

Allegato 3

Le routines FluidTurtle per lo studio delle OCNs, basi teoriche, e ulteriori software utilizzati.

Oltre al già citato HydroGen, sinteticamente illustrato nell'Allegato 2 precedente, ed utilizzato per la generazione di campi random variamente correlati, si riportano i principali software adottati per lo sviluppo grafico e numerico della tesi.

Le simulazioni sono state realizzate grazie alle routine FluidTurtle opportunamente modificate come descritto al Capitolo 1; è in fase di sviluppo un manuale [*Convertino et. al.*, 2006b] comprendente una più appropriata descrizione di ogni routine, la loro compilazione e le mutue interrelazioni. Inoltre, il tutto verrà commentato e pubblicato in rete attraverso Doxygen.

I programmi utilizzati per la tesi, oltre alle già citate routine FluidTurtle, sono principalmente i seguenti:

- compilatori: Eclipse SDK 3.2.1, Metrowerks CodeWarrior 8.0, Blood-Shed Dev-C++;
- per elaborazioni grafiche e numeriche: Mathematica 5.2, Matlab 7.0 R14 e Matlab package for Excel (in VisualBasic);
- analisi DEM: JGrass 2.0 Trento, MapWindow 42SR;
- manipolazione dati e immagini: TextPad, GoBatchGS for GostScript 8.54;

- scrittura tesi: InftyEditor for Latex, TeXnicCenter (MikTeX) e WinEdt.

a3.1 Teoria di base delle routine FluidTurtle.

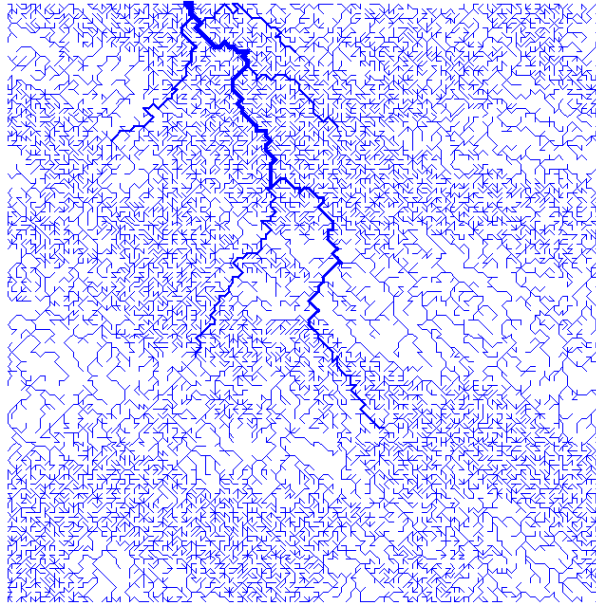
a3.1.1 Eden.

Viene creata una rete iniziale random con un meccanismo di tipo "Eden". Questo significa che, partendo da uno o più *outlets*, viene costruito il confine del bacino o dei bacini. Un punto sul confine il quale è conseguentemente drenato è scelto a random; il contorno è poi calcolato nuovamente e la procedura va avanti fino a quando tutti i punti del bacino risultano essere drenati.

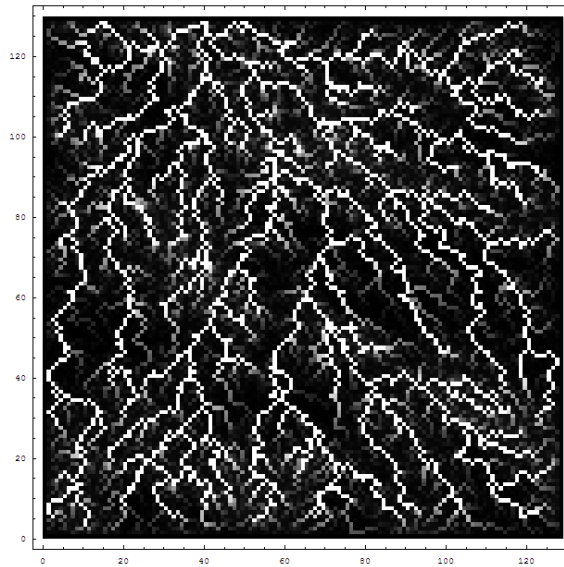
La crescita "Eden" è generata da un cammino casuale auto-evitante (più noto alla comunità scientifica nella sua terminologia anglosassone "*self-avoiding random walk*") il quale è noto porta a strutture subottimali [*Rodriguez Iturbe e Rinaldo, 1997*].

