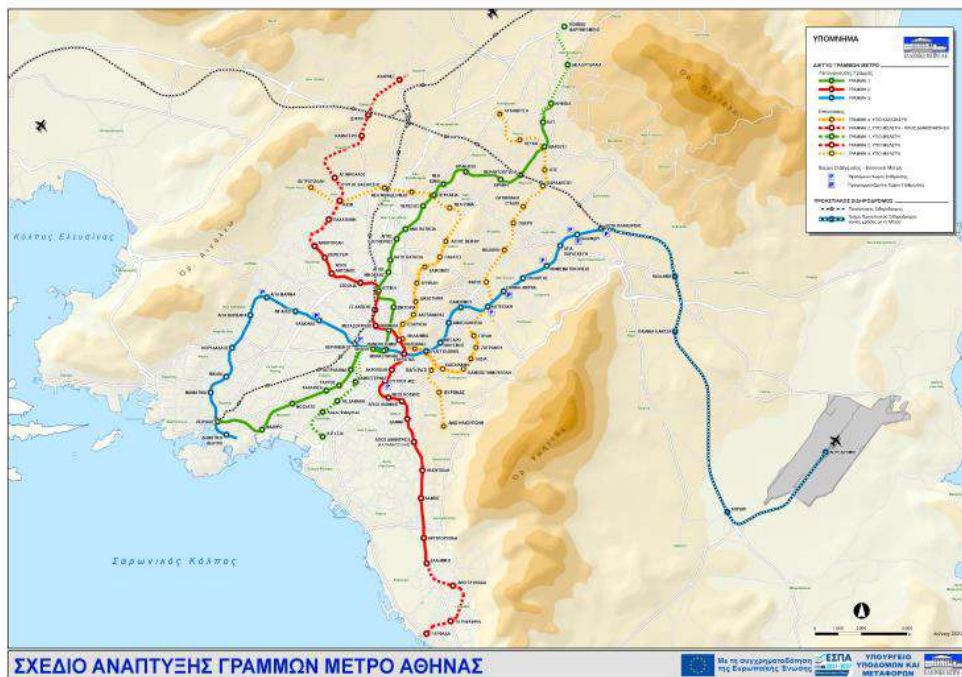




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική εργασία

Διερεύνηση παραγόντων απόφασης για τον σχεδιασμό νέας Γραμμής Μετρό με χρήση της μεθόδου Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης αποφάσεων



Παναγιώτης Παναγιωτακόπουλος

Επιβλέπουσα: Τατιάνα Π. Μοσχόβου, Ε.ΔΙ.Π. ΕΜΠ

Αθήνα, ΜΑΡΤΙΟΣ 2026

Τίτλος: Διερεύνηση Παραγόντων απόφασης για τον σχεδιασμό νέας Γραμμής Μετρό με χρήση της μεθόδου Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης αποφάσεων

Συγγραφέας Διπλωματικής Εργασίας: Παναγιωτακόπουλος Παναγιώτης

Επιβλέπων: Τατιάνα Π. Μοσχόβου

Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία σκοπεύει στη διερεύνηση και αξιολόγηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων για τον σχεδιασμό μιας νέας Γραμμής Μετρό, με εφαρμογή στην Αττική, στο πλαίσιο του σύγχρονου αστικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Ως μεθοδολογικό εργαλείο εφαρμόστηκε η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process- AHP), προκειμένου να προσδιορισθεί η βαρύτητα των κριτηρίων για το παραπάνω έργο. Συγκεκριμένα, μετά από ανάλυση της βιβλιογραφίας επιλέχθηκαν επτά βασικά κριτήρια, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός, η αναμενομένη ζήτηση, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το κόστος κατασκευής, ο χρόνος διαδρομής, η επίπτωση στις αρχαιολογίες και η βελτίωση στην προσβασιμότητα. Ακολούθως και αφού έγινε βαθμολόγησή τους πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός τους σε υποκριτήρια και αναλυτική εξέτασή τους με στόχο την αποτύπωση των επιμέρους διαστάσεων κάθε κριτηρίου και βελτίωση της ακρίβειας της αξιολόγησης μέσω συγκρίσεων ανά ζεύγη. Η μεθοδολογία βασίζεται σε εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, συλλογή και ανάλυση πραγματικών δεδομένων, και αποσκοπεί στην παροχή ενός τεκμηριωμένου και αξιόπιστου πλαισίου υποστήριξης αποφάσεων για έργα συγκοινωνιακών υποδομών μεγάλης κλίμακας. Για την καλύτερη ανάλυση των κριτηρίων που αναφέρθηκαν παραπάνω έγιναν συνεντεύξεις από ειδικούς της Αττικό Μετρό, οι οποίοι συμπλήρωσαν και τα ζητούμενα ερωτηματολόγια. Τα ερωτηματολόγια αυτά περιείχαν αρχικά τα επτά βασικά κριτήρια, τα οποία βαθμολογήθηκαν για τη μεταξύ τους σύγκριση από το 1 μέχρι το 9, ενώ στη συνέχεια αντίστοιχη βαθμολογία έγινε και για τα υποκριτήριά τους. Έτσι, έγινε η κατάλληλη αξιολόγησή τους με βάση τη μεθοδολογία της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης. Για την ολοκλήρωση της ανάλυσης μετά την αξιολόγηση των κριτηρίων για το σχεδιασμό μιας γραμμής Μετρό ακολούθησε η ανάλυση ευαισθησίας, κατά την οποία πραγματοποιήθηκε μεταβολή των βαρών για τα τρία σημαντικότερα κριτήρια. Έτσι προέκυψαν ότι τα σημαντικότερα κριτήρια ήταν ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός, η αναμενομένη ζήτηση και ο χρόνος διαδρομής.

Λέξεις κλειδιά: Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης, κριτήρια, υποκριτήρια, Γραμμή μετρό, Αττικό Μετρό, ερωτηματολόγια, βαθμολόγηση, ανάλυση ευαισθησίας

Title: Investigation of decision factors for the planning of a new metro line using the Analytical Hierarchy Process

Thesis Author: Panayiotopoulos Panagiotis

Supervisor: Tatiana P. Moschovou

Abstract

This thesis aims to investigate and evaluate the factors that influence decision-making for the design of a new Metro Line, with application in Attica, in the context of modern urban and transport planning. The Analytical Hierarchy Process (AHP) was applied as a methodological tool to determine the weight of the criteria for the above project. Specifically, after analyzing the literature, seven basic criteria were selected: the population served, expected demand, environmental impact, construction cost, travel time, impact on archaeology, and improved accessibility. Subsequently, after they were scored, they were divided into sub-criteria and examined in detail in order to capture the individual dimensions of each criterion and improve the accuracy of the evaluation through pairwise comparisons. The methodology is based on an extensive literature review, collection and analysis of real data, and aims to provide a documented and reliable decision support framework for large-scale transport infrastructure projects. For a better analysis of the criteria mentioned above, interviews were conducted with experts from Attiko Metro, who also completed the required questionnaires. These questionnaires initially contained the seven basic criteria, which were rated from 1 to 9 for comparison, and then their sub-criteria were also rated. Thus, they were appropriately evaluated based on the Analytical Hierarchy Process methodology. To complete the analysis after evaluating the criteria for designing a Metro line, a sensitivity analysis was performed, in which the weights for the three most important criteria were changed. This showed that the most important criteria were the population served, the expected demand, and the travel time.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, criteria, subcriteria, Attiko Metro, questionnaires ranking, sensitivity analysis

Περίληψη

Η συνεχώς αυξανόμενη συγκέντρωση πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπως η Αττική, έχει καταστήσει σαφές τις μεταφορές έναν από τους σημαντικότερους άξονες τις λειτουργικής ανάπτυξης των πόλεων. Η δημιουργία και η επέκταση των γραμμών Μετρό αποτελεί όχι μόνο τεχνικό εγχείρημα, αλλά και στρατηγική επιλογή που επηρεάζει την καθημερινότητα των πολιτών, την οικονομική δραστηριότητα, το περιβάλλον και τη κοινωνική συνοχή. Η απόφαση για την υλοποίηση μιας νέας Γραμμής Μετρό προϋποθέτει την κατανόηση πολύπλοκων παραγόντων, οι οποίοι συνδέονται με τις πραγματικές ανάγκες μετακίνησης του πληθυσμού.

Σε αυτό το πλαίσιο η επιλογή των κατάλληλων κριτηρίων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τον ορθό σχεδιασμό ενός τέτοιου μεγάλου συγκοινωνιακού έργου. Παράγοντες όπως η αναμενόμενη ζήτηση, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός, ο χρόνος διαδρομής, το κόστος κατασκευής, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η επίπτωση στις αρχαιολογίες καθώς και η βελτίωση στην προσβασιμότητα αποτελούν σημαντικούς δείκτες που διαμορφώνουν την λειτουργικότητα και την επιτυχία του έργου. Η αξιολόγηση αυτών των στοιχείων αποκτά μεγαλύτερη σημασία, ειδικότερα σε περιοχές με μεγάλη πληθυσμιακή κάλυψη και κυκλοφοριακή συμφόρηση όπως η Αττική, που καθιστούν αναγκαία αποδοτικά συστήματα μαζικής μεταφοράς.

Ο σχεδιασμός μιας νέας γραμμής Μετρό δεν μπορεί να εστιάζει μόνο σε τεχνικό ή οικονομικό επίπεδο. Απαιτείται μια γενικότερη θεώρηση η οποία θα έχει στόχο την παροχή όσον δυνατόν μεγαλύτερης ωφέλειας στην πόλη. Έτσι ο εντοπισμός των κριτηρίων ανάλυσης και μεταγενέστερα η ιεράρχησή τους αποτελούν κρίσιμο στάδιο στην ιεραρχία λήψης αποφάσεων. Η επιλογή τοποθέτησης των στάσεων, χάραξης και σταθμών, αλλά και η εκτίμηση της κοινωνικής αποδοχής πρέπει να τεκμηριώνεται μέσα από μια μελέτη η οποία θα καλύπτει στο σύνολο της τις ανάγκες του αστικού περιβάλλοντος. Συνεπώς η έρευνα αυτή εστιάζει στην καταγραφή, ανάλυση και ιεράρχηση των παραγόντων που θεωρούνται καθοριστικοί για την κατασκευή μιας νέας γραμμής.

Η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας έχει αναδείξει ότι τα μεγάλα έργα αστικών μεταφορών, σχεδιάζονται με βάση ένα σύνολο πολυδιάστατων κριτηρίων τα οποία συνδέονται με την κινητικότητα, την προσπελασιμότητα και την κοινωνική αποδοχή. Σε πόλεις με αναπτυγμένα συγκοινωνιακά δίκτυα, η επιλογή χάραξης και σταθμών βασίστηκε σε παραμέτρους όπως η εξυπηρέτηση πυκνοκατοικημένων περιοχών, η συνδεσιμότητα με αλλά Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, και η μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου. Παράλληλα σε περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκαν τεχνικά ή κοινωνικά προβλήματα κρίσιμο ρόλο αποτέλεσε η δυνατότητα χρησιμοποίησης του μέσου από το σύνολο του πληθυσμού και η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων κατά την κατασκευή.

