

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΧΟΛΗ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΩΝ HΧΟΥ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑΣ

ΠΜΣ: ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΕΣ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΟΧΗ

Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΙΚΗ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΤΟΥ ΧΑΟΥΣ & ΤΩΝ FRACTALS

*Μία αναλυτική παρουσίαση τους, με εμβάθυνση στις τέχνες και στη μουσική*

ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΟΣ ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (ADA135)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΖΑΝΝΟΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΠΑΪΛΑ ΗΛΙΑΝΑ ΑΜ: ADA2020010

ΚΕΡΚΥΡΑ 2021

Περιεχόμενα

[Περίληψη 2](#_Toc84188265)

[1. Εισαγωγή 2](#_Toc84188266)

[2. Μύθοι & Αναφορές 3](#_Toc84188267)

[3. Η αρχή του Ντετερμινισμού 3](#_Toc84188268)

[4. Η μεγάλη αλλαγή 4](#_Toc84188269)

[5. Το Χάος 6](#_Toc84188270)

[5.1 Νόμος της Παγκοσμιότητας 7](#_Toc84188271)

[5.2.1. Από την Ευκλείδεια Γεωμετρία… 8](#_Toc84188272)

[5.2. Σε μία νέα γεωμετρία – τη Fractal 8](#_Toc84188273)

[6. Προβλέψεις 10](#_Toc84188274)

[7. Το πέρασμα στις άλλες επιστήμες 11](#_Toc84188275)

[8. Επανεξέταση όλων μέσω του πρίσματος του Χάους και της Τέχνης 12](#_Toc84188276)

[8.1. Προ – φρακταλική περίοδος 13](#_Toc84188277)

[8.1.1. Ποίηση 13](#_Toc84188278)

[8.1.2. Ζωγραφική 15](#_Toc84188279)

[8.2. Μετά – φρακταλική περίοδος 16](#_Toc84188280)

[8.2.1. Ποίηση 16](#_Toc84188281)

[8.2.2. Ζωγραφική 17](#_Toc84188282)

[8.2.3. Μουσική 18](#_Toc84188283)

[Επίλογος 19](#_Toc84188284)

[Βιβλιογραφία: 20](#_Toc84188285)

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί η θεωρία του Χάους, από πότε ξεκίνησαν οι υπαινιγμοί για το αν υπάρχει κάτι πέρα από το ντετερμινισμό, η γεωμετρία των Fractal, το αν μπορεί κάποιος να κάνει έγκυρες προβλέψεις και αν υπάρχει το «τυχαίο συμβάν» ή όχι. Η Γεωμετρία των Fractals παρότι είναι ένα σχετικά “καινούργιο εργαλείο” ([Benoit Mandelbrot](https://en.wikipedia.org/wiki/Benoit_Mandelbrot) , 1967) πολλοί εκπρόσωποι των φιλοσοφικών επιστημών, ποιητές αλλά και καλλιτέχνες, μέσω των έργων τους και των παρατηρήσεων τους προσπάθησαν να προσεγγίσουν τη θεωρία και τη γεωμετρία αυτή κατά τη διάρκεια των αιώνων, καθώς ότι δε μπορεί να αποδειχθεί μαθηματικά, μπορεί να αποτυπωθεί καλλιτεχνικά. Η καλλιτεχνική περίοδος στην παρούσα εργασία χωρίζεται σε δύο περιόδους την προ – φρακταλική και τη μετά – φρακταλική (μετά την τεκμηρίωση της Γεωμετρίας των Fractal) και παρουσιάζονται διάφορες μορφές έργων με ειδική αναφορά στην εφαρμογή των fractal στη μουσική και συγκεκριμένα στο έργο του Έλληνα συνθέτη και αρχιτέκτονα Ιάννη Ξενάκη.

## 1. Εισαγωγή

Χάος, τάξη, αταξία, τύχη, προβλέψεις…

Έννοιες που μπορεί να τις εντάσσουμε καθημερινά στο λεξιλόγιο μας αλλά και να περιγράφουμε τις συνήθειες μας ή τις δραστηριότητες μας με αυτές. Όμως πίσω από την κάθε μία έννοια κρύβεται μία μαθηματική αλήθεια.

Πόσες φορές έχουμε αναρωτηθεί «τι θα συνέβαινε εάν …» ή αν θα μπορούσαμε κάποιο γεγονός να το έχουμε προβλέψει; Είτε μικρό όπως μία απλή βροχή είτε ένα μεγάλο όπως ένα σεισμό; Υπάρχει άραγε τυχαίο; Ή απλά εμείς οι άνθρωποι αποδίδουμε τον όρο αυτόν σε κάτι που δε μπορούμε να προβλέψουμε τη μελλοντική του εξέλιξη; Πολλές φορές αναφερόμαστε ότι στη ζωή μας επικρατεί ένα χάος, είναι εκτός ελέγχου και από την πλήρη τάξη την παρούσα χρονική στιγμή επικρατεί η αταξία;

*“Για όλους εμάς, η επιστήμη έχει συγκλονιστικά νέα.* *Η ζωή μας βρίσκεται ήδη στο χάος – και όχι περιστασιακά, αλλά διαρκώς.”[[1]](#footnote-1)*

Έτσι καταλήγουμε στο *πρόβλημα της προβλεψιμότητας, του ντετερμινισμού και της απροσδιοριστίας [[2]](#footnote-2)*, έννοιες που θα παρουσιασθούν αναλυτικά και θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία. Θα δοθεί ιδιαίτερη βάση στο να μελετηθούν και υπό το πρίσμα της τέχνης με ιδιαίτερη αναφορά στον τομέα της Μουσικής.

## 2. Μύθοι & Αναφορές

H αναφορά στο Χάος, κάθε άλλο παρά σημερινή δεν είναι. Κατά το πέρασμα των αιώνων πολλοί λαοί μέσω μύθων, εικασιών και αναφορών προσπάθησαν να το ερμηνεύσουν.

Οι περισσότεροι μύθοι αναφέρονται σε αυτό σαν το βασικό στοιχείο της δημιουργίας του Σύμπαντος. Η πρώτη αναφορά στην παγκόσμια ιστορία γίνεται τον 8ο αι π.Χ. από τον αρχαίο Έλληνα φιλόσοφο Ησίοδο στο έργο του η «Θεογονία» καθώς όπως αναφέρει «πριν απ’ όλα ήταν το Χάος», που αποτελούσε την πρωταρχική ύλη του Κόσμου. Μέσα από τη διαδικασία της εξέλιξης, της μεταβολής και της κίνησης το «ομοιόμορφο κενό» που υπήρχε πριν δημιουργηθεί η Γη περνάει σε κάτι πολύμορφο. Ή όπως αναφέρεται:

*« Το Χάος πρωτογίνηκε κι η Γη μετά η πλατυστήθα ... Κι απ 'το Χάος πάλιν γεννήθηκε το Έρεβος και η τρίσμαυρη η Νύχτα ... [[3]](#footnote-3)*

Από τους αρχαίους Έλληνες, στην Αιγυπτιακή κοσμολογία, όπου ο Ρα, ο θεός του Ήλιου, αναδύθηκε μέσα από χαοτικά κύματα και έγινε ο κυρίαρχος θεός. Από την άλλη, κάποιες κινέζικες ιστορίες αναφέρουν ότι το φως ξεπηδά μέσα από το Χάος για να μπορέσει να δημιουργηθεί ο ουρανός ενώ σε ένα αρχαίο Βαβυλωνιακό έπος το Σύμπαν γεννιέται από το Χάος όταν μια ανυπάκουη οικογένεια Θεών καταστρέφεται από τον πατέρα της. Σε άλλους, πάλι, πολιτισμούς το Χάος προσωποποιείτε ως κλόουν ή κατεργάρης καθώς μπορεί να αλλάξει πολλές μορφές όπως αλεπού, κογιότ ή κοράκι και πολλούς χαρακτήρες, όπως ο πονηρός που επέζησε από κάτι, ο καταδυναστευμένος που πολεμά να ανατρέψει το κατεστημένο ή σε άλλες αποτελώντας την «αρχή της αταξίας».

Και από τη μυθολογία περνάμε στις πρώτες γενικευμένες αναφορές που σώζονται για την έννοια του Χάους. Πρώτα ο Αναξιμένης (περίπου 585 π.Χ) που προσπαθεί να δώσει μία αρχική ερμηνεία των διάφορων μορφών της πρωταρχικής ύλης, μέσω της πύκνωσης και της αραίωσης, και στη συνέχεια ο Αναξαγόρας (περίπου 500 π.Χ.) που δέχεται ότι *"όλα τα στοιχεία στην αρχή ήταν ανακατεμένα και συγκεχυμένα. Τα πάντα ήταν μέσα στα πάντα. Όλα όσα σήμερα είναι ξεχωριστά, έγιναν μια μάζα αξεχώριστη και ηρεμούσα”.* Ακόμη και στην Παλαιά Διαθήκη, στη "Γένεση" της "η Γη ην αόρατος και ακατασκεύαστος και σκότος εφέρετο υπεράνω της αβύσσου".

