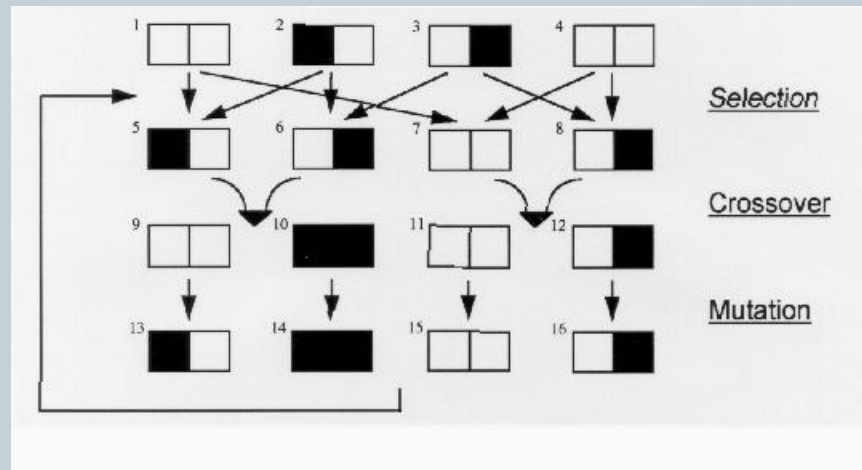
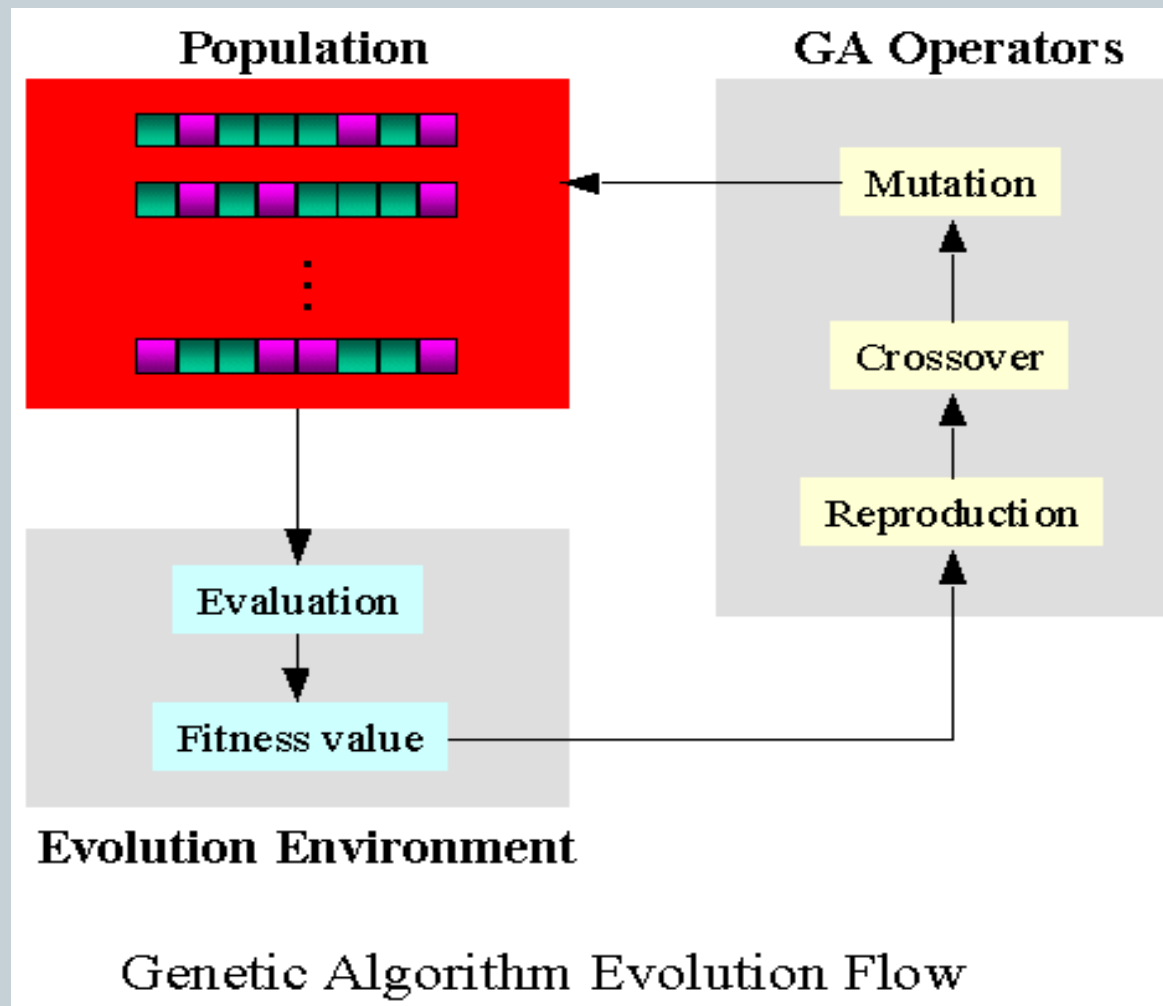


