



ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ GREY
WOLF»

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ΣΥΡΠΗ ΧΑΡΙΣΤΗ

A.M : 2017010065

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΑΦΑΡΑΚΗΣ ΣΤΕΛΙΟΣ

ΧΑΝΙΑ , 2022

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

ΤΣΑΦΑΡΑΚΗΣ ΣΤΕΛΙΟΣ

ΔΟΥΜΠΟΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΜΑΡΙΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Στους γονείς μου Μαρία & Μάνο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η απόκτηση του πτυχίου και ιδιαίτερα το κεφάλαιο της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας είναι μία πρακτικά, υλικά και ψυχολογικά επίπονη διαδικασία. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους όσοι στήριξαν την προσπάθειά μου.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Τσαφαράκη Στέλιο, για την καθοδήγηση και την αμέριστη κατανόηση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, η οποία αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην περάτωση της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον κ. Ζερβουδάκη Κωνσταντίνο για τις κατευθυντήριες οδηγίες του και τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις του.

Φυσικά, ευχαριστώ τα μέλη της επιτροπής μου, τον κ. Δούμπο Μιχαήλ και τον κ. Μαρινάκη Ιωαάννη για το χρόνο και την αφοσίωση που διέθεσαν.

Επιπλέον, ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου, τους φίλους μου, που με στήριξαν, με βοήθησαν και μου χάρισαν μία αξέχαστη φοιτητική ζωή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθύτατα τους γονείς μου, οι οποίοι υπήρξαν πάντα ένα ανεκτίμητο στήριγμα για μένα και μου προσέφεραν απλόχερα ψυχολογική και υλική υποστήριξη, την χωρίς προϋποθέσεις και όρια κατανόηση και συμπαράστασή τους, καθώς και τη δυνατότητα να αφοσιωθώ ολοκληρωτικά στις σπουδές μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ολοένα και ανταγωνιστικότερο πνεύμα που κυριαρχεί στη παγκόσμια αγορά τον 21^ο αιώνα, αναγκάζει την κάθε επιχείρηση να θέτει όλο και περισσότερους και πιο απαιτητικούς στόχους, με απώτερο σκοπό την επιβίωση και την εξέλιξή της στην αγορά. Οι στόχοι που μπορεί να ορίσει στο στρατηγικό της πλάνο μία εταιρεία ποικίλουν, και μπορεί να σχετίζονται με το μέγιστο δυνατό κέρδος ή την επέκτασή της.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, απόλυτος στόχος της επιχείρησης είναι η μεγιστοποίηση του μεριδίου αγοράς των προϊόντων που λανσάρονται στην αγορά, η οποία θα επιτευχθεί επιλύοντας το πρόβλημα βέλτιστου σχεδιασμού σειράς προϊόντων.

Τα προϊόντα προς σχεδιασμό αναλύονται στα χαρακτηριστικά τους και στα επιμέρους επίπεδα αυτών, τα οποία συνδυάζονται καταλλήλως, ώστε να βρεθεί το βέλτιστο μερίδιο αγοράς.

Για το στάδιο της προσομοίωσης της αγοραστικής διαδικασίας, στην οποία υπολογίζεται και αξιολογείται το μερίδιο αγοράς γραμμής προϊόντων, χρησιμοποιείται το στοχαστικό μοντέλο επιλογής Bradley Terry Luce (Bradley – Terry , 1952 & Luce , 1959).

Όσον αφορά το κομμάτι της βελτιστοποίησης, λόγω του ότι το πρόβλημα ανήκει στην κατηγορία των NP-hard, θα εφαρμοστεί ο αλγόριθμος Grey Wolf Optimizer, ο οποίος αποτέλεσε μία καινούρια προσέγγιση στους Swarm Intelligence αλγορίθμους, όταν προτάθηκε για πρώτη φορά το 2013 από τους Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili και Andrew Lewis.

Στο πλαίσιο της επίλυσης του προβλήματος, τόσο το μοντέλο Bradley Terry Luce, όσο και ο αλγόριθμος Grey Wolf Optimizer, θα υλοποιηθούν στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab, όπου θα αξιολογηθεί και η απόδοση του αλγορίθμου στο πρόβλημα.

«OPTIMAL PRODUCT LINE DESIGN WITH THE USE OF GREY WOLF OPTIMIZATION ALGORITHM»

ABSTRACT

The increasingly competitive spirit that dominates the global market in the 21st century forces businesses to establish ever more demanding goals, as survival and development in the market are end-all accomplishments. The goals that a company can set in its strategic plan vary and can be related to the maximization of possible profit or its expansion.

In this thesis, the ultimate aim of the company is to maximize the market share of its products launched to the market, which will be achieved by solving the problem of optimal product line design.

The products to be designed are analyzed in their characteristics and their individual levels, which are properly combined in order to find the optimal market share.

The Bradley – Terry Luce stochastic selection model is used for the purchasing process simulation stage, in which the product line market share is calculated and evaluated.

Regarding to the optimization part, due to the fact that the problem belongs to the category of NP-hard problems, the Grey Wolf Optimizer algorithm will be applied, which was a new approach to Swarm Intelligence algorithms, when it was first proposed in 2013 by Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili and Andrew Lewis.

In order to reach the solution of the problem, both the Bradley – Terry Luce model and the Grey Wolf Optimizer algorithm were implemented in the Matlab programming environment. Finally, the results obtained are presented in detail.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ

*Βελτιστοποίηση , Καταναλωτικές Συμπεριφορές , Μοντέλα Ατομικής Αντίδρασης ,
Bradley – Terry Luce, Μεθευρετικοί Αλγόριθμοι , Νοημοσύνη Σμήνους, Grey Wolf
Optimizer, Εύρεση Βέλτιστης Σειράς Προϊόντων*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	IV
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	V
ABSTRACT	VI
ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ	VII
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	2
1.3 ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	3
1.5 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	4
1.6 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	4
2. ΠΡΟΪΟΝΤΑ	5
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	5
2.2 ΤΑ ΤΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	5
2.3 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΕΠΙΤΥΓΧΗΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	6
2.4 ΕΙΔΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	6
2.5 CONJOINT ANALYSIS.....	7
2.6 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ	8
2.6.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ & ΕΠΙΠΕΔΑ.....	8
2.6.2 ΤΙΜΗ	12
2.6.3 ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΕΙΣ	13
3. ΠΕΛΑΤΕΣ	15
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΠΕΛΑΤΕΣ.....	15
3.2 ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ	15
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΑΓΟΡΑΣ	15
3.4 ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	18
3.5 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ	18
3.6 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ	19
3.7 ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ	19
3.8 BTL MODEL	20
3.8.1 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ BTL	21
4. ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ	24
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΟΥΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥΣ.....	24
4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΩΝ.....	24

4.3 ΕΙΔΗ ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ	25
4.3.1 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΛΥΣΗ.....	25
4.3.2 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ.....	26
4.4 SWARM INTELLIGENCE	26
5. GREY WOLF OPTIMIZER	28
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ GREY WOLF OPTIMIZER	28
5.2 ΙΕΡΑΡΧΙΑ	28
5.3 ΟΜΑΔΙΚΟ ΚΥΝΗΓΙ – GROUP HUNTING	30
5.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	31
5.4.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΑΣ.....	31
5.4.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΥΝΗΓΙΟΥ	31
5.4.3 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΚΥΚΛΩΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΑΣ.....	31
5.4.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΚΥΝΗΓΙ	32
5.4.5 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ – ΕΠΙΘΕΣΗ ΠΡΟΣ ΤΗ ΛΕΙΑ.....	33
5.4.6 ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ.....	33
5.5 ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ	34
6. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	35
6.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	35
6.1.1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	35
6.1.2 ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	36
6.1.3 ΣΕΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	38
6.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	39
6.2.1 ΜΟΡΦΗ ΛΥΣΗΣ – ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ - ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	40
6.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΡΙΔΙΟΥ ΑΓΟΡΑΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ.....	41
6.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ GWO – ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	41
7. ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	43
7.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	43
7.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 20 ΕΠΑΝΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ GWO ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ.....	47
7.3 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 20 ΕΠΑΝΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ GWO ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΧΩΡΙΣ ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΕΙΣ ΕΠΩΝΥΜΙΑΣ	53
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	60
9. ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	62
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία είναι δομημένη σε 10 κεφάλαια. Αρχικά, ο αναγνώστης εισάγεται στο πρόβλημα του βέλτιστου σχεδιασμού γραμμής προϊόντων, ώστε να σχηματίσει μία πολύπλευρη άποψη επί του θέματος. Αυτό επιτυγχάνεται από το πρώτο κίόλας κεφάλαιο, καθώς δίνεται ο ορισμός του προβλήματος και η ιστορική αναδρομή, στην οποία αναφέρονται προηγούμενες έρευνες και εφαρμογές.

Καθίσταται σαφές, ότι για την επίλυση ενός οποιουδήποτε προβλήματος, είναι απαραίτητη η βαθύτερη κατανόηση και εξοικείωση με το θεωρητικό υπόβαθρο που το πλαισιώνει. Γι' αυτό το λόγο, επεξηγούνται λεπτομερώς καθ' όλη την έκταση της εργασίας, έννοιες όπως οι καταναλωτικές συμπεριφορές, η συζυγής ανάλυση, το μερίδιο αγοράς, τα μοντέλα ατομικής αντίδρασης κ.ά.

Ακολούθως, στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφεται αναλυτικά το στοχαστικό μοντέλο επιλογής Bradley – Terry Luce, το οποίο εφαρμόζεται για να υπολογιστεί το μερίδιο αγοράς που αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο συνδυασμό εξαγόμενων στην αγορά προϊόντων. Το μοντέλο BTL, όπως θα αναφέρεται στην εργασία, υλοποιείται στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab.

Εν συνεχεία, γίνεται διεξοδική περιγραφή της δομής, των ειδών και της λειτουργίας των μεθευρετικών αλγορίθμων, καθώς επιλέχθηκε η χρήση τους για την επίλυση του προβλήματος.

Το πέμπτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο μεθευρετικό αλγόριθμο Grey Wolf Optimizer, ο οποίος βρίσκεται στο επίκεντρο της εύρεσης του βέλτιστου. Συγκεκριμένα, σε αυτό το κομμάτι της εργασίας γίνεται θεωρητική επεξήγηση, μαθηματική μοντελοποίηση και προγραμματιστική υλοποίηση του αλγορίθμου.

Στο έκτο κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζεται αναλυτικά η προγραμματιστική υλοποίηση των μεθόδων και των αλγορίθμων που θα παρουσιαστούν στην εργασία.

Στο επόμενο κεφάλαιο, θα επιλυθεί το πρόβλημα της εύρεσης βέλτιστου σχεδιασμού σειράς προϊόντων. Τα συνολικά συμπεράσματα της εργασίας θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο όγδοο κεφάλαιο.

Στο τέλος της εργασίας, βρίσκεται το ευρετήριο όρων για την καλύτερη αναζήτηση της ορολογίας από τον αναγνώστη καθώς και οι βιβλιογραφικές παραπομπές.

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η κάθε επιχείρηση θέτει ένα ορισμένο σύνολο στόχων που επιθυμεί να πραγματοποιήσει. Οι στόχοι που ορίζονται από μία εταιρεία δεν αποτελούν μόνο επιτακτική ανάγκη για την επιβίωση της, αλλά, ταυτόχρονα, εκφράζουν τις μελλοντικές βλέψεις της για την πορεία της στην αγορά. Ο στόχος μίας επιχείρησης μπορεί να συνδέεται με τη μεγιστοποίηση του κέρδους, την ελαχιστοποίηση του εργατικού κόστους ή ακόμα και με την προβολή και προώθηση της εταιρείας σε ένα ευρύτερο σύνολο πελατών. Για την ικανοποίηση των στόχων της εταιρείας επιλύεται το πρόβλημα βέλτιστου σχεδιασμού σειράς προϊόντων.

Στο πρόβλημα βέλτιστου σχεδιασμού γραμμής προϊόντων, μία εταιρεία βελτιστοποιεί τη σειρά προϊόντων της κάτω από έναν συγκεκριμένο στόχο, ο οποίος συνήθως αναφέρεται είτε στο μερίδιο αγοράς, είτε στο κέρδος της εταιρείας.^[18] Στην παρούσα εργασία, μοναδικός σκοπός της επιχείρησης είναι να βρεθεί το μεγαλύτερο δυνατό μερίδιο αγοράς που αντιστοιχεί στα προϊόντα που λανσάρονται από αυτήν. Για αυτόν τον λόγο, το πρόβλημα του βέλτιστου σχεδιασμού σειράς προϊόντων που θα επιλυθεί στην εργασία θα στοχεύει αποκλειστικά και μόνο στην μεγιστοποίηση του μεριδίου αγοράς.

Αυτή η διαδικασία, απαιτεί την κατανόηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών, ώστε τα χαρακτηριστικά στα οποία αναλύεται ένα προϊόν, να υπακούουν, όσο το δυνατόν περισσότερο, στις προτιμήσεις αυτών.

Ο τρόπος ορισμού των προϊόντων και οι προτιμήσεις των καταναλωτών σε αυτά, αντλούνται από τη διπλωματική εργασία του κ. Ανδρίτσου Βασιλείου, που εκπονήθηκε το 2019 στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Τα προϊόντα σκιαγραφούνται μέσα από 5 χαρακτηριστικά. Έπειτα, τα δεδομένα των προτιμήσεων συλλέχθηκαν μέσω έρευνας αγοράς στην οποία συμμετείχαν 250 ερωτώμενοι. Στη συνέχεια, μέσω μίας προσαρμοστικής παραλλαγής της κλασσικής συζυγούς ανάλυσης, η οποία ονομάζεται Adaptive Choice Based Conjoint, οι απαντήσεις των καταναλωτών στο ερωτηματολόγιο μετατράπηκαν σε μερικές χρησιμότητες, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση των προτιμήσεων των πελατών.^[1]

Για να οριστεί ένα προϊόν απαιτείται ο συνδυασμός όλων των χαρακτηριστικών του. Αθροίζοντας τις μερικές αξίες που αντιστοιχούν στα επίπεδα που επιλέχθηκαν να συγκροτήσουν το προϊόν, υπολογίζεται η συνολική αξία ή αλλιώς, η ολική χρησιμότητα που αποδίδεται από τον κάθε καταναλωτή στο προϊόν.

Αξίζει να επισημανθεί ότι υπάρχουν πολλά διαφορετικά μοντέλα προσομοίωσης της καταναλωτικής διαδικασίας. Κοινή γραμμή πλεύσης στις περισσότερες μοντελοποιήσεις που χρησιμεύουν στην προσομοίωση της αγοράς είναι η μετατροπή της ολικής χρησιμότητας σε μορφή πιθανοτήτων για την έκφραση της επιλογής των καταναλωτών.

Ως γνωστόν, ένας τρόπος κατηγοριοποίησης των προβλημάτων γίνεται ανάλογα με το αν μπορούν να λυθούν ή όχι σε πολυωνυμικό χρόνο. Το πρόβλημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία ανήκει στην κατηγορία των NP – hard προβλημάτων, διότι οι πιθανοί συνδυασμοί των χαρακτηριστικών των προϊόντων σε ένα πραγματικό σενάριο, είναι άπειροι σε πλήθος, και επομένως, είναι αδύνατον να ελεγχθούν όλοι σε πολυωνυμικό χρόνο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι κανένας αλγόριθμος δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι το βέλτιστο που προσδιορίζεται στην αλγοριθμική διαδικασία είναι και το ολικό βέλτιστο του προβλήματος. Η λύση που

προτείνεται σε τέτοιου είδους προβλήματα είναι η καλύτερη βέλτιστη σε διαχειρίσιμο χρόνο. ^[20]

Η πολυπλοκότητα του προβλήματος καθιστά αδήριτη την ανάγκη εφαρμογής μεθευρετικών αλγορίθμων. Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι άρχισαν να αναπτύσσονται, να χρησιμοποιούνται και να εξελίσσονται ολοένα και περισσότερο, σε προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας. Επιπλέον, είναι κατάλληλοι για την επίλυση των NP – hard προβλημάτων, διότι διακρίνονται από απλότητα στη χρήση τους, και δίνουν την καλύτερη δυνατή λύση, εξετάζοντας κάθε φορά ένα υποσύνολο όλων των δυνητικών λύσεων.

1.3 ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αρχικός στόχος της εργασίας είναι να γίνει πλήρως κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζεται ένα προϊόν και επιλέγεται να λανσαριστεί στην αγορά, καθώς και οι σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των προϊόντων που συγκροτούν μία σειρά προϊόντων. Παράλληλα, κρίνεται απαραίτητη η εντρύφηση στις προτιμήσεις των καταναλωτών που θα τον οδηγήσουν στην επιλογή ή μη των προϊόντων. Εκτός αυτών, δεν πρέπει να παραλειφθεί η βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος βέλτιστου σχεδιασμού σειράς προϊόντων που πραγματεύεται η εργασία. Όσον αφορά το κομμάτι της επίλυσης του προβλήματος, σε πρώτη στάδιο, στόχοι της εργασίας είναι η κατανόηση των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν. Τέλος, το πρόβλημα μοντελοποιείται με απώτερο σκοπό να επιλυθεί και να αξιολογηθεί η αποδοτικότητα του αλγορίθμου στο πρόβλημα.

1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το πρόβλημα βελτιστοποίησης που πραγματεύεται η εργασία έχει τις απαρχές του στα μέσα της δεκαετίας του '70, όταν προτάθηκε και στη συνέχεια μοντελοποιήθηκε για πρώτη φορά το πρόβλημα βέλτιστου σχεδιασμού ενός και μόνο προϊόντος.

Βασιζόμενοι στην έρευνα που υλοποιήθηκε από τον Zufryden το 1977 επί του προβλήματος, οι ερευνητές P. Green και A. Krieger παρουσίασαν για πρώτη φορά, το 1985, το πρόβλημα βέλτιστου σχεδιασμού γραμμής προϊόντων. Στη συνέχεια, αποδείχθηκε από τους Kohli και Krishnamurti, το 1989, ότι το πρόβλημα βέλτιστου σχεδιασμού σειράς προϊόντων κατατάσσεται στην κατηγορία των NP – hard προβλημάτων, δηλαδή στην κατηγορία προβλημάτων που είναι αδύνατον να βρεθεί το ολικό τους βέλτιστο σε πολυωνυμικό χρόνο.

Για αυτόν τον λόγο, έχουν προταθεί και συνεχίζουν να προτείνονται καινούριοι διαφορετικοί μηχανισμοί βελτιστοποίησης, με απώτερο σκοπό να βρεθεί η λύση όσο κοντινότερα γίνεται στο ολικό βέλτιστο του προβλήματος. Κάποιες χαρακτηριστικές εφαρμογές αλγορίθμων επί του προβλήματος αποτελούν, η εφαρμογή Δυναμικού Προγραμματισμού (Kohli & Sukumar, 1990), ο αλγόριθμος Beam Search (Nair, Thakur & Wen, 1995) και η επίλυση του προβλήματος μέσω Γενετικών Αλγορίθμων (Balakrishnan, Gupta & Jacob, 2004).

Το εν λόγω πρόβλημα εξετάζεται ως ερευνητικό αντικείμενο μέχρι και σήμερα, και αποτελεί μεγάλο μέρος του κλάδου της βελτιστοποίησης.

1.5 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Για την καλύτερη κατανόηση της βελτιστοποίησης σαν έννοια, παρουσιάζεται παρακάτω αυτούσια μία συμβατική όψη από τους Beightler, Philips & Wilde :

“Η λαχτάρα του ανθρώπου για τελειότητα βρίσκει εφαρμογή στην θεωρία της βελτιστοποίησης, η οποία μελετά πώς να περιγράψει και να επιτύχει το Καλύτερο, όταν γνωρίζουμε πώς να μετρήσουμε και να συγκρίνουμε το Καλό από το Κακό. Η θεωρία βελτιστοποίησης – optimization theory – περιλαμβάνει την ποσοτική μελέτη του βέλτιστου και τις μεθόδους εύρεσής του.”^[9]

Με άλλα λόγια, η Βελτιστοποίηση – *optimization* – είναι η διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης λύσης σε ένα πρόβλημα. Το κάθε πρόβλημα μπορεί να απαρτίζεται από ένα πλήθος μεταβλητών, περιορισμών, στόχων ή ακόμα και καταστάσεων. Στόχος της βελτιστοποίησης είναι να συνδυαστούν όλες οι διαφορετικές απαιτήσεις ενός προβλήματος, ώστε να μπορέσει να εκφραστεί μαθηματικά, με σκοπό να βρει εφαρμογή η διαδικασία εύρεσης αποτελέσματος. Οι μέθοδοι αναζήτησης του βέλτιστου είναι γνωστές και ως τεχνικές μαθηματικού προγραμματισμού και αποτελούν μέρος της επιχειρησιακής έρευνας.^[14]

1.6 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας έχει της απαρχές της στην εποχή του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, όταν μία ομάδα επίλεκτων βρετανών επιστημόνων, αποπειράθηκαν να διαχειριστούν το πολεμικό υλικό με βέλτιστο τρόπο, λαμβάνοντας υπόψη μία πληθώρα περιορισμών. Η επιστημονική προσέγγιση που εφαρμόστηκε για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος ήταν η πρώτη εμφάνιση της επιχειρησιακής έρευνας στον 20^ο αιώνα.^[16]

Η Επιχειρησιακή Έρευνα – *operation search*, όντας ένας επιστημονικός κλάδος ευρέος βεληνεκούς καθιστά δύσκολη την επινόηση ενός ορισμού που να περιλαμβάνει όλες τις πτυχές της. Έχοντας, παρόλα αυτά, υπόψη το πρόβλημα που ορίσαμε πρωτίστως, θα μπορούσαμε να περιγράψουμε την επιχειρησιακή έρευνα ως τον κλάδο των μαθηματικών που ασχολείται με την εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων και τεχνικών σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με στόχο την εύρεση και την εφαρμογή της βέλτιστης λύσης. Το πεδίο της Επιχειρησιακής Έρευνας και της Διοικητικής Επιστήμης – *management science* – ασχολείται με την ανάπτυξη και την εφαρμογή ποσοτικών τεχνικών για την επίλυση προβλημάτων που αντιμετωπίζουν αποφασίζοντες σε διάφορους τομείς.

2. ΠΡΟΪΟΝΤΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

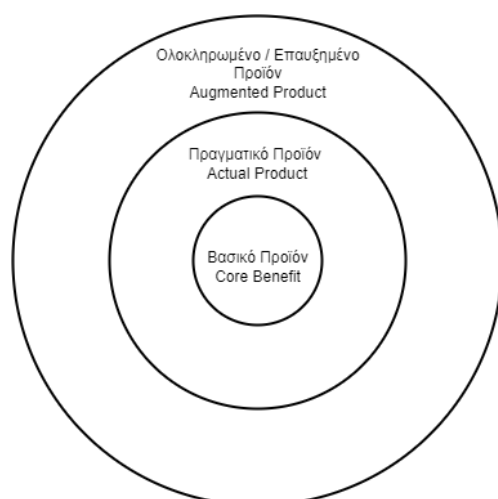
Στη σημερινή εποχή, περισσότερο ίσως κι από οποιαδήποτε άλλη, οι άνθρωποι εκδηλώνουν ολοένα καινούριες και πιο απαιτητικές ανάγκες και επιθυμίες που επιζητούν ικανοποίηση. Είτε ερευνούμε την περίπτωση των υλικών αγαθών, είτε των άυλων υπηρεσιών, οι άνθρωποι αποπειρώνται να ανακαλύψουν το προϊόν αυτό που θα δώσει διέξοδο στο πρόβλημά τους. Διότι, εξ' ορισμού, αυτό είναι το προϊόν · οτιδήποτε υλικό ή μη, μπορεί να προσφερθεί στην αγορά, προκειμένου να προσελκύσει την προσοχή ενός πελάτη, να αγορασθεί και να χρησιμοποιηθεί από αυτόν, με απώτερο σκοπό να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του. Η τετριμμένη διαδικασία υποδεικνύει ότι ο καταναλωτής αξιολογεί ένα σύνολο που συμπεριλαμβάνει όλα τα εναλλακτικά προϊόντα και επιλέγει αυτό το προϊόν που θα αποδειχθεί επαρκέστερο για την ικανοποίηση των αναγκών του μεταξύ των υπολοίπων.

Το προϊόν που πραγματεύεται η παρούσα εργασία είναι το ελαιόλαδο. Πρόκειται για το λάδι που προέρχεται από τους καρπούς της ελιάς (*Olea europaea*). Το ελαιόλαδο είναι προϊόν υγιεινής διατροφής, λόγω της περιεκτικότητάς του σε μονοακόρεστα λιπαρά, αντιοξειδωτικές ουσίες και όχι μόνο, και αποτελεί ένα από τα βασικότερα συστατικά της Μεσογειακής διατροφής. Σύμφωνα με την επίσημη σελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η Ελλάδα έχει τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν κατανάλωση στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με περίπου 12 λίτρα ελαιολάδου ανά άτομο ετησίως. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτός, ο ρόλος του ελαιολάδου στην ελληνική αγορά.

2.2 ΤΑ ΤΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Τα προϊόντα που εισάγονται στην προαναφερθείσα διαδικασία αξιολόγησης μπορεί να διαφέρουν σε ένα πλήθος επιπέδων, και, τις περισσότερες φορές, εκτιμώνται με βάση τη συνολική εμπειρία που προσφέρουν · τα χαρακτηριστικά του υλικού αγαθού, η ευκολία χρήσης του, η αξιόπιστη εγγύηση ή η γνωστή μάρκα του προϊόντος, είναι μερικά από τα σημεία αξιολόγησης στα οποία εστιάζει ο κάθε πελάτης και τα οποία συντελούν μία ολοκληρωμένη υπηρεσία που παρέχει το προϊόν. ^[7]

Τα παραπάνω γνωρίσματα απαρτίζουν τα τρία επίπεδα ενός προϊόντος. Όσο κατευθυνόμαστε από το εσωτερικό προς το εξωτερικό επίπεδο, οι ιδιότητες των προϊόντων που συγκροτούν τα στρώματα πληθαίνουν, αφού τα εσωτερικά επίπεδα αποτελούν υποσύνολα των εξωτερικών.



ΣΧΗΜΑ 1 : Τα Τρία Επίπεδα των Προϊόντων

Το πρώτο επίπεδο, που είναι και υποσύνολο των δύο άλλων, είναι η Θεμελιώδης Αξία των πελατών ή αλλιώς το Βασικό Προϊόν – *core benefit*. Είναι το πρωταρχικό επίπεδο του προϊόντος και απαντάει στην ερώτηση της κάθε επιχείρησης που λανσάρει ένα προϊόν στην αγορά «Ποια είναι τα χαρακτηριστικά, με βάση τα οποία ο πελάτης θα επιλέξει εν τέλει να πραγματοποιήσει την αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος;». Το δεύτερο και μεσαίο επίπεδο καθορίζει το Πραγματικό Προϊόν – *actual product* – και περιλαμβάνει ιδιότητες όπως τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, την ποιότητα που προσφέρει και την επωνυμία της εταιρείας. Το τρίτο και εξωτερικό επίπεδο είναι το Ολοκληρωμένο ή Επαυξημένο Προϊόν – *augmented product*. Σε αυτό το επίπεδο περιλαμβάνονται όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά, μαζί με τις πρόσθετες υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει η εταιρεία, την εγγύηση του προϊόντος, τις κατάλληλες οδηγίες για την εγκατάσταση και την άρτια εξυπηρέτηση των πελατών. Όλα τα παραπάνω σημεία συμπληρώνουν το ολοκληρωμένο προϊόν και παραχωρούνται στον πελάτη ώστε να τα αξιολογήσει για κάθε προϊόν ξεχωριστά και να καταλήξει στην απόφαση αγοράς του.