Όπως βλέπουμε, από το χάος “δημιουργήθηκε” το σύμπαν και η τάξη. Η τάξη με τη σειρά της ισοδυναμεί με το καλό, ενώ η αταξία με το κακό. Ενώ φαίνονται σαν δύο αντίθετα πράγματα, τελικά οι ερμηνείες σε σχέση με τον κόσμο περιστρέφονται γύρω από αυτές.

## 3. Η αρχή του Ντετερμινισμού

Ο Αριστοτέλης τον 4ο αιώνα π.Χ. υποστήριξε *ότι η Φύση διέπεται από αιτιοκρατικούς νόμους και λειτουργεί σύμφωνα µε κανόνες που ο άνθρωπος μπορεί να κατανοήσει και να χρησιμοποιήσει προς όφελός του.* Αυτόείχε οδηγήσει πολλούς διανοούμενους ανθρώπους, επί αιώνες, να πιστεύουν πως για κάθε τι που συνέβαινε έπρεπε να υπάρχει ένα αίτιο, άρα και ένα αποτέλεσμα. Τον λεγόμενο ντετερμινισμό (determinism)[[4]](#footnote-4) ή αιτιοκρατία.

Αντιστοίχως, ότι συνέβαινε στο σύμπαν θα έπρεπε να είναι συνέπεια της αλληλεπίδρασης και της κίνησης των σωμάτων και το αποτέλεσμα θα ήταν αναπόφευκτο, κάτι που διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τους αρχαίους Έλληνες φιλόσοφους, Λεύκιππο και Δημόκριτο.

Οι αρχικές ιδέες της αιτιοκρατίας απαντώνται σε έργα των Επικούρειων φιλοσόφων[[5]](#footnote-5) και του Λουκρήτιου[[6]](#footnote-6),[[7]](#footnote-7). Η «σύγχρονη» αιτιοκρατία, από την άλλη, συνδέεται με τη σκέψη διάσημων φιλοσόφων όπως ο Φράνσις Μπέικον, ο Γαλιλαίος, ο Καρτέσιος, ο Νεύτων, ο Μιχαήλ Λομονόσοφ, ο Λαπλάς, ο Σπινόζα και άλλων Γάλλων υλιστών του 18ου αι. και επηρέασε ιδιαιτέρως την επιστημονική σκέψη για αιώνες. Έτσι, κάθε γεγονός ή δράση θα μπορούσε να προβλεφθεί πλήρως εκ των προτέρων ή αναδρομικά, και όσο αφορά τη Γη, ένα δεδομένο σύστημα, οι αρχικές συνθήκες θα δίνουν πάντα το ίδιο αποτέλεσμα.

Το όνομα του επιστήμονα που συνδέεται στενά με το ντετερμινισμό δεν είναι άλλο παρά του Ισαάκ Νεύτωνα, ο οποίος ξεκινώντας από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου και τους νόμους του Κέπλερ, ανακάλυψε ένα αυτοσυνεπές σύνολο αρχών, τις εξέφρασε και έδειξε πως με αυτές θα μπορούσε να προβλεφθεί η κίνηση των συστημάτων σε μεγάλο βαθμό, όπως οι τροχιές των πλανητών γύρω από τον ήλιο ανά μήνα ή ανά χρόνο, χωρίς να συνυπολογίζονται οι δυνάμεις της βαρύτητας των άλλων πλανητών σε άλλα σώματα του ηλιακού συστήματος. Ένα πλήρως ντετερμινιστικό – αιτιοκρατικό σύστημα νόμων. Ο λόγος της παράληψης αυτής είναι γιατί κανένα σύνολο εξισώσεων δε μπορεί να υπολογίσει και να επιλύσει τη μαθηματική εξίσωση για παραπάνω από δύο αλληλοεπιδρώντα σώματα αλλά και γιατί ο Ήλιος είναι πολύ βαρύτερος από οποιονδήποτε άλλον πλανήτη.

Ένας προβληματισμός του Νεύτωνα, χωρίς όμως να ασχοληθεί ιδιαίτερα με αυτόν – ήταν το τι σχέση θα μπορούσε να έχει ο Δίας που είναι ο μεγαλύτερος πλανήτης του ηλιακού μας συστήματος, αλλά χιλιάδες φορές ελαφρύτερος από τον Ήλιο και πως αλληλοεπιδρά με τα άλλα σώματα;

## 4. Η μεγάλη αλλαγή

Στην πράξη, ο Δίας μέσα σε μερικές χιλιάδες χρόνια μεταφέρει ορμή στη Γη ίση με τη βαρυτική επίδραση που ασκεί σε αυτήν ο Ήλιος σ' ένα χρόνο. Για αυτό παρατηρούνται και σημαντικές αλλαγές στην τροχιά της Γης ανά κάποιες χιλιάδες χρόνια.

Έτσι, στις αρχές του 19ου αιώνα ο Γάλλος μαθηματικός *Pierre-Simon Laplace* υπέθεσε πως αν κάποιος μπορούσε να παρατηρήσει όλα τα άτομα στο σύμπαν και να καταγράψει τις κινήσεις τους, τότε θα έφτανε στην παντογνωσία και έτσι το μέλλον και το παρελθόν θα αποκαλύπτονταν. Κάποια στιγμή απέδειξε ότι οι πλανήτες αμοιβαία έλκονται και τείνουν σ' ένα μέσο όρο και η σταθερότητα που φοβόνταν ο Νεύτωνας ανέρχεται σ' έναν αριθμό αργών, κυκλικών μεταβολών των πλανητικών τροχιών.[[8]](#footnote-8) Ωστόσο όλα αυτά χωρίς να μπορεί να αποδείξει κάτι, μόνο με προσεγγιστικούς υπολογισμούς και μέχρι και τα τέλη του 19ου αιώνα πιστεύαν ότι οι κινήσεις των πλανητών είναι περιοδικές και κανονικές, σαν ένα τέλειο εκκρεμές.

Η μεγάλη αλλαγή ήρθε από τον Poincare[[9]](#footnote-9), ο οποίος κάνοντας χρήση της μη – Ευκλείδειας γεωμετρίας Lobachevsky, επικέντρωσε την έρευνά του στο κατά πόσο υπάρχει σταθερότητα ή όχι στο ηλιακό μας σύστημα. Απλοποιώντας το αρχικό το πρόβλημα της αμοιβαίας αλληλεπίδρασης των «πολλαπλών σωμάτων», κατέληξε σε μία απλή εκδοχή, αυτή των «τριών σωμάτων» και υιοθέτησε μια γεωμετρική ή ακριβέστερα μια τοπολογική προσέγγιση[[10]](#footnote-10) του προβλήματος, αναλύοντας τις τροχιές των τριών σωμάτων στο χώρο των φάσεων. Αναλύοντας τα γραφήματα που προκύπταν από την είσοδο ενός τρίτου σώματος, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι μακροχρόνιες προβλέψεις ήταν αδύνατες γιατί οι σειρές που περιγράφουν τις τροχιές των πλανητών, όχι μόνο δεν συγκλίνουν, αλλά σε κάποιες θέσεις αποκλίνουν!

Έτσι η κλασική Νευτώνεια φυσική καταστείτε ουτοπική και από εκεί που *πριν από ένα αιώνα ομολογείτο με ειλικρίνεια και διακηρυσσόταν ανοιχτά πως η φύση αγαπάει την απλότητα, αποδείχθηκε όμως ότι η φύση κάνει το αντίθετο σε περισσότερες από μία περιπτώσεις [[11]](#footnote-11).*

Ο Poincare ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε ένα ντετερμινιστικό χαοτικό σύστημα. Ντετερμινιστικό, καθώς οι αρχικές θέσεις των τριών σωμάτων μαζί με τις ταχύτητες και τις διαδοχικές θέσεις είναι σταθερές αλλά χαοτικό, με την έννοια ότι οποιαδήποτε άλλη αλλαγή / διαταραχή στην αρχική κατάσταση οδηγεί σε μία τελείως διαφορετική τελική κατάσταση από ότι θα παρέμενε ένα αδιατάραχτο σύστημα.

Έτσι, η έρευνα του Poincaré απέδειξε ότι το πρόβλημα του ντετερμινισμού και το πρόβλημα της ασφαλούς πρόβλεψης είναι δύο διαφορετικά προβλήματα και η *φύση ανέκαθεν παρουσίαζε μη γραμμική συμπεριφορά, ωστόσο οι επιστήμονες λόγω της αδυναμίας τους στην επίλυση τέτοιων εξισώσεων επικεντρώθηκαν στη γραμμικότητα της κλασσικής επιστήμης [[12]](#footnote-12).*

Έτσι και ανοίγεται ο δρόμος για το Χάος και τη θεωρία του.

## 5. Το Χάος

Μέσα στον 20ο αιώνα συντελέστηκαν τρεις επιστημονικές επαναστάσεις – η μία η θεωρία της Σχετικότητας, η άλλη η Κβαντομηχανική – και η κυριότερη αφορά τη θεωρία του Χάους που ακόμη γίνονται προσπάθειες να ανιχνευτούν τα όρια του αιτιατού και του τυχαίου.

Η θεωρία του Χάους και της χαοτικής δυναμικής έχει εφαρμογές σε πολλές επιστήμες όπως της Ιατρικής, των Μαθηματικών, της Φυσικής, της Βιολογίας κ.α. βρίσκοντας λύσεις σε πολλά από τα άλυτα ερωτήματα τους.

