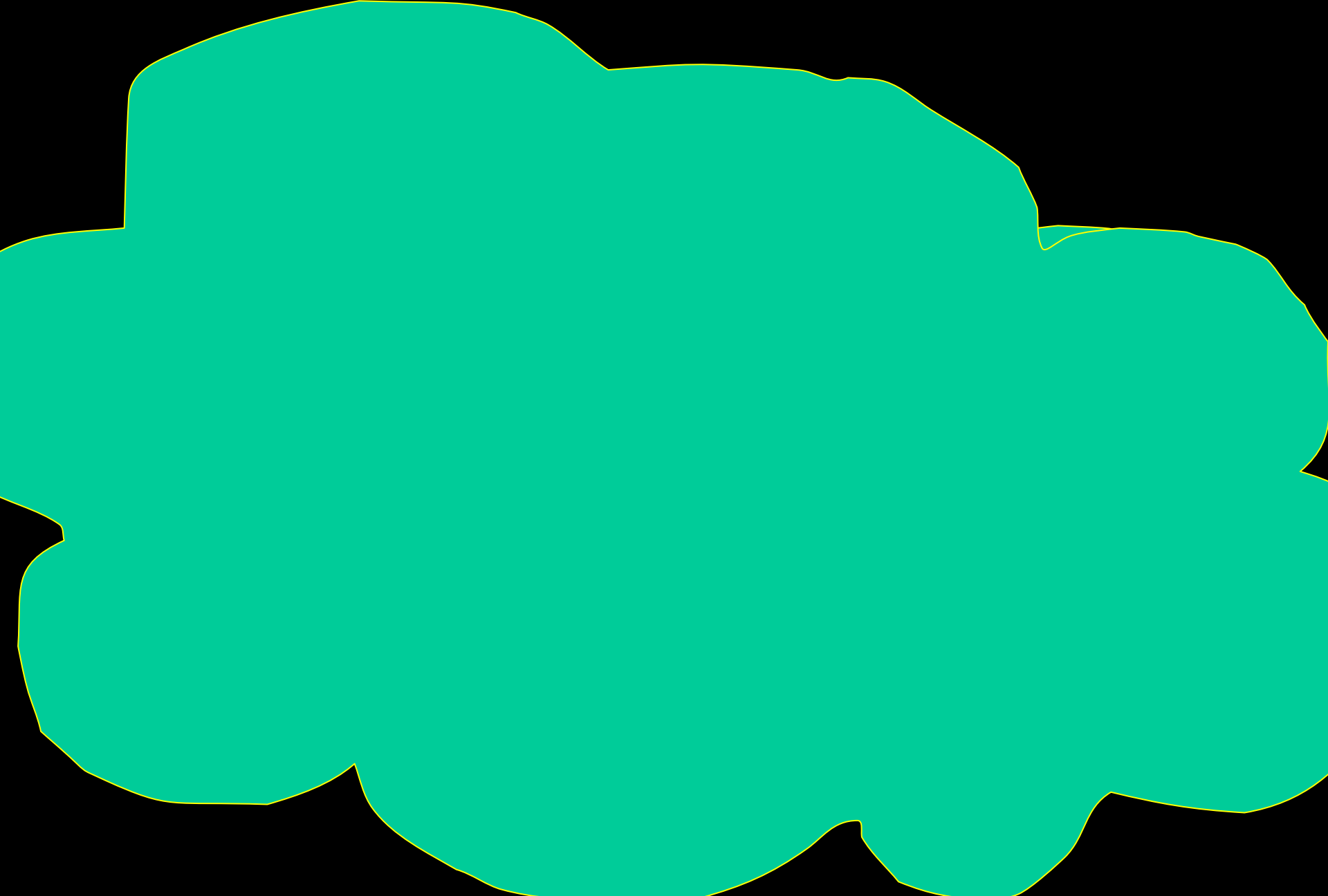


Το Διαδίκτυο ως ερευνητικό αντικείμενο

Χρίστος Χ. Παπαδημητρίου

“christos”





Το Διαδίκτυο

- Τεράστιο, “ανοικτό”, “end-to-end”
- Κορυφαίος παράγων οικονομικής ανάπτυξης
- Το σπίτι του www
- “It wants to be free”
 - ελεύθερο
 - ανεξάρτητο και μη κρατικό
 - αχαλίνωτο κι ατίθασσο
 - τζάμπα

Το Διαδίκτυο (συν.)