Μελέτες σε χώρες με μεγάλη πληθυσμιακή κάλυψη, όπως η Κίνα, η Ινδία και το Ιράν έχουν τονίσει τη σημασία της ζήτησής και της χωρικής κάλυψης του έργου ως βασικούς παράγοντες βιωσιμότητας. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως στο Μετρό της Μανίλας η του Καιρού σημαντική έμφαση δόθηκε σε κριτήρια που σχετίζονταν με τους κίνδυνους κατά τη διάρκεια του έργου, τεχνικές δυσκολίες και καθυστερήσεις κατασκευής. Το συμπέρασμα όλων αυτών των μελετών είναι ότι η επιτυχία μιας γραμμής Μετρό δεν εξαρτάται μόνο από την τεχνολογική ετοιμότητα, αλλά και από το βαθμό με τον οποίο ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του επιβατικού κοινού. Στην περίπτωση της Αθήνας, η ανάγκη για αξιόπιστες μεταφορές εντείνονται από τα διαρκή προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης, την ελλιπή σύνδεση ορισμένων περιοχών με το Μετρό και τις μεταβαλλόμενες ανάγκες του πληθυσμού. Επομένως αποκτά ιδιαίτερη σημασία η επιλογή ορθών κριτηρίων ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν.

Για την αξιολόγηση και την βαθμολόγηση των κριτηρίων που αναφέρθηκαν παραπάνω και επηρεάζουν την απόφαση μιας νέας Γραμμής Μετρό ακολουθήθηκε μια ολοκληρωμένη διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης. Πιο συγκεκριμένα στην συγκεκριμένη διπλωματική η μεθοδολογία βασίστηκε στην Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process- AHP) και στην συστηματική συλλογή στοιχείων για τον εντοπισμό των προτεραιοτήτων που αναδεικνύονται από τον αστικό σχεδιασμό. Αρχικά εντοπίστηκαν τα κριτήρια που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία ως καθοριστικά για τη βιωσιμότητα τέτοιων έργων. Στη συνέχεια αφού αξιολογήθηκαν από μια επιτροπή ειδικών με βαθμολογίες ανά δυο μεταξύ τους από το 1 έως το 9, πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση και ομαδοποίηση τους με σκοπό την ανάδειξη εκείνων που έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στο σχεδιασμό.

Η ανάλυση των κριτηρίων έδειξε με σαφήνεια ότι ο σχεδιασμός μια νέας γραμμής Μετρό εξαρτάται πρωτίστως από τον βαθμό στον οποίο το έργο ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες μετακίνησης των πολιτών. Η ανάλυση ανέδειξε ως σημαντικότερα κριτήρια την αναμενόμενη ζήτηση, τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό, και το χρόνο διαδρομής. Η αναμενόμενη ζήτηση βαθμολογήθηκε ως ο σημαντικότερος παράγοντας δείχνοντας ότι ένα έργο τέτοιας κλίμακας πρέπει να εξυπηρετεί σημαντικό επιβατικό ρεύμα ώστε να είναι λειτουργικά και οικοδομικά βιώσιμο. Ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός προσδιορίζει το εύρος και την ισότητα πρόσβασης στις μεταφορές ιδιαίτερα σε περιοχές με περιορισμένες εναλλακτικές επιλογές, ενώ ο χρόνος διαδρομής ανάδειξε τη σημασία εξοικονόμησης χρόνου ως άμεσο όφελος για το χρηστή και ως καταλυτικό στοιχείο για την αναβάθμιση της καθημερινής ποιότητας ζωής.

Συνολικά η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει ότι η δημιουργία μιας νέας γραμμής Μετρό συνδέεται άρρηκτα με την κατανόηση των πραγματικών αναγκών της πόλης και των πολιτών της. Η έμφαση σε κριτήρια όπως η ζήτηση,, ο πληθυσμός και η μείωση του χρόνου μετακίνησης αναδεικνύει έναν ανθρωποκεντρικό προσανατολισμό στο σχεδιασμό

των υποδομών. Δεν πρόκειται απλώς για ένα τεχνικό έργο αλλά για μια επένδυση στη λειτουργικότητα, την σήστρα πρόσβασης και την ποιότητα ζωής .

Η συμβολή της εργασίας έγκειται στην προσπάθεια διαμόρφωσης μιας μεθοδολογίας και πλαισίου αξιολόγησης ικανού να στηρίξει τεκμηριωμένες απόφασης σε επίπεδο συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Ενισχύει την ανάγκη για στρατηγικό σχεδιασμό που να βασίζεται σε αντικειμενικά δεδομένα και προτεραιότητες υποδεικνύοντας ότι με τη σωστή ιεράρχηση των κριτήριων μπορεί μια νέα γραμμή Μετρό να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός σύγχρονου και αστικού περιβάλλοντος.

Περιεχόμενα

1.1	Γενικά στοιχεία	13
1.2	Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	14
1.3	Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας	15
2.1	Εισαγωγή	17
2.2	Συμπεράσματα βιβλιογραφίας	23
3.1	Θεωρητικό υπόβαθρο.....	25
3.1.1	Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων	25
3.1.2	Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (AHP)	25
3.1.3	Μοντέλο Σταθμισμένου Αθροίσματος	29
3.2	Καθορισμός κριτηρίων	30
3.2.1	Εξυηρητούμενος Πληθυσμός.....	30
3.2.2	Αναμενομένη Ζήτηση.....	33
3.2.3	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	36
3.2.4	Χρόνος Διαδρομής.....	36
3.2.5	Κόστος Κατασκευής.....	41
3.2.6	Επίπτωση στις Αρχαιολογίες	42
3.2.7	Βελτίωση της Προσβασιμότητας	42
4.1	Ανάπτυξη μοντέλου.....	44
4.1.1	Επιλογή κριτηρίων	44
4.1.2	Επιλογή υποκριτηρίων	45
4.2	Αποτελέσματα	49
4.2.1	Σύγκριση κριτηρίων	49
4.2.2	Σύγκριση υποκριτηρίων.....	53
4.3	Ανάλυση Ευαισθησίας.....	58
5.	Συμπεράσματα και προτάσεις	64
5.1	Γενικά.....	64
5.2	Βασικά συμπεράσματα.....	65
5.3	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	66
7.1	Υπόδειγμα Ερωτηματολογίου για την Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (AHP).....	71
7.2	Ερωτηματολόγια AHP για τα βασικά κριτήρια και υποκριτήρια	77
7.3	Μεταβολή βαρών στην Ανάλυση Ευαισθησίας.....	84

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 3.1 Μεθοδολογία Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης Χωρισμός σε κριτήρια και υποκριτήρια.....	27
Εικόνα 3.2 Χάρτης Διαδρομής Γραμμής 3 Μετρό (Μπλε Γραμμή).....	40
Εικόνα 3.3 Χάρτης Διαδρομής Γραμμής 2 Μετρό (Μπλε Γραμμή).....	40
Εικόνα 4.1 Κριτήρια και υποκριτήρια για την κατασκευή νέας γραμμής Μετρό.....	46

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 1: Σχηματική απεικόνιση της ημερήσιας επιβατικής κίνησης στους σταθμούς της Αθήνας για το έτος 2023.....	35
Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση της ημερήσιας επιβατικής κίνησης στους σταθμούς της Αθήνας για το έτος 2023.....	36
Σχήμα 3: Διάγραμμα μεταβολής βαρών των κριτηρίων με αλλαγή του βάρους της αναμενόμενης ζήτησης	64
Σχήμα 4: Διάγραμμα μεταβολής βαρών των κριτηρίων με αλλαγή του βάρους του εξυπηρετούμενου πληθυσμού	64
Σχήμα 5: Διάγραμμα μεταβολής βαρών των κριτηρίων με αλλαγή του βάρους του χρόνου διαδρομής.....	64

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1: Σχετική Βαθμολόγηση της κλίμακας των κριτηρίων από το 1 έως το 9.....	28
Πίνακας 2: Ο δείκτης Ri ανάλογα με τον αριθμό των κριτηρίων	29
Πίνακας 3: Πληθυσμιακά Στοιχεία Περιφερικής Ενότητας Ανατολικής Αττικής	32
Πίνακας 4: Πληθυσμιακά Στοιχεία Περιφερικής Ενότητας Ανατολικής Πειραιά	32
Πίνακας 5: Πληθυσμιακά Δεδομένα Περιφερειακής Ενότητάς Δυτικής Αττικής	33
Πίνακας 6: Πληθυσμιακά Δεδομένα Περιφερειακής Ενότητας Βορείου Τομέα Αττικής..	33
Πίνακας 7 : Πληθυσμιακά Δεδομένα Κεντρικού Τομέα Αθηνών	33
Πίνακας 8: Επιβατική Ημερήσια Κίνηση Σταθμών Μετρό Αθήνα.....	34
Πίνακας 9: Επιβατική Ημερήσια Κίνηση Σταθμών Μετρό Αθήνα	36
Πίνακας 10: Χρόνοι Διαδρομής Γραμμής 2 Μετρό.....	38
Πίνακας 11: Χρόνοι Διαδρομής Γραμμής 3 Μετρό.....	39
Πίνακας 12: Πίνακας Χιλιομετρικής Απόστασης Χρόνου Διαδρομής Μέσω του Μετρό για τη Γραμμή 3 (Με πορτοκαλί σκιαγράφηση λόγω σύνδεσης με Προαστιακό).....	41
Πίνακας 13: Πίνακας Χιλιομετρικής Απόστασης Χρόνου Διαδρομής Μέσω του Μετρό για τη Γραμμή 2.....	41
Πίνακας 14: Πυκνότητα Πληθυσμού ανά περιφερειακή Ενότητα στην Αττική.....	47
Πίνακας 15: Γεωμετρικός Μέσος κάθε στοιχείου για υπολογισμό βαρών στην ΑΗΡ.....	52
Πίνακας 16: Γεωμετρικός Μέσος κριτηρίων για υπολογισμό βαρών στην ΑΗΡ.....	52
Πίνακας 17: Πίνακας Βαρών κριτηρίων Αξιολόγησης	53

Πίνακας 18: Πίνακας Διανύσματος Συνέπειας (CV) κριτηρίων αξιολόγησης.....	54
Πίνακας 19: Υποκριτήρια Εξυπηρετούμενου Πληθυσμού (ερωτηματολόγιο 1).....	55
Πίνακας 20: Υποκριτήρια Αναμενομένης Ζήτησης (Ερωτηματολόγιο 1)	56
Πίνακας 21: Υποκριτήρια Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Ερωτηματολόγιο 1).....	57
Πίνακας 22: Υποκριτήρια Κόστους Κατασκευής (Ερωτηματολόγιο 1).....	57
Πίνακας 23: Υποκριτήρια επιπτώσεων στις αρχαιολογίες	58
Πίνακας 24: Υποκριτήρια βελτίωσης στην προσβασιμότητα.....	58
Πίνακας 25: Συγκεντρωτικός Πίνακας	59
Πίνακας 26: Κατάταξη υποκριτηρίων με βάση τα παγκόσμια Βάρη.....	60
Πίνακας 27: Αρχική Κατάταξη κριτηρίων για νέα γραμμή Μετρό.....	61
Πίνακας 28: Βάρη κριτηρίων με μεταβολή του βάρους της Αναμενομένης Ζήτησης	62
Πίνακας 29: Βάρη κριτηρίων με μεταβολή του βάρους του εξυπηρετούμενου πληθυσμού.....	63
Πίνακας 30: Βάρη κριτηρίων με μεταβολή του βάρους του Χρόνου Διαδρομής.....	64
Πίνακας 31: Σύγκριση κριτηρίων για αξιολόγηση.....	76
Πίνακας 32: Σχετική Βαθμολόγηση της κλίμακας των κριτηρίων από το 1 έως το 9.....	76
Πίνακας 33:Υποδειγμα συμπλήρωσης Πίνακα 1.....	77
Πίνακας 34: Σύγκριση Υποκριτηρίων Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός.....	77
Πίνακας 35: Σύγκριση Υποκριτηρίων Αναμενομένη Ζήτηση.....	77
Πίνακας 36: Σύγκριση Υποκριτηρίων Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	78
Πίνακας 37: Σύγκριση Υποκριτηρίων Κόστος Κατασκευής.....	78
Πίνακας 38: Σύγκριση Υποκριτηρίων Επίπτωση στις αρχαιολογίες.....	78
Πίνακας 39: Σύγκριση Υποκριτηρίων Βελτίωση στην προσβασιμότητα.....	78
Πίνακας 40: Βάρη κριτηρίων με μεταβολή του βάρους Βελτίωση στην προσβασιμότητά.....	88
Πίνακας 41: Βάρη κριτηρίων με μεταβολή του βάρους επίπτωση στις αρχαιολογίες.....	88
Πίνακας 42: Βάρη κριτηρίων με μεταβολή του βάρους κόστος κατασκευής.....	88
Πίνακας 43: Βάρη κριτηρίων με μεταβολή του βάρους Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	88

