

## Elaborato Finale per il corso di Modelli Computazionali per Sistemi Complessi

<b>Traccia</b>	<b>Difficoltà (1-5)</b>	<b>Gruppo Studenti</b>
1	3	
2	3	
3	3	
4	5	
5	3	
6	4	
7	4	
8	5	
9	3	
10	4	
11	3	

## Traccia 1

Sviluppare in Camelot un modello ad Automi Cellulari per la simulazione di colate di detrito. Data una morfologia (per esempio un piano inclinato) si preveda una “nicchia”, composta da una o più celle (vedi figura 1), che specifica il detrito che si distacca al passo  $t=0$  dell’automa cellulare e frana verso valle.

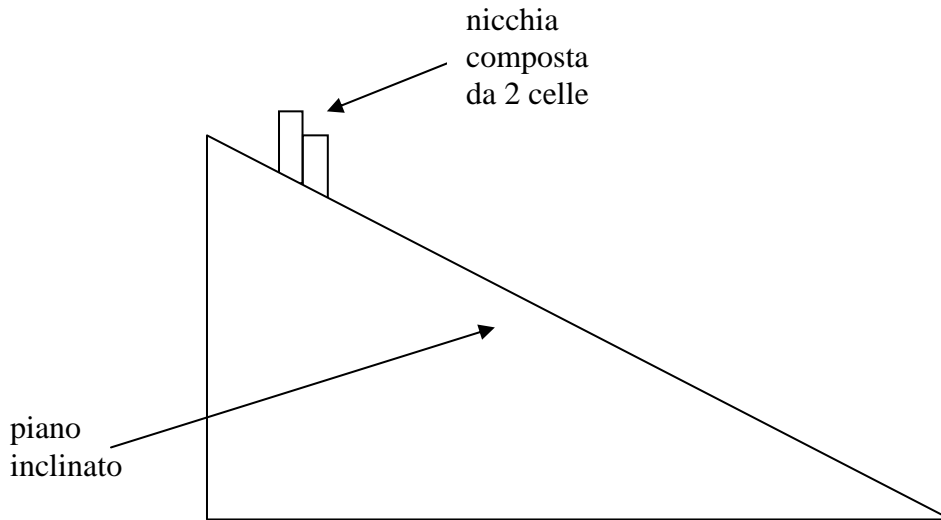


Figura 1

La dinamica del fenomeno è determinata attraverso l’algoritmo di minimizzazione delle differenze, già utilizzato durante il corso per la simulazione di colate di lava, applicato questa volta alle quantità quota+detrito, con la seguente variante: non si possono verificare flussi verso celle il cui dislivello con la cella centrale determina un angolo  $\alpha$  inferiore a un angolo  $\vartheta$  dato, come mostrato in figura 2.

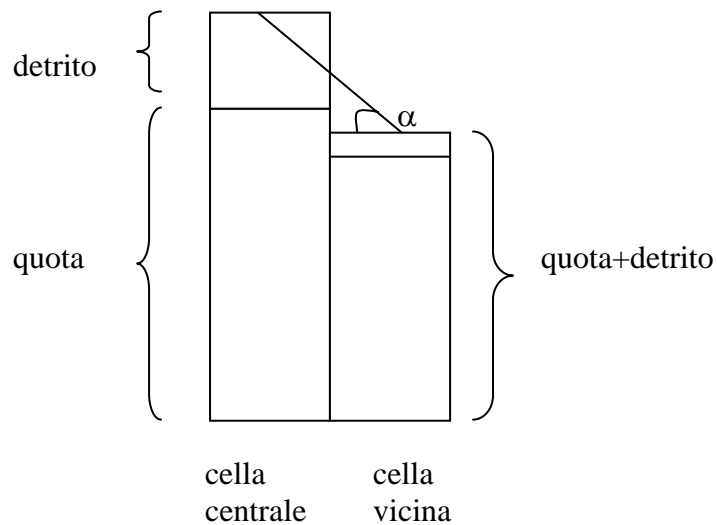


Figura 2

## Traccia 2

Sviluppare in Camelot un modello ad Automi Cellulari per la simulazione di colate di detrito. Data una morfologia (per esempio un piano inclinato) si preveda una “nicchia”, composta da una o più celle (vedi figura 1), che specifica il detrito che si distacca al passo  $t=0$  dell’automa cellulare e frana verso valle.