Παρόλο που η αρχή έγινε από τον Poincare, στην έρευνα του δε δόθηκε η σημασία που απαιτούνταν μέχρι που ο μετεωρολόγος Edward Lorenz, το 1963, επανανακάλυψε ότι η ατμόσφαιρα είναι και αυτή ένα χαοτικό αιτιοκρατικό σύστημα καθώς μελετούσε ένα απλοποιημένο μοντέλο της. Και γιατί συμβαίνει αυτό; Γιατί πολλοί μικροί, αστάθμητοι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τον καιρό. Έτσι, είμαστε σε θέση να κάνουμε ασφαλείς προβλέψεις για τον καιρό μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα της τάξεως των μερικών ημερών.

Η έρευνα του που δημοσιεύει περιείχε τη διαπίστωση ότι οι λύσεις ενός τέτοιου μοντέλου με τρεις εξισώσεις, αν και θα ήταν εξαρτημένο και αρκετά ευαίσθητο στις αρχικές συνθήκες, θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν όλες σε ένα πολύπλοκο σύνολο στο χώρο των φάσεων. Αυτό το διάγραμμα ονομάστηκε παράξενος ελκυστείς, το οποίο μοιάζει με διπλή έλικα ή με φτερά πεταλούδας και έγινε το παγκόσμιο σύμβολο του Χάους.

Σύμφωνα με μετέπειτα μελέτες, η τυχαία κίνηση των σωματιδίων δεν είναι καθόλου τυχαία καθώς οποιαδήποτε σύγκρουση μεταξύ τους ή αλλαγή είναι αιτιοκρατική, όμως υπάρχουν περίπου 1023 συστατικά που απαρτίζουν το σύστημα, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να φαίνονται τυχαίες οι αλλαγές, οι μεταβολές και οι αντιδράσεις και μεταξύ τους ασύνδετες, αλλά δεν είναι.

Αξίζει να αναφερθεί εδώ το γνωστό «φαινόμενο της πεταλούδας», όπου το απλό πέταγμα της στην Κίνα, μπορεί να επηρεάσει τον καιρό στις Η.Π.Α. και να προξενήσει καταιγίδες. Όχι πως μπορεί από μόνη της η πεταλούδα να δημιουργήσει τόσο μεγάλη αλλαγή αλλά αν είναι οι συνθήκες κατάλληλες, θα μπορούσε. Γίνεται άμεσα αντιληπτό, ότι τα χαοτικά συστήματα χαρακτηρίζονται από έντονη αστάθεια, που ακόμα και στην περίπτωση ελαχίστων αλλαγών στις αρχικές συνθήκες, οδηγούνται σε τεράστιες αλλαγές του αποτελέσματος.[[13]](#footnote-13)

Στις αρχές της δεκαετίας του ’80 συνειδητοποιούν οι επιστήμονες ότι η φύση ναι μεν έχει αιτιοκρατικό χαρακτήρα αλλά η συμπεριφορά της δεν μπορεί να προβλεφθεί στο έπακρο, άρα πρέπει να μιλάμε για ένα ντετερμινιστικό χάος που δημιουργείται μέσω μη – γραμμικών συστημάτων και επανάληψης σε διάφορες χρονικές περιόδους. Μία από τις ονομασίες που του έχουν αποδοθεί είναι «μη - γραμμικό χάος»[[14]](#footnote-14).

Γνωρίζουμε ότι υπάρχει επίσης μια υπερ- τάξη μέσα στο Χάος, χωρίς να μπορούμε να δώσουμε κάποιον πιο σαφή γενικώς αποδεκτό ορισμό σε αυτή την έννοια, εκτός του ότι: χάος ονομάζουμε τη φαινομενικά τυχαία συμπεριφορά που παρατηρείται στα διάφορα συστήματα, πίσω από την οποία όμως κρύβεται μια προσδιοριστική (ντετερμενιστική) δυναμική. Ο προσδιοριστικός χαρακτήρας της δυναμικής είναι δυνατό να απολεσθεί αν στο σύστημα επιδρά θόρυβος. Εντούτοις, εάν η παρουσία του θορύβου είναι μικρή, η χαοτική δομή δε χάνεται. Η δυναμική αυτή εκφράζεται από μικρό αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι σημαντικό να πούμε, πως η δυναμική εξέλιξη στο χρόνο είναι προϋπόθεση για να ελέγξουμε αν η συμπεριφορά είναι χαοτική[[15]](#footnote-15). Ή με πιο απλά λόγια «Όταν το παρόν καθορίζει το μέλλον, αλλά η προσέγγιση του παρόντος δεν προσδιορίζει την προσέγγιση του μέλλοντος»[[16]](#footnote-16).

Ο Βενιαμίν Φραγκλίνος αναφέρει κάποια στιγμή:

*«Επειδή έλειπε ένα καρφί, χάθηκε ένα πέταλο·*

*επειδή έλειπε ένα πέταλο, χάθηκε ένα άλογο·*

*επειδή έλειπε ένα άλογο, χάθηκε ένας καβαλάρης,*

*ο οποίος σκοτώθηκε από τον εχθρό·*

*όλα αυτά επειδή έλειπε το ενδιαφέρον για ένα καρφί».*

Συνοψίζοντας σε μερικούς στίχους τις αλλεπάλληλες “ατυχίες” που συνέβησαν επειδή έλειπε ένα απλό καρφί, τονίζοντας πόσο πολύ μπορούν να γιγαντωθούν οι εξελίξεις που διαδέχονται η μία την άλλη, από κάτι φαινομενικά ανούσιο. Γίνεται σαφές, ότι δε μπορούμε να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πως θα ήταν μία κατάσταση αν δεν είχε συμβεί αυτό το γεγονός και τι θα συνέβαινε “αν το καρφί τελικά δεν είχε χαθεί”.

### 5.1 Νόμος της Παγκοσμιότητας

*Τη δεκαετία του ’70 μελετιούνται πως τα συστήματα που παρουσιάζουν μία κανονική συμπεριφορά αλλάζουν και ξεκινάνε να παρουσιάζουν μία χαοτική. Αυτό γίνεται μέσω μιας ακολουθίας διακλαδώσεων με «παγκόσμια» χαρακτηριστικά.[[17]](#footnote-17) Ο Παγκόσμιος αυτός Αριθμός, είναι αυτός του Feigenbaum. Είναι ένας άρρητος αριθμός, που επιτρέπει να καταλάβουμε το χάος. Η τιμή του είναι 4,6692016090… µε άπειρα δεκαδικά ψηφία µη περιοδικά. Η Παγκοσμιότητα εκφράζει ένα φυσικό νόμο των συστημάτων στο πέρασμά τους από την τάξη στο χάος και ισχύει από ποιοτική και ποσοτική άποψη, όχι µόνο για τις φυσικές µορφές αλλά και για τους ακριβείς αριθμούς. Το οποίο επιβεβαιώθηκε πειραματικά μερικά χρόνια μετά [[18]](#footnote-18).*

### 5.2.1. Από την Ευκλείδεια Γεωμετρία…

Όλα στη γνωστή για όλους μας Ευκλείδεια Γεωμετρία περιγράφονται με τα εξής αντικείμενα:

1. **Τα σημεία:** Δεν κατέχουν όγκο μέσα στο χώρο και δεν έχουν ούτε μήκος ούτε εμβαδόν, με διάσταση μηδέν.
2. **Οι γραμμές:** Υπάρχουν διαφόρων ειδών γραμμές όπως ευθείες, κόμποι, θηλιές, κύκλοι, ωστόσο όλα είναι γραμμές. Μια γραμμή δεν έχει ούτε εμβαδόν ούτε όγκο. Έχει μόνο σημεία και ορίζεται από την κίνηση ενός σημείου. Επομένως λέμε ότι οι γραμμές έχουν μόνο μία διάσταση.
3. **Οι επιφάνειες:** Περιέχουν σημεία και γραμμές. Αλλά κυρίως έχουν εμβαδόν. Άρα έχουν δύο διαστάσεις.
4. **Οι όγκοι ή στερεά** που είναι ένα κομμάτια χώρου τα οποία έχει τρείς διαστάσεις.

**ΕΙΝΑΙ ΛΟΙΠΟΝ ΑΠΛΟ** :

Μετακινώντας ένα σημείο, παράγεται μια γραμμή.

Μετακινώντας μια γραμμή παράγεται μια επιφάνεια.

Μετακινώντας μια επιφάνεια θα παραχθεί ένας όγκος.

Ουσιαστικά μπορούμε να πούμε ότι η διάσταση ενός γεωμετρικού αντικειμένου μπορεί να είναι μόνο ένας από τους ακέραιους 0,1,2 ή 3 και εντοπίζονται **τρία είδη συμμετρίας:**

1. **Η σφαιρική συμμετρία** : Είναι η συμμετρία ως προς σημείο Ο.
2. **Η αξονική συμμετρία** : Συμμετρία ως προς μια ευθεία (ε) που ονομάζεται άξονας.
3. **Η κατοπτρική συμμετρία** : Συμμετρία ως προς επίπεδο Π Η κατοπτρική συμμετρία εμφανίζεται στους καθρέφτες.

