

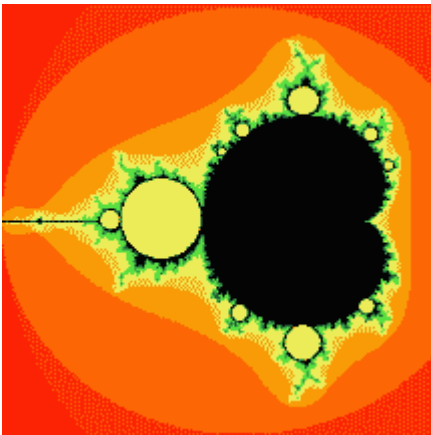
# Ειδικά Θέματα Πληροφορικής Κινηματογραφίας

Real Time Design and Animation of  
Fractal Plants and Trees

Peter E. Oppenheimer

New York Institute of Technology

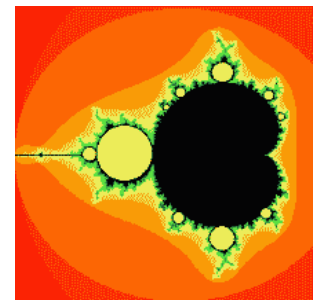
Computer Graphics Lab



Δανάη Τσούνη dpsd06051

Σχεδίαση Fractal αντικειμένων στον υπολογιστή

Σχέση πολυπλοκότητας υπολογιστή με  
πολυπλοκότητα της φύσης



# Γενικές Αρχές

- οι οργανισμοί και οι υπολογιστές έχουν να κάνουν με παρόμοια πολυπλοκότητα
- Η γεωμετρία και η τοπολογία ενός μοντέλου ελέγχονται από αριθμητικές παραμέτρους που είναι αναλογικές ως προς το DNA των οργανισμών

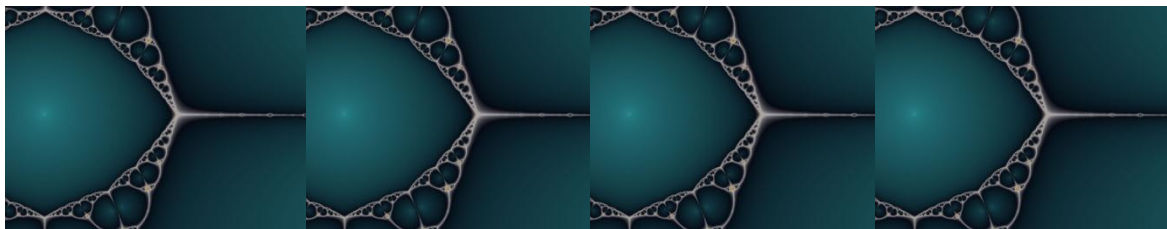


# τοπολογία

- Μαθηματική μελέτη γεωμετρικών χαρακτηριστικών που δεν επηρεάζονται από αλλαγές του μεγέθους ή του σχήματος των στοιχείων
- π.χ. καφές και κουλούρι  $\rightarrow$  ισοδύναμα

# Benoit Mandelbrot

- η σχέση ανάμεσα σε δομή μεγάλης κλίμακας και σε κλίμακα μικρής λεπτομέρεια είναι μια σημαντική πτυχή των φυσικών φαινομένων.
- Ονόμασε “fractals” αντικείμενα τα οποία παρουσιάζουν αυξανόμενη λεπτομέρεια όταν κάποιος κάνει zoom σε αυτά.
- Αν η κλίμακα μικρής λεπτομέρειας μοιάζει με την κλίμακα μεγάλης λεπτομέρειας, το αντικείμενο λέγεται ότι είναι “self-similar”.