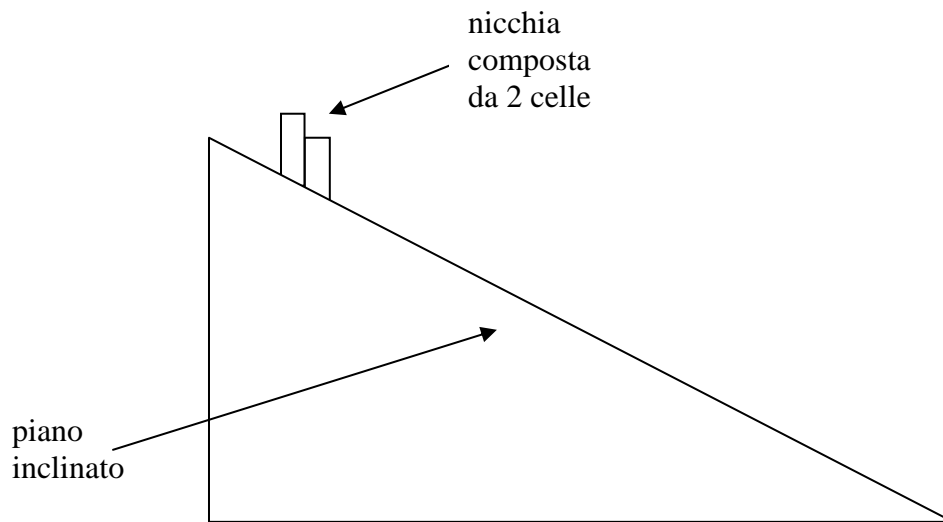


Figura 1

La dinamica del fenomeno è determinata attraverso l’algoritmo di minimizzazione delle differenze, già utilizzato durante il corso per la simulazione di colate di lava, applicato questa volta alle quantità quota+detrito, con la seguente variante: ad ogni passo, se il detrito è superiore ad una certa soglia  $p_e$ , una parte di suolo, pari ad una percentuale prefissata  $p_{fe}$  del detrito nella cella, viene eroso e diventa detrito che può franare. Per esempio se una cella possiede  $q_d=10$  m,  $p_e=5$ m,  $p_{fe} = 0.1$ , allora la parte di suolo che viene eroso è pari a  $q_d * p_{fe} = 10 * 0.1 = 1$  m.

### Traccia 3

Sviluppare in Camelot un modello ad Automi Cellulari per la simulazione di colate di detrito. Data una morfologia (per esempio un piano inclinato) si preveda una “nicchia”, composta da una o più celle (vedi figura 1), che specifica il detrito che si distacca al passo  $t=0$  dell’automa cellulare e frana verso valle.

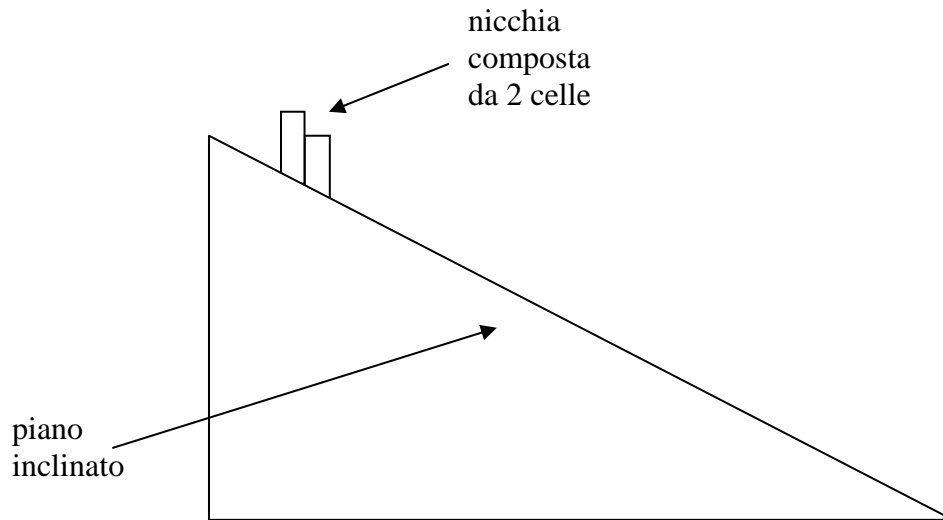


Figura 1

La dinamica del fenomeno è determinata attraverso l’algoritmo di minimizzazione delle differenze, già utilizzato durante il corso per la simulazione di colate di lava, applicato questa volta alle quantità quota+detrito, con la seguente variante: una quantità prefissata (adesione) di detrito aderisce alla suolo e non può essere distribuita tramite l’algoritmo di minimizzazione; di conseguenza le celle che hanno una quantità di detrito inferiore all’adesione non generano flussi verso le vicine.

