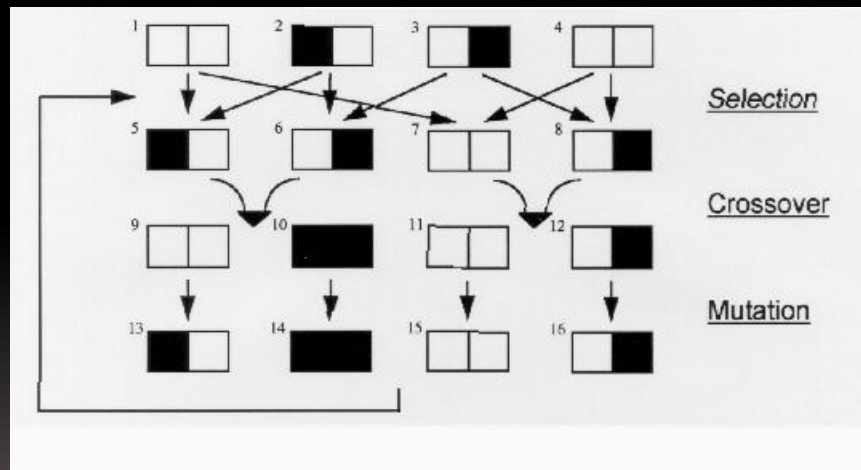


- **ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ II**
- (ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ - ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ)

- *Κεφάλαιο 12*



Περίγραμμα Σημερινής Διάλεξης

- Παρουσίαση εφαρμογών Γ.Α. που έχουν υλοποιηθεί και χρησιμοποιούνται με επιτυχία για διάφορους σκοπούς.
- Στόχος να δοθεί μια εικόνα για
 - τις τεράστιες δυνατότητες που παρουσιάζουν οι Γ.Α. την αξιοπιστία των λύσεων που δίνουν σε διάφορα προβλήματα,
 - την ευελιξία και την ικανότητα αρμονικής συνεργασίας με άλλες μεθόδους
- και να γίνει μια συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων τους με τα αντίστοιχα των παραδοσιακών μεθόδων.
- Τα πεδία εφαρμογών είναι μόνο αντιπροσωπευτικά

Γνωστές εφαρμογές των Γενετικών Αλγόριθμων

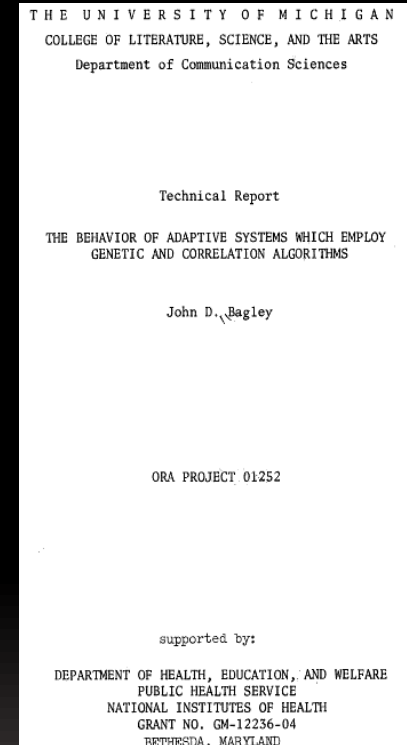
- Στα πρώτα τους βήματα οι Γ.Α. αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης και ανάπτυξης σε πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα.
-
- Σήμερα υπάρχουν και λειτουργούν με επιτυχία πολλά συστήματα βασισμένα σε Γ.Α. σε τομείς όπως η Επεξεργασία Εικόνας (Image Processing), η Computer Aided Design (CAD), η Οικονομία, οι Τηλεπικοινωνίες, η Τεχνολογία Λογισμικού (Software Engineering), ο Χρονοπρογραμματισμός (Scheduling), τα Γραφικά Υπολογιστών (Computer Graphics), η Βιοπληροφορική και πολλοί άλλοι.

Παραδείγματα Προβλημάτων που επιλύθηκαν από Γ.Α

Γενικότερα, στην πλειοψηφία τους πρόκειται για προβλήματα που δεν είναι δυνατόν να υπολογιστούν σε κάποιο λογικό χρονικό διάστημα, δηλαδή ανήκουν στην κατηγορία των NP-complete προβλημάτων.

Το εξάπιο (1967)

- Μία από τις πρώτες ιστορικές εφαρμογές ήταν το παιχνίδι προσαρμογής του Bagley. Οι δύο παίχτες μετακινούν τρία πιόνια σε μία σκακιέρα 9 (3×3) τετραγώνων. Σκοπός είναι να φτάσει κάποιος στην πλευρά του άλλου.



Bagley, J. D. (1967). The Behavior of Adaptive Systems Which Employ Genetic and Correlative Algorithms. PhD thesis, University of Michigan, Ann Arbor.

Κυτταρική Προσωμείωση (1970)

- Ο Weinberg χρησιμοποίησε Γ.Α. σε διαφορετικά επίπεδα ώστε να επιλεγεί ένα καλό σύνολο από σταθερές που θα περιγράφουν την κυτταρική προσομείωση του (*Escherichia Coli* μοντέλο). Ήθελε τα χρωμοσώματα να προσαρμοστούν ώστε τα χημικά συστατικά του μορίου να ταιριάζουν με τα διαθέσιμα χημικά συστατικά.

COMPUTER SIMULATION OF A LIVING CELL: PART I

R. WEINBERG* and M. BERKUS†

Department of Computer and Communication Sciences, University of Michigan (USA)

(Received: 10 June, 1970)