- Το κτίζουν και το εκμεταλλεύονται 20,000 εταιρείες
- Το πρώτο υπολογιστικό αντικείμενο που πρέπει να το μελετήσουμε με την επιστημονική μέθοδο
 - παρατηρήσεις
 - πειράματα
 - διεψεύσιμες θεωρίες
 - ειδικευμένα εφαρμοσμένα μαθηματικά
 - Θεωρία παιγνίων, γραφοθεωρία, αλγόριθμοι

Αλλά γιατί;

- Συναρπαστικό αντικείμενο με πολλά μυστήρια
- Το Διαδίκτυο δεν είναι “τελικό προϊόν” -- βρίσκεται διηνεκώς σε “βήτα”
- Τρέχουν σοβαρές προσπάθειες ανασχεδιασμού
- Χ.Π.: έρευνα και πολιτική

Τα παίγνια είναι νοητικά πειράματα που μας βοηθούν να καταλάβουμε την συμπεριφορά ορθολογικών ιδιοτελών πραττόντων σε καταστάσεις σύγκρουσης

Το πέναλτυ

1,-1	-1,1
-1,1	1,-1

Η διασταύρωση

0,0	0,1
1,0	-1,-1

Οι κρατούμενοι

3,3	0,4
4,0	1,1

Ισορροπία κατα Nash

- Όλοι κάνουν το καλύτερο δυνατό (δεδομένοι του τι κάνουν όλοι οι άλλοι)
- Πρόβλημα 1: Συχνά δεν υπάρχει Θεώρημα (Nash 1951): Πιθανοτική ισορροπία κατά *υπάρχει*
- Πρόβλημα 2: Συχνά υπάρχουν πολλές



Εξερευνώντας τις πολλαπλές ισορροπίες: Το τίμημα της αναρχίας

[Κουτσοπιιάς-ΧΠ, 1997]