Ευρετήριο Εξισώσεων

Εξίσωση 1: Γεωμετρικός Μέσος ορός κάθε σειράς πίνακα κριτηρίων αξιολόγησης	28
Εξίσωση 2: Βάρος κριτηρίων αξιολόγησης.....	29
Εξίσωση 3: Διάνυσμα Συνέπειας.....	29
Εξίσωση 4: Μέσος ορός διανυσμάτων συνέπειας.....	29
Εξίσωση 5: Δείκτης Συνέπειας	29
Εξίσωση 6: Λόγος Συνέπειας.....	29
Εξίσωση 7: Βάρος κριτηρίων μέσω του Μοντέλου Σταθμισμένου Αθροίσματος.....	30

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά στοιχεία

Η ραγδαία αστικοποίηση των τελευταίων δεκαετιών, σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση της κινητικότητας των ανθρώπων και των αγαθών, έχει δημιουργήσει έντονες πιέσεις στα συστήματα αστικών μεταφορών. Ιδιαίτερα στις μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές, όπως είναι η Αθήνα, η καθημερινή μετακίνηση του πληθυσμού αποτελεί μια πρόκληση τόσο για τους πολίτες όσο και για τις δημόσιες αρχές. Η αυξημένη κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση ιδιωτικών οχημάτων αλλά και οι ανάγκες για γρήγορες και αξιόπιστες μετακινήσεις ενισχύουν τη σημασία των μέσων σταθερής τροχιάς και ειδικότερα του Μετρό ως βασικού πυλώνα αστικής κινητικότητας.

Η δημιουργία μιας νέας Γραμμής Μετρό δεν αποτελεί μόνο ένα τεχνικό έργο μεγάλης κλίμακας αλλά και μια στρατηγική επιλογή με μακροχρόνιες επιπτώσεις στην οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική ζωή μιας πόλης. Ένα τέτοιο εγχείρημα απαιτεί λεπτομερή προγραμματισμό και ανάλυση ώστε να διασφαλιστεί ότι η επένδυση θα ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες του πληθυσμού, θα είναι βιώσιμη στο χρόνο και θα συνεισφέρει στην αναβάθμιση του επιπέδου διαβίωσης και της συνολικής λειτουργίας της πόλης. Σε αυτό το πλαίσιο η επιλογή της χάραξης, της τοποθέτησης των σταθμών και της σύνδεσης με το υπάρχον δίκτυο δεν μπορεί να γίνεται μόνο με τεχνικά ή οικονομικά δεδομένα, αλλά απαιτεί την εξέταση ενός ευρύτερου φάσματος κριτηρίων κατά τον Vuchic (2005).

Η αξιολόγηση των κριτηρίων που επηρεάζουν τη λήψη απόφασης για την κατασκευή μιας νέας γραμμής μετρό είναι θεμελιώδης. Τέτοια κριτήρια αφορούν, μεταξύ άλλων, τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό, την αναμενομένη ζήτηση, τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, την εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης, το κόστος κατασκευής, την προσβασιμότητα για ευάλωτες κοινωνικές ομάδες, αλλά και την επίδρασή του έργου στο αρχαιολογικό πλούτο ή στην υφιστάμενη πολεοδομική δομή. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο όχι μόνο στη βιωσιμότητα του έργου αλλά και στην συνολική αποδοχή του από την κοινωνία όπως ανέφεραν οι Ahmadvand και Eghbali (2022).

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην αναγνώριση, ανάλυση και αξιολόγηση αυτών των κριτηρίων, στοχεύοντας στην ολιστική κατανόηση των παραμέτρων που πρέπει να συνεκτιμηθούν πριν τη λήψη μιας τόσο κρίσιμης απόφασης. Μέσα από την κατηγοριοποίηση των βασικών παραγόντων και την εξέταση του πλαισίου στο οποίο αυτοί λειτουργούν, επιχειρείται η διαμόρφωση ενός συνόλου προϋποθέσεων που μπορούν να οδηγήσουν στο βέλτιστο σχεδιασμό μιας νέας γραμμής Μετρό. Η εργασία εξετάζει πλήρως την ελληνική πραγματικότητα και συγκεκριμένα την περίπτωση της Αττικής, όπου τα προβλήματα της κυκλοφορίας, της πυκνότητας του δομημένου περιβάλλοντος και της ανάγκης για βιώσιμες μεταφορές καθιστούν επίκαιρη τη διερεύνηση και αξιολόγηση τέτοιων παρεμβάσεων.

Σε μια εποχή όπου οι πόλεις καλούνται να προσαρμοστούν σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον, η ανάπτυξη συγχρόνων υποδομών μεταφορών δεν μπορεί να στηρίζεται αποκλειστικά σε τεχνοκρατικά κριτήρια. Αντιθέτως απαιτείται ένας

συνδυασμός τεχνικής τεκμηρίωσης, κοινωνικής αποδοχής, οικονομικής αποδοκότητας και περιβαλλοντικής υπευθυνότητας. Η κατανόηση των παραμέτρων που καθορίζουν την επιτυχία ενός τέτοιου έργου μπορεί να αποτελέσει εργαλείο λήψης για τους αρμοδίους φορείς και ταυτόχρονα να διασφαλίσει ότι οι δημόσιες επενδύσεις οδηγούν σε ουσιαστικά και μετρήσιμα οφέλη της τοπικής κοινωνίας.

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκει να διερευνήσει τα κριτήρια που επηρεάζουν στη λήψη αποφάσεων όσον αφορά στον σχεδιασμό νέας γραμμής Μετρό στο πλαίσιο του αστικού σχεδιασμού. Αντικείμενο αποτελεί η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας η οποία να συνθέτει δεδομένα και παραμέτρους ώστε να υποστηρίζεται αποτελεσματικά η διαδικασία επιλογής σε ένα έργο μεγάλης πολυπλοκότητας και στρατηγικής σημασίας. Η εργασία τοποθετείται στο στρατηγικό επίπεδο λήψης αποφάσεων, με στόχο την ιεράρχηση των βασικών κριτηρίων που επηρεάζουν τον σχεδιασμό νέων γραμμών Μετρό.

Η εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο μπορούν να συνδυαστούν διαφορετικοί παράμετροι μέσω των κατάλληλων αναλυτικών μεθόδων, ώστε η τελική απόφαση να αντανakλά όσο το δυνατόν καλύτερα τις πραγματικές ανάγκες μιας πόλης, των κατοίκων της και της λειτουργίας του συστήματος μεταφορών. Επιχειρείται η αξιολόγηση και η ιεράρχηση κριτηρίων και υποκριτηρίων βάσει της σχετικής τους βαρύτητας στη διαδικασία σχεδιασμού με εφαρμογή της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (AHP). Η εργασία επιχειρεί να αναδείξει τον σύνθετο χαρακτήρα των αποφάσεων στον τομέα των συγκοινωνιακών έργων, προσφέροντας μια μεθοδολογική προσέγγιση μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ελληνική πραγματικότητα και στις ιδιαιτερότητες του πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού της Αττικής, ως μελέτη περίπτωσης εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Για αυτό το λόγο σχηματίστηκαν ερωτηματολόγια τα οποία συμπληρωθήκαν από ειδικούς της Αττικό Μετρό. Τα ερωτηματολόγια αυτό είχαν ως στοιχεία τους τα κριτήρια ανάλυσης, δηλαδή τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό, την αναμενόμενη ζήτηση, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το χρόνο διαδρομής, το κόστος κατασκευής, την επίπτωση στις αρχαιολογίες και τη βελτίωση στην προσβασιμότητα. Τα παραπάνω βαθμολογήθηκαν από τους ειδικούς σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Saaty. Στη συνέχεια, μετά την αρχική τους ιεράρχηση πραγματοποιήθηκε μια υποκατηγοριοποίησή τους σε υποκριτήρια.

1.3 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας

Δίνεται μια συνοπτική εικόνα της συνολικής διάρθρωσης της εργασίας και του περιεχομένου των επιμέρους κεφαλαίων:

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια εισαγωγή για την όλο και αυξανόμενη συγκέντρωση πληθυσμού στις μεγαλουπόλεις, και αναφέρεται και το πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος μεταφορών. Ακόμη γίνεται μια σύντομη αναφορά στο σκοπό της διπλωματικής εργασίας και τέλος στο τρίτο κομμάτι της ενότητας αυτή γίνεται μια συνοπτική ανάλυση για τη θεματική διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η υφιστάμενη βιβλιογραφία και σχετική ερευνητική δραστηριότητα γύρω από τις αποφάσεις για την κατασκευή νέας γραμμής Μετρό, με έμφαση σε διεθνείς και εθνικές μελέτες που έχουν αξιοποιήσει τα κριτήρια πολυκριτηριακής ανάλυσης, και πιο συγκεκριμένα της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ). Παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών από διάφορες χώρες (όπως η Κίνα, η Ταϊλάνδη, το Ιράν, η Ινδία και η Αίγυπτος) εστιάζοντας στα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν και στα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση της συγκεκριμένης βαθμολόγησης. Αναλύεται επίσης η σημασία αυτών των (όπως τεχνικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά, ασφαλείας) και η συνεισφορά τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για έργα υποδομής. Το κεφάλαιο αυτό λειτουργεί ως θεωρητικό υπόβαθρο και προετοιμάζει το έδαφος για την ανάπτυξη της μεθοδολογικής προσέγγισης στο επόμενο κεφάλαιο.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται λεπτομερής ανάλυση της μεθοδολογίας που θα ακολουθηθεί στην εργασία. Επιλέχθηκε ως βασική μέθοδος αυτή της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ). Έπειτα παρουσιάζεται αναλυτικά η κάθε μεθοδολογία από τις δυο που αναφέρθηκαν με την πρώτη να είναι μια μέθοδος που επιτρέπει τη σύγκριση και την ιεράρχηση κριτηρίων βάση της σχετικής τους σημασίας, η οποία προκύπτει μέσα από συγκρίσεις ανά ζεύγη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το WSM, το οποίο εφαρμόζεται με βάση τα βάρη που προκύπτουν από το ΑΗΡ και τις αξιολογήσεις των κριτηρίων για την κατάληξη σε τελική βαθμολογία. Ακόμη γίνεται μια διεξοδική ανάλυση των κριτηρίων που καθορίζουν την απόφαση για μια νέα γραμμή Μετρό.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των κριτηρίων. Περιλαμβάνεται η επιλογή των υποκριτηρίων με σκοπό την ποιοτική αποτίμηση των κριτηρίων. Ακολουθεί η εφαρμογή της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης για τον προσδιορισμό της βαρύτητας του κάθε κριτηρίου και η χρήση του Μοντέλου Σταθμισμένου Αθροίσματος για την τελική κατάταξη των κριτηρίων με βάση τις αξιολογήσεις των ειδικών. Τέλος παρουσιάζονται τα τελικά βάρη και οι βαθμολογίες των κριτηρίων. Τα πιο σημαντικά κριτήρια για τη λήψη απόφασης μιας γραμμής νέας γραμμής Μετρό προκύπτουν από αυτή την ανάλυση. Συνολικά το κεφάλαιο αυτό αποτελεί το πρακτικό κομμάτι της εργασίας όπου τα θεωρητικά δεδομένα της πολυκριτηριακής ανάλυσης εφαρμόζονται σε πραγματικά δεδομένα με στόχο μια ολοκληρωμένη απόφαση.

