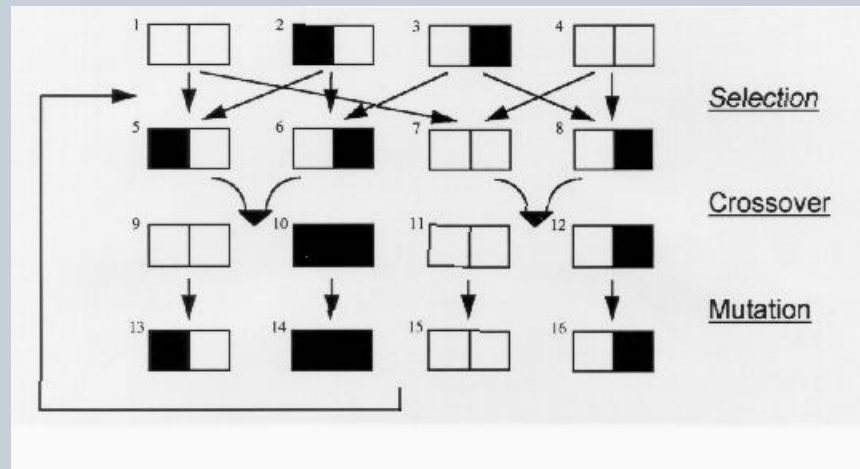




ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

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





ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

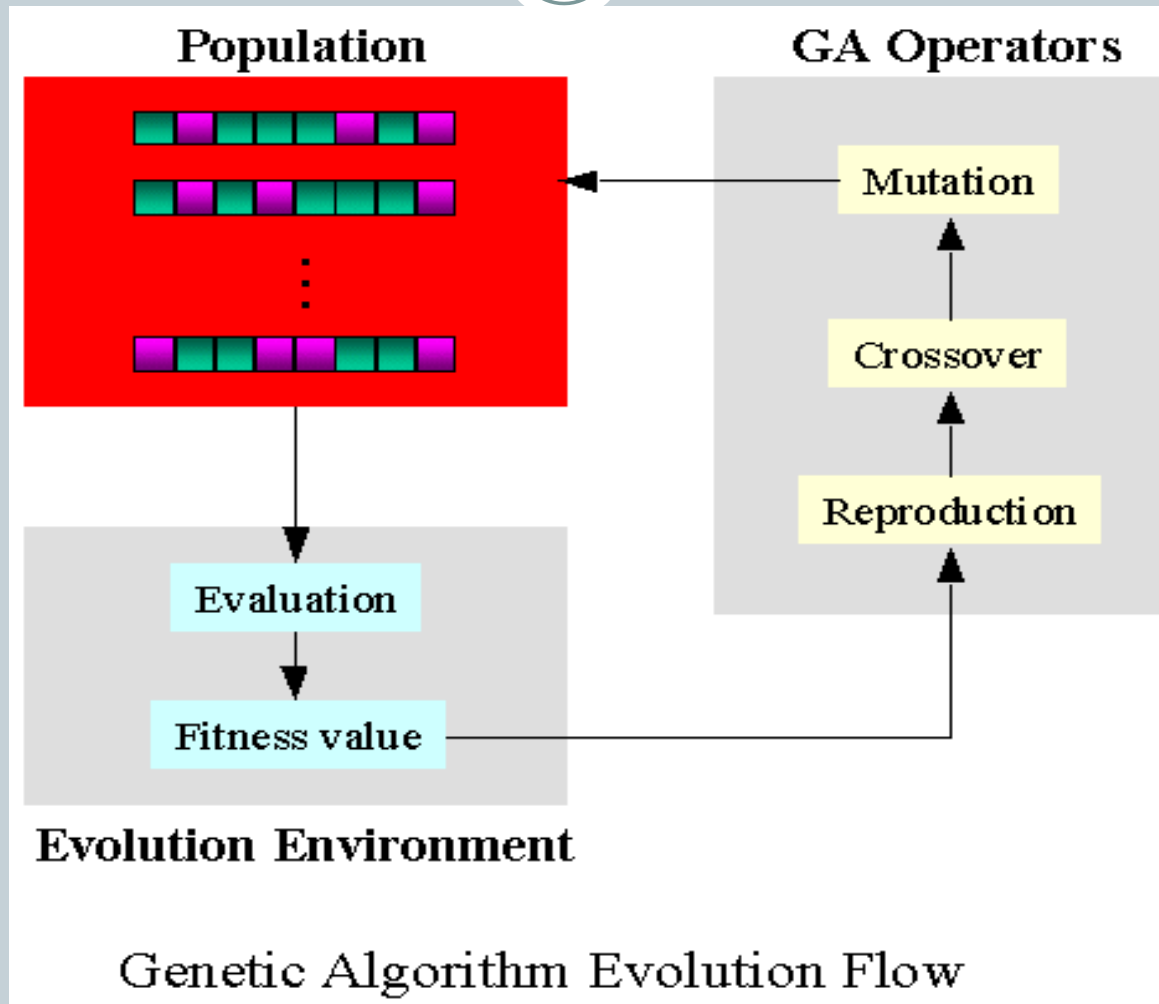
Περιεχόμενα Σημερινής Διάλεξης

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



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής





ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

Ο Τελεστής Διασταύρωσης (Recombination or Crossover Operator)

- Δημιουργία δύο νέων ατόμων για τη νέα γενιά, μέσω κάποιου συνδυασμού δυο ατόμων της προηγούμενης γενιάς.
- Οι μέθοδοι διασταύρωσης των χρωμοσωμάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την κωδικοποίηση.
- Διασταύρωση για απεικονίσεις Πραγματικών Αριθμών:
 - ✦ Διακριτή Διασταύρωση
 - ✦ Ενδιάμεση Διασταύρωση
 - ✦ Διασταύρωση Γραμμών
- Διασταύρωση για Δυαδικές απεικονίσεις:
 - ✦ Διασταύρωση ενός σημείου
 - ✦ Πολυσημειακή Διασταύρωση
 - ✦ Ομοιόμορφη Διασταύρωση



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

MIT
esd

Crossover

16.888
ESD.77



0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 P1



1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 P2



crossover

O1

?

O2

?

Question: How can we operate on parents P1 and P2 to create offspring O1 and O2 (same length, only 1's and 0's)?



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

MIT
esd

Crossover in Biology

16.888
ESD.77

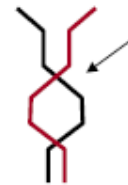
P1



P2



Child



This is where
the word
crossover
comes from

ac



Crossover produces
either of these results
for each chromosome

ac OR ad OR bc OR bd



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

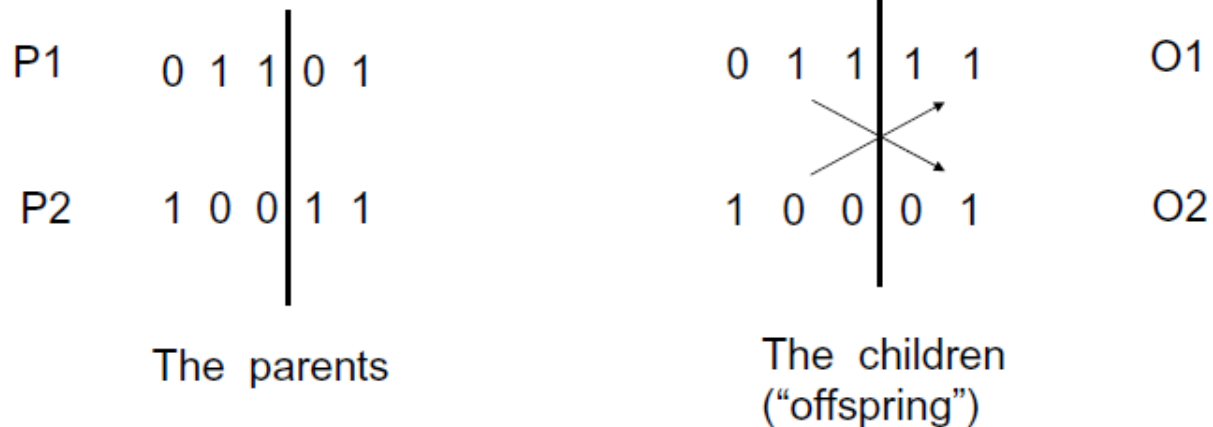
MIT
esd

Crossover Operator (I)