Ωστόσο, αγοράζοντας ένα προϊόν, δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι ο καταναλωτής ενδιαφέρεται ή θα μείνει πλήρως ευχαριστημένος με όλα τα επιμέρους χαρακτηριστικά του. Συνήθως, ο πελάτης καταλήγει στην απόφαση αγοράς του προϊόντος, βασιζόμενος σε ένα υποσύνολο των χαρακτηριστικών του, το οποίο έχει για αυτόν τη μεγαλύτερη βαρύτητα, και αξιολογείται θετικά. Τα υπόλοιπα γνωρίσματα του προϊόντος, μπορεί είτε να είναι αδιάφορα για τον εκάστοτε καταναλωτή, είτε, ακόμα και να βαθμολογούνται αρνητικά. ^[2]

2.3 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΕΠΙΤΥΓΧΗΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Παρά, λοιπόν, το γεγονός ότι ο περισσότεροι αγοραστές αξιολογούν ένα προϊόν βασιζόμενοι σε ένα τμήμα των χαρακτηριστικών του, οι εταιρείες, οι επιχειρήσεις, οι μεμονωμένοι ελεύθεροι επαγγελματίες, καθώς και όλοι όσοι λανσάρουν προϊόντα στην αγορά, αναπτύσσουν ένα προϊόν αποσκοπώντας στη βέλτιστη και ολοκληρωμένη σχεδίασή του, ώστε όλα του τα γνωρίσματα, ασχέτως ποια θα επιλεγούν να αξιολογηθούν με μεγαλύτερη βαρύτητα, να είναι όσον το δυνατόν πιο ελκυστικά για τον πελάτη. ^[13]

Η ανάπτυξη των χαρακτηριστικών των προϊόντων που πραγματοποιείται με τρόπο ώστε να προσελκύονται δυνητικοί πελάτες, είναι ένα από τα βασικά συστατικά του σχεδίου εξαγωγής των προϊόντων στην αγορά. Άλλα σημεία που πρέπει να δώσει βάση η επιχείρηση, ώστε το προϊόν της να επιλέγεται έναντι των ανταγωνιστικών του, είναι οι υπηρεσίες που προσφέρονται στον πελάτη, όπως η εγγύηση του αγαθού, η ανταπόκριση στις απαιτήσεις του καταναλωτή, η πλήρης προετοιμασία και παράδοση των προϊόντων και το αναλυτικό στρατηγικό πλάνο της επιχείρησης για την προώθηση του προϊόντος στην αγορά.

2.4 ΕΙΔΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Παρά τα πλεονεκτήματα και τα θελκτικά χαρακτηριστικά που μπορεί να πλαισιώνουν ένα προϊόν, κατά κύριο λόγο, ένας καταναλωτής θα προχωρήσει στην αξιολόγηση και στην αγορά ενός προϊόντος, επειδή επιθυμεί να ικανοποιήσει κάποια ανάγκη του. Με αυτήν την λογική, γίνεται κατανοητό ότι το προς επιλογή προϊόν πρέπει να ανήκει στην ομάδα προϊόντων που θα απαντάνε στις ανάγκες του καταναλωτή. ^[7]

Τα προϊόντα, ανάλογα με το είδος του πελάτη που θα τα εκμεταλλευτεί, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα καταναλωτικά προϊόντα και προορίζονται για χρήση από τους απλούς πελάτες. Η δεύτερη κατηγορία είναι τα βιομηχανικά προϊόντα και σχεδιάζονται για την υποβοήθηση στην παραγωγή άλλων προϊόντων.

Τα καταναλωτικά προϊόντα κατανέμονται σε τέσσερις υποομάδες με βάση τον τρόπο με τον οποίο οι καταναλωτές τα αγοράζουν. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα προϊόντα ευκολίας, επιλογής, ειδικά και αζήτητα. Στην εργασία θα ασχοληθούμε με ένα προϊόν το οποίο ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία των καταναλωτικών προϊόντων και συγκεκριμένα στα προϊόντα επιλογής. Τα προϊόντα επιλογής – *shopping products* – είναι εκείνα που ο πελάτης θεωρεί ότι αξίζει τον κόπο και την προσπάθεια να τα συγκρίνει με προϊόντα ανταγωνιστών και να φέρει εις πέρας την διαδικασία διαλογής τους. Τα προϊόντα επιλογής χαρακτηρίζονται είτε ως ομοιογενή είτε ως ετερογενή. Τα ομοιογενή προϊόντα επιλογής θεωρούνται από τον πελάτη επί της ουσίας ίδια μεταξύ τους και αξιολογούνται μόνο με βάση την τιμή τους. Αντίθετα, το προϊόν που θα εξεταστεί στην εργασία ανήκει στην κατηγορία των ετερογενών προϊόντων επιλογής. Αυτό σημαίνει ότι οι καταναλωτές δεν βασίζονται μόνο στην τιμή των ανταγωνιστικών προϊόντων, αλλά σε μία πληθώρα ξεχωριστών γνωρισμάτων.

2.5 CONJOINT ANALYSIS

Η Conjoint Analysis, γνωστή στην ελληνική βιβλιογραφία ως Συζυγής Ανάλυση, είναι μία στατιστική μέθοδος, η οποία βοηθά στον προσδιορισμό της αξίας ενός προϊόντος. Η Conjoint Analysis έχει τις απαρχές στις στους τομείς των μαθηματικών και της ψυχολογίας, αλλά ξεκίνησε να εφαρμόζεται στον τομέα του μάρκετινγκ περί το 1970 από τον καθηγητή Paul E. Green. Πλέον, κύρια εφαρμογή της, η οποία θα παρουσιαστεί και στην εργασία, είναι η μέτρηση των καταναλωτικών προτιμήσεων.
[10] [12]

Η τυπική διαδικασία που ακολουθεί η Conjoint Analysis είναι η επιλογή των χαρακτηριστικών και των επιπέδων του προϊόντος προς εξέταση, η συλλογή δεδομένων μέσω έρευνας αγοράς και η επιλογή μεθόδου για την αξιολόγηση των δεδομένων. [5]

Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία προέρχονται από την διπλωματική εργασία του κ. Ανδρίτσου Βασιλείου με τίτλο «*Μέτρηση και ανάλυση καταναλωτικών προτιμήσεων με χρήση της Adaptive Choice Based Conjoint Analysis*», ΜΠΔ, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2019. Στην εν λόγω εργασία, τα προϊόντα χωρίζονται σε 5 χαρακτηριστικά τα οποία θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Παράλληλα, στο κομμάτι της μεθόδου της συζυγούς ανάλυσης, εφαρμόστηκε μία προσαρμοστική παραλλαγή που ονομάζεται Adaptive Choice Based Analysis. [1]

Η ACBC μέθοδος συζυγούς ανάλυσης αποτελεί υβρίδιο των δύο παραλλαγών της Conjoint Analysis, της Adaptive και της Choice Based συνδυάζοντας τα ευστοχότερα πλεονεκτήματά τους, μειώνοντας όσο δυνατόν περισσότερο τα μειονεκτήματα της μεθόδου. Το χαρακτηριστικό της ACBC μεθόδου είναι ότι προσαρμόζεται και αντιδρά καλύτερα στις απαντήσεις του κάθε ερωτώμενου ξεχωριστά, δίνοντας έτσι την ρεαλιστικότερο δυνατή προσομοίωση της αγοράς.

Η έρευνα αγοράς έγινε σε ένα σύνολο 250 ερωτώμενων, δίνοντάς τους εξατομικευμένες ερωτήσεις για την καλύτερη προσέγγιση των καταναλωτικών προτιμήσεων του καθενός καταναλωτή. Μερικές από τις χαρακτηριστικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου έδιναν την δυνατότητα στον κάθε πελάτη να μην εμφανιστούν ξανά κάποια χαρακτηριστικά τα οποία δεν προτιμάει, ή αντίστοιχα, να εμφανίζονται προϊόντα μόνο με κάποιο συγκεκριμένο επίπεδο που θεωρεί αυτός απαραίτητο. ^[1]

2.6 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται ανάλυση των δεδομένων. ^[1]

2.6.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ & ΕΠΙΠΕΔΑ

Για όλα τα προϊόντα τα οποία λανσάρονται στην αγορά, πρέπει να ορίζονται τα χαρακτηριστικά και τα επίπεδά τους ανά χαρακτηριστικό, ώστε ο καταναλωτής να μπορεί να τα αξιολογήσει βασιζόμενος στις προτιμήσεις του σε κάθε γνώρισμα του προϊόντος. Τα χαρακτηριστικά – *attributes* – είναι οι παράγοντες στους οποίους αναλύεται το προϊόν, ενώ ως επίπεδα – *levels* – ορίζονται οι επιμέρους ιδιότητες των χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα, για το ελαιόλαδο, ορίζουμε πέντε χαρακτηριστικά, ενώ το πλήθος των επιπέδων για κάθε χαρακτηριστικό ποικίλει.

Ως πρώτο χαρακτηριστικό καθορίζεται το είδος του ελαιολάδου, το οποίο πλαισιώνεται από έξι επίπεδα. Στη συνέχεια, ως δεύτερο και τρίτο χαρακτηριστικό ορίζονται ο τύπος της συσκευασίας και το μέγεθός της, στα οποία θέτονται τρία και τέσσερα επίπεδα αντιστοίχως. Έπειτα, το τέταρτο χαρακτηριστικό αφορά στην επωνυμία του προϊόντος. Αναλυτικότερα, καταγράφονται σε αυτό δεκαπέντε διαφορετικά επίπεδα. Τέλος, το πέμπτο χαρακτηριστικό είναι η τιμή του προϊόντος ανά λίτρο, το οποίο περιγράφεται από έναν πίνακα με διαφορετικές τιμές για κάθε είδος προϊόντος. Στους πίνακες 1 έως και 4 παρουσιάζονται τα τέσσερα πρώτα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, και παράλληλα, καταγράφονται τα επίπεδά τους. Όσον αφορά το χαρακτηριστικό της τιμής, θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά στην επόμενη παράγραφο.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ → ΕΠΙΠΕΔΑ ↓	ΕΙΔΟΣ – ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ
1.	Πυρηνέλαιο
2.	Απλό Ελαιόλαδο (αποτελείται από εξευγενισμένα και παρθένα ελαιόλαδα)
3.	Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο
4.	Βιολογικό Ελαιόλαδο
5.	Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο Προστατευμένης Ονομασίας Προέλευσης *
6.	Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο Προστατευμένης Γεωγραφικής Ένδειξης **
ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Είδος Ελαιολάδου ^[1]	
* Σημειώνεται ότι το Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο Προστατευμένης Ονομασίας Προέλευσης, από εδώ και κάτω θα αναφέρεται ως Π.Ο.Π	
** Αντιστοίχως, το Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο Προστατευμένης Γεωγραφικής Προέλευσης, από αυτό το σημείο και έπειτα, θα συμβολίζεται ως Π.Γ.Ε	

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ → ΕΠΙΠΕΔΑ ↓	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ
1.	Πλαστικό Μπουκάλι
2.	Γυάλινο Μπουκάλι
3.	Μεταλλικό Δοχείο
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Τύπος Συσκευασίας ^[1]	

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ → ΕΠΙΠΕΔΑ ↓	ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ
1.	0,75 lt
2.	1 lt
3.	2 lt
4.	5 lt
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Μέγεθος Συσκευασίας ^[1]	

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ → ΕΠΙΠΕΔΑ ↓	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ
1.	365
2.	AB
3.	ELEIA
4.	GAEA
5.	KARPEA
6.	TERRA CRETA
7.	XENIA
8.	ΑΛΤΙΣ
9.	ΑΝΩΣΚΕΛΗ
10.	ΕΛΛΙΣ
11.	ΛΑΤΖΙΜΑΣ
12.	ΜΙΝΕΡΒΑ
13.	ΜΟΝΗ ΧΡΥΣΟΠΗΓΗΣ
14.	ΜΥΤΙΛΙΝΙΩ
15.	ΧΡΥΣΕΛΙΑ
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : Επωνυμία Προϊόντος ^[1]	

2.6.2 ΤΙΜΗ

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, το τελευταίο χαρακτηριστικό του προϊόντος, είναι η τιμή. Η ιδιαιτερότητά του έγκειται στο γεγονός ότι η τιμή δεν παίρνει διακριτές τιμές, αλλά επιλέγεται τυχαία μέσα από ένα συνεχές διάστημα τιμών, το οποίο διαφέρει για κάθε είδος ελαιολάδου. Αυτός ο τρόπος αναπαράστασης της τιμής ονομάζεται τιμολόγηση υπό όρους και συνδέει την ίδια την τιμή με ένα χαρακτηριστικό του προϊόντος που ορίζει ο ερευνητής, με απώτερο σκοπό να αποφευχθεί η μη ρεαλιστική τιμολόγηση. Στην τιμολόγηση υπό όρους ορίζονται και κάποιες αυξομειώσεις τις τιμές ανάλογα με το επίπεδο του χαρακτηριστικού που την έχουμε συνδυάσει. Στον παρακάτω πίνακα, δίνονται τα διαστήματα μέσα στα οποία κυμαίνεται η τιμή πώλησης του προϊόντος στη λιανική αγορά σε σχέση με το είδος του ελαιολάδου, καθώς και οι μειώσεις της τιμής που ορίστηκαν στην έρευνα. ^[1]

ΤΙΜΗ → ΕΙΔΟΣ ↓	Πολύ Χαμηλή Τιμή (-30%)	Χαμηλή Τιμή (-15%)	Κανονική Τιμή	Υψηλή Τιμή (+15%)	Πολύ Υψηλή Τιμή (+30%)
Πυρηνέλαιο	2,07	2,51	2,95	3,39	3,84
Απλό Ελαιόλαδο	3,83	4,56	5,48	6,30	7,12
Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο	4,32	5,25	6,18	7,10	8,03
Βιολογικό Ελαιόλαδο	6,83	8,29	9,75	11,21	12,68
Π.Ο.Π	5,11	6,21	7,30	8,40	9,49
Π.Γ.Ε	5,06	6,14	7,23	8,31	9,39
Πυρηνέλαιο : 4% μείωση της τιμής ανά λίτρο για τις συσκευασίες των 2 lt					
Απλό Ελαιόλαδο : 3% μείωση της τιμής ανά λίτρο για τις συσκευασίες των 2 lt και 15% μείωση της τιμής ανά λίτρο για τις συσκευασίες των 5 lt					
Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο : 3% μείωση της τιμής ανά λίτρο για τις συσκευασίες των 2 lt και 20% μείωση της τιμής ανά λίτρο για τις συσκευασίες των 5 lt					
Π.Γ.Ε : 3% μείωση της τιμής ανά λίτρο για τις συσκευασίες των 2 lt και 20% μείωση της τιμής ανά λίτρο για τις συσκευασίες των 5 lt.					
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Τιμή (€ / λίτρο) ^[1]					

2.6.3 ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΕΙΣ

Για την εξαγωγή ενός προϊόντος, πρέπει να συνδυαστούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ώστε το κάθε προϊόν να περιγράφεται από ένα είδος, έναν τύπο συσκευασίας, ένα μέγεθος συσκευασίας, μία επωνυμία και μία τιμή. Οι συνδυασμοί των χαρακτηριστικών για την περιγραφή ενός προϊόντος πρέπει να είναι επιτρεπτοί, καθώς κάποια επίπεδα χαρακτηριστικών απαγορεύεται να συνδυαστούν με άλλα. Με άλλα λόγια, αν ένας συνδυασμός έστω και δύο χαρακτηριστικών ενός προϊόντος, υπόκειται σε απαγόρευση, αυτό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο προϊόν δεν λανσάρεται στην αγορά και ως εκ τούτου δεν μπορεί να επιλέγει για αγορά από τους πελάτες.

Οι απαγορεύσεις ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορά στο συνδυασμό του είδους του ελαιολάδου με τον τύπο και το μέγεθος της συσκευασίας ενώ η δεύτερη συσχετίζει το είδος του ελαιολάδου με την επωνυμία του προϊόντος. Οι απαγορεύσεις παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες με το γράμμα Χ. ^[1]

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ → ΕΙΔΟΣ ↓	Πλαστικό Μπουκάλι				Γυάλινο Μπουκάλι				Μεταλλικό Δοχείο			
	0,75lt	1lt	2lt	5lt	0,75lt	1lt	2lt	5lt	0,75lt	1lt	2lt	5lt
Πυρηνέλαιο	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Απλό Ελαιόλαδο	X			X	X	X	X	X	X	X	X	
Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο	X			X	X	X	X	X	X	X	X	
Βιολογικό Ελαιόλαδο	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Π.Ο.Π	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X
Π.Γ.Ε	X			X			X	X	X		X	

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 : Απαγορεύσεις Είδος – Συσκευασία ^[1]

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται κατανοητό ότι πολλές συσκευασίες δεν είναι διαθέσιμες στην αγορά. Οι πιθανές συσκευασίες που μπορούν να χαρακτηρίζουν ένα προϊόν είναι:

1. Πλαστικό Μπουκάλι 1lt
2. Πλαστικό Μπουκάλι 2lt
3. Γυάλινο Μπουκάλι 0,75lt
4. Γυάλινο Μπουκάλι 1lt
5. Μεταλλικό Δοχείο 1lt
6. Μεταλλικό Δοχείο 5 lt

ΕΙΔΟΣ → ΕΠΩΝΥΜΙΑ ↓	Πυρηγέλαιο	Απλό Ελαιόλαδο	Έξτρα Παρθένο Ελαιόλαδο	Βιολογικό Ελαιόλαδο	Π.Ο.Π.	Π.Γ.Ε.
365			X	X	X	X
AB						X
ELEIA	X	X	X		X	X
GAEA	X	X				
KARPEA	X	X				
TERRA CRETA	X	X				
XENIA	X	X				
ΑΛΤΙΣ						
ΑΝΩΣΚΕΛΗ	X	X				
ΕΛΛΙΣ						
ΛΑΤΖΙΜΑΣ	X	X				
ΜΙΝΕΡΒΑ						
ΜΟΝΗ ΧΡΥΣΟΠΗΓΗΣ	X	X	X		X	X
ΜΥΤΙΛΙΝΙΩ	X	X	X		X	X
ΧΡΥΣΕΛΙΑ						
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2 : Απαγορεύσεις Είδος – Συσκευασία ^[1]						

Για την καλύτερη κατανόηση των απαγορεύσεων, θα δοθούν κάποια παραδείγματα προϊόντων.

- Το προϊόν Πυρηγέλαιο σε 0,75lt Πλαστικής συσκευασίας της επωνυμίας AB είναι ένα μη επιτρεπτό προϊόν, διότι δεν μπορεί να συνδυαστεί το Πυρηγέλαιο με το συγκεκριμένο τύπο συσκευασίας.
- Το προϊόν Έξτρα Παρθένο Ελαιόλαδο σε 5lt Μεταλλικού δοχείου της επωνυμίας ELEIA είναι μη επιτρεπτό προϊόν, διότι δεν μπορεί να συνδυαστεί το Έξτρα Παρθένο Ελαιόλαδο με την εταιρεία ELEIA.
- Το προϊόν Βιολογικό Ελαιόλαδο σε 0,75lt Γυάλινης συσκευασίας της επωνυμίας ΑΛΤΙΣ είναι ένα επιτρεπτό προϊόν, αφού δεν εμπίπτει σε κανέναν από τους παραπάνω περιορισμούς.

3. ΠΕΛΑΤΕΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΠΕΛΑΤΕΣ

Όπως κάθε άλλο πολύπλοκο σύστημα, έτσι και μία ολοκληρωμένη αγορά συντίθεται από μία πληθώρα διαφορετικών στοιχείων όπως είναι οι επιχειρήσεις, τα προϊόντα και τα κανάλια διανομής. Ο συνδετικός, όμως, κρίκος, που ενώνει όλα αυτά τα διαφορετικά τμήματα, ώστε η λειτουργία της αγοράς να πραγματοποιείται ανεμπόδιστα, είναι οι πελάτες.

Οι πελάτες, ή αλλιώς καταναλωτές, ή αλλιώς αγοραστές, αναζητώντας στην αγορά το προϊόν που ανταποκρίνεται στις ανάγκες τους, είναι αυτοί που θα οριοθετήσουν την εξέλιξη όλων των τμημάτων της αγοράς. Αυτό συμβαίνει καθώς καθορίζουν την επιτυχία ή την αποτυχία ενός νεοεξαγόμενου στην αγορά προϊόντος και επηρεάζουν με τις καταναλωτικές τους επιλογές, την ανοδική ή καθοδική πορεία μίας επιχείρησης.

3.2 ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ

Σύμφωνα με τη διδακτορική διατριβή του Νικόλαου Φ. Ματσατσίνη, υπάρχουν πέντε διαφορετικοί τύποι καταναλωτών, ο κάθε ένας εκ των οποίων, συμβάλλει διαφορετικά στην απόφαση αγοράς ενός προϊόντος: ^[4]

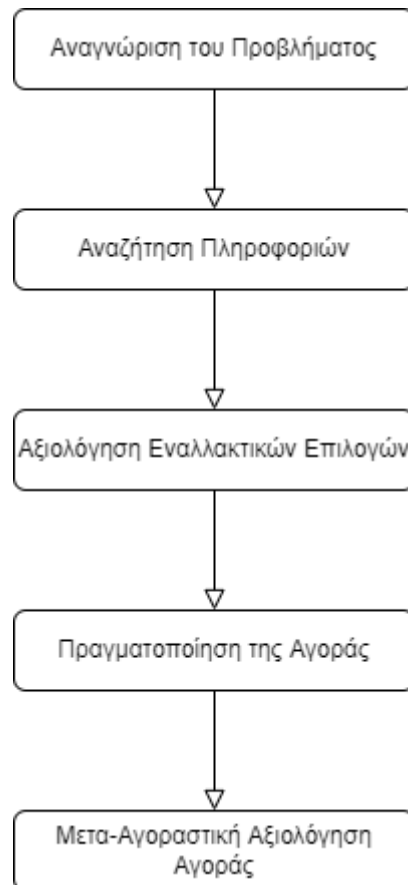
1. Αυτός που προτείνει την αγορά ενός προϊόντος
2. Αυτός που επηρεάζει την λήψη της τελικής απόφασης λόγω ειδικών γνώσεων, πληροφοριών ή θέσης που κατέχει
3. Αυτός που παίρνει την τελική απόφαση, για το αν θα γίνει η αγορά, για το προϊόν που θα αγοραστεί, πότε, πως και από που θα αγοραστεί
4. Αυτός που κάνει την τελική αγορά
5. Αυτός που τελικά θα χρησιμοποιήσει το προϊόν

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Οι καταναλωτές μπορούν να προβούν σε μία αγορά προϊόντος το οποίο προορίζεται, είτε για ατομική είτε για διεπιχειρησιακή χρήση. Σε κάθε περίπτωση, όμως, η κατανόηση της καταναλωτικής συμπεριφοράς έγκειται στην απάντηση των παρακάτω ερωτημάτων: ^[7]

1. Ποια είναι τα κριτήρια που θέτει ένας πελάτης για την επιλογή ενός προϊόντος;
2. Που πραγματοποιείται η αγορά;
3. Πως πραγματοποιείται η αγορά;
4. Πότε πραγματοποιείται η αγορά;
5. Ποιος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην λήψη της απόφασης;

Όμως, η ολοκληρωμένη διαδικασία που καταλήγει στην αγορά ενός προϊόντος όσο περίπλοκη είναι από την πλευρά των επιχειρήσεων, άλλο τόσο είναι και από την πλευρά των αγοραστών. Η επιλογή ενός προϊόντος ανάμεσα σε ένα σύνολο δυνητικών και ανταγωνιστικών επιλογών, είναι μία σύνθετη δυναμική διαδικασία που περιγράφεται από το μοντέλο των πέντε σταδίων της διαδικασίας απόφασης αγοράς, η οποία αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα. ^{[7], [15]}



ΣΧΗΜΑ 2 : Η Διαδικασία Απόφασης Αγοράς

Η διαδικασία αγοράς ενός προϊόντος ξεκινάει στο κομβικό σημείο στο οποίο ο πελάτης προχωράει στη συνειδητοποίηση ύπαρξης ενός προβλήματος και στην εκτίμηση των αναγκών του. Το πρωταρχικό αυτό βήμα ονομάζεται Αναγνώριση του Προβλήματος. Η διαπίστωση ότι υπάρχει ανάγκη και η σύνδεσή της με κάποιο προϊόν μπορεί να γίνει είτε από την αντίληψη του καταναλωτή αυτή καθαυτή, είτε από προβολή του προϊόντος από μία εταιρεία.

Σειρά έχει το στάδιο της Αναζήτησης Πληροφοριών – *Information Search*. Πρόκειται για τη λεγόμενη έρευνα αγοράς, όπου ο αγοραστής συλλέγει πληροφορίες για τις εναλλακτικές του επιλογές, τις οποίες στη συνέχεια θα αξιολογήσει.

Το σύνολο των εναλλακτικών προϊόντων που ενδιαφέρουν τον καταναλωτή διαιρείται σε τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν όλα τα προϊόντα, τα οποία τη δεδομένη στιγμή δεν είναι διαθέσιμα στην αγορά και, επομένως, ο πελάτης δεν μπορεί να τα επιλέξει. Η δεύτερη, απαρτίζεται από τα προϊόντα για τα οποία ο πελάτης έχει ελλιπή πληροφόρηση, με αποτέλεσμα και αυτά, να μην συνυπολογίζονται στην αξιολόγηση των εναλλακτικών. Η τρίτη και τελευταία κατηγορία ορίζεται ως το σύνολο των προϊόντων που δεν ανήκουν σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες και είναι αυτή που κινεί το ενδιαφέρον των καταναλωτών. Πρόκειται, δηλαδή, για τα προϊόντα, για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμες όλες οι

απαραίτητες πληροφορίες που θα χρειαστεί ο κάθε καταναλωτής για να τα αξιολογήσει, και η εταιρεία έχει εξασφαλίσει την διαθεσιμότητά τους στην αγορά.

Η αναζήτηση πληροφοριών από τον πελάτη μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Αν αναφερόμαστε σε εσωτερική αναζήτηση, σημαίνει ότι ο αγοραστής προσπαθεί μόνος του, χωρίς βοήθεια τρίτων να βρει μία ικανοποιητική λύση, αναζητώντας προ υπάρχουσες πληροφορίες και απόψεις σε παρόμοια προβλήματα που έχουν ήδη αντιμετωπιστεί από άλλους. Αντίθετα, η εξωτερική αναζήτηση περιλαμβάνει πληροφορίες από προσωπικές ή μη πηγές, όπως είναι οι φίλοι, οι συνάδελφοι και εμπορικές πηγές, όπως διαφημίσεις.

Σε πρώτη φάση ο καταναλωτής έχει να επιλέξει ένα προϊόν μέσα από το σύνολο των προϊόντων της αγοράς – *total set* – που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Στόχος της αναζήτησης πληροφοριών είναι να μειωθεί το πλήθος των προϊόντων του παραπάνω συνόλου, και να σχηματιστεί ένα μικρότερο σύνολο, που ονομάζεται σύνολο επίγνωσης – *awareness set*. Σε αυτό, ανήκουν όλες οι μάρκες που, σύμφωνα με την κρίση του καταναλωτή, μπορούν να δώσουν λύση στο πρόβλημά του.

Στη συνέχεια βρίσκεται το πιο απαιτητικό επίπεδο της διαδικασίας αγοράς, η Αξιολόγηση Εναλλακτικών Επιλογών. Αρχικά, το σύνολο επίγνωσης φιλτράρεται με επιπρόσθετες πληροφορίες, ώστε να επιλεγούν συγκεκριμένα προϊόντα από τα οποία ο πελάτης θα κάνει την τελική του επιλογή. Τα προϊόντα αυτά απαρτίζουν το εξεταζόμενο σύνολο – *evoked set* ή *choice set*. Στο σημείο αυτό, ο καταναλωτής φτάνει στο πιο κρίσιμο βήμα της διαδικασίας, καθώς καλείται να επεξεργαστεί όλη τη διαθέσιμη πληροφορία και να προχωρήσει στην τελική του επιλογή.

Σε αυτή τη φάση της διαδικασίας, τα προϊόντα αποδομούνται από τον πελάτη σε ένα σύνολο κριτηρίων που χρήζουν αξιολόγησης. Έτσι, λοιπόν, ο καταναλωτής αποδίδει μία σημαντικότητα, δηλαδή ένα βάρος – *weight*, σε κάθε χαρακτηριστικό των προϊόντων του εξεταζόμενου συνόλου, και σε κάθε επιμέρους επίπεδο του χαρακτηριστικού, η οποία περιγράφει το πόσο καλά ανταποκρίνεται το συγκεκριμένο κριτήριο στις ανάγκες του πελάτη. Με αυτόν τον τρόπο, προσδιορίζεται μία τιμή, που ονομάζεται μερική χρησιμότητα – *partworth* – και είναι, ουσιαστικά, η αξία που δίνει ο πελάτης σε κάθε επίπεδο κάθε χαρακτηριστικού. Δίνοντας μαθηματικές τιμές στις προτιμήσεις του, γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία επιλογής προϊόντος για τον ίδιο τον πελάτη, καθώς μπορεί να αξιολογήσει με πιο αποτελεσματικό τρόπο τα προϊόντα. Όπως είναι αναμενόμενο, ο κάθε καταναλωτής έχει τις δικές του προτιμήσεις, συνεπώς, δίνει διαφορετική σημαντικότητα σε κάθε χαρακτηριστικό. Ωστόσο, εναποτίθεται ένα διαφορετικό βάρος, για κάθε χαρακτηριστικό του προϊόντος, είτε αυτό είναι σημαντικό για τον καταναλωτή είτε όχι. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα, πολλές φορές, να αντισταθμίζεται η μέτρια ή κακή απόδοση ενός χαρακτηριστικού, με την καλύτερη ενός άλλου. Η συνολική αξία ενός προϊόντος για τον κάθε καταναλωτή, ονομάζεται ολική χρησιμότητα και ισούται με το άθροισμα των επιμέρους μερικών αξιών των επιπέδων των χαρακτηριστικών που το αποτελούν.

$$\text{Ολική Χρησιμότητα} = \sum \text{Μερικών Αξιών}$$

Τα δύο τελευταία στάδια της διαδικασίας, είναι η πραγματοποίηση της αγοράς του προϊόντος, αφού ο πελάτης έχει καταλήξει στην καλύτερη επιλογή, και η μεταγοραστική αξιολόγηση της απόφασης αγοράς.