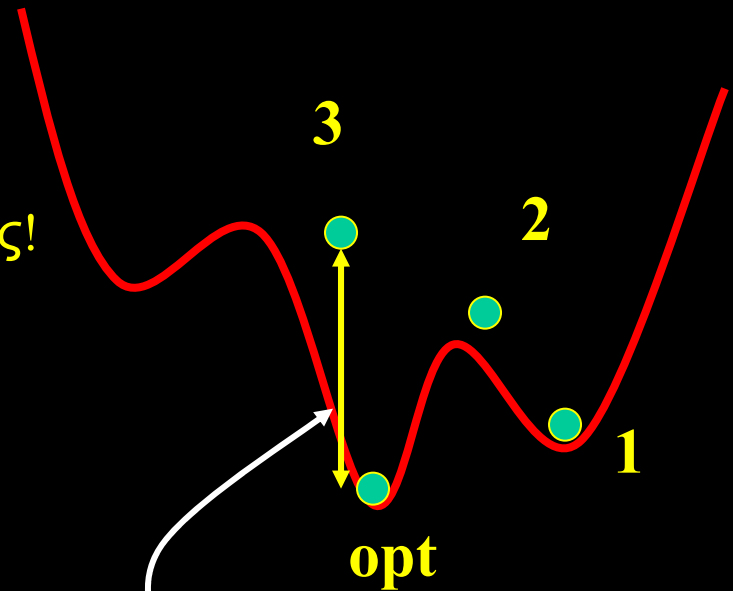
τ. της \textcircled{A} =

κόστος της χειρότερης ισορροπίας

κόστος του κοινωνικά βέλτιστου

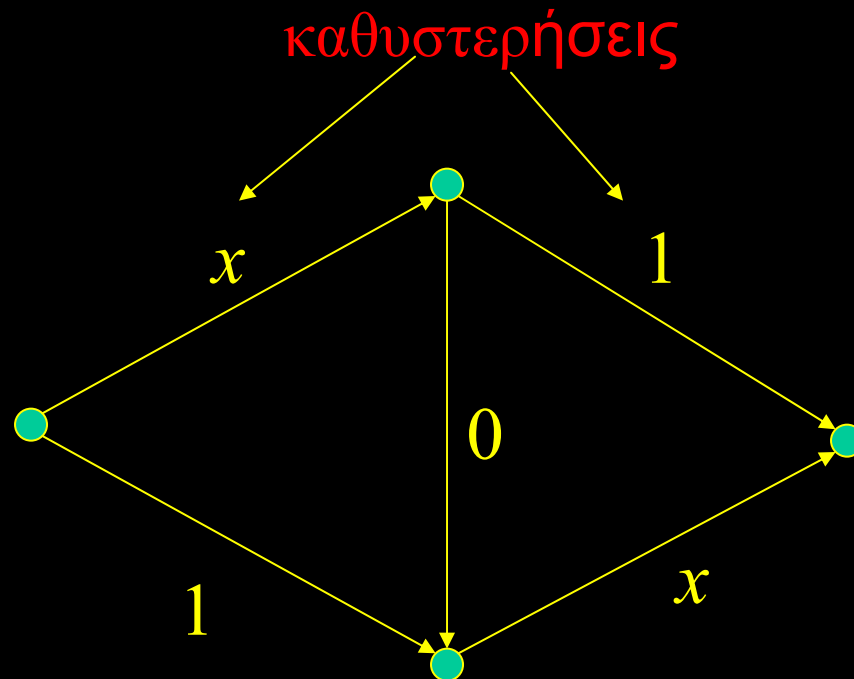
“Ο τρίτος συμβιβασμός”

1. Η πολυπλοκότητα μας αναγκάζει να προσεγγίζουμε
2. Μας λείπουν πληροφορίες, συνεπώς αποφασίζουμε “στο φτερό” ή χώρια
3. Οι λήπτες αποφάσεων συχνά έχουν συγκρουόμενους αντικειμενικούς σκοπούς!



“τίμημα
της αναρχίας”
9

Η ιδιοτέλεια πληρώνεται...



Κοινωνικά
βέλτιστο: 1.5

Ιδιοτελής
ισορροπία: 2

...αλλά εντός λογικών ορίων

$$\tau. \text{ της } \textcircled{A} = 4/3$$

[Roughgarden and Tardos, 2000]

Το τίμημα της αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου?

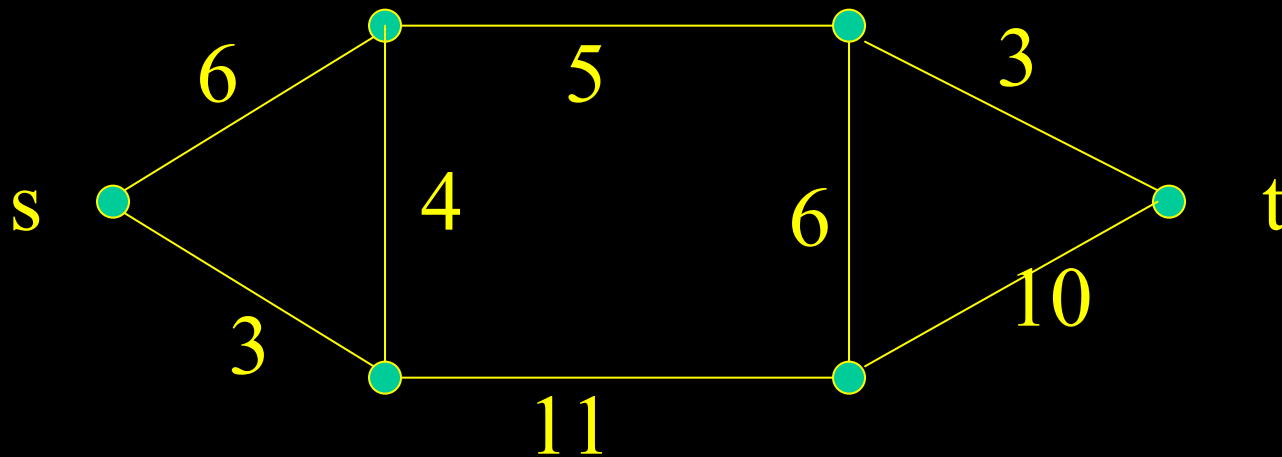
Οικονομικοί μηχανισμοί (ή *αντίστροφη παιγνιοθεωρία*)