Στο κεφάλαιο 5, παρατίθεται αρχικά μια συνοπτική παρουσία της μεθοδολογικής προσέγγισης που εφαρμόστηκε στην εργασία. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα βασικά

ευρήματα και ακολουθεί η ερμηνεία και η ανάλυσή τους. Τέλος διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική ερευνητική δραστηριότητα σχετικά με το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.

Στα παραρτήματα πραγματοποιείται μια διεξοδικότερη απεικόνιση των ερωτηματολογίων και της ανάλυσης ευαισθησίας, καθώς παρουσιάζονται αναλυτικά όλοι οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν στη μεθοδολογία. Αρχικά παρουσιάζονται οι βαθμολογίες των ειδικών για τα κριτήρια αξιολόγησης και η αντίστοιχη βαθμολογία των υποκριτηρίων στα οποία χωρίστηκαν. Τέλος παρουσιάζονται και οι πίνακες για τα κριτήρια μέσης και λιγότερης σημασίας που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός για τη μελλοντική ανάπτυξη μιας γραμμής Μετρό βασίζεται σε μια ευρύτερη διερεύνηση παραγόντων σε κοινωνικό και σε οικονομικό επίπεδο προκειμένου να είναι οι μετακινήσεις στην πόλη βιώσιμες και ασφαλείς. Για τον σχεδιασμό μπορούν να επιλεγθούν και εφαρμοστούν διάφορες τεχνικές και μέθοδοι για την επιλογή της βέλτιστης λύσης.

Παρακάτω θα αναλυθεί η διαδικασία διερεύνησης των κυριότερων εκείνων παραγόντων που επηρεάζουν την λήψη αποφάσεων για την κατασκευή γραμμής Μετρό μέσω της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ) όπως αντλήθηκαν από τη βιβλιογραφία. Το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας αυτής θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3, ενώ σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν προηγούμενες έρευνες και εφαρμογές από γραμμές Μετρό άλλων χωρών που χρησιμοποίησαν τη μεθοδολογία αυτή για τη δημιουργία της γραμμής καθώς και τα κριτήρια πάνω στα οποία θα βασιστεί η κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό.

Η μεθοδολογία ΑΗΡ χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό του υπογείου δικτύου Μετρό της Ταϊλάνδης όπως δημοσιεύθηκε από τους Vayorhad και Meethom (2016). Τα κριτήρια στα οποία εστίασαν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε παράγοντες που σχετίζονται με την πολυπλοκότητα της εργασίας, τα μηχανήματα και τον εξοπλισμό, τη σοβαρότητα και τον αριθμό των ατυχημάτων, το εργασιακό περιβάλλον καθώς και τον αριθμό των εργαζομένων. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν τη φάση του σχεδιασμού για την κατασκευή μετρό κυρίως της διαδικασίας κατασκευή σήραγγας μέσω τούνελ, τα σημεία κατασκευής της στάσης και του αερισμού. Τα παραπάνω κριτήρια αξιολογήθηκαν από επιτροπή ασφάλειας του έργου και από τη διεύθυνση του έργου με υψηλότερη βαθμολογία την κατασκευή των τούνελ λόγω της δυσκολίας περάτωσης του έργου.

Επίσης, η παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή ενός από τα μεγαλύτερα δίκτυα Μετρό στο κόσμο όπως είναι αυτό της Κίνας. Η μεθοδολογία παρουσιάστηκε από τους Ma et al (2022) και οι οποίοι έλαβαν υπόψη κάποια αρχικά κριτήρια όπως η προσβασιμότητα και η πρόσβαση στις δημόσιες υπηρεσίες του σταθμού. Η πρώτη αυτή ιεράρχηση έγινε προκειμένου να είναι εφικτή η καλύτερη αξιολόγηση των κριτηρίων. Στη συνέχεια, ακολούθησαν μια δεύτερη ιεράρχηση κριτηρίων. Συγκεκριμένα, η προσβασιμότητα αναλύθηκε σε σχέση με την τοποθεσία του έργου (αν παρουσιάζει εδαφικές ιδιαιτερότητες) καθώς και στον τρόπο εισόδου στο σταθμό δηλαδή είτε μέσω κυλιόμενης σκάλας είτε ανελκυστήρα. Η ανάλυση για το δεύτερο κριτήριο που σχετίζεται με την απόκτηση πληροφοριών από το χρήστη έγινε ανάλογα με τον τρόπο πληροφόρησης δηλαδή οπτική, με αφή ή ακουστική. Τέλος για την αξιοποίηση των δημοσίων υπηρεσιών του σταθμού έγινε μια κατηγοριοποίηση στη χρήση των υπηρεσιών υγιεινής χωρίς κάποιο αντίτιμο, στην εγκατάσταση σταθμών εξυπηρέτησης των μετακινουμένων και στη διευκόλυνση της διαδρομής. Η βαθμολόγηση των κριτηρίων έγινε από χρήστες μέσω μεταφοράς, σπουδαστές πάνω στο αντικείμενο των μεταφορών, εργαζομένους στο Μετρό τόσο κατά την κατασκευή όσο και στη λειτουργία και τέλος, από ανθρώπους με κάποια αναπηρία. Με βάση τα παραπάνω σχετικά με το

πρώτο κριτήριο που αφορά την προσβασιμότητα μεγαλύτερο ρόλο έδειξαν οι εδαφικές συνθήκες σε ποσοστό 0.65 και σε ποσοστό 0.35 ο τρόπος πρόσβασης, ενώ η οπτική πληροφόρηση, με αφή και ακουστική σε ποσοστά 0.65, 0.21, 0.14 αντίστοιχα.

Μια ακόμα έρευνα που σχετίζεται με την κατασκευή μιας γραμμής Μετρό και με τη μεθοδολογία της αναλυτικής διαδικασίας ιεράρχησης δημοσιεύθηκε από τον Walaa (2022), και αφορά το σιδηροδρομικό δίκτυο στο Κάιρο. Κατά την έρευνα αυτή ως κριτήρια αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν παράγοντες που συνδέονται με τον φέροντα οργανισμό του σταθμού, αρχιτεκτονική, υδρομηχανική, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και επικοινωνίες, ασφάλεια και τέλος επιβατική χρήση σε συνδυασμό με τις εγκαταστάσεις. Αναλυτικότερα δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στο στοιχείο του φέροντα του οργανισμού των σταθμών δηλαδή τις πλάκες, δοκάρια, υποστυλώματα, τοίχοι, σκάλα και πλατφόρμα, σήμανση και τέλος τους διάδρομους του σταθμού. Στη συνέχεια έγινε μια βαθμολόγηση των κριτηρίων που αναφέρθηκαν παραπάνω από την επιτροπή ώστε να εντοπιστεί ποιο από αυτά διαδραματίζει μεγαλύτερο ρόλο στην τοποθεσία κατασκευής ενός σταθμού. Η επιτροπή αυτή αποτελούνταν από ένα σύνολο 60 ατόμων οι οποίοι είναι μηχανικοί, διευθυντές και εποπτικό προσωπικό. Σύμφωνα με την γνώμη τους τη μεγαλύτερη σημασία είχε ο φέρον οργανισμός και στη συνέχεια η αρχιτεκτονική ενώ την μικρότερη η επιβατική χρήση. Όσον αφορά τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού μεγαλύτερη επίδραση έχει η δομή της πλατφόρμας και του κλιμακοστάσιου και λιγότερο η σήμανση εντός της στάσης.

Τα χαρακτηριστικά που αποτελούν σημαντικό κομμάτι για τη λειτουργικότητα μιας νέας γραμμής σχετίζονται με επτά βασικούς άξονες σύμφωνα με την έρευνα των Jasti και Ram (2019). Οι συγκεκριμένοι ασχολήθηκαν με τον εντοπισμό των στοιχείων που αξιοποιήθηκαν για την κατασκευή του σιδηροδρομικού δικτύου στην περιοχή της Βομβάης στην Ινδία. Τα κριτήρια πάνω στα οποία βασίστηκε η μελέτη τους σχετίζονται με το υπάρχον σύστημα και δίκτυο Μετρό, την χωρητικότητα του συστήματος, την χωρητικότητα των στοιχείων των σταθμών, την άνεση, την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, την οικονομική βιωσιμότητα και την κοινωνική βιωσιμότητα. Τα παραπάνω για να ευκολότερη η βαθμολόγησή τους διαχωρίστηκαν σε ορισμένα υποκριτήρια. Το δίκτυο Μετρό συσχετίστηκε με τις ώρες λειτουργίας, την δυνατότητα μετεπιβιβάσεων και σύνδεσης με άλλες γραμμές και με τους δείκτες εξυπηρέτησης. Η χωρητικότητα του συστήματος ανάλογα με την πραγματική προς την εκτιμώμενη χωρητικότητα και τον λόγο του φόρτου εξυπηρέτησης προς τη στάθμη εξυπηρέτησης. Η χωρητικότητα των στοιχείων περιλαμβάνει τον χρόνο εξόδου από την πλατφόρμα επιβίβασης αποβίβασης και τον χρόνο εξόδου από το πιο απομακρυσμένο σημείο της πλατφόρμας. Όσον αφορά την περιβαλλοντική βιωσιμότητα αυτή αποτελείται από τον δείκτη εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ημερησίως, και το αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμων προ και μετά της κατασκευής του Μετρό. Η οικονομική βιωσιμότητα εμπεριέχει του έργου τον δείκτη που σχετίζεται με τα υψηλότερα μέχρι τα πιο περιορισμένα έξοδα λειτουργίας, το μισθολογικό κόστος των εργαζομένων, τον δείκτη κινητικότητας, την οικονομική αποδοτικότητα, την χρηματοδότηση του έργου με ιδιά κεφάλαια και τέλος τα έσοδα που δεν είναι προκαθορισμένα κατά την έναρξη των εργασιών. Συνεχίζοντας η κοινωνική διάσταση του έργου απαρτίζεται την επίδραση στο κοινωνική συνοχή, την

προσβασιμότητα στους σταθμούς με διαφορετικούς τρόπους (και την επίδραση στους οικονομικούς δείκτες της κοινωνίας). Τέλος η άνεση περιλαμβάνει το περιβάλλον εντός των συρμών και των σταθμών, την εξυπηρέτηση των επιβατών και την συχνότητα δρομολογίων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των χρηστών. Όπως φαίνεται η βαθμολόγηση όλων των παραπάνω είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία οφείλεται στο πλήθος των υπό εξέταση στοιχείων. Η επιτροπή χωρίστηκε σε δυο ομάδες με βάση την παρουσία τους στο έργο, είτε δηλαδή είναι μηχανικοί εργαζόμενοι είτε πρόκειται για επιβατικό κοινό. Από τις απόψεις των παραπάνω προέκυψε ότι το σημαντικό κριτήριο είναι η συνδεσιμότητα του Μετρό και ακολουθεί η κοινωνική επίδραση με τη χωρητικότητα του συστήματος.