3.4 ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

Όσον αφορά τη διαδικασία αξιολόγησης των προϊόντων, η εναπόθεση μερικών χρησιμότητων διαφέρει από πελάτη σε πελάτη. Κατά κύριο λόγο, οι καταναλωτές επηρεάζονται στη διαδικασία λήψης απόφασης, είτε από κάποια πλεονεκτήματα που μπορεί να διαθέτει ένα προϊόν, τα οποία ονομάζονται κριτήρια επιλογής – *choice criteria*, είτε από εξωτερικούς παράγοντες που σχετίζονται με την προσωπικότητα του κάθε καταναλωτή. Στα κριτήρια επιλογής που περιγράφονται παρακάτω συγκαταλέγονται τα τεχνικά και τα οικονομικά κριτήρια. Αντίστοιχα, στους παράγοντες που επιδρούν διαφορετικά στον κάθε πελάτη ανήκουν τα κοινωνικά και τα προσωπικά κριτήρια. ^[4]

Τα τεχνικά κριτήρια είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τα στοιχεία που πλαισιώνουν το προϊόν και τη συνολική απόδοσή του στα μάτια του καταναλωτή. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η αξιοπιστία της εταιρείας, η αντοχή των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο το προϊόν, η άνεση και η ευκολία χρήσης του, η γρήγορη παράδοση από την εταιρεία και η εμφάνισή του.

Τα οικονομικά κριτήρια συνδέονται άμεσα με το κόστος της αγοράς. Συγκεκριμένα στα οικονομικά κριτήρια εντάσσονται η τιμή, το κόστος λειτουργίας, η αντιστοιχία τιμής και αξίας, η υπολειμματική αξία του προϊόντος, καθώς και το κόστος του κύκλου ζωής του.

Τέλος, τα κοινωνικά και τα προσωπικά κριτήρια, αν και διαφορετικά μεταξύ τους, είναι αυτά που επηρεάζουν καταλυτικά την απόφαση του πελάτη. Τα κοινωνικά σχετίζονται με την εικόνα του αγοραστή στον κύκλο γνωριμιών του ή ακόμα και στην ευρύτερη κοινωνία, μετά την αγορά του. Η θέληση για ένταξη σε μία κοινωνική ομάδα και η συμβατικότητα με τις νέες τάσεις της αγοράς είναι αντιπροσωπευτικά παραδείγματα κοινωνικών κριτηρίων. Αντιστοίχως, τα προσωπικά κριτήρια είναι αυτά που επηρεάζουν συναισθηματικά τον πελάτη και τον παρακινούν στην αγορά κάποιου συγκεκριμένου προϊόντος. Ο ψυχολογικός παράγοντας, ο οποίος συντελείται από τις συναισθηματικές προτιμήσεις του καταναλωτή και το αίσθημα ασφάλειας λόγω μείωσης του ρίσκου που μπορεί να προσφέρει ένα προϊόν, παίζει καταλυτικό ρόλο στην αξιολόγηση των εναλλακτικών.

3.5 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

Ένα από τα πιο πολύπλοκα και σημαντικά κεφάλαια του μάρκετινγκ είναι η βαθύτερη κατανόηση των τρόπων σκέψης των πελατών κατά τη διάρκεια της επιλογής και αγοράς ενός προϊόντος, διότι μέσα από την καταναλωτική συμπεριφορά, καθίσταται εφικτή η μελέτη της συνολικής αντίδρασης της αγοράς. Είτε εξετάζουμε τη συμπεριφορά των καταναλωτών, ατομικά από πελάτη σε πελάτη, είτε σε ένα ομοιογενές τμήμα της αγοράς, η συνάθροιση των τμηματικών συμπεριφορών είναι αυτή που θα δώσει τη συνολική αντίδραση της αγοράς. ^[7]

Στο πλαίσιο της μελέτης της αγοράς, έχουν αναπτυχθεί δύο ευρύτερες κατηγορίες μοντέλων. Τα μοντέλα αντίδρασης αγοράς μετρούν πωλήσεις που αντιστοιχούν στα προϊόντα. Από την άλλη, τα Μοντέλα Ατομικής Αντίδρασης ή Μοντέλα Επιλογής Μάρκας – *Brand Choice Models*, εκτιμούν την πιθανότητα αγοράς ενός προϊόντος.

Μέσω ενός μοντέλου ατομικής αντίδρασης υπολογίζεται η πιθανότητα να επιλεγεί ένα προϊόν, για κάθε πελάτη ξεχωριστά και, στη συνέχεια, οι επιμέρους πιθανότητες

αγοράς συνυπολογίζονται. Η συνάθροιση των πιθανοτήτων επιλογής ονομάζεται *Μερίδιο Αγοράς – Market Share*.

Η εφαρμογή ενός μοντέλου επιλογής για τον υπολογισμό του μεριδίου αγοράς των προϊόντων, ανταγωνιστικών και μη, αποτελεί απαραίτητο εφόδιο για την προσομοίωση της αγοραστικής διαδικασίας των καταναλωτών.

3.6 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Η προσομοίωση της αγοραστικής διαδικασίας επιτυγχάνεται μέσω δημιουργίας υποθετικών σεναρίων. Σε καθένα από τα σενάρια που σχηματίζονται, αλλάζουν τα χαρακτηριστικά των προϊόντων που λανσάρουμε στην αγορά, ώστε να υπολογιστεί εκ νέου το μερίδιο αγοράς που τους αποδίδεται. Κατά αυτήν τη μεθοδολογία, είναι εφικτή η εύρεση της εναλλακτικής λύσης που θα δώσει το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς έναντι των ανταγωνιστικών προϊόντων. Η διαδικασία της προσομοίωσης εξελίσσεται στα κάτωθι στάδια.

Αρχικά, ο κάθε καταναλωτής αποδίδει τις μερικές χρησιμότητες για όλα τα χαρακτηριστικά των προϊόντων που απορρέουν από τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Στην παρούσα εργασία, οι μερικές χρησιμότητες έχουν υπολογιστεί στην εργασία του κ. Ανδρίτσου μέσω της ACBC μεθόδου που είδαμε στο δεύτερο κεφάλαιο από τις απαντήσεις των καταναλωτών στο ερωτηματολόγιο.

Στο επόμενο στάδιο της προσομοίωσης γίνεται ο καθορισμός των χαρακτηριστικών των ανταγωνιστικών προϊόντων για τα οποία θέλουμε να υπολογίσουμε τα μερίδια αγοράς. Ο ορισμός των ανταγωνιστικών προϊόντων θα παρουσιαστεί στο πλαίσιο της επίλυσης του προβλήματος, αναλυτικά στο κεφάλαιο 6.

Στη συνέχεια, γίνεται εφαρμογή του μοντέλου προτιμήσεων που επιλέγεται για να μελετηθεί η αγορά. Μέσω του μοντέλου επιλογής, υπολογίζονται οι πιθανότητες επιλογής για κάθε εναλλακτική. Στην εργασία, επιλέγεται το Μοντέλο Επιλογής BTL που θα παρουσιαστεί αναλυτικά στην παράγραφο 3.8, το οποίο μετατρέπει τις ολικές χρησιμότητες σε πιθανότητες επιλογής των προϊόντων.

Τέλος, υπολογίζεται το μερίδιο αγοράς κάθε προϊόντος, μέσω ολοκλήρωσης των πιθανοτήτων επιλογής σε όλο το καταναλωτικό δείγμα.

3.7 ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ

Το μερίδιο αγοράς που κατέχει μία επιχείρηση αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα, βάσει του οποίου θα προσδιοριστεί αν το στρατηγικό πλάνο της επιχείρησης θα μείνει ως έχει, ή θα τροποποιηθεί για να αυξηθεί το μερίδιο αγοράς.

Ορίζεται ως το ποσοστό που έχει κερδίσει η εταιρεία στις πωλήσεις ενός συγκεκριμένου προϊόντος, έναντι των ανταγωνιστών της. Το μερίδιο αγοράς σκιαγραφεί την πιθανότητα να επιλεγεί ένα προϊόν της επιχείρησης από ένα σύνολο καταναλωτών που αντιπροσωπεύουν το σύνολο της αγοράς.

Επομένως, ο υπολογισμός και η αξιολόγηση του μεριδίου αγοράς που αντιστοιχεί στα προϊόντα που λανσάρονται στην αγορά αποτελούν ενέργειες μείζονος σημασίας στην διαδικασία προσομοίωσης, και συνεπώς, στην πορεία μίας επιχείρησης.

3.8 BTL MODEL

Ένα ακόμα σημαντικό στάδιο της διαδικασίας προσομοίωσης της αγοράς είναι η εφαρμογή ενός μοντέλου επιλογής μάρκας, ώστε να υπολογιστούν οι πιθανότητες επιλογής των προϊόντων, καθώς και το μερίδιο αγοράς.

Το μοντέλο επιλογής που θα περιγραφεί, αναλυθεί, υλοποιηθεί και χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία είναι το Στοχαστικό Μοντέλο Επιλογής Bradley Terry Luce, το οποίο προτάθηκε το 1952 από τους Bradley και Terry, και ολοκληρώθηκε το 1959 από τον Luce. Το μοντέλο αυτό, αποτέλεσε μία ρηξικέλευθη προσθήκη στην μελέτη της καταναλωτικής συμπεριφοράς.

Πρόκειται για ένα μοντέλο επιλογής, στο οποίο μπορεί η διαμόρφωση των προτιμήσεων να είναι ντετερμινιστική, όμως η διαδικασία της επιλογής είναι στοχαστική. Να σημειωθεί ότι ντετερμινιστική, ή αλλιώς, αιτιοκρατική, ονομάζεται η διαδικασία στην οποία δεν υπάρχει το στοιχείο της τυχαιότητας. Αντιθέτως, ένα στοχαστικό μοντέλο περιγράφει μία κατάσταση στην οποία κυριαρχεί η αβεβαιότητα. Με άλλα λόγια, ως στοχαστική ορίζεται μία διαδικασία που περιγράφεται από κάποιο βαθμό τυχαιότητας.

Στα στοχαστικά μοντέλα, όπως είναι και το BTL, παύει να βρίσκει εφαρμογή ο ισχυρισμός ότι το προϊόν με τη μεγαλύτερη ολική χρησιμότητα είναι αυτό που θα επιλεγεί από τον καταναλωτή. Για το κάθε προϊόν υπολογίζεται μία πιθανότητα επιλογής, βασισμένη στη χρησιμότητά του. Αυτό συνεπάγεται, ότι ακόμα και ένα προϊόν με μικρή χρησιμότητα, θα περιγράφεται από μία πιθανότητα επιλογής, η οποία θα είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Γίνεται, επομένως, κατανοητό, ότι δεν υπάρχει βεβαιότητα ως προς το προϊόν που τελικά θα επιλεγεί.

Όσον αφορά το μοντέλο BTL που θα υλοποιηθεί στην εργασία, χρησιμοποιεί μία και μόνο απλή μαθηματική έκφραση για να υπολογίσει την πιθανότητα επιλογής ενός προϊόντος.

Συγκεκριμένα, το μοντέλο προτείνει ότι, η πιθανότητα P_{ij} που αποδίδεται στην επιλογή του προϊόντος j από τον πελάτη i , ισούται με το πηλίκο της συνολικής αξίας U_{ij} , δηλαδή της ολικής χρησιμότητας, που δίνει ο πελάτης i στο προϊόν j προς το άθροισμα όλων των ολικών χρησιμοτήτων για κάθε προϊόν k που ανήκει στο ευρύτερο σύνολο εναλλακτικών προϊόντων C . [7]

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{k \in C} U_{ik}} \quad (1)$$

Από το σετ δεδομένων μας, αντλούμε τις πληροφορίες για τις μερικές χρησιμότητες που αποδίδει ο κάθε ένας από τους 250 ερωτώμενους πελάτες, για τα διάφορα χαρακτηριστικά που περιγράφουν ένα προϊόν. Στη συνέχεια μέσω της σχέσης (1) υπολογίζονται οι πιθανότητες επιλογής των προϊόντων. Τέλος, πρέπει να υπολογιστεί το μερίδιο αγοράς που αντιστοιχεί σε κάθε προϊόν. Το μερίδιο αγοράς στο μοντέλο BTL του προϊόντος j υπολογίζεται ως το πηλίκο του αθροίσματος των πιθανοτήτων P_{ij} προς το πηλίθος n των πελατών i .

$$MS_j = \frac{\sum P_{ij}}{n} \quad (2)$$

3.8.1 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ BTL

Για την καλύτερη και σαφέστερη κατανόηση του μοντέλου BTL , δίνεται το παρακάτω αριθμητικό παράδειγμα.

Έστω ότι εξετάζεται η αγορά ενός υπολογιστή από δύο πελάτες. Θεωρούμε ότι το προϊόν απαρτίζεται από τρία χαρακτηριστικά. Το πρώτο χαρακτηριστικό αποτελεί τη διαθεσιμότητα και διακρίνεται σε δύο επίπεδα. Το προϊόν μπορεί είτε να είναι άμεσα διαθέσιμο για αγορά από τον πελάτη είτε να απαιτείται πρωτίστως παραγγελία. Το δεύτερο χαρακτηριστικό είναι το λογισμικό σύστημα που θα διαθέτει ο υπολογιστής. Δίνονται στους πελάτες τρεις επιλογές λογισμικού · Microsoft Windows , Linux ή MacOS. Το τρίτο και τελευταίο χαρακτηριστικό που συναντάται στο προϊόν είναι ο τύπος του υπολογιστή, ο οποίος μπορεί να είναι σταθερός ή φορητός.

Βασιζόμενοι στα παραπάνω χαρακτηριστικά των προϊόντων και στα επιμέρους επίπεδα αυτών, οι πελάτες εναποθέτουν τις μερικές χρησιμότητες που προσδιορίζουν τα επίπεδα των προϊόντων, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ→ ΠΕΛΑΤΕΣ↓	Τύπος Η/Υ		Λογισμικό Σύστημα			Διαθεσιμότητα	
	Σταθερός	Φορητός	Windows	Linux	MacOS	Άμεσα Διαθέσιμο	Κατόπιν Παραγγελίας
1	0,3	1	0,5	0,8	0,6	0,8	0,1
2	0,8	0,5	0,6	0,05	0,4	0,7	0,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Μερικές Χρησιμότητες

Εν συνεχεία, δίνονται ως δεδομένα τα προϊόντα που λανσάρονται στην αγορά, εκ των οποίων οι καταναλωτές πρέπει να επιλέξουν το καταλληλότερο για την ικανοποίηση των αναγκών τους. Τα εξαγόμενα προϊόντα είναι τα κάτωθι τέσσερα:

Προϊόν Α : Σταθερός Υπολογιστής με λογισμικό Linux και διαθέσιμος κατόπιν παραγγελίας

Προϊόν Β : Φορητός Υπολογιστής με λογισμικό MacOS και άμεσα διαθέσιμος για αγορά

Προϊόν Γ : Φορητός Υπολογιστής με λογισμικό Windows και άμεσα διαθέσιμος για αγορά

Προϊόν Δ : Φορητός Υπολογιστής με λογισμικό Linux και διαθέσιμος κατόπιν παραγγελίας

Έπειτα, σύμφωνα με το μοντέλο BTL, υπολογίζονται οι ολικές χρησιμότητες που αντικατοπτρίζουν τις προτιμήσεις του κάθε πελάτη, για τα δεδομένα προϊόντα.

Όπως προαναφέρθηκε, οι ολικές χρησιμότητες αντικατοπτρίζουν τη συνολική αξία που αποδίδει ένας πελάτης σε ένα προϊόν και υπολογίζονται ως το άθροισμα των επιμέρους μερικών χρησιμοτήτων.

ΠΕΛΑΤΕΣ↓	Προϊόν Α	Προϊόν Β	Προϊόν Γ	Προϊόν Δ
1	0,3+0,8+0,1	1+0,6+0,8	1+0,5+0,8	1+0,8+0,1
2	0,8+0,05+0,6	0,5+0,4+0,7	0,5+0,6+0,7	0,5+0,05+0,6
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Υπολογισμός Ολικών Χρησιμοτήτων				

ΠΕΛΑΤΕΣ↓	Προϊόν Α	Προϊόν Β	Προϊόν Γ	Προϊόν Δ
1	1,2	2,4	2,3	1,9
2	1,45	1,6	1,8	1,15
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Ολικές Χρησιμότητες				

Ακολουθώντας, με εφαρμογή του τύπου (1) μετατρέπουμε τις ολικές χρησιμότητες σε πιθανότητες, τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε για να υπολογιστεί το ζητούμενο μερίδιο αγοράς.

ΠΕΛΑΤΕΣ↓	Προϊόν Α	Προϊόν Β	Προϊόν Γ	Προϊόν Δ
1	$1,2/(1,2+2,4+2,3+1,9)$	$2,4/(1,2+2,4+2,3+1,9)$	$2,3/(1,2+2,4+2,3+1,9)$	$1,9/(1,2+2,4+2,3+1,9)$
2	$1,45/(1,45+1,6+1,8+1,15)$	$1,6/(1,45+1,6+1,8+1,15)$	$1,8/(1,45+1,6+1,8+1,15)$	$1,15/(1,45+1,6+1,8+1,15)$
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Εφαρμογή Τύπου (1)				

ΠΕΛΑΤΕΣ↓	Προϊόν Α	Προϊόν Β	Προϊόν Γ	Προϊόν Δ
1	0,1538	0,3077	0,2949	0,2436
2	0,2417	0,2667	0,3	0,1916
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Πιθανότητα Επιλογής Προϊόντων				

ΠΕΛΑΤΕΣ↓	Προϊόν Α	Προϊόν Β	Προϊόν Γ	Προϊόν Δ
1	15,38%	30,77%	29,49%	24,36%
2	24,17%	26,67%	30%	19,16%
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Πιθανότητα Επιλογής Προϊόντων				

Τέλος, υπολογίζεται το μερίδιο αγοράς των προϊόντων, μέσω του τύπου (2) :

	Προϊόν Α	Προϊόν Β	Προϊόν Γ	Προϊόν Δ
ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ	$(15,38 + 24,17) / 2$	$(30,77 + 26,67) / 2$	$(29,49 + 30) / 2$	$(24,36 + 19,16) / 2$
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Εφαρμογή Τύπου (2)				

	Προϊόν Α	Προϊόν Β	Προϊόν Γ	Προϊόν Δ
ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ	19,775%	28,72%	29,745%	21,76%
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : Αριθμητικό Παράδειγμα BTL – Μερίδια Αγοράς				

Ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του μοντέλου BTL για το συγκεκριμένο πρόβλημα που χαρτογραφήθηκε στην παράγραφο, εξάγονται τα μερίδια αγοράς που αντιστοιχούν στα τέσσερα προϊόντα. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς ανήκει στο προϊόν Γ και είναι ίσο με 29,745%. Αυτό δε σημαίνει, ότι το προϊόν Γ είναι σίγουρο ότι θα επιλεγεί από όλους τους πελάτες, αλλά έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα να προτιμηθεί έναντι των αντίπαλων.

Αν για παράδειγμα, τα προϊόντα Α και Β είναι τα ανταγωνιστικά, ενώ τα προϊόντα Γ και Δ είναι αυτά που λανσάρουμε στην αγορά, τότε κατέχουμε το 51,505% του μεριδίου της αγοράς, ενώ οι ανταγωνιστές κατέχουν το υπόλοιπο 48,495% .

4. ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΟΥΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥΣ

Μέχρι σήμερα έχει προταθεί, υλοποιηθεί και χρησιμοποιηθεί μία πληθώρα μεθόδων αναζήτησης του βέλτιστου. Ωστόσο, μία συνήθης και άκρως ύψιστης σημαντικότητας δυσκολία που ταλανεύει τους αλγορίθμους βελτιστοποίησης, είναι ο περιορισμός της αναζήτησης σε μία περιοχή τοπικού ακρότατου, το οποίο δεν είναι ολικό ακρότατο. Λύση για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, έρχονται να δώσουν οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι.

Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι είναι μέθοδοι επίλυσης και εύρεσης του βέλτιστου αποτελέσματος που εξαλείφουν αυτόν τον κίνδυνο, μιας και η στοχαστική φύση τους τους επιτρέπει να αποφεύγουν τη στασιμότητα σε τοπικά ακρότατα και να εξερευνούν ολόκληρο το χώρο εκτενώς. ^[6]

Η εφαρμογή των μεθευρετικών αλγορίθμων ξεκίνησε από την δεκαετία του 1950, όταν αναγνωρίστηκε η χρησιμότητά τους σε στοχαστικά προβλήματα βελτιστοποίησης και σε προβλήματα βασισμένα στην στρατηγική της εξέλιξης. Έκτοτε, οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι εξελίσσονται ολοένα και περισσότερο και χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε προβλήματα βελτιστοποίησης. Άλλη μία κατηγορία προβλημάτων που βρίσκουν εφαρμογή οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι είναι τα προβλήματα δυσκολίας NP – hard, όπως είναι το πρόβλημα της γραμμή προϊόντων που αντιμετωπίζουμε στην παρούσα εργασία.

Όσον αφορά το πρόβλημα βέλτιστου σχεδιασμού σειράς προϊόντων, δεν ήταν λίγες οι φορές που εφαρμόστηκαν μεθευρετικοί αλγόριθμοι για την παροχή, όσο το δυνατόν, βέλτιστων λύσεων στο πρόβλημα σε εύχρηστο χρόνο. Μερικοί από τους πιο σημαντικούς αλγορίθμους που έχουν εφαρμοστεί στο εν λόγω πρόβλημα και έδωσαν νέες προοπτικές στην επίλυση του προβλήματος είναι ο μεθευρετικός αλγόριθμος Ant Colony Optimization (Albritton & McMullen, 2007), ο Particle Swarm Optimization (Saridakis et. al, 2015), ο Simulated Annealing (Tsafarakis, 2016), ο Γενετικός αλγόριθμος Hybrid Firefly (Zervoudakis et. al, 2020), ο οποίος αποσκοπεί στη βελτίωση της απόδοσης του γενετικού αλγορίθμου, εισάγοντας έναν διαφορετικό τρόπο επιλογής ατόμων για διασταύρωση και μετάλλαξη στην αλγοριθμική διαδικασία του γενετικού, χρησιμοποιώντας την κύρια δομή του μεθευρετικού αλγορίθμου της Πυγολαμπίδας. ^[19]

Ο ραγδαίος κατακλυσμός των επιστημονικών πεδίων από τους μεθευρετικούς αλγορίθμους αποδίδεται στο πλήθος των πλεονεκτημάτων που υπερτερούν οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι έναντι των υπολοίπων.

4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΩΝ

Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι προσομοιώνουν διαφορετικά σενάρια της φύσης. Αυτή η απλότητα που τους διακρίνει είναι καταλυτική στην ευκολότερη κατανόηση, χρήση και εξέλιξή τους. Καθώς η λειτουργία της φύσης είναι μία γνωστή και οικεία διαδικασία στους ανθρώπους, καθίσταται πιο εύκολη η αρχική γνωριμία αλλά και η βαθύτερη εξειδίκευση των ειδημόνων στον τομέα αυτό και η άμεση εφαρμογή των αλγορίθμων σε πραγματικά προβλήματα. Παράλληλα, γίνεται σημαντικά ευκολότερη η πρόταση

νέων μεθευρετικών, η βελτίωση των ήδη υπαρχόντων, καθώς και η υβριδοποίηση δύο ή και περισσότερων αλγορίθμων. ^[11]

Σε παρόμοιο μήκος κύματος με την απλότητα, κινείται και η ευελιξία. Η προσαρμοστικότητα της συγκεκριμένης κατηγορίας αλγορίθμων έγκειται στην, σχεδόν άκοπη δυνατότητα εφαρμογής τους σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων, χωρίς κάποια ιδιαίτερη αλλαγή στη δομή του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται. Αυτό συμβαίνει, διότι για την εφαρμογή ενός μεθευρετικού χρειαζόμαστε μόνο δεδομένα εισόδου και εξόδου. ^[3]

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για τον οποίο επιλέγονται συχνά οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι έναντι των υπολοίπων, είναι η στοχαστική προσέγγιση στη βελτιστοποίηση των προβλημάτων που χρησιμοποιούν. Εφ' όσον η διαδικασία ξεκινάει με μία τυχαία λύση, δεν είναι απαραίτητη η χρήση παραγώγων. Αυτό καθιστά τους μεθευρετικούς αλγορίθμους κατάλληλους για προβλήματα που είτε έχουν μαθηματικά δαπανηρό υπολογισμό παραγώγων είτε δεν είναι γνωστή η μορφή τους.

4.3 ΕΙΔΗ ΜΕΘΕΥΡΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

Ένα σημαντικό σημείο στην κατανόηση των μεθευρετικών αλγορίθμων είναι η εξοικείωση με την κατηγοριοποίησή τους σε διαφορετικές ομάδες. Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες είτε με βάση τη μορφή της αρχικής λύσης που απαιτούν είτε βάσει του τρόπου λειτουργίας τους.

4.3.1 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΛΥΣΗ

Ταξινομώντας τους μεθευρετικούς αλγορίθμους βάσει της αρχικής λύσης που χρησιμοποιούν, συναντώνται δύο κατηγορίες. Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι χαρακτηρίζονται ως αλγόριθμοι βασιζόμενοι σε μοναδική λύση – *single based solution* – ή αλγόριθμοι πληθυσμού – *population based*. Οι *single solution based*, όπως γίνεται κατανοητό και από τον ίδιο τον όρο αυτό καθαυτό, ξεκινούν τη διαδικασία βελτιστοποίησης με μία και μοναδική αρχική λύση, η οποία βελτιώνεται σε κάθε επανάληψη. Αντίθετα, οι *population based* αλγόριθμοι απαιτούν για το αρχικό τους στάδιο έναν πληθυσμό, ένα σύνολο, δηλαδή, λύσεων. Σε αυτήν την περίπτωση, η διαδικασία αρχίζει με έναν αρχικό τυχαίο πληθυσμό, ο οποίος βελτιώνεται και ενισχύεται σε κάθε επανάληψη του μεθευρετικού αλγορίθμου. ^[3]

Στην εργασία μας θα ασχοληθούμε με την κατηγορία των μεθευρετικών αλγορίθμων που δέχονται έναν πληθυσμό λύσεων στο αρχικό του στάδιο, διότι υπερτερούν σε κάποια βασικά σημεία, σε σχέση με τους αλγορίθμους μοναδικής αρχικής λύσης. Όπως προαναφέρθηκε, ο πληθυσμός αποτελείται από πολλές διαφορετικές λύσεις, οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία του χώρου. Η επικοινωνία που υπάρχει ανάμεσα στις υποψήφιας λύσεις, οδηγεί σε άλματα προς το σημείο του χώρου που οι λύσεις του πληθυσμού υποδεικνύουν ότι υπάρχει το βέλτιστο. Εκτός από πληροφορίες για τον χώρο, οι πολλαπλές λύσεις βοηθούν η μία την άλλη στην αποφυγή των τοπικών ακροτάτων. Σε γενικές γραμμές, αυτός ο τύπος μεθευρετικών αλγορίθμων έχει την καλύτερη δυνατή εξερεύνηση στο χώρο.

4.3.2 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των μεθευρετικών αλγορίθμων με βάση τον τρόπο λειτουργίας, διακρίνουμε τρεις κατηγορίες. ^[3]

Η πρώτη εμπεριέχει τους Εξελικτικούς αλγορίθμους, οι οποίοι, κατά κύριο λόγο, είναι εμπνευσμένοι από την εξέλιξη των ειδών και της φύσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εξελικτικών αλγορίθμων είναι οι γενετικοί αλγόριθμοι, των οποίων ο τρόπος λειτουργίας βασίζεται στην εξέλιξη των ειδών του Δαρβίνου.

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία των μεθευρετικών αλγορίθμων είναι βασίζεται στους νόμους της φυσικής, και ονομάζονται Physics Based. Αυτοί οι αλγόριθμοι διαφέρουν από τους εξελικτικούς καθώς η αναζήτηση της βέλτιστης λύσης στο χώρο υλοποιείται χρησιμοποιώντας κανόνες της φυσικής, όπως είναι η αδράνεια, η ηλεκτρομαγνητική ή η βαρυτική δύναμη.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με την τρίτη και τελευταία κατηγορία μεθευρετικών αλγορίθμων, που αποτελείται από τους Αλγορίθμους Νοημοσύνης Σμήνους ή αλλιώς Swarm Intelligence.