#### Traccia 4

Sviluppare in Camelot un modello ad Automi Cellulari per la simulazione di colate di detrito. Data una morfologia (per esempio un piano inclinato) si preveda una “nicchia”, composta da una o più celle (vedi figura 1), che specifica il detrito che si distacca al passo  $t=0$  dell’automa cellulare e frana verso valle.

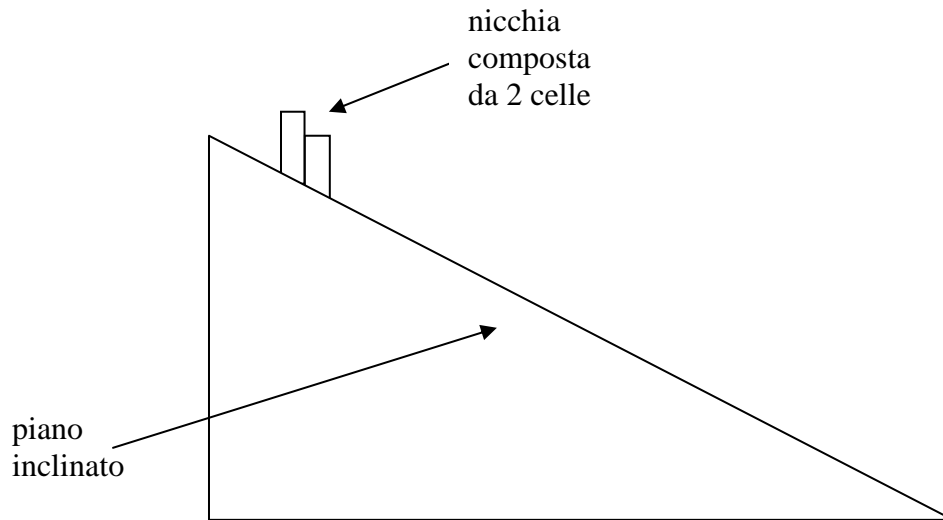


Figura 1

Al passo  $t=0$ , tale detrito,  $q_d$ , possiede una certa quantità d’acqua,  $q_w$ , espressa sempre come altezza, pari al 33% dell’altezza del detrito. Per esempio se la nicchia è composta da due celle, la prima con  $q_d=1$  m e la seconda con  $q_d=2$  m di detrito, le corrispondenti quantità d’acqua saranno  $q_w=0.33$  m e  $q_w=0.66$  m rispettivamente.

La dinamica del fenomeno è determinata attraverso l’algoritmo di minimizzazione delle differenze, già utilizzato durante il corso per la simulazione di colate di lava, applicato questa volta alle quantità quota+detrito.

Unitamente ai flussi di detrito di frana  $f_d$  si verificano anche flussi d’acqua  $f_w$ . Questi ultimi sono direttamente proporzionali ai primi secondo un fattore di proporzionalità pari a 1. Per esempio se il detrito nella cella centrale è pari a  $q_d=1$  m, l’acqua nella cella centrale è pari a  $q_w=0.33$  m e si genera un flusso di detrito verso una cella vicina  $f_d=0.5$  m, allora il flusso d’acqua verso la stessa vicina sarà  $f_w=(f_d/q_d)*q_w=(0.5/1)*0.33=0.165$  m. Ovviamente le celle che ricevono flussi sommano sia quelli di detrito che quelli d’acqua.

Inoltre a ogni passo dell’automa cellulare, una percentuale  $p_e=0.1$  d’acqua della cella si perde per evaporazione secondo la seguente legge:  $q_w = q_w - q_w * p_e$ . Infine, se la quantità d’acqua nelle celle risulta essere inferiore a una soglia  $p_s=0.05$ , il detrito si solidifica diventando parte integrante della morfologia.

