

MODELAÇÃO E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS NATURAIS TPC1

ANDRÉ FONSECA 39758

OUTUBRO 2016 / MSSN 31N

ACTIVIDADES

Sistema dinâmico: $x(n+1)=x(n)+a(n)$, $a(n)=0.1 \cdot x(n)$, $x(0)=10$

Diagrama de ciclos causais

Diagrama de níveis de fluxos

Evolução do sistema

Sistema dinâmico: $x(n+1)=x(n)ke(n)$, $e(n)=T-x(n)$, $x(0)=10$, $T=20$, $k=0.1$

Diagrama de ciclos causais

Diagrama de níveis de fluxos

Evolução do sistema

Método iterativo para determinar a raiz cúbica de um número

Exemplo: Aplicação do algoritmo para determinar a raiz 3200.

A dinâmica da evolução

- **Sistema dinâmico:** $x_{(n+1)} = x_{(n)} + a_{(n)}$, $a_{(n)} = 0.1 \cdot x_{(n)}$, $x_{(0)} = 10$

Diagrama de ciclos causais

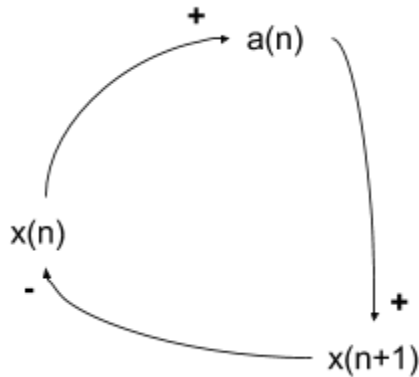
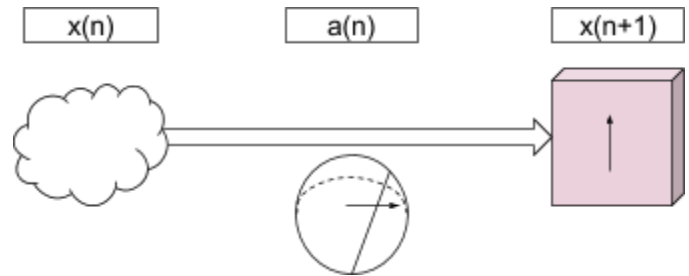
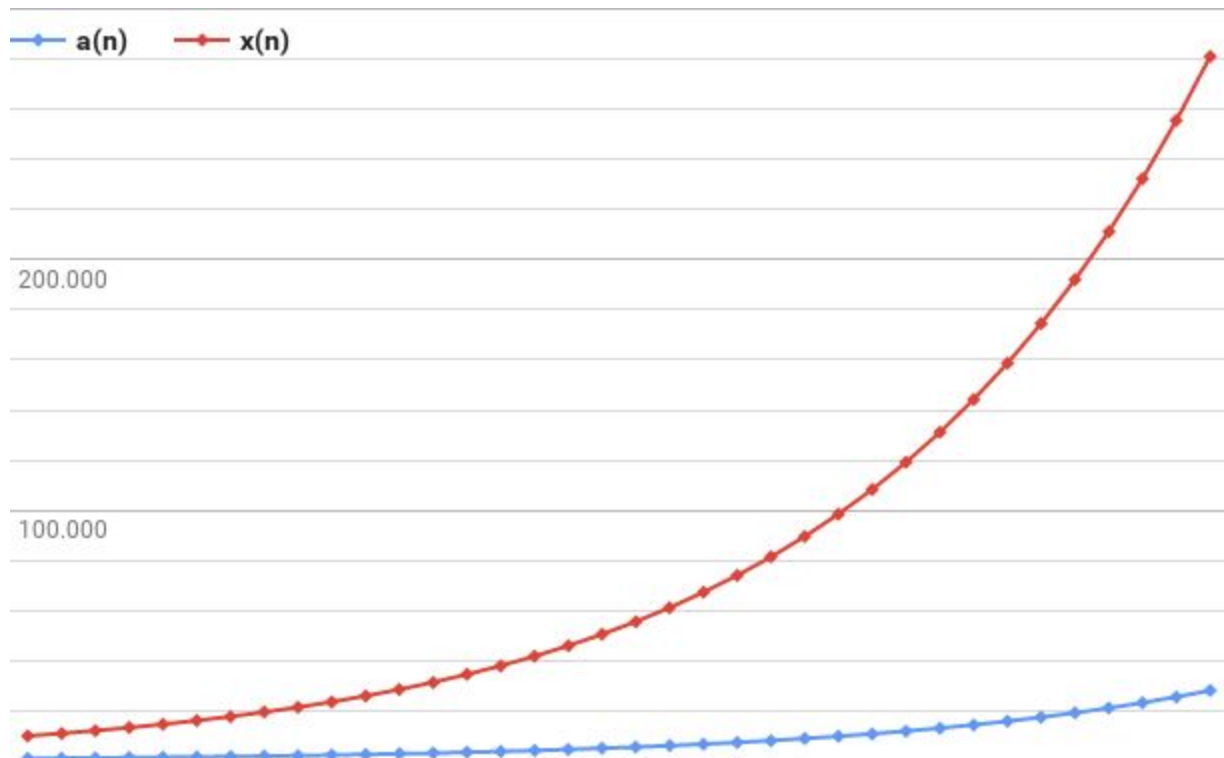