4.4 SWARM INTELLIGENCE

Η Νοημοσύνη Σμήνους αναφέρεται στην ιδιότητα των φυσικών ή τεχνικών συστημάτων να επιδεικνύουν συλλογική και ευφυή συμπεριφορά.

Η λειτουργία αυτών των αλγορίθμων, βασίζεται στη μίμηση της κοινωνικής συμπεριφοράς των σμηνών, κοπαδιών ή άλλων νομάδων της φύσης. Ο μηχανισμός που ακολουθούν είναι αρκετά παρόμοιος με αυτόν που συναντάμε στους physics based αλγορίθμους. Η διαφορά τους έγκειται στον τρόπο πλοήγησης του αλγορίθμου, ο οποίος προσομοιώνει τη συλλογική και κοινωνική νοημοσύνη των ειδών. Τα συστήματα νοημοσύνης σμήνους αποτελούνται από έναν πληθυσμό μελών, ατόμων ή σωματιδίων, τα οποία αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους αλλά και με το περιβάλλον τους. Η αλληλεπίδραση αυτή βοηθάει στη βελτίωση της γνώσης του κάθε ατόμου για το τοπικό περιβάλλον του, με απώτερο σκοπό την γρηγορότερη και ασφαλέστερη εύρεση του βέλτιστου.

Κάποια άκρως χαρακτηριστικά παραδείγματα αλγορίθμων νοημοσύνης σμήνους, είναι ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης αποικίας μυρμηγκιών (ACO), ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης σμήνους σωματιδίων (PSO) και ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης ζευγαρώματος μελισσών (HBMO). ^[3]

Ποιοι είναι, όμως, οι λόγοι που ξεχωρίζουν οι αλγόριθμοι Νοημοσύνης Σμήνους και τους καθιστούν κατάλληλους για προβλήματα βελτιστοποίησης; Κάποια από τα πλεονεκτήματα που διακρίνουν τους Swarm Intelligence αλγορίθμους από άλλες μεθόδους βελτιστοποίησης, και τους διαχωρίζουν ακόμα και από τους υπόλοιπους μεθευρετικούς αλγορίθμους, αναφέρονται χαρακτηριστικά παρακάτω.

Αρχικά, οι αλγόριθμοι Νοημοσύνης Σμήνους διακρίνονται από τους υπόλοιπους αλγορίθμους, καθώς χρησιμοποιούν το χαρακτηριστικό της μνήμης. Συγκεκριμένα, εκμεταλλεύονται τις λύσεις που αποθηκεύονται στη μνήμη, έτσι ώστε ανά πάσα στιγμή, η λύση της τρέχουσας επανάληψης να είναι με σιγουριά, η μέχρι στιγμής βέλτιστη.

Επιπροσθέτως, οι Swarm Intelligence αλγόριθμοι, κατά κύριο λόγο απαιτούν τον ορισμό λιγότερων παραμέτρων και τελεστών από άλλους μεθευρετικούς αλγορίθμους και γι' αυτό η εφαρμογή τους είναι αξιοσημείωτα ευκολότερη.

Συνοπτικά, οι αλγόριθμοι Νοημοσύνης Σμήνους μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα μεγάλης δυσκολίας με την ικανότητά τους για αναζήτηση σε εκτεταμένο χώρο, δίνοντας την βέλτιστη δυνατή λύση με πολύ ισχυρή απόδοση.

Όπως αναφέρθηκε και σε παραπάνω σημεία της εργασίας, ο μεθευρετικός αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί στο συγκεκριμένο πρόβλημα που εξετάζουμε βασίζεται σε αρχική λύση πληθυσμού, ανήκει στην κατηγορία των αλγορίθμων Νοημοσύνης Σμήνους και ονομάζεται Grey Wolf Optimizer. Η ανάλυση, η λειτουργία και η μαθηματική περιγραφή του αλγορίθμου παρουσιάζονται διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο.

5. GREY WOLF OPTIMIZER

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ GREY WOLF OPTIMIZER

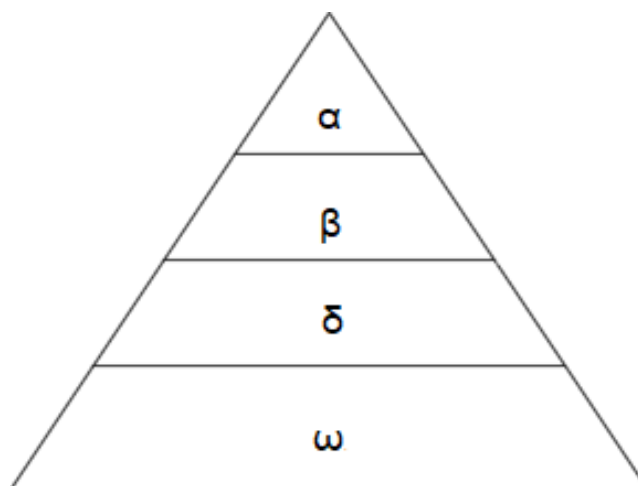
Όπως έχει γίνει ήδη κατανοητό από το προηγούμενο κιάλας κεφάλαιο, το φάσμα των ειδών της φύσης έχει αποτελέσει θεμέλιο λίθο για ένα πλήθος διαφορετικών μεθευρετικών αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται σε μία πληθώρα προβλημάτων καθημερινά. Ο αλγόριθμος που θα μελετηθεί, ονομάζεται Grey Wolf Optimizer (GWO) και ανήκει σε αυτήν την ευρύτερη κατηγορία καθώς στηρίζεται στην εξέλιξη του είδους των Grey Wolves.

Το είδος των Grey Wolves (επίσημη ονομασία : *Canis lupus*) ανήκει στην οικογένεια των Canidae. Οι Grey Wolves θεωρούνται κορυφαία αρπακτικά και βρίσκονται στην κορυφή της τροφικής πυραμίδας. Κατά κύριο λόγο σχηματίζουν αγέλες των 5 έως 12 λύκων, στην οποία ακολουθείται αυστηρώς, μία συγκεκριμένη κοινωνική ιεραρχία.

Η πρώτη σύνδεση της επιστήμης της βελτιστοποίησης με τον αλγόριθμο GWO πραγματοποιήθηκε το 2014, όταν εκδόθηκε για πρώτη φορά η δημοσίευση με τίτλο «*Grey Wolf Optimizer*», από τους ερευνητές Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili και Andrew Lewis. Στη δημοσίευση αυτή, η οποία αποτελεί και καθοδήγηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναλύεται ο προαναφερθείς μεθευρετικός αλγόριθμος που είναι βασισμένος στη μίμηση της ηγετικής ιεραρχίας των grey wolves.

5.2 ΙΕΡΑΡΧΙΑ

Ο τρόπος με τον οποίο ιεραρχείται ένα κοπάδι grey wolves, αντικατοπτρίζεται με μεγάλη ακρίβεια με το σχήμα μίας πυραμίδας.^[17]



ΣΧΗΜΑ 3 : Η Ιεραρχία των Grey Wolves

Στην κορυφή της πυραμίδας βρίσκονται οι λύκοι άλφα – *alpha*. Πρόκειται για έναν θηλυκό και έναν αρσενικό λύκο που είναι υπεύθυνοι για τις αποφάσεις της αγέλης. Οι άλφα ορίζουν πως θα λειτουργεί η αγέλη σε θέματα όπως το κυνήγι και το μέρος της κάθε προσωρινής εγκατάστασης των λύκων. Οι άλφα ονομάζονται αλλιώς και *dominant*, και παρά το γεγονός ότι όλη η αγέλη αναγνωρίζει τους άλφα ως κυρίαρχους λύκους, παρατηρούνται συμβάντα δημοκρατικής συμπεριφοράς, κατά τα οποία οι άλφα ακολουθούν μία απόφαση της αγέλης. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι οι άλφα δεν είναι κατ' ανάγκη οι πιο ισχυροί και δυνατοί λύκοι, αλλά αυτοί που μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα το κοπάδι.

Ακριβώς κάτω από τους άλφα λύκους, βρίσκονται οι βήτα – *beta*. Πρόκειται για τους υφιστάμενους των άλφα λύκους που υποβοηθούν τους ανώτερους στις αποφάσεις. Κατά κύριο λόγο, οι βήτα συμβουλεύουν τους άλφα και νουθετούν τους κατώτερους λύκους του κοπαδιού και είναι οι καλύτεροι υποψήφιοι να ανέβουν στην ιεραρχία και να ανελιχθούν ως άλφα στην περίπτωση που κάποιος από τους άλφα αποσυρθεί.

Η τελευταία βαθμίδα της πυραμίδας περιέχει τους ωμέγα – *omega*, οι οποίοι παίζουν το ρόλο του αποδιοπομπαίου τράγου. Οι ωμέγα ως κατώτατοι της αγέλης είναι υποχρεωμένοι να δίνουν αναφορά σε όλους τους υπόλοιπους λύκους. Μπορεί εκ πρώτης όψεως να φαίνεται ότι οι ωμέγα λύκοι, ως κοινωνικά κατώτεροι δεν έχουν κάποια σημαντική ατομική επιρροή στην αγέλη. Αντίθετα όμως με αυτήν την πεποίθηση, έχουν παρατηρηθεί αναταραχές και προβλήματα αν λείπουν οι ωμέγα από το κοπάδι. Αυτό το γεγονός από μόνο του αντικατοπτρίζει την αξία του κάθε ατόμου στο σύνολο.

Αν κάποιος λύκος δεν συγκαταλέγεται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες, τότε βρίσκεται στο τρίτο επίπεδο της πυραμίδας, και ονομάζεται δέλτα – *delta*. Οι δέλτα λύκοι, ή όπως αναφέρονται σε κάποιες πηγές *subordinate*, οφείλουν να λογοδοτούν στους ανώτερους τους αλλά μπορούν να διατάζουν τους ωμέγα.

Με τον παραπάνω διαχωρισμό, διαμορφώνεται η ιεραρχία στην ηγεσία των λύκων. Η κατάταξη του κάθε μέλους του συνόλου σε κάστες, δεν είναι το μόνο σημείο που πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή.

5.3 ΟΜΑΔΙΚΟ ΚΥΝΗΓΙ – GROUP HUNTING

Μία ακόμη πολύ ενδιαφέρουσα συμπεριφορά που εκδηλώνουν οι grey wolves αφορά το ομαδικό κυνήγι. Η διαδικασία του ομαδικού κυνηγιού χωρίζεται σε τρία στάδια. ^[17]



ΕΙΚΟΝΑ 1 : Ομαδικό Κυνήγι ^[21]

Το πρώτο στάδιο απεικονίζεται στο παράρτημα (a) της εικόνας 1, όπου πραγματοποιείται η παρακολούθηση, το κυνήγι και η προσέγγιση της λείας. Στόχος αυτής της τακτικής είναι να στοχοποιηθεί το θύμα από τον κυνηγό.

Στο δεύτερο στάδιο, το οποίο φαίνεται στα (b) και (c) σημεία της εικόνας, βρίσκονται η επιδίωξη, η περικύκλωση του στόχου και η παρενόχλησή του μέχρι να σταματήσει να κινείται. Αυτό είναι ενδεχομένως και το σημαντικότερο από τα στάδια του κυνηγιού, καθώς παίζει καταλυτικό ρόλο στην έκβαση της διαδικασίας.

Το τέλος του κυνηγιού απεικονίζεται στο πλαίσιο (d) στο οποίο πραγματοποιείται μόνο η επίθεση προς τη λεία.

5.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Αναπόσπαστο κομμάτι κάθε αλγορίθμου, είναι η μαθηματική του μοντελοποίηση. Γίνεται κατανοητό ότι για την υλοποίηση του μεθευρετικού αλγορίθμου GWO, πρέπει αρχικά να περιγραφούν μαθηματικά, η κοινωνική ιεραρχία των λύκων και η διαδικασία του κυνηγιού που αναφέρθηκαν στις παραπάνω παραγράφους. ^[17]

5.4.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΑΣ

Ο τρόπος με τον οποίο είναι δομημένες οι κοινωνικές τάξεις μέσα στο κοπάδι επιτρέπει να οριστούν οι βαθμίδες ιεραρχίας ως διαφορετικές λύσεις με μέτρο σύγκρισης την καταλληλότητά τους. Η βέλτιστη λύση ορίζεται ως α , καθώς αυτή ήταν η υψηλότερη κοινωνική βαθμίδα. Αντιστοίχως, η δεύτερη και η τρίτη καλύτερη λύση συμβολίζονται ως β και δ αντίστοιχα. Όλες οι υπόλοιπες υποψήφιες λύσεις υποθέτουμε ότι ανήκουν στην κατηγορία ω . Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι στη διαδικασία του κυνηγιού, η επαναληπτική διαδικασία που ορίζει τη βελτιστοποίηση, καθοδηγείται από τους λύκους – από τις λύσεις δηλαδή – α , β και δ . Οι λύσεις που χαρακτηρίζονται ως ω ακολουθούν τις ανώτερες – πιο ικανές λύσεις.

5.4.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΥΝΗΓΙΟΥ

Η διαδικασία του κυνηγιού είναι μία μικρογραφία της διαδικασίας της βελτιστοποίησης. Στον αλγόριθμο GWO όπως αυτός θα περιγραφεί μαθηματικά, θα αποτελέσουν ως βάση οι διαδικασίες της περικύκλωσης της λείας, του κυνηγιού και της επίθεσης.

5.4.3 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΚΥΚΛΩΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε, μία από τις διαδικασίες του κυνηγιού είναι η περικύκλωση της λείας. Για να γίνει δυνατή η μαθηματική αναπαράσταση αυτής της διαδικασίας, ακολουθούνται οι δύο παρακάτω εξισώσεις:

$$\vec{D} = |\vec{C} * \vec{Xp}(t) - \vec{X}(t)| \quad (3)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{Xp}(t) - \vec{A} * \vec{D} \quad (4)$$

Ως περαιτέρω επεξήγηση των σχέσεων (3) και (4), σημειώνεται ότι:

- Η μεταβλητή t υποδηλώνει τον αριθμό επανάληψης στον οποίο βρισκόμαστε.
- Το \vec{Xp} είναι διάνυσμα θέσης και υποδεικνύει την τοποθεσία της λείας
- Αντίστοιχα, το \vec{X} είναι, επίσης, διάνυσμα θέσης και περιγράφει τη θέση του grey wolf.
- Τα διανύσματα \vec{A} και \vec{C} είναι διανύσματα συντελεστές και υπολογίζονται όπως φαίνεται παρακάτω στις σχέσεις (5) και (6) :

$$\vec{A} = 2\vec{a} * \vec{r_1} - \vec{a} \quad (5)$$

$$\vec{C} = 2 * \vec{r_2} \quad (6)$$

Σημειώνεται ότι τα βοηθητικά διανύσματα α , r_1 και r_2 που χρησιμοποιούνται στις σχέσεις (5) και (6), υπολογίζονται ως εξής:

- Τα διανύσματα r_1 και r_2 είναι τυχαία διανύσματα στο διάστημα $[0, 1]$.
- Το διάνυσμα α μειώνεται γραμμικά από την τιμή 2 έως την τιμή 0 κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων, βάσει του παρακάτω τύπου, στον οποίο υποενθυμίζεται ότι το t συμβολίζει τον αριθμό επανάληψης και το n το πλήθος των ερωτηθέντων του προβλήματος.

$$\alpha = 2 \left(1 - \frac{t}{n} \right) \quad (7)$$

5.4.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΚΥΝΗΓΙ

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγική περιγραφή του τρόπου επιβίωσης των grey wolves, το κοπάδι έχει την ικανότητα να αναγνωρίζει τη θέση του στόχου και να τον περικυκλώνει. Το κυνήγι, όπως γνωρίζουμε, καθοδηγείται κατά κύριο λόγο από τους α λύκους, αν και, σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να συμμετέχουν στη διαδικασία του κυνηγιού και οι β ή και οι δ λύκοι.

Παρόλα αυτά είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι ο χώρος αναζήτησης στον οποίο ψάχνουμε τη βέλτιστη λύση, είναι αφηρημένος και ως εκ τούτου δεν γνωρίζουμε τη θέση του βέλτιστου, δηλαδή της λείας.

Για να προσομοιωθεί μαθηματικά η διαδικασία του κυνηγιού, υποθέτουμε ότι οι α λύκοι είναι αυτοί που περιγράφουν την καλύτερη υποψήφια λύση, ενώ οι β και οι δ λύκοι γνωρίζουν καλύτερα τη δυνητική θέση της λείας στο χώρο. Για αυτό το λόγο, αποθηκεύονται οι τρεις καλύτερες μέχρι στιγμής λύσεις του προβλήματος, που συμβολίζονται με $\vec{X}_\alpha, \vec{X}_\beta$ και \vec{X}_δ και εν συνεχεία, οι υπόλοιποι πράκτορες, όπως ονομάζονται, της αναζήτησης υποχρεούνται να ενημερώσουν τη θέση τους στο χώρο με βάση τη θέση του καλύτερου μέχρι στιγμής πράκτορα, δηλαδή της καλύτερης έως αυτό το σημείο λύσης. Αυτή η διαδικασία περιγράφεται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\vec{D}_\alpha = | \vec{C}_1 * \vec{X}_\alpha - \vec{X} | \quad (8)$$

$$\vec{D}_\beta = | \vec{C}_2 * \vec{X}_\beta - \vec{X} | \quad (9)$$

$$\vec{D}_\delta = | \vec{C}_3 * \vec{X}_\delta - \vec{X} | \quad (10)$$

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 * (\vec{D}_\alpha) \quad (11)$$

$$\vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 * (\vec{D}_\beta) \quad (12)$$

$$\vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 * (\vec{D}_\delta) \quad (13)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (14)$$

Επομένως, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η τελική θέση της λείας, δηλαδή η βέλτιστη λύση που αναζητούμε, θα είναι σε μία τυχαία θέση μέσα σε έναν περιορισμένο χώρο του αρχικού χώρου αναζήτησης, ο οποίος ορίζεται από τις θέσεις των άλφα, βήτα και δέλτα λύκων. Με άλλα λόγια, οι άλφα, βήτα και δέλτα λύσεις ενημερώνονται σε κάθε επανάληψη μέχρι να προσεγγίσουν επαρκώς την τελική ζητούμενη λύση.

5.4.5 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ – ΕΠΙΘΕΣΗ ΠΡΟΣ ΤΗ ΛΕΙΑ

Όπως αναφέρθηκε και πρωτίστως, το στάδιο του κυνηγιού τερματίζει με την επίθεση προς τη λεία, ή αλλιώς το στάδιο της Εκμετάλλευσης – *Exploitation*. Για να μπορέσουμε να μοντελοποιήσουμε μαθηματικά τη φάση της εκμετάλλευσης είναι απαραίτητη η σταδιακή μείωση της τιμής του \vec{a} . Όπως είναι αναμενόμενο, μειώνοντας το \vec{a} , αυτόματα μειώνεται και η διακύμανση του \vec{A} .

Αυτό συμβαίνει, διότι, όπως φανερώνεται από τη σχέση (5) το \vec{A} βρίσκεται στο διάστημα $[-2\alpha, 2\alpha]$. Καθώς το \vec{a} , μειώνεται σε κάθε επανάληψη σταδιακά από την τιμή 2 έως την τιμή 0, το διάστημα στο οποίο ανήκει το \vec{A} ολοένα και στενεύει. Σύμφωνα με το θεωρητικό υπόβαθρο του αλγορίθμου, όταν η τιμή του \vec{A} περιοριστεί στο διάστημα $[-1, 1]$, δηλαδή όταν η σχέση $|A| < 1$ είναι αληθής, εφαρμόζεται το στάδιο της επίθεσης προς τη λεία. ^[1]

Βάσει των τελεστών που έχουν προταθεί μέχρι στιγμής, ο αλγόριθμος επιτρέπει στους πράκτορες αναζήτησης να ενημερώνουν τη θέση τους ανάλογα με τη θέση των α , β και δ , και στη συνέχεια να πραγματοποιούν επίθεση προς τη λεία. Ωστόσο, ο αλγόριθμος όπως έχει οριστεί μέχρι τώρα, είναι αρκετά επιρρεπής σε στασιμότητα στις τοπικές λύσεις. Με τον ορισμό των παρακάτω τελεστών, που θα αναλυθεί στην επόμενη παράγραφο, δίνεται έμφαση στην εξερεύνηση.

5.4.6 ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ

Οι grey wolves αναζητούν τη βέλτιστη θέση της λείας κυρίως σύμφωνα με τη θέση των α , β και δ . Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Εξερεύνηση – *Exploration*. Κατά τη διαδικασία αυτή, αποκλίνουν μεταξύ τους μόνο για να ψάξουν για λεία και στη συνέχεια συγκλίνουν μεταξύ τους για να επιτεθούν. Για να μοντελοποιηθεί μαθηματικά η απόκλιση αυτή, χρησιμοποιούμε το A με τυχαίες τιμές, οι οποίες είναι μεγαλύτερες του 1 και μικρότερες του -1. Με αυτόν τον τρόπο υποχρεώνουμε τον πράκτορα αναζήτησης να αποκλίνει από τη λεία (εφόσον αναφέρθηκε παραπάνω, ότι για τιμές του A ανάμεσα στο -1 και το 1, υπάρχει υποχρέωση επίθεσης προς τη λεία). Δίνοντας αυτές τις τιμές, πρωτίστως επιτρέπουμε στον αλγόριθμο να δώσει μεγαλύτερη έμφαση στη φάση της εξερεύνησης και να μεταφέρει την αναζήτηση σε γενικό επίπεδο, και σε δεύτερη φάση επιτρέπουμε στους πράκτορες αναζήτησης να αποκλίνουν από τη λεία, αποσκοπώντας στην εύρεση της καλύτερης λύσης.

Άλλος ένας παράγοντας που ευνοεί την εξερεύνηση είναι ο τελεστής \vec{C} . Όπως φαίνεται και στην σχέση (6), το διάνυσμα \vec{C} μπορεί να αποκτήσει τιμές που βρίσκονται στο διάστημα $[0,2]$. Αυτή η συνιστώσα παρέχει τυχαία βάρη για τη λεία, με απώτερο σκοπό να τονιστεί, για $C > 1$, ή να αποτονιστεί, για $C < 1$, στοχαστικά η επίδραση του θηράματος στον καθορισμό της απόστασης. ^[17]

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ζητούμε εσκεμμένα από τον τελεστή \vec{C} να παίρνει τυχαίες τιμές σε όλες τις επαναλήψεις, καθώς αυτή η διαδικασία, επιτρέπει στον αλγόριθμο να επιδείξει μία συμπεριφορά βασισμένη κατά ένα ποσοστό στην τυχειότητα, ευνοώντας, έτσι, την εκτενέστερη αναζήτηση και την αποφυγή του τοπικού ελαχίστου. Παράλληλα, ο αλγόριθμος αποφεύγει τη στασιμότητα σε ένα σημείο όχι μόνο στην αρχική φάση του αλγορίθμου, αλλά και στις τελικές επαναλήψεις που κατά κανόνα είναι πιο εύκολο να παγιδευτεί ο αλγόριθμος σε τοπικό ελάχιστο.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι τελεστές A και C δεν μειώνονται με ανάλογη σχέση ο ένας με τον άλλον.

5.5 ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

Ανακεφαλαιώνοντας τη λειτουργία του αλγορίθμου Grey Wolf Optimizer, θα μπορούσαμε να τη συνοψίσουμε στα παρακάτω βήματα:

1. Η αναζήτηση ξεκινάει από το σχεδιασμό ενός αρχικού τυχαίου πληθυσμού, ο οποίος απαρτίζεται από grey wolves. δηλαδή υποψήφιες λύσεις.
2. Κατά τη διάρκεια του αλγορίθμου, οι α , β και δ λύκοι εκτιμούν την πιθανή θέση της λείας στο χώρο. Ο τρόπος με τον οποίο έχει δοθεί η ιεραρχία των λύσεων, δίνει την ευκαιρία στον αλγόριθμο να κρατήσει τις καλύτερες λύσεις που έχουν υπολογιστεί μέχρι στιγμής, οι οποίες αντιστοιχούν στη θέση των grey wolves α , β και δ , και συμβολίζονται με X_α , X_β και X_δ .
3. Στο επόμενο στάδιο, κάθε υποψήφια λύση, δηλαδή κάθε λύκος, ενημερώνει την καινούρια του θέση και απόσταση από τη λεία, σύμφωνα με τους μαθηματικούς τύπους που προτάθηκαν στο κεφάλαιο.
4. Στη συνέχεια, η παράμετρος a μειώνεται σταδιακά από την αρχική τιμή 2 έως την τελική τιμή 0 σε κάθε επανάληψη, ώστε να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στις διαδικασίες της εκμετάλλευσης και της εξερεύνησης αντιστοίχως. Με τη μείωση της παραμέτρου a , τροποποιείται και η τιμή του τελεστή A . Παράλληλα, ενημερώνεται και η τιμή του τελεστή C σε κάθε επανάληψη.
5. Οι διαδικασίες της εξερεύνησης και της εκμετάλλευσης λειτουργούν με δεδομένη επιτυχία χάρη στις προσαρμοστικές τιμές των παραμέτρων.
6. Η μαθηματική μοντελοποίηση του κυνηγιού δίνει την ευκαιρία στις υποψήφιες λύσεις να εντοπίσουν την πιθανή θέση της λείας και να ενημερώσουν την καινούρια τους θέση, εφ' όσον αξιολογήσουν ότι η καινούρια λύση είναι καλύτερη της προηγούμενης.
7. Τέλος, ο αλγόριθμος τερματίζεται όταν ικανοποιηθεί το κριτήριο τερματισμού που έχει θέσει ο χρήστης.

6. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο θα επεξηγηθεί η προγραμματιστική υλοποίηση των μεθόδων που έχουν παρουσιαστεί μέχρι στιγμής ώστε να γίνει κατανοητή η επίλυση του προβλήματος βέλτιστης σειράς προϊόντων μέσω του λογισμικού Matlab.

Το προγραμματιστικό κεφάλαιο στην επίλυση ενός οποιουδήποτε προβλήματος μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες ενότητες. Η πρώτη περιγράφει τον ορισμό των δεδομένων του προβλήματος και η δεύτερη αφορά στην αλγοριθμική διαδικασία.

6.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο ορισμός των δεδομένων στο παρόν πρόβλημα απαιτεί την κωδικοποίηση των δεδομένων προϊόντων, τον ορισμό των ανταγωνιστικών προϊόντων που λανσάρονται στην αγορά, καθώς και την επεξήγηση των αρχείων δεδομένων που διαθέτουμε.

6.1.1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Η κωδικοποίηση των δεδομένων, και στη συγκεκριμένη περίπτωση των προϊόντων που επιθυμούμε να λανσάρουμε αποτελεί απαραίτητη διαδικασία. Αυτό συμβαίνει διότι τα χαρακτηριστικά και τα επίπεδα των προϊόντων πρέπει να κωδικοποιηθούν και να αναπαρασταθούν με αριθμούς, ώστε να μπορέσουν να ενταχθούν ομαλά στο προγραμματιστικό κομμάτι της επίλυσης του προβλήματος. Η κωδικοποίηση που επιλέχθηκε παρουσιάζεται παρακάτω.

Όπως αναλύθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο, τα προϊόντα που εξετάζονται περιγράφονται από 5 χαρακτηριστικά. Το πρώτο χαρακτηριστικό που είναι το είδος ελαιολάδου αποτελείται από 6 επίπεδα. Επομένως, οι διακριτοί αριθμοί στο σύνολο [1,6] περιγράφουν τα έξι διαφορετικά είδη του ελαιολάδου, με τη σειρά που εμφανίζονται στον Πίνακα 1. Αν για παράδειγμα ένα προϊόν αντιστοιχίζεται στον αριθμό 3, αυτό σημαίνει ότι το προϊόν είναι Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο. Τα δύο επόμενα χαρακτηριστικά περιγράφουν τη συσκευασία του προϊόντος. Αυτά έχουν συνδυαστεί και μετά τον έλεγχο απαγορεύσεων έχουν προκύψει, όπως φαίνεται και στην σελίδα 13, έξι δυνατοί συνδυασμοί, οι οποίοι κωδικοποιούνται στο σύνολο [7,12], με τη σειρά που προτάθηκε στην παράγραφο 2.6.3. Από δω και στο εξής τα χαρακτηριστικά του τύπου και του μεγέθους συσκευασίας θα αναφέρονται ως ένα χαρακτηριστικό. Αν για παράδειγμα ένα προϊόν αντιστοιχίζεται στον αριθμό 8, αυτό σημαίνει ότι το προϊόν πωλείται σε Πλαστική συσκευασία των 2 λίτρων. Αντίστοιχα, το χαρακτηριστικό της επωνυμίας που αποτελείται από 15 επίπεδα, κωδικοποιήθηκε με διακριτούς αριθμούς που ανήκουν στο σύνολο [13,25], με τη σειρά που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 4. Επί παραδείγματι, ένα προϊόν που χαρακτηρίζεται από τον αριθμό 19, αντιστοιχεί στην επωνυμία ΧΕΝΙΑ. Τέλος, σημειώνεται ότι το χαρακτηριστικό της τιμής δεν κωδικοποιείται και επιλέγεται τυχαία από τον Πίνακα 5, ανάλογα με το είδος του ελαιολάδου του προϊόντος.