- **ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΙΙ**
- **(ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ - ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ)**
- *Κεφάλαιο 4*



# Περιεχόμενα Σημερινής Διάλεξης

- Τελεστής Επιλογής
- Τελεστής Διασταύρωσης
- Τελεστής Μετάλλαξης
- Κριτήρια τερματισμού γενετικού αλγορίθμου
- Βασικές Παράμετροι του γενετικού αλγορίθμου



# Ο Τελεστής Επιλογής (Selection Operator)

- Η Επιλογή συνιστά ένα σημαντικό μέρος του ΓΑ.
- Χρωμοσώματα επιλέγονται από τον πληθυσμό για να γίνουν γονείς και να διασταυρωθούν.
- Το πρώτο βήμα είναι η **ανάθεση μιας τιμής καταλληλότητας**. Κάθε μια ατομικότητα λαμβάνει μια πιθανότητα αναπαραγωγής ανάλογα με την αντικειμενική αξία (τιμή καταλληλότητας) και την αντικειμενική αξία όλων των άλλων οντοτήτων.
- Αυτή η ικανότητα κατόπιν, χρησιμοποιείται για το πραγματικό βήμα επιλογής.

# Ο Τελεστής Επιλογής (Selection Operator)

- Ο τελεστής Επιλογής υλοποιείται σαν μια σταθμισμένη επιλογή, αφού τα χρωμοσώματα με μεγαλύτερο fitness έχουν μεγαλύτερη ευκαιρία να επιλεγούν.
- Τα καλύτερα δηλαδή, θα πρέπει να επιζήσουν και να δημιουργήσουν απογόνους.
- Είναι λοιπόν δυνατόν, ένα χρωμόσωμα να επιλεγεί περισσότερες της μιας φορές, ή και καθόλου.

# Κανόνες Συγκρισης Διαφορετικών Σχεδίων Επιλογής

- **Πίεση Επιλογής:** Η πιθανότητα Επιλογής της καλύτερης οντότητας έναντι της μέσης πιθανότητας Επιλογής όλων των οντοτήτων
- **Προκατάληψη:** Η απόλυτη διαφορά μεταξύ της κανονικοποιημένης ικανότητας ενός ατόμου και της αναμενόμενης πιθανότητας αναπαραγωγής του
- **Πλάτος:** Η κλίμακα της πιθανής αξίας των απογόνων μιας οντότητας
- **Απώλεια ποικιλομορφίας:** Το ποσοστό των οντοτήτων ενός πληθυσμού που δεν επιλέγονται κατά τη διάρκεια της Επιλογής
- **Ένταση Επιλογής:** Η αναμενόμενη μέση αξία ικανότητας του πληθυσμού μετά την εφαρμογή μιας μεθόδου Επιλογής στην Κανονική Gaussian κατανομή
- **Διακύμανση Επιλογής:** Η αναμενόμενη διαφορά της κατανομής ικανότητας στον πληθυσμό μετά από την εφαρμογή μιας μεθόδου Επιλογής στην Κανονική Gaussian κατανομή

# Κανόνες Συγκρισης Διαφορετικών Σχεδίων Επιλογής

## A Comparison of Selection Schemes used in Genetic Algorithms

Tobias Blickle and Lothar Thiele

Computer Engineering and Communication Networks Lab (TIK)

Swiss Federal Institute of Technology (ETH)

Gloriastrasse 35, 8092 Zurich

Switzerland

{blickle,thiele}@tik.ee.ethz.ch

TIK-Report

Nr. 11, December 1995

Version 2

(2. Edition)

# Διαδικασία Επιλογής

- Για την υλοποίηση της διαδικασίας της Επιλογής υπάρχουν πάρα πολλές μέθοδοι όπως η **Ρουλέτα (Roulette Wheel Selection)**, η **Ταξινομημένη Επιλογή (Rank Selection)**, η **Επιλογή Πρωταθλημάτων - Τουρνουά (Tournament Selection)**, η **Σταθερής Κατάστασης Επιλογή (Steady State Selection)** και πολλές άλλες.