### 5.2. Σε μία νέα γεωμετρία – τη Fractal

Ο οικονομολόγος John Maynard Keynes αναφέρει ότι “Σε έναν μη-ευκλείδειο κόσμο που, στην πράξη, οι φαινομενικά παράλληλες ευθείες τέμνονται, οι κλασικοί θεωρητικοί τα βάζουν με τις γραμμές, που δεν είναι ευθείες κι έτσι πέφτουν η μία πάνω στην άλλη. Στην πραγματικότητα, ο μόνος τρόπος να αρθεί το πρόβλημα είναι να καταρριφθεί το αξίωμα των παραλλήλων και να διαμορφωθεί μια μη - ευκλείδεια γεωμετρία.”[[19]](#footnote-19) για να μπορέσουν οι δομές[[20]](#footnote-20) και οι δυναμικές μορφές των χαοτικών συστημάτων να περιγραφτούν.

Από τον 17ο αιώνα έγινε η περιγραφή τέτοιων δομών μέχρι τα χρόνια μας περίπου, σε μια διαδρομή 300 και πλέον χρόνων από τη στιγμή που ο Leibniz έκανε την αρχή. Έκτοτε συνέχισαν πολλοί. Ο Weierstrass με την συνάρτησή του, ο Cantor με τα σύνολά του, ο Felix Klein και ο Poincare. Κατόπιν ο Koch με την χιονονιφάδα, o Sierpinski με το περίφημο τρίγωνο, και το χαλί. Αργότερα το 1918 ο Julia με τα σύνολα Julia. O Hausdroff που μίλησε για σύνολα που δεν έχουν ακέραιες διαστάσεις και ο Levy με την καμπύλη C.

Το 1960 ο Mandelbrot μελετώντας τις προηγούμενες θεωρίες[[21]](#footnote-21) για την ακτή της Μεγάλης Βρετανίας γράφει για την αυτό-ομοιότητα. Ένα σχήμα είναι *αυτό-όμοιο* όταν τα μέρη από τα οποία αποτελείται μοιάζουν με το σύνολο.

Η επανάληψη των ακανόνιστων λεπτομερειών ή σχηματισμών συμβαίνει προοδευτικά σε μικρότερες κλίμακες και, στην περίπτωση καθαρά αφηρημένων οντοτήτων, είναι δυνατόν να συνεχίσουν απεριόριστα έτσι ώστε κάθε τμήμα ενός τμήματος, όταν μεγεθυνθεί, να μοιάζει βασικά με το συνολικό αντικείμενο, θα έχει άπειρο μήκος και συγχρόνως θα περιορίζεται σ’ ένα πεπερασμένο τμήμα επιπέδου. Γενικά, αυτά τα συστήματα αναπτύσσουν πρότυπα “διακεκομμένης ανάπτυξης”, χαρακτηρίζονται από περιόδους με εναλλαγές ανάπτυξης και μη- ανάπτυξης, ή ακόμη και παρακμής, μπορεί να συμπίπτουν καθώς επιμηκύνονται αλλά και να αναδιπλώνονται. Αυτά τα πρότυπα τότε επαναλαμβάνονται σε μεγαλύτερα μεγέθη και μετά σε μεγαλύτερα κ.ο.κ. και χαρακτηρίζονται από έντονη κυμάτωση και πολλαπλές πτυχώσεις και λόγω της διαφοροποίησης της κλίμακας προβάλλονται όλο και περισσότερες αόρατες μέχρι πριν λίγο, λεπτομέρειες.

Έτσι οδηγούμαστε στην «απόλυτη» συμμετρία δηλαδή τη συμμετρία υπό κλίμακα, που εμφανίζεται στις δομές αυτές. Τα Fractal είναι μία τάξη πολύπλοκων γεωμετρικών μορφών που έχουν την ιδιότητα της αυτό-ομοιότητας (self-similarity). O όρος fractal προέρχεται από τη λατινική λέξη fractus, που σημαίνει θρυμματισμένος ή σπασμένος.

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, οι θεωρίες του χάους και της πολυπλοκότητας έγιναν εξαιρετικά δημοφιλείς τόσο στις θετικές, όσο και στις θεωρητικές επιστήμες. [[22]](#footnote-22) Ενδεικτικά διαφορετικά πεδία εφαρμογής του χάους είναι: η γεωλογία, τα μαθηματικά, η μικροβιολογία, η βιολογία, η επιστήμη των υπολογιστών, τα οικονομικά, η μηχανολογία, ο τουρισμός, η ιατρική, η μετεωρολογία, ο σχεδιασμός και προγραμματισμός του χώρου, η φιλοσοφία, η πολιτική, η φυσική, η ψυχολογία, η ρομποτική, η υδρολογία και η δημογραφία [[23]](#footnote-23) και οι δομές αυτές υπάρχουν παντού γύρω μας όπως τα σύννεφα, τα δέλτα των ποταμών, οι οροσειρές, οι κρατήρες, οι κεραυνοί, οι ακτές, οι νιφάδες του χιονιού, το κουνουπίδι και το μπρόκολο, η καρδιακή συχνότητα και οι χτύποι της καρδιάς, οι σεισμοί, κρύσταλλα, τα αιμοφόρα αγγεία και τα αγγεία των πνευμόνων, τα κύματα του ωκεανού, το DNA κ.α. Παρόλο που είναι τόσο αλλόκοτες και περίπλοκες οι δομές, καταφέρνουν και βάζουν σε τάξη το επιφανειακό χάος.

Όλες οι δομές που προαναφέρθηκαν έχουν μη ακέραια διάσταση που εκφράζεται υπό τη μορφή κλάσματος, δηλαδή μιας fractal διάστασης. Όσο πιο μεγάλη είναι η διάστασή τους τόσο πιο τραχιά είναι η εμφάνισή τους.

Μια τυπική βραχώδης ακρογιαλιά, όπως η ακτή της Μεγάλης Βρετανίας έχει fractal διάσταση 1.215. Όλα δε τα αντικείμενα που ένα μικρό τμήμα τους μοιάζει με ένα μεγαλύτερο θεωρούνται fractal.

Η ίδια η φύση έχει τον τρόπο της να *δημιουργεί καινούργιες οντότητες, να σχηματοποιεί τα γεγονότα και να ενισχύει τη συνεκτική κατάσταση στο σύμπαν.* [[24]](#footnote-24)

Οι αρχαίοι Έλληνες έλεγαν «αεί ο Θεός ο Μέγας γεωμετρεί». Και αν και πέρασαν χιλιάδες χρόνια, συνεχίζει να ισχύει απλά θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε με ένα διαφορετικό τρόπο.

## 6. Προβλέψεις

Ανέκαθεν οι άνθρωποι ήθελαν να ξέρουν τι τους μέλλει. Με πολλούς τρόπους προσπαθούσαν να το προβλέψουν και αιώνια ερωτήματα όπως “το τι θα συμβεί” , “ αν και πόσο θα επηρεάσει ένα γεγονός την παγκόσμια εξέλιξη της ιστορίας” ή ερωτήσεις ακόμη και σε προσωπικό επίπεδο για το τι μπορεί να συνέβαινε στη ζωή του καθενός μας γιατί όπως και να το κάνουμε, *ο προειδοποιημένος είναι προετοιμασμένος. [[25]](#footnote-25)*

*Υποστηρίζεται ότι σκοπός είναι να βλέπεις το μέλλον και να προεκτείνεις την ανάλυση σου προς το παρόν προσδιορίζοντας τις πιθανές συνέπειες των πιθανών εναλλακτικών τρόπων δράσης. Όμως, στις καταστάσεις της αληθινής ζωής,* οι αποφάσεις, *είτε έχουν να κάνουν με κάτι τόσο απλό όσο το να αποφασίσουμε που να πάμε για δείπνο με μια παρέα φίλων είτε με τη διαχείριση των πλέον δύσκολων αποφάσεων ή αποφάσεων για θέματα εθνικής ασφάλειας, που τα προβλήματα είναι λίγο πιο περίπλοκα.* Καταρχήν, οι αποφάσεις ενέχουν μεγάλο ρίσκο καθώς εμπλέκονται πολλοί άνθρωποι που θα προσπαθήσουν με τον τρόπο τους να διαμορφώσουν το αποτέλεσμα.

Το ερώτημα που τίθεται εδώ, είναι τι κάνει τους ανθρώπους να αλλάζουν αποφάσεις και με κριτήριο κινούνται και επιλέγουν το κάθε τι, και αν εμείς είμαστε σε θέση να μπορούμε να προβλέψουμε αυτές τις αποφάσεις.