Συνολικά, για καλύτερη κατανόηση δίνεται το παράδειγμα του παρακάτω προϊόντος :

$\Pi_1 = [6 \ 10 \ 17 \ 8,79]$, το οποίο περιγράφει το προϊόν Π.Γ.Ε σε Γυάλινο Μπουκάλι 1 lt, της επωνυμίας KARPEA που πωλείται σε 8,79€ ανά λίτρο.

Είναι αυτονόητο, ότι ο οποιοσδήποτε συνδυασμός που περιγράφει ένα προϊόν πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαγορεύσεις που έχουν παρουσιαστεί στους πίνακες 6.1 και 6.2.

Για την ευκολότερη διαχείριση του προβλήματος, αξίζει να αναφερθεί ότι λόγω των απαγορεύσεων οι συνδυασμοί των επιπέδων των χαρακτηριστικών εξαιρουμένης της τιμής, αποτελούν ένα μετρήσιμο μέγεθος. Συγκεκριμένα, για τις απαγορεύσεις που προτάθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο, παρατηρούνται 159 πιθανοί συνδυασμοί των επιπέδων που αφορούν τα χαρακτηριστικά του είδους, της συσκευασίας και της επωνυμίας. Επομένως, όπως θα αναφερθεί και παρακάτω, θα βρεθούν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των προϊόντων χωρίς την τιμή, οι οποίοι θα τοποθετηθούν σε έναν πίνακα. Αυτό προτείνεται ώστε η τυχαία διαλογή των προϊόντων να γίνεται γρηγορότερα και με μικρότερο υπολογιστικό φόρτο, καθώς οι απαγορεύσεις θα ελεγχθούν μόνο μία φορά στην αρχή της προγραμματιστικής επίλυσης του προβλήματος. Κάθε προϊόν θα επιλέγεται τυχαία από τον πίνακα με τους συνδυασμούς των επιπέδων και στη συνέχεια θα συνδυάζεται με μία τυχαία τιμή από τον πίνακα της τιμολόγησης υπό όρους ώστε να σχηματιστεί το τελικό προς μελέτη προϊόν.

Αυτός ο τρόπος σχηματισμού προϊόντων, μπορεί να εφαρμοστεί και στο σενάριο που δεν υπάρχουν απαγορεύσεις.

6.1.2 ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 3.6 , ένα από τα πιο σημαντικά βήματα για την σωστή δομή της προσομοίωσης της αγοράς, και ως εκ τούτου της εύρεσης λύσης του προβλήματος είναι ο ορισμός των ανταγωνιστικών προϊόντων.

Στην πρόβλημα που μελετάμε ορίσαμε 4 ανταγωνιστικά προϊόντα τα οποία από δω και στο εξής θα συμβολίζονται ως $rival_1, rival_2, rival_3$ και $rival_4$. Τα προϊόντα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, και θα είναι αμετάβλητα σε όλη την έκταση του προβλήματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα επίπεδα των χαρακτηριστικών που περιγράφουν το καθένα από τα τέσσερα προϊόντα, επιλέχθηκαν έτσι ώστε να υπάρχει ποικιλομορφία τόσο στη διαφορετικότητα μεταξύ των προϊόντων, όσο και στις μερικές αξίες που δίνονται από τους καταναλωτές. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργούμε ένα ρεαλιστικό σενάριο προσομοίωσης της αγοράς. Όπως είναι αναμενόμενο, ό, τι ισχύει για τα προϊόντα που λανσάρονται από την επιχείρηση που μας ενδιαφέρει, ισχύει και για τα προϊόντα των ανταγωνιστών. Με άλλα λόγια, τα προϊόντα που παρουσιάζονται παρακάτω έχουν συνδυαστεί με μία τυχαία τιμή από τον Πίνακα 5 και ακολουθούν τους κανόνες των απαγορεύσεων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ → ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ↓	ΕΙΔΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΤΙΜΗ (€/λίτρο)
$rival_1$	Πυρηνέλαιο	Πλαστικό Μπουκάλι	1 lt	365	3,50
$rival_2$	Απλό Ελαιόλαδο	Πλαστικό Μπουκάλι	2 lt	Χρυσελιά	5,20
$rival_3$	Βιολογικό Ελαιόλαδο	Γυάλινο Μπουκάλι	0,75 lt	ΑΛΤΙΣ	10,05
$rival_4$	Έξτρα Παρθένο	Μεταλλικό Δοχείο	5 lt	TERRA CRETA	5,80
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 : ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ					

Σύμφωνα με την κωδικοποίηση που ακολουθείται στο πρόβλημα τα ανταγωνιστικά προϊόντα περιγράφονται από τα παρακάτω διανύσματα:

$$rival_1 = [1 \ 7 \ 13 \ 3,50]^T$$

$$rival_2 = [2 \ 8 \ 27 \ 5,20]^T$$

$$rival_3 = [4 \ 9 \ 20 \ 10,05]^T$$

$$rival_4 = [3 \ 12 \ 18 \ 5,80]^T$$

Μιας και στο πρόβλημα θα δουλεύουμε με γραμμές προϊόντων και όχι με μεμονωμένα προϊόντα, γίνεται σαφές ότι τα παραπάνω προϊόντα αποτελούν την ανταγωνιστική σειρά προϊόντων. Όσον αφορά το κομμάτι του κώδικα, η γραμμή προϊόντων αναπαρίσταται ως ένας πίνακας *rival*, του οποίου κάθε στήλη αποτελεί ένα προϊόν. Ο πίνακας όπως θα χρησιμοποιηθεί στην προγραμματιστική επίλυση, παρουσιάζεται παρακάτω:

	ΑΝΤ.ΠΡΟΪΟΝ 1	ΑΝΤ.ΠΡΟΪΟΝ 2	ΑΝΤ.ΠΡΟΪΟΝ 3	ΑΝΤ.ΠΡΟΪΟΝ 4
	1	2	4	3
	7	8	9	12
	13	27	20	18
	3.50	5.20	10.05	5.80
$rival =$	ΠΙΝΑΚΑΣ 14 : ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ			

Από τη στιγμή που τα ανταγωνιστικά προϊόντα είναι δεδομένα, με εφαρμογή αθροίσματος των μερικών χρησιμότητων, μπορούν να υπολογιστούν οι ολικές τους

χρησιμότητες αριθμητικά, οι οποίες θα παραμείνουν αμετάβλητες σε όλη την έκταση της εργασίας.

Ολικές χρησιμότητες rival =

88.6461	97.5452	98.7674	104.7923
+	+	+	+
16.1436	39.7360	29.8992	55.8114
=	=	=	=
104.7897	137.2812	217.3127	160.6037

6.1.3 ΣΕΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Συνολικά, η επεξεργασία των δεδομένων στον κώδικα, πριν την αλγοριθμική διαδικασία περιλαμβάνει τις ενέργειες που περιγράφονται παρακάτω.

Αρχικά, διαβάζονται οι πίνακες των απαγορεύσεων και ο πίνακας των μερικών χρησιμοτήτων που δόθηκαν από την διπλωματική εργασία του κ. Ανδρίτσου. Σημειώνεται ότι ο πίνακας των απαγορεύσεων του είδους σε σχέση με την επωνυμία δίνεται στον κώδικα με την ονομασία *TBP* ενώ ο πίνακας των απαγορεύσεων που συσχετίζουν το είδους ελαιολάδου με τη συσκευασία ονομάζεται *TPP*. Ο τρίτος πίνακας που προκύπτει από το αρχείο των δεδομένων είναι ο πίνακας με τις μερικές χρησιμότητες που δόθηκαν από τους 250 ερωτώμενους για κάθε επίπεδο των προϊόντων, όπως αυτές υπολογίστηκαν από την ACBC μέθοδο της συζυγούς ανάλυσης. Ο πίνακας αυτός θα χρησιμοποιείται με το όνομα *RAW*.

Στη συνέχεια, ακολουθούν δύο σημαντικές διαδικασίες που αφορούν τους παραπάνω πίνακες και βοηθούν στην ομαλή ροή των μεθόδων. Πρώτα αφαιρούνται από τον πίνακα των συσκευασιών όλες οι συσκευασίες που λόγω απαγορεύσεων δεν μπορούν να αποτελέσουν χαρακτηριστικό των προϊόντων που λανσάρονται. Έπειτα, αντιμετωπίζεται το πρόβλημα των αρνητικών τιμών των μερικών αξιών. Λόγω της εφαρμογής του μοντέλου Adaptive Choice Based Conjoint analysis, οι μερικές χρησιμότητες που έχουν αποδοθεί στα επίπεδα ανήκουν στο σύνολο των πραγματικών αριθμών, ενώ πρέπει να παίρνουν μόνο μη αρνητικές τιμές. Για αυτό το λόγο, βρίσκεται η μικρότερη αρνητική τιμή σε όλη την έκταση του πίνακα, και στη συνέχεια προστίθεται η τιμή της σε απόλυτη τιμή σε κάθε στοιχείο του πίνακα. Με αυτόν τον τρόπο, η μικρότερη μερική αξία πλέον θα ισούται με μηδέν, και όλες οι υπόλοιπες θα έχουν μη αρνητικές τιμές.

Έπειτα, ορίζονται οι μεταβλητές *type*, *packaging* και *brand* οι οποίες παίρνουν ως τιμή το πλήθος των επιπέδων για τα χαρακτηριστικά του είδους, της συσκευασίας και της επωνυμίας αντίστοιχα. Παράλληλα ορίζεται η παράμετρος *characteristics*, η οποία παίρνει την τιμή 3, διότι στα χαρακτηριστικά δεν περιλαμβάνεται το χαρακτηριστικό της τιμής, εφόσον αυτό θα αντιμετωπιστεί με διαφορετική μεθοδολογία αργότερα.

Τέλος, μέσω επαναληπτικής διαδικασίας, δημιουργείται ο πίνακας *products*, ο οποίος περιλαμβάνει τόσες στήλες όσοι και οι πιθανοί συνδυασμοί των τριών χαρακτηριστικών, και 3 γραμμές. Η κάθε γραμμή αποτελεί την κωδικοποίηση ενός χαρακτηριστικού, ενώ η κάθε στήλη αποτελεί μία κωδικοποίηση ενός προϊόντος. Αν για παράδειγμα η στήλη 120 του πίνακα αποτελείται από τα στοιχεία $[6 \ 9 \ 16]^T$, αυτό συνεπάγεται ότι ο 120^{ος} συνδυασμός των χαρακτηριστικών θα περιγράφεται από το προϊόν είδους Π.Γ.Ε σε Γυάλινη Συσκευασία των 0,75 λίτρων από την

επωνυμία GAEA. Σε αυτόν τον συνδυασμό, όπως έχει προαναφερθεί, θα δοθεί τυχαία μία τιμή του διαστήματος που αφορά στο είδος ελαιολάδου Π.Γ.Ε από τον Πίνακα 5 .

6.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Έχοντας ολοκληρώσει την κωδικοποίηση των προϊόντων, τον ορισμό της γραμμής ανταγωνιστικών προϊόντων και την ανάλυση του σετ δεδομένων, σειρά έχει η προγραμματιστική υλοποίηση του μοντέλου BTL και του αλγορίθμου GWO, και ο μετέπειτα συνδυασμός τους, ώστε να εφαρμοστούν σε ένα πραγματικό σενάριο προσομοίωσης της αγοράς.

Στην αρχή της προγραμματιστικής βελτιστοποίησης, πρέπει να οριστεί το επιθυμητό πλήθος γραμμών προϊόντων, το οποίο αποτελεί το πλήθος των λύσεων του πληθυσμού, δηλαδή το πλήθος των λύκων του αλγορίθμου. Παράλληλα, πρέπει να οριστεί το πλήθος των προϊόντων ανά σειρά, καθώς και ο αριθμός επαναλήψεων που θα πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια της επίλυσης.

Ύστερα από πολλές εφαρμογές του αλγορίθμου για το παρόν πρόβλημα διαπιστώθηκε ότι αν το πλήθος των γραμμών προϊόντων, δηλαδή το πλήθος των λύσεων στον πληθυσμό ήταν μικρότερο από περίπου 8 λύσεις, τότε δεν υπήρχε ιδιαίτερη αύξηση του μεριδίου αγοράς με το πέρασμα της εφαρμογής του αλγορίθμου. Αντίθετα, αν το πλήθος των γραμμών ξεπερνούσε τις 12 σειρές, τότε η αύξηση του μεριδίου αγοράς δεν διέφερε πολύ από την αύξηση που πραγματοποιούνταν για λιγότερες γραμμές, ενώ παράλληλα ο χρόνος εκτέλεσης του αλγορίθμου αυξανόταν εκθετικά. Για αυτόν τον λόγο, επιλέχθηκε στο πρόβλημα να εισάγονται 10 γραμμές προϊόντων, διότι με αυτόν τον τρόπο υπάρχει η μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί το μέγιστο δυνατό μερίδιο αγοράς, χωρίς να ξεφεύγει σε μεγάλο βαθμό ο υπολογιστικός φόρτος και ο απαιτούμενος χρόνος επίλυσης του προβλήματος.

Όσον αφορά τα προϊόντα που θέλουμε να λανσάρουμε στην αγορά, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι βρισκόμαστε σε μία διαδικασία εύρεσης του βέλτιστου. Συνεπώς, δεν είναι γνωστό το πλήθος των προϊόντων που θέλουμε να λανσάρουμε, ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό μερίδιο αγοράς. Με αυτό το σκεπτικό, από τη στιγμή που τα ανταγωνιστικά προϊόντα είναι 4, θέλουμε τα προϊόντα μας να είναι τουλάχιστον 4 , αλλά να μην υπερβαίνουν τα 6, διότι μετά το πρόβλημα δεν έχει ρεαλιστικό χαρακτήρα. Γι' αυτό το λόγο, ορίζεται τυχαία μόνο του το πλήθος των προϊόντων μέσα στο διακριτό διάστημα [4,6]. Αυτή η ιδιαιτερότητα χρησιμοποιεί το μέτρο της τυχαιότητας που χαρακτηρίζει τέτοιου είδους προβλήματα, καθώς αφήνουμε το πλήθος των προϊόντων να επιλεγεί τυχαία από τον αλγόριθμο. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε φορά που εξετάζεται από την αρχή το πρόβλημα, είναι πιθανό να υπάρχει διαφορετικό πλήθος προϊόντων και, έτσι, να εξερευνηθούν όλες οι πιθανές περιπτώσεις που μπορούν να μας προσφέρουν τα διαφορετικά σενάρια. Ως σενάριο, ορίζουμε την εφαρμογή του αλγορίθμου για ένα συγκεκριμένο πλήθος προϊόντων.

Τέλος, συστάθηκε η επιλογή των 10.000 επαναλήψεων του αλγορίθμου για κάθε διαφορετική εφαρμογή, καθώς δίνεται η ευκαιρία για ευρύτερο ψάξιμο στο χώρο αναζήτησης της βέλτιστης λύσης, ενώ παράλληλα δεν αυξάνεται σημαντικά ο υπολογιστικός χρόνος με την αύξηση των επαναλήψεων του αλγορίθμου.

6.2.1 ΜΟΡΦΗ ΛΥΣΗΣ – ΑΡΧΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ - ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση και επεξήγηση του αλγορίθμου Grey Wolf Optimizer, το πρώτο στάδιο για την ομαλή εφαρμογή του στο πρόβλημα που εξετάζεται, είναι ο ορισμός μίας αρχικής λύσης. Το ζητούμενο του προβλήματος, η λύση, με άλλα λόγια που αναζητείται, είναι μία σειρά προϊόντων, η οποία θα είναι η κατά το δυνατό βέλτιστη για να λανσάρουμε στην αγορά.

Ο αλγόριθμος GWO, όπως επεξηγήθηκε και παραπάνω, αρχικοποιείται με έναν πληθυσμό αρχικών λύσεων. Δηλαδή, η αρχικοποίηση πρέπει να γίνει με γραμμές προϊόντων, το πλήθος των οποίων συμβολίζεται με M , και όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι ίσο με 10.

Το πλήθος των προϊόντων σε μία γραμμή προϊόντων συμβολίζεται με num , και δίνεται από το χρήστη.

Επομένως, η αρχική λύση θα έχει την εξής μορφή:

$initial = [l_1 ; l_2 ; l_m \dots ; l_M]$, όπου l_m είναι η γραμμή προϊόντων m , όπου $m \in [1, M]$

Εν συνεχεία, η κάθε γραμμή l_m περιγράφεται ως: $l_m = [p_1 p_2 p_3 \dots p_n]^T$, όπου p_n είναι τα προϊόντα που αποτελούν τη γραμμή προϊόντων m .

Τα προϊόντα p_n επιλέγονται τυχαία μέσα από τα διαθέσιμα προϊόντα του πίνακα *products*. Κάθε προϊόν που επιλέγεται από αυτά, συνδυάζεται με το χαρακτηριστικό της τιμής. Σημειώνεται ότι δεν παρουσιάζεται κάποιο πρόβλημα αν υπάρχουν όμοια προϊόντα μεταξύ των διαφορετικών γραμμών, όμως ελέγχουμε να μην υπάρχουν όμοια προϊόντα στην ίδια γραμμή.

Υπενθυμίζεται ότι καθένα από τα προϊόντα περιγράφονται από 3 αριθμούς που αντιστοιχούν στα επίπεδα όλων των χαρακτηριστικών, εκτός της τιμής, και από έναν τέταρτο αριθμό που αντιστοιχεί στην τιμή. Και τα τέσσερα στοιχεία που χρειάζονται για να οριστεί κάθε προϊόν επιλέγονται τυχαία από τον αλγόριθμο.

Για παράδειγμα, το p_n της γραμμής l_m θα μπορούσε να περιγράφεται από το διάνυσμα [4 9 21 10,75]. Το διάνυσμα αυτό σημαίνει ότι το προϊόν που εξετάζουμε είναι Βιολογικό Ελαιόλαδο, σε Γυάλινο Μπουκάλι των 0,75 λίτρων, από την εταιρεία ΑΝΩΣΚΕΛΗ, το οποίο πωλείται σε τιμή 10,75€/λίτρο.

Αντίστοιχα, επιλέγονται όλα τα απαραίτητα προϊόντα για την επίλυση του προβλήματος.

Η αρχική λύση δημιουργείται σταδιακά · πρώτα επιλέγονται τυχαία προϊόντα για κάθε γραμμή, τα οποία τοποθετούνται στον πίνακα *lines*. Στη συνέχεια ελέγχεται η διαφορετικότητα των προϊόντων στην κάθε γραμμή. Έπειτα, επιλέγονται για όλα τα στοιχεία τυχαίες τιμές, οι οποίες τοποθετούνται στον πίνακα *prices*. Και τέλος, ο πίνακας *initial* αποτελεί την αρχική λύση που θα δοθεί στον αλγόριθμο και απορρέει από τον συνδυασμό των δύο παραπάνω πινάκων.

Πριν κλείσει το κομμάτι της αρχικοποίησης και περάσουμε στο κομμάτι της επαναληπτικής διαδικασίας του μεθευρετικού αλγορίθμου, πρέπει να υπολογιστεί η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του προβλήματος, δηλαδή το μερίδιο αγοράς της κάθε σειράς προϊόντων που επιλέχθηκαν. Με αυτόν τον τρόπο θα είναι ο αλγόριθμος σε θέση να αξιολογήσει τις λύσεις. Ο υπολογισμός του μεριδίου αγοράς της κάθε γραμμής, θα γίνει, προφανώς, με εφαρμογή του μοντέλου Bradley – Terry Luce.

6.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΡΙΔΙΟΥ ΑΓΟΡΑΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

Μέχρι στιγμής έχει υπολογιστεί η γραμμή προϊόντων της ανταγωνιστικής εταιρείας και η αρχική λύση σε μορφή πληθυσμού η οποία περιέχει M διαφορετικές γραμμές προς μελέτη προϊόντων. Για να βρεθεί το μερίδιο αγοράς που κατέχει η κάθε σειρά προϊόντων, πρέπει να αντιμετωπιστεί η κάθε μία ξεχωριστά ως ένα διαφορετικό σενάριο. Πόσο δηλαδή μερίδιο αγοράς κατέχει η πρώτη γραμμή σε σχέση πάντα με τα ανταγωνιστικά προϊόντα; Πόσο κατέχει η δεύτερη και πόσο η κάθε μία της αρχικής λύσης ξεχωριστά;

Το μερίδιο αγοράς για κάθε σενάριο, όπως προαναφέρθηκε, θα υπολογιστεί με βάση το μοντέλο επιλογής μάρκας BTL. Το αποτέλεσμα που θα προκύψει για κάθε γραμμή, αποτελεί και την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου για αυτήν την γραμμή.

Από προγραμματιστικής πλευράς, καθώς θα χρειαστεί να υπολογιστεί πάρα πολλές φορές το μερίδιο αγοράς μίας γραμμής προϊόντων, οι υπολογισμοί θα γίνουν σε ξεχωριστό αρχείο κώδικα, στο οποίο θα υπάρχει η συνάρτηση υπολογισμού του μεριδίου αγοράς.

Κάθε φορά που θέλουμε να υπολογίσουμε μερίδιο αγοράς γραμμής, προσθέτουμε στον πίνακα με τα προϊόντα που εξετάζονται για λανσάρισμα στην αγορά, τα ανταγωνιστικά προϊόντα. Έτσι, η κάθε γραμμή θα περιέχει και τα ανταγωνιστικά και τα προϊόντα της εταιρείας μας, για να μπορέσει να υπολογιστεί με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα το μερίδιο αγοράς. Σημειώνεται ότι ο πίνακας *initial* αντιγράφεται με το όνομα *gwo* έτσι ώστε να γίνονται οι επαναλήψεις με τις γραμμές προϊόντων, χωρίς να έχει χαθεί η αρχική λύση.

Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζονται τα μερίδια αγοράς κάθε γραμμής, τα οποία τοποθετούνται σε ένα διάνυσμα στήλης που ονομάζεται *initialshare*, και το οποίο θα κρατήσει στη μνήμη τα μερίδια αγοράς της αρχικής λύσης του προβλήματος, ώστε στο τέλος της αλγοριθμικής διαδικασίας να μπορεί να αξιολογηθεί η αποδοτικότητα του αλγορίθμου. Παράλληλα, αποθηκεύεται η βέλτιστη σειρά προϊόντων της αρχικής λύσης, στο διάνυσμα *initialsolution*.

6.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ GWO – ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Εφ' όσον ο ορισμός της αρχικής λύσης που θα εισαχθεί στον μεθευρετικό αλγόριθμο έχει ολοκληρωθεί, το επόμενο στάδιο στην επίλυση του προβλήματος είναι η επαναληπτική διαδικασία του αλγορίθμου GWO, σύμφωνα με την περιγραφή που δόθηκε στο κεφάλαιο 5. Παρακάτω δίνεται λεπτομερώς η προγραμματιστική τους επεξήγηση.

Στο πρώτο στάδιο της επαναληπτικής διαδικασίας οι grey wolves α , β και δ εκτιμούν την πιθανή θέση της λείας, δηλαδή της λύσης στο χώρο. Έτσι, πρέπει να βρεθούν οι X_α , X_β και X_δ που συμβολίζουν την καλύτερη, τη δεύτερη καλύτερη και την τρίτη καλύτερη λύση αντιστοίχως. Οι λύσεις αυτές προφανώς πρόκεινται για γραμμές προϊόντων, όπου η καλύτερη είναι αυτή με το μέγιστο μερίδιο αγοράς, η δεύτερη καλύτερη με το δεύτερο μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς και ούτω καθεξής. Όσον αφορά το προγραμματιστικό κομμάτι, οι καλύτερες λύσεις συμβολίζονται X_a , X_b , X_d .

Στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται οι σχέσεις (5), (6) για να υπολογιστούν οι μεταβλητές A και C , καθώς ενημερώνεται και η τιμή της μεταβλητής a , όπως

προτείνεται στη σχέση (7). Έπειτα, μέσω των σχέσεων (8), (9) και (10) υπολογίζονται οι μεταβλητές D_a, D_b και D_d και ύστερα, μέσω των σχέσεων (11), (12) και (13) υπολογίζεται κάθε υποψήφια λύση, δηλαδή κάθε grey wolf ενημερώνει την καινούρια του θέση και απόσταση από τη λεία. Με άλλα λόγια, μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά των προϊόντων και της τιμής σε κάθε γραμμή, όπως προτείνεται από τις μαθηματικές εξισώσεις του αλγορίθμου. Για κάθε γραμμή ενημερώνεται το μερίδιο αγοράς. Εάν, το μερίδιο αγοράς της κάθε γραμμής είναι καταλληλότερο από ότι στην επόμενη επανάληψη, τότε η σειρά προϊόντων στην προκειμένη περίπτωση ενημερώνεται. Ειδικά, παραμένει ίδια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο GWO είναι ένας συνεχής αλγόριθμος, που στην προκειμένη περίπτωση εφαρμόζεται σε ένα διακριτό πρόβλημα. Με άλλα λόγια, οι τιμές των X_a, X_b και X_d υπολογίζονται μέσω των σχέσεων (11), (12) και (13) και αντιστοιχίζονται σε μη ακέραιες τιμές και στη συνέχεια, υπολογίζεται η καινούρια λύση της τρέχουσας επανάληψης από τον τύπο (14). Επειδή, όμως, οι λύσεις στο πρόβλημα που εξετάζουμε πρέπει να παίρνουν διακριτές τιμές, αφού συμβολίζουν κωδικούς προϊόντων, επιλέχθηκε η στρογγυλοποίησή τους στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό. Η στρογγυλοποίηση αποτελεί μία απλούστατη μέθοδο χωρίς επιπρόσθετο υπολογιστικό φόρτο ή χρόνο επίλυσης, για αυτό και κρίθηκε κατάλληλη για εφαρμογή στο παρόν πρόβλημα. Επομένως, μετά τον υπολογισμό της νέας λύσης, αυτή εισέρχεται στη διαδικασία στρογγυλοποίησης προτού αξιολογηθεί η νέα λύση της επανάληψης.

Μετά την διαδικασία του κυνηγιού ενημερώνονται εκ νέου οι τιμές των παραμέτρων a, A και C . Παράλληλα, αυξάνεται και ο αριθμός της τρέχουσας επανάληψης κατά μία μονάδα, και η επαναληπτική διαδικασία επιστρέφει στην αρχή, έως ότου ολοκληρωθούν οι επιθυμητές επαναλήψεις.

Μετά το πέρας των επαναλήψεων, δίνεται η βέλτιστη λύση που έχει βρεθεί από τον αλγόριθμο. Με άλλα λόγια, παρουσιάζεται, η σειρά προϊόντων με το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, ο αριθμός της επανάληψης στον οποίο βρέθηκε η βέλτιστη λύση, καθώς και το μερίδιο αγοράς που αντιστοιχεί στη βέλτιστη σειρά προϊόντων.

7. ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Για να γίνει κατανοητή τόσο η προγραμματιστική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, όσο και η εφαρμογή των μοντέλων σε πραγματικά προβλήματα, ο αναγνώστης θα εισαχθεί αρχικά στην διαδικασία μέσω μίας εφαρμογής, η οποία θα περιγραφεί αναλυτικά. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν συνολικά τα αποτελέσματα του προβλήματος στην περίπτωση που εισάγουμε στο πρόβλημα όλες τις απαγορεύσεις που προτάθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο, και στην περίπτωση που εξάγουμε κάποιες από αυτές. Τα αποτελέσματα του κάθε προβλήματος θα παρουσιαστούν μετά από 20 επανεφαρμογές του αλγορίθμου σε 3 διαφορετικά σενάρια.

