

Elementos de Programação

Projecto de Biocomputação

Departamento de Matemática, IST

Novembro de 2010

Simulação de ecossistema

A simulação de cenários de vida artificial desempenha um papel importante no estudo de sistemas complexos, nomeadamente no que diz respeito à emergência de comportamentos globais altamente sofisticados a partir de regras locais muito simples, com aplicações que vão da epidemiologia à propagação de fogos florestais.

Neste projecto, pretende-se simular em *Mathematica* um ecossistema de acordo com os princípios da simulação discreta estocástica. Para o efeito, assume-se a existência de um *mundo* plano, determinado por um mapa quadriculado de dimensão $dim \times dim$, com geometria circular. Em cada instante, cada quadrícula do mapa pode estar vazia, ou ocupada por uma *espécie*. Assume-se também a existência de N espécies, numeradas de 1 a N , estabelecendo a hierarquia de uma cadeia alimentar linear, ou seja, a espécie m alimenta-se directamente da espécie $m - 1$. Por esta razão, sendo auto-suficiente, podemos pensar na espécie 1 como sendo água, pelo que exigiremos também que todas as outras espécies tenham acesso a água, para além de comida. Concretamente, as condições de sobrevivência da espécie m são as seguintes:

- tem de existir água numa vizinhança de raio $m - 1$ (excepto se $m = 1$);
- tem de existir comida numa vizinhança de raio 2 (excepto se $m = 1$);
- adicionalmente, o número de predadores da espécie m , ou seja, o número de quadrículas ocupadas pela espécie $m+1$ (caso exista) numa vizinhança de raio m , não pode ser superior a 6 vezes o número de quadrículas ocupadas pela espécie m numa vizinhança de raio 1.

Uma vizinhança de raio 1 corresponde à zona sombreada na Figura 1.

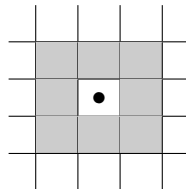


Figura 1: Vizinhança de raio 1.

Do mesmo modo, uma vizinhança de raio 2 corresponde à zona sombreada na Figura 2. No caso dos extremos do mundo, assumindo-se uma geometria circular, considera-se as

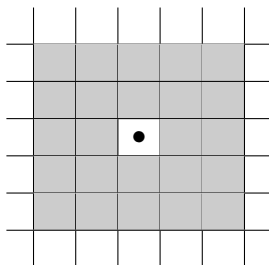


Figura 2: Vizinhança de raio 2.

coordenadas 1 e dim são adjacentes (horizontal e verticalmente). A título de exemplo, considere-se a vizinhança de raio 1 da quadrícula no canto superior esquerdo, representada na Figura 3.

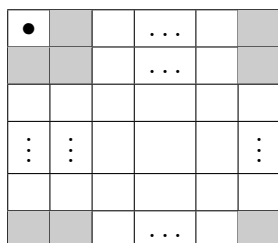


Figura 3: Vizinhança de raio 1 do canto superior esquerdo.

Inicialmente, considera-se que a água se encontra distribuída aleatoriamente com uma densidade densA . As restantes quadrículas encontram-se ocupadas com uma densidade densE , segundo uma distribuição uniforme entre as espécies 2 a N . A evolução do ecossistema é caracterizada pela evolução dos recursos hídricos e das espécies que habitam cada uma das quadrículas do mapa, ao longo do tempo, de acordo com os mecanismos aleatórios associados aos seguintes eventos:

- **Eventos locais**

Associados a cada quadrícula do mapa existem eventos de evolução local, com uma distribuição exponencial com tempo médio T_{loc} entre eventos.

Se a quadrícula estiver ocupada pela espécie m então, na configuração seguinte, essa quadrícula continuará ocupada por essa espécie, caso esta tenha condições de sobrevivência, ou ficará vazia, caso contrário.

Se a quadrícula estiver vazia, então passará a ser ocupada por uma espécie (que não água) escolhida uniformemente entre as espécies que se encontrem numa vizinhança de raio 1 e que tenham condições de sobrevivência. Se não houver nenhuma espécie nestas condições a quadrícula continuará vazia.

- **Epidemia**

Associados a cada espécie $m > 1$ existem eventos epidémicos globais, com uma distribuição exponencial com tempo médio T_{epi} entre eventos.

Cada quadrícula ocupada pela espécie m ficará vazia com probabilidade P_{epi} .

- **Mudança de estação**

Existem eventos globais de mudança de estação, com uma distribuição exponencial com tempo médio T_{est} entre eventos, tendo como parâmetro um quadrante do mapa (ver Figura 4).

Cada quadrícula livre do mapa no quadrante correspondente passará a ser ocupada por água com probabilidade P_{chu} .

Cada quadrícula ocupada por água nos restantes 3 quadrantes ficará vazia com probabilidade P_{sec} .

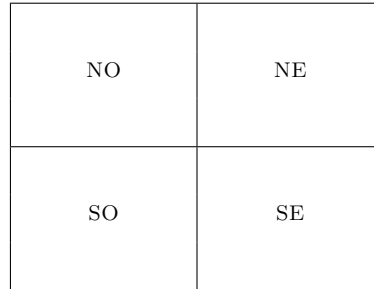


Figura 4: Quadrantes do mapa.

Simulador

O simulador a desenvolver deve

- receber os seguintes dados:
 - o número de espécies (incluindo a água) N ;
 - a dimensão do mundo dim ;
 - as densidades iniciais de água, $densA$, e de outras espécies, $densE$;
 - o tempo médio entre eventos locais, T_{loc} , o tempo médio entre epidemias, T_{epi} , e o tempo médio entre mudanças de estação, T_{est} ;
 - a probabilidade de morte por epidemia, P_{epi} , a probabilidade de chuva, P_{chu} , e a probabilidade de seca, P_{sec} ;
 - a duração da simulação, T_{fim} , e o intervalo de tempo entre *fotografias* consecutivas a tirar ao sistema, T_{foto} ,
- e devolver a seguinte informação:
 - um gráfico que exiba a evolução do número de quadrículas ocupadas por cada espécie nas fotografias tiradas ao sistema ao longo da simulação;
 - uma animação das mesmas fotografias que permita visualizar a sua evolução.

Para processar os gráficos acima, pode utilizar as operações *ListPlot*, *MatrixPlot* e *ListAnimate* do *Mathematica*, conjuntamente com um código de cores apropriado.

Desenvolva o simulador seguindo o *método de programação modular por camadas centrado nos dados*.

1. Comece por identificar os objectos de trabalho, nomeadamente espécie, mapa, evento, cadeia de eventos, e respectivas operações.
2. Desenvolva de seguida o programa abstracto pretendido sobre a camada que disponibiliza estes objectos.
3. Implemente estas camadas sobre a camada básica do *Mathematica*.
4. Integre o programa obtido em 2 com os pacotes desenvolvidos em 3.
5. Experimente o programa desenvolvido com diversos conjuntos de dados à sua escolha, e considerando nomeadamente $dim=50$, $N=5$, $densA=0.25$ e $densE=0.15$, $Tloc=1$, $Tepi=200$, $Test=90$, $Tfim=360$, $Tfoto=1$, $Pepi=0.3$, $Pchu=0.25$ e $Psec=0.3$.

Entrega do projecto

O projecto, a ser realizado por grupos de 3 alunos, será entregue através do sistema Fénix, após a inscrição do respectivo grupo, até ao final do dia 19 de Dezembro de 2010, impreterivelmente. A entrega deve consistir de um único arquivo (zip ou rar) contendo o simulador, os pacotes desenvolvidos, e o relatório do projecto.