E' interessante usare le strutture Eden come forme fondamentali di base a causa della chiara presenza in esse esclusivamente del principio di selezione dominato dalla opportunità (*chance dominated selection principle*), ossia nessuna necessità è richiesta dal cammino casuale e le strutture ad albero si formano per via della natura autoevitante imposta al processo.

In passato si pensava che le strutture Eden cogliessero le essenzialità della selezione naturale [*Leopold et al, 1964*], non cogliendo altri aspetti fondamentali ad esempio quello della necessità.



(a)



(b)

Figura a3.1: (a) rete Eden completamente casuale generata con campo di pioggia random a covarianza esponenziale, e imponendo $\langle r_i \rangle = 1$, $\sigma^2 = 0.5$, $I = 30$; (b) densityplot dei flussi cumulati nel quale si nota la loro distribuzione random, le zone più chiare sono quelle con flusso cumulato maggiore (pixel canale), quelle più scure con flusso minore (pixel versante).

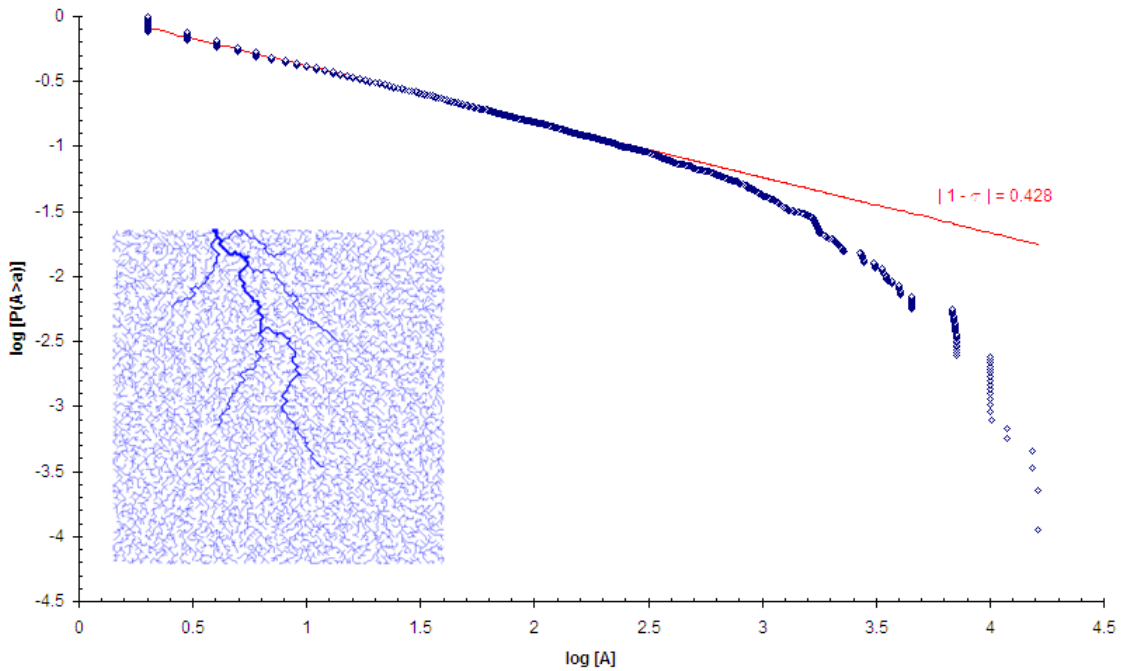


Figura a3.2: approssimazione lineare della distribuzione dei flussi cumulati per la rete Edén formata con campo di pioggia a covarianza esponenziale e $\langle r_i \rangle = 1$, $\sigma^2 = 0.5$, $I = 1$; l'esponente di scala $\tau_{Ed} = 0.428$, risulta molto vicino al valore ottimo delle OCNs pari a $\tau^* = 1.43$. Da reti Edén si parte con il Simulated Annealing per ottenere la rete ottima, sia essa omogenea sia eterogenea.

a3.1.2 Scheidegger.

Realizza una rete di Scheidegger la quale è il prototipo di una rete diretta ed ha molte proprietà analitiche. Rispetto al modello originale il quale richiede delle maglie di tipo triangolare [Scheidegger, 1967], l'applicazione usata genera reti di Scheidegger su maglie quadrate e con l'aggiunta della possibile direzione di drenaggio "7" secondo il metodo delle 8 direzioni di drenaggio [Tarboton, 1992]; inoltre sono assunte condizioni al contorno cilindriche che permettono alla rete di drenare anche verso l'esterno (*adsorbing barriers*, vedi [Chandrasekhar, 1943]).