7.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Αρχικά, ορίζεται το πλήθος των λύσεων ίσο με 10, δηλαδή το πλήθος των σειρών προϊόντων που αποτελούν τον αρχικό πληθυσμό. Στη συνέχεια, επιλέγεται από τον χρήστη το πλήθος των προϊόντων που σχηματίζουν μία σειρά. Ας υποθέσουμε στην συγκεκριμένη εφαρμογή ότι το πλήθος των προϊόντων είναι ίσο με 5. Και τέλος, ορίζεται ο αριθμός των επιθυμητών επαναλήψεων ίσος με 10.000. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζεται η μορφή του αρχικού πληθυσμού.

l_1	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}
l_2	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}
l_3	p_{31}	p_{32}	p_{33}	p_{34}	p_{35}
l_4	p_{41}	p_{42}	p_{43}	p_{44}	p_{45}
l_5	p_{51}	p_{52}	p_{53}	p_{54}	p_{55}
l_6	p_{61}	p_{62}	p_{63}	p_{64}	p_{65}
l_7	p_{71}	p_{72}	p_{73}	p_{74}	p_{75}
l_8	p_{81}	p_{82}	p_{83}	p_{84}	p_{85}
l_9	p_{91}	p_{92}	p_{93}	p_{94}	p_{95}
l_{10}	p_{101}	p_{102}	p_{103}	p_{104}	p_{105}
ΠΙΝΑΚΑΣ 15 : ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ					

Έπειτα, ο αλγόριθμος επιλέγει τυχαία τα προϊόντα που αντιστοιχούν σε κάθε γραμμή και συνδυάζει το καθένα από αυτά με μία τυχαία τιμή. Η κάθε γραμμή προϊόντος αντικατοπτρίζει μία πιθανή λύση του προβλήματος, δηλαδή έναν grey wolf. Ο παραπάνω πίνακας αποτελεί και τον αρχικό πληθυσμό που δέχεται ο αλγόριθμος GWO για να ξεκινήσει την επαναληπτική διαδικασία. Πριν εισαχθούμε στην αλγοριθμική διαδικασία, υπολογίζονται τα μερίδια αγοράς για κάθε γραμμή που έχει επιλεχθεί. Στη συνέχεια, επιλέγεται το βέλτιστο μερίδιο αγοράς και η σειρά που αντιστοιχεί σε αυτό. Στις Εικόνες 2, 3 και 4 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο έχει οριστεί ο αρχικός πληθυσμός, καθώς και η βέλτιστη σειρά προϊόντων της αρχικής λύσης που αντιστοιχίζεται στο μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς.

Η αρχική λύση όπως φαίνεται παρακάτω περιέχει 5 προϊόντα, τα οποία περιγράφονται από μία στήλη το καθένα. Η κάθε στήλη του πίνακα αναλύεται στην κωδικοποίηση των τριών χαρακτηριστικών και σε μία τυχαία επιλεγμένη τιμή, από τον πίνακα της τιμολόγησης υπό όρους.

The initial solution suggests the following product line

3.0000	2.0000	6.0000	6.0000	6.0000
12.0000	7.0000	10.0000	9.0000	8.0000
18.0000	23.0000	23.0000	16.0000	24.0000
7.3669	4.0968	6.2974	7.1523	6.9024

ΕΙΚΟΝΑ 2 : Βέλτιστη Σειρά Προϊόντων του Αρχικού Πληθυσμού

Αποκωδικοποιώντας τους αριθμούς που αντιστοιχίζονται σε κάθε προϊόν, όπως φαίνεται και παρακάτω, τα πέντε προϊόντα που σχηματίζουν την καλύτερη γραμμή της αρχικού πληθυσμού είναι τα κάτωθι:

ΠΡΟΪΟΝ 1	Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο, σε Μεταλλική συσκευασία των 5 λίτρων, από την επωνυμία TERRA CRETA, με τιμή πώλησης 7,36€ / λίτρο
ΠΡΟΪΟΝ 2	Απλό Ελαιόλαδο, σε Πλαστική συσκευασία του 1 λίτρου, από την επωνυμία ΛΑΤΖΙΜΑΣ, με τιμή πώλησης 4.09€ / λίτρο
ΠΡΟΪΟΝ 3	Π.Γ.Ε., σε Γυάλινη συσκευασία του 1 λίτρου, από την επωνυμία ΛΑΤΖΙΜΑΣ, με τιμή πώλησης 6,29€ / λίτρο
ΠΡΟΪΟΝ 4	Π.Γ.Ε., σε Γυάλινη συσκευασία των 0,75 λίτρων, από την επωνυμία GAEA, με τιμή πώλησης 7,15€ / λίτρο
ΠΡΟΪΟΝ 5	Π.Γ.Ε, σε Πλαστική συσκευασία των 2 λίτρων, από την επωνυμία MINERBA, με τιμή πώλησης 6,90€ / λίτρο
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 : ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΑΡΧΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	

Product number 1 of initial product line is

Eksairetiko Partheno Elaiolado , Metalliko 5lt , TERRA CRETA , 7.366899e+00

Product number 2 of initial product line is

Aplo Elaiolado , Plastiko 1lt , LATZIMAS , 4.096776e+00

Product number 3 of initial product line is

P.G.E. , Gyalino 1lt , LATZIMAS , 6.297351e+00

Product number 4 of initial product line is

P.G.E. , Gyalino 0,75lt , GAEA , 7.152329e+00

Product number 5 of initial product line is

P.G.E. , Plastiko 2lt , MINERBA , 6.902400e+00

ΕΙΚΟΝΑ 3 : Προϊόντα της Βέλτιστης Σειράς Προϊόντων του Αρχικού Πληθυσμού

Για να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης και να μπορούμε με βεβαιότητα να αξιολογήσουμε την λειτουργία του αλγορίθμου, αποθηκεύεται το μερίδιο αγοράς που αντιστοιχεί στην βέλτιστη σειρά προϊόντων του αρχικού πληθυσμού, και το οποίο παρουσιάζεται στην εικόνα 4 :

The optimal market share for the initial product line is 59.4442

ΕΙΚΟΝΑ 4 : Μερίδιο Αγοράς Βέλτιστης Σειράς Αρχικού Πληθυσμού

Όπως φαίνεται και παραπάνω, το μερίδιο αγοράς που μπορούμε να επιτύχουμε με τον αρχικό πληθυσμό ισούται με 59,44%.

Στη συνέχεια, με τη διαδικασία που αναλύθηκε στο έκτο κεφάλαιο, εισάγεται ο αρχικός πληθυσμός στην αλγοριθμική διαδικασία. Σε κάθε επανάληψη, βρίσκονται οι τρεις καλύτερες λύσεις, δηλαδή οι τρεις γραμμές προϊόντων του πληθυσμού με το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Στη συνέχεια, σε κάθε επανάληψη ενημερώνονται οι γραμμές προϊόντων, και βρίσκεται το νέο μερίδιο αγοράς της γραμμής με την εφαρμογή του μοντέλου BTL. Εάν το μερίδιο αγοράς μίας γραμμής είναι μεγαλύτερο, η σειρά προϊόντων ενημερώνεται με τα καινούρια προϊόντα. Σε κάθε επανάληψη βρίσκεται η γραμμή με το μέγιστο μερίδιο αγοράς στην έκταση ολόκληρου του πληθυσμού και αποθηκεύεται στη μνήμη. Το τελευταίο βήμα είναι απαραίτητο ώστε να βρεθεί ο αριθμός της επανάληψης στον οποίο βρέθηκε η βέλτιστη λύση. Στο τέλος της επανάληψης, το πλήθος των επαναλήψεων αυξάνεται κατά μία μονάδα και η επαναληπτική διαδικασία επιστρέφει στην αρχή, μέχρι να ικανοποιηθεί το κριτήριο τερματισμού.

Στην εφαρμογή που εξετάζουμε, μετά από 10.000 επαναλήψεις, η βέλτιστη σειρά προϊόντων που προτείνεται από τον αλγόριθμο παρουσιάζεται στην εικόνα 5 :

The final optimal solution suggests the following product line

2.0000	1.0000	3.0000	1.0000	3.0000
8.0000	7.0000	8.0000	7.0000	12.0000
23.0000	17.0000	22.0000	20.0000	19.0000
7.0043	2.1787	7.8661	2.1321	4.4673

ΕΙΚΟΝΑ 5 : Βέλτιστη Σειρά Προϊόντων

Μετά την αποκωδικοποίηση των προϊόντων, διαπιστώθηκε ότι τα προϊόντα που προτείνονται να λανσαριστούν στην αγορά είναι τα παρακάτω:

Product number 1 of initial product line is
 Aplo Elaiolado , Plastiko 2lt , LATZIMAS , 7.004265e+00

Product number 2 of initial product line is
 Pyrhnelaio , Plastiko 1lt , KARPEA , 2.178684e+00

Product number 3 of initial product line is
 Eksairetiko Partheno Elaiolado , Plastiko 2lt , ELAIS , 7.866091e+00

Product number 4 of initial product line is
 Pyrhnelaio , Plastiko 1lt , ALTIS , 2.132074e+00

Product number 5 of initial product line is
 Eksairetiko Partheno Elaiolado , Metalliko 5lt , XENIA , 4.467346e+00

EIKONA 6 : Προϊόντα της Βέλτιστης Σειράς Προϊόντων

ΠΡΟΪΟΝ 1	Απλό Ελαιόλαδο, σε Πλαστική συσκευασία των 2 λίτρων, από την επωνυμία ΛΑΤΖΙΜΑΣ, με τιμή πώλησης 7.00€ / λίτρο
ΠΡΟΪΟΝ 2	Πυρηνέλαιο, σε Πλαστική συσκευασία του 1 λίτρου, από την επωνυμία KARPEA, με τιμή πώλησης 2,17€ / λίτρο.
ΠΡΟΪΟΝ 3	Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο, σε Πλαστική συσκευασία των 2 λίτρων, από την επωνυμία ΕΛΑΪΣ, με τιμή πώλησης 7,86€ / λίτρο
ΠΡΟΪΟΝ 4	Πυρηνέλαιο, σε Πλαστική συσκευασία του 1 λίτρου, από την επωνυμία ΑΛΤΙΣ, με τιμή πώλησης 2,13€ / λίτρο.
ΠΡΟΪΟΝ 5	Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο, σε Μεταλλική συσκευασία των 5 λίτρων, από την επωνυμία ΧΕΝΙΑ, με τιμή πώλησης 4,46€ / λίτρο
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 : ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	

The optimal market share for this product line is 61.6160

EIKONA 7 : Μερίδιο Αγοράς Βέλτιστης Σειράς Προϊόντων

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν διαπιστώθηκε ότι το μερίδιο αγοράς που βρέθηκε στην βέλτιστη γραμμή προϊόντων ισούται με 61,62%

Αυτό σημαίνει ότι μέσω της αλγοριθμικής διαδικασίας καταφέραμε να αυξήσουμε το μερίδιο αγοράς των προϊόντων που θέλουμε να λανσάρουμε στην αγορά πάνω από 2%. Σημειώνεται, τέλος, ότι η επανάληψη του αλγορίθμου στην οποία βρέθηκε το βέλτιστο ήταν η επανάληψη 5508.

optiteration =

5508

EIKONA 8 : Αριθμός Επανάληψης που βρέθηκε το Βέλτιστο

7.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 20 ΕΠΑΝΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ GWO ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕ ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΕΙΣ

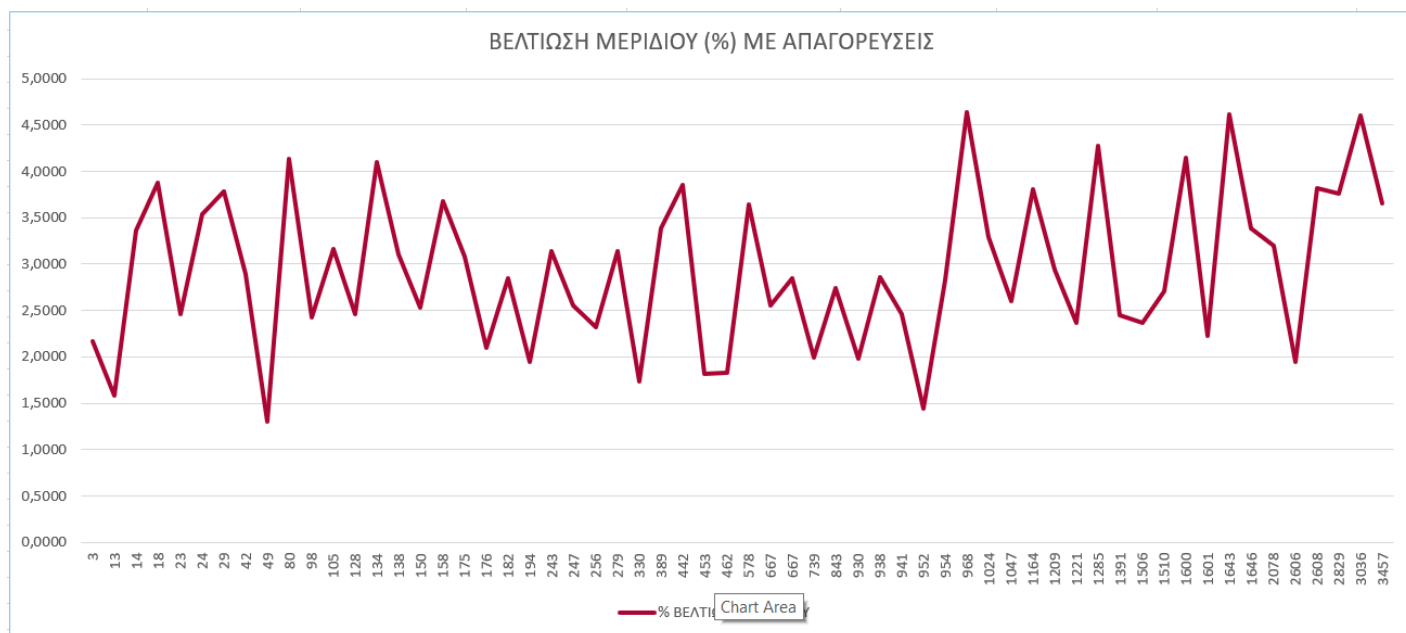
Η εφαρμογή που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο αποτελεί τη διαδικασία επίλυσης ενός ρεαλιστικού σεναρίου, δηλαδή ενός πραγματικού προβλήματος. Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα μετά από 20 επανεφαρμογές του αλγορίθμου για 3 διαφορετικά σενάρια. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ως σενάριο ορίζεται η προσομοίωση της διαδικασίας για ένα συγκεκριμένο πλήθος προϊόντων ανά λύση. Επομένως, στο πρώτο σενάριο στο οποίο θα πραγματοποιηθούν 20 εφαρμογές, θα οριστούν 4 προς λανσάρισμα προϊόντα. Αντίστοιχα, στο δεύτερο σενάριο η κάθε γραμμή θα αποτελείται από 5 προϊόντα, και στο τρίτο σενάριο θα αποτελείται από 6 προϊόντα. Σε κάθε μία από τις εφαρμογές, η αλγοριθμική διαδικασία, όπως αναφέρθηκε, έχει επιλεγεί να πραγματοποιηθεί για 10.000 επαναλήψεις και για 10 γραμμές προϊόντων.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίλυσης των 60 εφαρμογών. Ο πίνακας αποτελείται από 8 στήλες. Η κάθε γραμμή του πίνακα αφορά σε μία εφαρμογή. Στη στήλη «Εφαρμογή» αναφέρεται ο αύξων αριθμός της εφαρμογής. Στη στήλη «Γραμμές» αναφέρεται το πλήθος των σειρών προϊόντων. Η στήλη «Προϊόντα» αφορά στο πλήθος των προϊόντων που επιλέγονται προς λανσάρισμα σε κάθε σενάριο. Στη συνέχεια, οι επαναλήψεις που πραγματοποιούνται σε κάθε εφαρμογή συμπληρώνονται στη στήλη «Επαναλήψεις». Για κάθε εφαρμογή, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, βρίσκεται η βέλτιστη επανάληψη, δηλαδή η επανάληψη στην οποία βρίσκεται η βέλτιστη λύση. Αυτός ο αριθμός της επανάληψης σημειώνεται για κάθε σενάριο στην στήλη «Βέλτιστη Επανάληψη». Η απόδοση και η αξιολόγηση του αλγορίθμου κρίνεται, κατά κύριο λόγο, από τη βελτίωση του μεριδίου αγοράς της γραμμής προϊόντος του κάθε σεναρίου. Στη στήλη «Μερίδιο Παλιό» αναγράφεται το μέγιστο μερίδιο αγοράς της γραμμής προϊόντων του αρχικού πληθυσμού που δίνει τη βέλτιστη λύση στο αρχικό στάδιο του αλγορίθμου, πριν εισέλθει στην αλγοριθμική διαδικασία. Αντιστοίχως, η στήλη «Μερίδιο Νέο» αντικατοπτρίζει το βέλτιστο μερίδιο αγοράς που αντιστοιχεί στην καλύτερη γραμμή προϊόντων μετά το πέρας των 10.000 επαναλήψεων. Τέλος, η επί τοις εκατό βελτίωση του μεριδίου αγοράς που αντικατοπτρίζει και την απόδοση του αλγορίθμου, συμπληρώνεται για κάθε εφαρμογή στην στήλη «Βελτίωση Μεριδίου».

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΓΡΑΜΜΕΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΜΕΡΙΔΙΟ ΠΑΛΙΟ	ΜΕΡΙΔΙΟ ΝΕΟ	% ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΜΕΡΙΔΙΟΥ
1	10	4	10000	150	55,2076	57,7396	2,5320
2	10	4	10000	938	54,8720	57,7319	2,8599
3	10	4	10000	175	54,6263	57,7037	3,0774
4	10	4	10000	176	55,8685	57,9708	2,1023
5	10	4	10000	182	55,0561	57,9004	2,8443
6	10	4	10000	1510	54,3757	57,0776	2,7019
7	10	4	10000	1391	55,3028	57,7545	2,4517
8	10	4	10000	462	55,2293	57,0551	1,8258
9	10	4	10000	13	55,2538	56,8331	1,5793
10	10	4	10000	194	54,5377	56,4850	1,9473
11	10	4	10000	279	55,1588	58,2993	3,1405
12	10	4	10000	1024	55,0598	58,3573	3,2975
13	10	4	10000	49	55,3557	56,6608	1,3051
14	10	4	10000	952	55,7225	57,1702	1,4477
15	10	4	10000	243	54,6337	57,7730	3,1393
16	10	4	10000	739	54,9576	56,9458	1,9882
17	10	4	10000	128	55,0363	57,4985	2,4622
18	10	4	10000	941	55,3847	57,8444	2,4597
19	10	4	10000	954	55,0231	57,8427	2,8196
20	10	4	10000	1047	55,4188	58,0221	2,6033
21	10	5	10000	389	59,3436	62,7346	3,3910
22	10	5	10000	24	59,3167	62,8502	3,5335
23	10	5	10000	843	59,3693	62,1109	2,7416
24	10	5	10000	1209	59,0062	61,9515	2,9453
25	10	5	10000	330	60,1593	61,8948	1,7355
26	10	5	10000	105	58,7979	61,9584	3,1605
27	10	5	10000	1643	58,6549	63,2710	4,6161
28	10	5	10000	667	59,4466	62,0058	2,5592
29	10	5	10000	23	59,3849	61,8452	2,4603
30	10	5	10000	2608	59,2487	63,0644	3,8157
31	10	5	10000	968	58,7847	63,4217	4,6370
32	10	5	10000	1600	59,0615	63,2099	4,1484
33	10	5	10000	1506	59,1431	61,5054	2,3623
34	10	5	10000	3036	59,2709	63,8722	4,6013
35	10	5	10000	256	59,1650	61,4884	2,3234
36	10	5	10000	3457	58,8852	62,5428	3,6576
37	10	5	10000	134	59,6475	63,7461	4,0986
38	10	5	10000	2829	59,1358	62,9015	3,7657
39	10	5	10000	453	58,9709	60,7835	1,8126
40	10	5	10000	578	58,9525	62,5996	3,6471
41	10	6	10000	158	63,3722	67,0458	3,6736
42	10	6	10000	138	64,0090	67,1129	3,1039
43	10	6	10000	667	62,6171	65,4610	2,8439
44	10	6	10000	14	62,8776	66,2363	3,3587
45	10	6	10000	1646	62,7850	66,1666	3,3816
46	10	6	10000	1285	62,7756	67,0462	4,2706
47	10	6	10000	18	62,5631	66,4348	3,8717
48	10	6	10000	2606	63,1732	65,1145	1,9413
49	10	6	10000	2078	62,6528	65,8484	3,1956
50	10	6	10000	98	63,0065	65,4331	2,4266
51	10	6	10000	29	62,4432	66,2296	3,7864
52	10	6	10000	442	62,9853	66,8386	3,8533
53	10	6	10000	1601	63,0460	65,2763	2,2303
54	10	6	10000	42	62,4377	65,3362	2,8985
55	10	6	10000	3	62,7731	64,9382	2,1651
56	10	6	10000	247	62,2468	64,8039	2,5571
57	10	6	10000	1164	63,1159	66,9234	3,8075
58	10	6	10000	1221	63,7021	66,0647	2,3626
59	10	6	10000	930	63,0762	65,0516	1,9754
60	10	6	10000	80	62,3551	66,4852	4,1301

ΠΙΝΑΚΑΣ 18 : Αποτελέσματα προβλήματος για 20 επανεφαρμογές 3 διαφορετικών σεναρίων με απαγορεύσεις

Εξετάζοντας τις εφαρμογές του αλγορίθμου συνολικά, μπορούμε να παρατηρήσουμε τα κάτωθι.



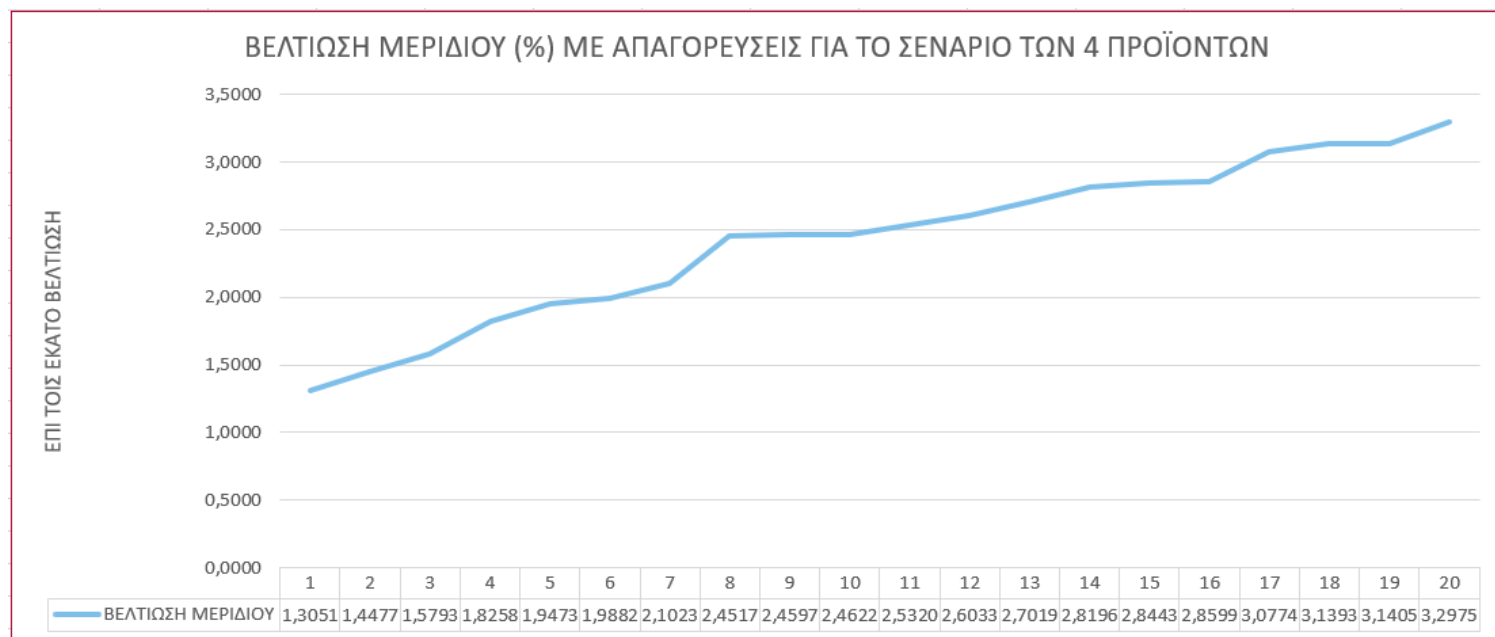
ΓΡΑΦΗΜΑ 1 : Γραφική αναπαράσταση της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς συναρτήσει της βέλτιστης επανάληψης στην επίλυση του προβλήματος με απαγορεύσεις

Η μέγιστη βελτίωση του μεριδίου αγοράς παρατηρείται ίση με 4,6370% , ενώ η ελάχιστη ισούται με 1,3051% . Παρατηρείται, επιπλέον, ότι σε ένα δείγμα 60 εφαρμογών, η βέλτιστη επανάληψη δεν ξεπέρασε τις 3.457 επαναλήψεις. Παρατηρούμε, ωστόσο, ότι κατά μεγάλο ποσοστό η βέλτιστη επανάληψη είναι μικρότερη από τις 1700 επαναλήψεις. Επομένως, για μείωση του υπολογιστικού φόρτου, θα μπορούσαμε ενδεχομένως να περιορίσουμε το πλήθος επαναλήψεων, καθώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το βέλτιστο να βρεθεί σε λιγότερο από 2.000 επαναλήψεις. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της βέλτιστης επανάληψης για τις 60 εφαρμογές του αλγορίθμου υπολογίστηκε στις 811 επαναλήψεις. Επιπροσθέτως, σημειώνεται ότι ο μέσος όρος της βελτίωσης του μεριδίου αγοράς είναι 2,9405%.

Τέλος, μπορεί να παρατηρηθεί ότι, μετά το πέρας της αλγοριθμικής διαδικασίας και της αύξησης του μεριδίου αγοράς, ο μέσος όρος του μεριδίου αγοράς που κατέχει η σειρά προϊόντων που επιθυμούμε να λανσαριστεί στην αγορά διαμορφώνεται ίσος με 62,0045% , το οποίο σημαίνει ότι η γραμμή προϊόντων κερδίζει την πλειοψηφία των πελατών στην αγορά.

Πέρα από τα συνολικά αποτελέσματα, είναι σημαντικό να εξεταστεί η βελτίωση του μεριδίου αγοράς, ξεχωριστά για κάθε ομάδα σεναρίων. Αναλόγως με το πλήθος των προϊόντων προς εξαγωγή, σημειώνονται τα παρακάτω σημεία.

Για την περίπτωση της επίλυσης του προβλήματος με απαγορεύσεις, στο πρώτο σενάριο στο οποίο επιλέγονται 4 προϊόντα προς λανσάρισμα, η βελτίωση επί τοις εκατό του μεριδίου αγοράς διαμορφώθηκε ως εξής:

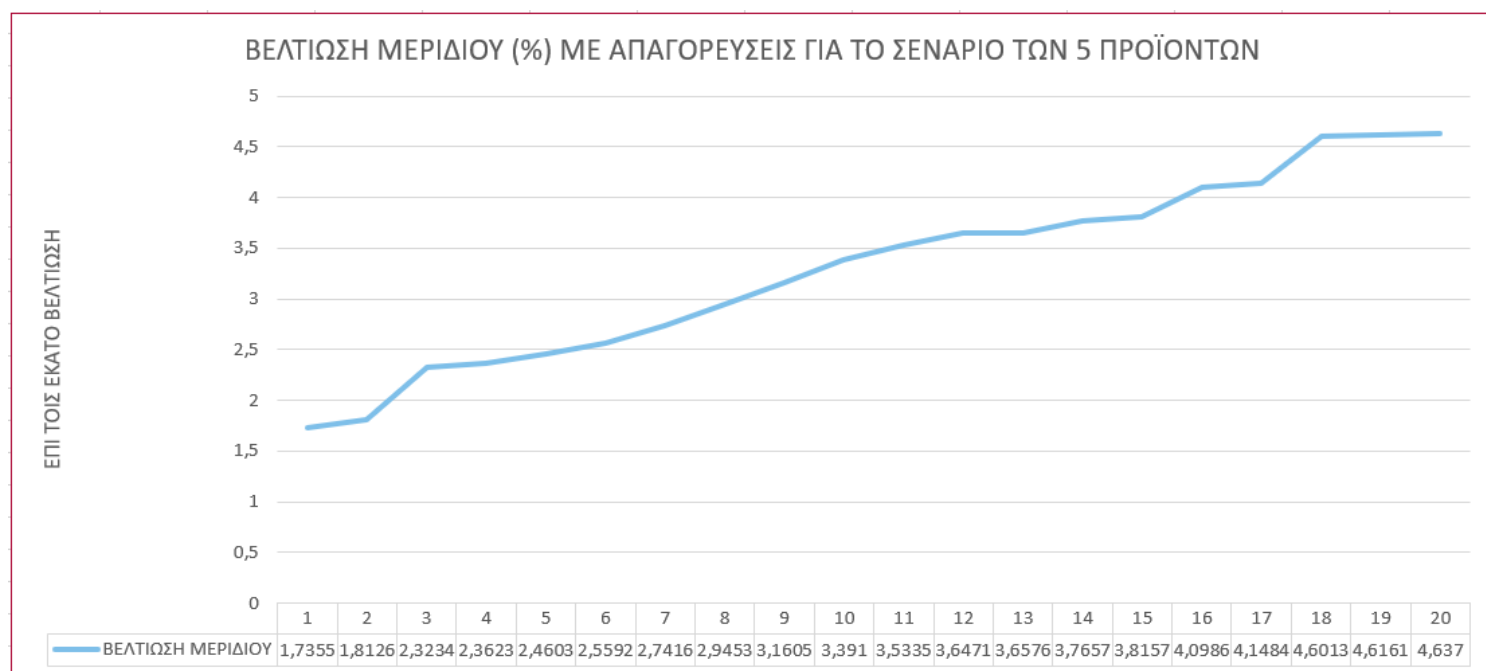


ΓΡΑΦΗΜΑ 2 : Γραφική αναπαράσταση της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για 4 προϊόντα ανά σειρά προϊόντων στην επίλυση του προβλήματος με απαγορεύσεις

Μετά από τις 20 επανεφαρμογές του αλγορίθμου για το σενάριο των τεσσάρων προϊόντων, διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς καταγράφηκε 1,3051%, ενώ η μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς που μπορεί να επιτευχθεί είναι 3,2975%. Ο μέσος όρος της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για το σενάριο που εξέτασε 4 προϊόντα προς λανσάρισμα υπολογίστηκε ίσος με 2,4292%, ενώ το μέσο μερίδιο αγοράς που κατέχει η βέλτιστη σειρά προϊόντων είναι ίσο με 57,5333% .