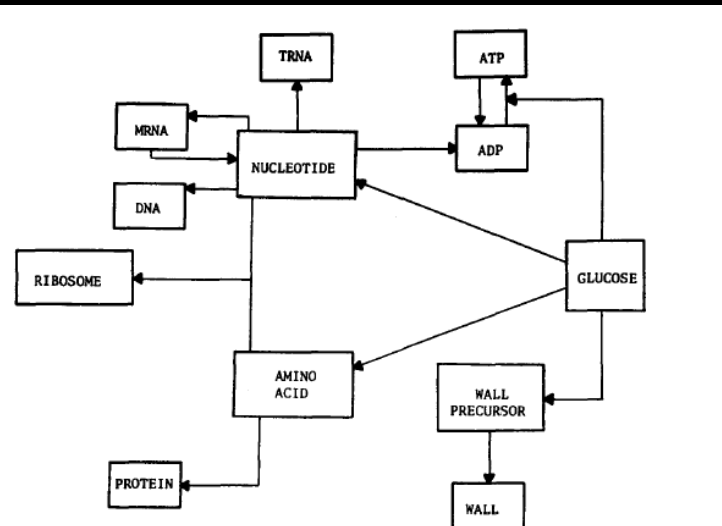
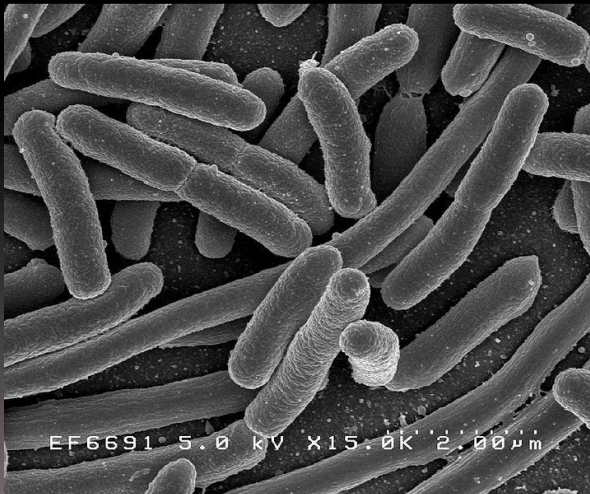
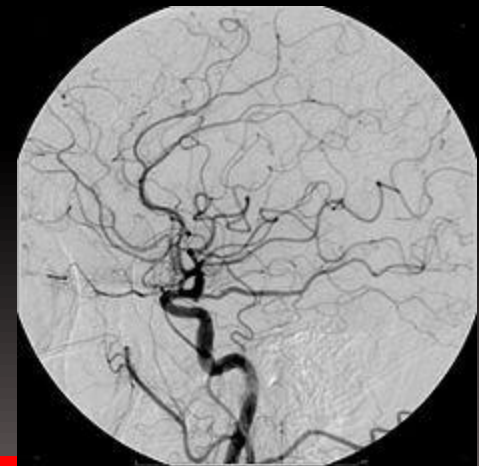
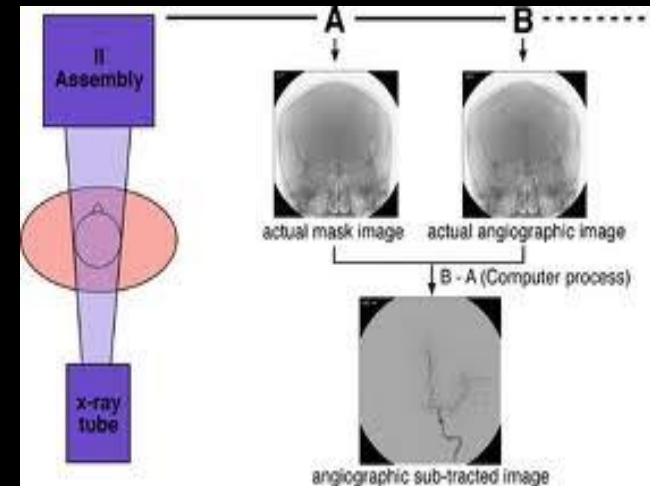


Fig. 2.1. Flow of materials.

Παραδείγματα Προβλημάτων που επιλύθηκαν από Γ.Α

Ιατρικές εικόνες (1984)

- Ευθυγράμμιση εικόνων σε ένα σύστημα αγγειογράφισης μέσω ψηφιακής αφαίρεσης.
- Η τεχνική αυτή επιτρέπει τη θέαση μιας αρτηρίας μέσω της σύγκρισης δύο ακτινογραφιών πριν και μετά από την έγχυση μιας ένεσης (contrast medium).
- Η διαδικασία απαιτεί ακινησία του ασθενή.
- Γ.Α. για να βρουν τους συντελεστές του μετασχηματισμού που ευθελαχιστοποιούσαν τις διαφορές ανάμεσα στις εικόνες, πριν και μετά από την ένεση.



J. M. Fitzpatrick, J. J. Grefenstette and D. Van Gucht. Image registration by genetic search. In *IEEE Southeast Conference*, pp. 460-464. Louisville (USA), 1984.

Το δίλημμα του κρατούμενου

- Δύο άνθρωποι είναι κρατούμενοι σε κάποια φυλακή. Έχουν την δυνατότητα, είτε να σιωπήσουν είτε να προδώσει ο ένας τον άλλο, για να ελευθερωθούν. Ανάλογα με το τι επιλέγουν να πράξουν αμοίβονται ως εξής:

✓ **Εάν και οι δύο σιωπήσουν,** τότε θα μείνουν μόνο 1 χρόνο στη φυλακή.

✓ **Εάν μόνο ο ένας ομολογήσει,** θα ελευθερωθεί και ο άλλος θα μείνει για 20 χρόνια έγκλειστος.

✓ **Εάν και οι δύο προδώσουν,** η ποινή τους θα διαρκέσει πέντε χρόνια.

Prisoners' dilemma		prisoner B			
		confess	remain silent	confess	remain silent
prisoner A	confess	 5 years 5 years	 0 year 20 years		
	remain silent	 20 years 0 year	 1 year 1 year		

© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

Το δίλημμα του κρατούμενου

Pepsi Cola

Εξαπάτηση του Καρτέλ

(Χρέωση χαμηλότερης τιμής)

Μη εξαπάτηση του Καρτέλ

(Χρέωση μονοπωλιακής τιμής)

Εξαπάτηση του
Καρτέλ

\$3 εκατομμύρια
κέρδος η κάθε
εταιρία

Coke κερδίζει \$8
εκατομμύρια
Pepsi κερδίζει \$2
εκατομμύρια

Coca Cola

Μη εξαπάτηση
του Καρτέλ

Coke κερδίζει \$2
εκατομμύρια
Pepsi κερδίζει \$8
εκατομμύρια

\$6 εκατομμύρια
κέρδος η κάθε
εταιρία

Το δίλημμα του κρατούμενου

- Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον όταν επαναλαμβάνεται (επίδραση απόφασης του ενός παίκτη στις μελλοντικές αποφάσεις του άλλου παίκτη).
- 1985, τουρνουά υπολογιστών για τη σύγκριση διαφορετικών αλγορίθμων και μεθόδων επίλυσης του.
- Νικητής: Ο Axelrod με “eye to eye” Γ.Α. επίλυσης του προβλήματος

Axelrod, Robert (1984). *The Evolution of Cooperation*. Basic Books. ISBN 0-465-02121-2

Μέθοδος Tit for Tat

Παράδειγμα :

Έστω δύο παίκτες ο Π_1 και ο Π_2 . Ο Π_1 ακολουθεί κάποια στρατηγική που θεωρεί βέλτιστη ενώ ο Π_2 ακολουθεί τη μέθοδο Tit For Tat.

