networkx` (la cual ayuda a manipular y dibujar redes complejas).

Como primer ejemplo, mostramos el código para producir una representación gráfica de la serie de tiempo $[2, 3, 10, 2, 4, 5]$, usando matplotlib.

```
import matplotlib.pyplot as plt  
y=[2,3,10,2,4,5]  
plt.grid(True)  
plt.plot(y)  
plt.show()
```



Gráfica de visibilidad

En la última parte de esta presentación, utilizaremos el concepto de gráfica de visibilidad para proporcionarnos un ejemplo no trivial del uso de *Python*.

El lenguaje Python

Instalación

- El lenguaje *Python* puede descargarse de su sitio oficial: <https://www.python.org>, para diversos sistemas operativos, incluyendo Windows[™] y MacOS[™].

Instalación

- El lenguaje *Python* puede descargarse de su sitio oficial: <https://www.python.org>, para diversos sistemas operativos, incluyendo Windows[™] y MacOS[™].
- También puede obtenerse la distribución Anaconda[™], la cual está ya adaptada para el trabajo científico, de la página <https://www.continuum.io/>.

Instalación

- El lenguaje *Python* puede descargarse de su sitio oficial: <https://www.python.org>, para diversos sistemas operativos, incluyendo Windows[™] y MacOS[™].
- También puede obtenerse la distribución Anaconda[™], la cual está ya adaptada para el trabajo científico, de la página <https://www.continuum.io/>.
- En Ubuntu y otras varias distribuciones de Linux, *Python* viene preinstalado.

Librerías

- *Python* tiene las estructuras de datos básicas, como las listas y los enteros. Por ejemplo, en el código anterior se asigna a la variable `y` la lista de enteros `[2,3,10,2,4,5]`, que en este caso la estamos interpretando como una serie de tiempo.

```
import matplotlib.pyplot as plt
y=[2,3,10,2,4,5]
plt.grid(True)
plt.plot(y)
plt.show()
```

Librerías

- *Python* tiene las estructuras de datos básicas, como las listas y los enteros. Por ejemplo, en el código anterior se asigna a la variable `y` la lista de enteros `[2,3,10,2,4,5]`, que en este caso la estamos interpretando como una serie de tiempo.

```
import matplotlib.pyplot as plt
y=[2,3,10,2,4,5]
plt.grid(True)
plt.plot(y)
plt.show()
```

- En *Python* existen muchísimas librerías que extienden la capacidad del lenguaje. Como ejemplo, mencionamos la librería `matplotlib` (<https://matplotlib.org>).

Python no es difícil

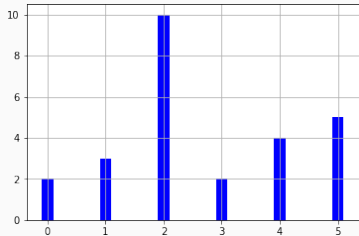
- En el dibujo anterior hemos demostrado que, aunque *Python* es un lenguaje muy complejo, no es necesario usar toda su complejidad para empezar a usarlo.

Python no es difícil

- En el dibujo anterior hemos demostrado que, aunque *Python* es un lenguaje muy complejo, no es necesario usar toda su complejidad para empezar a usarlo.
- Vamos a dar un ejemplo ligeramente más complicado, el cual nos será útil en adelante. Para el propósito de definir la gráfica de visibilidad, será conveniente usar barras para indicar los valores de la serie de tiempo.

Histograma

```
import matplotlib.pyplot as plt
y=[2,3,10,2,4,5]
plt.grid(True)
plt.bar(range(len(y)),
        y,
        width=0.2,
        align='center')
plt.show()
```



Gráficas

El concepto matemático de gráfica

- Una gráfica G se compone de

El concepto matemático de gráfica

- Una **gráfica** G se compone de
 - un conjunto, denotado con $V(G)$, a cuyos elementos se les llama **vértices**, y de

El concepto matemático de gráfica

- Una **gráfica** G se compone de
 - un conjunto, denotado con $V(G)$, a cuyos elementos se les llama **vértices**, y de
 - un conjunto de parejas no ordenadas de vértices, denotado con $E(G)$, a cuyos elementos se les llama **aristas**.