Diagrama de níveis de fluxos



Evolução do sistema

O sistema tem como ponto inicial $x_{(0)} = 10$. A sua evolução acontece através do incremento de valores do fluxo de $a_{(n)}$. Tendo em conta que o seu aumento se deve à soma do seu fluxo, o sistema apresenta um comportamento semelhante ao da função exponencial, com tendência para $+\infty$.



- **Sistema dinâmico:** $x_{(n+1)} = x_{(n)} \cdot k \cdot e_{(n)}$, $e_{(n)} = T - x_{(n)}$, $x_{(0)} = 10$, $T = 20$, $k = 0.1$

Diagrama de ciclos causais

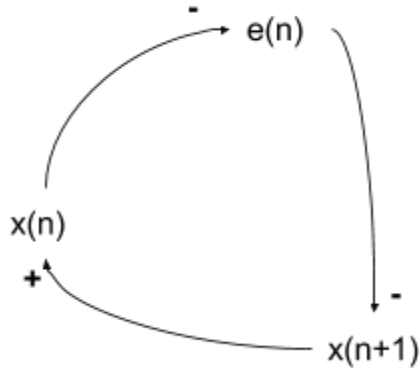
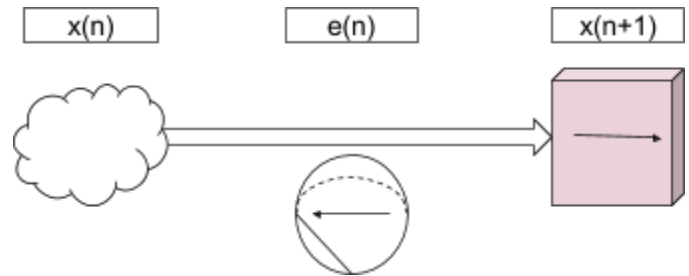
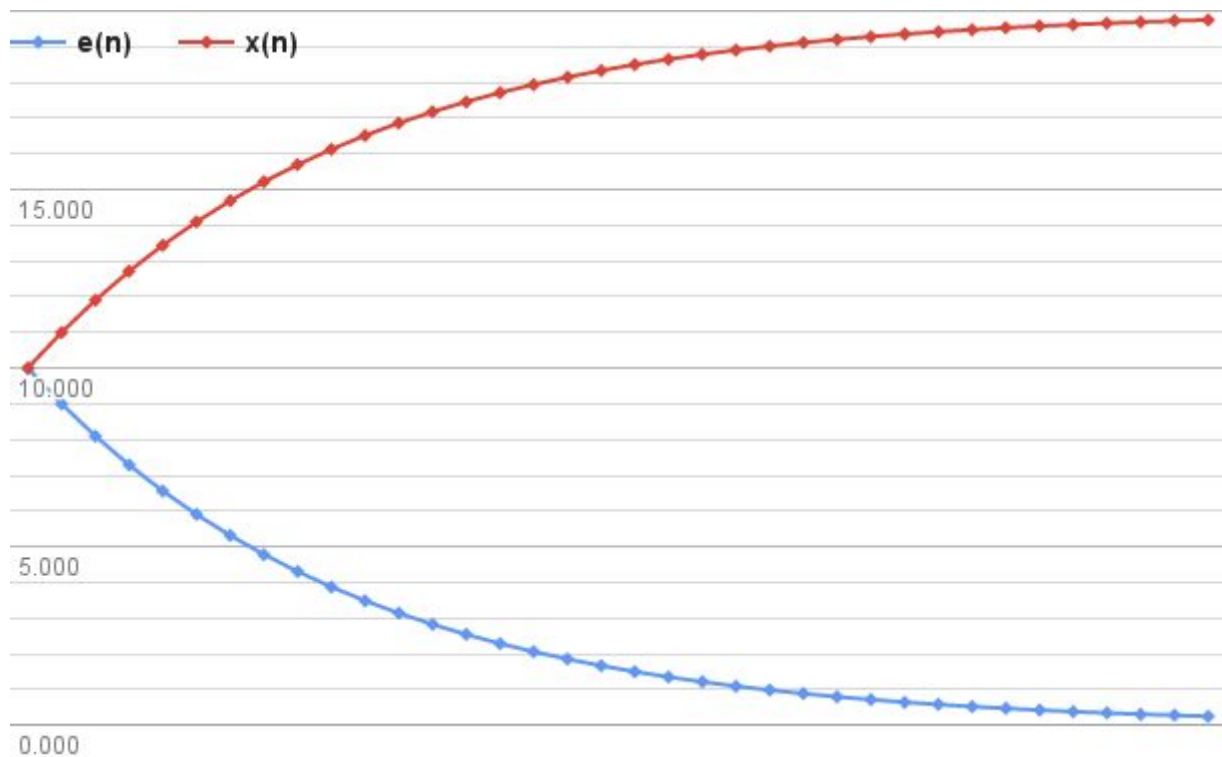


Diagrama de níveis de fluxos



Evolução do sistema

O sistema tem como ponto inicial $x_{(0)} = 10$. A sua evolução acontece através dos fatores multiplicativo k e subtrativo T de constantes diferentes. Estes fatores diminuem ao longo do tempo, com tendência para valor 0. Neste sentido e, como consequência, o sistema tende para valores muito aproximados de 20.



● Método iterativo para determinar a raiz cúbica de um número

Para determinar a raiz cúbica de número é usado o método de Newthton-Raphson. O método de Newthton-Raphson é dado pela equação:

$$x_{(n+1)} = x_{(n)} - \frac{f(x_{(n)})}{f'(x_{(n)})} \quad \text{Onde } f(x_n) \text{ correspondente à equação da raiz a ser calculada, } f'(x_n) \text{ à sua derivada e } x_0 \text{ à estimativa inicial de } f(x_n).$$

O método pode ser aplicado programaticamente; aqui representado na linguagem de JavaScript.