Στον επόμενο πίνακα βλέπουμε τις κινήσεις τους στους πρώτους πέντε «γύρους» του παιχνίτου.

	1 ^{ος}	2 ^{ος}	3 ^{ος}	4 ^{ος}	5 ^{ος}
Π_1	Επίθεση	Συνεργασία	Συνεργασία	Επίθεση	Επίθεση
Π_2	Συνεργασία	Επίθεση	Συνεργασία	Συνεργασία	Επίθεση

- Παρατηρούμε ότι ο Π_2 αρχικά συνεργάζεται και μετά απλώς αντιγράφει την κίνηση που έκανε ο αντίπαλος στον προηγούμενο «γύρο».

Μέθοδος Tit for Tat

- Ένας απλός αλγόριθμος σε ψευδοκώδικα για την Tit For Tat είναι ο ακόλουθος :
- `#define DEFECT 0`
- `#define COOPERATE 1`
- `All_D () {`
- `return DEFECT`
- `}`
- `Tit_for_Tat (int partner_last_move) {`
- `if (partner_last_move == DEFECT)`
- `Return`
- `DEFECT`
- `else`
- `return COOPERATE`
- `}`

Tit For Two Tats.

Μια παραλλαγή της Tit For Tat : παίκτης που την ακολουθεί ξεκινά με συνεργασία και επιτίθεται μόνο μετά από δύο συνεχόμενες επιθέσεις του αντιπάλου ενώ συνεργάζεται αμέσως μόλις συνεργαστεί ο αντίπαλος.

Η πρώτη στήλη του ακόλουθου πίνακα περιέχει τα ζεύγη των δύο προηγούμενων κινήσεων του αντιπάλου ενώ η δεύτερη περιέχει την αντίδραση του παίκτη που παίζει με Tit For Two Tats.

Ζεύγη Κινήσεων	Αντίδραση
Συνεργασία, Συνεργασία	Συνεργασία
Συνεργασία, Επίθεση	Συνεργασία
Επίθεση, Συνεργασία	Συνεργασία
Επίθεση, Επίθεση	Επίθεση

Μέθοδος Tit for Tat

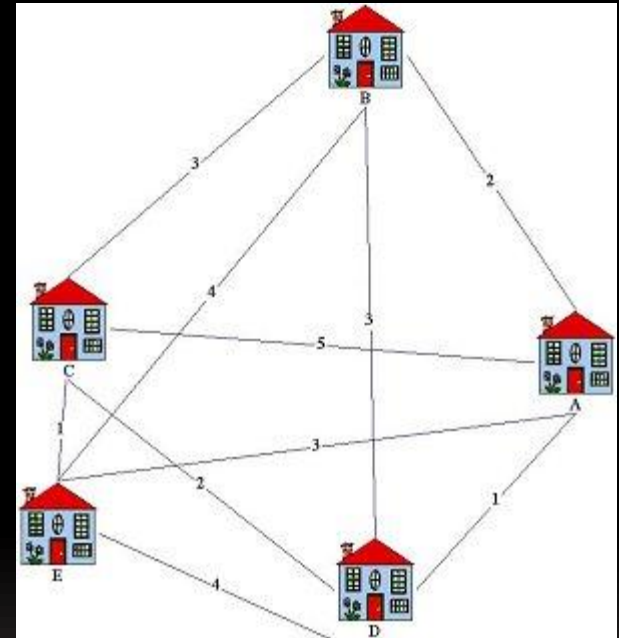
- Η μέθοδος Tit For Tat είναι «καλή» γιατί ξεκινάει πάντα με συνεργασία αλλά κάθε επίθεσή του ο αντίπαλος τη χρεώνεται στον επόμενο «γύρο» δεχόμενος επίθεση από τον παίκτη που ακολουθεί την Tit For Tat.
- Τη δύναμη που έχει η Tit For Tat στο να προάγει τη συνεργασία τη μελέτησε ο Robert Axelrod. Αυξάνοντας τους «γύρους» του παιχνιδιού εξασθενεί η λογική του πραγματικού Prisoner's Dilemma, ενώ αντιθέτως ενδυναμώνεται αυξάνοντας τους παίκτες.
- Ο Axelrod προτείνει τέσσερις συμβουλές για να κερδίζουμε σε παίγνια σαν το Prisoner's Dilemma :
 - Να μην είσαι κακός με τους άλλους παίκτες
 - Να μην είσαι ο πρώτος που θα επιτεθεί
 - Να μην είσαι πολύ έξυπνος
 - Να απαντάς με επίθεση ή συνεργασία ανάλογα με το τι δέχτηκες.

Μέθοδος Tit for Tat

- *«Οι άνθρωποι, χρησιμοποιώντας τη λογική διορατικότητα και την ικανότητά τους να διαμορφώνουν το κόσμο γύρω τους, έχουν τη δυνατότητα να προάγουν τη συνεργασία.»*
- Ο Axelrod προτείνει να εφαρμόσουμε αυτές τις αρχές στην καθημερινή μας ζωή και να αντιμετωπίζουμε τους συνανθρώπους μας εφαρμόζοντας Tit For Tat.

Το πρόβλημα του πλανώδιου Πωλητή

- Ο πωλητής πρέπει να επισκεφτεί ένα πλήθος από N πόλεις με το ελάχιστο δυνατό κόστος περνώντας μία φορά από καθεμιά.
- Για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα θεωρητικά πρέπει να δοκιμαστούν όλες οι πιθανές λύσεις. (Πρακτικά για 16 πόλεις 653.837.184.000 διαδρομές)
- Οι Γ.Α. προσφέρουν μία καλή λύση σε αποδεκτό χρονικό διάστημα.



Το πρόβλημα του πλανώδιου Πωλητή

Πολλές πρακτικές εφαρμογές :

- Π.χ. Η πραγματική δρομολόγηση των σχολικών λεωφορείων, των αερογραμμών, των φορτηγών παράδοσης και των ταχυδρομικών μεταφορέων.

Η προσπάθεια για βελτιστοποίηση του λόγου της ταχύτητας εύρεσης μιας λύσης προς την ακρίβεια της λύσης αυτής αποτελεί σημαντικό ζήτημα.

Γενίκευση του πρόβληματος του πλανώδιου Πωλητή

Υπάρχουν περισσότεροι από έναν πωλητές.

Fogel DB. A parallel processing approach to a multiple traveling salesman problem using evolutionary programming. In: Proceedings of the fourth annual symposium on parallel processing. Fullerton, CA, 1990. p. 318–26.