El concepto matemático de gráfica

- Una **gráfica** G se compone de
 - un conjunto, denotado con $V(G)$, a cuyos elementos se les llama **vértices**, y de
 - un conjunto de parejas no ordenadas de vértices, denotado con $E(G)$, a cuyos elementos se les llama **aristas**.
- En las aplicaciones, se le suele llamar a las gráficas **grafos** y también **redes** o **redes complejas**. A los vértices se les llega a llamar **nodos**.

El concepto matemático de gráfica

- Una **gráfica** G se compone de
 - un conjunto, denotado con $V(G)$, a cuyos elementos se les llama **vértices**, y de
 - un conjunto de parejas no ordenadas de vértices, denotado con $E(G)$, a cuyos elementos se les llama **aristas**.
- En las aplicaciones, se le suele llamar a las gráficas **grafos** y también **redes** o **redes complejas**. A los vértices se les llega a llamar **nodos**.
- Si los vértices v_1, v_2 son tales que $\{v_1, v_2\} \in E(G)$, decimos que v_1 y v_2 son **adyacentes**.

Grado de un vértice

- Si v es un vértice de la gráfica G , a la cantidad de aristas que contienen a v se le llama el **grado** de v . La cantidad $\Delta(G) = \max\{\text{grado}(v) \mid v \in V(G)\}$ es el **grado máximo** de la gráfica.

Grado de un vértice

- Si v es un vértice de la gráfica G , a la cantidad de aristas que contienen a v se le llama el **grado** de v . La cantidad $\Delta(G) = \max\{\text{grado}(v) \mid v \in V(G)\}$ es el **grado máximo** de la gráfica.
- La sucesión $(d_0, d_1, \dots, d_{\Delta(G)})$, donde d_i es la cantidad de vértices de G de grado i , es el **histograma de grados** de G .

Grado de un vértice

- Si v es un vértice de la gráfica G , a la cantidad de aristas que contienen a v se le llama el **grado** de v . La cantidad $\Delta(G) = \max\{\text{grado}(v) \mid v \in V(G)\}$ es el **grado máximo** de la gráfica.
- La sucesión $(d_0, d_1, \dots, d_{\Delta(G)})$, donde d_i es la cantidad de vértices de G de grado i , es el **histograma de grados** de G .
- El histograma de grados ha sido empleado como un parámetro que permite detectar propiedades de la gráfica G . Existen muchos otros parámetros de las gráficas dignos de estudiarse, que se pueden consultar en un texto de teoría de gráficas.

Ejemplo de gráfica

- Como ejemplo, podemos definir una gráfica P , cuyo conjunto de vértices es $V(P) = \{a, b, c\}$, y cuyo conjunto de aristas es $E(P) = \{\{a, b\}, \{b, c\}\}$.

Ejemplo de gráfica

- Como ejemplo, podemos definir una gráfica P , cuyo conjunto de vértices es $V(P) = \{a, b, c\}$, y cuyo conjunto de aristas es $E(P) = \{\{a, b\}, \{b, c\}\}$.
- Los vértices a y c tienen grado 1, mientras que el vértice b tiene grado 2.

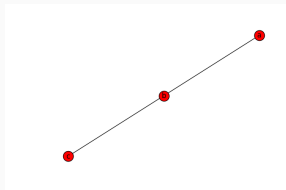
Ejemplo de gráfica

- Como ejemplo, podemos definir una gráfica P , cuyo conjunto de vértices es $V(P) = \{a, b, c\}$, y cuyo conjunto de aristas es $E(P) = \{\{a, b\}, \{b, c\}\}$.
- Los vértices a y c tienen grado 1, mientras que el vértice b tiene grado 2.
- De este modo, $\Delta(P) = 2$ y el histograma de grados es $(0, 2, 1)$, pues hay cero vértices de grado 0, dos de grado 1 y uno de grado 2.