16.888
ESD.77

Crossover (mating) is taking 2 solutions,
and creating 1 or 2 more

Classical: **single point crossover**





ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

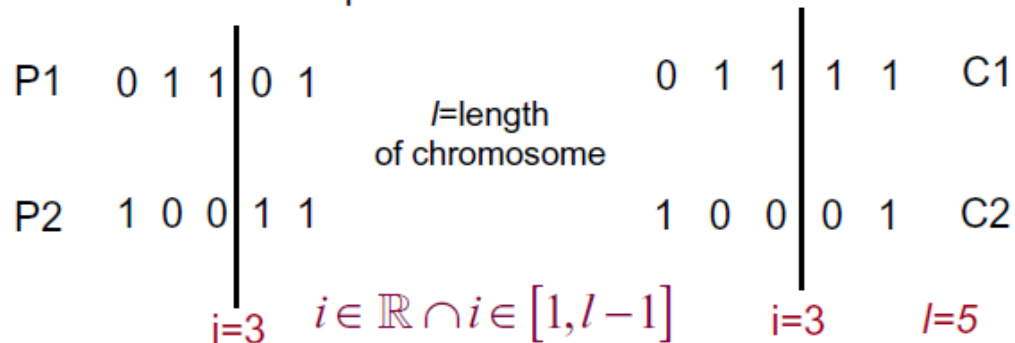
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

MIT
esd

Crossover Operator (II)

16.888
ESD.77

More on 1-point crossover



A crossover bit “ i ” is chosen (deliberately or randomly),
splitting the chromosomes in half.

Child C1 is the 1st half of P1 and the 2nd half of P2
Child C2 is the 1st half of P2 and the 2nd half of P1



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

MIT
esd

Crossover Operator (III)

16.888
ESD.77

- One can also do a 2-point crossover or a multi-point crossover



- The essential aspect is to create at least one child (solution/design) from two (or more) parent (solutions/designs)
 - there are many solutions to do this
 - do not necessarily have to do crossover, and do crossover with a probability P_x after pairs are chosen

Some crossover operations:

- single point, versus multiple point crossover
- path relinking
- permutation operators (list operators), incl. Random keys approach



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Διασταύρωση για απεικονίσεις σε διανύσματα Πραγματικών Αριθμών

Διακριτή Διασταύρωση (Discrete Recombination)

- Ανταλλάσσει τις μεταβλητές των ατόμων.
- Για κάθε μεταβλητή ο γονέας που συμβάλλει στη αντίστοιχη μεταβλητή στον απόγονο επιλέγεται τυχαία με ίση πιθανότητα.

Γονέας 1: 12 25 5

Γονέας 2: 123 4 34

Δείγμα 1: 2 2 1

Δείγμα 2: 1 2 1



Απόγονος 1: ?

Απόγονος 2: ?



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Διασταύρωση για απεικονίσεις σε διανύσματα Πραγματικών Αριθμών

Διακριτή Διασταύρωση (Discrete Recombination)

- Ανταλλάσσει τις μεταβλητές των ατόμων.
- Για κάθε μεταβλητή ο γονέας που συμβάλλει στη αντίστοιχη μεταβλητή στον απόγονο επιλέγεται τυχαία με ίση πιθανότητα.

Γονέας 1: 12 25 5

Γονέας 2: 123 4 34

Δείγμα 1: 2 2 1

Δείγμα 2: 1 2 1



Απόγονος 1: 123 4 5

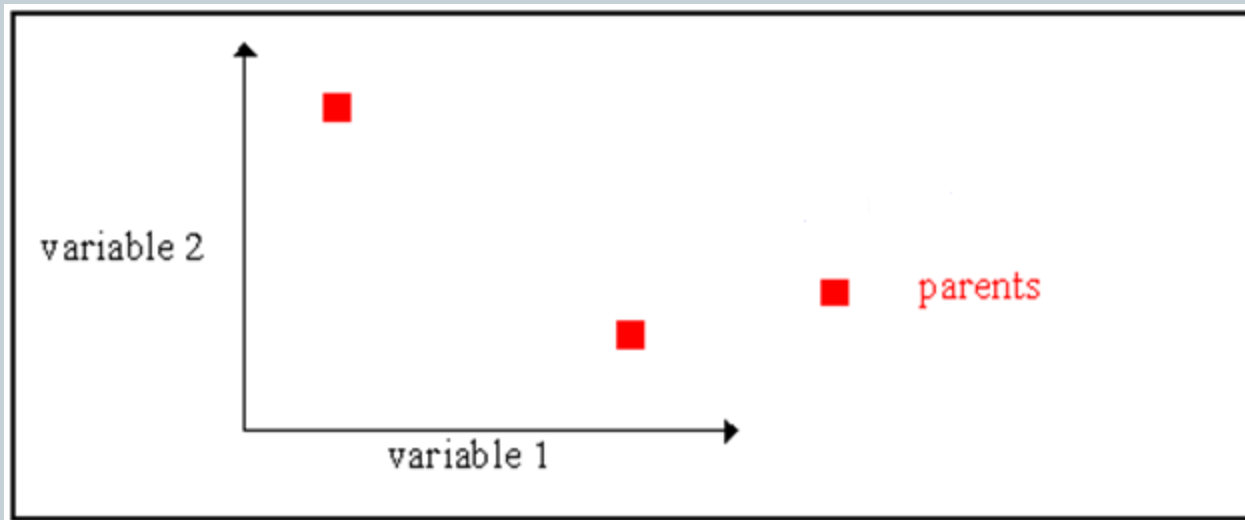
Απόγονος 2: 12 4 5



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- Γεωμετρική αναπαράσταση της Διακριτής Διασταύρωσης



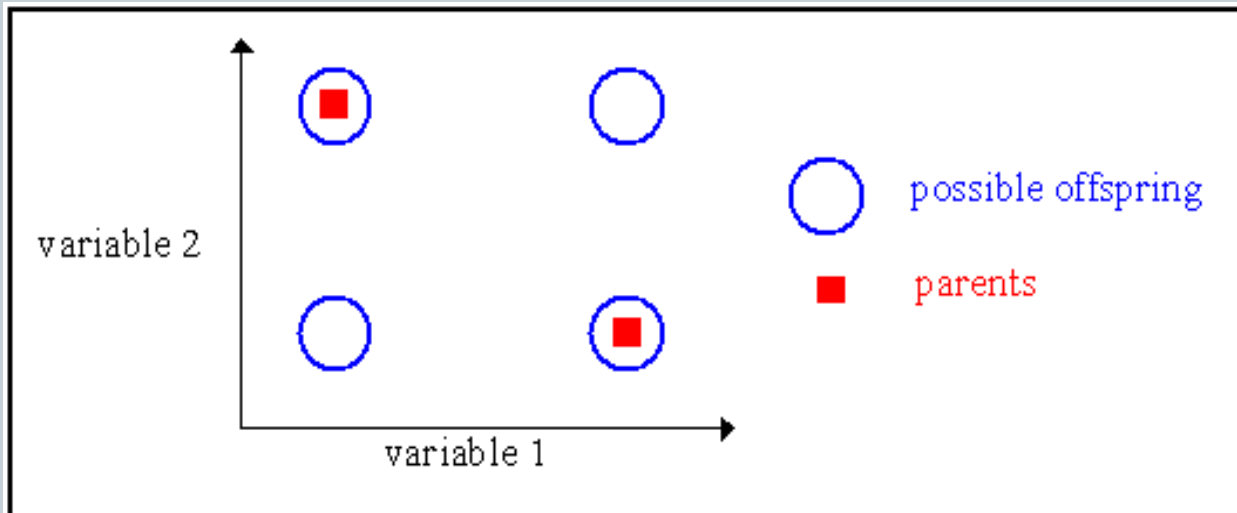
Ποιές είναι οι πιθανές θέσεις του απογόνου μετά από τη Διακριτή Διασταύρωση?