Ο Bruce Bueno de Mesquita, πολιτικός αναλυτής, αναφέρει ότι *«το ζητούμενο είναι τα δικά μας συμφέροντα, όσο ωραία επιχειρήματα και αν χρησιμοποιήσουμε ισχυριζόμενοι ότι στην πραγματικότητα ενδιαφερόμαστε για το καλό όλων. Όλοι μας σκεφτόμαστε ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να παρουσιάσουμε τα επιχειρήματά μας, προκειμένου να διαμορφώσουμε αποφάσεις προσπαθώντας να κατευθύνουμε την έκβαση υπέρ μας.»* Τέλος, υποστηρίζει ότι *«οι άνθρωποι είναι αρκετά προβλέψιμοι ακριβώς επειδή προσπαθούν να κάνουν αυτό που πιστεύουν ότι είναι καλύτερο για αυτούς.»*

Η μεθοδολογία που ακολουθεί για να κάνει τις προβλέψεις του, χρησιμοποιώντας τη θεωρία των εφαρμοσμένων παιγνίων, κατάλληλα προσαρμοσμένα προγράμματα και υπερυπολογιστές, είναι να γίνει έρευνα γύρω από ένα ζήτημα, να τεθούν οι κατάλληλες ερωτήσεις, να βρεθούν τα πρόσωπα / καταστάσεις που μπορεί να επηρεάσουν την έκβαση του γεγονότος και να σταθμιστούν οι επιθυμίες τους. Πολλές φορές οι προσωπικές μας εκτιμήσεις είναι λάθος γιατί δε σταθμίζονται - ιδιαιτέρως πολύ - κάποιες σχετικά ασήμαντες παράμετροι.

Τα μοντέλα που φτιάχνει τα τελευταία χρόνια, έχουν ποσοστό επιτυχίας 90%. Ωστόσο όταν αυτές οι προβλέψεις μπορούν να διαμορφώσουν το μέλλον, το πως θα κινηθεί ένας πολιτικός ηγέτης ή ποια είναι η καλύτερη μέθοδος προσέγγισης ενός καίριου ζητήματος που θέλουμε την επίλυση του, το 10% είναι αρκετά μεγάλο ποσοστό.

Από όσο γίνεται αντιληπτό εμείς οι ίδιοι ορίζουμε τους κανόνες του παιχνιδιού, εμείς λαμβάνουμε τις αποφάσεις μας σ’ ό,τι αφορά τα δεδομένα[[26]](#footnote-26) και μία συνωμοσία ποτέ - ή σχεδόν ποτέ - δεν θα φέρει το αναμενόμενο αποτέλεσμα[[27]](#footnote-27). Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα *ότι στη ζωή της κοινωνίας τίποτε δεν πραγματοποιείται ακριβώς όπως έχει προμελετηθεί* [[28]](#footnote-28)και ότι *τελικά πρόβλεψη σημαίνει όχι διαισθητική προφητεία, αλλά δραστηριότητα που βασίζεται στη συγκέντρωση πληροφοριών[[29]](#footnote-29)* που αυτή μπορεί να αλλάξει ανά πάσα ώρα και στιγμή, δημιουργώντας ένα ευμετάβλητο χαώδες ντετερμινιστικό σύστημα που οι εξισώσεις του δομούνται από τις επιθυμίες / προσδοκίες του καθενός μας.

## 7. Το πέρασμα στις άλλες επιστήμες

Με τη θεωρία του χάους και την τεκμηρίωση της, *είναι σαν να ξεκίνησε ένας διάλογος ανάμεσα στους στοχαστές φιλοσόφους και στους αντιπρόσωπους των επιστημών. [[30]](#footnote-30)*

Ο Μίλαν Κούντερα[[31]](#footnote-31) στο βιβλίο του “η Αθανασία” μιλά για την περιοδικότητα των βιωμάτων στη ζωή του ανθρώπου. Ο άνθρωπος γεννιέται φέροντας μαζί του ένα συγκεκριμένο μοτίβο εμπειρίας. Το μοτίβο αυτό δεν είναι απλά η συμπεριφορά του ατόμου, αν και την περιέχει σαν αίτιο, αλλά μία περίπλοκη “εξίσωση” αιτιών και αποτελεσμάτων που δίνει πάντα την ίδια “λύση”. Το ίδιο μοτίβο το βιώνει το άτομο ξανά και ξανά, με διαφορετικούς πρωταγωνιστές, μέσα από φαινομενικά διαφορετικές καταστάσεις, σε διαφορετικά επίπεδα, με διαφορετική ένταση και σπουδαιότητα, αλλά στην ουσία επαναλαμβάνει την ίδια “εξίσωση” και καταλήγει σε μία λύση. Έτσι, αυτή μοιάζει σαν μια σπείρα που ξεκινά με μεγάλη διάμετρο – βιώματα στα οποία το προσωπικό μοτίβο είναι απλό και δυσδιάκριτο- και προοδευτικά καταλήγει σε πιο περίπλοκες και συγκεκριμένες εκφράσεις του, όπου το άτομο φαίνεται σαν να “συναντά τη μοίρα του”.

Ο κάθε οργανισμός δρα και *έτσι «το λεγόμενο καθημερινό συμβάν επαναλαμβάνεται και γίνεται συγχρόνως γενικό ή, ακριβέστερα, γίνεται δομή»* [[32]](#footnote-32) και αυτή η δομή περνώντας ο καιρός *«μετατρέπεται»* σε ιστορία. Η Ιστορία χαρακτηρίζεται από *«μείζονες περιόδους ρευστότητας και αστάθειας, στις οποίες τεράστια σημασία αποκτά η προσωπική στάση και ο προσωπικός τρόπος δράσης δύο-τριών ατόμων, που μπορεί να μην είναι προσωπικότητες περιωπής, αλλά συμβαίνει να βρίσκονται στο καίριο μέρος κατά την κρίσιμη στιγμή».[[33]](#footnote-33)* Και μπορεί και αυτή να έχει τις χαώδεις φάσεις της.

Από την άλλη,η αυτο-ομοιότητα υπάρχει ακόμη και στις πολεοδομικές δομές, στο χώρο και στο χρόνο και σε πολλές από τις διαστάσεις τους. Η ιδέα και η χωρική δομή της γειτονιάς επαναλαμβάνεται σε διαφορετικές κλίμακες, στις συνοικίες, τα διαμερίσματα και τους τομείς της πόλης. Το ίδιο ισχύει και για τα οδικά δίκτυα, και το εμπόριο. Η δομή του εμπορικού κέντρου ακολουθεί τη δομή του σούπερ μάρκετ που ακολουθεί τη δομή του παλαιότερου μπακάλικου και αυτή ακολουθεί τη δομή του περιπτέρου.

Ο Christopher Alexander έγραφε το 1965 το παρακάτω τετράστιχο για να αποδώσει την έννοια της αυτο-ομοιότητας :

*Μεγάλοι ψύλλοι έχουν μικρότερους ψύλλους*

*Στην πλάτη τους και τους τσιμπάνε.*

*Μικρότεροι ψύλλοι έχουν ακόμη μικρότερους ψύλλους(στην πλάτη τους και τους τσιμπάνε)*

*Και αυτό επαναλαμβάνεται επ’ άπειρον …*

## 8. Επανεξέταση όλων μέσω του πρίσματος του Χάους και της Τέχνης

Ξεκινώντας από την αρχαιότητα προς το σήμερα συναντάμε παραδείγματα μη Ευκλείδειας Γεωμετρίας που παραπέμπουν στη γεωμετρία των φράκταλ. Αυτά τα παραδείγματα είναι εκφρασμένα μέσω της τέχνης, γιατί όταν κάτι δε μπορείς να το ερμηνεύσεις μέσω της επιστήμης, μπορείς να το σχεδιάσεις, να γράψεις για αυτό ή να δημιουργήσεις κάτι που να παραπέμπει σε αυτό. Η τέχνη θεωρείται το μέσο που μπορεί ο κάθε άνθρωπος να εκφράσει τις σκέψεις του και την πνευματική του δραστηριότητα στοχεύοντας να δημιουργήσει έργα που θα μπορούσε ο θεατής να ταυτιστεί, να απολαύσει, να συγκινηθεί ή να επέλθει η κάθαρση του.

Ο διαχωρισμός των έργων τέχνης, οποιασδήποτε μορφής που προτείνεται στην παρούσα εργασία είναι αυτού της προ - φρακταλικής περιόδου και της μετά – φρακταλικής[[34]](#footnote-34).

Για την προ – φρακταλική περίοδο μπορούμε να κάνουμε κάποιες υποθέσεις για κείμενα, ποιήματα, αρχιτεκτονήματα, ζωγραφιές κ.τ.λ. και μέσω των παρατηρήσεων και των συσχετισμών με τη γεωμετρία των fractal να καταλήξουμε σε συμπεράσματα.

Όμως για την μετά – φρακταλική περίοδο έχουμε να αναφέρουμε ότι η fractal τέχνη “γίνεται απτή” και είναι μια μορφή αλγοριθμικής τέχνης που δημιουργήθηκε με τον υπολογισμό των fractal αντικειμένων και την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων ως ψηφιακές εικόνες, κινούμενα σχέδια ή μέσα. Ξεκίνησε να αναπτύσσετε από το 1980 και μετά και αποτελεί μία αφηρημένη αλλά εφαρμοσμένη τέχνη.

Κύριοι καλλιτέχνες των φράκταλ είναι οι Desmond Paul Henry, ο Hamid Naderi Yeganeh, ο μουσικός Bruno Degazio, ο William Latham και άλλοι.