Gráficas en Python

En la figura se muestra un dibujo de la gráfica P , que definimos en el párrafo anterior, hecho con *Python* y las librerías *matplotlib* y *networkx*

```
import matplotlib.pyplot as plt
import networkx as nx
P=nx.Graph([( 'a', 'b'), ('b', 'c')])
nx.draw(P,with_labels=True)
plt.show()
```



Gráfica P

Propiedades de gráficas

Una vez que la gráfica ha sido creada en Python, es posible obtener propiedades de la gráfica. Por ejemplo:

```
P.nodes()
```

produce:

```
['a', 'c', 'b']
```

Propiedades de gráficas

Una vez que la gráfica ha sido creada en Python, es posible obtener propiedades de la gráfica. Por ejemplo:

```
P.nodes()
```

produce:

```
['a', 'c', 'b']
```

mientras que:

```
P.degree('b')
```

produce:

```
2
```


Nuevas funciones en Python

En networkx no existe ya definida una función para calcular el grado máximo de una gráfica. Sin embargo, no es difícil obtener tal parámetro por medio de una nueva función, digamos `grado_max`, del siguiente modo:

```
def grado_max(G):  
    return max(G.degree(G.nodes()).values())
```

y entonces

```
grado_max(P)
```

produce:

2

Aplicación a la gráfica de visibilidad

Gráfica de visibilidad

- Lacasa y otros introdujeron en 2008 la **gráfica de visibilidad asociada a una serie de tiempo** como una herramienta para analizar diversas propiedades de la serie.

Gráfica de visibilidad

- Lacasa y otros introdujeron en 2008 la **gráfica de visibilidad asociada a una serie de tiempo** como una herramienta para analizar diversas propiedades de la serie.
- Los autores observan, por ejemplo, que si la serie de tiempo es periódica, entonces la gráfica de visibilidad tiene cierta regularidad.

Gráfica de visibilidad

- Lacasa y otros introdujeron en 2008 la **gráfica de visibilidad asociada a una serie de tiempo** como una herramienta para analizar diversas propiedades de la serie.
- Los autores observan, por ejemplo, que si la serie de tiempo es periódica, entonces la gráfica de visibilidad tiene cierta regularidad.
- Por otro lado, también observan que la gráfica de visibilidad permanece invariante bajo ciertos cambios no esenciales de la serie de tiempo, como traslación o reescalamientos.

Adyacencias en la gráfica de visibilidad

- La gráfica de visibilidad tiene como vértices los datos de la serie de tiempo, por lo que pueden tomarse como $V = \{0, 1, 2, \dots, n - 1\}$.

Adyacencias en la gráfica de visibilidad

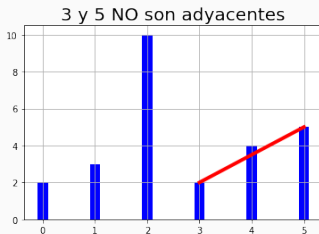
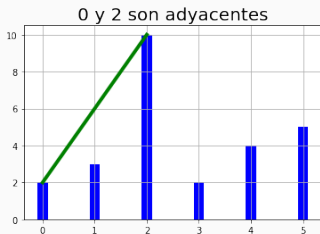
- La gráfica de visibilidad tiene como vértices los datos de la serie de tiempo, por lo que pueden tomarse como $V = \{0, 1, 2, \dots, n - 1\}$.
- Se declaran adyacentes entre sí aquellos datos tales que, las partes superiores de sus barras correspondientes sean «visibles» entre sí considerando a las barras como «paredes».

Adyacencias en la gráfica de visibilidad

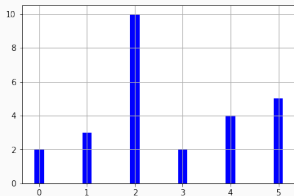
- La gráfica de visibilidad tiene como vértices los datos de la serie de tiempo, por lo que pueden tomarse como $V = \{0, 1, 2, \dots, n - 1\}$.
- Se declaran adyacentes entre sí aquellos datos tales que, las partes superiores de sus barras correspondientes sean «visibles» entre sí considerando a las barras como «paredes».

Adyacencias en la gráfica de visibilidad

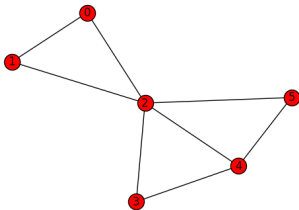
- La gráfica de visibilidad tiene como vértices los datos de la serie de tiempo, por lo que pueden tomarse como $V = \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$.
- Se declaran adyacentes entre sí aquellos datos tales que, las partes superiores de sus barras correspondientes sean «visibles» entre sí considerando a las barras como «paredes».