# Benoit Mandelbrot

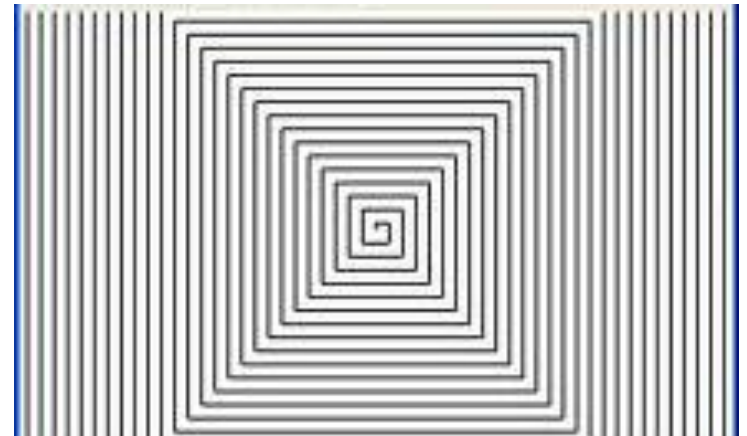
- στον κόσμο της βοτανικής κυριαρχεί αυτή η αρχή
- Αναδρομικές διακλαδώσεις σε πολλά επίπεδα, αποτελούν πρωταρχικό μηχανισμό ανάπτυξης στα περισσότερα φυτά.
- Αναλογικά, αλγόριθμοι αναδρομικής διακλάδωσης είναι βασικοί στους υπολογιστές.



# Έννοια της αναδρομής

διαδικασία όπου αντικείμενα επαναλαμβάνονται με αυτο-όμοιο τρόπο.

Π.χ. όταν οι επιφάνειες δυο καθρεπτών είναι σχεδόν παράλληλες μεταξύ τους, τα φωλιασμένα είδωλα που προκύπτουν αποτελούν μια μορφή αναδρομής.



# Mandelbrot και άλλοι...

- Ο Mandelbrot είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνος για την αυξανόμενη συνειδητοποίηση της αναδρομής ως μια διαδικασία της φύσης
- Mandelbrot και Kawaguchi χρησιμοποιούσαν αναδρομικές τοπολογίες και πρόσθεταν απλές γεωμετρικές σχέσεις ώστε να παράγουν πολύπλοκες εικόνες από διακλαδικά φυτά και άλλα αντικείμενα.



# TREE MODEL

Το πρόγραμμα λαμβάνει ένα μοντέλο δέντρου.

Κάθε παραγόμενο δέντρο ικανοποιεί τον αναδρομικό ορισμό του κόμβου-δέντρου:

```
tree :~  
{  
Draw Branch Segment  
if (too small)  
Draw leaf  
else  
{  
Continue to Branch  
(  
Transform Stem  
n tree~  
}  
repeat n times  
{  
Transform Branch  
- tree ~  
}
```

# ερμηνεία του μοντέλου

- ένας κόμβος-δέντρο είναι ένα κλαδί με έναν ή παραπάνω κόμβους-δέντρα μαζί, που τροποποιούνται από έναν 3X3 γραμμικό μετασχηματισμό.
- Όταν τα κλαδιά γίνουν πολύ μικρά, σταματάνε να αναπαράγονται και ζωγραφίζεται ένα φύλλο. Οι διακλαδώσεις οφείλονται σε ένα σύνολο αριθμητικών παραμέτρων.
- Πειράζοντας τις παραμέτρους αυτές, αλλάζει η εμφάνιση του δέντρου.

Οι παράμετροι περιλαμβάνουν:

- Τη γωνία ανάμεσα στο κυρίως στέλεχος και στις διακλαδώσεις
- Αναλογία μεγέθους ανάμεσα στο κυρίως στέλεχος και στις διακλαδώσεις
- Το ποσοστό κατά το οποίο το στέλεχος μικραίνει
- Το μέγεθος της ελικοειδούς συστροφής των διακλαδώσεων
- Ο αριθμός των διακλαδώσεων ανά τμήματος στελέχους