Αντίστοιχα με την ανάλυση που προηγήθηκε για την κατασκευή του Μετρό της Κίνας σε περισσότερο θεωρητικό κομμάτι, ακολουθεί μια μελέτη η οποία βασίζεται περισσότερο σε κριτήρια που επηρεάζουν το κατασκευαστικό κομμάτι Li et al., (2021). Επιλέχθηκαν παράγοντες που θα επηρεάσουν την κατασκευή και σχετίζονται με περιβαλλοντικούς κινδύνους, με κινδύνους κατά τη φάση κατασκευής σηράγγων και τούνελ, και τους κινδύνους που αφορούν κάθε σταθμό ξεχωριστά ανάλογα με την τοποθεσία τους. Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας AHP, η σημασία του κάθε παράγοντα βαθμολογήθηκε από μια επιτροπή η οποία βαθμολόγησε τα κριτήρια δίνοντας σημαντικότερη επιρροή στη δυσκολία κατασκευής του έργου του έργου, στη συνέχεια στη θέση κατασκευής του έργου ώστε να εξυπηρετήσει μεγαλύτερο αριθμό επιβατών, στην κατασκευή των υπογείων τούνελ ως προς θέματα ηλεκτροδότησης και υδραυλικών προβλημάτων και τέλος στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα επιφέρει με νέα τέτοια κατασκευή.

Άλλη έρευνα η οποία χρησιμοποιεί το μοντέλο AHP για την αξιολόγηση των κινδύνων που προκύπτουν κατά τη κατασκευή μιας νέας γραμμής μετρό έγινε στην Τεχεράνη Ahmadvand και Eghbali (2022). Η συλλογή πληροφοριών είχε ως αποτέλεσμα την κατάταξη των στοιχείων όσον αφορά τους κινδύνους που θα προκύψουν κατά την κατασκευή του έργου σε τέσσερις κύριες κατηγορίες: διοικητικά ζητήματα, οικονομικοί παράγοντες, υγεία ασφάλεια και περιβάλλον και εμπειρία προσωπικού. Η μεθοδολογία προχώρησε περαιτέρω σε ανάλυση επιμέρους κριτηρίων βαθμολόγησης, όπως σε:

- Προβλήματα σχετικά με τον εξοπλισμό, τα μηχανήματα και τα ανταλλακτικά
- Αδυναμία εξασφάλισης επαρκούς προϋπολογισμού και συντήρησης του εξοπλισμού
- Προβλήματα σχετικά με τις εκσκαφές και τις σήραγγες
- Έλλειψη ειδικευμένου τεχνικού προσωπικού
- Προβλήματα λόγω αλλαγών σε κανονισμούς και νομοθεσίες αλλά και δυσκολιών σε εγκρίσεις και άδειες

Τα παραπάνω κριτήρια αξιολογήθηκαν από ειδική επιτροπή με γνώση πάνω στο αντικείμενο ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός των αδυναμιών σε τέτοιο έργο. Τα συμπεράσματα από αυτή την ανάλυση έδειξαν ότι τα μεγαλύτερα προβλήματα εντοπίζονται κυρίως σε προβλήματα σχετικά με τις συνθήκες συνθήκων κατασκευής του έργου, με τα μηχανήματα και την αδυναμία εξασφάλισης επαρκούς προϋπολογισμού και συντήρησης του εξοπλισμού καθώς και σε προβλήματα εκσκαφών.

Η έρευνα των Dirampaten και Griño (2015) ασχολήθηκε με τα κριτήρια για την κατασκευή του Μετρό της Μανίλας και συνδυάζει πλήθος επιλογών που μπορούν να παρουσιάσουν προβλήματα κατά την κατασκευή του Μετρό. Τα κριτήρια κατηγοριοποιήθηκαν σε εννιά ομάδες:

1. Ασφάλεια και υγεία εργαζομένων
2. Διαχείριση και εποπτεία
3. Περιβάλλον
4. Τεχνικά θέματα
5. Οικονομικά θέματα
6. Υλικοτεχνική υποδομή και προμήθειες
7. Ρυθμιστικό υπόβαθρο
8. Κοινωνική επίδραση
9. Ποιότητα έργου

Αναλυτικότερα, η ασφάλεια και υγεία περιλαμβάνουν το προσθετό κόστος για τους κινδύνους ασφάλειας, υγείας και προστασίας και τις κακές τεχνικές πρακτικές. Αντίστοιχα η διαχείριση και η εποπτεία του έργου περιλαμβάνει την έλλειψη επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας, την απουσία σταθερότητας στο χρονοδιάγραμμα και στη διάρκεια του έργου, την έλλειψη τεχνογνωσίας και εμπειρίας, την απουσία συντονισμού, την ανεπάρκεια στην επικοινωνία και την σταθερότητα στο πεδίο εφαρμογής του έργου και τη στρατηγική των προμήθειων. Η οικονομική σταθερότητα μπορεί να επηρεάζει την κλιμάκωση των τιμών, την καθυστέρηση των πληρωμών, και την απώλεια εσοδών, την ανεπαρκή επικοινωνία και συντονισμό, την έλλειψη τεχνογνωσίας και εμπειρίας. Η ποιότητα του έργου εξαρτάται από την κακή διαχείριση του έργου, καθυστέρησης επιθεώρησης και την κακή ποιότητα γενικότερα. Η έλλειψη εξοπλισμού, καθώς και εργατών σε συνδυασμό με διάφορες προκλήσεις στη διαχείριση του εξοπλισμού επιδρούν αρνητικά στην ταχύτερη ολοκλήρωση του έργου. Επίσης εξετάστηκαν και τεχνικοί κίνδυνοι, η έλλειψη σαφήνειας και χρονοπρογραμματισμού του σχεδιασμού, ο εξοπλισμός χαμηλής ποιότητας, η πολυπλοκότητα και η ανεπάρκεια πληροφόρησης για το έργο. Η κοινωνική επίδραση επίσης παίζει ρόλο μέσω της συσχέτισής της με την κατοχή οικοδομήσιμης γης και το εκάστοτε νομικό πλαίσιο που υπάρχει στην κοινωνία. Η αξιολόγηση των κριτηρίων είχε ως τελικό αποτέλεσμα ότι σημαντικότερο ρόλο στην κατασκευή του έργου, συμφωνά με τη μεθοδολογία της AHP, έχουν οι κανόνες υγείας και ασφάλειας καθώς και η ποιότητα του έργου και η διαχείριση της εποπτεία τους αυτού.

Ακόμη μια μελέτη που χρησιμοποίησε τη μέθοδο της AHP δημοσιεύθηκε από τους Ma et al. (2023) και αφορά μια γενικότερη αξιολόγηση του υπογείου σιδηροδρομικού δικτύου της Ασίας σε κατασκευαστικό επίπεδο. Η ανάλυσή τους βασίστηκε σε πέντε κυρίους παράγοντες που δημιουργούν κινδύνους στην κατασκευή οι οποίοι εντοπίζονται στους εξής εργατικό δυναμικό, μηχανήματα κατασκευής, υλικά κατασκευής, τρόπος κατασκευής και τέλος το κατασκευαστικό περιβάλλον. Τα παραπάνω κατατάχθηκαν σε υποκατηγορίες ώστε να είναι ευκολότερη η αξιολόγησή τους. Το πρώτο κριτήριο αποτελείται από την κατάρτιση που κατέχουν οι εργαζόμενοι πάνω στο αντικείμενο εργασίας τους, την εμπειρία πάνω στο αντικείμενο και την προηγούμενη ενασχόληση τους με παρεμφερή

τομέα εργασίας, την διαχείριση του προσωπικού, και τα μέτρα πρόληψης για την ενίσχυση της ασφαλείας. Τα μηχανήματα κατασκευής κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με την απόδοση μηχανημάτων και εξοπλισμού, τη συντήρηση, το ποσοστό βλαβών και το επίπεδο παρακολούθησης εξοπλισμού. Στα υλικά κατασκευής έγινε διάκριση σχετικά με την ποιότητα των υλικών στα εργοτάξια, στην αποθήκευσή τους, την διαθεσιμότητα των δομικών υλικών και στη στεγανοποίηση τους. Ο τρόπος κατασκευής περιλαμβάνει τον σωστό προγραμματισμό του έργου, την σκοπιμότητα παράδοσης, τα υποστυλώματα της κατασκευής και την παραγωγή δειγμάτων εργοταξίου. Τέλος οι παράγοντες που σχετίζονται με το περιβάλλον αφορούν την γεωλογική κατάσταση της περιοχής, την ύπαρξη όμορων κτηρίων γύρω από τη στάση, την υποσκαφή δημοσίων αγωγών και το περιβάλλον γύρω από τον σταθμό. Τα παραπάνω σύμφωνα με την μεθοδολογία της AHP αξιολογήθηκαν από μια επιτροπή ώστε να προκύψει ποια από τα κριτήρια διαδραματίζουν μεγαλύτερο ρόλο στην κατασκευή ενός τέτοιου εγχειρήματος. Η βαθμολόγησή τους τόνισε ότι το σημαντικότερο κριτήριο αφορά το επίπεδο κατάρτισης του εργατικού δυναμικού και στη συνέχεια η απόδοση του μηχανικού εξοπλισμού και η γεωλογική κατάσταση της περιοχής, ενώ λιγότερο σημαντικά αποδείχθηκαν η διαχείριση του προσωπικού και η σκοπιμότητα παράδοσης του έργου.