- Οι ακριβείς αντικειμενικοί στόχοι των παικτών δεν είναι γνωστοί
- Το σχεδιαζόμενο παίγνιο (μηχανισμός) έχει ως ισορροπία το κοινωνικώς βέλτιστο -- *όποιοι και να' ναι οι στόχοι των παικτών*
- Βασική ιδέα: δωροδοκούμε τους παίκτες για να πουν την αλήθεια

π.χ., πλειστηριασμός κατά Vickrey

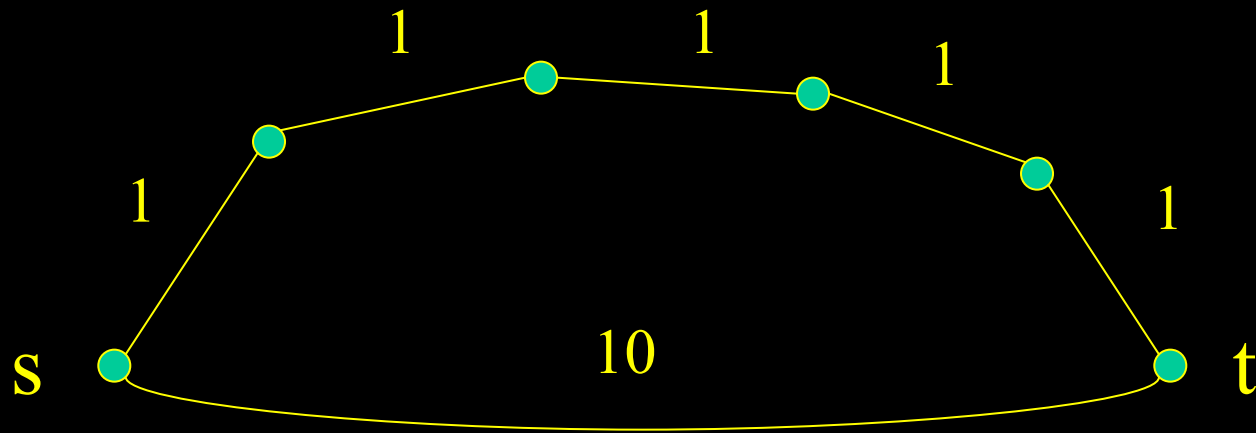
- Ο πλειστηριασμός με ενσφράγιστες προσφορές ενθαρρύνει τη “σπέκουλα”
- Vickrey: Η υψηλότερη προσφορά κερδίζει, αλλά πληρώνει την δεύτερη ψηλότερη προσφορά
- Οι συμμετέχοντες έχουν κίνητρο να αποκαλύψουν την αληθινή αξία:
“Αληθής μηχανισμός”

Πλειστηριασμός συντομότερου μονοπατιού



Πλήρωσε στην e το κόστος $c(e)$ που δήλωσε, συν ένα δώρακι: $\text{dist}(s,t)|_{c(e)=\infty} - \text{dist}(s,t)$

Πρόβλημα:



Θεώρημα [Elkind, Sahai, Steiglitz 2003]: Κάθε αληθής μηχανισμός απαιτεί μεγάλα κίνητρα.

Αλλά...

- ...στο πραγματικό Διαδίκτυο, πειράματα δείχνουν ότι οι επιπλέον πληρωμές είναι περίπου 30% κατά μέσον όρο [FPSS 2002]
- Μήπως αυτό είναι το αποτέλεσμα συνειδητής αντιμονοπωλιακής μέριμνας κατά τον σχεδιασμό του Διαδικτύου;

Οχι βέβαια...

- **Θεώρημα** [Μιλένα Μιχαήλ, Χ.Π., Saberi 2003]: Σε ένα τυχαίο γράφο με μέσο βαθμό δ , οι επιπλέον πληρωμές είναι περίπου $1/\delta$

Παρεμπιπτόντως: Πως αυξάνεται η κυκλοφορία;

- Δένδρα: n^2
- Διαστολείς (expanders): $\sim n$
- Το Διαδίκτυο?