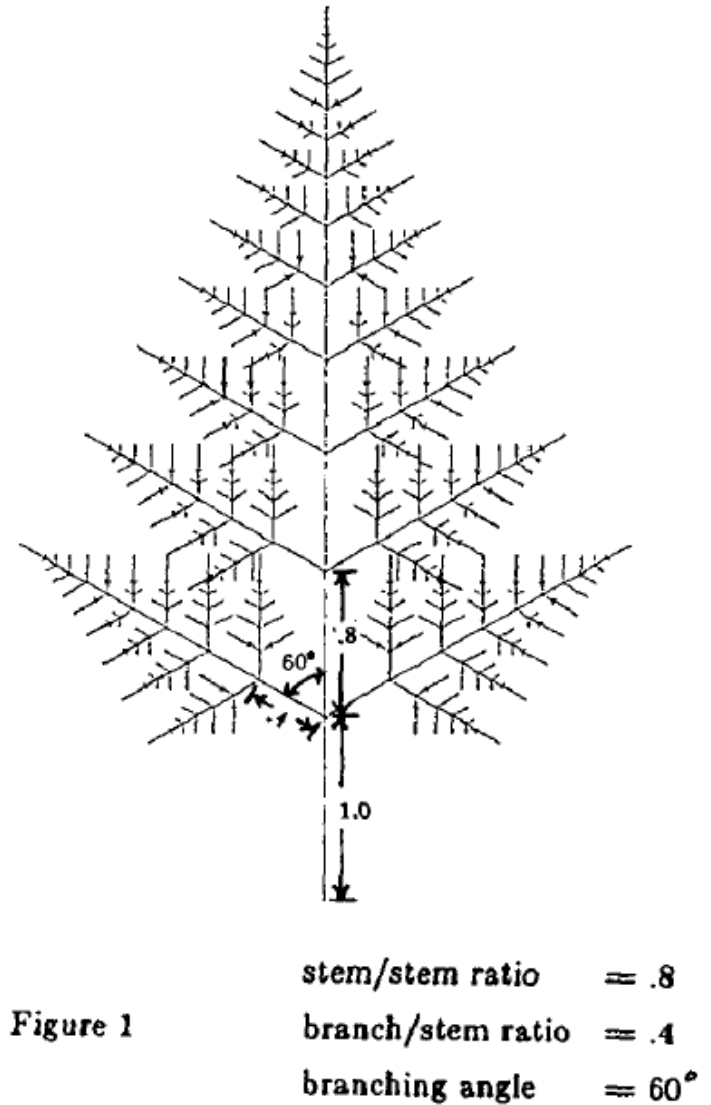
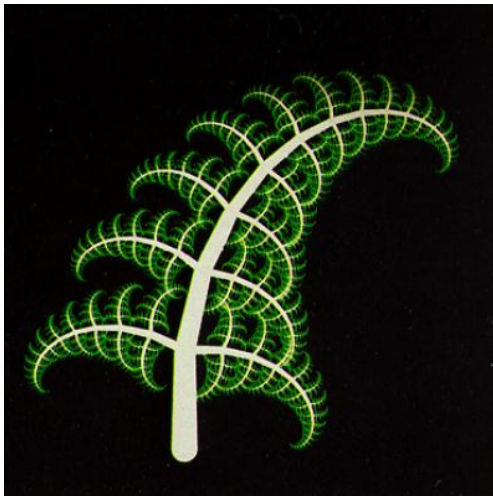
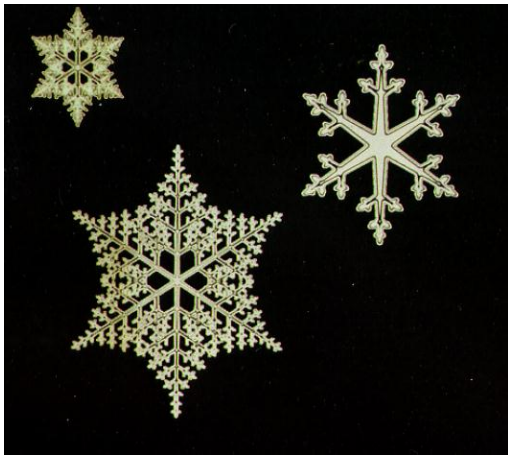


Figure 1



Fractal φτέρη: η κλασσική οργανική φόρμα self-similar. Κάθε σημείο στο κλαδί φαίνεται το ίδιο, σε διαφορετικό μέγεθος



Χιονονιφάδες: σε ανόργανα στοιχεία, διακλαδώσεις self-similarity



Φύλλο: υπερβολική απεικόνιση φλεβών στο φύλλο. Το εξωτερικό σύνορο του φύλλου αποτελεί το όριο για τις φλέβες.