Σε αυτό το σημείο αρκεί να τονιστεί ότι χρησιμοποιείται ο όρος φρακταλικός εξπρεσιονισμός (fractal expressionism) ώστε να διαφοροποιηθούν οι καλλιτέχνες που χρησιμοποιούν τη γεωμετρία αυτή στα καλλιτεχνήματα τους από τη φράκταλ τέχνη που παράγεται χρησιμοποιώντας μαθηματικά μοντέλα και υπολογιστές.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η φράκταλ τέχνη μπορεί να θεωρηθεί μία εξελικτική τέχνη (evolutionary art) κατά την οποία ο καλλιτέχνης δεν φτιάχνει το έργο του, αλλά αφήνει το σύστημα να επιδράσει και να δώσει το δικό του αποτέλεσμα.

### 8.1. Προ – φρακταλική περίοδος

#### 8.1.1. Ποίηση

- Εκτός των ποιημάτων που ήδη έχουν παρατεθεί, σε έναν αιγυπτιακό πάπυρο Rhind με μαθηματικά παρουσιάζεται ένα πρόβλημα, το Νο 79, η δομή του οποίου, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε, ότι είναι φράκταλ.

*«Ένας Άρχοντας έχει μια έκταση γης με 7 σπίτια,*

*σε κάθε σπίτι υπάρχουν 7 γάτες,*

*κάθε γάτα ελέγχει 7 ποντίκια,*

*κάθε ποντίκι κλέβει 7 στάχυα,*

*κάθε στάχυ έχει 7 σπόρους:*

*πόσα πράγματα έχει στη κυριότητά του Ο Άρχοντας;»*

Εκ πρώτης όψης θα μπορούσαμε να λυθεί με τις δυνάμεις του 7, αλλά η πιο εύχρηστη λύση θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε fractal για την επίλυση του.

Παρόμοια προβλήματα διατυπώθηκαν και από το μαθηματικό *Moritz Cantor (1829-*1920) που στηρίχθηκε στου Ιταλού Leonardo Fibonacci (1175-1250), που στηρίχθηκε με τη σειρά του στον πάπυρο Rhind. Πιο συγκεκριμένα:

*"7 γυναίκες πηγαίνουν προς τη Ρώμη.*

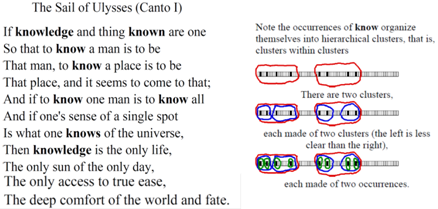
*Κάθε γυναίκα έχει 7 μουλάρια.*

*Κάθε μουλάρι μεταφέρει 7 σάκους.*

*Κάθε σάκος περιέχει 7 δέματα.*

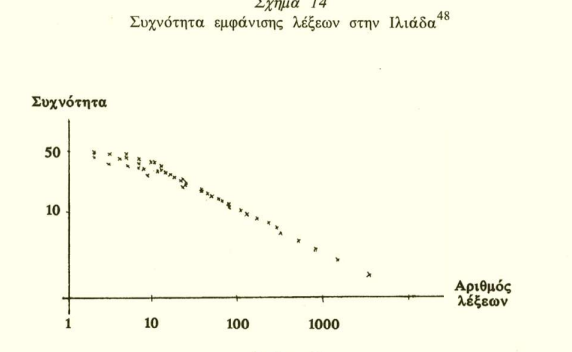
*Κάθε δέμα περιέχει 7 μαχαίρια και κάθε μαχαίρι έχει 7 θήκες.*

*Πόσες μονάδες βρίσκονται στο δρόμο προς τη Ρώμη ";[[35]](#footnote-35)*

* [](https://www.fractalart.gr/wp-content/uploads/2016/09/frac_15.png)Μία άλλη μορφή fractal δόμησης υποστηρίζετε ότι χρησιμοποιεί το ποίημα του Steven Wallace “ The Sail of Ulysses” από την ψυχολόγος και κριτικός της τέχνης L. Pollard-Gott. Το ποίημα όπως φαίνεται παρακάτω έχει αρκετές λέξεις με ρίζα το know που διασπείρονται στο κείμενο με τρόπο ιεραρχικό χρησιμοποιώντας – ηθελημένα ή άθελα του, ο ποιητής – τη δομή του συνόλου Cantor.

Εικόνα 0.1 Το ποίημα του S. Wallace και η δομή Καντόρ των λέξεων με ρίζα Know (Πηγή: <https://www.fractalart.gr/fractal-geometry/> )

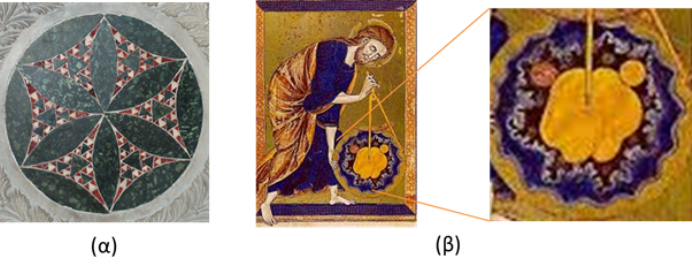
* Αρκετές μελέτες έκτοτε έδειξαν ότι λέξεις που νοηματοδοτούν το περιεχόμενο ενός κειμένου ή ποιήματος, όπως για παράδειγμα οι λέξεις κλειδιά και τα παράγωγα τους, είναι διασκορπισμένες με έναν fractal ιεραρχικό τρόπο που μπορεί να ποσοστικοποιηθεί.



Εικόνα 0.2Εικόνα 0.2 Συχνότητα εμφάνισης σημαντικών λέξεων στην Ιλιάδα. (Πηγή: Φωκάς Ν., πιθ. Κοιν. Ερευνών, 89-90, 1996, 124-15 )

#### 8.1.2. Ζωγραφική

- Το τρίγωνο του Sierpinski συναντάται σε πολλά δάπεδα των εκκλησιών του Μεσαίωνα της δυτικής εκκλησίας

[](https://www.fractalart.gr/wp-content/uploads/2016/09/frac_9.png)

Εικόνα 0.0.3 Δάπεδο καθεδρικού ναού Anangi (α) με το μοτίβο του τριγώνου του Sieprinski (β) εικόνα από χειρόγραφο του 12ου αιώνα με τον Χριστό ως δημιουργό του κόσμου. (Πηγή: https://www.fractalart.gr/fractal-geometry/)

[](https://www.fractalart.gr/wp-content/uploads/2016/09/frac_10.png)- Ο ζωγράφος Ιάπωνας Κοτσουσίκα Χοκουσάι ζωγραφίζοντας τα κύματα ή τις διακλαδώσεις ενός καταρράκτη χρησιμοποιεί μία τεχνική που παραπέμπει στην καμπύλη του Koch.

Εικόνα **0.4** Έργα του Χοκουσάι με φράκταλ κύματα και διακλαδώσεις καταρρακτών (Πηγή: https://www.fractalart.gr/fractal-geometry/)

### 8.2. Μετά – φρακταλική περίοδος

#### 8.2.1. Ποίηση

Μπορεί να είναι ποιήματα που έχουν μέσα τους κάποιες φράκταλ δομές με συνειδητό τρόπο όπως ο πάπυρος Rhind ή ποιήματα που αναφέρονται σε φράκταλ αντικείμενα και δομές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της δεύτερης κατηγορίας είναι ένα ποίημα του Raymond Lucas το 2012 με τον τίτλο Taken There.

A curve that fills a plane  
A plane that holds some space  
Some space outstretched through time  
A point reiterated indefinitely

Seen and misunderstood  
Fractal dimensions  
One inside another  
One containing the others

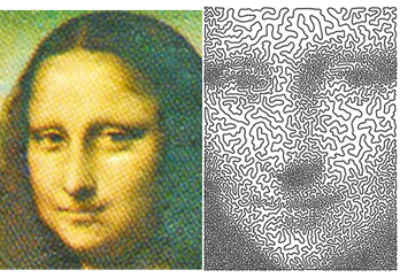
Iteration piled high  
And all the way down  
Illogical conclusions  
In logical delusions

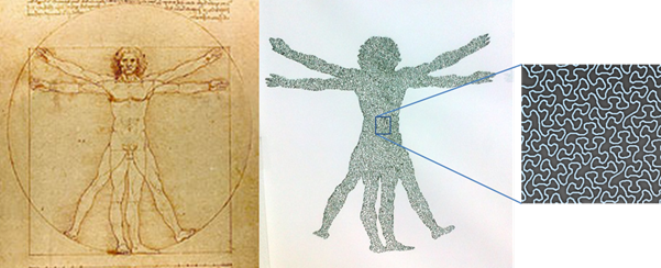
Again and again  
For good measure and scale  
One again until the end  
And then perhaps again

#### 8.2.2. Ζωγραφική

Για τη δημιουργία των φράκταλ στη νέα εποχή χρησιμοποιούνται, όπως ήδη αναφέρθηκε, οι δυνατότητες των υπερυπολογιστών, δίνοντας τους ως είσοδο συστήματα συναρτήσεων επαναλαμβανόμενα στο χρόνο, καμπύλες του χώρου, ελκυστές και διαγράμματα φάσεων.

Στα παρακάτω παραδείγματα έχουν δοθεί ως είσοδοι «Η Μόνα Λίζα» και «Ο άνθρωπος του Βιτρουβίου» και με επαναλαμβανόμενα συστήματα συναρτήσεων κατασκευάστηκαν τα έργα που φαίνονται παρακάτω.