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- Γεωμετρική αναπαράσταση της Διακριτής Διασταύρωσης
 - Γονείς και απόγονοι καταλαμβάνουν τις γωνίες ενός υπερκύβου



Πιθανές θέσεις του απογόνου μετά από τη Διακριτή Διασταύρωση



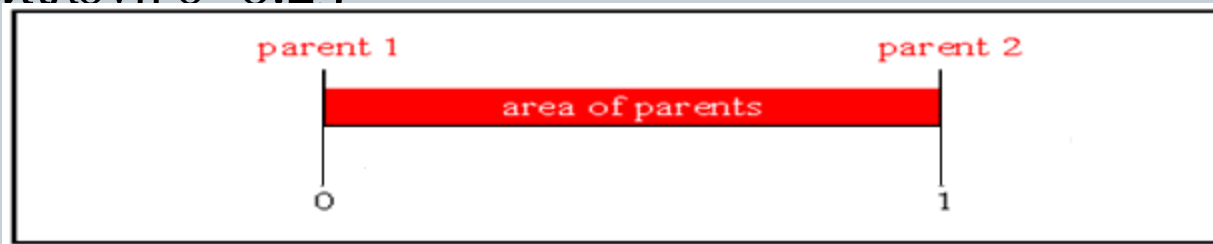
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Διασταύρωση για απεικονίσεις σε διανύσματα Πραγματικών Αριθμών

Ενδιάμεση Διασταύρωση

- Οι μεταβλητές του απογόνου επιλέγονται μεταξύ των μεταβλητών των γονέων
- απόγονος = γονέας 1 + α * (γονέας 2 - γονέας 1),
 - α είναι ένας παράγοντας ξελεπιάσματος που επιλέγεται ομοιόμορφα τυχαία μέσα από ένα διάστημα $[-\delta, 1+\delta]$.
 - Ενδιάμεση Διασταύρωση $\delta=0$
 - Εκτεταμένη Ενδιάμεση Διασταύρωση $\delta>0$.
 - Καλή επιλογή $\delta=0.25$



Ποιά η Περιοχή για τη μεταβλητή αξία του απογόνου έναντι των γονέων ?



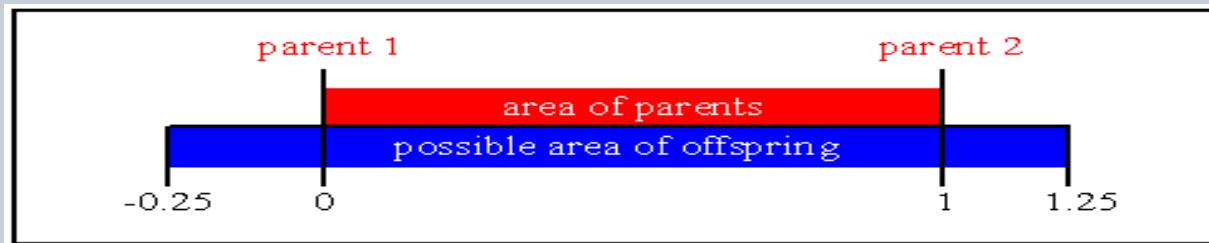
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Διασταύρωση για απεικονίσεις σε διανύσματα Πραγματικών Αριθμών

Ενδιάμεση Διασταύρωση

- Οι μεταβλητές του απογόνου επιλέγονται μεταξύ των μεταβλητών των γονέων
- απόγονος = γονέας 1 + α * (γονέας 2 - γονέας 1),
 - α είναι ένας παράγοντας ξελεπιάσματος που επιλέγεται ομοιόμορφα τυχαία μέσα από ένα διάστημα $[-\delta, 1+\delta]$.
 - Ενδιάμεση Διασταύρωση $\delta=0$
 - Εκτεταμένη Ενδιάμεση Διασταύρωση $\delta>0$.
 - Καλή επιλογή $\delta=0.25$



Περιοχή για τη μεταβλητή αξία του απογόνου έναντι των γονέων



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- Παράδειγμα:

Γονέας 1:	12	25	5
Γονέας 2:	123	4	34

Δείγμα 1:	0,5	1.1	-0,1
Δείγμα 2:	0,1	0,8	0,5

Απόγονος₍₁₎ 1: $\text{Γονέας 1} + \alpha * (\text{Γονέας 2} - \text{Γονέας 1}) =$

?

Απόγονος₍₂₎ 1:

Απόγονος₍₃₎ 1:





ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- Παράδειγμα:

Γονέας 1:	12	25	5
Γονέας 2:	123	4	34

Δείγμα 1:	0,5	1.1	-0,1
Δείγμα 2:	0,1	0,8	0,5

$$\text{Απόγονος}_{(1)} 1: \text{Γονέας } 1 + \alpha * (\text{Γονέας } 2 - \text{Γονέας } 1) = \\ 12 + 0,5 * (123 - 12) = 67,5$$

$$\text{Απόγονος}_{(2)} 1: 25 + 1.1 * (4 - 25) = 1,9$$

$$\text{Απόγονος}_{(3)} 1: 5 + (-0,1) * (34 - 5) = 2,1$$



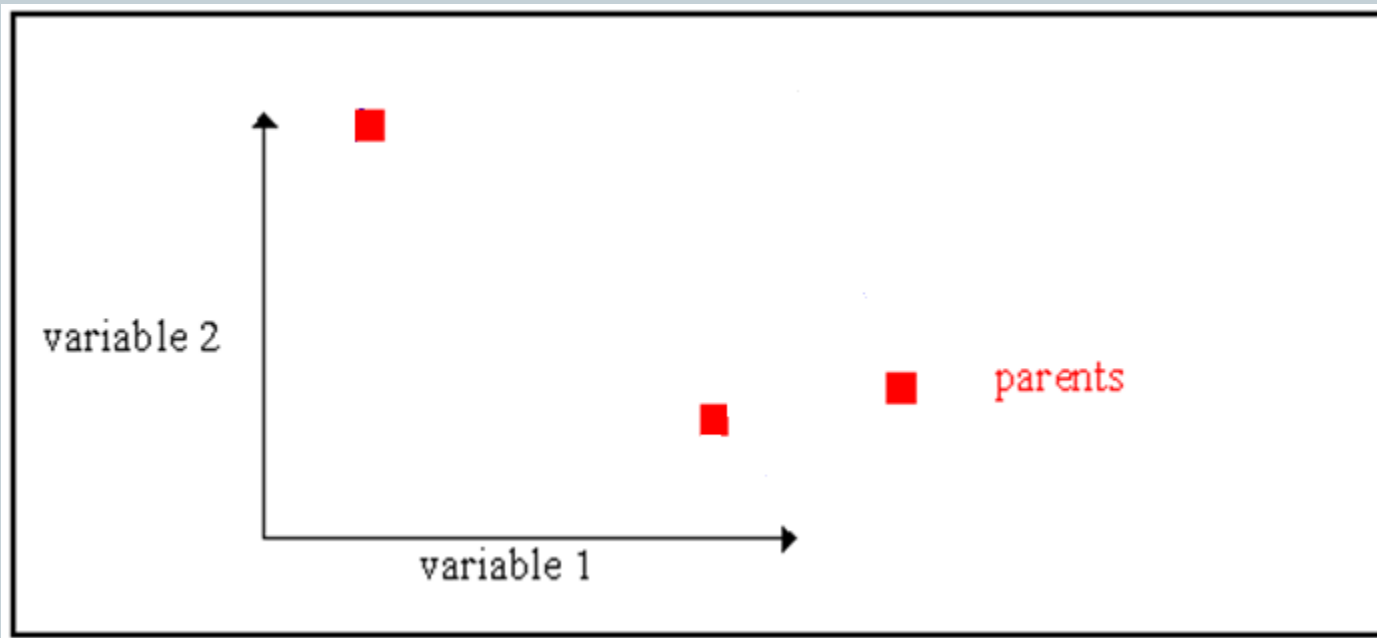
Απόγονος 1:	67,5	1,9	2,1
Απόγονος 2:	23,1	8,2	19,5