## Traccia 5

Considerando il noto gioco della vita di John Conway le cui regole sono le seguenti:

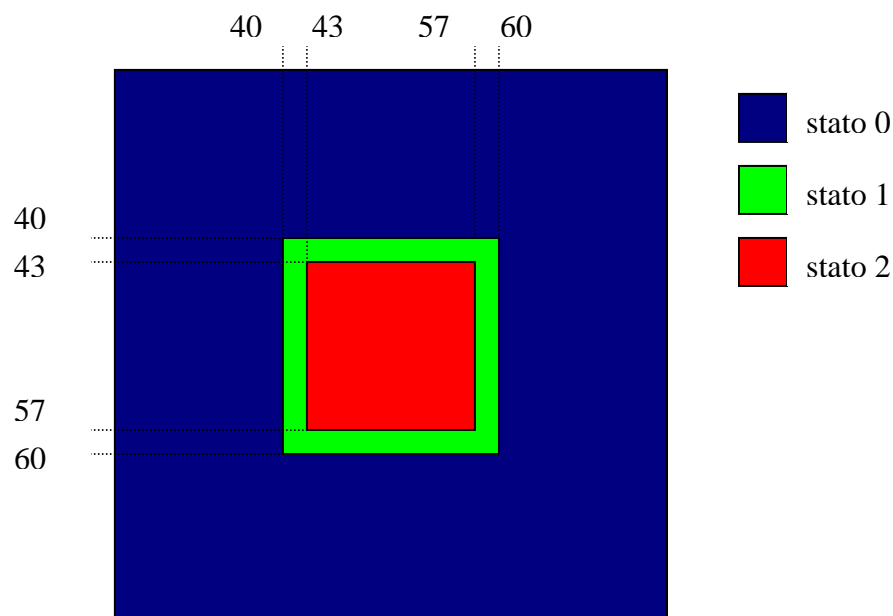
- *Nascita*: Una cella morta (stato 0) diventa viva (stato 1) se nel suo vicinato ci sono esattamente 3 celle vive.
- *Morte per sovrappopolazione*: Una cella viva muore se nel suo vicinato (esclusa se stessa) ci sono 4 o più celle vive.
- *Morte per isolamento*: Una cella viva muore se nel suo vicinato (esclusa se stessa) ci sono meno di due celle vive.

si introduca una seconda classe di celle vive (stato 2). Il nuovo gioco segue le medesime regole di Life con le seguenti differenze:

- *Nascita*: Una cella morta (stato 0) diventa viva (stato 1 o stato 2) se nel suo vicinato ci sono esattamente 3 celle vive di stato 1 o 2 indifferentemente. Lo stato specifico della nuova cella viva è determinato dalla maggioranza delle celle vive del vicinato: se ci sono più celle vive di tipo 1 la cella nascente sarà di tipo 1, se ci sono più celle vive di tipo 2 la cella nascente sarà di tipo 2.
- *Morte per sovrappopolazione*: Una cella viva, sia di stato 1 che di stato 2, muore se nel suo vicinato (esclusa se stessa) ci sono 4 o più celle vive, indifferentemente dal loro stato 1 o 2.
- *Morte per isolamento*: Una cella viva, sia di stato 1 che di stato 2, muore se nel suo vicinato (esclusa se stessa) ci sono meno di due celle vive, indifferentemente dal loro stato 1 o 2.

Una volta definita le nuove regole in Camelot eseguire i seguenti esperimenti:

1. Generare una configurazione iniziale casuale su una matrice 100x100 con le seguenti frequenze per gli stati: 60% stato 0, 20% stato1, 20% stato2.
2. Generare una configurazione iniziale casuale su una matrice 100x100 con le seguenti frequenze per gli stati: 60% stato 0, 30% stato1, 10% stato2.
3. Generare una configurazione iniziale casuale su una matrice 100x100 con le seguenti frequenze per gli stati: 30% stato 0, 65% stato1, 5% stato2.
4. Generare una configurazione iniziale su una matrice 100x100 così come illustrato in figura:



## Traccia 6 (sand pile con vicinato di von Neumann)

Si consideri una colonna di  $n$  grani di sabbia e si preveda il sottostato grani di tipo short in Camelot. La colonna collassa seguendo le seguenti regole:

1. a ogni passo dell'automa cellulare ogni cella può cedere un solo grano per volta;
2. un grano si può spostare verso una vicina (vicinato di von Neumann) se e solo se il dislivello tra la cella centrale e la vicina è maggiore di 1;
3. se più di una cella vicina soddisfa la condizione 2 se ne sceglie una in maniera probabilistica, con probabilità proporzionali ai dislivelli. Per esempio se il dislivello con la vicina 1 è pari a 2 e quello con la vicina 3 è pari a 8 allora la probabilità che il grano cada nella vicina 1 sarà pari a  $P1=2/10$  mentre quella che cada nella vicina 3 sarà  $P3=8/10$ .