Το δίκτυο αστικών σιδηροδρομικών μεταφορών διαμορφώνεται σε μεγάλο βαθμό από παράγοντες όπως η συγκέντρωση πληθυσμού, η ένταση της οικονομικής δραστηριότητας και η εξέλιξη της τεχνολογίας. Η διαχείριση της ασφάλειας ενός εγχειρήματος παρουσιάστηκε από τους Liu et al. (2023). Οι βάσεις του σχετίζονται με ένα πλαίσιο ετοιμότητας εκτάκτων αναγκών, ικανότητας πρόληψης κινδύνων, ικανότητα αντιμετώπισης τους και την ικανότητα έκτακτης ανάγκης. Τα παραπάνω διαχωρίστηκαν σε επιμέρους ενότητες με την ικανότητα πρόληψης εκτάκτων αναγκών να εμπεριέχει την οργάνωση έκτακτης ανάγκης, την ικανότητα διαχείρισης και βελτίωσης αναγκών έκτακτης ανάγκης, την ικανότητα αναγνώρισης κινδύνων κυκλοφορίας, το σύστημα προειδοποίησης κινδύνων, το σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης καθώς και τις προφυλάξεις για κινδύνους. Το πλαίσιο ετοιμότητας έκτακτης ανάγκης αποτελείται από την πρόβλεψη ατυχημάτων και έγκαιρης προειδοποίησης, την άσκηση εκτάκτων αναγκών, την ομάδα διάσωσης, την εκπαίδευση και τον εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης και υλικής υποστήριξης. Το τρίτο κριτήριο ασφάλειας διαχωρίστηκε την ανταπόκριση σε συναγερμό, την ανταπόκριση σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, τη διάσωση σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης και την τεχνική υποστήριξη. Η έκτακτη ανάγκη αποτελείται από το σχέδιο ανάκτησης και ανασυγκρότησης, και τη διερεύνηση ατυχημάτων. Η βαθμολόγηση των παραπάνω έδωσε ως σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης την ικανότητα πρόληψης κινδύνου, και λιγότερο σημαντικό την ικανότητα αντιμετώπισης κινδύνων. Ενώ στα υποκριτήρια βαθμολογήθηκε η προφύλαξη από κινδύνους και η έγκαιρη προειδοποίηση για κινδύνους.

Η διάνοιξη σηράγγων για τη διέλευση των συρμών είναι μια πολύπλευρη χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία, η οποία ωστόσο είναι ιδιαίτερως σημαντική για την λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου καθώς και για την διέλευση των συρμών προκειμένου να συνδέονται οι σταθμοί μεταξύ τους. Η διαδικασία της κατασκευής τέτοιων υπογείων τούνελ αναλύθηκε από τους Wu et al. (2020) χρησιμοποιώντας την πολυκριτηριακή

ανάlysή για την εξέταση των καθοριστικών παραγόντων. Τα υπό εξέταση στοιχεία σχετίζονται με την καθίζηση του εδάφους, την περιβάλλουσα εδαφική τάση και την καθίζηση του θόλου της σήραγγας σε συνδυασμό με την οριζόντια μετατόπιση που υπόκειται το μέσο της τοξωτής κατασκευής. Στη συνέχεια εξετάστηκαν στοιχεία που επιδρούν στην ευστάθεια του θόλου όπως είναι η ακολουθία της κατασκευής, η απόσταση μεταξύ των στοιχείων της κατασκευής, το πάχος του κονιάματος καθώς και το μήκος της ζώνης, το πάχος της, η πίεση του κονιάματος, ο όγκος του κονιάματος, η σύνθεση του κονιάματος, η ορυκτολογική του σύσταση καθώς το πεδίο εφαρμογής του. Τα παραπάνω αποτέλεσαν το αντικείμενο μελέτης της έρευνας και αποτέλεσαν τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην ΑHP. Η βαθμολογία από τους ερωτηθέντες, οι οποίοι ήταν μηχανικοί, καθηγητής πανεπιστήμιου καθώς και ο υπεύθυνος του έργου, έδωσε ως πιο σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την ευστάθεια της σήραγγας, την βύθιση που θα υποστεί ο θόλος, ενώ λιγότερο σημαντικό αποτέλεσε η οριζόντια μετατόπιση του τοξωτού μέσου.

Πέρα από την αναφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή μιας σήραγγας Μετρό σε ένα τέτοιο συγκοινωνιακό έργο απαιτείται ο προσδιορισμός των κινδύνων καθώς και τα προβλήματα που θα προκύψουν για την ολοκλήρωση του. Τα παραπάνω στοιχεία εξετάστηκαν για το μετρό της Κίνας από τους Liu et al. (2021). Συγκεκριμένα έγινε ένας διαχωρισμός των παραγόντων σε κινδύνους που σχετίζονται με το κατασκευαστικό κομμάτι, το περιβαλλοντικό κομμάτι, τους γεωλογικούς και φυσικούς και τέλος με το νομικό πλαίσιο. Η κατασκευαστική φάση περιλαμβάνει την θεμελίωση του έργου στη συγκεκριμένη περίπτωση με έγχυτους πασσάλους, τις χωματουργικές εκσκαφές, το σύστημα υποστήριξης, την αποστράγγιση και τις υδραυλικές εργασίες. Το περιβαλλοντικό πλαίσιο εμπεριέχει τους κινδύνους τόσο στην επιφάνεια όσο και στα υπόγεια έργα σε συνδυασμό με τα έργα οδοποιίας.

Η κατασκευή ενός τέτοιου έργου είναι μια συνθέτη διαδικασία που απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και μελέτη πολλών παραγόντων. Πριν από την έναρξη των εργασιών εξετάζονται διαφορετικά στοιχεία τα οποία συνδέονται από την δομή και την αρχιτεκτονική του σταθμού, ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις, επικοινωνίες και τέλος την παροχή ενέργειας. Όλα τα παραπάνω είναι καθοριστικά για την ασφάλεια, την λειτουργικότητα και την επιτυχία του έργου όπως παρουσιάστηκε στην μελέτη των Keraptsoglou et al. (2013). Η ανάλυση συνέδεσε την αρχιτεκτονική με τα φέροντα στοιχεία, το σύστημα φωτισμού και το σύστημα ύδρευσης και αποχέτευσης. Επίσης οι ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις εμπεριέχουν τους ανελκυστήρες και τις κυλιόμενες σκάλες, το σύστημα κλιματισμού και την ανίχνευση πυρκαγιάς, ενώ το σύστημα επικοινωνιών αναφέρεται στις κάμερες παρακολούθησης και συναγερμό, στο τηλεφωνικό κέντρο και στο σύστημα διαχείρισης συλλογής καπνού. Τέλος η παροχή ενέργειας διακρίνεται στους ηλεκτρικούς υποσταθμούς, στις γεννήτριες παροχής ρεύματος και στις μπαταρίες λειτουργίας των μηχανήματων εντός του σταθμού. Η βαθμολόγηση που προέκυψε μέσω της διαδικασίας ΑHP έδωσε ως το κριτήριο με τη μεγαλύτερη σημασία την παροχή ενέργειας στους σταθμούς, ενώ όσον αφορά στις υποκατηγορίες κυριαρχικό ρόλο διαδραματίζουν οι γεννήτριες παροχής ρεύματος, και τα υδραυλικά συστήματα.

2.2 Συμπεράσματα βιβλιογραφίας

Η ανάλυση των παραπάνω ερευνών και πρακτικών κατέστησε σαφές ότι η επιλογή τοποθεσίας και ο σχεδιασμός τέτοιων έργων δεν είναι αποκλειστικά τεχνικό έργο, αλλά απαιτεί εκτίμηση πολύπλοκων και συχνά αλληλοσχετιζόμενων στοιχείων.

Η εφαρμογή πολυκριτηριακών μεθόδων, όπως η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (ΑΗΡ), χρησιμοποιείται ευρέως ως εργαλείο υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων για έργα υποδομής μεγάλης κλίμακας. Η παραπάνω μεθοδολογία επιτρέπει την κατηγοριοποίηση και σταθμισμένη αξιολόγηση κριτηρίων που αφορούν τόσο τη βιωσιμότητα όσο και την αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού. Μέσω αυτής της προσέγγισης ποσοτικοποιούνται παράγοντες όπως η αναμενομένη επιβατική κίνηση το κατασκευαστικό κόστος, ο πληθυσμός που εξυπηρετείται, οι περιβαλλοντικές και αστικές επιπτώσεις, η προσβασιμότητα για ευάλωτες κοινωνικές ομάδες, η διασύνδεση με υπάρχοντα μέσα μεταφοράς και η κοινωνική αποδοχή του έργου.

Ένα βασικό εύρημα από την ανάλυση της σχετικής βιβλιογραφίας είναι ότι τα κριτήρια διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τον πολεοδομικό σχεδιασμό, γεωμορφολογικό και κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον στο οποίο εξετάζεται το έργο. Σε πιο ανεπτυγμένα ή πυκνοδομημένα αστικά περιβάλλοντα, παρατηρείται ενίσχυση της σημασίας παραγόντων όπως η συνδεσιμότητα με άλλα μέσα και η συνολική επίδραση στη συνολική κινητικότητα της πόλης. Αντίθετα, σε περιοχές με αυξημένες τεχνικές κατασκευαστικές δυσκολίες δίνεται έμφαση σε κριτήρια που σχετίζονται με τις γεωτεχνικές συνθήκες, την ασφάλεια και το φυσικό περιβάλλον. Επιπλέον τονίζεται η παρουσία διαφορετικών ομάδων, όπως μηχανικοί, διοικητικοί φορείς, επιβάτες, και ειδικοί επιστήμονες για την βαθμολόγησή τους προκειμένου να διαμορφωθεί μια σφαιρική εικόνα των αναγκών και των προτεραιοτήτων. Η συλλογή και η ανάλυση των απόψεων αυτών των ομάδων βοηθά στην κατανόηση όχι μόνο των τεχνικών απαιτήσεων αλλά και των κοινωνικών και λειτουργικών επιπτώσεων του έργου στο κοινωνικό σύνολο.

Η επιλογή, λοιπόν, για την κατασκευή μιας νέας γραμμής μετρό σχετίζεται με μια σειρά από κριτήρια αξιολόγησης τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω. Τα κριτήρια αυτά έχουν να κάνουν με διάφορους τομείς και συνοψίζονται στα εξής:

1. Ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός
2. Η αναμενομένη ζήτηση είτε ημερήσια είτε ωριαία
3. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (ηχορύπανση, ατμοσφαιρική)
4. Η εξοικονόμηση χρόνου διαδρομής
5. Το κόστος κατασκευής
6. Επίπτωση στις αρχαιολογίες
7. Η βελτίωση της προσβασιμότητας, ιδίως στις κεντρικές πόλεις

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει ανάλυση των παραγόντων που διαδραματίζουν σημαντικό ρολό στην κατασκευή νέας γραμμής Μετρό. Γενικά η βιβλιογραφία τονίζει ότι η επιλογή της χάραξης νέας γραμμής Μετρό δεν μπορεί να βασίζεται σε αποκλειστικά σε αντικειμενικούς δείκτες και μεμονωμένες τεχνικές

εκτιμήσεις. Η επιτυχία του σχεδιασμού εξαρτάται από τη συστηματική ενσωμάτωση ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων, την προσαρμογή του έργου στις τοπικές ιδιαιτερότητες, και την ικανότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται στις τρέχουσες άλλα και μελλοντικές ανάγκες μετακίνησης.

3. Μεθοδολογική προσέγγιση

3.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1.1 Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων

Οι Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων αποτελούν ένα σύνολο μαθηματικών τεχνικών που έχουν ως στόχο τη σύγκριση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων για την επίλυση ενός προβλήματος, με σκοπό την ανάδειξη της καταλληλότερης επιλογής. Συνήθως, στα προβλήματα αυτού του τύπου δεν υφίσταται μία αντικειμενικά βέλτιστη απόφαση, ούτε αποσκοπούν στον εντοπισμό μιας τέτοιας απόφασης, αλλά επιδιώκεται ο εντοπισμός της λύσης που ανταποκρίνεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στις προτιμήσεις και τις ανάγκες των εμπλεκομένων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανάλυσης του προβλήματος σε επιμέρους συνιστώσες (κριτήρια), του προσδιορισμού της σχετικής σημασίας κάθε κριτηρίου για τα ενδιαφερόμενα μέρη και, της αξιολόγησης των διαθέσιμων επιλογών με βάση σταθμισμένα κριτήρια (Saaty 1987).