Το πρόβλημα της δρομολόγησης οχημάτων:

- Έστω ένας στόλος από οχήματα, που έχουν όλα την ίδια βάση και ένα σύνολο από πελάτες καθένας από τους οποίους πρέπει να λάβει μία παραγγελία.
- Πρέπει να βρεθεί το δρομολόγιο που πρέπει να ακολουθήσει κάθε όχημα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος.
- Υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί, όπως για παράδειγμα, η χωρητικότητα κάθε οχήματος και οι χρόνοι παράδοσης των διαφόρων παραγγελιών .

Γενίκευση του πρόβληματος του πλανώδιου Πωλητή

Πρόβλημα της μεταφοράς:

- Μια ποσότητα αγαθών που βρίσκεται σε έναν αριθμό διαφορετικών αποθηκών πρέπει να διανεμηθεί σε έναν αριθμό διαφορετικών πελατών.
- Κάθε πελάτης μπορεί να λάβει αγαθά από μία ή και περισσότερες αποθήκες.
- Το ζητούμενο και στο πρόβλημα αυτό είναι η εύρεση μιας λύσης που να ελαχιστοποιεί το κόστος.

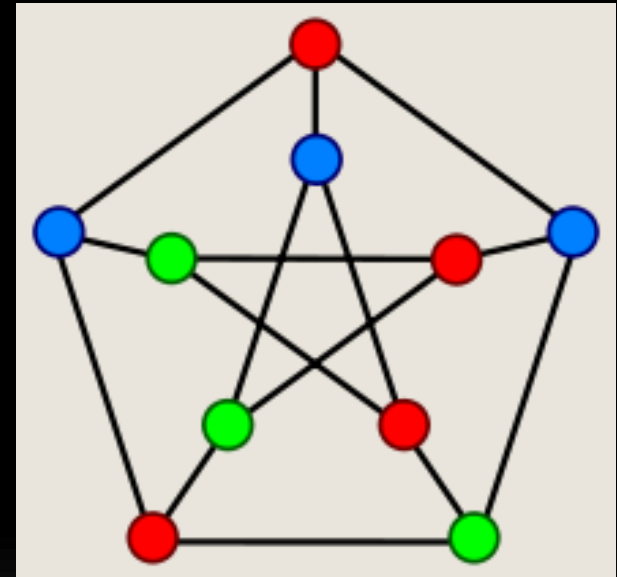
Γενίκευση του πρόβληματος του πλανώδιου Πωλητή

Ο προγραμματισμός του μονοπατιού που πρέπει να ακολουθήσει ένα ρομπότ

- Το μονοπάτι όχι μόνο πρέπει να είναι εφικτό και πραγματοποιήσιμο αλλά και πρέπει να γίνει χωρίς να προκληθούν συγκρούσεις.
- Παραδείγματα αυτού του τύπου είναι ο καθορισμός των κινήσεων των αρθρώσεων που απαιτούνται για να μετακινηθεί ο βραχίονας ενός ρομπότ.
- Σε άγνωστα και μεταβλητά περιβάλλοντα, όπου απαιτείται δυνατότητα διαρκούς μεταβολής του αρχικού προγραμματισμού ή δρομολόγησης, τα ρομπότ πρέπει να είναι σε θέση να αναθεωρούν και να επαναπροσδιορίζουν τη δρομολόγησή τους καθώς ταξιδεύουν.

Χρωματισμός Γράφων

Έστω $G = \langle N, A \rangle$ ένας μη κατευθυνόμενος γράφος του οποίου θέλουμε να χρωματίσουμε τις κορυφές. Αν δύο κορυφές συνδέονται με μία ακμή θα πρέπει σ' αυτές να αντιστοιχεί διαφορετικό χρώμα. Στόχος είναι να χρησιμοποιηθεί ο μικρότερος δυνατός αριθμός χρωμάτων.



Χρωματισμός Γράφων

Εφαρμογές

- Ένας γράφος μπορεί να αναπαριστά ένα πρόγραμμα εξετάσεων μαθημάτων.
- Κάποιες επιλογές μαθημάτων είναι κοινές σε φοιτητές που ανήκουν σε διαφορετικούς τομείς.
- Στόχος είναι να κάνουμε το καλύτερο πρόγραμμα έτσι ώστε κάθε φοιτητής να μπορεί να παρευρεθεί στις εξετάσεις των μαθημάτων του και να εξασφαλίσουμε ότι οι αίθουσες εξέτασης θα είναι ελεύθερες.
- .
- Οι Γ.Α. προσφέρουν και σε αυτό το πρόβλημα μια καλή λύση σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα.

Εφαρμοσμένη Μηχανική και Μηχανολογικός Σχεδιασμός (Engineering and Design)

- Το κύριο πρόβλημα: η εύρεση των βέλτιστων τιμών για μια σειρά παραμέτρων, ικανοποιώντας ταυτόχρονα ένα σύνολο περιορισμών.
- Δύσκολη και χρονοβόρα εργασία, απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ και σημαντικούς πόρους.
- Τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για την εξυπηρέτηση αυτών των αναγκών είναι αξιόλογα, αλλά επειδή συχνά οι χώροι αναζήτησης είναι τεράστιοι, η προσπάθεια βελτίωσης των τεχνικών είναι διαρκής.



Εφαρμοσμένη Μηχανική και Μηχανολογικός Σχεδιασμός

- Οι Γ.Α., έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στο χώρο αυτό βελτιώνοντας αξιοσημείωτα τις επιδόσεις.
- Ακόμη και πολύ μικρές βελτιώσεις, π.χ. της τάξεως του 2%, θεωρούνται πολύ σημαντικές σε αυτό τον τομέα και συχνά δύσκολα επιτεύξιμες.
- Το φάσμα των εφαρμογών είναι αρκετά μεγάλο, όπως για παράδειγμα ο σχεδιασμός κινητήρων αεροπλάνων, η κατασκευή γεφυρών, ο σχεδιασμός αγωγών αερίων, κ.τ.λ.
- Πολύ συνηθισμένη πρακτική είναι η χρησιμοποίηση υβριδικών σχημάτων, που συνήθως έχουν καλύτερες επιδόσεις σε προβλήματα μεγάλης εξειδίκευσης.

Παράδειγμα: Γ.Α. για την κατασκευή υποστηρίγματος πτέρυγας αεροπλάνου.

Το υποστήριγμα αποτελείται από 10 τμήματα και στόχος είναι ο σχεδιασμός τους κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιείται το βάρος τους, ικανοποιώντας ταυτόχρονα κάποιους περιορισμούς μέγιστης και ελάχιστης πίεσης.