Μπορούμε με τις παραπάνω τιμές να συμπεράνουμε ότι έχοντας επιλέξει 4 προϊόντα προς λανσάρισμα, όσα ήταν δηλαδή και τα ανταγωνιστικά προϊόντα, το μερίδιο αγοράς κινείται κοντά στο 57%, το οποίο σημαίνει ότι η γραμμή προϊόντων που επιλέγουμε κατέχει την πλειοψηφία των πελατών της αγοράς. Σημειώνεται ότι η μέση αύξηση του μεριδίου αγοράς που επιτυγχάνεται μέσω του αλγορίθμου GWO αναμένεται να είναι υψηλότερη στα επόμενα σενάρια, αφού τα προϊόντα προς λανσάρισμα θα ξεπεράσουν σε πλήθος τα ανταγωνιστικά.

Στο δεύτερο σενάριο που επιλέχθηκε για την επίλυση του προβλήματος με απαγορεύσεις, η βελτίωση επί τοις εκατό του μεριδίου αγοράς διαμορφώθηκε με τον τρόπο που αναπαρίσταται στο γράφημα 3 :



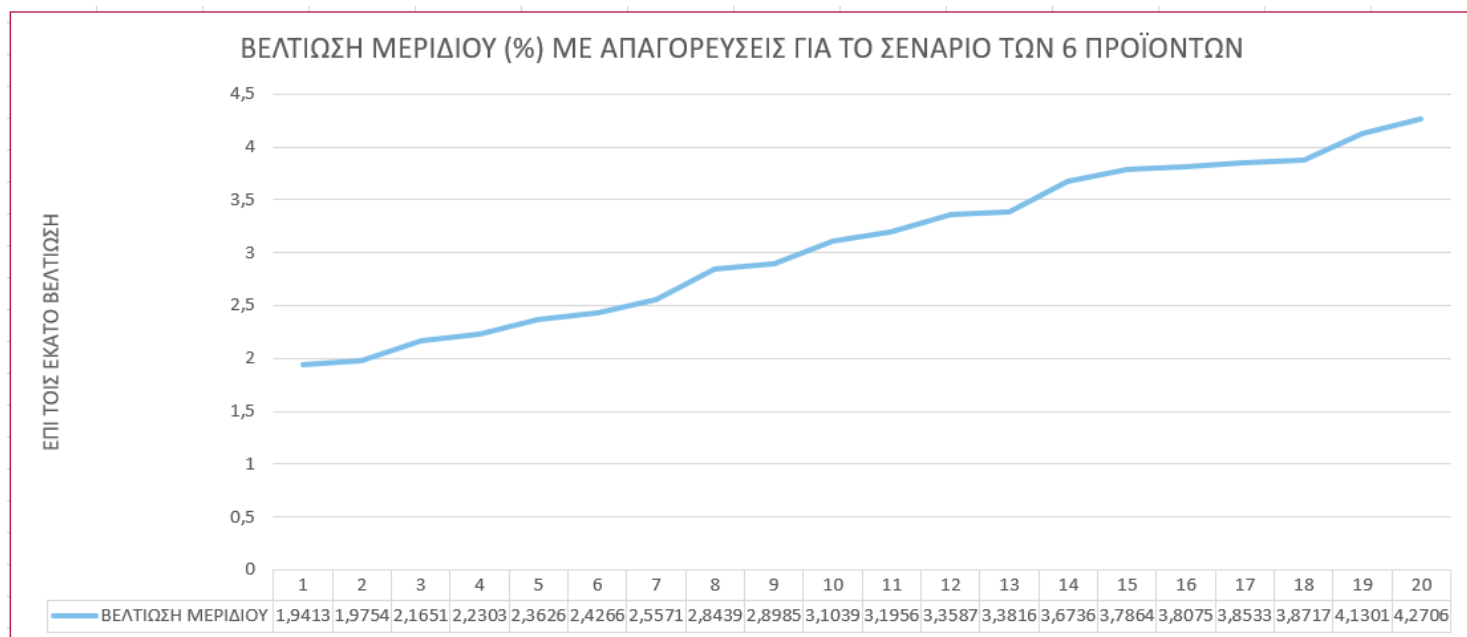
ΓΡΑΦΗΜΑ 3 : Γραφική αναπαράσταση της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για 5 προϊόντα στην επίλυση του προβλήματος με απαγορεύσεις

Από τα αποτελέσματα της αύξησης του μεριδίου αγοράς για τις 20 επανεφαρμογές του δεύτερου σεναρίου, στο οποίο έχουν επιλεγεί 5 προς λανσάρισμα προϊόντα σε κάθε γραμμή, διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς καταγράφηκε 1,7355 %, ενώ η μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς που μπορεί να επιτευχθεί είναι 4,6370 %. Ο μέσος όρος της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για το εν λόγω σενάριο υπολογίστηκε ίσος με 3,3006%, ενώ το μέσο μερίδιο αγοράς που κατέχει η βέλτιστη σειρά προϊόντων είναι ίσο με 62,4879%.

Όπως ακριβώς ήταν αναμενόμενο, παρατηρήθηκε αύξηση της βελτίωσης του μεριδίου αγοράς σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο. Είτε θέσουμε σε σύγκριση τις ελάχιστες δυνατές βελτιώσεις των δύο σεναρίων, είτε τις μέγιστες βελτιώσεις μεταξύ τους, παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση στο δεύτερο σενάριο.

Τέλος, καθώς υπολογίστηκε ο μέσος όρος του μεριδίου αγοράς για το δεύτερο σενάριο, εύκολα διαπιστώνεται ότι η σειρά προϊόντων που επιθυμούμε να λανσάρουμε στην αγορά, κερδίζει την πλειοψηφία των καταναλωτών.

Για το τρίτο και τελευταίο σενάριο, στο οποίο επιλέχθηκε το λανσάρισμα 6 προϊόντων στην αγορά, η επί τοις εκατό βελτίωση του μεριδίου αγοράς που επιτεύχθηκε από τον αλγόριθμο διαμορφώθηκε ως εξής:



ΓΡΑΦΗΜΑ 4 : Γραφική αναπαράσταση της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για 6 προϊόντα στην επίλυση του προβλήματος με απαγορεύσεις

Από τα αποτελέσματα της αύξησης του μεριδίου αγοράς για τις 20 επανεφαρμογές του τελευταίου σεναρίου, διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς καταγράφηκε 1,9413 %, ενώ η μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς που μπορεί να επιτευχθεί είναι 4,2706 %. Ο μέσος όρος της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για το εν λόγω σενάριο υπολογίστηκε ίσος με 3,0916%, ενώ το μέσο μερίδιο αγοράς που κατέχει η βέλτιστη σειρά προϊόντων είναι ίσο με 65,9923%.

Συνολικά, μπορούμε με ασφάλεια να παρατηρήσουμε ότι, ξεκινώντας από μία αρχική λύση, ο αλγόριθμος έδωσε μία σημαντική αύξηση στο μερίδιο αγοράς, και η βέλτιστη σειρά προϊόντων που επιλέχθηκε σε κάθε εφαρμογή κατείχε μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς από ότι τα ανταγωνιστικά προϊόντα. Επιπροσθέτως, όπως ήταν αναμενόμενο, ορίζοντας παραπάνω προϊόντα σε πλήθος από τα ανταγωνιστικά, επιτυγχάνεται όλο και μεγαλύτερη αύξηση του μεριδίου αγοράς που κερδίζει η γραμμή προϊόντων. Τέλος, το μερίδιο αγοράς παρατηρήθηκε ότι παραμένει σταθερά μεγαλύτερο του ανταγωνιστικού, και ότι μπορεί να επιτευχθεί αξιοσημείωτη αύξησή του, κατά κύριο λόγο, πριν ολοκληρωθούν οι 1700 επαναλήψεις του αλγορίθμου.

7.3 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 20 ΕΠΑΝΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ GWO ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΧΩΡΙΣ ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΕΙΣ ΕΠΩΝΥΜΙΑΣ

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο της επίλυσης του προβλήματος εύρεσης βέλτιστης σειράς προϊόντων, θα δοκιμαστεί ένας εναλλακτικός ορισμός των δεδομένων. Για την ακρίβεια, επιλέχθηκε η άρση μερικών απαγορεύσεων από αυτούς που προτάθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο.

Στην παρούσα εφαρμογή, θέλουμε να εξετάσουμε την περίπτωση που ο χώρος αναζήτησης είναι όσο το δυνατό εκτενέστερος, ώστε να διαπιστώσουμε τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο αλγόριθμος και την αποδοτικότητά του σε αυτήν την περίπτωση.

Βάσει του υπολογισμού των μερικών χρησιμοτήτων μέσω της Adaptive Choice Based Conjoint analysis, το σετ δεδομένων δεν επιτρέπει την άρση των απαγορεύσεων που συνδέουν το είδος του ελαιολάδου με τη συσκευασία του προϊόντος. Αντίθετα, είναι δυνατή η αφαίρεση μερικών ή και όλων των απαγορεύσεων που συσχετίζουν το είδος με την επωνυμία του προϊόντος. Για την επίλυση του προβλήματος επιλέχθηκε η αφαίρεση όλων των περιορισμών αυτής της κατηγορίας.

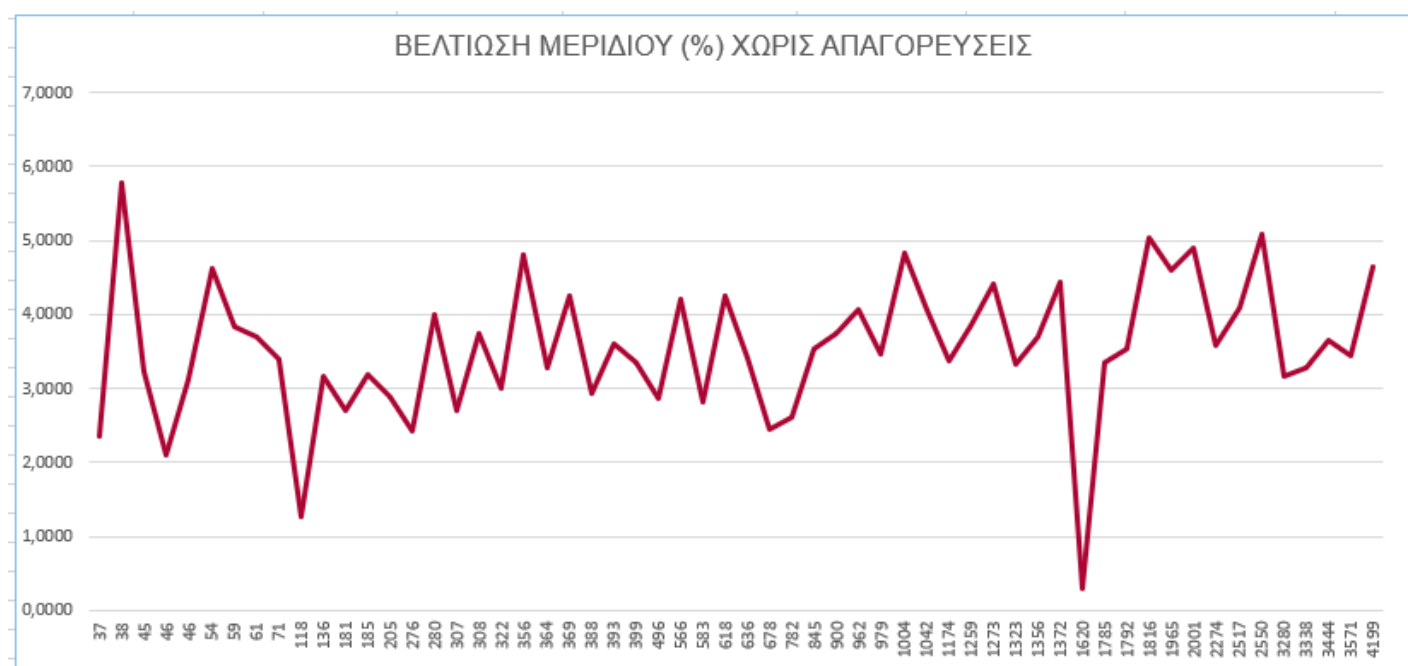
Έχοντας αυξήσει το χώρο αναζήτησης του βέλτιστου αναμένεται να παρατηρηθεί κατά μέσο μεγαλύτερη βελτίωση του μεριδίου αγοράς και για τα τρία σενάρια, καθώς ο αλγόριθμος πρόκειται να εξερευνήσει και να προτείνει λύσεις που στην προηγούμενη εφαρμογή απορρίπτονταν ως απαγορευμένες. Με την ίδια λογική, περιμένουμε ο μέσος όρος της βέλτιστης επανάληψης να αυξηθεί, καθώς έχοντας μεγαλύτερο χώρο αναζήτησης, είναι μικρότερες οι πιθανότητες να βρεθεί γρήγορα το βέλτιστο που ψάχνουμε.

Όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή, τα αποτελέσματα που θα παρουσιαστούν εξάχθηκαν μετά από 20 επανεφαρμογές του αλγορίθμου για 3 διαφορετικά σενάρια. Στον πίνακα 19 παρουσιάζονται συνολικά τα αποτελέσματα της επίλυσης του προβλήματος.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΓΡΑΜΜΕΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΜΕΡΙΔΙΟ ΠΑΛΙΟ	ΜΕΡΙΔΙΟ ΝΕΟ	% ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΜΕΡΙΔΙΟΥ
1	10	4	10000	37	55,6050	57,9547	2,3497
2	10	4	10000	496	55,0132	57,8801	2,8669
3	10	4	10000	136	54,8727	58,0385	3,1658
4	10	4	10000	388	54,7728	57,7064	2,9336
5	10	4	10000	1785	54,7959	58,1399	3,3440
6	10	4	10000	118	55,4682	56,7338	1,2656
7	10	4	10000	276	55,4310	57,8478	2,4168
8	10	4	10000	1259	54,5071	58,3754	3,8683
9	10	4	10000	636	54,7296	58,1477	3,4181
10	10	4	10000	307	55,4099	58,1089	2,6990
11	10	4	10000	308	54,5330	58,2711	3,7381
12	10	4	10000	1356	54,4410	58,1469	3,7059
13	10	4	10000	1620	56,0869	56,3866	0,2997
14	10	4	10000	399	54,5036	57,8436	3,3400
15	10	4	10000	3571	54,9489	58,3962	3,4473
16	10	4	10000	3338	54,9986	58,2868	3,2882
17	10	4	10000	205	54,4784	57,3553	2,8769
18	10	4	10000	364	54,6771	57,9539	3,2768
19	10	4	10000	46	55,3189	57,4151	2,0962
20	10	4	10000	2274	54,7143	58,3012	3,5869
21	10	5	10000	322	59,6077	62,6115	3,0038
22	10	5	10000	59	59,1642	62,9928	3,8286
23	10	5	10000	2517	58,9967	63,0866	4,0899
24	10	5	10000	962	59,1594	63,2209	4,0615
25	10	5	10000	54	58,9057	63,5351	4,6294
26	10	5	10000	185	59,4562	62,6345	3,1783
27	10	5	10000	1965	59,1023	63,6992	4,5969
28	10	5	10000	45	58,8836	62,1169	3,2333
29	10	5	10000	1273	59,4830	63,8871	4,4041
30	10	5	10000	356	58,7452	63,5416	4,7964
31	10	5	10000	46	59,2090	62,3343	3,1253
32	10	5	10000	782	59,7984	62,4013	2,6029
33	10	5	10000	31	59,4610	63,1616	3,7006
34	10	5	10000	61	58,7642	62,4618	3,6976
35	10	5	10000	1174	59,7819	63,1577	3,3758
36	10	5	10000	845	59,5450	63,0906	3,5456
37	10	5	10000	618	59,3153	63,5647	4,2494
38	10	5	10000	71	59,5963	62,9986	3,4023
39	10	5	10000	3280	59,7933	62,9461	3,1528
40	10	5	10000	14	58,8626	61,9603	3,0977
41	10	6	10000	1816	62,2717	67,3173	5,0456
42	10	6	10000	678	63,4929	65,9475	2,4546
43	10	6	10000	3444	62,2200	65,8611	3,6411
44	10	6	10000	979	63,1469	66,6026	3,4557
45	10	6	10000	1792	63,3138	66,8375	3,5237
46	10	6	10000	4199	62,6019	67,2421	4,6402
47	10	6	10000	181	63,0356	65,7284	2,6928
48	10	6	10000	1323	62,1898	65,5192	3,3294
49	10	6	10000	2001	62,7689	67,6601	4,8912
50	10	6	10000	280	62,4175	66,4254	4,0079
51	10	6	10000	2550	62,0453	67,1258	5,0805
52	10	6	10000	583	62,5992	65,4087	2,8095
53	10	6	10000	1042	63,1924	67,2575	4,0651
54	10	6	10000	900	63,2520	66,9935	3,7415
55	10	6	10000	566	63,7145	67,9235	4,2090
56	10	6	10000	393	62,0349	65,6499	3,6150
57	10	6	10000	369	62,8251	67,0706	4,2455
58	10	6	10000	1372	62,9422	67,3685	4,4263
59	10	6	10000	38	61,5656	67,3360	5,7704
60	10	6	10000	1004	62,4234	67,2598	4,8364

ΠΙΝΑΚΑΣ 19 : Αποτελέσματα προβλήματος για 20 επανεφαρμογές 3 διαφορετικών σεναρίων χωρίς απαγορεύσεις

Εξετάζοντας τις εφαρμογές του αλγορίθμου συνολικά, μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:



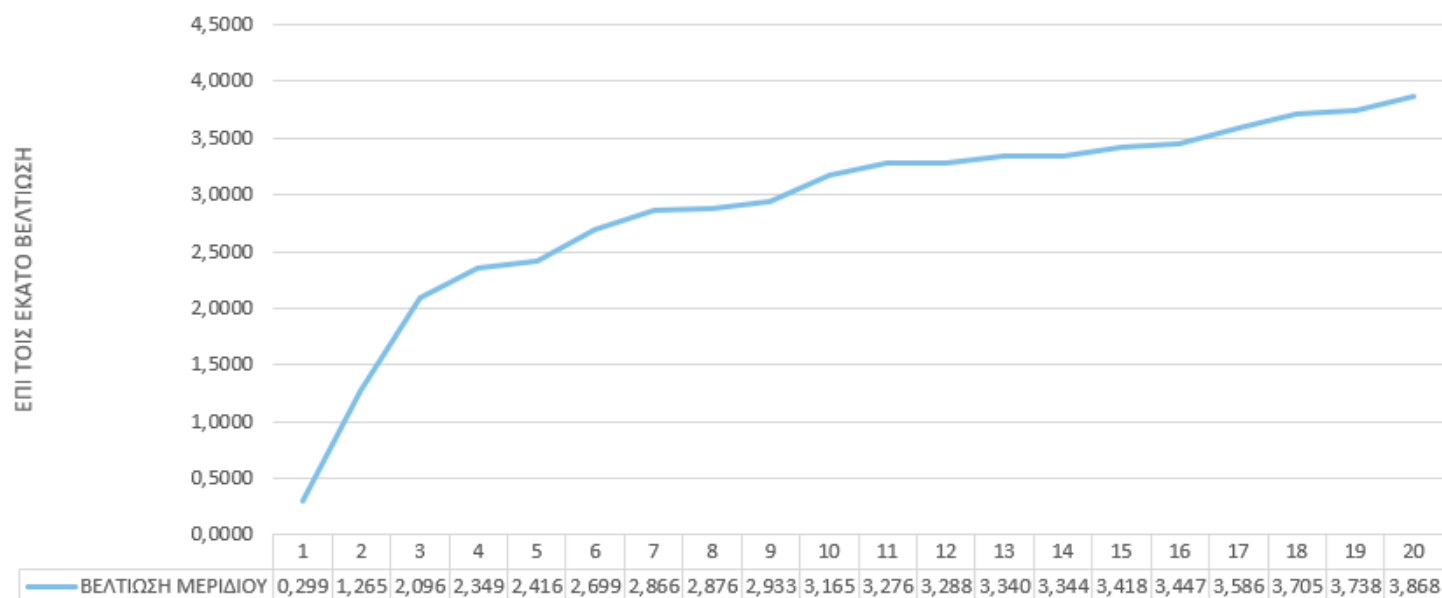
ΓΡΑΦΗΜΑ 5 : Γραφική αναπαράσταση της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς συναρτήσει της βέλτιστης επανάληψης στην επίλυση του προβλήματος χωρίς απαγορεύσεις

Η μέγιστη βελτίωση του μεριδίου αγοράς παρατηρείται ίση με 5,7704% , ενώ η ελάχιστη ισούται με 0,2997% . Παρατηρείται, επιπλέον, ότι σε ένα δείγμα 60 εφαρμογών, η βέλτιστη επανάληψη δεν ξεπέρασε τις 4.200 επαναλήψεις, και σε έναν μεγάλο βαθμό κυμαίνεται στο διακριτό διάστημα [100,2000]. Επομένως, για μείωση του υπολογιστικού φόρτου, θα μπορούσαμε ενδεχομένως να περιορίσουμε το πλήθος επαναλήψεων, καθώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το βέλτιστο να βρεθεί σε λιγότερο από 2.000 επαναλήψεις. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της βέλτιστης επανάληψης για τις 60 εφαρμογές του αλγορίθμου υπολογίστηκε στις 985 επαναλήψεις. Επιπροσθέτως, σημειώνεται ότι ο μέσος όρος της βελτίωσης του μεριδίου αγοράς είναι 3,5373% . Πρόκειται για ένα ποσοστό βελτίωσης το οποίο σε ρεαλιστικό σενάριο μπορεί να αποδειχθεί άκρως σημαντικό στην πορεία ενός νεοεξαγόμενου στην αγορά προϊόντος, Τέλος, μετά την αύξηση του μεριδίου αγοράς, ο μέσος όρος του μεριδίου αγοράς που κατέχει η σειρά προϊόντων που επιθυμούμε να λανσαριστεί στην αγορά διαμορφώνεται σε 62,5205% , το οποίο σημαίνει ότι η γραμμή προϊόντων κερδίζει την πλειοψηφία των πελατών στην αγορά.

Πέρα από τα συνολικά αποτελέσματα, είναι σημαντικό να εξεταστεί η βελτίωση του μεριδίου αγοράς, ξεχωριστά για κάθε ομάδα σεναρίων. Αναλόγως με το πλήθος των προϊόντων προς εξαγωγή, σημειώνονται τα κάτωθι σημεία.

Για το πρώτο σενάριο στο οποίο επιλέγονται 4 προϊόντα προς λανσάρισμα, η βελτίωση επί τοις εκατό του μεριδίου αγοράς διαμορφώθηκε ως εξής:

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΜΕΡΙΔΙΟΥ (%) ΧΩΡΙΣ ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΤΩΝ 4 ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ



ΓΡΑΦΗΜΑ 6 : Γραφική αναπαράσταση της επι τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για 4 προϊόντα ανά σειρά προϊόντων χωρίς απαγορεύσεις

Από τα αποτελέσματα της αύξησης του μεριδίου αγοράς για τις 20 επανεφαρμογές του πρώτου σεναρίου, διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς καταγράφηκε 0,2997%, ενώ η μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς που μπορεί να επιτευχθεί είναι 3,8683%. Ο μέσος όρος της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για το σενάριο που εξέτασε 4 προϊόντα προς λανσάρισμα υπολογίστηκε ίσος με 2,89919% , ενώ το μέσο μερίδιο αγοράς που κατέχει η βέλτιστη σειρά προϊόντων είναι ίσο με 57,8645% .

Μπορούμε με τις παραπάνω τιμές να συμπεράνουμε ότι έχοντας επιλέξει 4 προϊόντα προς λανσάρισμα, όσα ήταν δηλαδή και τα ανταγωνιστικά προϊόντα, το μερίδιο αγοράς κινείται κοντά στο 57%, το οποίο σημαίνει ότι η γραμμή προϊόντων που επιλέγουμε κατέχει την πλειοψηφία των πελατών της αγοράς, παρόλο που η αύξηση του μεριδίου αγοράς που επιτυγχάνεται με τον αλγόριθμο GWO, μπορεί να είναι σχετικά χαμηλή.

Για το δεύτερο σενάριο, η βελτίωση επί τοις εκατό του μεριδίου αγοράς διαμορφώθηκε ως εξής:



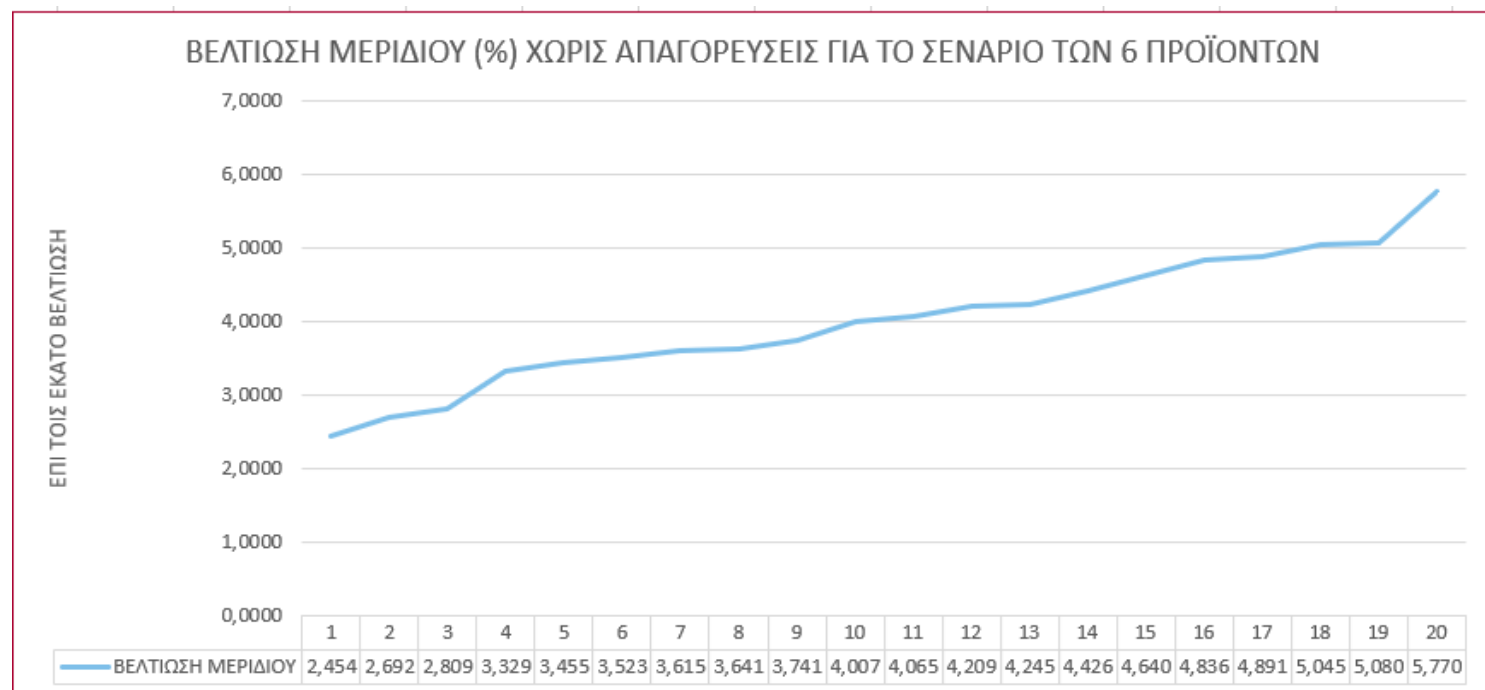
ΓΡΑΦΗΜΑ 7 : Γραφική αναπαράσταση της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για 5 προϊόντα χωρίς απαγορεύσεις

Από τα αποτελέσματα της αύξησης του μεριδίου αγοράς για τις 20 επανεφαρμογές του δεύτερου σεναρίου, στο οποίο έχουν επιλεχθεί 5 προς λανσάρισμα προϊόντα σε κάθε γραμμή, διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς καταγράφηκε 2,6029 %, ενώ η μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς που μπορεί να επιτευχθεί είναι 4,7964 %. Ο μέσος όρος της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για το εν λόγω σενάριο υπολογίστηκε ίσος με 3,68861%, ενώ το μέσο μερίδιο αγοράς που κατέχει η βέλτιστη σειρά προϊόντων είναι ίσο με 62,9702%.