Suggerimento:

Per determinare quale cella riceve il grano conviene creare un vettore  $V$  i cui elementi sono costruiti con le due probabilità  $P1$  e  $P3$ , come segue:

$V[0]=P1=0.2$	$V[1]=P[3]+V[0]=0.8+0.2=1$
---------------	----------------------------

generare un numero casuale  $0 \leq C \leq 1$  e scegliere la vicina corrispondente all'ultimo elemento del vettore  $V$  tale che il valore di  $C$  sia minore o uguale del valore di quel elemento. Per esempio, se  $C=0.1$  si sceglie la vicina 1 poiché  $V[0]$  è il primo elemento di  $V$  il cui valore è maggiore o uguale di 0.1, mentre se  $C=0.5$  si sceglie la vicina 3 poiché  $V[1]$  è il primo elemento di  $V$  il cui valore è maggiore o uguale di 0.5.

Realizzare, inoltre, i seguenti esperimenti:

1. Su un piano orizzontale prevedere una colonna di  $n=100$  grani;
2. Su un piano inclinato di  $30^\circ$  prevedere una colonna di  $n=100$  grani.

### Traccia 7 (sand pile con vicinato di Moore)

Si consideri una colonna di  $n$  grani di sabbia e si preveda il sottostato grani di tipo short in Camelot. La colonna collassa seguendo le seguenti regole:

1. a ogni passo dell'automa cellulare ogni cella può cedere un solo grano per volta;
2. un grano si può spostare verso una vicina (vicinato di Moore) se e solo se il dislivello tra la cella centrale e la vicina è maggiore di 1;
3. se più di una cella vicina soddisfa la condizione 2 se ne sceglie una in maniera probabilistica, con probabilità proporzionali ai dislivelli. Per esempio se il dislivello con la vicina 1 è pari a 2 e quello con la vicina 3 è pari a 8 allora la probabilità che il grano cada nella vicina 1 sarà pari a  $P1=2/10$  mentre quella che cada nella vicina 3 sarà  $P3=8/10$ .

Suggerimento:

Per determinare quale cella riceve il grano conviene creare un vettore  $V$  i cui elementi sono costruiti con le due probabilità  $P1$  e  $P3$ , come segue:

$V[0]=P1=0.2$	$V[1]=P[3]+V[0]=0.8+0.2=1$
---------------	----------------------------

generare un numero casuale  $0 \leq C \leq 1$  e scegliere la vicina corrispondente all'ultimo elemento del vettore  $V$  tale che il valore di  $C$  sia minore o uguale del valore di quel elemento. Per esempio, se  $C=0.1$  si sceglie la vicina 1 poiché  $V[0]$  è il primo elemento di  $V$  il cui valore è maggiore o uguale di 0.1, mentre se  $C=0.5$  si sceglie la vicina 3 poiché  $V[1]$  è il primo elemento di  $V$  il cui valore è maggiore o uguale di 0.5.

Realizzare, inoltre, i seguenti esperimenti:

1. Su un piano orizzontale prevedere 4 colonne di  $n=100$  grani disposte in un quadrato di  $2 \times 2 = 4$  celle;
2. Su un piano inclinato di  $30^\circ$  prevedere 4 colonne di  $n=100$  grani disposte in un quadrato di  $2 \times 2 = 4$  celle.



### Traccia 8 (Sand pile complicato con vicinato di Moore)

Si consideri una colonna di  $n$  grani di sabbia e si preveda il sottostato grani di tipo short in Camelot. La colonna collassa seguendo le seguenti regole:

1. a ogni passo dell'automa cellulare ogni cella può cedere un solo grano per volta;
2. un grano si può spostare verso una vicina (vicinato di Moore) se e solo se il dislivello tra la cella centrale e la vicina è maggiore di 1;
3. se più di una cella vicina soddisfa la condizione 2 se ne sceglie una in maniera probabilistica, con probabilità dipendenti dai dislivelli e dal fatto che le vicine appartengano al vicinato di von Neumann o alle rimanenti quattro celle diagonali del vicinato di Moore (vedi figura 1).

4	0	5
2		1
6	3	7

Figura1: Vicinato di Moore con le vicine numerate da 0 a 7. Le vicine da 0 a 3 sono quelle del vicinato di von Neumann, le rimanenti, da 4 a 7, sono sulle direzioni diagonali.

