

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2019-2020

Διδάσκων: Κ. Παρσόπουλος

Μεταπτυχιακός φοιτητής: Χριστόδουλος Ασημνίδης

Αριθμός Μητρώου: 397

E-mail: chasiminidis@cs.uoi.gr

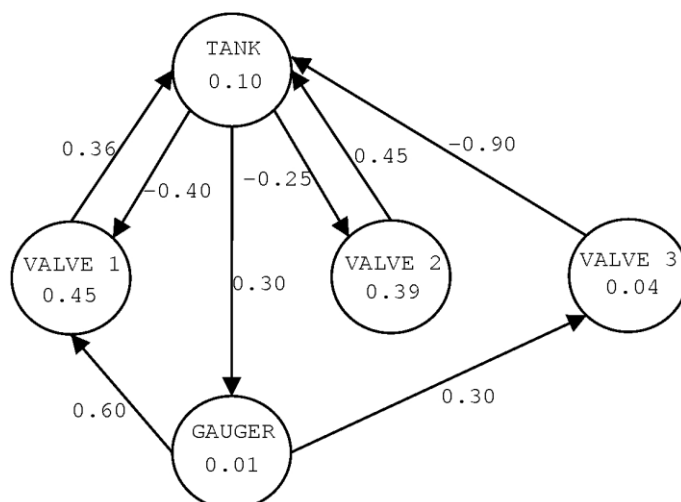
ΕΡΓΑΣΙΑ 2

I. Εισαγωγή

Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος του μεταπτυχιακού μαθήματος με τίτλο Βελτιστοποίηση με διδασκων τον κ. Παρσόπουλο Κωνσταντίνο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται το θέμα της εργασίας, ο τρόπος υλοποίησης και περιγραφή των αποτελεσμάτων αυτών. Τα μοντέλα βρίσκονται σε τρεις διαφορετικούς φακέλους εν ονόματι «όλα τα βάρη», «πλήρης ή μερική συμφωνία» και «πλήρης συμφωνία» εξαρτώμενα από τα βάρη. Το αρχείο που καλεί όλες τις κλάσεις και τις διαδικασίες είναι το αρχείο test1.py το οποίο εμφανίζει τα αποτελέσματα αναλυτικά.

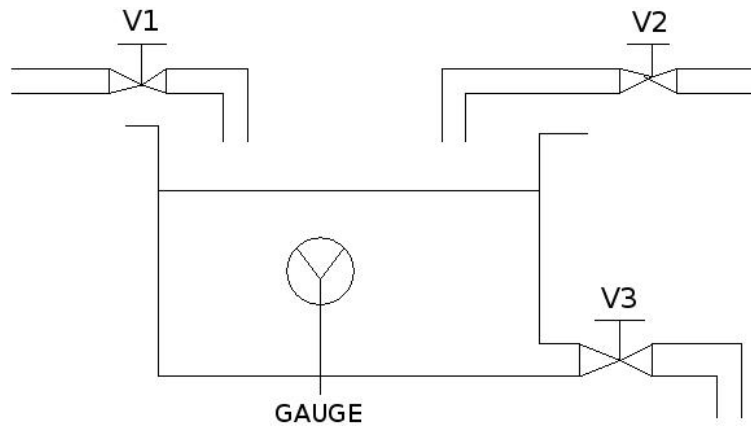
II. Το πρόβλημα

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η βελτιστοποίηση συνδεσμικών μοντέλων προσομοίωσης εν ονόματι ασαφείς γνωστικοί χάρτες. Οι χάρτες αυτοί συνδυάζουν χαρακτηριστικά από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και την ασαφή λογική. Ένα Fuzzy Cognitive Map αποτελείται από έναν γράφο, του οποίου οι κόμβοι συνδέονται με κατευθυνόμενες ακμές. Κάθε κόμβος αποτελεί ένα χαρακτηριστικό (concept) του προσομοιωμένου συστήματος και κάθε ακμή δηλώνει μια σχέση αιτιότητας (causality) ανάμεσα σε δύο κόμβους. Η ένταση της αιτιότητας καθώς και η μορφή της (θετική ή αρνητική) αναπαρίστανται με αριθμητικά βάρη επί των ακμών. Μία ειδική μορφή ενός FCM με 5 κόμβους και 8 κατευθυνόμενες ακμές αναπαρίσταται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Το σχεδιασμένο FCM για το υπό μελέτη σύστημα.

Για το σύστημα που αναπαρίσταται στο σχήμα 1, στόχος είναι η εφαρμογή των αλγορίθμων βελτιστοποίησης Nelder-Mead, τυχαίας αναζήτησης με μεταβλητό βήμα και simulated annealing για μάθηση σε ένα FCM που προσομοιώνει το βιομηχανικό σύστημα του σχήματος 2. Το σύστημα αποτελείται από μια δεξαμενή και τρεις βαλβίδες V1, V2, V3. Οι βαλβίδες V1 και V2 είναι υπεύθυνες για τη ροή δύο χημικών ουσιών εντός της δεξαμενής, οι οποίες αντιδρούν μεταξύ τους παράγοντας μια Τρίτη ουσία. Η στάθμη του υγρού εντός της δεξαμενής συμβολίζεται με T. Την ποσότητα της παραγόμενης ουσίας μετράει ένας μετρητής G (Gauger) εντός της δεξαμενής. Όταν οι τιμές του μετρητή βρίσκονται εντός κάποιου συγκεκριμένου διαστήματος, η βαλβίδα V3 ανοίγει αδειάζοντας τη δεξαμενή. Ο κύριος στόχος της προσομοίωσης είναι ο βέλτιστος έλεγχος G και T ώστε αυτά να διατηρούνται εντός συγκεκριμένων διαστημάτων:



Σχήμα 2. Το υπό μελέτη βιομηχανικό σύστημα.