# ΤΥΧΑΙΑ ΝΟΥΜΕΡΑ ΣΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ FRACTALS

- σταθεροί παράμετροι  $\longrightarrow$  κανονικό δέντρο, φτέρη, self-similar.

Δηλαδή, οι μικροί κόμβοι του δέντρου είναι πανομοιότυποι με τους μεγαλύτερους.

- Ποικιλία παραμέτρων  $\longrightarrow$  ακανόνιστο, ροζιασμένο δέντρο, κέδρος.

# ΤΥΧΑΙΑ ΝΟΥΜΕΡΑ ΣΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ FRACTALS

- παράμετρο  $\longrightarrow$  μέση τιμή + τυπική απόκλιση
- Σε κάθε κόμβο του δέντρου:  
παραμετρική αξία  $\longrightarrow$  μέση τιμή + τυχαία διατάραξη  
όπου κλιμακώνεται από την τυπική απόκλιση.  
Όσο μεγαλύτερη η τυπική απόκλιση, τόσο πιο τυχαίο,  
ακανόνιστο και ροζιασμένο είναι το δέντρο.  
Το δέντρο που προκύπτει είναι στατιστικά self-similar,  
όχι αυστηρά.

# Στοχαστική Προσέγγιση

- το να είναι κάτι τυχαίο στο μοντέλο παράγει ένα πιο φυσικό αποτέλεσμα.
- Τυχαίες διαταραχές αντανακλούν αυτήν την ανωμαλία την φύσης
- τυχαίες διαταραχές αντανακλούν την ποικιλία της φύσης
- Αυτή η αυξανόμενη ενίσχυση της βάσης δεδομένων αποτελεί ένα από τα βασικά γνωρίσματα της τεχνικής fractals.

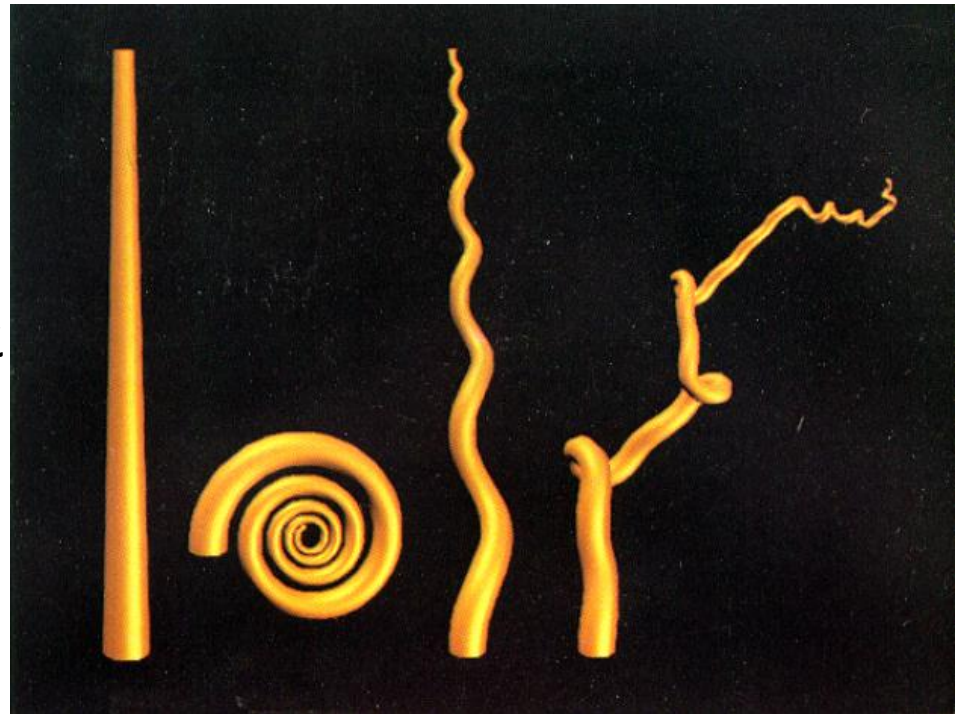
# ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ

- Για να ποικίλουν οι μετασχηματισμοί ανάμεσα στα τμήματα στελεχών, αντλούνται από την κατηγορία σπείρες και ελικοειδή και τις τυχαίες διαταραχές τους.
- Αυτά τα σχήματα εμφανίζονται σε όλες τις μορφές ανάπτυξης, οργανικές ή μη, από εσωτερικό του αυτιού, κοχύλια, λαχανάκια, μέχρι σπειροειδείς γαλαξίες.
- Οι σπείρες και τα ελικοειδή έχουν εκφυλιστεί σε self-similar σύνολα.



# 4 τυπικά σχήματα στελέχους

- κύλινδρος: ο μετασχηματισμός είναι μια μετάφραση και μια κλίμακα
- σπείρα: εκτελεί κάθετη περιστροφή γύρω από τον άξονα του στελέχους
- ελικοειδή: εκτελεί μια επιπλέον περιστροφή κατά μήκος του στελέχους του άξονα
- τζίφρα: τυχαία αλλάζει ο μετασχηματισμός από στέλεχος σε στέλεχος

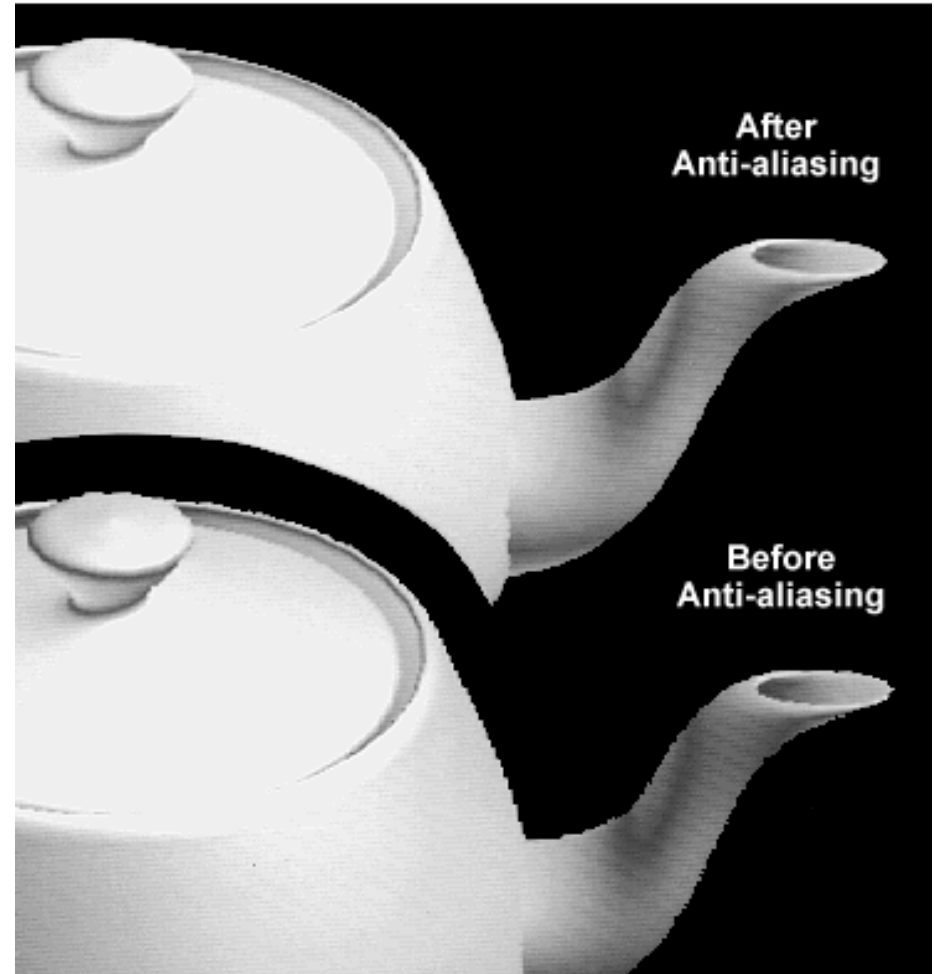


# RENDERING THE FRACTAL

- Ποικιλία γεωμετρικών στοιχείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει render στις διακλαδώσεις
- Η απλή αρχή είναι ένα γραμμικό διάνυσμα για κάθε κόμβο του δέντρου