[](https://www.fractalart.gr/wp-content/uploads/2016/09/frac_13.png)

[](https://www.fractalart.gr/wp-content/uploads/2016/09/frac_14.png)

Εικόνα 0.5 Η Μόνα Λίζα και ο άνθρωπος του Βιτρουβίου σε fractal μορφή (Πηγή: https://www.fractalart.gr/fractal-geometry/)

#### 8.2.3. Μουσική

Η δυνατότητα των φράκταλ, όπως ήδη αναφερθηκε, επεκτείνεται σε όλους τους τομείς. Έτσι και στη μουσική. Από τα πρώτα πράγματα που παρατηρήθηκαν ήταν ότι όλα τα αρχεία μουσικής, ακολουθούν πρότυπα της γεωμετρίας των φράκταλ και συγκεκριμένα περιέχουν «ροζ θόρυβο». Ο συγκεκριμένος θόρυβος βρίσκεται μέσα στο φάσμα του λευκού θορύβου και του καφέ. Ο λευκός αντιπροσωπεύει το πλήρες χάος και την αταξία ενώ ο καφέ παρουσιάζει μία ομαλή ροή και κάνει τον ήχο να ακούγεται σα μουσική.

Για να δημιουργηθεί φράκταλ μουσική και να πλησιάζει προς το λευκό θόρυβο χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές. Είτε αυτή του L-System, που δημιουργεί μία σειρά συμβόλων, που μπορεί να είναι σημειώσεις, συγχορδίες κ.α. και στη συνέχεια αντικαθιστούνται μέσω των αντίστοιχων κανόνων, είτε αυτή που μέσω της παραγωγής διαφόρων τυχαίων αριθμών, ξεκινώντας από μία ευθεία γραμμή και επαναλαμβάνοντας επανειλημμένα κάποια τμήματα της μέσω φράκταλ κίνησης (ροζ θορύβου) .

Η αλγοριθμική σύνθεση, με τον πιο απλό ορισμό, είναι όταν ένας συνθέτης χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για να κατασκευάσει ένα κομμάτι μουσικής. Ο κάθε αλγόριθμος χρειάζεται μία είσοδο δεδομένων και ένα αποτέλεσμα. Στην προκειμένη περίπτωση, ο Ιάννης Ξενάκης, αρχιτέκτονας και μουσικός, εξερεύνησε τη γεωμετρική και χημική υφής των νεφών και των γαλαξιών, διάφορες αποικίες εντόμων και φυσικά στοιχεία και έθεσε τις βάσεις για την εξερεύνηση της μουσικής μέσω των αρχών της Φρακταλ Γεωμετρίας, δίνοντας και ως είσοδο τέτοια δεδομένα.

*Η Στοχαστική μουσική είναι μια μέθοδος της σύγχρονης κλασικής σύνθεσης που αναπτύχθηκε αρχικά από τον Iάννη Ξενάκη στις αρχές της δεκαετίας του 1950 και περιγράφεται στο βιβλίο του Formalized Music. Η τεχνική αυτή προέκυψε από την κριτική του Ξενάκη για τον σειραϊσμό , ο οποίος στην οπτική του Ξενάκη αντικατέστησε τη φυσική αιτιότητα της τονικής μουσικής με την αφηρημένη αιτιότητα για να δημιουργήσει ατονική μουσική. Ωστόσο, ο Ξενάκης καταλήγει ότι αυτή η αιτιότητα δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή και αυτό που ο ακροατής ακούει είναι απλά μια τυχαία σειρά αποχρώσεων, που ο σειραϊσμός :“συνθλίβει κάτω από την πολυπλοκότητά του”[[36]](#footnote-36)*

Ο Ιάννης Ξενάκης κατασκεύαζε ηχητικά συμβάντα , τα οποία αποτελούνταν από ένα μεγάλο πλήθος μεμονωμένων ήχων, με βάση τους στοχαστικούς νόμους, τη θεωρία παιγνίων (στο Duel and Strategie), τη θεωρία ομάδων (Nomos Alpha) και τη Bool άλγεβρα (στο Herma και Eonta).

Το 1971 κυκλοφόρησε το Formalized Music (Τυποποιημένη Μουσική) ένα από τα σημαντικότερα θεωρητικά έργα της μουσικής του 20ου αιώνα. Στην μουσική σύνθεση η τεχνική των ηχητικών μαζών είναι το αποτέλεσμα τεχνικών σύνθεσης όπου η σημασία των βημάτων ελαχιστοποιείται , προτιμώντας την υφή , την δυναμική και την αίσθηση ως κυρίους διαμορφωτές της σύνθεσης. Έτσι επιτυγχάνεται μια σκίαση μεταξύ θορύβου και όλων των υπόλοιπων ήχων που διέπουν την σύνθεση [[37]](#footnote-37)

*Ο Ξενάκης έχει προτείνει επτά στάδια εργασίας για τη στοχαστική σύνθεση μουσικής [Xenakis 1992] :*

*i. Τιμές πλάτους ή διάρκειας που λαμβάνονται απευθείας από μια κατανομή πιθανότητας . (π.χ. ομοιόμορφη, Gaussian, εκθετική, Poisson).*

*ii. Συνδυασμός τυχαίων μεταβλητών μέσω συνάρτησης, όπως για παράδειγμα μέσω πρόσθεσης ή πολλαπλασιασμού*

*iii. Οι τυχαίες μεταβλητές είναι λειτουργίες άλλων μεταβλητών (π.χ. ελαστικές δυνάμεις, φυγόκεντρες δυνάμεις) ή άλλες τυχαίες μεταβλητές*

*iv. Οι τυχαίες μεταβλητές κινούνται μεταξύ δύο ελαστικών φραγμών που επαναφέρουν τις υπερβολικές τιμές πίσω στο φάσμα των ορίων*

*v. Οι παράμετροι μιας πιθανότητας λειτουργούν ως μεταβλητές άλλων λειτουργιών πιθανότητας.*

*vi. Συνδυασμοί λειτουργιών πιθανότητας (π.χ. γραμμική, πολυωνυμική) οδηγούν σε σύνθετες λειτουργίες (π.χ. διαμόρφωση).*

*vii. Κατηγοριοποίηση των λειτουργιών πιθανότητας μέσω τουλάχιστον τριών ειδών κριτηρίων όπως η σταθερότητα και τα χαρακτηριστικά καμπύλης [[38]](#footnote-38)*

## Επίλογος

*Η τύχη έχει τη δική της αιτία», λέει ο Πετρώνιος, όμως εμείς θα μπορούσαμε να ρωτήσουμε: ποια αιτία; Και τι είναι τύχη; Από που προέρχεται; Πόσο απρόβλεπτο είναι το μέλλον; Η φυσική και τα μαθηματικά δίνουν μερικές απαντήσεις σ’ αυτά τα ερωτήματα. Οι απαντήσεις είναι επιφυλακτικές και μερικές φορές προσωρινές, αλλά αξίζει να τις γνωρίζουμε.[[39]](#footnote-39)*

*Οι νέες επιστημονικές αντιλήψεις πάνω στη γεωμετρία του Χάους προξενούν μια αληθινή επανάσταση σε όλα τα τελευταία, όχι μόνο της επιστήμης αλλά και της τέχνης και της σκέψης γενικά. Στο χώρο της μουσικής π.χ. η γεωμετρία φράκταλ, με κατάλληλα προγράμματα στον ηλεκτρονικό μας υπολογιστή μπορούμε να μετασχηματιστούμε σε εικόνες, σχήματα και χρώματα, καμία μουσική που αντιστοιχεί σε μια φράκταλ δομή, όπως είναι για παράδειγμα η μουσική του Μπαχ. Συμβαίνει επίσης και το αντίστροφο, δηλαδή μετασχηματίζονται σε μουσικό ήχο καλλιτεχνικοί πίνακες τύπου φράκταλ, όπως για παράδειγμα η ζωγραφική του Βαν Γκογκ.*

*Οδεύουμε προς μια νέα Αισθητική αντίληψη όπου η Επιστήμη και η Τέχνη θα ήταν βαθιά εναρμονισμένες σ 'ένα άξεδιάλυτο Όλο μαζί με τη Φιλοσοφία.[[40]](#footnote-40)*

Το ερώτημα που παραμένει είναι μήπως η αυτο-ομοιότητα των βιωμάτων μας δεν είναι τελικά τίποτε λιγότερο ή περισσότερο από την τάξη μέσα στο επιφανειακό χάος της ζωής μας; Και μήπως τελικά η φράση κατ’ εικόνα και καθ’ ομοίωση είναι η τέλεια περιγραφή της αυτο-ομοιότητας που υπάρχει ακόμη και ανάμεσα στο θεϊκό και φυσικό σύστημα;

# Βιβλιογραφία:

*Συγγράμματα:*

Cheng, S. (2021). Research on Computer Generation Technology of Fractal Music. Journal of Physics: Conference Series. Published. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1915/4/042015>

Νικολόπουλος, Β. (2020). Στοχαστικά μοντέλα στο έργο του Ιάννη Ξενάκη : Μουσικολογικά και μαθηματικά ζητήματα.