- Χρησιμοποιήθηκε Γ.Α. με τις κλασσικές μορφές των λειτουργιών του: επιλογή με ρουλέτα, απλή διασταύρωση και μετάλλαξη.
- Για την ενσωμάτωση των περιορισμών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ποινής.
- Η κωδικοποίηση ήταν δυαδική με 4 δυαδικά ψηφία για κάθε μια από τις 10 μεταβλητές του προβλήματος,.
- Επίσης, έγινε χρήση της τεχνικής της αντιστοίχισης των μεταβλητών σε κάποιο διάστημα, που εξυπηρετούσε τις ανάγκες του προβλήματος.

Παράδειγμα: Γ.Α. για την κατασκευή υποστηρίγματος πτέρυγας αεροπλάνου.

- Συγκρινόμενος με άλλες μεθόδους, ο Γ.Α. δίνει αποτελέσματα περίπου της ίδιας ακρίβειας στον ίδιο χρόνο.
- Ωστόσο, η παρουσίαση αυτού του παραδείγματος έγινε για να φανεί ότι κατά πρώτο λόγο οι Γ.Α. έχουν το λιγότερο ισάξιες επιδόσεις με άλλες τεχνικές και κατά δεύτερο να φανεί το εύρος των εφαρμογών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και με τη βασική τους μορφή, δηλαδή να φανεί η ευρωστία του.

Υβριδικό Σύστημα – Αλληλοσύνδεση (Interdigitation)

Powel, Skolnik και Tong κατόρθωσαν να δημιουργήσουν ένα πολύ αποδοτικό και εύρωστο υβριδικό σύστημα βελτιστοποίησης.

- Συνδυάζονται οι εξής ετερογενείς τεχνικές με διαφορετικές και, μερικές φορές, συμπληρωματικές δυνατότητες.:
- Έμπειρο Σύστημα (Ε.Σ.), Αριθμητική Βελτιστοποίηση (Α.Β.) και Γ.Α.

D.J. Powell, M.M. Skolnick, S.S. Tong: *Interdigitation: A Hybrid Technique for Engineering Design Optimization Employing Genetic Algorithms, Expert Systems, and Numerical Optimization*. In: L. Davis (ed.): *Handbook of Genetic Algorithms*. Van Nostrand Reinhold, 1991, pp. 312-331.

Υβριδικό Σύστημα – Αλληλοσύνδεση (Interdigitation)

- Το κλειδί στην όλη υπόθεση είναι ότι η αντιμετώπιση του κάθε προβλήματος δε γίνεται με τον ίδιο τρόπο, αλλά, αναλόγως με τη φύση και τις ιδιαιτερότητές του, γίνεται επιλεκτική χρησιμοποίηση των επιμέρους τεχνικών σε ποσοστά που μπορούν να ποικίλουν ακόμη και κατά το χρόνο εκτέλεσης.

Υβριδικό Σύστημα – Αλληλοσύνδεση (Interdigitation)

- Τα Ε.Σ. είναι ένα άριστο εργαλείο βελτιστοποίησης σε προβλήματα, όπου η γνώση του πεδίου των μεταβλητών από τον μηχανικό είναι αρκετή.
 - Αντιθέτως, οι Γ.Α. αδιαφορούν για το πληροφοριακό περιεχόμενο του προβλήματος.
 - Η Α.Β. βρίσκεται κάπου ενδιάμεσα των δύο άλλων τεχνικών.
- Συνεπώς, ο συνδυασμός των τεχνικών που χρησιμοποιούνται κάθε φορά είναι προφανής:
- *Όταν η γνώση του πεδίου είναι πολύ καλή, χρησιμοποιείται μόνο Ε.Σ.*
 - *Αν είναι απλώς καλή, χρησιμοποιείται Ε.Σ. με Α.Β.*
 - *Αν είναι μέτρια, χρησιμοποιείται συνδυασμός Ε.Σ.-Α.Β.-Γ.Α.*
 - *Τέλος, αν δεν υπάρχει γνώση, προτιμάται Γ.Α. με Α.Β.*

Υβριδικό Σύστημα – Αλληλοσύνδεση (Interdigitation)

- Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο συνδυασμός των τεχνικών αυτών μπορεί να αλλάζει κατά το χρόνο εκτέλεσης.
- Αυτό είναι μεγάλο πλεονέκτημα, γιατί διαφορετικές περιοχές είναι δυνατό να παρουσιάζουν διαφορετικό είδος πληροφορίας.

Εφαρμογή του Υβριδικού Συστήματος— Αλληλοσύνδεση (Interdigitation)

- Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής σε διάφορα προβλήματα έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Μεγάλη ευρωστία επιβεβαιώθηκε όταν ο αλγόριθμος υποβλήθηκε σε ένα εξαντλητικό test που περιελάμβανε έξι δύσκολα προβλήματα βελτιστοποίησης διαφόρων πεδίων.
- Καμιά μέθοδος βελτιστοποίησης δεν είχε καλές επιδόσεις σε παραπάνω από δύο από αυτά τα προβλήματα.
- Η τεχνική της Αλληλοσύνδεσης απέδειξε τη μεγάλη του ισχύ σημειώνοντας πολύ καλές επιδόσεις σε όλα τα test.

Εφαρμογή του Υβριδικού Συστήματος— Αλληλοσύνδεση (Interdigitation)

- Σε εφαρμογές μηχανικού σχεδιασμού, για τις οποίες άλλωστε δημιουργήθηκε, πέτυχε επίσης αξιόλογες επιδόσεις.
- Η General Electric το χρησιμοποίησε για την κατασκευή του ρυθμιστή αεροπλάνου και η απόδοση που επιτεύχθηκε ήταν καλύτερη από κάθε άλλη τεχνική βελτιστοποίησης.

Engineous

- Η General Electric έχει αναπτύξει και ένα γενικού σκοπού εργαλείο αυτοματισμού που περιλαμβάνει Γ.Α. και έχει το όνομα **Engineous**.
- Το εργαλείο αυτό συνεργάζεται και με άλλο λογισμικό, όπως προσομοιωμένες μηχανές και μοντέλα CAD.
- Αποτελείται από ένα υβριδικό σύνολο εργαλείων, ένα από τα οποία είναι Γ.Α.
- Αρχικά, επιλέγει κάποιες τιμές για τις παραμέτρους του μοντέλου που θα σχεδιαστεί και, έπειτα, μέσα από τη διαδικασία τρεξίματος, δίνει τη δυνατότητα στο μηχανικό να αξιολογεί πώς λειτουργεί μια νέα σύνθεση στις συνθήκες του προβλήματος.

D.J. Powell, M.M. Skolnick, S.S. Tong: EnGENous: A Unified Approach to Design Optimization. In: J.S. Gero (ed.): Applications of Artificial Intelligence in Engineering V, Vol. 1: Design. Computational Mechanics Publications, 1990, pp. 137-157.