Για αυτό το σύστημα, οι ειδικοί σχεδίασαν το FCM του σχήματος 1, το οποίο αποτελείται από τα ακόλουθα πέντε concepts:

1. Concept C1: στάθμη του υγρού στη δεξαμενή.
2. Concept C2: κατάσταση της βαλβίδας V1.
3. Concept C3: κατάσταση της βαλβίδας V2.
4. Concept C4: κατάσταση της βαλβίδας V3.
5. Concept C5: ποσότητα παραχθείσας ουσίας εντός της δεξαμενής.

Τα output concepts είναι τα C1 και C5, τα οποία παραπάνω δόθηκαν ως G και T για τα οποία οι ειδικοί καθόρισαν τα διαστήματα ορθής λειτουργίας:

$$0.68 \leq T \leq 0.70, \quad 0.78 \leq G \leq 0.85$$

Επιπλέον, οι ειδικοί καθόρισαν και τα διαστήματα εντός των οποίων πρέπει να βρίσκονται οι τιμές των βαρών του FCM:

$$\begin{array}{llll} -0.5 \leq w_{12} \leq -0.3, & -0.4 \leq w_{13} \leq -0.2, & 0.2 \leq w_{15} \leq 0.4, & 0.3 \leq w_{21} \leq 0.4 \\ 0.4 \leq w_{13} \leq 0.5, & -1.0 \leq w_{41} \leq -0.8, & 0.5 \leq w_{52} \leq 0.7, & 0.2 \leq w_{54} \leq 0.4 \end{array}$$

Οι ειδικοί είχαν πλήρη συμφωνία για τις παραπάνω τιμές των w_{21} , w_{31} και w_{41} και μερική συμφωνία για τα w_{12} και w_{13} . Αντίθετα, σημαντικές διαφορές είχαν για τα βάρη w_{15} , w_{52} και w_{54} . Στο σχήμα 1 δίνονται οι αρχικές τιμές των concepts που δόθηκαν από τους ειδικούς. Όλες οι παραπάνω τιμές προέκυψαν μέσα από τη διαδικασία fuzzyfication/defuzzyfication.

III. Αλγόριθμος Nelder-Mead

Η μέθοδος Nelder-Mead είναι μία μέθοδος άμεσης αναζήτησης η οποία χρησιμοποιεί ένα σύνολο σημείων με συγκεκριμένες γεωμετρικές ιδιότητες. Σε κάθε βήμα της μεθόδου παράγεται ένα νέο σημείο που αντικαθιστά ένα από τα υπάρχοντα σημεία. Το νέο σημείο παράγεται με συνδυασμό διευθύνσεων αναζήτησης που ορίζονται από τα υπάρχοντα σημεία.

Τα σημεία που απαρτίζουν το άπλοκο θεωρούνται ταξινομημένα ως προς την συναρτησιακή τιμή.

$$f_1 \leq f_2 \leq f_3 \leq \dots \leq f_{n+1}$$

Επίσης, υπολογίζεται το κέντρο βάρους των n καλύτερων ως προς την τιμή σημείων:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i$$

Η μέθοδος Nelder-mead παράγει νέα σημεία με βάση πέντε τελεστές, διαμέσου της γενικής σχέσης:

$$x = (1 + \rho)\bar{x} - \rho x_{n+1}$$

Ένας πλήρης κύκλος εφαρμογής της μεθόδου αποτελείται από την διαδοχική εφαρμογή των ακόλουθων τελεστών.

1. Ανάκλαση (reflection)
2. Επέκταση (expansion)
3. Εξωτερική συστολή (external contraction)
4. Εσωτερική συστολή (internal contraction)
5. Συρρίκνωση (Shrink)

IV. Μέθοδος τυχαίας αναζήτησης

Οι στοχαστικές μέθοδοι αποτελούν έναν από τους δημοφιλέστερους τρόπους αναζήτησης λύσεων σε προβλήματα όπου απουσιάζουν επιθυμητά μαθηματικά χαρακτηριστικά όπως συνέχεια, παραγωγισμότητα κλπ. Στη βελτιστοποίηση οι στοχαστικές μέθοδοι γενικά αναφέρονται και ως μέθοδοι τυχαίας αναζήτησης (random search methods). Η απλούστερη μέθοδος τυχαίας αναζήτησης έγκειται στην παραγωγή τυχαίων σημείων στο χώρο αναζήτησης με χρήση κάποιας συνεχούς κατανομής πιθανότητας. Η επιλογή κατανομής και το μέγεθος δείγματος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην απόδοση μεθόδου. Για την υλοποίηση της μεθόδου το σημείο ακολουθεί κάποια κατανομή συνήθως κάποια γνωστή όπως την ομοιόμορφη ή την κανονική. Μία άμεση βελτίωση της μεθόδου τυχαίας αναζήτησης είναι η τυχαία αναζήτηση με μεταβλητό βήμα με την αλλαγή να γίνεται έλεγχος ώστε το βήμα να μην είναι τυχαίο, αλλά σταθερό και να μεγαλώνει όταν γίνονται επιτυχή βήματα ή να μικραίνει όταν δεν ισχύει κάτι τέτοιο.