# Η Ρουλέτα (Roulette Wheel Selection)

- Το απλούστερο Σχήμα Επιλογής είναι η Ρουλέτα, αποκαλούμενη επίσης και ως Στοχαστική Δειγματοληψία με Αντικατάσταση. Η Ρουλέτα είναι ένας στοχαστικός αλγόριθμος και περιλαμβάνει την ακόλουθη τεχνική:
- Όλες οι οντότητες κάθε πληθυσμού χαρτογραφούνται στα παρακείμενα τμήματα μιας γραμμής, έτσι ώστε το τμήμα κάθε ατόμου να είναι ίσο με το μέγεθος της καταλληλότητάς του.
- Τότε παράγεται ένας τυχαίος αριθμός και το άτομο τμήμα του οποίου εκτείνεται στον τυχαίο παραγόμενο αριθμό, επιλέγεται. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιλεγεί ο επιθυμητός αριθμός οντοτήτων που θα συμμετάσχουν στην αναπαραγωγική διαδικασία (αποκαλούμενος και Πληθυσμός Ζευγαρώματος – Mating Population).

# Η Ρουλέτα (Roulette Wheel Selection)

- Στον Πίνακα παρουσιάζονται οι Πιθανότητες Επιλογής για τις 11 οντότητες ενός πληθυσμού, μαζί με την Τιμή καταλληλότητας.

Αριθμός Ατόμων	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Τιμή Καταλληλότητας	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0
Πιθανότητα Επιλογής	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.03	0.02	0.00

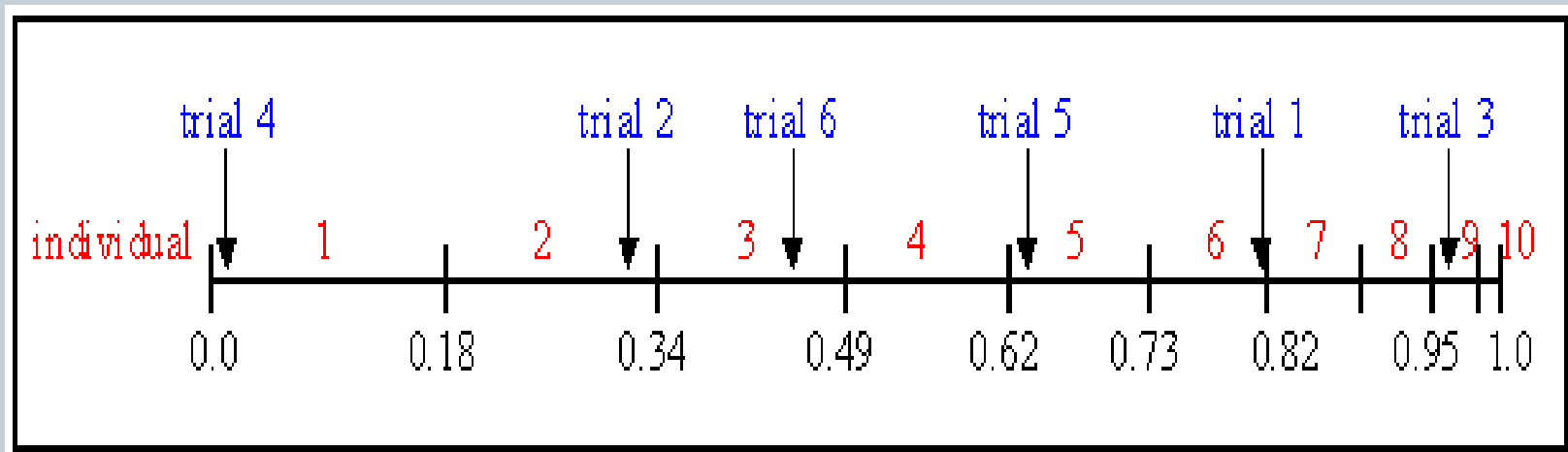
# Η Ρουλέτα (Roulette Wheel Selection)

- Για την Επιλογή του Πληθυσμού Ζευγαρώματος, ο ζητούμενος αριθμός των ομοιόμορφα κατανεμημένων τυχαίων αριθμών (ομοιόμορφα κατανεμημένων στο διάστημα ) παράγεται ανεξάρτητα.
- Έστω οι 6 τυχαίοι αριθμοί (Ομοιόμορφα και ανεξάρτητα κατανεμημένοι στο  $[0,1]$ ):

<b>0.81</b>	<b>0.32</b>	<b>0.96</b>	<b>0.01</b>	<b>0.65</b>	<b>0.42</b>
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

# Η Ρουλέτα (Roulette Wheel Selection)

Στο σχήμα παρουσιάζεται η διαδικασία Επιλογής των οντοτήτων για τον πληθυσμό του Πίνακα μαζί με τις ανωτέρω δοκιμές δειγμάτων.