Es inmediato entonces determinar la lista completa de las aristas de la gráfica de visibilidad de la serie de tiempo $[2, 3, 10, 2, 4, 5]$, y usando networkx, realizar un dibujo de la gráfica.



```
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt
G=nx.Graph([(0,1),(0,2),(1,2),
            (2,3),(2,4),(2,5),
            (3,4),(4,5)])
nx.draw(G,with_labels=True)
plt.show()
```



Definición formal de la gráfica de visibilidad

Los datos (t_a, y_a) , (t_b, y_b) se declaran adyacentes en la gráfica de visibilidad siempre y cuando se tenga que para todos los t_c con $t_a < t_c < t_b$ se cumple que:

$$y_c < y_b + (y_a - y_b) \frac{t_b - t_c}{t_b - t_a}.$$

Función de visibilidad

En *Python*, podemos definir una función que determine si, dada una serie de tiempo y dos datos, tales datos son adyacentes en la gráfica de visibilidad de la serie de tiempo.

La función `is_visible` regresa `True` si los datos `a`, `b` son adyacentes y `False` si no.

```
def is_visible(y,a,b):  
    isit = True  
    c = a+1  
    while isit and c < b:  
        isit = y[c]<y[b]+(y[a]-y[b])*((b-c)/float(b-a))  
        c = c+1  
    return isit
```

Función de gráfica de visibilidad

Se usa la función `is_visible` anterior.

```
def visibility_graph(ts):  
    eds = []  
    for a in range(len(ts)):  
        for b in range(a+1, len(ts)):  
            if is_visible(ts, a, b):  
                eds.append((a, b))  
    return nx.Graph(eds)
```

Varios tipos de gráficas de visibilidad

- Recientemente se han definido, (y estudiado y aplicado) variantes de la gráfica de visibilidad, como:

Varios tipos de gráficas de visibilidad

- Recientemente se han definido, (y estudiado y aplicado) variantes de la gráfica de visibilidad, como:
 - la gráfica de visibilidad horizontal,

Varios tipos de gráficas de visibilidad

- Recientemente se han definido, (y estudiado y aplicado) variantes de la gráfica de visibilidad, como:
 - la gráfica de visibilidad horizontal,
 - la gráfica de visibilidas con pesos,

Varios tipos de gráficas de visibilidad

- Recientemente se han definido, (y estudiado y aplicado) variantes de la gráfica de visibilidad, como:
 - la gráfica de visibilidad horizontal,
 - la gráfica de visibilidades con pesos,
 - la gráfica de visibilidad paramétrica.

Varios tipos de gráficas de visibilidad

- Recientemente se han definido, (y estudiado y aplicado) variantes de la gráfica de visibilidad, como:
 - la gráfica de visibilidad horizontal,
 - la gráfica de visibilidades con pesos,
 - la gráfica de visibilidad paramétrica.
- El código que hemos presentado podría adaptarse sin muchos problemas para considerar las otras definiciones de visibilidad.

Varios tipos de gráficas de visibilidad

- Recientemente se han definido, (y estudiado y aplicado) variantes de la gráfica de visibilidad, como:
 - la gráfica de visibilidad horizontal,
 - la gráfica de visibilidades con pesos,
 - la gráfica de visibilidad paramétrica.
- El código que hemos presentado podría adaptarse sin muchos problemas para considerar las otras definiciones de visibilidad.
- En la siguiente sección aplicaremos este código a una serie de tiempo mucho más complicada.

El mapeo logístico

Serie de tiempo por iteraciones

- Una manera sencilla de obtener una serie de tiempo en un conjunto de números reales X , es por medio de las iteraciones de una función $f: X \rightarrow X$.

Serie de tiempo por iteraciones

- Una manera sencilla de obtener una serie de tiempo en un conjunto de números reales X , es por medio de las iteraciones de una función $f: X \rightarrow X$.
- Para construir una serie de tiempo de tal modo, se toma una condición inicial $x_0 \in X$, y los datos subsiguientes se definen recursivamente para $t > 0$ como $x_t = f(x_{t-1})$.