V. Μέθοδος Simulated Annealing

Στόχος της μεθόδου είναι η περιγραφή φυσικών διαδικασιών ανόπτησης σε μέταλλα. Η μέθοδος εκκινεί με κάποιο αρχικό σημείο x_0 και διατηρεί το σύνολο των σημείων που αποδέχθηκε. Σε κάθε επανάληψη γίνεται δειγματοληψία για ένα νέο σημείο το οποίο προέρχεται από κάποια κατανομή. Το σημείο αυτό γίνεται αποδεκτό με κάποια πιθανότητα μέσω της λεγόμενης συνάρτησης αποδοχής. Μετά την επιλογή του νέου σημείου, η μέθοδος ενημερώνει το σύνολο όλων των σημείων που αποδέχθηκε η μέθοδος ώστε να περιέχει όλα τα σημεία που προέκυψαν μέχρι εκείνη την επανάληψη. Εν συνεχεία, ενημερώνει την παράμετρο θερμοκρασίας. Η επιλογή της συνάρτησης αποδοχής πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα καθοδικά βήματα να γίνονται πάντα αποδεκτά, δηλαδή να συγκλίνουν, ενώ τα ανοδικά να γίνονται αποδεκτά με κάποια πιθανότητα, δηλαδή να αποφεύγονται τα τοπικά ελάχιστα. Μια τέτοια τυπική συνάρτηση είναι η συνάρτηση Metropolis με όπως δίνεται στην εξίσωση 1.

$$F_{acc}(x, y, t) = \min\{1, e^{(-\frac{f(y)-f(x)}{t})}\} \quad (1)$$

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εργασίας είναι η Python 2.7.16.

Οι υπολογισμοί έγιναν σε ένα 64-bit σύστημα με διπύρρηνο επεξεργαστή των 1.40GHz και 4GB RAM.

V. Μετρήσεις

Για την ισορροπία των βαρών χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση σφάλματος η οποία κατά κανόνα επιτυγχάνεται μετά από μικρό αριθμό επαναλήψεων της σχέσης (1) όπως περιγράφεται στο έγγραφο της παρούσας μελέτης, οπότε και δεν μεταβάλλονται περαιτέρω οι τιμές των concepts. Τα αποτελέσματα είναι ως εξής:

Ο μέγιστος αριθμός βημάτων για να μην μεταβάλλονται άλλο οι τιμές των concepts είναι: 5

Οι αρχικές τιμές των concepts είναι: Tank: 0.10, Valve1: 0.45, Valve2: 0.39, Valve3: 0.04, Gauger: 0.01.

Οι τελικές τιμές των concepts είναι: Tank: 0.6258223948957455, Valve1: 0.7060179829048701, Valve2: 0.6114342149483285, Valve3: 0.716396302617022, Gauger: 0.7106531388508711.

Συνολικός χρόνος εκτέλεσης μετρούμενος σε δευτερόλεπτα είναι: 0.077999830246 seconds

- Σενάριο 1
 - Όσον αφορά το output concept Tank με όρια (0.68,0.70) τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

Simulated Annealing

Πίνακας 1. Αποτελέσματα concept: Tank σεναρίου 1 με τη μέθοδο simulated Annealing

Step	Temperature	State	Cost	New state	New cost
0	1	0.0976	0.00655	0.0976	0.00655
1	0.967	0.0976	0.00655	0.0979	0.00655
2	0.933	0.0979	0.00655	0.0999	0.00655
3	0.9	0.0999	0.00655	0.108	0.00655
4	0.867	0.108	0.00655	0.105	0.00655
5	0.833	0.105	0.00655	0.106	0.00655
6	0.8	0.106	0.00655	0.123	0.00655
7	0.767	0.123	0.00655	0.103	0.00655
8	0.733	0.103	0.00655	0.121	0.00655
9	0.7	0.121	0.00655	0.143	0.00655
10	0.667	0.143	0.00655	0.163	0.00655
11	0.633	0.163	0.00655	0.184	0.00655
12	0.6	0.184	0.00655	0.195	0.00655
13	0.567	0.195	0.00655	0.234	0.00655
14	0.533	0.234	0.00655	0.226	0.00655
15	0.5	0.226	0.00655	0.253	0.00655
16	0.467	0.253	0.00655	0.26	0.00655