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- Γεωμετρική αναπαράσταση της Ενδιάμεσης Διασταύρωσης



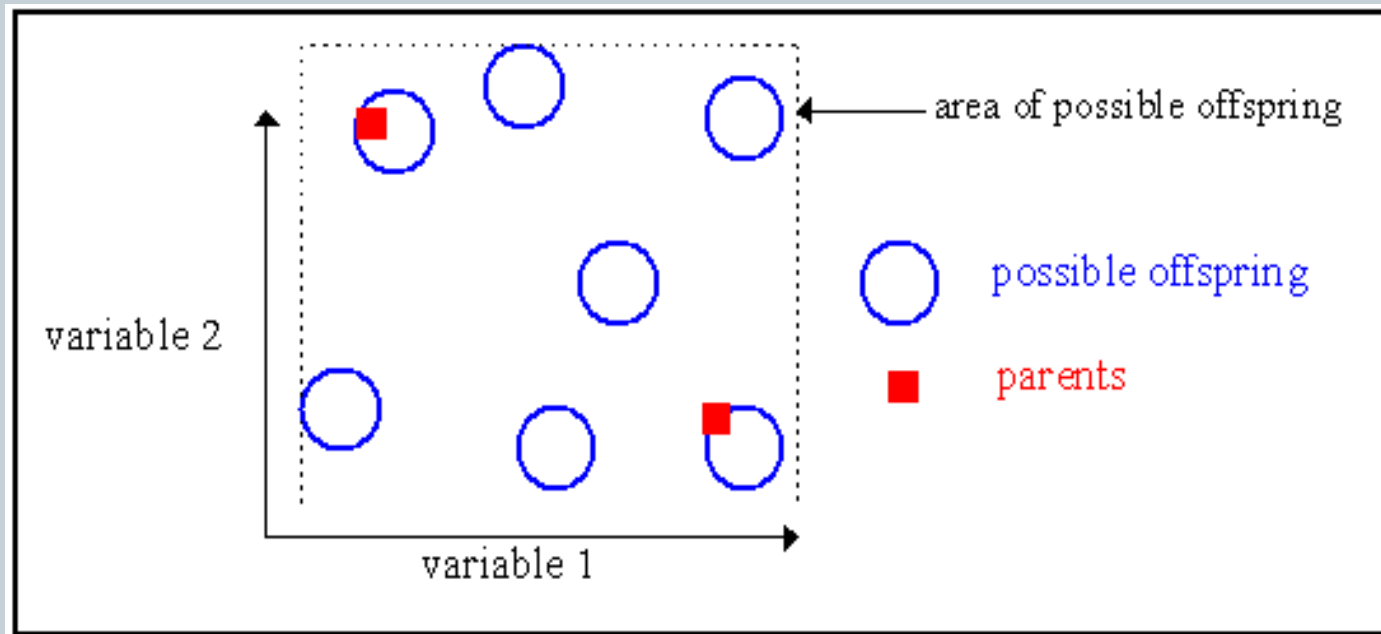
Ποια η Πιθανή περιοχή των απογόνων μετά από την Ενδιάμεση Διασταύρωση ?



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- Γεωμετρική αναπαράσταση της Ενδιάμεσης Διασταύρωσης
 - Οι απόγονοι βρίσκονται σε οποιοδήποτε σημείο μέσα σε ένα υπέρ-κύβο ελαφρώς μεγαλύτερο από αυτό που καθορίζεται από τους γονείς



Πιθανή περιοχή των απογόνων μετά από την Ενδιάμεση Διασταύρωση



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Διασταύρωση για απεικονίσεις σε διανύσματα Πραγματικών Αριθμών

Διασταύρωση Γραμμών

- Παρόμοια με Ενδιάμεση Διασταύρωση, αλλά η τιμή του α είναι ίδια για όλες τις μεταβλητές

Γονέας 1: 12 25 5
Γονέας 2: 123 4 34

Δείγμα 1: 0,5
Δείγμα 2: 0,1



Απόγονος₍₁₎ 1:

Απόγονος₍₂₎ 1:

Απόγονος₍₃₎ 1:



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Διασταύρωση για απεικονίσεις σε διανύσματα Πραγματικών Αριθμών

Διασταύρωση Γραμμών

- Παρόμοια με Ενδιάμεση Διασταύρωση, αλλά η τιμή του α είναι ίδια για όλες τις μεταβλητές

Γονέας 1: 12 25 5
Γονέας 2: 123 4 34

Δείγμα 1: 0,5
Δείγμα 2: 0,1



Απόγονος 1: 67,5 14,5 19,5
Απόγονος 2: 23,1 22,9 7,9

$$\text{Απόγονος}_{(1)} 1: 12 + 0,5 * (123 - 12) = 67,5$$

$$\text{Απόγονος}_{(2)} 1: 25 + 0,5 * (4 - 25) = 14,5$$

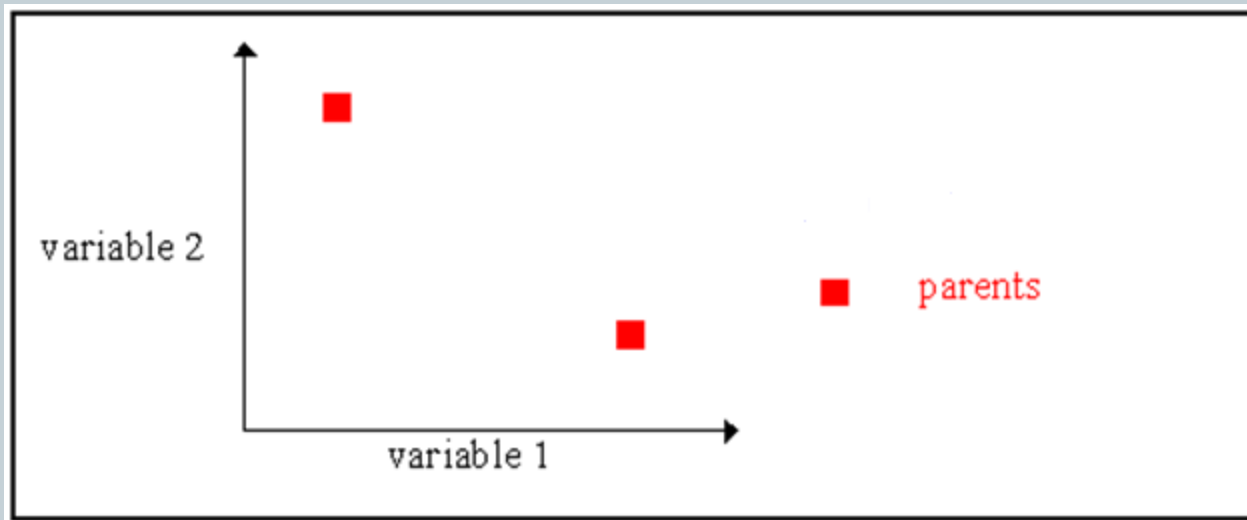
$$\text{Απόγονος}_{(3)} 1: 5 + 0,5 * (34 - 5) = 19,5$$



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- Γεωμετρική αναπαράσταση της Ενδιάμεσης Διασταύρωσης
 - Οι απόγονοι βρίσκονται σε οποιοδήποτε σημείο της γραμμής που καθορίζεται από τους δύο γονείς



Ποιές οι Πιθανές θέσεις των απογόνων μετά από τη Διασταύρωση Γραμμών?