Θεώρημα (Μιχαήλ, Χ.Π., και Saberi 2003):

Αραιά τυχαία γραφήματα “άνευ κλίμακος” (scale-free, Internet-like) είναι σχεδόν πάντα διαστολείς

Να θυμηθούμε

Θεώρημα (Nash 1951): Πιθανοτική ισορροπία κατά Nash πάντα υπάρχει

- Πρόβλημα: Αλλά πώς την βρίσκουμε;
- Πολλοί αλγόριθμοι, όλοι εκθετικοί
- Μήπως είναι NP-πλήρες;
- *Όχι, διότι πάντα υπάρχει λύση*

Αλλά γιατί;

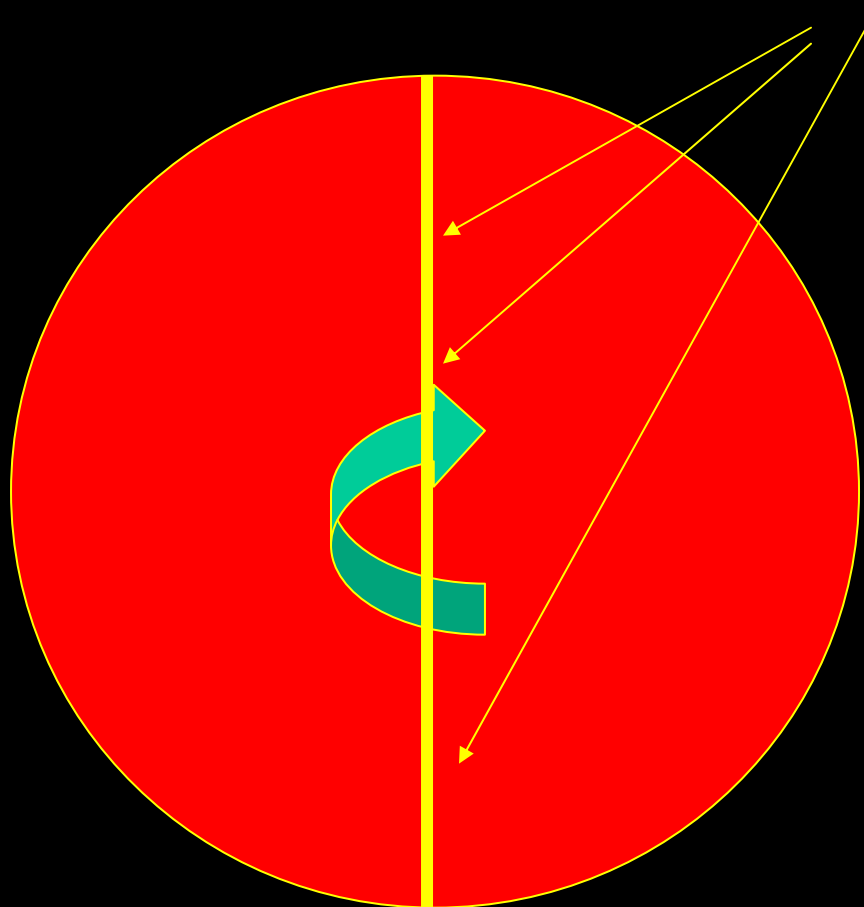
- Μια ισορροπία είναι πρόβλεψη ορθολογιστικής στρατηγικής συμπεριφοράς
- Αν δεν μπορούμε να την υπολογίσουμε εντός λογικών χρονικών ορίων, χάνει πολύ σε πειστικότητα

“Αν δεν μπορεί να το βρεί το λάπτοπ σου, ούτε και η αγορά θα μπορέσει να το βρεί”

Πως το απέδειξε ο Nash;