Engineous

- Μέσα από διαδοχικές γενιές νέων σχεδιασμών, το Engineous επιτρέπει την προοδευτική εξέλιξη μέχρι να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του σχεδιασμού, χρησιμοποιώντας τη διαδικασία "**δοκιμή και σφάλμα**" (**trial and error**).
- Με την βοήθεια του Γ.Α. μπορούν να δοκιμαστούν μέχρι και 100 παράμετροι τη φορά, ενώ με την αντίστοιχη χειρωνακτική διαδικασία μόλις 10.

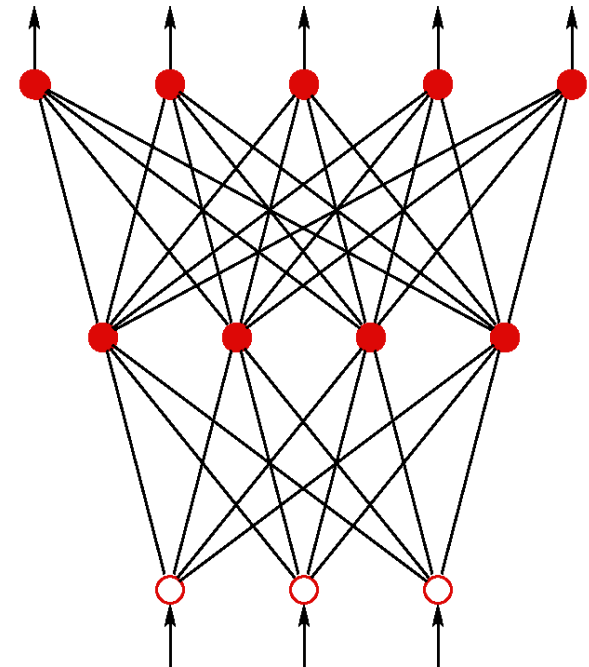
D.J. Powell, M.M. Skolnick, S.S. Tong: EnGENous: A Unified Approach to Design Optimization. In: J.S. Gero (ed.): Applications of Artificial Intelligence in Engineering V, Vol. 1: Design. Computational Mechanics Publications, 1990, pp. 137-157.

Συνδυασμός Γενετικών Αλγορίθμων και Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Τα *Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα* είναι μοντέλα παράλληλης επεξεργασίας που η οργάνωσή τους προσπαθεί να μιμηθεί το δίκτυο των νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Η ανάπτυξή τους σήμερα είναι αρκετά δυναμική και οι εφαρμογές που στηρίζονται σε αυτά πάρα πολλές.

Χρησιμοποιούνται σε χώρους, όπως η Ιατρική, η Οικονομία, η Μηχανολογία, η Επεξεργασία Ήχου, η Επεξεργασία Εικόνας, η Αναγνώριση Προτύπων, η Βελτιστοποίηση, κ.τ.λ.



Συνδυασμός Γενετικών Αλγορίθμων και Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

- Με την εμφάνιση των Γ.Α., ένα πλήθος ερευνητών προσπάθησε να συνδυάσει τις δυο τεχνολογίες, ώστε να ξεπεραστούν τα προβλήματα της μιας από την άλλη.



Πολλές αξιόλογες υβριδικές εφαρμογές.

Η χρήση των Γ.Α. μέσα στον χώρο των Νευρωνικών Δικτύων (Ν.Δ.) μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- ✓ Η σχεδίαση (μέσω Γ.Α.) βέλτιστων Ν.Δ. για συγκεκριμένα προβλήματα και
- ✓ Η εκπαίδευσή τους.

Χρονοπρογραμματισμός

Το πρόβλημα εύρεσης μιας βέλτιστης σειράς για την εκτέλεση ενός πεπερασμένου συνόλου λειτουργιών, χωρίς να παραβιάζεται ένα συγκεκριμένο σύνολο κανόνων .



- Είναι από τα πιο συνηθισμένα προβλήματα που συναντώνται στο χώρο της βελτιστοποίησης, αλλά και από τα πιο δύσκολα, αφού ανήκει στην κατηγορία των NP-complete προβλημάτων.
- Στην πιο συχνή τους μορφή, αυτού του είδους τα προβλήματα έχουν ως στόχο τη μεγιστοποίηση της χρήσης ανθρώπων ή άλλων πόρων και την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας διεργασίας.

Χρονοπρογραμματισμός

- **Συγκρούσεις:** ένα άτομο ή κάποιος πόρος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες από μια εργασίες ταυτόχρονα
- **Περιορισμοί** όπως: η τήρηση προτεραιοτήτων, η μη διαθεσιμότητα κάποιων πόρων για κάποιο χρονικό διάστημα, κ.τ.λ.
- Η πιο συνηθισμένη πρακτική για την επίλυση των προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού είναι ένας συνδυασμός κάποιας τεχνικής βελτιστοποίησης με ευρετική μέθοδο.

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

- Πολύπλοκο και με πολλές παραμέτρους πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού παρουσιάστηκε στο εργαστήριο του Σταθμού Ελέγχου Ολοκλήρωσης Συστημάτων (System Integration Test Station) του Αμερικάνικου Ναυτικού, στην Καλιφόρνια.
- Το εργαστήριο διαθέτει μια ποικιλία εξοπλισμού και εγκαταστάσεων για την εκπαίδευση των υποψηφίων αεροπόρων, όπως σκελετούς αεροπλάνων F-14, cockpits, radar, πολεμικά συστήματα ελέγχου κ.τ.λ. που είναι προσαρμοσμένα όλα σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης.

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

- Ακόμη, ένα πλήθος άλλων βοηθητικών συσκευών είναι διαθέσιμο, όπως υπολογιστές, ραδιόφωνα, καταγραφείς, κ.τ.λ.
- Το ανθρώπινο δυναμικό που κάνει χρήση αυτού του υλικού είναι οι εκπαιδευόμενοι και το τεχνικό προσωπικό.

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

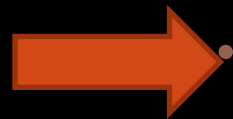
- Αρχικά το πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού του εργαστηρίου αντιμετωπιζόνταν με εμπειρικές μεθόδους (δηλαδή με το χέρι), κάτι που απαιτούσε ικανότητα και καλή γνώση των συνθηκών.
- Οι δυσκολίες όμως ήταν μεγάλες, εξαιτίας μιας σειράς περιορισμών, όπως:
- Περιορισμοί πόρων, π.χ. περισσότεροι από ένας πόρος μπορούν να είναι ταυτόχρονα διαθέσιμοι σε όλους.
- Χρονικοί περιορισμοί, π.χ. όλες οι εργασίες πρέπει να ολοκληρώνονται μέχρι τις 5 μ.μ.
- Προτεραιότητες, π.χ. υπάρχουν εργασίες που είναι απολύτως επιτακτικές σε κάποια χρονική στιγμή, ενώ μερικές δεν μπορούν να εκτελεστούν αν δεν έχουν ολοκληρωθεί κάποιες άλλες.