Κούλουρης, Α. (2017). ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΟΥ ΧΑΟΥΣ. <http://aveloni.daidalos.teipir.gr>

Γεώργαλη, Ε., & Κρομμύδα, Β. (2015). Οι θεωρίες του χάους και της πολυπλοκότητας στο σχεδιασμό του χώρου. https://www.researchgate.net/publication/282362584\_Oi\_theories\_tou\_chaous\_kai\_tes\_polyplokotetas\_sto\_schediasmo\_tou\_chorou

Κοκολάκη, Κρητικού, & Κολιακουδάκη. (2015). Φράκταλ στη Μουσική [Slides]. SlideShare. <https://www.slideshare.net/xpapas/project-49769260>

1o ΓΕΛ Πτολεμαϊδας. (2015). *Η μαγεία των φράκταλ* [Slides]. SlidePlayer. https://slideplayer.gr/slide/2629769/

Golestani, A., Gras, R. Can we predict the unpredictable?. Sci Rep **4,**6834 (2014). https://doi.org/10.1038/srep06834

Το χάος και η σχετικότητα στον Πουανκαρέ. (2012). https://www.pemptousia.gr/

Βενετικού, Μ. (2011). Ντετερμινισμός και ελεύθερη βούληση Είναι δυνατόν να ζούμε σε ντετερμινιστικό κόσμο και όμως να αποφασίζουμε ελεύθερα. Τεχνολογικά Χρονικά, 28.

Mesquita, B. B. (2011). Το παιχνίδι της πρόβλεψης (1st ed.). Ποιότητα

Βεργίδης, Θ. (2010). ΦΡΑΚΤΑΛ ΚΑΙ ΧΑΟΣ ΣΤΗ ∆ΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙ∆ΕΥΣΗ.

Συριόπουλος Κ., Λεοντίτσης Α., (2000). Χάος, Ανάλυση και πρόβλεψη χρονοσειρών, , ΑΝΙΚΟΥΛΑ

Peat, F. D., & Briggs, J. (1999). Μια αιρετική άποψη για το ΧΑΟΣ στην καθημερινή μας ζωή. ΤΡΑΥΛΟΣ.

SOLOMYAK, B. (1998). Measure and dimension for some fractal families. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 124(3), 531-546. doi:10.1017/S0305004198002680

Φωκάς, Ν. (1996). Μπορούμε πράγματι να το προβλέψουμε; Ντετερμινισμός, χάος, πρόβλεψη- Εφαρμογές ενός νέου μοντέλου των θετικών επιστημών στη μελέτη της κοινωνίας. Επιθεώρηση Κοινωνικών Ερευνών, 89, 124–155. Published. https://doi.org/10.12681/grsr.690

Ruelle, D. (1991). ΤΥΧΗ ΚΑΙ ΧΑΟΣ (2nd ed.). ΤΡΑΥΛΟΣ.

L. Pollard-Gott, (1989). Fractal repetition in the poetry of Wallace Stevens, Language and Style 19, 233-249

Θεοδοσίου, Θ. Aπό τις απόψεις περί του χάους της αρχαίας ελληνικής φιλοσοφίας, στη θεωρία του χάους της σύγχρονης φυσικής

*Ιστοσελίδες:*

<https://www.fractalart.gr/fractal-geometry/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Fractal_art>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_art>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Fractal_expressionism>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%99%CE%AC%CE%BD%CE%BD%CE%B7%CF%82_%CE%9E%CE%B5%CE%BD%CE%AC%CE%BA%CE%B7%CF%82>

<https://fahrenheitmagazine.com/el/%CF%84%CE%AD%CF%87%CE%BD%CE%B7/%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CF%84%CE%AD%CF%87%CE%BD%CE%B7/%CF%84%CE%BF-%CE%BF%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%BF-%CF%87%CE%AC%CE%BF%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%86%CF%81%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B1%CE%BB-%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82#view-1>

1. *Peat, F. David, & Briggs, John. (1999)* [↑](#footnote-ref-1)
2. *Φωκάς Ν., πιθ. Κοιν. Ερευνών, 89-90, 1996, 124-155* [↑](#footnote-ref-2)
3. *Ησίοδος, 8ος π.Χ* [↑](#footnote-ref-3)
4. [*γερμανική*](https://el.wiktionary.org/wiki/%CE%B3%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC)*[Determinismus](https://el.wiktionary.org/w/index.php?title=Determinismus&action=edit&redlink=1" \o "Determinismus (δεν έχει γραφτεί ακόμα - αν θέλετε, μπορείτε να το γράψετε εσείς)) <*[*λατινική*](https://el.wiktionary.org/wiki/%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC)*[determino](https://el.wiktionary.org/wiki/determino" \l "%CE%9B%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC_(la)" \o "determino)* [↑](#footnote-ref-4)
5. *Περί ζώων γενέσεως, 789β 2*  [↑](#footnote-ref-5)
6. *Τίτος Λουκρήτιος Κάρος (Titus Lucretius Carus, 94 π.Χ. - 15 Οκτωβρίου 55 π.Χ.),* [*Ρωμαίος*](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CF%89%CE%BC%CE%B1%CE%AF%CE%BF%CE%B9)[*ποιητής*](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7)*και*[*φιλόσοφος*](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%B9%CE%BB%CE%BF%CF%83%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%B1) [↑](#footnote-ref-6)
7. *De rerum naturae, Τίτος Λουκρήτιος* [↑](#footnote-ref-7)
8. *Απόσπασμα από το βιβλίο: “Φυσική για ποιητές” του Robert March* [↑](#footnote-ref-8)
9. *Henri Poincaré:* [*Γάλλος*](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%AF%CE%B1)[*μαθηματικός*](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82)*και*[*θεωρητικός φυσικός*](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE) [↑](#footnote-ref-9)
10. *αφηρημένος μαθηματικός χώρος* [↑](#footnote-ref-10)
11. *Henri Poincaré* [↑](#footnote-ref-11)
12. *Ανεστίδης κ.ά, 2012* [↑](#footnote-ref-12)
13. *Μπούντης, 2012α* [↑](#footnote-ref-13)
14. *I. Szilägyi* [↑](#footnote-ref-14)
15. *Συριόπουλος Κ., Λεοντίτσης Α., Χάος, Ανάλυση και πρόβλεψη χρονοσειρών, (2000), ΑΝΙΚΟΥΛΑ* [↑](#footnote-ref-15)
16. *Edward Lorentz* [↑](#footnote-ref-16)
17. *Mitchel Feigenbaum* [↑](#footnote-ref-17)
18. *A. Libchaber και M. Maurer, 1979* [↑](#footnote-ref-18)
19. *John Maynard Keynes, οικονομολόγος* [↑](#footnote-ref-19)
20. *διαδικασία επαναλαμβανόμενη γίνεται μία νέα δομή* [↑](#footnote-ref-20)
21. *L.F. Richardson, 1961* [↑](#footnote-ref-21)
22. *Reynoso, 2004* [↑](#footnote-ref-22)
23. *Gai, 2012* [↑](#footnote-ref-23)
24. *Peat, F. David, & Briggs, John., 1999* [↑](#footnote-ref-24)
25. *Mesquita, B. B. (2011). Το παιχνίδι της πρόβλεψης (1st ed.). Ποιότητα.* [↑](#footnote-ref-25)
26. *Φωκάς Ν., πιθ. Κοιν. Ερευνών, 89-90, 1996, 124-155* [↑](#footnote-ref-26)
27. *Κ. Popper* [↑](#footnote-ref-27)
28. *Κ. Popper* [↑](#footnote-ref-28)
29. *Φωκάς Ν., πιθ. Κοιν. Ερευνών, 89-90, 1996, 124-155* [↑](#footnote-ref-29)
30. *Φωκάς Ν., πιθ. Κοιν. Ερευνών, 89-90, 1996, 124-155* [↑](#footnote-ref-30)
31. [*Τσέχος*](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%83%CE%B5%CF%87%CE%AF%CE%B1)*συγγραφέας με γαλλική υπηκοότητα* [↑](#footnote-ref-31)
32. *Braudel* [↑](#footnote-ref-32)
33. *Bibó* [↑](#footnote-ref-33)
34. # *Διαχωρισμός των δύο περιόδων του Κωνσταντούδη Βασίλη, στο άρθρο του «Επιστήμη και Τέχνη: Η περίπτωση της φράκταλ γεωμετρίας» , https://www.fractalart.gr/fractal-geometry/*

    [↑](#footnote-ref-34)
35. *Η Χρήση του αριθμού 7 δεν είναι τυχαία, καθώς θεωρείται ένας μαγικός αριθμός. 7 μέρες τις εβδομάδας, 7 θαύματα του κόσμου κ.ο.κ.*  [↑](#footnote-ref-35)
36. Wołkowicz, , Kulka, , Kešelj 2007 [↑](#footnote-ref-36)
37. Brigitte, 1997 [↑](#footnote-ref-37)
38. *Luque Sergio , 2006, 77-84* [↑](#footnote-ref-38)
39. *Ruelle, D. (1991). ΤΥΧΗ ΚΑΙ ΧΑΟΣ (2nd ed.). ΤΡΑΥΛΟΣ* [↑](#footnote-ref-39)
40. *Βεργίδης, Θ., (2010). ΦΡΑΚΤΑΛ ΚΑΙ ΧΑΟΣ ΣΤΗ ∆ΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙ∆ΕΥΣΗ* [↑](#footnote-ref-40)