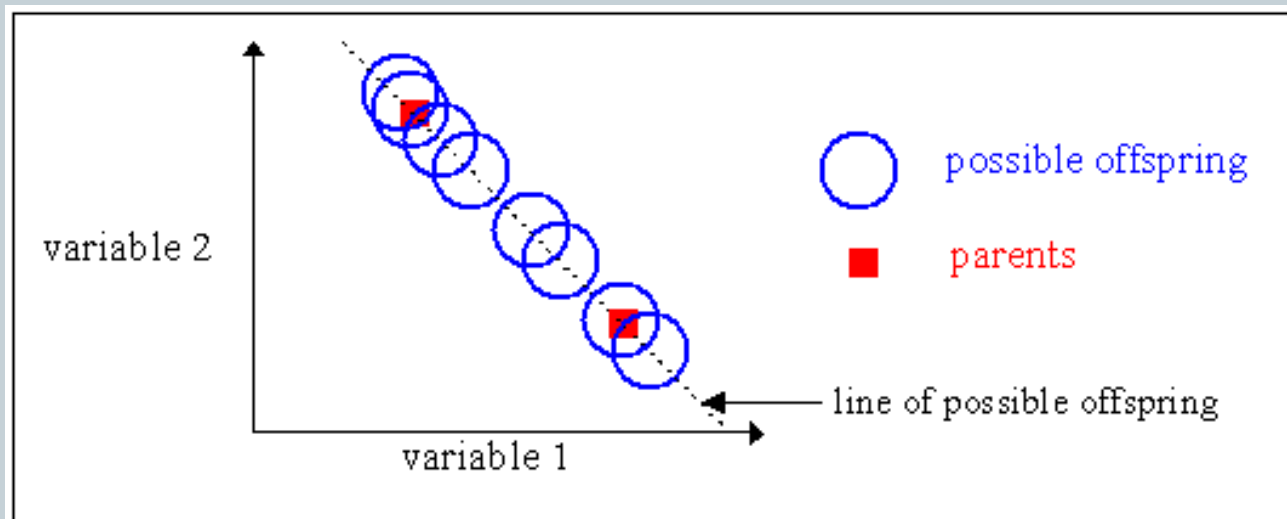


ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

29

- Γεωμετρική αναπαράσταση της Ενδιάμεσης Διασταύρωσης
 - Οι απόγονοι βρίσκονται σε οποιοδήποτε σημείο της γραμμής που καθορίζεται από τους δύο γονείς



Πιθανές θέσεις των απογόνων μετά από τη Διασταύρωση Γραμμών



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

B. Διασταύρωση για δυαδικές απεικονίσεις

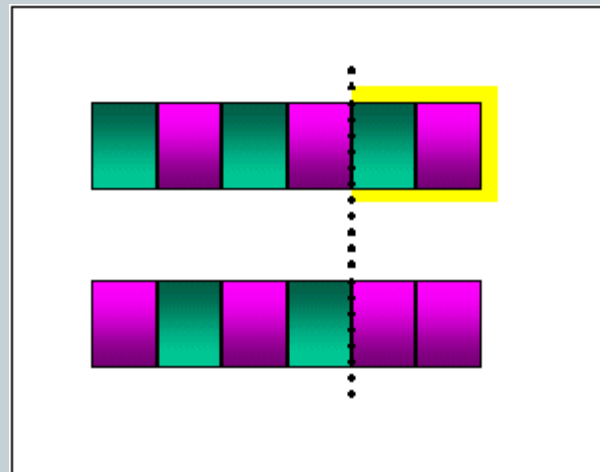
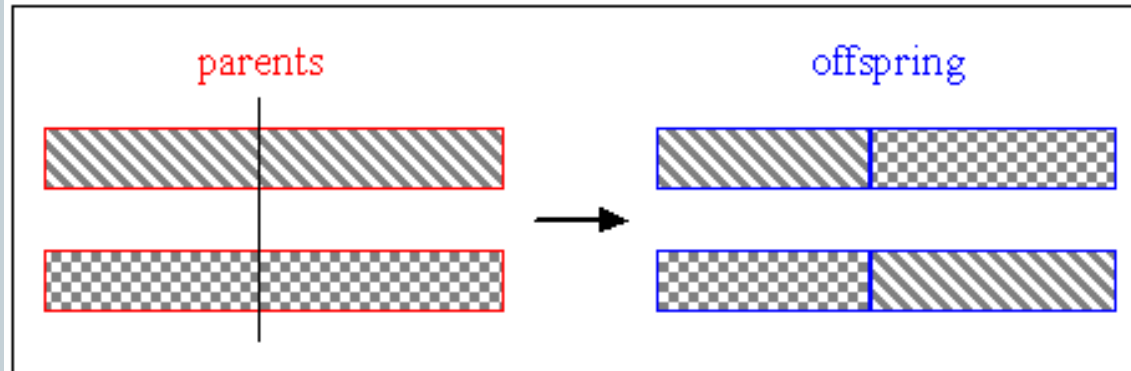
Διασταύρωση Ενός Σημείου (Single Point Crossover)

- Επιλέγεται τυχαία και ομοιόμορφα ένα σημείο διασταύρωσης με $k \in [1, 2, \dots, Nvar-1]$ όπου $Nvar$ ο αριθμός των μεταβλητών του χρωμοσώματος
- Στο σημείο αυτό κόβονται τα δύο χρωμοσώματα και ανταλλάσσονται οι μεταβλητές τους, παράγοντας έτσι δύο νέα χρωμοσώματα.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής



One-Point Crossover



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

B. Διασταύρωση για δυαδικές απεικονίσεις

Διασταύρωση Ενός Σημείου (Single Point Crossover)

Γονέας 1: 1101100100110110

Γονέας 2: 1101111000011010

Απόγονος 1: ?

Απόγονος 2: ?



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

B. Διασταύρωση για δυαδικές απεικονίσεις

Διασταύρωση Ενός Σημείου (Single Point Crossover)

Γονέας 1: 1101100100110110
Γονέας 2: 1101111000011010

Απόγονος 1: 1101100100011010
Απόγονος 2: 1101111000110110



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

B. Διασταύρωση για δυαδικές απεικονίσεις

Πολυσημιακή Διασταύρωση (Multi Points Crossover)

- Επιλέγονται τυχαία και ομοιόμορφα m σημεία διασταύρωσης k_j με $k_j \in [1, 2, \dots, Nvar-1]$ όπου $Nvar$ ο αριθμός των μεταβλητών κάθε οντότητας και $j = 1, 2, \dots, m$.
- Οι μεταβλητές μεταξύ των διαδοχικών σημείων διασταύρωσης ανταλλάσσονται μεταξύ των δύο γονέων για να παραγάγουν δύο νέους απογόνους.

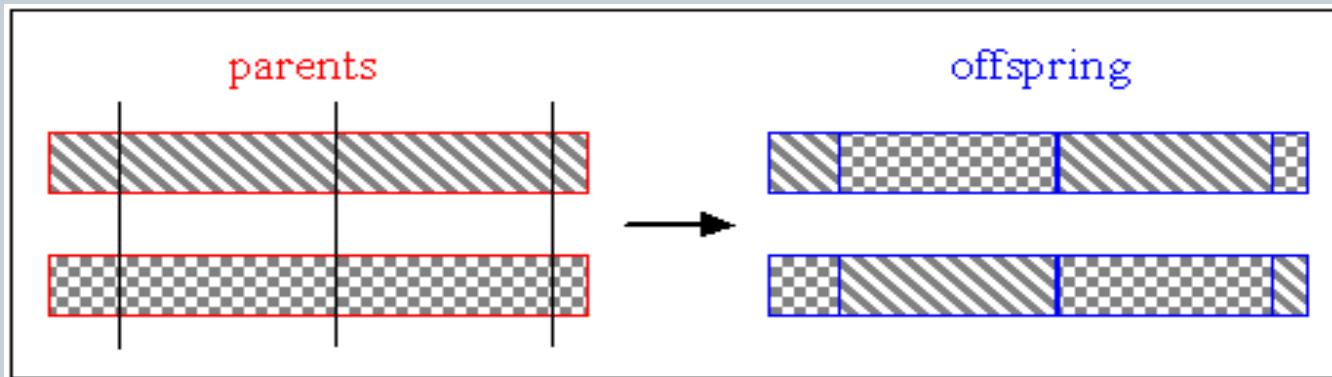


ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

20

- Πολυσημειακή Διασταύρωση με $m=3$



- Ενθαρρύνει την εξερεύνηση του χώρου αναζήτησης



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

B. Διασταύρωση για δυαδικές απεικονίσεις

Πολυσημιακή Διασταύρωση (Multi Points Crossover)

Γονέας 1: 1101100100110110

Γονέας 2: 1101111000011010

Απόγονος 1: ?