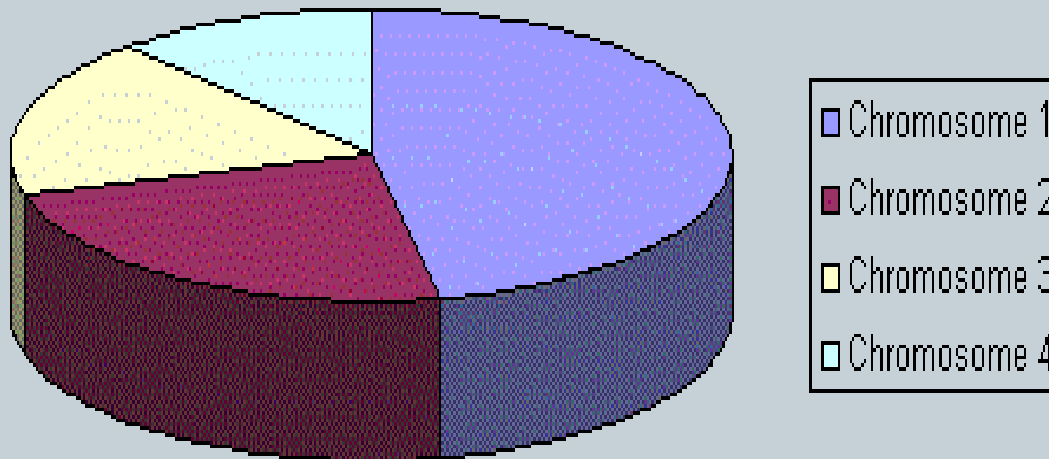
# Η Ρουλέτα (Roulette Wheel Selection)

- Μετά από την επιλογή του πληθυσμού ζευγαρώματος, αυτός αποτελείται από τις οντότητες:
- 1, 2, 3, 5, 6, 9
- Αυτή η τεχνική Επιλογής είναι ανάλογη με μια ρόδα Ρουλέτας, με κάθε φέτα ανάλογη της τιμής καταλληλότητας κάθε οντότητας του πληθυσμού.
- Έτσι, στη Ρουλέτα είναι τοποθετημένα όλα τα χρωμοσώματα, λαμβάνοντας μέρος ίσο με την πιθανότητα:

$$P_{Get(A_j)} = Fit(A_j) / Fit(\sum A_i)$$

# Η Ρουλέτα (Roulette Wheel Selection)

Η Ρουλέτα έχει την παρακάτω μορφή:



Έπειτα, ρίχνεται ένας βόλος και επιλέγει το χρωμόσωμα. Φυσικά, το χρωμόσωμα με το μεγαλύτερο fitness θα επιλεγεί και περισσότερες φορές.

# Υλοποίηση Ρουλέτας μέσω αλγορίθμου

- **1. [Άθροισμα]** Υπολογίζεται το άθροισμα  $S$  όλων των fitness τιμών των χρωμοσωμάτων του πληθυσμού.
- **2. [Επιλογή]** Γέννησε τυχαία αριθμό  $r$  από το διάστημα  $(0, S)$
- **3. [Επανάλαβε]** Διατρέχεται όλος ο πληθυσμός και αθροίζεται fitness τιμών των χρωμοσωμάτων του πληθυσμού από το μηδέν στο  $S$ .
- 4. Όταν το  $S$  είναι μεγαλύτερο του  $r$ , σταμάτα και επέστρεψε το χρωμόσωμα στο οποίο είσαι.
- Φυσικά, το βήμα 1 υλοποιείται μόνο μια φορά για κάθε πληθυσμό.

# Υλοποίηση Ρουλέτας μέσω αλγορίθμου

- **Άλλος τρόπος:**
- **1. [Άθροισμα]** Υπολογίζεται το άθροισμα  $S$  όλων των fitness τιμών των χρωμοσωμάτων του πληθυσμού και την πιθανότητα επιλογής  $P_{Get}$ .
- **2. [Επιλογή]** Γέννησε τυχαία αριθμό  $r$  από το διάστημα  $(0,1)$
- **3. [Επανάλαβε]** Διατρέχεται όλος ο πληθυσμός και αθροίζεται η συσσωρευμένη πιθανότητα  $P_s$ .
- **4.** Όταν το  $P_s$  είναι μεγαλύτερο του  $r$ , σταμάτα και επέστρεψε το χρωμόσωμα στο οποίο είσαι.
- Φυσικά, το βήμα 1 υλοποιείται μόνο μια φορά για κάθε πληθυσμό.