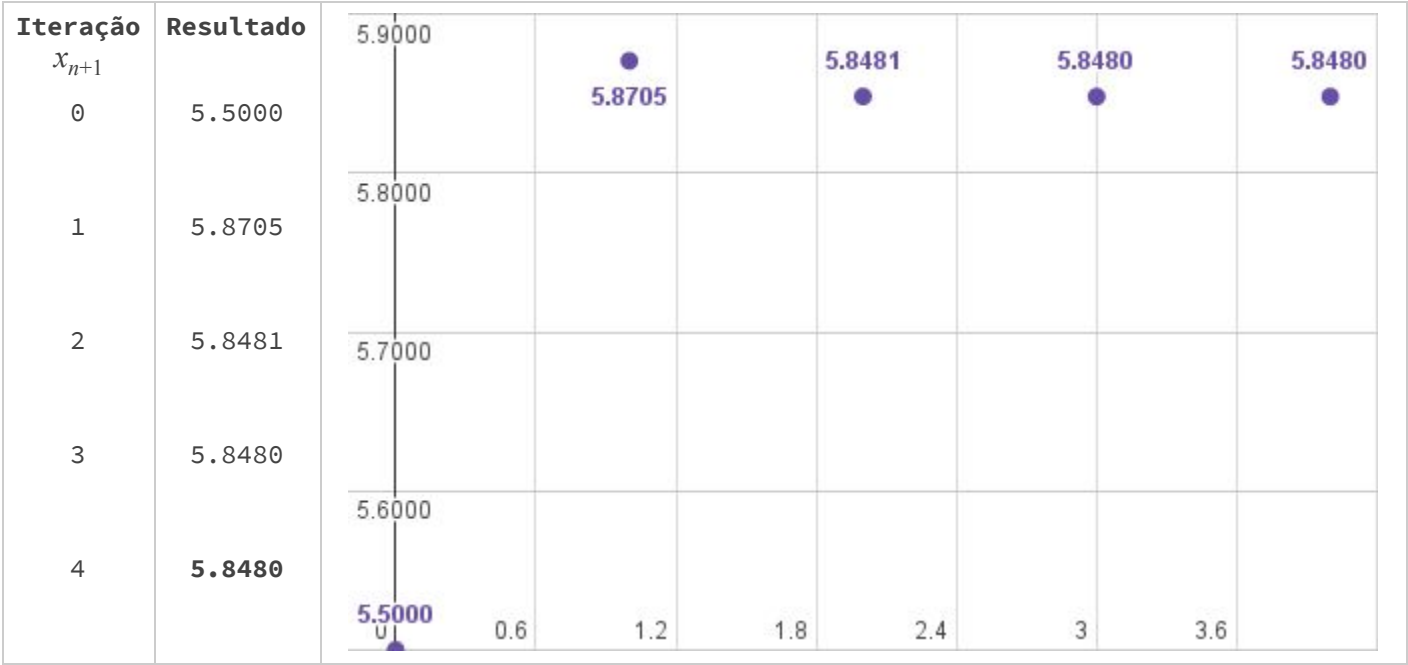
O algoritmo determina o resultado até um número máximo de iterações ou quando o valor de uma iteração seguinte esteja dentro do intervalo de tolerância.

```
1. function root_of() {
2.
3.   var A = 5
4.   var B = 6
5.
6.   var x = (A+B)/2
7.
8.   var tolerance = Math.pow(10, -8)
9.
10.  var epsilon = Math.pow(10, -8)
11.
12.  var maxIterations = 20
13.
14.  var results = []
15.
16.  for (var iteration = 0; iteration < maxIterations; iteration++)
17.  {
18.    if (Math.abs(fd(x)) < epsilon) {
19.
20.      break
21.    }
22.
23.    var nextX = xnn(x)
24.
25.    results.push([iteration, x])
26.
27.    if (Math.abs(nextX-x) <= tolerance*Math.abs(tolerance)) {
28.
29.      break
30.    }
31.
32.
33.    x = nextX
34.  }
35.
36.  return results
37.}

38.
39. function xnn(x) {
40.   return x - (f(x) / fd(x))
41. }
42.
43. function f(x) {
44.
45.   var ROOT = 200
46.   return Math.pow(x, 3)-ROOT
47. }
48.
49. function fd(x) {
50.   return 3*Math.pow(x, 2)
51. }
```

Exemplo: Aplicação do algoritmo para determinar a raiz $\sqrt[3]{200}$.