Ci sono tre casi:

- solo celle del vicinato di von Neumann soddisfano il punto 2: in tal caso le probabilità sono proporzionali ai dislivelli. Per esempio, se il dislivello con la vicina 0 è pari a 2 e quello con la vicina 1 è pari a 8 allora la probabilità che il grano cada nella vicina 0 sarà pari a  $2/10$  mentre quella che cada nella vicina 1 sarà  $8/10$  (nota bene che  $10=8+2$ );
- solo celle diagonali soddisfano il punto 2: in tal caso le probabilità per tali celle sono calcolate esattamente come per le celle del vicinato di von Neumann;
- celle diagonali e celle del vicinato di von Neumann soddisfano la condizione 2: in tal caso le probabilità per le celle diagonali si dimezzano e le rimanenti probabilità vengono distribuite uniformemente alle probabilità delle celle del vicinato di von Neumann (che soddisfano il punto 2).

ESEMPIO:

Si consideri la situazione illustrata in figura 2

Cella 4 Grani 20	Cella 0 <b>Grani 2</b>	Cella 5 <b>Grani 2</b>
Cella 2 Grani 20	Cella centrale <b>Grani 20</b>	Cella 1 <b>Grani 8</b>
Cella 6 Grani 20	Cella 3 Grani 20	Cella 7 Grani 20

Figura 2

Solo le celle 0, 1 e 5 posso ricevere un granello di sabbia dalla cella centrale. Per tali celle si calcolano le probabilità come segue:

$$P0 = \text{dislivello}_0 / \text{somma\_dislivelli} = 18 / (18+18+12) = 0.375$$

$$P1 = \text{dislivello}_1 / \text{somma\_dislivelli} = 12 / (18+18+12) = 0.25$$

$$P5 = \text{dislivello}_5 / \text{somma\_dislivelli} = 18 / (18+18+12) = 0.375$$

cosicché la somma delle tre probabilità è  $P0+P1+P5=1$ .

Poiché due celle del vicinato di von Neumann (la 0 e la 1) soddisfano la condizione 2 insieme a una cella diagonale (la cella 5), la probabilità  $P5$  viene dimezzata, per cui si avrà:

$$P0 = 0.375$$

$$P1 = 0.25$$

$$P5 = 0.375 / 2 = 0.1875$$

e la somma sarà  $P0+P1+P5=0.8125$ . Per arrivare alla somma delle probabilità 1 manca una probabilità  $1 - P0+P1+P5=0.1875$ . Tale probabilità deve essere suddivisa uniformemente e sommata alle probabilità delle 2 celle del vicinato di von Neumann. Dunque avremo:

$$P0 = 0.375 + (0.1875 / 2) = 0.46875$$

$$P1 = 0.25 + (0.1875 / 2) = 0.34375$$

$$P5 = 0.375 / 2 = 0.1875$$

Così, finalmente, si riavrà  $P0+P1+P5=1$

A questo punto conviene creare un vettore  $V$  i cui elementi sono costruiti con le tre probabilità  $P0$ ,  $P1$  e  $P5$ , come segue:

$V[0]=P0=0.46875$	$V[1]=P[1]+V[0]=0.8125$	$V[2]=P[5]+V[1]=1$
-------------------	-------------------------	--------------------

generare un numero casuale  $0 \leq C \leq 1$  e scegliere la vicina corrispondente all'ultimo elemento del vettore  $V$  tale che il valore di  $C$  sia minore o uguale del valore di quel elemento. Per esempio, se  $C=0.3$  si sceglie la vicina 0 poiché  $V[0]$  è il primo elemento di  $V$  il cui valore è maggiore o uguale di 0.3, se  $C=0.5$  si sceglie la vicina 1 poiché  $V[1]$  è il primo elemento di  $V$  il cui valore è maggiore o uguale di 0.5, se  $C=0.9$  si sceglie la vicina 5 poiché  $V[2]$  è il primo elemento di  $V$  il cui valore è maggiore o uguale di 0.9.

Realizzare, inoltre, i seguenti esperimenti:

1. Su un piano orizzontale prevedere 1 colonna di  $n=100$  grani disposte in un quadrato di  $2 \times 2 = 4$  celle;
2. Su un piano inclinato di  $30^\circ$  prevedere 1 colonna di  $n=100$  grani disposte in un quadrato di  $2 \times 2 = 4$  celle.