Serie de tiempo por iteraciones

- Una manera sencilla de obtener una serie de tiempo en un conjunto de números reales X , es por medio de las iteraciones de una función $f: X \rightarrow X$.
- Para construir una serie de tiempo de tal modo, se toma una condición inicial $x_0 \in X$, y los datos subsiguientes se definen recursivamente para $t > 0$ como $x_t = f(x_{t-1})$.
- Uno de los casos más estudiados, es el **mapeo logístico**, en el cual se toma $X = [0, 1]$, es decir, el intervalo de números reales entre 0 y 1, y la función $f(x) = \mu x(1 - x)$, donde μ satisface $0 \leq \mu \leq 4$.

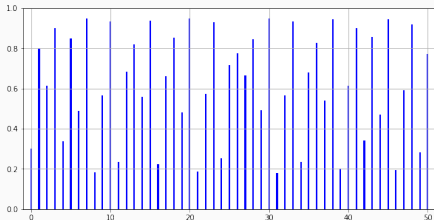
Serie de tiempo por iteraciones

- Una manera sencilla de obtener una serie de tiempo en un conjunto de números reales X , es por medio de las iteraciones de una función $f: X \rightarrow X$.
- Para construir una serie de tiempo de tal modo, se toma una condición inicial $x_0 \in X$, y los datos subsiguientes se definen recursivamente para $t > 0$ como $x_t = f(x_{t-1})$.
- Uno de los casos más estudiados, es el **mapeo logístico**, en el cual se toma $X = [0, 1]$, es decir, el intervalo de números reales entre 0 y 1, y la función $f(x) = \mu x(1 - x)$, donde μ satisface $0 \leq \mu \leq 4$.
- Se sabe que para ciertos valores de μ las iteraciones muestran el fenómeno de **caos**.

Serie de tiempo del mapeo logístico

Se dibuja la serie de tiempo obtenida con condición inicial $x_0 = 0.3$, valor del parámetro $\mu = 3.8$, y con 50 iteraciones. En este caso, la serie de tiempo queda guardada en una lista llamada `vals`.

```
import matplotlib.pyplot as plt
def f(x):
    return 3.8*x*(1-x)
vals=[0.3]
iteraciones=50
for i in range(iteraciones):
    new = vals[-1]
    vals.append(f(new))
plt.figure(figsize=(10,5))
plt.axis([-1,iteraciones+1,0,1])
plt.grid(True)
plt.bar(range(len(vals)),
        vals,
        width=0.2,
        align='center')
plt.show()
```

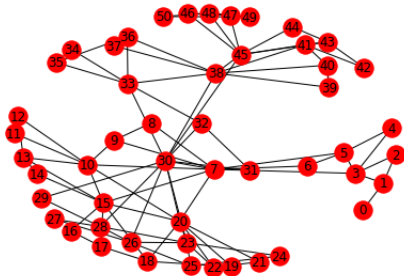


Gráfica de la serie de tiempo logística

Se puede ahora utilizar la lista `vals` para obtener la gráfica de visibilidad de la serie de tiempo que se originó con las iteraciones del mapeo logístico.

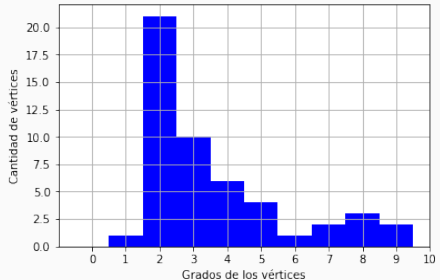
```
import matplotlib.pyplot
    as plt
import networkx as nx

G=visibility_graph(vals)
nx.draw(G,
        with_labels=True)
plt.show()
```



Histograma de grados

```
import numpy as np
degs = list(G.degree().values())
dmax=max(degs)
bins = np.arange(dmax) - 0.5
plt.xlim(xmin=-1)
plt.hist(degs,bins)
plt.xticks(range(dmax))
plt.xlabel(
    u"Grados de los vértices")
plt.ylabel(
    u"Cantidad de vértices")
plt.grid(True)
plt.show()
```



Conclusión

Los autores del presente trabajo estudiarán en el futuro el efecto de perturbaciones en series de tiempo que provienen de fenómenos biológicos, por medio de las herramientas aquí expuestas.