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

- Συνδυασμός των Γ.Α. με ευρετικές μεθόδους.
- Για το πρόβλημα των ακατάλληλων σειρών: ένας **ντετερμινιστικός κατασκευαστής χρονοπρογράμματος (deterministic schedule builder)**, ο οποίος παίρνει ως είσοδο μια ακολουθία εργασιών και παράγει ως έξοδο ένα έγκυρο πρόγραμμα για αυτές.
- Μέθοδος FCFS (First Come First Served), δηλαδή τοποθετείται η πρώτη εργασία της ακολουθίας στο πρόγραμμα με κάποια ευρετική μέθοδο, έπειτα τοποθετείται η δεύτερη, χωρίς να επηρεάζει τη θέση της πρώτης, κ.ο.κ. (όλες οι τοποθετήσεις γίνονται με τήρηση των περιορισμών).

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

- Έχοντας ένα εργαλείο που παράγει νόμιμα προγράμματα για συγκεκριμένες σειρές, αυτό που απομένει είναι να βρεθεί μια σειρά που να παράγει καλό πρόγραμμα.



Χρήση των Γ.Α

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

- Κωδικοποίηση: Η κάθε συμβολοσειρά αναπαριστά μια σειρά εργασιών, δηλαδή ένα είδος τακτικής κωδικοποίησης, όπου όμως, η σειρά αυτή καθ' αυτή δεν αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα.
- Αντίθετα, η συμβολοσειρά εισάγεται στον schedule builder και από εκεί παράγεται ένα πρόγραμμα, όπως περιγράφηκε παραπάνω.
- Η λειτουργία του schedule builder είναι εντελώς ανεξάρτητη από τον Γ.Α.
- Οι λεπτομέρειες, οι περιορισμοί και οι ιδιαιτερότητες του κάθε προβλήματος γίνονται απολύτως αντιληπτές από το schedule builder και ο στόχος του είναι να παράγει νόμιμα προγράμματα.

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

- Η καταλληλότητα είναι συνάρτηση των προτεραιοτήτων των εργασιών.
- Για κάθε συμβολοσειρά κατασκευάζεται από τον schedule builder ένα πρόγραμμα και η ικανότητα που αντιστοιχεί σε αυτή τίθεται ίση με το άθροισμα των προτεραιοτήτων όλων των εργασιών.
- Αν κάποια εργασία δεν έχει τοποθετηθεί στο πρόγραμμα, αφαιρείται η προτεραιότητά της από το άθροισμα.
- Αν κάποια εργασία έχει τοποθετηθεί στο πρόγραμμα με ταυτόχρονη παραβίαση ενός ελαστικού περιορισμού, τότε προστίθεται το μισό της προτεραιότητάς της στο άθροισμα.

Χρονοπρογραμματισμός - Παράδειγμα

- Με αυτό τον τρόπο υπολογισμού, αν καμιά εργασία δεν έχει τοποθετηθεί στο πρόγραμμα η ικανότητα της αντίστοιχης συμβολοσειράς είναι μηδέν, ενώ στο άλλο άκρο ένα τέλειο πρόγραμμα περιλαμβάνει όλες τις εργασίες και αντιστοιχεί σε ικανότητα ίση με το διπλάσιο του συνολικού αθροίσματος των προτεραιοτήτων.
- Από την κωδικοποίηση που επιλέχθηκε, είναι εμφανές ότι όσο πιο κοντά στην αρχή της δυαδικής συμβολοσειράς είναι μια εργασία, τόσο πιο πιθανό είναι να τοποθετηθεί στο πρόγραμμα.
- Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και η σειρά των εργασιών, αφού μια εργασία μπορεί να είναι κοντά στην αρχή, αλλά να προηγείται κάποια άλλη που χρειάζεται τους ίδιους, μη πολλαπλώς διαθέσιμους, πόρους και έτσι να αποκλειστεί.
- Έχοντας αυτά υπ' όψη, δοκιμάστηκαν διάφορες ιδέες και παραλλαγές για τις διαδικασίες διασταύρωσης και μετάλλαξης.

Χρονοπρογραμματισμός – Παράδειγμα- Διασταύρωση

- Εξετάστηκαν οι εξής τρεις παραλλαγές:
- Διασταύρωση Ταξινομημένης Λίστας (Order-Based Crossover).
- Διασταύρωση Θέσης (Position-Based Crossover).
- Διασταύρωση Ακμών (Edge Recombination Crossover).

Χρονοπρογραμματισμός – Παράδειγμα- Διασταύρωση θέσης

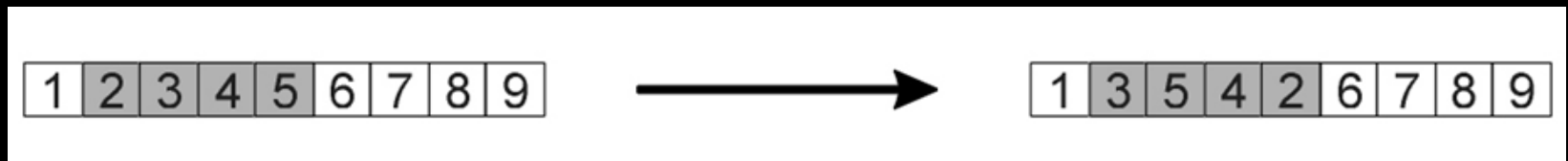
Επιλέγονται τυχαία μερικές θέσεις και γίνεται σε αυτές αμοιβαία ανταλλαγή του γενετικού υλικού των δύο ατόμων.

- **Παράδειγμα:** Έστω οι ακόλουθοι γονείς και οι τυχαία επιλεγμένες θέσεις:
- γονέας 1 \Rightarrow a b c d e f g h i j
- γονέας 2 \Rightarrow e i b d f a j g c h
- θέσεις \Rightarrow - * * - * - - * - -
- Τότε, τα δύο παιδιά που θα προκύψουν θα είναι τα εξής:
- παιδί 1 \Rightarrow a i b d f f g g i j
- παιδί 2 \Rightarrow e b c d e a j h c h .

Χρονοπρογραμματισμός – Παράδειγμα-

Εξετάστηκαν τρία είδη μετάλλαξης:

- **Μετάλλαξη Θέσης (Position-Based Mutation).**
- **Μετάλλαξη Σειράς (Order-Based Mutation).**
- **Μετάλλαξη Αναδιάταξης (Scramble mutation).**



- Η διασταύρωση συμβαίνει με μεγαλύτερη συχνότητα στα αρχικά στάδια της εκτέλεσης και αργότερα περιορίζεται αφήνοντας συχνότερη δράση στη μετάλλαξη.
- Αποφύγή πρόωρης σύγκλιση ή επιδόσεις τυχαίου ψαξίματος.