Απόγονος 2: ?



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

B. Διασταύρωση για δυαδικές απεικονίσεις

Πολυσημιακή Διασταύρωση (Multi Points Crossover)

Γονέας 1: **1101100100110110**

Γονέας 2: **1101111000011010**

Απόγονος 1: **1101111000110010**

Απόγονος 2: **1101100100011110**



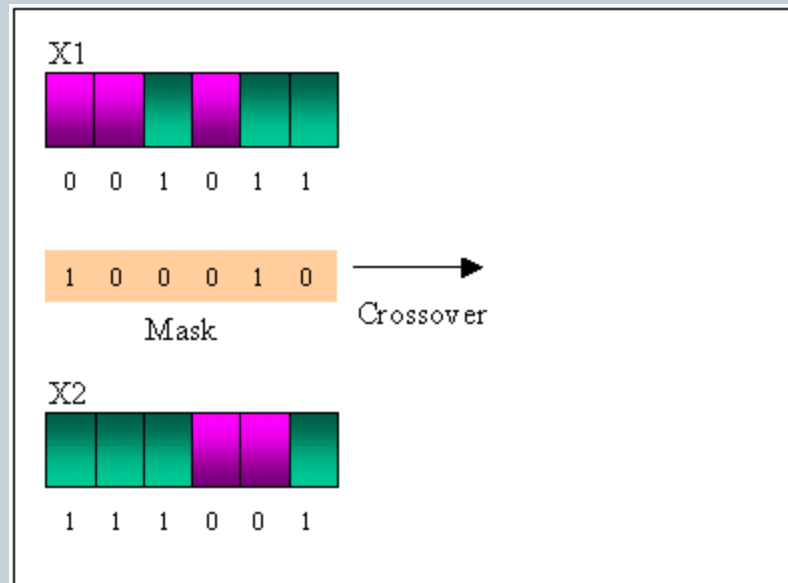
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

<http://ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm>

Ομοιόμορφη Διασταύρωση (Uniform Crossover)

- Οι δύο γονείς δημιουργούν δύο απογόνους βάση μιας συμβολοσειράς φόρμας (Template ή Mask).
- Η φόρμα επιλέγεται με τυχαίο και ομοιόμορφο τρόπο και ανάλογα με την τιμή του δυαδικού ψηφίου της κάθε θέσης της, καθορίζεται για κάθε απόγονο από ποιο γονέα θα προέρχεται το γενετικό υλικό για την συγκεκριμένη θέση.





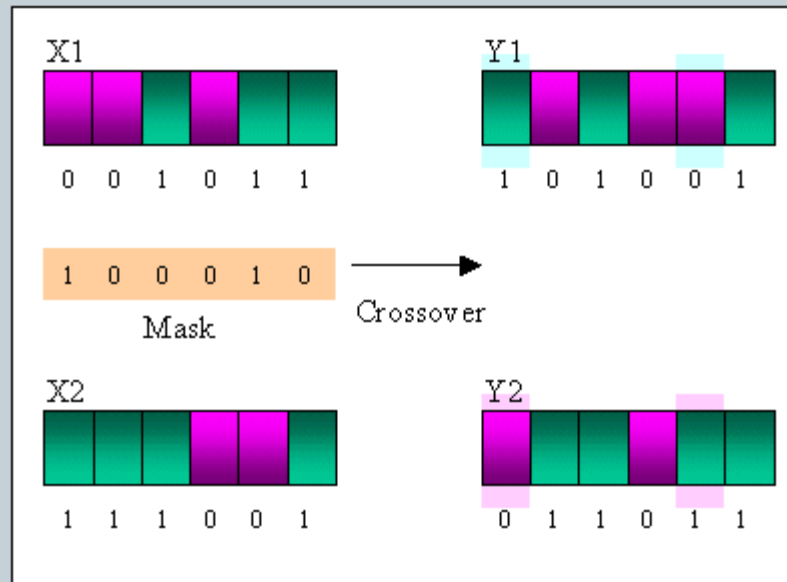
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

<http://ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm>

Ομοιόμορφη Διασταύρωση (Uniform Crossover)

- Οι δύο γονείς δημιουργούν δύο απογόνους βάση μιας συμβολοσειράς φόρμας (Template ή Mask).
- Η φόρμα επιλέγεται με τυχαίο και ομοιόμορφο τρόπο και ανάλογα με την τιμή του δυαδικού ψηφίου της κάθε θέσης της, καθορίζεται για κάθε απόγονο από ποιο γονέα θα προέρχεται το γενετικό υλικό για την συγκεκριμένη θέση.





ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

Ο Τελεστής Μετάλλαξης (Mutation Operator)

- Εφαρμόζεται στους απογόνους ακριβώς μετά τη Διασταύρωση.
- Αλλάζει τυχαία κάποιος απόγονος με μια μικρή πιθανότητα.
- Η πιθανότητα μετάλλαξης είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τον αριθμό των μεταβλητών (διαστάσεις).
- Εμποδίζει τον εγκλωβισμό των λύσεων σε κάποιο τοπικό βέλτιστο του προβλήματος που επιλύεται.
- Αποτρέπει τη στασιμότητα του ΓΑ.
- Μετάλλαξη για απεικονίσεις Πραγματικών Αριθμών:
 - ✦ Ανομοιόμορφη Μετάλλαξη
 - ✦ Gaussian Μετάλλαξη
- Μετάλλαξη για Δυαδικές Απεικονίσεις



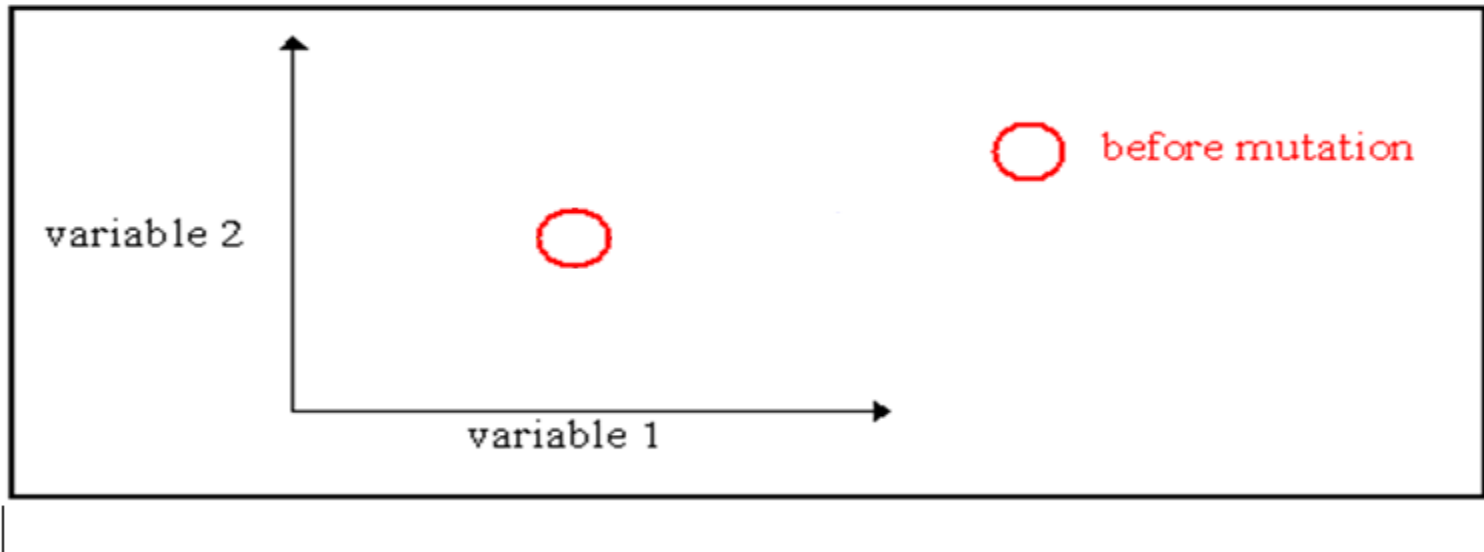


ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Μετάλλαξη για απεικονίσεις πραγματικών αριθμών

- Το μέγεθος του βήματος μετάλλαξης δύσκολο να επιλεγεί.
- Εξαρτάται από το πρόβλημα.
- Τα μικρά βήματα είναι επιτυχή, αλλά τα μεγαλύτερα βήματα είναι γρηγορότερα.