# Antialiased γραμμικά διανύσματα

- Εξομαλύνουν την οδοντωτή εμφάνιση των διαγωνίων γραμμών σε μια εικόνα bitmapped.
- επιτρέπουν το να λεπταίνουν οι διακλαδώσεις προς την άκρη.
- Ικανοποιητικά για φύλλα, φτέρες, και άλλα απλά φυτά, για μικρής κλίμακας λεπτομέρεια σε πολύπλοκες σκηνές
- Ποικιλία στο χρώμα του διανύσματος παρέχει βάθος και σκίαση (άνθη και φυλλώματα.)

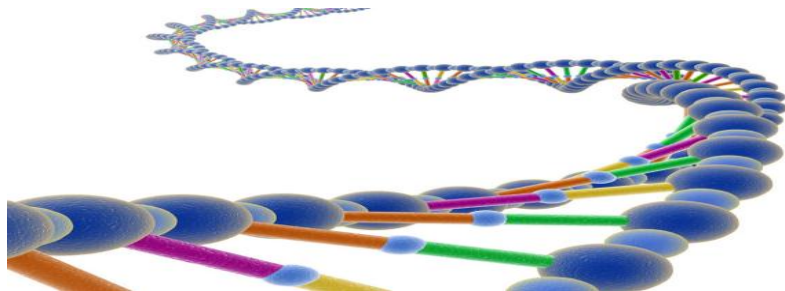


# FRACTALS, COMPUTERS AND DNA

- Οικονομικό πλεονέκτημα:
  - παράγεται μια δομή υψηλής πολυπλοκότητας από έναν απλό, συνοπτικό πυρήνα δεδομένων που είναι εύκολος να παραχτεί.

Πώς η αναπαράσταση της  
πολυπλοκότητας των υπολογιστών  
συγκρίνεται με την πολύπλοκη έκφραση  
της φύσης;

- η πολυπλοκότητα της φύσης έχει αναπτυχθεί γιατί μπορεί να προσδώσει οφέλη σε έναν οργανισμό
- Η γενετική οικονομία απαιτεί να περιγράφονται οι περίπλοκες δομές από ένα περιορισμένο απόθεμα του DNA
- Αυτή η ανάγκη για απλοποίηση γενετικών απαιτήσεων, καθορίζει τη γεωμετρική δομή ενός φυτού



η εξέλιξη έχει επιλύσει την ένταση ανάμεσα στην πολυπλοκότητα και στην απλότητα με τον ίδιο τρόπο που το κάνει η επιστήμη των υπολογιστών:  
με αναδρομικούς fractal αλγόριθμους

# Συμπεράσματα

- κάθε επιστημονικό μοντέλο είναι απλά μια απόπειρα μετάφρασης της φύσης σε μια ορισμένη ποσοτική μορφή.
- Στην πειραματική επιστήμη, η επιτυχία της θεωρίας: το αναμενόμενο μοντέλο ταυτίζεται με τα πειραματιζόμενα δεδομένα.
- Τα γραφικά των υπολογιστών, η επιτυχία μιας προσομοίωσης του υπολογιστή: η εικόνα μοιάζει με το αντικείμενο που μοντελοποιείται.
- Αν μπορεί κάποιος να μοντελοποιήσει ένα πολύπλοκο αντικείμενο μέσα από απλούς κανόνες, έχει κυριαρχήσει στην πολυπλοκότητα.
- Ότι εμφανίζεται πολύπλοκο αποδεικνύεται πρωτόγονο στο τέλος. Και η απόδειξη (πάντα υποκειμενική) είναι η εικόνα.



**ερωτήσεις**