17	0.433	0.26	0.00655	0.274	0.00655
18	0.4	0.274	0.00655	0.288	0.00655
19	0.367	0.288	0.00655	0.311	0.00655
20	0.333	0.311	0.00655	0.302	0.00655
21	0.3	0.302	0.00655	0.241	0.00655
22	0.267	0.241	0.00655	0.266	0.00655
23	0.233	0.266	0.00655	0.209	0.00655
24	0.2	0.209	0.00655	0.187	0.00655
25	0.167	0.187	0.00655	0.177	0.00655
26	0.133	0.177	0.00655	0.108	0.00655
27	0.1	0.108	0.00655	0.0468	0.00655
28	0.0667	0.0468	0.00655	0.000789	0.00655
29	0.0333	0.000789	0.00655	-0.0486	0.00655

Η καλύτερη συναρτησιακή τιμή είναι: 0.006553226656598952, ενώ το διάστημα που ανήκει το x είναι: [0.6831922018611782, 0.6841054652666342]

Nelder-Mead

Η μέθοδος Nelder-Mead δίνει καλύτερη συναρτησιακή τιμή: 0.00445619412649 στο διάστημα: [0.68, 0.7999999999999999].

Random Walk

Η μέθοδος Random Walk δίνει τιμή σύγκλιση: 0.6899879999999999

Πίνακας 2. Αποτελέσματα χρόνου εκτέλεσης των αλγορίθμων για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων για το concept: Tank

Συνολικός χρόνος εκτέλεσης των αλγορίθμων		
Simulated Annealing	Nelder Mead	Random Walk
1.26599979401	0.0780000686646	1.34400010109

- Όσον αφορά το output concept Gauger με όρια (0.78,0.85) τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

Simulated Annealing

Πίνακας 3. Αποτελέσματα concept: Gauger σεναρίου 1 με τη μέθοδο simulated Annealing

Step	Temperature	State	Cost	New state	New cost
0	1	0.0976	0.0607	0.0976	0.0607
1	0.967	0.0976	0.0607	0.0979	0.0607
2	0.933	0.0979	0.0607	0.0999	0.0607
3	0.9	0.0999	0.0607	0.108	0.0607
4	0.867	0.108	0.0607	0.105	0.0607
5	0.833	0.105	0.0607	0.106	0.0607
6	0.8	0.106	0.0607	0.123	0.0607
7	0.767	0.123	0.0607	0.103	0.0607

8	0.733	0.103	0.0607	0.121	0.0607
9	0.7	0.121	0.0607	0.143	0.0607
10	0.667	0.143	0.0607	0.163	0.0607
11	0.633	0.163	0.0607	0.184	0.0607
12	0.6	0.184	0.0607	0.195	0.0607
13	0.567	0.195	0.0607	0.234	0.0607
14	0.533	0.234	0.0607	0.226	0.0607
15	0.5	0.226	0.0607	0.253	0.0607
16	0.467	0.253	0.0607	0.26	0.0607
17	0.433	0.26	0.0607	0.274	0.0607
18	0.4	0.274	0.0607	0.288	0.0607
19	0.367	0.288	0.0607	0.311	0.0607
20	0.333	0.311	0.0607	0.302	0.0607
21	0.3	0.302	0.0607	0.241	0.0607
22	0.267	0.241	0.0607	0.266	0.0607
23	0.233	0.266	0.0607	0.209	0.0607
24	0.2	0.209	0.0607	0.187	0.0607
25	0.167	0.187	0.0607	0.177	0.0607
26	0.133	0.177	0.0607	0.108	0.0607
27	0.1	0.108	0.0607	0.0468	0.0607
28	0.0667	0.0468	0.0607	0.000789	0.0607
29	0.0333	0.000789	0.0607	-0.0486	0.0607

Η καλύτερη συναρτησιακή τιμή είναι: 0.06070863332447276, ενώ το διάστημα που ανήκει το x είναι: [0.812638382972703, 0.8234715792644762]

Nelder-Mead

Η μέθοδος Nelder-Mead δίνει καλύτερη συναρτησιακή τιμή: 0.0473527339931 στο διάστημα 0.0473527339931

Random walk

Η μέθοδος Random walk συγκλίνει στην τιμή: 0.8149579999999997

Πίνακας 4. Αποτελέσματα χρόνου εκτέλεσης των αλγορίθμων για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων για το concept: Gauger

Συνολικός χρόνος εκτέλεσης των αλγορίθμων		
Simulated Annealing	Nelder Mead	Random Walk
1.15599989891	0.0620000362396	1.1400001049

- Σενάριο 2

Αλλάζοντας τα βάρη και κρατώντας μόνο τους περιορισμούς βαρών για τους οποίους υπήρχε πλήρης ή μερική συμφωνία των ειδικών, ενώ οι περιορισμοί όπου υπήρχε

σημαντική διαφωνία παραλείπονται και ισχύει μόνο ο γενικός περιορισμός, τότε τα αντίστοιχα βάρη ανήκουν εντός του διαστήματος $[-1,1]$.

Τότε, οι τελικές τιμές των concepts είναι: Tank: 0.6248949869363107, Valve1: 0.7072532507487388, Valve2: 0.611822290457513, Valve3: 0.7169925533740095, Gauger: 0.7106205618488463.