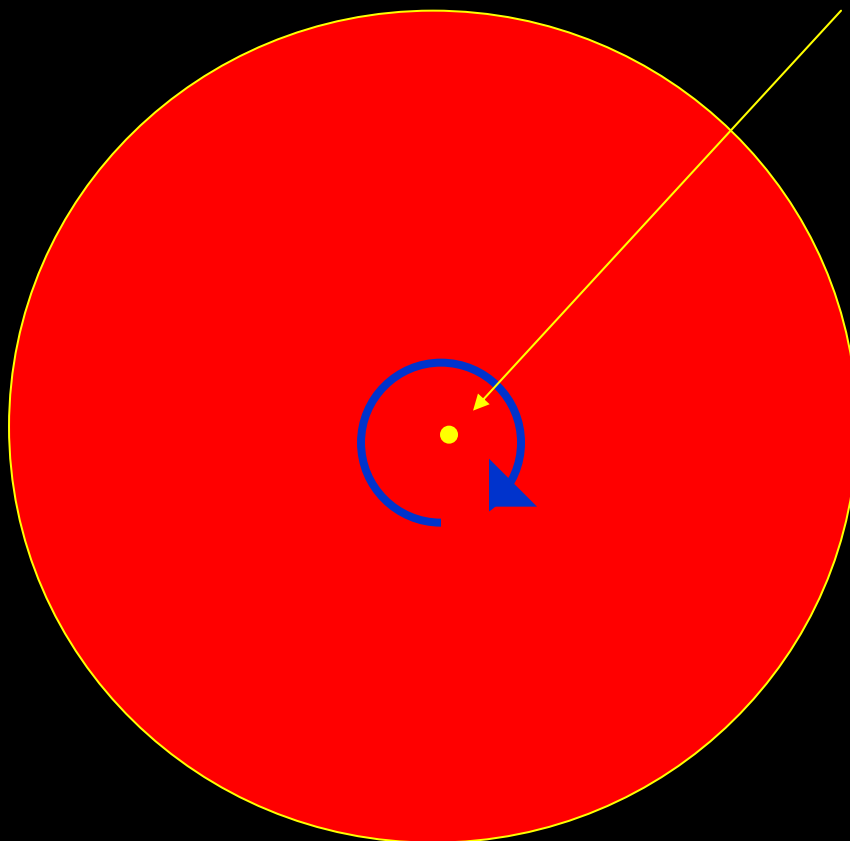
- Στηρίχθηκε στο Θεώρημα του Brouwer
- Για αυτό είναι γνωστό ότι είναι δύσκολο να βρεθεί λύση

Θεώρημα Brouwer: Κάθε συνεχής συνάρτηση από τον κύκλο στον εαυτό του έχει σταθερό σημείο

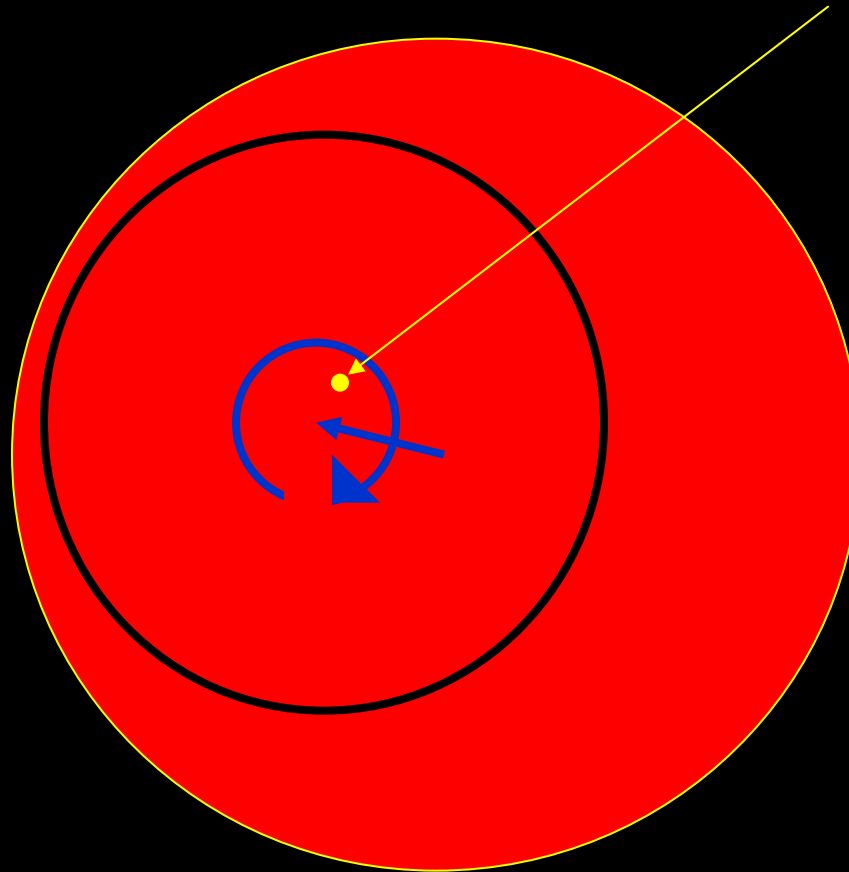


Αναποδογύρισμα;