Οι μέθοδοι αυτές συχνά περιλαμβάνουν και αναλύσεις ευαισθησίας για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Σήμερα, υπάρχει πληθώρα διαθέσιμων μεθόδων, καθεμία με τα δικά της πλεονεκτήματα και περιορισμούς. Οι διαφορές μεταξύ τους εντοπίζονται κυρίως στον τρόπο προσδιορισμού των βαρών των κριτηρίων, στη διαδικασία αξιολόγησης των εναλλακτικών ή στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματική εργασίας θα εφαρμοστεί η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process – AHP) για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων, ενώ η αξιολόγηση των κριτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό θα γίνει μέσω συμπληρωματικών ερωτηματολογίων και χωρισμό σε υποκριτήρια και τέλος μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας τους.

3.1.2 Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (AHP)

Η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process – AHP) αποτελεί μια συστηματική μεθοδολογία για την οργάνωση, ανάλυση και υποστήριξη της λήψης αποφάσεων, η οποία στηρίζεται σε αρχές των μαθηματικών και της ψυχολογίας.

Η μέθοδος αναπτύχθηκε από τον Αμερικανό μαθηματικό Saaty (1987) και, από τότε, αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης μελέτης. Η AHP έχει καθιερωθεί ως μία από τις πιο διαδεδομένες προσεγγίσεις στη λήψη αποφάσεων. Η μέθοδος βασίζεται στη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών κριτηρίων που καθορίζουν μια απόφαση. Ο στόχος της δεν είναι να αναδείξει μία και μοναδική «ορθή» επιλογή, αλλά να βοηθήσει στην επιλογή εκείνης που εναρμονίζεται καλύτερα με τους στόχους και τις προτεραιότητες των εμπλεκομένων. Η διαδικασία λήψης απόφασης με τη χρήση της AHP περιλαμβάνει συνήθως τα εξής βασικά στάδια (Ζηργάνος, 2020):

1. **Καθορισμός του προβλήματος και προσδιορισμός των διαθέσιμων εναλλακτικών**

Διατύπωση του προβλήματος προς επίλυση, καθώς και η καταγραφή των πιθανών επιλογών που πρόκειται να αξιολογηθούν.

2. **Διαμόρφωση της ιεραρχικής δομής του προβλήματος.**
Διαμορφώνεται η αρχική σε ανώτερο επίπεδο δομή με τα κύρια κριτήρια και στη συνέχεια, γίνεται εξειδίκευση σε τυχόν υποκριτήρια.
3. **Διενέργεια συγκρίσεων ανά ζεύγη μεταξύ των κριτηρίων και υποκριτηρίων του ίδιου ιεραρχικού επιπέδου.**
Διαμόρφωση πινάκων, στους οποίους κάθε στοιχείο συγκρίνεται ως προς τη σχετική σημασία του με τα υπόλοιπα, χρησιμοποιώντας μια κλίμακα αξιολόγησης από το 1 έως το 9.
4. **Προσδιορισμός των βαρών για κάθε κριτήριο και υποκριτήριο.**
Υπολογισμός βαρών βάσει των συγκριτικών αξιολογήσεων του προηγούμενου βήματος, για κάθε επίπεδο της ιεραρχίας ξεχωριστά, ξεκινώντας από την κορυφή και προχωρώντας σταδιακά προς τα κάτω.

Η μέθοδος AHP στηρίζεται σε τέσσερις βασικές παραδοχές:

1. **Αρχή της αμοιβαιότητας στις συγκρίσεις:**
Όταν δύο κριτήρια συγκρίνονται μεταξύ τους, αν ένα κριτήριο A κρίνεται ότι είναι x φορές πιο σημαντικό από ένα κριτήριο B, τότε αντιστρόφως το B θεωρείται $1/x$ φορές πιο σημαντικό από το A.
2. **Ομοιογένεια των στοιχείων:**
Τα στοιχεία που υπόκεινται σε αξιολόγηση θα πρέπει να είναι συγκρίσιμα ως προς τα κοινά χαρακτηριστικά τους, ώστε να μην παρουσιάζουν υπερβολικά μεγάλες διαφορές που καθιστούν τη σύγκριση μη ρεαλιστική.
3. **Μονόδρομη εξάρτηση μεταξύ επιπέδων της ιεραρχίας:**
Ένα κριτήριο που ανήκει σε υψηλότερο επίπεδο επηρεάζεται από κριτήρια κατώτερου επιπέδου, αλλά η επίδραση δεν λειτουργεί προς την αντίθετη κατεύθυνση.
4. **Επαρκής αναπαράσταση των στόχων στην ιεραρχία:**
Η μέθοδος είναι αποτελεσματική μόνο στο βαθμό που έχουν ενσωματωθεί πλήρως και σωστά οι στόχοι στο ιεραρχικό μοντέλο του προβλήματος.

Βήμα 1ο: Καθορισμός του προβλήματος

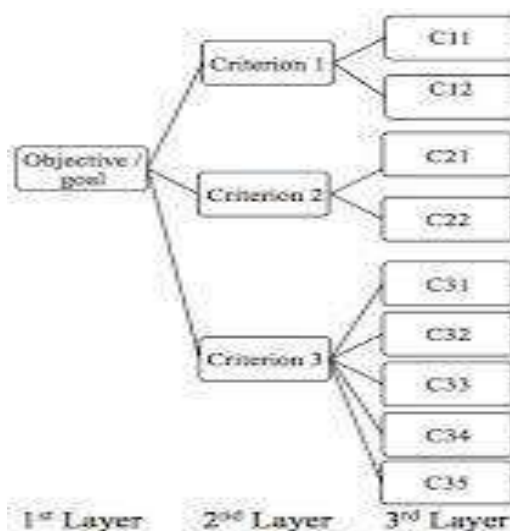
Το πρώτο στάδιο αφορά στη σαφή διατύπωση του αντικειμένου της ανάλυσης. Ο αναλυτής προσδιορίζει τον κύριο στόχο της μελέτης, καθώς και τις διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις από τις οποίες πρόκειται να γίνει η τελική επιλογή.

Βήμα 2ο: Διαμόρφωση της ιεραρχικής δομής του προβλήματος

Σε αυτό το στάδιο, το πρόβλημα αποδομείται στις επιμέρους διαστάσεις του. Συγκεκριμένα, εντοπίζονται τα βασικά κριτήρια που επηρεάζουν την επίτευξη του στόχου, ενώ στη συνέχεια τα κριτήρια αυτά μπορούν να εξειδικευτούν σε υποκριτήρια που συμβάλλουν στην επιμέρους αξιολόγησή τους. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί σε περισσότερα επίπεδα, έως ότου η ανάλυση κριθεί ικανοποιητική.

Η συνολική απεικόνιση της ιεραρχίας παίρνει συνήθως τη μορφή ενός «δέντρου»: στην κορυφή τοποθετείται ο βασικός στόχος, ακολουθούν σε διαδοχικά επίπεδα τα κριτήρια και υποκριτήρια, ενώ στη βάση τοποθετούνται οι εναλλακτικές επιλογές.

Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα κρίσιμο στάδιο της μεθόδου, καθώς η πληρότητα και η ορθότητα της ιεραρχικής ανάλυσης καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία και τη χρησιμότητα των τελικών αποτελεσμάτων. Εάν η ανάλυση του προβλήματος δεν είναι επαρκής, η μέθοδος δεν θα μπορέσει να οδηγήσει σε μια ικανοποιητική απόφαση.



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΙΕΡΑΡΧΙΣΗΣ ΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΑ (ΑΗΡ) (Πηγή: Russo. R, Camanho R. (2015))

Βήμα 3ο: Σύγκριση των κριτηρίων

Στο βήμα αυτό, κάθε κριτήριο και υποκριτήριο του μοντέλου συγκρίνεται με τα υπόλοιπα κριτήρια στην ιεραρχία του ίδιου επιπέδου στην ιεραρχία του προβλήματος. Σκοπός της διαδικασίας είναι η αποτύπωση της σχετικής σπουδαιότητας των κριτηρίων, μέσα από την υποκειμενική αξιολόγηση των συμμετεχόντων στη μελέτη.

Για τον σκοπό αυτό κατασκευάζονται και συμπληρώνονται πίνακες στους οποίους κάθε στήλη αντιπροσωπεύει και ένα κριτήριο. Στα κελιά του πίνακα ο ενδιαφερόμενος βαθμολογεί το κριτήριο της σειράς σε σχέση με το κριτήριο της στήλης και με βάση την σχετική του σημασία. Η κλίμακα αυτή είναι από το 1 μέχρι το 9 (Πίνακας 1). Αν το κριτήριο της στήλης είναι σημαντικότερο γίνεται χρήση κλασμάτων.

Πίνακας 1: Σχετική Βαθμολόγηση της κλίμακας των κριτηρίων από το 1 έως το 9 (Saaty 1987)

Σημασία Κριτηρίου	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίση Σημασία	Τα δυο κριτήρια έχουν την ίδια σημασία

3	Ελαφρά Σημασία	Τα ένα κριτήριο είναι ελαφρώς σημαντικότερο από το άλλο
5	Ουσιώδης Σημασία	Τα ένα κριτήριο είναι σαφώς σημαντικότερο από το άλλο
7	Πολύ Ουσιώδης Σημασία	Τα ένα κριτήριο είναι πολύ σημαντικότερο από το άλλο
9	Υψίστη Σημασία	Η σημασία του ενός κριτηρίου σε σχέση με το άλλο είναι υψίστου μεγέθους
2,4,6,8	Ενδιάμεσες Τιμές	Όταν απαιτείται να εκφραστεί μια ενδιάμεση κατάσταση

Βήμα 4ο: Προσδιορισμός των Βαρών

Τελευταίο βήμα της μεθόδου AHP είναι ο καθορισμός των βαρών του κάθε κριτηρίου και υποκριτήριο με βάση την αξιολόγηση της επιμέρους σημασίας των κριτηρίων. Τα βήματα που θα ακολουθηθούν για τον υπολογισμό είναι τα εξής.

Αρχικά υπολογίζεται ο γεωμετρικός μέσος όρος $\bar{\omega}_i$ κάθε σειράς i του πίνακα με τον τύπο:

$$\bar{\omega}_i = \sqrt[n]{x_{i1} * x_{i1} * \dots * x_{iN}} \quad (1)$$

Όπου n πλήθος των κριτηρίων που επιλέχθηκαν.

Το βάρος \bar{W}_i του κάθε κριτηρίου υπολογίζεται ως ο λόγος του γεωμετρικού μέσου της κάθε σειράς του πίνακα η οποία αντιστοιχεί σε κάθε κριτήριο προς το άθροισμα των γεωμετρικών μέσων των σειρών του πίνακα:

$$\bar{W}_i = \frac{\bar{\omega}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i} \quad (2)$$

Όπου n ο αριθμός των κριτηρίων που επιλέχθηκαν. Τα βάρη των κριτηρίων θα πρέπει αθροιστικά να είναι ίσα με ένα. Από αυτή την διαδικασία προκύπτει το διάνυσμα των βαρών.