- Όσον αφορά τα output concepts Tank με όρια (0.68, 0.70) τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

Simulated Annealing

Πίνακας 5. Αποτελέσματα concept: Tank σεναρίου 2 με τη μέθοδο simulated Annealing

Step	Temperature	State	Cost	New state	New Cost
0	1	-0.128	0.00655	-0.128	0.00655
1	0.967	-0.128	0.00655	-0.128	0.00655
2	0.933	-0.128	0.00655	-0.131	0.00655
3	0.9	-0.131	0.00655	-0.128	0.00655
4	0.867	-0.128	0.00655	-0.135	0.00655
5	0.833	-0.135	0.00655	-0.134	0.00655
6	0.8	-0.134	0.00655	-0.133	0.00655
7	0.767	-0.133	0.00655	-0.12	0.00655
8	0.733	-0.12	0.00655	-0.12	0.00655
9	0.7	-0.12	0.00655	-0.145	0.00655
10	0.667	-0.145	0.00655	-0.174	0.00655
11	0.633	-0.174	0.00655	-0.204	0.00655
12	0.6	-0.204	0.00655	-0.196	0.00655
13	0.567	-0.196	0.00655	-0.23	0.00655
14	0.533	-0.23	0.00655	-0.244	0.00655
15	0.5	-0.244	0.00655	-0.274	0.00655
16	0.467	-0.274	0.00655	-0.276	0.00655
17	0.433	-0.276	0.00655	-0.289	0.00655
18	0.4	-0.289	0.00655	-0.279	0.00655
19	0.367	-0.279	0.00655	-0.254	0.00655
20	0.333	-0.254	0.00655	-0.254	0.00655
21	0.3	-0.254	0.00655	-0.276	0.00655
22	0.267	-0.276	0.00655	-0.286	0.00655
23	0.233	-0.286	0.00655	-0.244	0.00655
24	0.2	-0.244	0.00655	-0.171	0.00655
25	0.167	-0.171	0.00655	-0.241	0.00655
26	0.133	-0.241	0.00655	-0.18	0.00655
27	0.1	-0.18	0.00655	-0.265	0.00655
28	0.0667	-0.265	0.00655	-0.346	0.00655
29	0.0333	-0.346	0.00655	-0.255	0.00655

Η καλύτερη συναρτησιακή τιμή είναι: 0.006553226656598952 η οποία βρίσκεται μέσα στο διάστημα: $[0.6984272143389794, 0.6843330760040186]$.

Nelder Mead

Η μέθοδος Nelder Mead δίνει καλύτερη συναρτησιακή τιμή: 0.00445619412649 μέσα στο διάστημα [0.68,0.70]

Random Walk

Η μέθοδος Random Walk συγκλίνει στην τιμή: 0.6899359999999999

Πίνακας 6. Αποτελέσματα χρόνου εκτέλεσης των αλγορίθμων για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων για το concept: Tank

Συνολικός χρόνος εκτέλεσης των αλγορίθμων		
Simulated Annealing	Nelder Mead	Random Walk
1.46900010109	0.25	0.421999931335

- Όσον αφορά το output concept Gauger μέσα στο διάστημα (0.78, 0.85) τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

Simulated Annealing

Πίνακας 6. Αποτελέσματα concept: Gauger σεναρίου 2 με τη μέθοδο simulated Annealing

Step	Temperature	State	Cost	New state	New cost
0	1	-0.128	0.0607	-0.128	0.0607
1	0.967	-0.128	0.0607	-0.128	0.0607
2	0.933	-0.128	0.0607	-0.131	0.0607
3	0.9	-0.131	0.0607	-0.128	0.0607
4	0.867	-0.128	0.0607	-0.135	0.0607
5	0.833	-0.135	0.0607	-0.134	0.0607
6	0.8	-0.134	0.0607	-0.133	0.0607
7	0.767	-0.133	0.0607	-0.12	0.0607
8	0.733	-0.12	0.0607	-0.12	0.0607
9	0.7	-0.12	0.0607	-0.145	0.0607
10	0.667	-0.145	0.0607	-0.174	0.0607
11	0.633	-0.174	0.0607	-0.204	0.0607
12	0.6	-0.204	0.0607	-0.196	0.0607
13	0.567	-0.196	0.0607	-0.23	0.0607
14	0.533	-0.23	0.0607	-0.244	0.0607
15	0.5	-0.244	0.0607	-0.274	0.0607
16	0.467	-0.274	0.0607	-0.276	0.0607
17	0.433	-0.276	0.0607	-0.289	0.0607
18	0.4	-0.289	0.0607	-0.279	0.0607
19	0.367	-0.279	0.0607	-0.254	0.0607
20	0.333	-0.254	0.0607	-0.254	0.0607
21	0.3	-0.254	0.0607	-0.276	0.0607
22	0.267	-0.276	0.0607	-0.286	0.0607

23	0.233	-0.286	0.0607	-0.244	0.0607
24	0.2	-0.244	0.0607	-0.171	0.0607
25	0.167	-0.171	0.0607	-0.241	0.0607
26	0.133	-0.241	0.0607	-0.18	0.0607
27	0.1	-0.18	0.0607	-0.265	0.0607
28	0.0667	-0.265	0.0607	-0.346	0.0607
29	0.0333	-0.346	0.0607	-0.255	0.0607

Η καλύτερη συναρτησιακή τιμή είναι: 0.06070863332447276 με καλύτερη τιμή του x να βρίσκεται μέσα στο διάστημα: [0.7876993347877211, 0.8341318450884521]