Ποιά η Επίδραση της Μετάλλαξης ?

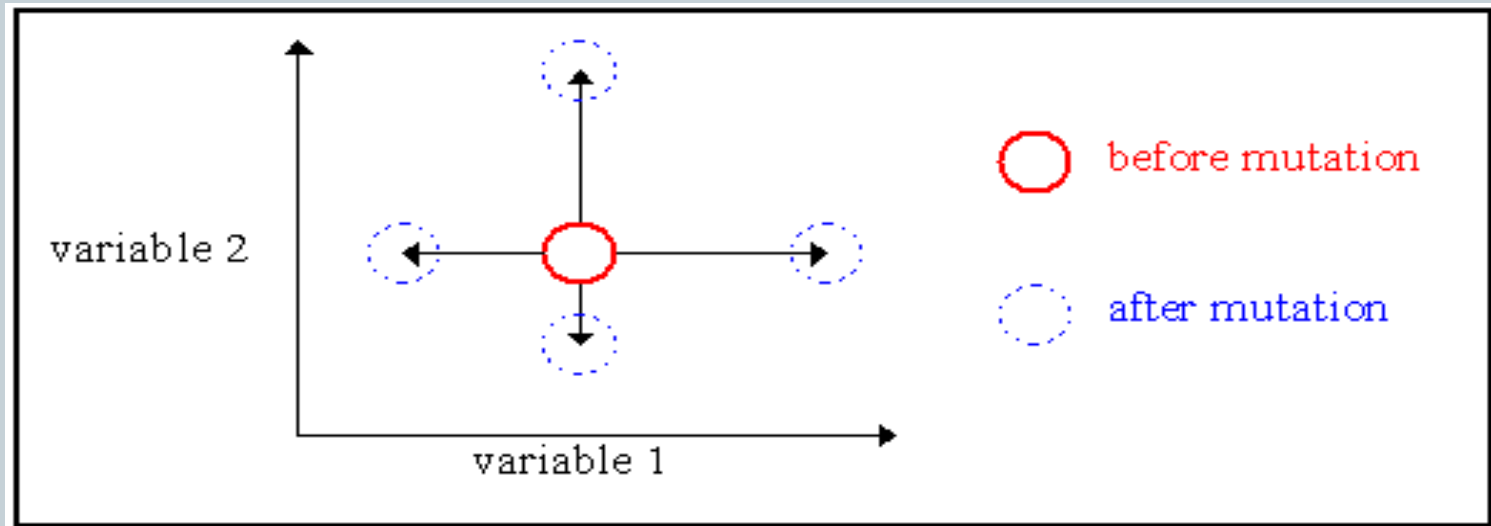


ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Μετάλλαξη για απεικονίσεις πραγματικών αριθμών

- Το μέγεθος του βήματος μετάλλαξης δύσκολο να επιλεγεί.
- Εξαρτάται από το πρόβλημα.
- Τα μικρά βήματα είναι επιτυχή, αλλά τα μεγαλύτερα βήματα είναι γρηγορότερα.



Επίδραση της Μετάλλαξης



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

Ανομοιομορφη Μετάλλαξη

- Αυξάνει την πιθανότητα της Μετάλλαξης να είναι κοντά στο 0 καθώς ο αριθμός των γενεών αυξάνεται.
- Αρχικά αποτρέπει την στασιμότητα στον πληθυσμό, στη συνέχεια επιτρέπει στο ΓΑ να αναζητήσει ακριβέστερα τη λύση.
- Χρησιμοποιείται μόνο για γονίδια ακέραιων αριθμών.

Gaussian

- Προσθέτει μια Gaussian κατανεμημένη τυχαία τιμή μονάδων στο επιλεγμένο γονίδιο.
- Η νέα τιμή γονιδίων απορρίπτεται εάν πέφτει έξω από τα καθορισμένα ως προς τον χρήστη χαμηλότερα ή ανώτερα όρια για εκείνο το γονίδιο.
- Χρησιμοποιείται μόνο για γονίδια ακέραιων αριθμών.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής



B. Μετάλλαξη για δυαδικές απεικονίσεις

- Αναστροφή (Flip) των bits
- Μικρή πιθανότητα να συμβεί
- Το bit που θα μεταλλαχθεί είναι επιλεγμένο τυχαία και ομοιόμορφα

Γονέας 1: 011011001010110
Απόγονος 1: 011111000010110



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

Τα Κριτήρια Λήξης ενός Γενετικού Αλγορίθμου

- ✦ Ο ΓΑ αποφασίζει αν θα σταματήσει ή θα συνεχίσει την αναζήτηση
- ✦ Ελέγχεται μετά από κάθε γενιά
- ✦ **Αριθμός Παραγωγής**
Όταν ολοκληρωθεί ο (καθορισμένος από το χρήστη) ανώτατος αριθμός εξελίξεων
- ✦ **Χρόνος Εξέλιξης**
Όταν η εξέλιξη υπερβεί τον καθορισμένο από τον χρήστη ανώτατο χρόνο εξέλιξης.
- ✦ **Κατώτατο όριο ικανότητας**
Όταν η τιμή του καλύτερου – ικανότερου ατόμου στον τρέχοντα πληθυσμό γίνεται μεγαλύτερη από το, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, κατώτατο όριο ικανότητας.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

- ✦ **Σύγκλιση ικανότητας**
Όταν κρίνεται ότι οι τιμές της καταλληλότητας των ατόμων συγκλίνουν.
- ✦ **Σύγκλιση πληθυσμού**
Όταν κρίνεται ο πληθυσμός όπως συγκλίνει.
- ✦ **Σύγκλιση γονιδίων:**
Όταν ένα, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, ποσοστό γονιδίων που αποτελούν ένα χρωμόσωμα κρίνεται όπως συγκλίνουν.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

Παράμετροι ενός Γενετικού Αλγόριθμου

- Εξαρτώνται από το πρόβλημα και από τα δεδομένα
- Δεν υπάρχει κάποια θεωρία, μόνο εμπειρικές μελέτες (δυναμική αναπαράσταση)



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Πιθανότητα διασταύρωσης p_c (Crossover Probability)

- Εκφράζει το πόσο συχνά θα εκτελείται η διασταύρωση
- Χωρίς διασταύρωση οι απόγονοι θα ήταν πιστά αντίγραφα των γονέων τους.
- Με διασταύρωση οι απόγονοι θα προέρχονται από μέρη των χρωμοσωμάτων των γονέων τους.
- Στόχος: τα νέα χρωμοσώματα να έχουν λάβει τα καλύτερα μέρη των προγόνων τους και ίσως να είναι καλύτερα.
- Ποσοστό Διασταύρωσης περίπου 80%-90%
- Τι συμβαίνει αν $p_c = 1$ ή $p_c = 0$ (η νέα γενιά είναι ίδια?)



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

A. Πιθανότητα διασταύρωσης p_c (Crossover Probability)

- Εκφράζει το πόσο συχνά θα εκτελείται η διασταύρωση
- Χωρίς διασταύρωση οι απόγονοι θα ήταν πιστά αντίγραφα των γονέων τους.
- Με διασταύρωση οι απόγονοι θα προέρχονται από μέρη των χρωμοσωμάτων των γονέων τους.
- Στόχος: τα νέα χρωμοσώματα να έχουν λάβει τα καλύτερα μέρη των προγόνων τους και ίσως να είναι καλύτερα.
- Ποσοστό Διασταύρωσης περίπου 80%-90%
- αν $p_c = 1$ όλοι οι απόγονοι από διάσταυρωση
- αν $p_c = 0$ ολόκληρος ο πληθυσμός προέρχεται από ακριβή αντίγραφα των χρωμοσωμάτων της προηγούμενη γενιάς (η νέα γενιά είναι δεν είναι ίδια!)