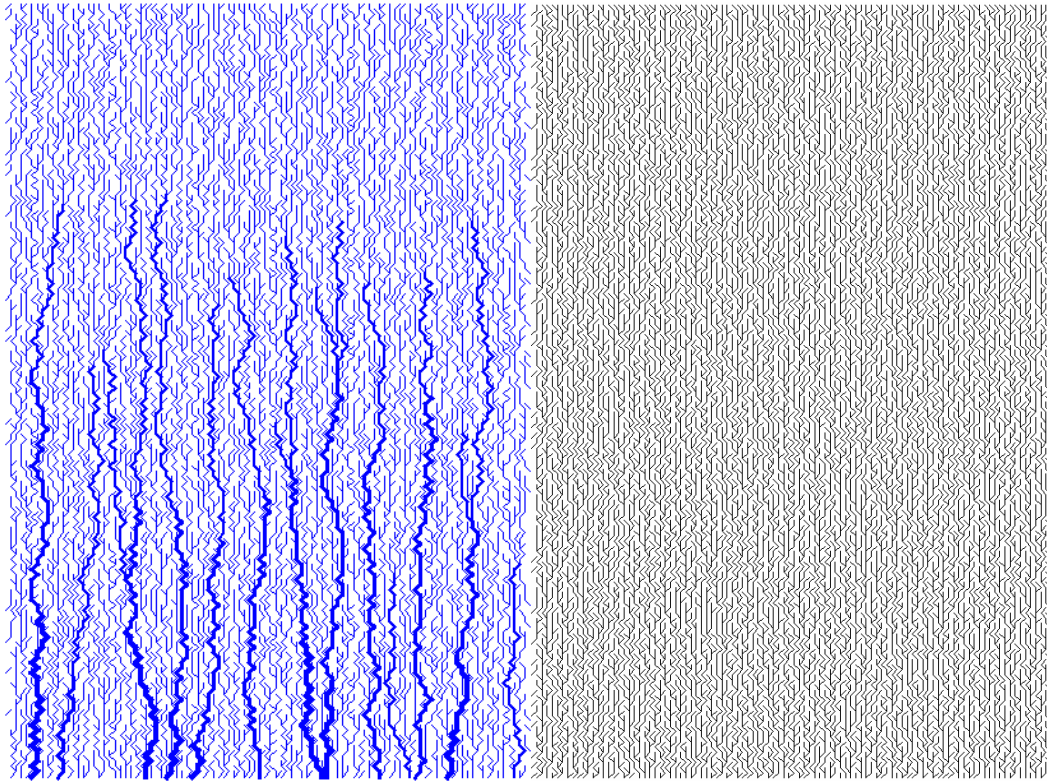


Figura a3.3: a sz , rete di Scheidegger su maglia rettangolare, con condizioni al contorno cilindriche e direzioni di drenaggio possibili $6, 7, 8$ secondo il metodo delle 8 direzioni di drenaggio, la rete drena dall'alto verso il basso; a dx , rappresentazione delle direzioni di drenaggio della rete a sz .

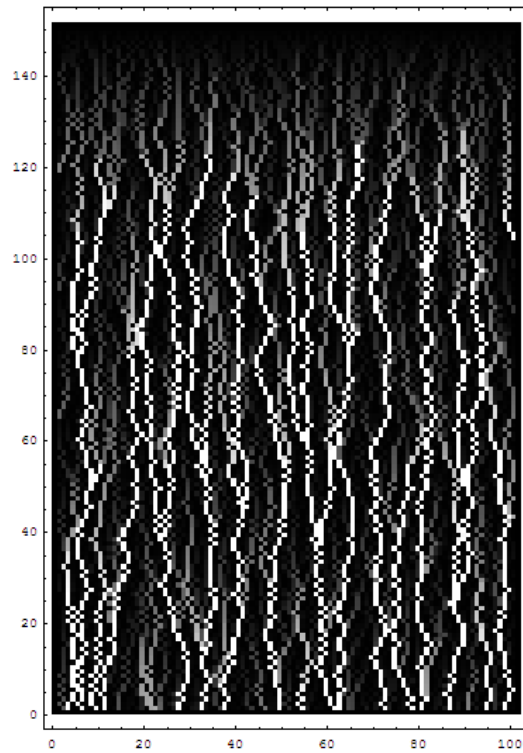


Figura a3.4: densityplot delle aree cumulate della rete di Scheidegger di Figura a3.3 con drenaggio dall'alto verso il basso.