Nelder Mead

Η μέθοδος Nelder Mead δίνει καλύτερη συναρτησιακή τιμή: 0.0473527339931 στο διάστημα [0.78,0.85]

Random Walk

Η μέθοδος Random Walk συγκλίνει στην τιμή: 0.8147759999999997

Πίνακας 7. Αποτελέσματα χρόνου εκτέλεσης των αλγορίθμων για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων για το concept: Gauger

Συνολικός χρόνος εκτέλεσης των αλγορίθμων		
Simulated Annealing	Nelder Mead	Random Walk
3.03800010681	0.178000211716	0.375

- Σενάριο 3

Αλλάζοντας τα βάρη και κρατώντας μόνο τους περιορισμούς βαρών για τους οποίους υπήρχε πλήρης συμφωνία των ειδικών, ενώ οι υπόλοιποι περιορισμοί παραλείπονται και ισχύει μόνο ο γενικός περιορισμός, τότε τα αντίστοιχα βάρη ανήκουν εντός του διαστήματος [-1,1].

Τότε, οι τελικές τιμές των concepts είναι: Tank: 0.6248949869363107, Valve1: 0.7072532507487388, Valve2: 0.611822290457513, Valve3: 0.7169925533740095, Gauger: 0.7106205618488463.

- Όσον αφορά το output concept Tank με όρια (0.68, 0.7) τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

Simulated Annealing

Πίνακας 8. Αποτελέσματα concept: Tank σεναρίου 3 με τη μέθοδο simulated Annealing

Step	Temperature	State	Cost	New state	New cost
0	1	1.02	0.00655	1.02	0.00655
1	0.967	1.02	0.00655	1.02	0.00655
2	0.933	1.02	0.00655	1.07	0.00655

3	0.9	1.07	0.00655	1.01	0.00655
4	0.867	1.01	0.00655	0.995	0.00655
5	0.833	0.995	0.00655	0.981	0.00655
6	0.8	0.981	0.00655	0.892	0.00655
7	0.767	0.892	0.00655	0.935	0.00655
8	0.733	0.935	0.00655	0.966	0.00655
9	0.7	0.966	0.00655	0.915	0.00655
10	0.667	0.915	0.00655	1.04	0.00655
11	0.633	1.04	0.00655	0.792	0.00655
12	0.6	0.792	0.00655	1.02	0.00655
13	0.567	1.02	0.00655	0.775	0.00655
14	0.533	0.775	0.00655	1.18	0.00655
15	0.5	1.18	0.00655	1.36	0.00655
16	0.467	1.36	0.00655	1.72	0.00655
17	0.433	1.72	0.00655	1.26	0.00655
18	0.4	1.26	0.00655	1.33	0.00655
19	0.367	1.33	0.00655	0.983	0.00655
20	0.333	0.983	0.00655	0.942	0.00655
21	0.3	0.942	0.00655	0.65	0.00655
22	0.267	0.65	0.00655	1.18	0.00655
23	0.233	1.18	0.00655	0.847	0.00655
24	0.2	0.847	0.00655	0.774	0.00655
25	0.167	0.774	0.00655	0.277	0.00655
26	0.133	0.277	0.00655	-0.439	0.00655
27	0.1	-0.439	0.00655	-0.687	0.00655
28	0.0667	-0.687	0.00655	-0.226	0.00655
29	0.0333	-0.226	0.00655	0.139	0.00655

Η καλύτερη συναρτησιακή τιμή είναι: 0.006553226656598952 η οποία βρίσκεται στο διάστημα: [0.6883953127338598, 0.699670894375608]

Nelder-mead

Η μέθοδος Nelder-Mead δίνει καλύτερη συναρτησιακή τιμή: 0.00445619412649

Random Walk

Η μέθοδος Random walk συγκλίνει στην τιμή: 0.6900259999999999

Πίνακας 9. Αποτελέσματα χρόνου εκτέλεσης των αλγορίθμων για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων για το concept: Tank

Συνολικός χρόνος εκτέλεσης των αλγορίθμων		
Simulated Annealing	Nelder Mead	Random Walk
0.984999895096	0.172000169754	0.40700006485

- Όσον αφορά το output concept Gauger με όρια (0.78,0.85) τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

Simulated Annealing

Πίνακας 10. Αποτελέσματα concept: Gauger σεναρίου 3 με τη μέθοδο Simulated Annealing