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

B. Πιθανότητα μετάλλαξης p_m (Mutation Probability)

- Εκφράζει το πόσο συχνά θα μεταλλάσσονται μέρη του χρωμοσώματος.
- Χωρίς μετάλλαξη, οι απόγονοι που λαμβάνονται μετά τη διασταύρωση δεν υφίστανται καμία αλλαγή,
- Με μετάλλαξη, μέρη του χρωμοσώματος μεταβάλλονται.
- Στόχος: να εμποδίσει τον ΓΑ να πέσει σε τοπικά ακρότατα
- Δεν πρέπει να συμβαίνει πολύ συχνά (τυχαίο ψάξιμο).
- Χαμηλό ποσοστό μετάλλαξης (0.5% - 1%)



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

MIT
esd

Example with Mutation

16.888
ESD.77



Improved population fitness with 1% mutation rate

Original gen.	5th gen.	10th gen.
1 0 0 1 1	1 1 0 1 1	1 1 1 1 1
0 1 0 0 0	1 0 1 1 1	1 1 1 1 1
0 0 0 0 1	1 1 1 1 1	1 1 0 1 1
...
0 0 0 0 0	0 1 1 1 0	1 1 1 1 1
1 1 0 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1
Avg. Fitness 2.6	Avg. Fitness 4.8	Avg. Fitness 4.9



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

MIT
esd

Example without Mutation

16.888
ESD.77



Stagnant population with 0% mutation rate

Original gen.

No "1"

1 0 0 1 1

0 1 0 0 0

0 0 0 0 1

...

0 0 0 0 0

1 1 0 1 1

Avg. Fitness

2.6

5th gen.

1 1 0 1 1

1 0 0 1 1

1 1 0 1 1

...

0 1 0 1 0

1 1 0 1 1

Avg. Fitness

3.2

10th gen.

1 1 0 1 1

1 1 0 1 1

1 1 0 1 1

...

1 1 0 1 1

1 1 0 1 1

Avg. Fitness

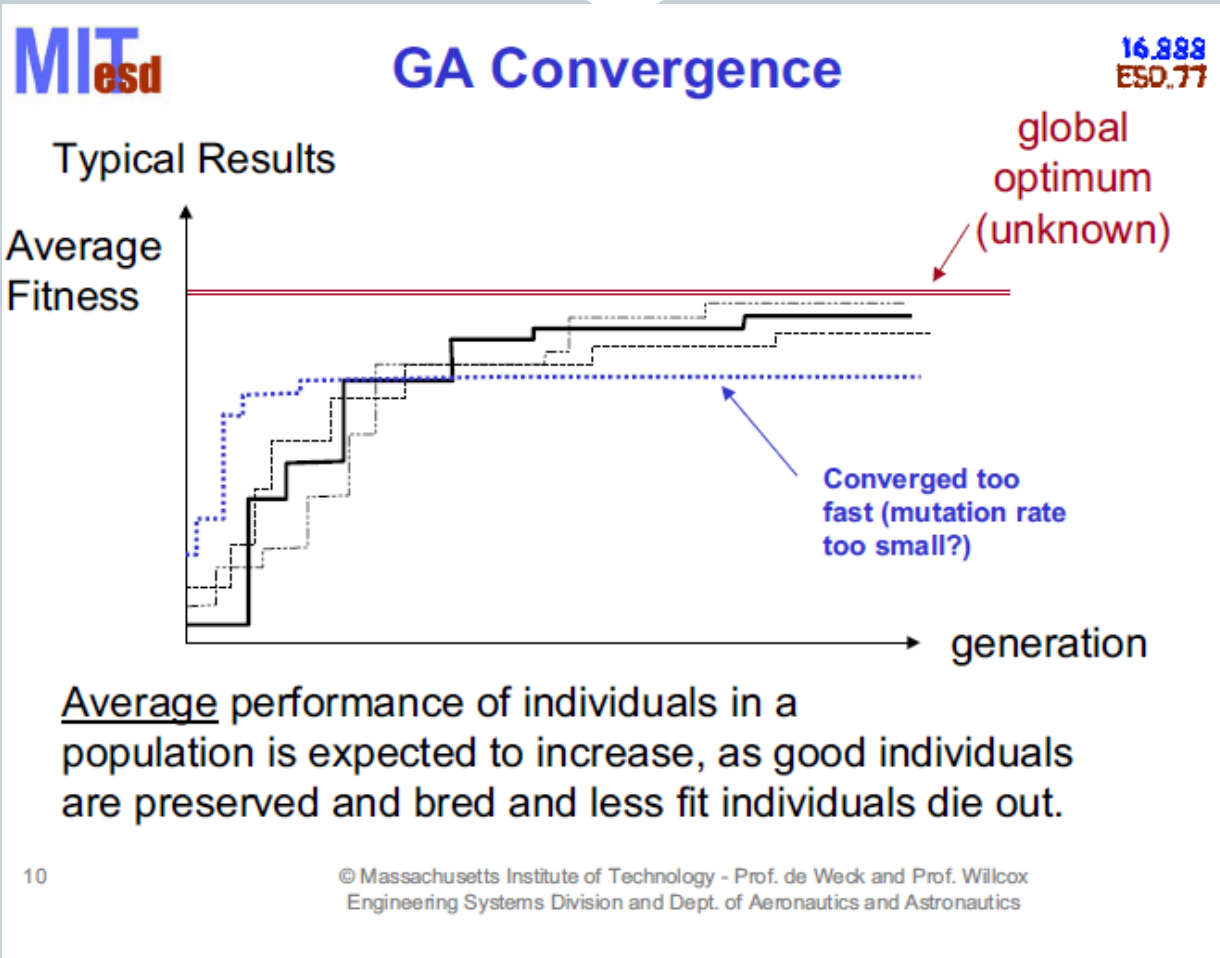
4.0

Can
Never
Achieve
11111



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής





ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

Γ. Το μέγεθος του πληθυσμού (Population Size)

- Εκφράζει τον αριθμό του χρωμοσωμάτων που αποτελούν τον πληθυσμό.
- Εξαρτάται από την αναπαράσταση και κυρίως στο μέγεθος του string.
- Μικρό μέγεθος πληθυσμού → ?
- Μεγάλο μέγεθος πληθυσμού → ?



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής

Γ. Το μέγεθος του πληθυσμού (Population Size)

- Εκφράζει τον αριθμό του χρωμοσωμάτων που αποτελούν τον πληθυσμό.
- Εξαρτάται από την αναπαράσταση και κυρίως στο μέγεθος του string.
- Μικρό μέγεθος πληθυσμού → μικρή πιθανότητα διασταύρωσης → εξετάζεται ένα μικρό μέρος του χώρου καταστάσεων.
- Μεγάλο μέγεθος πληθυσμού → αργός ΓΑ
- Ακραία μεταβολή του μεγέθους του πληθυσμού → αύξηση μεγέθους του προβλήματος → αργός ΓΑ



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ)

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής -Εργαστήριο Αναγνώρισης Προτύπων
Διευθυντής: Σπύρος Λυκοθανάσης, Καθηγητής



- Το Μέγεθος Πληθυσμού είναι κρίσιμος παράγοντας για την απόδοση του ΓΑ
- **Μικρός Πληθυσμός:**
 - + Βρίσκει τις καλές λύσεις γρήγορα
 - Ο χώρος κατάστασης ελέγχεται με λιγότερη λεπτομέρεια
 - Εγκλωβίζεται σε τοπικά βέλτιστα
- **Μεγάλος Πληθυσμός:**
 - + Ο χώρος κατάστασης εξετάζεται με λεπτομέρεια
 - + Λιγότερο πιθανό να εγκλωβιστούν σε τοπικά βέλτιστα
 - Χρειάζονται περισσότερο χρόνο