### **Traccia 9 (Reazione tra agenti chimici - 2D)**

Sviluppare in Camelot un modello ad Automi Cellulari per la simulazione di un ipotetico processo di reazione tra due agenti chimici A e B. Dato un ambiente bidimensionale considerare due sorgenti, una per A ed una per B, collocate a due estremi dell'ambiente (e.g. ai vertici). La diffusione dei due agenti avviene attraverso l'algoritmo di minimizzazione così come fatto per il problema "Inquinamento al Lago di Arcavacata" durante le esercitazioni del corso. Quando in una cella dell'automa cellulare sono presenti entrambi gli agenti, avviene una reazione chimica che genera un terzo elemento C. La reazione segue la seguente legge: le quantità di A e B si dimezzano, generando una quantità pari alla somma delle quantità  $A/2$  e  $B/2$  del nuovo elemento C.

Per esempio, se  $A=10$  e  $B=16$  allora i nuovi valori di A, B e C saranno rispettivamente 5, 8 e 13. Infine, così come avviene per A e B, anche C viene distribuita tramite l'algoritmo di minimizzazione, e non interagisce con gli altri elementi.

Realizzare, inoltre, il seguente esperimento: eseguire una simulazione considerando la matrice del "lago di Arcavacata" fornito durante il corso, dove le celle di terra non ricevono inquinante di alcun tipo e le sorgenti sono collocate in due punti distanti del lago.

### **Traccia 10 (Reazione tra agenti chimici - 3D)**

Sviluppare in Camelot un modello ad Automi Cellulari per la simulazione di un ipotetico processo di reazione tra due agenti chimici A e B. Dato un ambiente tridimensionale considerare due sorgenti, una per A ed una per B, collocate a due estremi dell'ambiente (e.g. ai vertici). La diffusione dei due agenti avviene attraverso l'algoritmo di minimizzazione così come fatto per il problema "Inquinamento al Lago di Arcavacata" durante le esercitazioni del corso. Quando in una cella dell'automa cellulare sono presenti entrambi gli agenti, avviene una reazione chimica che genera un terzo elemento C. La reazione segue la seguente legge: la quantità di A diventa un quinto dell'originaria, mentre B si dimezza, generando una quantità pari alla somma delle quantità  $A/5$  e  $B/2$  del nuovo elemento C.

Per esempio, se  $A=10$  e  $B=16$  allora i nuovi valori di A, B e C saranno rispettivamente 2, 8 e 16. Infine, così come avviene per A e B, anche C viene distribuita tramite l'algoritmo di minimizzazione, e non interagisce con gli altri elementi.

## Traccia 11 (Inquinamento al Lago di Arcavacata)

Sviluppare un modello ad AC per il seguente problema "giocattolo" e implementarlo in Camelot.

Inquinamento al "Lago di Arcavacata".

Un file binario, i cui elementi sono numeri interi di tipo short (2 byte), rappresenta tramite una matrice di dimensione 100x100 un'area con al centro un lago (0=acqua, 1=terra). Nella configurazione iniziale si suppone che la cella di coordinate (52, 13) rappresenti una sorgente di inquinamento per i primi  $n \leq 100$  passi (specificati da un parametro) che immetta nel sistema una quantità di inquinante pari a  $0 < q \leq 100$  (specificato da un parametro).

L'evoluzione del sistema prevede il diffondersi dell'inquinante secondo le modalità dell'algoritmo di minimizzazione, con la variazione specificata di seguito:

### Variazione 1

Supporre che ad ogni passo parte dell'inquinante pari al 2-5%, specificato da un parametro, si depositi sul "fondo" del lago. Le celle di tipo terra non ricevono inquinante col meccanismo dell'algoritmo di minimizzazione.

### Variazione 2

Supporre che ad ogni passo una corrente superficiale sposti il 5-15% dell'inquinante (specificato da un parametro) sulla cella vicina a Sud. Le celle di tipo terra non ricevono flusso, né a causa dell'algoritmo di minimizzazione, né a causa della corrente superficiale.

### Variazione 3

Supporre che ad ogni passo le celle di tipo acqua cedano ad ogni cella di tipo terra con cui sono a contatto, una quantità pari al 5-15% di inquinante (specificato da un parametro). Le celle di tipo terra non ricevono inquinante col meccanismo dell'algoritmo di minimizzazione.