Para este exemplo é usada uma estimativa inicial de 3.5, visto que esta está inserida entre os valores comuns de $\sqrt[3]{125}=5$ e $\sqrt[3]{216}=6$. A equação de $f(x)$ é dada por $\sqrt[3]{200}=0 \Leftrightarrow x^3-30=0$



● A dinâmica da evolução

A evolução é, na verdade, o mesmo que a adaptação, mas numa escala diferente. A adaptação consiste na capacidade de um elemento gerar respostas face a uma alteração no seu ambiente, sendo considerado um fenómeno de nível local ou micro. Nesse sentido, a evolução é o mesmo processo, mas com uma grandeza de escala macro. A evolução é a resposta adaptativa de um grupo de entidades durante um período de muitos ciclos de vida. Mudanças evolutivas reflectem as respostas de uma colecção de agentes ao seu ambiente.

Inicialmente, um sistema existe dentro de um determinado ambiente e este tende a modificar-se periodicamente. De forma a que o sistema possa suportar essas modificações deve gerar uma resposta apropriada de forma a prevalecer - **teoria da homeostase**. Todos os sistemas actuam num determinado estado que é influenciado pelo sistema em que está inserido - caso um sistema não consiga responder a uma modificação, este poderá deixar de actuar ou de funcionar.

Em segundo lugar, gerar a resposta apropriada significa seleccionar um conjunto de estados internos ou estratégias para responder apropriadamente à modificação do ambiente - **lei da variedade requerida**. Por exemplo, o sistema imunitário necessita de um certo tipo de antibiótico para neutralizar um invasor. Este processo é realizado pela produção astronómica de diversos tipos de anticorpos para responder de forma apropriada quando necessário.

Em terceiro lugar, é dada a **selecção** da resposta mais apropriada a um certo estado do ambiente. Esta selecção dá-se porque tipicamente a diversidade e produção de respostas tem algum tipo de custo associado e também pela impossibilidade de manter uma capacidade infinita de respostas.

Por fim, a **replicação**. Os elementos que provaram ser funcionais dentro de um determinado sistema durante o seu ciclo de vida são seleccionados para replicação. Desta forma, a percentagem da sua representação é aumentada em futuros ciclos de vida para que o sistema global demonstre as características desejadas.

Com este processo de evolução o sistema pode avançar na sua iteração durante um longo período de tempo; ou seja, um sistema inicialmente apresenta-se de uma forma simplificada e posteriormente complexa. Isto acontece através da retenção de variantes de respostas funcionais e ao fazê-lo, um sistema expandir-se-á para se tornar capaz de operar em ambientes mais amplos e complexos. Dando continuidade ao exemplo do sistema imunitário: um sistema imunitário imaturo de um recém-nascido está dependente da sua mãe para produzir e fornecer anticorpos de forma a defender-se de invasores, com o seu crescimento e ao entrar em contacto com novos antígenos, de forma natural ou via vacinação. Assim, um recém-nascido desenvolve os seus próprios anticorpos, ao mesmo tempo que retém uma cópia que provou ser funcional para necessidades futuras. Com este processo é construído um catálogo de anticorpos funcionais e bem sucedidos que podem ser produzidos de forma a manter a homeostase física em ambientes hostis.

Quando um sistema tem uma variedade de respostas, este tem um controlo sobre si mesmo dentro de um particular ambiente. Contudo, por casualidade existe sempre um ambiente mais amplo que irá apresentar ao sistema um complexo conjunto de eventualidades que este deverá lidar. Conforme o sistema evolui, este retém as respostas apropriadas a uma dada perturbação até que a acumulação de variedade permita ao sistema expandir-se para um

ambiente mais amplo. Aí terá novamente de gerar um conjunto de respostas para lidar com novas perturbações.

O conceito e processo da evolução pode ser aplicado para otimizar fórmulas e algoritmos - através da competição, selecção e réplica das melhores respostas durante vários ciclos de vida.