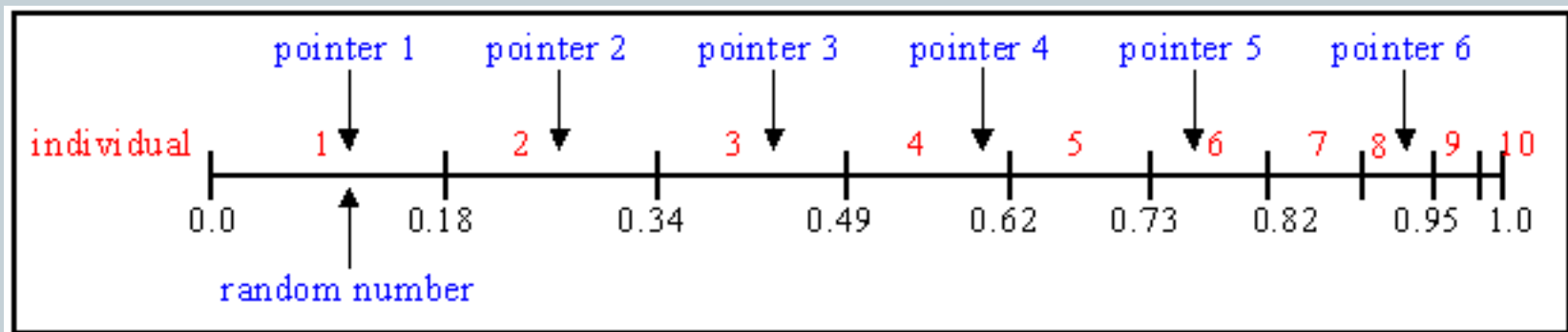


# Στοχαστική Καθολική Δειγματοληψία

- ✦ Όλες οι οντότητες κάθε πληθυσμού χαρτογραφούνται στα παρακείμενα τμήματα μιας γραμμής, έτσι ώστε το τμήμα κάθε ατόμου να είναι ίσο με το μέγεθος της καταλληλότητάς του, όπως ακριβώς στην διαδικασία της Ρουλέτας.
- ✦ Εδώ τοποθετούνται δείκτες σε ίσα διαστήματα κατά μήκος της γραμμής που ο αριθμός του είναι ίσος με τον αριθμό των οντοτήτων που θα επιλεγούν.
- ✦ Έστω,  $N_{\text{pointer}}$  ο αριθμός των οντοτήτων θα επιλεγούν, κατόπιν η απόσταση μεταξύ των δεικτών είναι  $1/N_{\text{pointer}}$  και η θέση του πρώτου δείκτη δίνεται από έναν τυχαία παραγόμενο αριθμό, στο διάστημα  $[0, 1/N_{\text{pointer}}]$ .

# Στοχαστική Καθολική Δειγματοληψία

- Έστω ότι θα επιλεγούν 6 οντότητες.
- Τότε η απόσταση μεταξύ των δεικτών είναι:  $1/6=0.167$
- Στο Σχήμα παρουσιάζεται η Επιλογή για το παραπάνω παράδειγμα.
- Ο τυχαία παραγόμενος αριθμός στο διάστημα  $[0, 0.167]$  είναι: 0.1



Μετά από την Επιλογή ο Πληθυσμός ζευγαρώματος αποτελείται από τις εξής οντότητες: 1, 2, 3, 4, 6, 8 (δηλαδή επιλέγονται οι οντότητες που “δείχνουν” οι δείκτες).

**Η Στοχαστική Καθολική Δειγματοληψία πολλές φορές σε σύγκριση με τη διαδικασία της Ρουλέτας, εξασφαλίζει μια επιλογή απογόνου που είναι περισσότερο κοντά στο επιθυμητό αποτέλεσμα.**

# Τοπική Επιλογή (Local Selection)

- Στην Τοπική Επιλογή κάθε οντότητα κατοικεί μέσα σε ένα περιορισμένο περιβάλλον αποκαλούμενο Τοπική Γειτονιά (Local Neighborhood).
- Στις άλλες μεθόδους Επιλογής ολόκληρος ο πληθυσμός ή ένα υποσύνολό του είναι η γειτονιά Επιλογής.
- Οι οντότητες αλληλεπιδρούν μόνο με τις οντότητες που βρίσκονται μέσα στην ίδια περιοχή.
- Κάθε γειτονιά ωστόσο, καθορίζεται βάσει της δομής με την οποία κατανέμεται ο πληθυσμός.
- Έτσι, κάθε γειτονιά μπορεί να θεωρηθεί και ως ομάδα οντοτήτων που πιθανώς να ζευγαρωθούν μεταξύ τους.