Step	Temperature	State	Cost	New state	New Cost
0	1	1.02	0.0607	1.02	0.0607
1	0.967	1.02	0.0607	1.02	0.0607
2	0.933	1.02	0.0607	1.07	0.0607
3	0.9	1.07	0.0607	1.01	0.0607
4	0.867	1.01	0.0607	0.995	0.0607
5	0.833	0.995	0.0607	0.981	0.0607
6	0.8	0.981	0.0607	0.892	0.0607
7	0.767	0.892	0.0607	0.935	0.0607
8	0.733	0.935	0.0607	0.966	0.0607
9	0.7	0.966	0.0607	0.915	0.0607
10	0.667	0.915	0.0607	1.04	0.0607
11	0.633	1.04	0.0607	0.792	0.0607
12	0.6	0.792	0.0607	1.02	0.0607
13	0.567	1.02	0.0607	0.775	0.0607
14	0.533	0.775	0.0607	1.18	0.0607
15	0.5	1.18	0.0607	1.36	0.0607
16	0.467	1.36	0.0607	1.72	0.0607
17	0.433	1.72	0.0607	1.26	0.0607
18	0.4	1.26	0.0607	1.33	0.0607
19	0.367	1.33	0.0607	0.983	0.0607
20	0.333	0.983	0.0607	0.942	0.0607
21	0.3	0.942	0.0607	0.65	0.0607
22	0.267	0.65	0.0607	1.18	0.0607
23	0.233	1.18	0.0607	0.847	0.0607
24	0.2	0.847	0.0607	0.774	0.0607
25	0.167	0.774	0.0607	0.277	0.0607
26	0.133	0.277	0.0607	-0.439	0.0607
27	0.1	-0.439	0.0607	-0.687	0.0607
28	0.0667	-0.687	0.0607	-0.226	0.0607
29	0.0333	-0.226	0.0607	0.139	0.0607

Η καλύτερη συναρτησιακή τιμή είναι: 0.06070863332447276 η οποία βρίσκεται στο διάστημα: [0.8374145888948028, 0.8412604067542879].

Nelder-Mead

Η μέθοδος Nelder Mead δίνει καλύτερη τιμή: 0.0473527339931

Random Walk

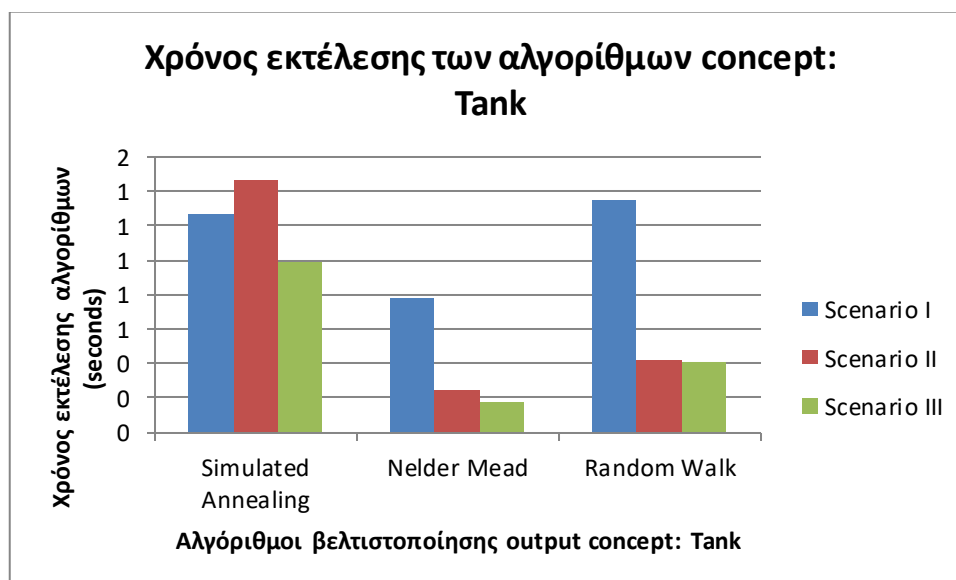
Η μέθοδος Random walk συγκλίνει στην τιμή: 0.8150909999999998

Πίνακας 11. Αποτελέσματα χρόνου εκτέλεσης των αλγορίθμων για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων για το concept: Gauger

Συνολικός χρόνος εκτέλεσης των αλγορίθμων		
Simulated Annealing	Nelder Mead	Random Walk
1.17200016975	0.15700006485	0.327999830246

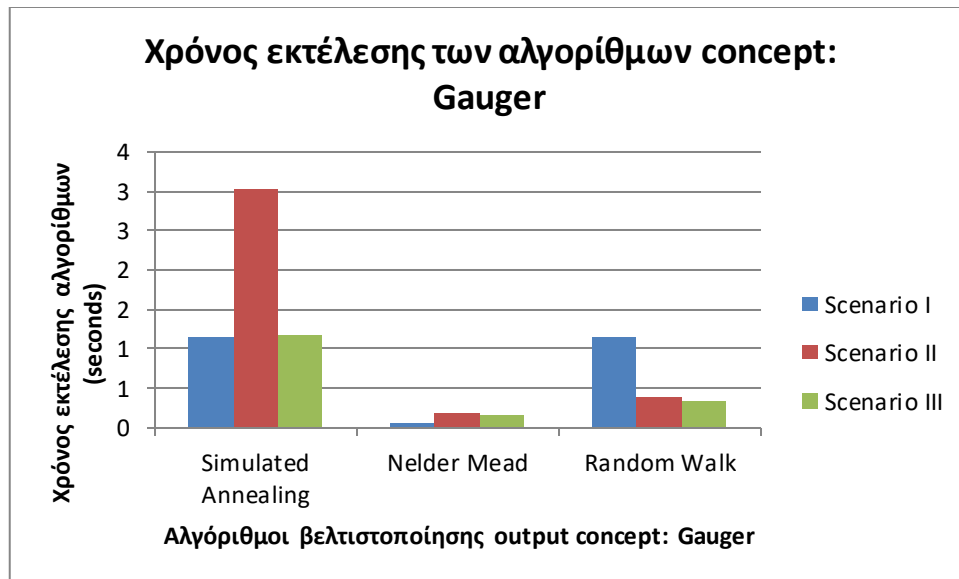
VI. Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση 1, ο αλγόριθμος ο οποίος εκτελείται και δίνει αποτελέσματα γρηγορότερα είναι ο Nelder Mead και για τα τρία Σενάρια. Μία πολύ μικρή διαφορά έχει ο αλγόριθμος Random Walk ο οποίος στα Σενάρια 2 και 3 έχει τις ίδιες επιδόσεις. Τα αποτελέσματα αφορούν το output concept Tank. Ο αλγόριθμος Simulated Annealing είναι γρηγορότερος στο σενάριο 3 όπου τα βάρη έχουν ουσιαστικά κανονικοποιηθεί στο διάστημα $[-1,1]$, ενώ οι χειρότερες επιδόσεις του αλγορίθμου είναι στο σενάριο 2. Ο αλγόριθμος Nelder-Mead είναι γρηγορότερος στο σενάριο 3 ενώ, είναι πιο αργός στο σενάριο 1. Ο αλγόριθμος Random Walk είναι εξίσου γρήγορος για τα σενάρια 2 και 3, ενώ παρουσίασε αργές επιδόσεις για το σενάριο 1.