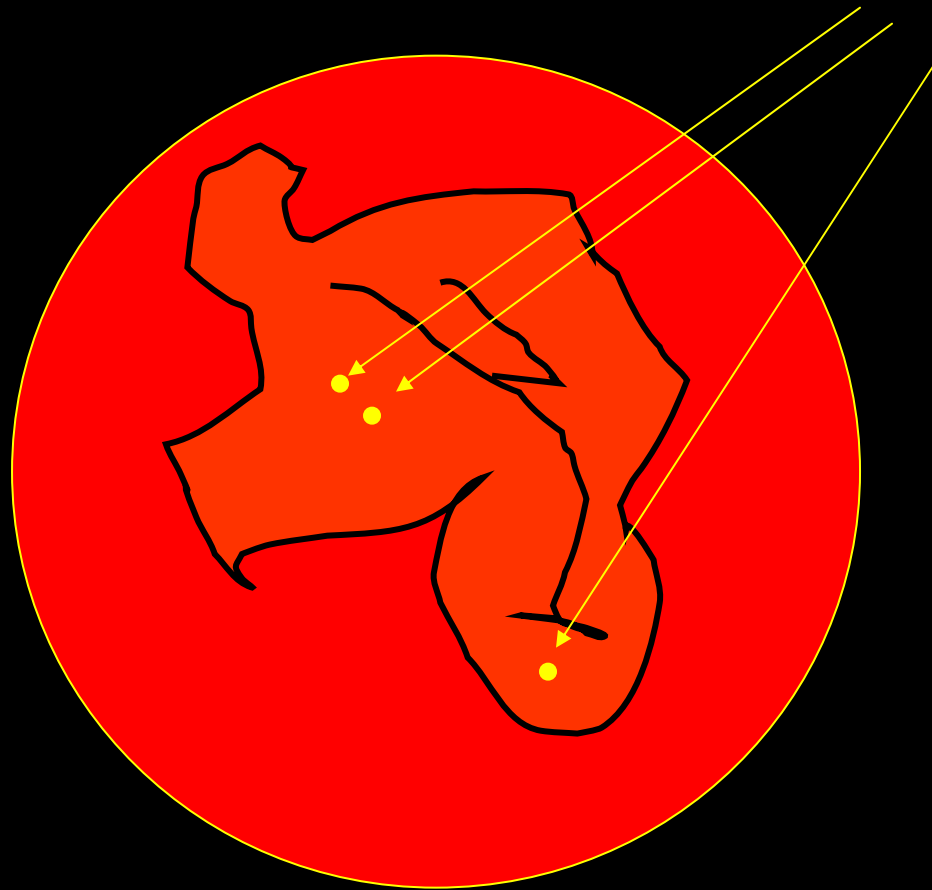
Περιστροφή;



συστολή,
περιστροφή
και μεταφορά;



Τσαλάκωμα και κόλλημα;



Πως το απέδειξε ο Nash;

- Στηρίχθηκε στο Θεώρημα του Brouwer
 - Για αυτό είναι γνωστό ότι είναι δύσκολο να βρεθεί λύση
 - Αλλά είναι το πρόβλημα της ισορροπίας εξ ίσου δύσκολο;
- Θεώρημα [Δασκαλάκης-Goldberg-Χ.Π., 2006]: Ναι!

Επομένως....



Brouwer \equiv Nash

Game over!

Λοιπον...

- Η μελέτη του Διαδικτύου είναι ένα βασικό, βαθύ, όμορφο και συναρπαστικό πρόβλημα που φαίνεται ότι απαιτεί την ανάπτυξη μιας νέας ερευνητικής περιοχής στα σύνορα μεταξύ Πληροφορικής, Γραφοθεωρίας και Θεωρίας Παιγνίων
- Πολλή πρόσφατη πρόοδος
- Πάμπολλα ανοικτά προβλήματα!

Ευχαριστώ ΠΟΛΥ!

“christos”