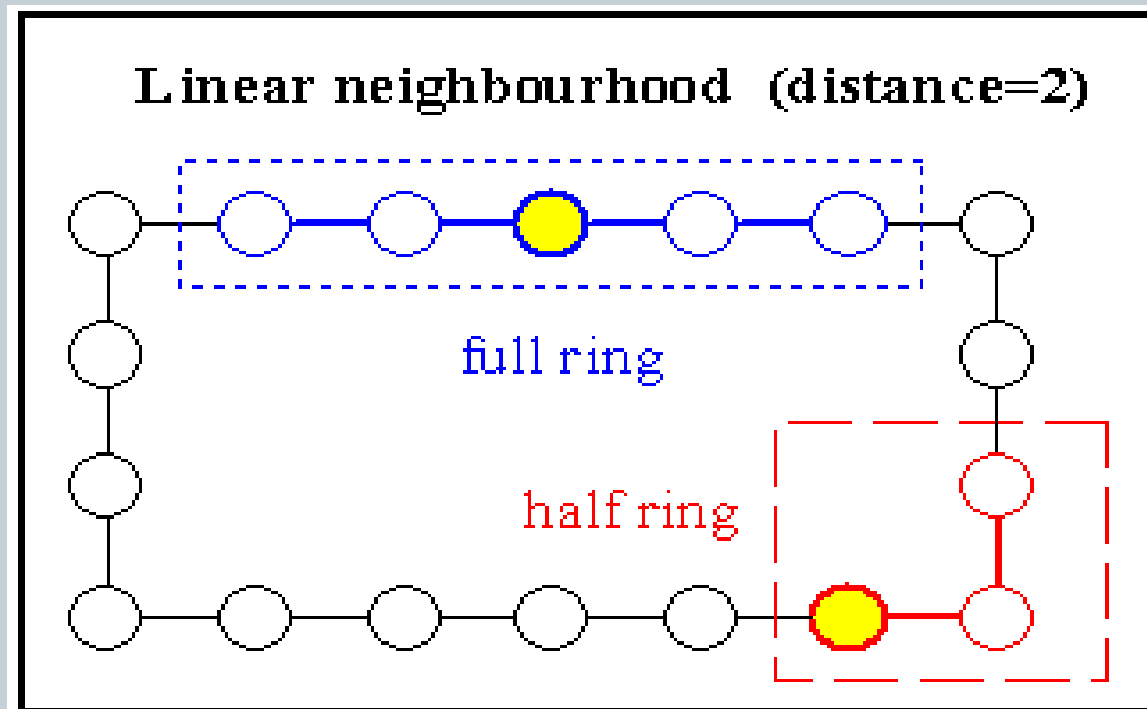
# Τοπική Επιλογή (Local Selection)

- Το πρώτο βήμα είναι η επιλογή του πρώτου μισού πληθυσμού ζευγαρώματος ομοιόμορφα και τυχαία.
- Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί με έναν από τους προηγμένως αναφερόμενους αλγορίθμους Επιλογής, παραδείγματος χάριν:
- Στοχαστική Καθολική Δειγματοληψία ή
- Επιλογή Αποκοπής.
- Τώρα, μια τοπική γειτονιά καθορίζεται για κάθε επιλεγμένη οντότητα.
- Μέσα σε αυτήν την γειτονιά επιλέγεται ο συνεργάτης (σύντροφος) ζευγαρώματος.

# Τοπική Επιλογή (Local Selection)

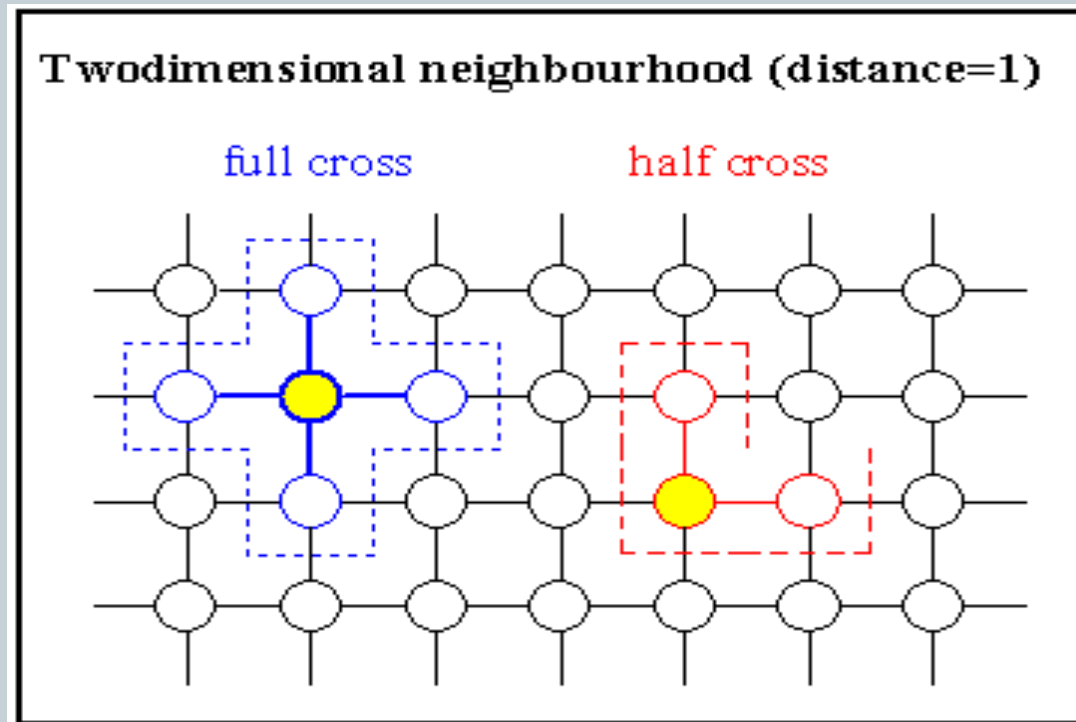
- Η δομή της γειτονιάς μπορεί να είναι:
- **Γραμμική**
- πλήρες δαχτυλίδι, μισό δαχτυλίδι
- **Δισδιάστατη**
- πλήρης σταυρός, κατά το ήμισυ σταυρός
- πλήρες αστέρι, μισό αστέρι
- **Τρισδιάστατος και πιο σύνθετος με οποιονδήποτε συνδυασμό των ανωτέρω δομών.**