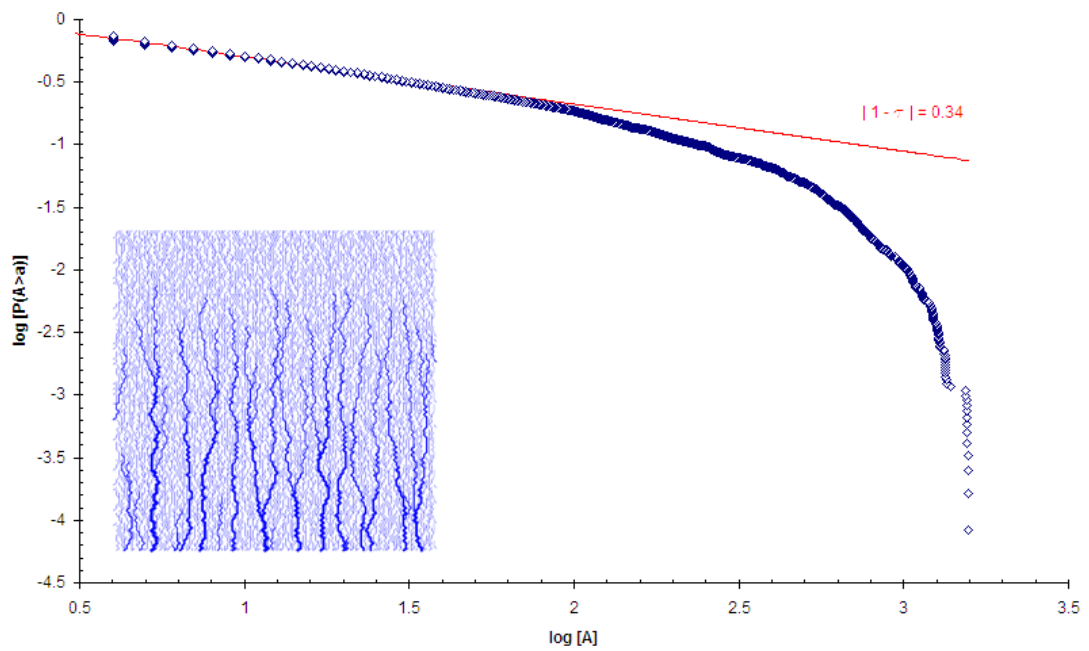


Figura a3.5: scaling delle aree di una rete di Scheidegger quadrata, l'esponente $\tau = 0.34 = 4/3$ risulta coincidere con quello esatto determinabile analiticamente [Maritan et al., 1996]

Più semplicemente la rete di Scheidegger originale è una costruzione derivante da una regola stocastica: con uguale probabilità un ipotetico viaggiatore sceglie di compiere il passo a destra o a sinistra solamente. Tale modello è stato derivato in riferimento alla forma di drenaggio di un bacino intramontano¹. [Scheidegger, 1967] ed è mappato esattamente in un *modello di aggregazione random con iniezione* o *modello del votante*² [Takayasu et al., 1988, 1991a-b], inoltre descrive l'attività nel tempo di una valanga "critica" auto-organizzata [Bak et al., 1987].

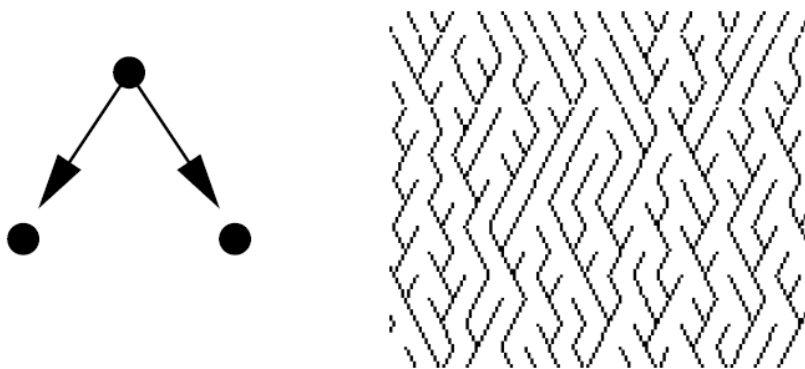


Figura a3.6: modello di rete casuale e diretta di Scheidegger su maglia quadrata; la direzione di drenaggio è dall'alto al basso, mentre la direzione di flusso è scelta in modo casuale tra una delle due direzioni possibili delle diagonali verso sx e dx (direzioni di flusso 6 ed 8 rispettivamente, secondo il metodo delle 8 direzioni di drenaggio); il percorso dei canali ed il contorno del bacino sono *cammini aleatori discreti*.