Είτε παρατηρήσουμε την ελάχιστη δυνατή αύξηση, είτε τη μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς, μπορούμε με ασφάλεια να διαπιστώσουμε ότι με μία μικρή προσθήκη ενός μόνο παραπάνω προϊόντος στη γραμμή, μπορούμε να επιτύχουμε πολύ μεγαλύτερη επί τοις εκατό αύξηση του μεριδίου αγοράς σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο.

Τέλος, για το δεύτερο σενάριο, το οποίο συστήνει ένα παραπάνω προϊόν προς λανσάρισμα από τα ανταγωνιστικά, το μερίδιο αγοράς κινείται κοντά στο 63%. το οποίο σημαίνει ότι η γραμμή προϊόντων που επιλέγουμε κατέχει την πλειοψηφία των πελατών της αγοράς.

Για το τελευταίο σενάριο στο οποίο επιλέγονται 6 προϊόντα προς λανσάρισμα, η βελτίωση επί τοις εκατό του μεριδίου αγοράς διαμορφώθηκε ως εξής:



ΓΡΑΦΗΜΑ 8 : Γραφική αναπαράσταση της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για 6 προϊόντα χωρίς απαγορεύσεις

Από τα αποτελέσματα της αύξησης του μεριδίου αγοράς για τις 20 επανεφαρμογές του τελευταίου σεναρίου, διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς καταγράφηκε 2,4546 %, ενώ η μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς που μπορεί να επιτευχθεί είναι 5,7704 %. Ο μέσος όρος της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για το εν λόγω σενάριο υπολογίστηκε ίσος με 4,02407%, ενώ το μέσο μερίδιο αγοράς που κατέχει η βέλτιστη σειρά προϊόντων είναι ίσο με 66,7268%.

Παρατηρούμε ότι η ελάχιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς του τρίτου σεναρίου είναι μικρότερη από την ελάχιστη αύξηση στο δεύτερο σενάριο, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι έχοντας ήδη ξεπεράσει σε πλήθος τα ανταγωνιστικά προϊόντα, αυξάνοντας περαιτέρω το πλήθος των προϊόντων προς λανσάρισμα σε μία γραμμή δεν είναι απαραίτητο ότι θα επιτύχουμε ολοένα και μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Διαπιστώθηκε, όμως, ότι η μέγιστη αύξηση του μεριδίου αγοράς μπορεί να αγγίξει σχεδόν το 6%, τιμή η οποία δίνει ένα αξιοσημείωτο προβάδισμα στην κατοχή των πελατών της αγοράς. Αυτό προκύπτει και από το μέσο μερίδιο αγοράς, το οποίο κινείται κοντά στο 67%.

Για την επίλυση του προβλήματος χωρίς απαγορεύσεις, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο αλγόριθμος έδωσε, όπως ήταν αναμενόμενο μία αξιοσημείωτη βελτίωση του μεριδίου αγοράς. Το μερίδιο αγοράς των σειρών προϊόντων που προτάθηκαν σε κάθε εφαρμογή του αλγορίθμου, παρέμεινε σταθερά μεγαλύτερο από το μερίδιο αγοράς που αντιστοιχίζεται στα ανταγωνιστικά προϊόντα.

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των δύο εφαρμογών της επίλυσης του προβλήματος με και χωρίς απαγορεύσεις, μπορούμε να καταλήξουμε αβίαστα σε μερικά συμπεράσματα.

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή της εφαρμογής, αναμέναμε η βελτίωση του μεριδίου αγοράς, αλλά και το μερίδιο αγοράς αυτό καθαυτό, να παίρνει μεγαλύτερες τιμές για την επίλυση του προβλήματος χωρίς απαγορεύσεις, σε σχέση με την εφαρμογή που οι απαγορεύσεις έχουν εισαχθεί κανονικά στο πρόβλημα.

Για το πρώτο σενάριο, όπου το πλήθος των προϊόντων στις σειρές είναι ίσο με 4, διαπιστώθηκε ότι ο μέσος όρος της επί τοις εκατό βελτίωσης του μεριδίου αγοράς στην εφαρμογή του προβλήματος με απαγορεύσεις ήταν ίσος με 2,4292%. Αντίθετα, στην περίπτωση που επιλέγεται η άρση των περιορισμών ο μέσος όρος υπολογίστηκε ίσος με 2,89919% . Στην πρώτη περίπτωση, το μέσο μερίδιο αγοράς που κατέχει η βέλτιστη γραμμή προϊόντων είναι ίσο με 57,53329% , ενώ για τη δεύτερη περίπτωση, η αντίστοιχη τιμή, υπολογίστηκε 57,8645%.

Για το δεύτερο σενάριο, στο οποίο τα προϊόντα που εξετάζονται για να λανσαριστούν στην αγορά είναι 5, ο μέσος όρος της βελτίωσης του μεριδίου αγοράς βρέθηκε ίσος με 3,3006% και 3,68861% , για την επίλυση του προβλήματος με και χωρίς απαγορεύσεις αντιστοίχως. Στην πρώτη περίπτωση, το μέσο μερίδιο αγοράς της βέλτιστης σειράς προϊόντων υπολογίστηκε 62,4879% , ενώ στην περίπτωση της εφαρμογής χωρίς περιορισμούς, το μέσο μερίδιο αγοράς ήταν ίσο με 62,9702%.

Για το τρίτο και τελευταίο σενάριο, για μία σειρά προϊόντων που αποτελείται από 6 προϊόντα, ο μέσος όρος βελτίωσης του μεριδίου αγοράς για την εφαρμογή με απαγορεύσεις βρέθηκε ίσος με 3,09160% , ενώ για την εφαρμογή χωρίς τις απαγορεύσεις της επωνυμίας, η αντίστοιχη τιμή υπολογίστηκε 4,02407%. Όσον αφορά το μερίδιο αγοράς που κατέχει η σειρά προϊόντων, στην πρώτη περίπτωση υπολογίστηκε η μέση τιμή του ίση με 65,9923% , ενώ στη δεύτερη περίπτωση ίση με 66,7268% .

Παρατηρούμε, ότι για κάθε διαφορετικό σενάριο, είτε εξετάζουμε μεμονωμένα τη βελτίωση του μεριδίου αγοράς που προσφέρει ο αλγόριθμος, είτε το μερίδιο αγοράς που εξάγεται από τη βέλτιστη σειρά προϊόντων που προτείνεται για λανσάρισμα, τα καλύτερα αποτελέσματα δόθηκαν στην περίπτωση όπου οι απαγορεύσεις είχαν αφαιρεθεί και ο χώρος αναζήτησης του βέλτιστου είναι εκτενέστερος.

Τέλος, όπως αναμέναμε, η εύρεση της βέλτιστης λύσης επετεύχθη γρηγορότερα, σε λιγότερες, δηλαδή, επαναλήψεις, στην περίπτωση που είχαν εισαχθεί στο πρόβλημα όλες οι απαγορεύσεις και ο χώρος αναζήτησης ήταν περιορισμένος.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η βελτιστοποίηση ενός προβλήματος αποτελούσε ανέκαθεν μία άκρως απαιτητική διαδικασία. Είτε αναφερόμαστε σε απλό υπολογισμό βέλτιστης τιμής μίας συνάρτησης, είτε σε αναζήτηση βέλτιστου σημείου στο χώρο υπό περιορισμούς, είτε ακόμα και σε εύρεση βέλτιστης σειράς προϊόντων, όπως παρουσιάστηκε στην εργασία, η επιστήμη της βελτιστοποίησης έχει εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό ανά τα χρόνια, ώστε να υπάρχει πάντα τρόπος να πλησιάσουμε το επιθυμητό βέλτιστο.

Στην περίπτωση του προβλήματος εύρεσης βέλτιστης σειράς προϊόντων και εν γένει σε προβλήματα της κατηγορίας των NP – hard, η βελτιστοποίηση γίνεται μέσω μεθευρετικών αλγορίθμων. Αυτό συμβαίνει διότι οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι, όπως επεξηγήθηκε στην εργασία, είναι κατάλληλοι για αναζήτηση βέλτιστου στο χώρο, αποφεύγοντας τη στασιμότητα σε τοπικό ελάχιστο που δεν αποτελεί βέλτιστη λύση. Στην εργασία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος Grey Wolf Optimizer, ο οποίος ανήκει στην κατηγορία των αλγορίθμων Νοημοσύνης Σμήνους, καθώς βασίζεται στον τρόπο λειτουργίας και ιεραρχίας των grey wolves.

Η αξιολόγηση κάθε πιθανής λύσης του προβλήματος στα πλαίσια της επαναληπτικής διαδικασίας του αλγορίθμου γίνεται με εφαρμογή του μοντέλου επιλογής μάρκας Bradley – Terry Luce, με το οποίο υπολογίζεται το μερίδιο αγοράς κάθε γραμμής προϊόντων.

Εξετάζοντας το μέγεθος του πληθυσμού του αλγορίθμου, διαπιστώθηκε ότι το πλήθος των γραμμών προϊόντων που συντελούν τον πληθυσμό πρέπει να βρίσκεται κοντά στο 10. Μετά από ένα ικανό δείγμα δοκιμών, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι όταν το πλήθος των σειρών προϊόντων βρισκόταν κοντά στο 5, τότε ο αλγόριθμος δεν πλησίαζε ικανοποιητικά τη βέλτιστη λύση. Αντίθετα, όταν το πλήθος των σειρών ξεπερνούσε τις 12, τότε δεν σημειωνόταν αξιοσημείωτη αύξηση του μεριδίου αγοράς σε σχέση με τις δοκιμές όπου το πλήθος των γραμμών βρισκόταν κοντά στο 10, και παράλληλα, ο χρόνος εύρεσης του βέλτιστου αυξανόταν εκθετικά. Συνεπώς, το πλήθος των λύσεων στον πληθυσμό ορίστηκε ίσο με 10 σε όλες τις εφαρμογές, διότι είναι πιθανότερη η εύρεση του βέλτιστου με τον μικρότερο δυνατό υπολογιστικό φόρτο.

Για την κατανόηση της διαδικασίας της βελτιστοποίησης, πρώτα παρουσιάστηκε αναλυτικά μία εφαρμογή, στην οποία η σειρά προϊόντων που μελετάται προς λανσάρισμα αποτελείται από 5 προϊόντα, ενώ τα ανταγωνιστικά προϊόντα ήταν σε πλήθος 4. Εξετάζοντας 10 διαφορετικές σειρές προϊόντων σε κάθε επανάληψη, μετά από 10.000 επαναλήψεις διαπιστώθηκε αύξηση κατά 2,5 % περίπου στο μερίδιο αγοράς. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι ο αλγόριθμος εντόπισε τη βέλτιστη λύση περίπου στις μισές επαναλήψεις που έγιναν.

Στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα της επίλυσης του προβλήματος για δύο εφαρμογές. Στην πρώτη εφαρμογή, τα προϊόντα προς μελέτη προκύπτουν μετά από φιλτράρισμα των πιθανών προϊόντων μέσω των απαγορεύσεων που συστήνει το σενάριο δεδομένων. Αντίθετα, στη δεύτερη εφαρμογή, έχουν αφαιρεθεί από τη διαδικασία, οι απαγορεύσεις που συσχετίζουν το είδος του ελαιολάδου με την επωνυμία του προϊόντος. Η κάθε εφαρμογή επιλύθηκε με την υλοποίηση του αλγορίθμου σε 20 επανεφαρμογές για 3 σενάρια. Με άλλα λόγια, στην κάθε εφαρμογή επίλυσης του προβλήματος, ο αλγόριθμος εφαρμόστηκε 60 φορές. Στο πρώτο σενάριο, η γραμμή προϊόντων αποτελείται από 4 προς

λανσάρισμα προϊόντα, στο δεύτερο σενάριο από 5 προϊόντα και στο τρίτο και τελευταίο σενάριο, απαρτίζεται από 6 προϊόντα.

Στην πρώτη εφαρμογή, όπου οι απαγορεύσεις της επωνυμίας ισχύουν όπως ορίστηκαν αρχικά, παρατηρήθηκε ότι ο μέσος όρος αύξησης του μεριδίου αγοράς από τον αρχικό πληθυσμό μέχρι την εύρεση του βέλτιστου, ήταν ίσος με 2,9405%. Επιπροσθέτως, το μέσο μερίδιο αγοράς της γραμμής προϊόντων που προτείνεται προς λανσάρισμα στην αγορά υπολογίστηκε ίσο με 62,0045% , το οποίο σημαίνει ότι η γραμμή προϊόντων κερδίζει την πλειοψηφία των πελατών στην αγορά. Τέλος, για τις 20 επανεφαρμογές του αλγορίθμου για τα 3 διαφορετικά σενάρια, υπολογίστηκε ότι ο μέσος όρος της βέλτιστης επανάληψης, δηλαδή της επανάληψης στην οποία βρέθηκε η βέλτιστη σειρά προϊόντων, βρισκόταν στις 811 επαναλήψεις.

Στη δεύτερη εφαρμογή, στην οποία αφαιρέθηκαν οι απαγορεύσεις τις επωνυμίας, παρατηρήθηκε ότι ο μέσος όρος αύξησης του μεριδίου ήταν μεγαλύτερος από την προηγούμενη εφαρμογή και ίσος με 3,5373%. Επιπλέον, μετά την αύξηση του μεριδίου αγοράς, παρατηρήθηκε ότι ο μέσος όρος του μεριδίου αγοράς που κατέχει η σειρά προϊόντων διαμορφώθηκε ίσος σε 62,52% , το οποίο σημαίνει ότι η γραμμή προϊόντων κερδίζει την πλειοψηφία των πελατών στην αγορά. Τέλος, ο μέσος όρος της βέλτιστης επανάληψης για τις 60 εφαρμογές του αλγορίθμου υπολογίστηκε στις 985 επαναλήψεις.

Όπως ήταν αναμενόμενο, στη δεύτερη εφαρμογή επίλυσης του προβλήματος, καθώς ο χώρος αναζήτησης του βέλτιστου, τον οποίο μπορούσε να εκμεταλλευτεί ο αλγόριθμος GWO επεκτάθηκε, λόγω αφαίρεσης των απαγορεύσεων, το μερίδιο αγοράς που αντιστοιχίζεται στην σειρά προϊόντων καθώς και η επί τοις εκατό βελτίωση του μεριδίου αγοράς, αυξήθηκαν σε σχέση με την πρώτη εφαρμογή. Παράλληλα, αυξήθηκε και ο μέσος όρος της επανάληψης στην οποία βρέθηκε η βέλτιστη γραμμή, καθώς ο αλγόριθμος έπρεπε να εξερευνήσει μεγαλύτερο χώρο.

Συμπερασματικά, ο μεθευρετικός αλγόριθμος Grey Wolf Optimizer σε συνδυασμό με το μοντέλο Bradley – Terry Luce, χαρακτηρίζεται από καταλληλότητα στην αντιμετώπιση του προβλήματος εύρεσης βέλτιστης σειράς προϊόντων σε μικρό χρόνο, καθώς βρέθηκε αποδοτική λύση με αύξηση του μεριδίου αγοράς.

Η αποδοτικότητα του αλγορίθμου ήταν αναμενόμενη, καθώς και σε προηγούμενες μελέτες, ο αλγόριθμος έδωσε τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί η εφαρμογή του αλγορίθμου σε κλασσικά συνεχή προβλήματα του χώρου της μηχανικής, στα οποία αποδείχθηκε ότι ο αλγόριθμος GWO σε σύγκριση με άλλους αλγορίθμους, όπως ο PSO, παρείχε άκρως ανταγωνιστικά αποτελέσματα και είχε την καλύτερη απόδοση.^[17] Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν την ανώτερη απόδοση του GWO στην διαδικασία της εκμετάλλευσης του βέλτιστου, καθώς και τα ανταγωνιστικά αποτελέσματα που παρέχουν στη διαδικασία της εξερεύνησης.^[8]

Σε μελλοντικές έρευνες, μπορεί να εξεταστεί η υβριδική εφαρμογή του αλγορίθμου GWO με αλγορίθμους, όπως ο Branch and Bound που όπως έχει αποδειχθεί σε προηγούμενες έρευνες, συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην εύρεση βέλτιστης λύσης του προβλήματος εύρεσης σειράς προϊόντων.^[8] Συνδυάζοντας, την απλότητα και αποτελεσματικότητα του Grey Wolf Optimizer και την αφαιρετική μέθοδο εξερεύνησης του Branch and Bound, μπορούμε ενδεχομένως να επιτύχουμε την εύρεση της επιθυμητής λύσης σε μικρότερο χρόνο.

9. ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

A

ACBC model : Adaptive Choice Based Analysis , παραλλαγή της κλασσικής μεθόδου συζυγούς ανάλυσης

B

Bradley Terry Luce (BTL) : μοντέλο ατομικής αντίδρασης που προτάθηκε από τους Bradley – Terry, 1952 & Luce, 1959

C

Conjoint Analysis : συζυγής ανάλυση

G

Grey Wolf Optimizer (GWO) : μεθευρετικός αλγόριθμος που βασίζεται στο είδος των grey wolves

N

Np-hard : κατηγορία προβλημάτων που δεν επιλύονται σε πολυωνυμικό χρόνο

S

Swarm intelligence : μεθευρετικοί αλγόριθμοι νοημοσύνης σμήνους

A

αναγνώριση προβλήματος : το πρωταρχικό στάδιο της διαδικασίας απόφασης αγοράς κατά το οποίο ο πελάτης προχωράει στη συνειδητοποίηση ύπαρξης ενός προβλήματος και στην εκτίμηση των αναγκών του

αναζήτηση πληροφοριών (information search) : έρευνα αγοράς κατά την οποία ο αγοραστής συλλέγει πληροφορίες για τα εναλλακτικά προϊόντα, τα οποία στη συνέχεια θα αξιολογήσει

αξιολόγηση εναλλακτικών προϊόντων : το πιο κρίσιμο επίπεδο της διαδικασίας απόφασης αγοράς στο οποίο, ο καταναλωτής καλείται να επεξεργαστεί όλη τη διαθέσιμη πληροφορία και να προχωρήσει στην τελική του επιλογή

απαγορεύσεις : περιορισμοί που θέτονται για συγκεκριμένους συνδυασμούς χαρακτηριστικών προϊόντων

B

βάρος : αξία / σημαντικότητα που αποδίδει ένας καταναλωτής σε κάθε επίπεδο ενός προϊόντος

βελτιστοποίηση : η διαδικασία εύρεσης της καλύτερης – βέλτιστης λύσης ενός προβλήματος

Γ

γραμμή προϊόντων : ένα σύνολο προϊόντων που λανσάρεται από μία επιχείρηση στην αγορά

Δ

διαδικασία απόφασης αγοράς : το σύνολο των διεργασιών που ακολουθεί ένας καταναλωτής και καταλήγει στην αγορά ενός προϊόντος

Ε

εξωτερική αναζήτηση : άντληση πληροφοριών για ένα καταναλωτή από τον καταναλωτή με βοήθεια εξωτερικών παραγόντων

επίπεδα (levels) : οι επιμέρους ιδιότητες των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος

επιχειρησιακή έρευνα : ο κλάδος των μαθηματικών που ασχολείται με την εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων και τεχνικών σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με στόχο την εύρεση και την εφαρμογή της βέλτιστης λύσης

εσωτερική αναζήτηση: άντληση πληροφοριών για ένα προϊόν από τον καταναλωτή χωρίς βοήθεια τρίτων παραγόντων

Κ

καταναλωτική συμπεριφορά : οι προτιμήσεις ενός καταναλωτή που τον ωθούν στην επιλογή ή μη ενός προϊόντος

κριτήρια επιλογής (choice criteria) : οι παράγοντες που εξετάζει ο καταναλωτής πριν την αγορά ενός προϊόντος

Μ

μεθευρετικός αλγόριθμος : μέθοδος επίλυσης και εύρεσης του βέλτιστου

μερίδιο αγοράς: το ποσοστό που κατέχει μία επιχείρηση στις πωλήσεις ενός προϊόντος στην αγορά

μερική χρησιμότητα (partworth ή individual utility) : η αξία ή η σημαντικότητα ή το βάρος που αποδίδεται από τον πελάτη σε κάθε επίπεδο των χαρακτηριστικών των προϊόντων, οι οποίες περιγράφουν το πόσο καλά ανταποκρίνεται το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στις ανάγκες του πελάτη.

μοντέλο ατομικής αντίδρασης / μοντέλο επιλογής (μάρκας) : μαθηματικό μοντέλο που υπολογίζει την πιθανότητα επιλογής ενός προϊόντος από τους καταναλωτές

Ν

νοημοσύνη σμήνους : είδος μεθευρετικών αλγορίθμων που βασίζεται στην λειτουργία σμηνών – κοπαδιών ειδών της φύσης

ντετερμινιστικός : αιτιοκρατικός , αυτός που δεν χαρακτηρίζεται από τυχαιότητα

Ο

ολική χρησιμότητα (total utility) : η συνολική αξία που εναποθέτει ένας καταναλωτής σε ένα προϊόν

Π

πελάτης : αγοραστής, καταναλωτής

πολυωνυμικός χρόνος : ο χρόνος που απαιτείται για εύρεσης λύσης και που αυξάνεται σχετικά ομαλά και ανάλογα με τον αριθμών των λύσεων που εξετάζεται

προϊόν : οτιδήποτε υλικό ή μη, μπορεί να προσφερθεί στην αγορά με απώτερο σκοπό να ανταποκριθεί στις ανάγκες των πελατών

βασικό (core benefit) : ή αλλιώς θεμελιώδης αξία των πελατών, το πρωταρχικό επίπεδο ενός προϊόντος

βιομηχανικό : προϊόν που σχεδιάζεται για την υποβοήθηση στην παραγωγή άλλων προϊόντων

επαυξημένο (augmented product) : ή ολοκληρωμένο προϊόν, το εξωτερικό επίπεδο του προϊόντος που περιλαμβάνει το βασικό προϊόν, το πραγματικό προϊόν και πρόσθετες υπηρεσίες που προσφέρει η εταιρεία

επιλογής (shopping product) : το προϊόν που ο πελάτης θεωρεί ότι αξίζει να εισαχθεί στη διαδικασία αξιολόγησης

ετερογενές : προϊόν επιλογής που αξιολογείται βάσει πολλών χαρακτηριστικών

καταναλωτικό : προϊόν που προορίζεται για χρήση από τους πελάτες

ομοιογενές : προϊόν επιλογής που αξιολογείται βάσει μόνο της τιμής

πραγματικό (actual product) : το ενδιάμεσο επίπεδο ενός προϊόντος που περιλαμβάνει ιδιότητες όπως τα χαρακτηριστικά του προϊόντος

προσομοίωση αγοράς : η διαδικασία σχηματισμού ρεαλιστικών σεναρίων της αγοράς

Σ

στοχαστικός : αυτός που χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα, αυτός που χαρακτηρίζεται από έναν βαθμό τυχαιότητας

συζυγής ανάλυση : στατιστική μέθοδος, η οποία βοηθά στον προσδιορισμό της αξίας ενός προϊόντος

σύνολο

εξεταζόμενο (evoked set ή choice set) : τα προϊόντα που απαρτίζουν το τελικό σύνολο επιλογής

επίγνωσης (awareness set) : τα προϊόντα που σύμφωνα με τον καταναλωτή, ανταποκρίνονται στις ανάγκες του

ολοκληρωμένο (total set) : όλα τα προϊόντα εισάγονται στην διαδικασία αξιολόγησης

Χ

χαρακτηριστικά (attributes) : οι παράγοντες στους οποίους αναλύεται ένα προϊόν

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [dataset] [1] Ανδρίτσος Βασίλειος, Μέτρηση και Ανάλυση Καταναλωτικών Προτιμήσεων με χρήση της Adaptive Choice Based Conjoint Analysis : Η περίπτωση του ελαιόλαδου, Διπλωματική Εργασία , Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάς (2019) , <https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.80966>
- [2] Μαλλιάρης Γ. Πέτρος , Εισαγωγή στο Μάρκετινγκ, Σταμούλης, Αθήνα (1990)
- [3] Μαρινάκης Ιωάννης, Μαρινάκη Μαγδαληνή, Ματσατσίνης Φ. Νικόλαος & Ζοπουνίδης Κωνσταντίνος, Μεθευρετικοί και Εξελικτικοί Αλγόριθμοι σε Προβλήματα Διοικητικής Επιστήμης, Κλειδάριθμος, Αθήνα (2011)
- [4] Ματσατσίνης Φ. Νικόλαος , Ένα Έμπειρο Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων Μάρκετινγκ: Μεθοδολογία Υποστήριξης και Ολοκληρωμένη Αρχιτεκτονική, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάς (1995) , <https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.14491>
- [5] Μπαλάρας Γεώργιος, Εφαρμογή του αλγορίθμου Tabu Search για την επίλυση του προβλήματος βέλτιστου σχεδιασμού γραμμής προϊόντων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά Ελλάς (2016), <https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.67115>
- [6] Νταής Ι. Αναστάσης, Βέλτιστος Σχεδιασμός Σειράς Προϊόντων με χρήση Αλγορίθμων Βελτιστοποίησης Μελισσών, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάς (2021), <https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.89537>
- [7] Τσαφάρakis Στέλιος , Ανάπτυξη Ευρετικού Αλγορίθμου με χρήση Πολλαπλών Κριτηρίων για την Επιλογή Μοντέλων Προσωπικής Επιλογής Καταναλωτή στο Μάρκετινγκ σε Προβλήματα Ανάπτυξης Νέων Προϊόντων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά, Ελλάς (2007), <https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.14396>
- [8] Alexandre Belloni, Robert Freund, Matthew Selove & Duncan Simester, Optimizing Product Line Designs: Efficient Methods and Comparisons, (2008), <https://doi.org/10.1287/mnsc.1080.0864>
- [9] Charles S.Beightler, Don T. Phillips & Douglass J. Wilde, Foundations of Optimization, Englewood Cliffs, (1979)
- [10] Cunningham, C.E., Deal, K. & Chen, Y. Adaptive Choice-Based Conjoint Analysis, The Patient: Patient – Centered Outcomes Research **3**, 257–273 (2010). <https://doi.org/10.2165/11537870-000000000-00000>
- [11] Dorigo, M., Stützle, T. , The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances. In: Glover, F., Kochenberger, G.A. (eds) Handbook of Metaheuristics. International Series in Operations Research & Management Science, vol 57. Springer, Boston, MA. (2003) https://doi.org/10.1007/0-306-48056-5_9

- [12] Jaeger, S.R., Hedderley, D. & MacFie, H.J.H. , Methodological issues in conjoint analysis: a case study, European Journal of Marketing, Vol. 35 No. 11/12, pp. 1217-1239, (2001) <https://doi.org/10.1108/EUM00000000006474>
- [13] Kotler Philip, Μάρκετινγκ Μάνατζμεντ: Ανάλυση, Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Έλεγχος, Interbooks, Αθήνα (2000)
- [14] Kotler Philip & Keller Kevin Lane , Μάρκετινγκ Μάνατζμεντ, Κλειδάριθμος, Αθήνα (2006)
- [15] Lilien L. Gary , Kotler Philip & Moorthy K. Sridhar, Marketing Models, Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall (1992)
- [16] Miettinen M. Kaisa, Nonlinear Multiobjective Optimization, Kluwer Academic Publishers, Boston (1998)
- [17] Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili , Andrew Lewis, Grey Wolf Optimizer (2014) , <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>
- [18] Stelios Tsafarakis, Ioannis Marinakis & Nikolaos Matsatsinis, Particle Swarm Optimization for Optimal Product Line Design, Technical University of Crete (2009), <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2010.05.002>
- [19] Stelios Tsafarakis, Konstantinos Zervoudakis & Andreas Andonikidis, Optimal product line design using Tabu Search (2021) , <https://doi.org/10.1080/01605682.2021.1954486>
- [20] Stelios Tsafarakis, Konstantinos Zervoudakis, Andreas Andronikidis & Efthymios Altsitsiadis , Fuzzy self – tuning differential evolution for optimal product line design (2020) , <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.05.018>
- [21] ResearchGate, Behavior of the Wolves
https://www.researchgate.net/figure/Behavior-of-wolves-hunting-bison-a-approach-b-attack-individual-c-d-capture_fig1_268229126/download