# Τοπική Επιλογή (Local Selection)

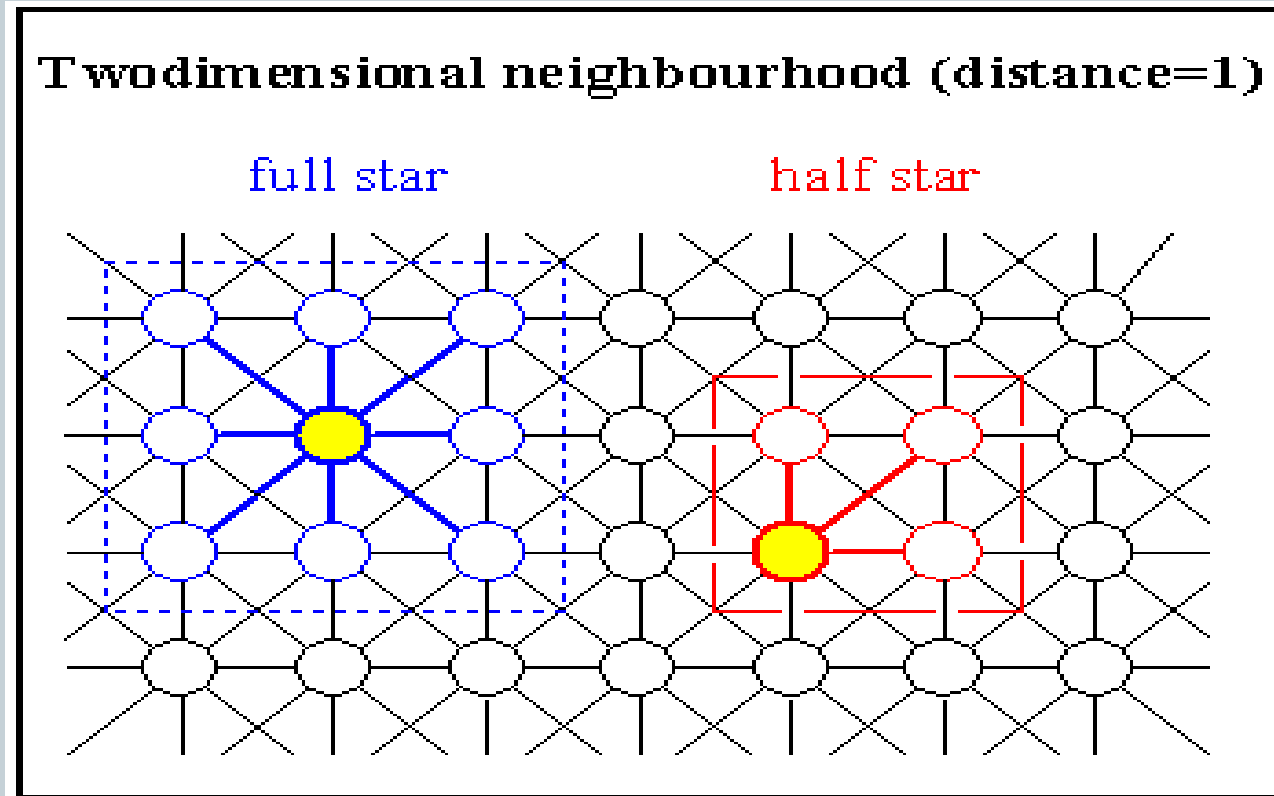


Γραμμική γειτονιά: πλήρες και μισό δαχτυλίδι

# Τοπική Επιλογή (Local Selection)



# Τοπική Επιλογή (Local Selection)



Δισδιάστατη γειτονιά: πλήρες και μισό αστέρι



# Επιλογή Αποκοπής (Truncation Selection)

- Εναντι των μεθόδων που προσομοιώνουν τη φυσική επιλογή η επιλογή αποκοπής είναι μια τεχνητή μέθοδος επιλογής.
- Χρησιμοποιείται από τους κτηνοτρόφους για τους μεγάλους πληθυσμούς, για τη μαζική επιλογή.
- Στην Επιλογή Αποκοπής τα άτομα ταξινομούνται σύμφωνα με την ικανότητά τους.
- Μόνο τα καλύτερα άτομα επιλέγονται να γίνουν γονείς.
- Αυτοί οι επιλεγμένοι γονείς παράγουν τους ομοιομόρφως τυχαίους απόγονους.
- Η παράμετρος για την επιλογή αποκοπής είναι το κατώτατο όριο αποκοπής (Trunc).
- Το σημείο αποκοπής Trunc δείχνει το ποσοστό των οντοτήτων του πληθυσμού που επιλέγεται ώστε να γίνουν γονείς και παίρνει τιμές από 50%-10%.
- Οι οντότητες που βρίσκονται κάτω από το κατώτατο όριο αποκοπής δεν έχουν την δυνατότητα να παράγουν απόγονους.

# Επιλογή πρωταθλημάτων - Τουρνουά

- Στην Επιλογή Πρωταθλημάτων – Τουρνουά ένας αριθμός Τουρνουά οντοτήτων επιλέγεται τυχαία από τον πληθυσμό και το καλύτερο άτομο από αυτήν την ομάδα επιλέγεται ως γονέας.
- Αυτοί οι επιλεγμένοι γονείς παράγουν τον απόγονο.
- Η παράμετρος για την επιλογή πρωταθλημάτων είναι το Τουρνουά – μέγεθος πρωταθλημάτων.

# Επιλογή πρωταθλημάτων - Τουρνουά

- Το Τουρνουά παίρνει τις τιμές που κυμαίνονται από  $[2, N_{ind}]$ , όπου  $N_{ind}$  ο αριθμός οντοτήτων στον πληθυσμό.
- Ο παρακάτω παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του αριθμού πρωταθλημάτων και της Έντασης Επιλογής.