Γραφική παράσταση 1. Χρόνοι εκτέλεσης των αλγορίθμων στα τρία σενάρια με output concept Tank

Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση 2, ο αλγόριθμος Simulated Annealing έχει γρήγορο χρόνο εκτέλεσης στα σενάρια 1 και 3 και αργό χρόνο εκτέλεσης στο σενάριο 2. Η μέθοδος Nelder-Mead παρουσιάζει και στα τρία σενάρια γρήγορο χρόνο εκτέλεσης με το γρηγορότερο στο σενάριο 1 και τον λιγότερο γρήγορο στο σενάριο 2. Η μέθοδος Random Walk παρουσιάζει γρήγορο χρόνο εκτέλεσης στο σενάριο 3 με μικρή διαφορά με το σενάριο 2. Αρκετά αργός είναι ο χρόνος εκτέλεσης του αλγορίθμου Random Walk στο σενάριο 1.



Γραφική παράσταση 2. Χρόνοι εκτέλεσης των αλγορίθμων στα τρία σενάρια με output concept Gauger

VII. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων αποκαλύπτει την σχετική ποιότητα των αποτελεσμάτων κάθε αλγορίθμου. Η ανάλυση τυπικά γίνεται ως προς διάφορα κριτήρια όπως την ποιότητα λύσης, την ταχύτητα εύρεσης της λύσης κλπ. Ένας στοχαστικός αλγόριθμος για να θεωρηθεί αξιόλογος, πρέπει να είναι καλύτερος τουλάχιστον από την τυχαία αναζήτηση. Τρεις αλγόριθμοι τυχαίας αναζήτησης που μελετήθηκαν είναι οι RS1, RS2 και RS3. Ο RS1 είναι αλγόριθμος τυχαίας αναζήτησης με ομοιόμορφη κατανομή. Ο RS2 είναι αλγόριθμος τυχαίας αναζήτησης με κανονική κατανομή. Ο RS3 είναι αλγόριθμος τυχαίας αναζήτησης με μεταβλητό βήμα. Με το θηκόγραμμα (boxplot) μπορεί να γίνει αναπαράσταση των αποτελεσμάτων. Η ποιοτική σύγκριση δύο στοχαστικών αλγορίθμων γίνεται με δειγματοληψία στην άγνωστη κατανομή απόδοσης του καθενός. Αυτό γίνεται με επαναλαμβανόμενα πειράματα των δύο αλγορίθμων, με ίδιες αρχικές συνθήκες και συνθήκες τερματισμού.

Για το output concept Tank με τη μέθοδο Simulated Annealing όλων των σεναρίων τα αποτελέσματα απεικονίζονται στον πίνακα 12.

Πίνακας 12. Αποτελέσματα μεθόδου Simulated Annealing του output concept Tank όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση

Σενάρια	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
1	0.0065532266565989546	2.6020852139652106e-18
2	0.0065532266565989546	2.6020852139652106e-18
3	0.0065532266565989546	2.6020852139652106e-18

Πίνακας 13. Αποτελέσματα της μεθόδου Simulated Annealing του output concept Gauger όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση

Σενάρια	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
1	0.06070863332447277	1.3877787807814457e-17
2	0.06070863332447277	1.3877787807814457e-17
3	0.06070863332447277	1.3877787807814457e-17

Πίνακας 14. Αποτελέσματα της μεθόδου Random Walk του output concept Tank όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση

Σενάρια	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
1	0.6899879999999999	0.009999992799997361
2	0.6899359999999999	0.009999795197902759
3	0.6900259999999999	0.009999966199942832

Πίνακας 15. Αποτελέσματα της μεθόδου Random Walk του output concept Gauger όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση

Σενάρια	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
1	0.8149579999999997	0.0349999747999909
2	0.8147759999999997	0.0349992831926598
3	0.8150909999999998	0.03499988169980004