¹Scheidegger era interessato alle valli delle Alpi e giustamente considerava che tutti i percorsi di drenaggio fossero imposti nella direzione del più elevato gradiente $\nabla z(x, y)$, e questa condizione di flusso preferenziale crea la rete diretta.

²Il modello del votante è un semplice modello matematico di formazione delle opinioni, nel quale i votanti sono posti ai nodi di una rete, ogni votante ha un'opinione (nel caso più semplice 0 o 1, nel caso generale n) assunta in modo casuale tra le opinioni dei suoi votanti vicini. Vedi ad es. <http://mathworld.wolfram.com/VoterModel.html>.



Figura a3.7: pattern di erosione quasi-parallelo "a burroncelli" (*gully erosion*) in un pendio (Spagna), di cui per la descrizione generale del fenomeno è stato proposto il modello di Scheidegger "modificato" con direzioni di drenaggio 6, 7, e 8 [Dunne *et. al.*, 1998].

In realtà la rete di Scheidegger originale si sviluppa su una maglia triangolare. Un'altra tipologia di rete molto simile alla rete di Scheidegger è la rete di Shreve (o TDCN, da rete fluviale topologicamente distinta) la quale si sviluppa su dominio quadrato e permette come direzioni di drenaggio possibili la 6, 7 e 8.

Le forme delle reti random spaziano dai *cammini aleatori auto-evitanti* come quelli generati dai modelli di crescita Eden, *topologicamente casuali* o costruzioni di *Leopold-Langbein*, alle reti di tipo *Scheidegger* le quali sono forme casuali di aggregazione dirette con iniezione.

Non dimentichiamo inoltre la struttura deterministica frattale della rete di Peano la quale è stata studiata estensivamente anche con la prospettiva di individuare collegamenti tra il determinismo e la stocasticità in ambito delle scienze geofisiche [Sivakumar, 2004].

a3.1.3 Metropolis.

Metropolis calcola alcune eccellenti reti di drenaggio partendo da reti fluviali non ottimizzate usando un metodo simile al "*simulated annealing*". Il programma usa come inputs:

1. le direzioni di drenaggio e le aree cumulate come punto di partenza per l'ottimizzazione; i file hanno lo stesso nome ma diversa estensione, rispettivamente *.flow* e *.area*;
2. il file contenente le temperature attraverso le quali l'ottimizzazione è effettuata (es. *temperature.dat*);
3. il numero di interazioni che vogliamo avere al fine di ottimizzare la rete (es. 1,000,000) per ogni temperatura assegnata;
4. l'esponente γ il quale appare nel funzionale da ottimizzare $H = \sum_i (A_i^\gamma \cdot L_i)$, dove A_i sono le aree cumulate, L_i la lunghezza del tratto di canale tra il pixel i -esimo e il pixel subito a valle (la quale distanza può essere 1 o $\sqrt{2}$ utilizzando il metodo delle 8 direzioni di drenaggio)

E' da notare che il migliore minimo ottenuto con la regola di Metropolis porta a statistiche significativamente differenti da quelle osservate in natura, tuttavia la maggior parte delle caratteristiche strutturali sono riprodotte bene.

a3.2 Codici delle routines FluidTurtle per lo studio delle OCNs eterogenee.

Si veda per le routines FluidTurtle per lo studio delle OCNs omogenee ed eterogenee (presto commentate con Doxygen) il sito già menzionato,

<http://digilander.libero.it/matconv/ThesisMaterials.html>

Inoltre, si rimanda al manuale "Le FluidTurtle per lo studio delle Optimal Channel Networks: basi teoriche ed applicazioni" ([Convertino *et. al.*, 2006b]), in corso di preparazione, per ulteriori approfondimenti riguardo l'implementazione e la compilazione dei codici.

Si consiglia anche la guida "The FluidTurtle Library Version 0.750, Users and Programmers Guide" ([*Rigon et. al.*, 2002]).