- Μέγεθος Πρωταθλημάτων: 1    2    3    5    10    30
- Ένταση Επιλογής                    :   0   0,56   0,85   1.15   1.53   2.04

# Επιλογή Σταθερής Κατάστασης (Steady State Selection)

Αυτή δεν είναι λεπτομερής μέθοδος. Η κεντρική ιδέα επιλογής είναι ένα μεγάλο μέρος των χρωμοσωμάτων να επιβιώνουν στην επόμενη γενιά.

Βάσει αυτού, ο ΓΑ δρα με τον ακόλουθο τρόπο:

- Σε κάθε γενιά επιλέγονται κάποια ικανά χρωμοσώματα (αυτά με την μεγαλύτερη τιμή fitness) για να δημιουργήσουν απογόνους.
- Έπειτα, κάποια μη ικανά χρωμοσώματα (αυτά με χαμηλή τιμή fitness) αφαιρούνται από τον πληθυσμό και τη θέση τους παίρνουν οι νέοι απόγονοι που δημιουργήθηκαν.
- Ο υπόλοιπος πληθυσμός επιβιώνει στην νέα γενιά.

# Ταξινομημένη Επιλογή

- Στην Ταξινομημένη Επιλογή, ο πληθυσμός ταξινομείται σύμφωνα με τις αντικειμενικές τιμές του. Η ικανότητα ή καταλληλότητα που ορίζεται σε κάθε άτομο εξαρτάται **μόνο από τη θέση** του στην ταξινομημένη σειρά των ατόμων του πληθυσμού και όχι από την πραγματική αντικειμενική του αξία.
- Η Ταξινομημένη Επιλογή ξεπερνά τα προβλήματα Διαβάθμισης της ανάθεσης ικανότητας. (Στασιμότητα στην περίπτωση όπου η Πίεση Επιλογής είναι πάρα πολύ μικρή ή πρόωρη σύγκλιση στην περίπτωση όπου η επιλογή έχει αναγκάσει την αναζήτηση να στενέψει προς τα κάτω, πάρα πολύ γρήγορα).
- Η αναπαραγωγική σειρά είναι περιορισμένη, έτσι ώστε κανένα άτομο να είναι σε θέση να παράγει έναν υπερβολικό αριθμό απογόνων.
- Η ταξινόμηση εισάγει μια ομοιόμορφη διαβάθμιση σε ολόκληρο τον πληθυσμό και παρέχει έναν απλό και αποτελεσματικό τρόπο να ελέγχει την Πίεση Επιλογής.