Υλοποιώντας όλες τις παραπάνω σχεδιαστικές επιλογές προέκυψε ένα σύστημα με αρκετά αξιόλογες επιδόσεις.

Έλεγχος και Ρομποτική

- Η Ρομποτική (*Robotics*) παρουσιάζει προβλήματα βελτιστοποίησης με ιδιαίτερες απαιτήσεις.
- Ειδικότερα, τα προβλήματα καθορισμού της κίνησης ενός ρομπότ (*robot trajectory generation*) είναι αρκετά πολύπλοκα, γιατί ανήκουν στην κατηγορία των διεργασιών, όπου η σειρά εφαρμογής των **κανόνων (rules)** είναι καθοριστική για την απόδοση.
- Οι παραδοσιακές μέθοδοι βελτιστοποίησης, λόγω του τεράστιου και γεμάτου τοπικά ακρότατα χώρου αναζήτησης δεν κατόρθωσαν να ικανοποιήσουν πλήρως με τις επιδόσεις τους.
- Καλά αποτελέσματα μόνο σε περιπτώσεις όπου το μοντέλο, πάνω στο οποίο γίνεται η επεξεργασία, περιγράφεται με μεγάλη ακρίβεια ή όταν ο χώρος αναζήτησης δεν είναι πολύ μεγάλος.

Έλεγχος και Ρομποτική

- Σ' ένα τέτοιο περιβάλλον, όπου οι αλληλοεξαρτήσεις των παραμέτρων δεν είναι γνωστές με ακρίβεια και ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας του συστήματος είναι αρκετά μεγάλος, μια αυτοπροσαρμοζόμενη στρατηγική αναζήτησης, όπως ο Γ.Α. έχει αρκετές πιθανότητες επιτυχίας.
- Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι Γ.Α. καλύπτουν ικανοποιητικά τις ανάγκες των προβλημάτων αυτής της κατηγορίας, καθώς δεν απαιτείται ένα σαφές μοντέλο περιγραφής της συμπεριφοράς του προβλήματος, ενώ η ενδογενής παράλληλη επεξεργασία του Γ.Α. αποδεικνύεται κάτι παραπάνω από χρήσιμη σε ένα περιβάλλον μεγάλης πολυπλοκότητας.

Προσομοίωση και Αναγνώριση Συστημάτων

- Η προσομοίωση περιλαμβάνει το σχεδιασμό και τη μοντελοποίηση ενός συστήματος και την προσπάθεια μέσω των ΕΑ, να καθοριστεί η συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος.
- Σε κάποιες περιπτώσεις αυτό γίνεται επειδή δεν υπάρχει βεβαιότητα για τη συμπεριφορά του συστήματος (για παράδειγμα όταν σχεδιάζεται ένα καινούριο αεροσκάφος).
- Άλλες φορές, η συμπεριφορά είναι γνωστή, αλλά είναι επιθυμητό να δοκιμαστεί η άρτια λειτουργία του μοντέλου σε ακραίες συνθήκες λειτουργίας.

Εφαρμογές στη Βιολογία και Χημεία

- Οι Roosen και Meyer (1992) χρησιμοποίησαν μια εξελικτική στρατηγική για να καθορίσουν το σημείο ισορροπίας χημικών αντιδράσεων, προσπαθώντας να υπολογίσουν την ελάχιστη ελεύθερη εντροπία των συστατικών που συμμετείχαν στην αντίδραση.
- Ο Lucasius (1991) ασχολήθηκε με τον καθορισμό της τρισδιάστατης δομής μιας πρωτεΐνης, όταν είναι δεδομένη η ακολουθία των αμινοξέων της.
- Τεχνικές των ΕΑ έχουν επίσης, χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση του τρόπου με τον οποίο το νευρικό σύστημα μαθαίνει, έτσι ώστε να μπορεί να ελέγξει την ορθότητα μιας υπάρχουσας επιστημονικής θεωρίας,

Εφαρμογές στην Οικονομία

- ΕΑ έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη μοντελοποίηση της οικονομικής αλληλεξάρτησης ανταγωνιστικών εταιρειών και στην πρόβλεψη της εξέλιξης των τιμών διαφόρων μετοχών σε χρηματιστήρια.

Εφαρμογές στο χώρο των Πολιτικών Μηχανικών

- Η χρήση των Γ.Α. για αυτοματοποιημένο σχεδιασμό ατσαλένιων στηριγμάτων σκεπών ερευνάται σε βάθος το τελευταίο διάστημα.

Επίσης, η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού διαστάσεων οπλισμένου σκυροδέματος

Οι ΓΑ στα Συστήματα Ταξινόμησης

- Ένα σημαντικό κομμάτι της έρευνας στο χώρο των ΕΑ έχει αναλωθεί στη θεωρία και την εφαρμογή των συστημάτων ταξινόμησης.
- Τα συστήματα ταξινόμησης αποτελούν την καρδιά πολλών άλλων συστημάτων.

Συμπερασματα

- Οι Γ.Α. αποτελούν μια πρωτότυπη μεταφορά ενός μοντέλου που λειτουργεί με επιτυχία για εκατομμύρια χρόνια στη φύση.
- Επιβεβαιώνεται, και σε αυτή την περίπτωση, η τάση της Επιστήμης να εμπνέεται από την ανθρώπινη ζωή.

Συμπερασματα

- Από λειτουργική άποψη, οι Γ.Α. αποτελούν ένα ισχυρό και εύρωστο εργαλείο βελτιστοποίησης.
- Είναι σε θέση να αντιμετωπίζουν μεγάλη ποικιλία προβλημάτων μεγάλης δυσκολίας και να προσαρμόζονται σε πολλά περιβάλλοντα υλοποίησης.
- Παρ' όλ' αυτά, για προβλήματα όχι μεγάλης πολυπλοκότητας και, όπου υπάρχουν εξειδικευμένες μέθοδοι βελτιστοποίησης, ίσως οι Γ.Α. να μην είναι η καλύτερη επιλογή, γιατί είναι εργαλείο γενικού σκοπού.

Συμπερασματα

- Πολύ δημοφιλείς και αποδοτικές είναι οι εφαρμογές που συνδυάζουν Γ.Α. με άλλες μεθόδους (υβριδικοί Γ.Α.), γιατί έτσι εξουδετερώνονται αμοιβαία τα μειονεκτήματά τους.