Έπειτα γίνεται έλεγχος συνέπειας της ανάλυσης: Αρχικά υπολογίζεται το διάνυσμα συνέπειας (Consistency Vector - CV) πολλαπλασιάζοντας τον πίνακα με το διάνυσμα βαρών και έπειτα διαιρώντας την σειρά κάθε κριτηρίου με το αντίστοιχο βάρος:

$$CV_n = \frac{x_{n1} * w_{11} + x_{n2} * w_{21} + \dots + x_{nn} * w_{n1}}{w_{n1}} \quad (3)$$

Επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του μέσου όρου λ_{max} των σειρών του διανύσματος

$$\lambda_{max} = \frac{CV_1 + CV_2 + \dots + CV_n}{n} \quad (4)$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index - CI) από τον τύπο:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

Τέλος έχοντας υπολογίσει τον Δείκτη Συνέπειας υπολογίζεται ο Λόγος Συνέπειας (Consistency Ratio - CR) από τον τύπο:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

όπου ο RI είναι ο παίρνει τιμές ανάλογα με τον αριθμό των κριτηρίων ως εξής:

Πίνακας 2: Ο δείκτης RI ανάλογα με τον αριθμό των κριτηρίων (ΠΗΓΗ: Saaty 1987)

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Για να είναι αποδεκτή η τιμή του Λόγου Συνέπειας πρέπει να ισχύει ότι $CR < 0,1$.

3.1.3 Μοντέλο Σταθμισμένου Αθροίσματος

Το Μοντέλο Σταθμισμένου Αθροίσματος (Weighted Sum Method) είναι η πιο γνωστή μέθοδος βαθμολόγησης των διάφορων επιλογών σε μια Πολυκριτηριακή Ανάλυση. Αποτελείται από το άθροισμα των δεδομένων του προβλήματος, με κάθε δεδομένο να είναι πολλαπλασιασμένο με ένα βάρος. Τα βάρη προκύπτουν είτε από εφαρμογή μιας μεθόδου καθορισμού των βαρών όπως η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP), είτε αποφασίζονται από τους ενδιαφερομένους επιτόπου. Η απόφαση για το μεγαλύτερο άθροισμα θεωρείται η ευνοϊκότερη.

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα οι εξεταζόμενες επιλογές είναι τα κριτήρια για τη δημιουργία μιας νέας γραμμής Μετρό. Τα δεδομένα των 7 κριτηρίων είναι οι βαθμολογίες τους όσον αφορά τη σημασία τους για μια νέα κατασκευή στα επιμέρους κριτήρια, όπως προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια που θα τεθούν προς αξιολόγηση από τους ειδικούς (experts). Τα βάρη κάθε κριτηρίου προέκυψαν από την εφαρμογή της AHP στο προηγούμενο στάδιο.

Ο τύπος είναι ο εξής:

$$Bo\lambda = B1 * W1 + B2 * W2 + B3 * W3 + B4 * W4 + B5 * W5 + B6 * W6 + B7 * W7 \quad (7)$$

Η βαθμολογία των κριτηρίων και η τελική βαθμολογία τους θα πάρει τιμές από 1 έως 5. Πρέπει να σημειωθεί πως για να εφαρμοστεί σωστά η μέθοδος πρέπει όταν υπάρχουν δεδομένα τα οποία εκφράζονται με διαφορετικές μονάδες, να προηγηθεί κανονικοποίηση

των δεδομένων. Επίσης, αν τυχόν κάποια δεδομένα δεν έχουν εκφραστεί σε νούμερα, πρέπει να προηγηθεί της κανονικοποίηση ή μετατροπή των δεδομένων αυτών σε αριθμητικά μετρήσιμη κλίμακα. Εφόσον στο συγκεκριμένο πρόβλημα όλα τα δεδομένα εκφράζονται ως βαθμολογία από 0 έως 5, δεν χρειάστηκε κανονικοποίηση.

3.2 Καθορισμός κριτηρίων

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια διεξοδικότερη ανάλυση των κριτηρίων που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2 προκειμένου να είναι εφικτή η τελική αξιολόγησή τους σε μεταγενέστερο στάδιο. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα κριτήρια αυτά είναι ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός, η αναμενομένη ζήτηση, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ο χρόνος διαδρομής, το κόστος κατασκευής, οι επιπτώσεις στις αρχαιολογίες και η βελτίωση της προσβασιμότητας. Η ανάλυση των παραγόντων αυτών θα γίνει με βάση τα στοιχεία που υπάρχουν για το συγκοινωνιακό δίκτυο της Αθήνας ώστε να υπάρχει μια συγκρίσιμη τάξη μεγέθους.

3.2.1 Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός

Η υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα που παρατηρείται στα αστικά κέντρα ενισχύει σημαντικά τη σκοπιμότητα και την αναγκαιότητα των συστημάτων μετρό. Η συνεχώς αυξανόμενη συσσώρευση ατόμων σε κοντινή απόσταση, δημιουργεί την ανάγκη για αποτελεσματικές μεταφορές. Ο σκοπός της μετακίνησης ποικίλει και μπορεί να οφείλεται είτε σε εργασία, είτε σε αναψυχή, είτε σε άλλους λόγους. Το αποτέλεσμα είναι να δικαιολογείται η επένδυση για υποδομές σε Μετρό αλλά και να διασφαλίζει επίσης ότι τέτοιες εξελίξεις είναι οικονομικά και αποδοτικά βιώσιμες, εξυπηρετώντας παράλληλα τη μελλοντική αύξηση του πληθυσμού, ενώ παράγουν και μια ολοκληρωμένη εμπειρία σε μεταφορικό επίπεδο.

Οι Πίνακες 3.1 έως 3.5 παρουσιάζουν τον πληθυσμό ανά περιφερειακή ενότητα για την Αττική και συγκεκριμένα της Ανατολικής Αττικής, του Πειραιά, της Δυτικής Αττικής, την Ενότητα Βόρειου Τομέα καθώς και τον Κεντρικό τομέα της Αττικής.

Πίνακας 3.1 Πληθυσμιακά Στοιχεία Περιφερειακής Ενότητας Ανατολικής Αττικής (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2022)

Περιφερειακή Ενότητα Ανατολικής Αττικής

Δήμος	Πληθυσμός		Άνδρες		Γυναίκες	
	2011	2021	2011	2021	2011	2021
ΑΧΑΡΝΩΝ	106.943	108.169	53.905	53.622	53.038	54.547
ΒΑΡΗΣ - ΒΟΥΛΑΣ - ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	48.399	52.546	23.654	25.329	24.745	27.217
ΔΙΟΝΥΣΟΥ	40.193	42.376	19.492	20.530	20.701	21.846
ΚΡΩΠΙΑΣ	30.307	30.817	15.277	15.349	15.030	15.468
ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	25.102	25.199	12.474	12.520	12.628	12.679
ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ	33.423	31.331	18.661	16.266	14.762	15.065
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ	20.040	21.722	9.845	10.631	10.195	11.091
ΠΑΙΑΝΙΑΣ	26.668	28.036	13.192	13.727	13.476	14.309
ΠΑΛΛΗΝΗΣ	54.415	59.459	26.694	28.914	27.721	30.545
ΡΑΦΗΝΑΣ - ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ	20.266	22.327	9.839	10.821	10.427	11.506
ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	29.002	30.047	14.345	14.774	14.657	15.273
ΣΠΑΤΩΝ - ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ	33.821	34.915	16.730	17.254	17.091	17.661
ΩΡΩΠΟΥ	33.769	31.811	18.509	16.268	15.260	15.543

Πίνακας 3.2 Πληθυσμιακά Δεδομένα Περιφερειακής Ενότητας Πειραιά (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2022)

Περιφερειακή Ενότητα Πειραιώς

Δήμος	Πληθυσμός		Άνδρες		Γυναίκες	
	2011	2021	2011	2021	2011	2021
ΠΕΙΡΑΙΩΣ	163.688	168.151	78.200	80.642	85.488	87.509
ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ - ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑΣ	91.045	89.536	43.922	43.247	47.123	46.289
ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ	63.445	61.248	31.642	30.257	31.803	30.991
ΝΙΚΑΙΑΣ - ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ ΡΕΝΤΗ	105.430	103.488	51.200	50.061	54.230	53.427
ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	25.389	25.628	12.448	12.616	12.941	13.012

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 Πληθυσμιακά Δεδομένα Περιφερειακής Ενότητας Δυτικής Αττικής (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2022)

Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής

Δήμος	Πληθυσμός		Άνδρες		Γυναίκες	
	2011	2021	2011	2021	2011	2021
ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ	29.902	30.147	14.925	14.873	14.977	15.274
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	30.251	31.381	15.872	16.108	14.379	15.273
ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	17.885	17.822	8.785	8.699	9.100	9.123
ΜΕΓΑΡΕΩΝ	36.924	38.033	19.488	20.122	17.436	17.911
ΦΥΛΗΣ	45.965	48.157	22.869	23.689	23.096	24.468

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 Πληθυσμιακά Δεδομένα Περιφερειακής Ενότητας Βορείου Τομέα Αττικής (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2022)

Περιφερειακή Ενότητα Βορείου Τομέα Αθηνών

Δήμος	Πληθυσμός		Άνδρες		Γυναίκες	
	2011	2021	2011	2021	2011	2021
ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	72.333	71.830	33.738	33.516	38.595	38.314
ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	59.704	62.147	27.822	29.104	31.882	33.043
ΒΡΗΛΗΣΙΩΝ	30.741	32.417	14.605	15.410	16.136	17.007
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	49.642	50.494	23.770	24.084	25.872	26.410
ΚΗΦΙΣΙΑΣ	71.259	72.878	33.389	34.400	37.870	38.478
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗΣ - ΠΕΥΚΗΣ	31.153	30.998	14.897	14.782	16.256	16.216
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	29.891	30.174	14.599	14.522	15.292	15.652
ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	67.134	64.611	32.505	31.197	34.629	33.414
ΠΑΠΑΓΟΥ - ΧΟΛΑΡΓΟΥ	44.539	45.266	20.278	20.651	24.261	24.615
ΠΕΝΤΕΛΗΣ	34.934	35.610	16.868	17.096	18.066	18.514
ΦΙΛΟΘΕΗΣ - ΨΥΧΙΚΟΥ	26.968	27.636	11.946	12.530	15.022	15.106
ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	74.192	77.102	34.743	36.040	39.449	41.062

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 Πληθυσμιακά Δεδομένα Κεντρικού Τομέα Αθηνών (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2022)

Περιφερειακή Ενότητα Κεντρικού Τομέα Αθηνών

Δήμος	Πληθυσμός		Άνδρες		Γυναίκες	
	2011	2021	2011	2021	2011	2021
ΑΘΗΝΑΙΩΝ	664.046	643.452	315.210	310.569	348.836	332.883
ΒΥΡΩΝΟΣ	61.308	59.134	28.992	27.910	32.316	31.224
ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	59.345	57.909	28.399	27.715	30.946	30.194
ΔΑΦΝΗΣ - ΥΜΗΤΤΟΥ	33.628	33.886	15.829	16.118	17.799	17.768
ΖΩΓΡΑΦΟΥ	71.026	69.874	33.097	32.790	37.929	37.084
ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	78.153	76.730	37.098	36.445	41.055	40.285
ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	26.458	26.269	12.486	12.488	13.972	13.781
ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ - ΝΕΑΣ ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	35.556	34.958	17.043	16.809	18.513	18.149

3.2.2 Αναμενομένη Ζήτηση

Η εκτίμηση της ζήτησης αποτελεί βασικό κριτήριο για το σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας νέας γραμμής Μετρό. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την πρόβλεψη του αριθμού των επιβατών που θα χρησιμοποιήσουν το σύστημα Μετρό σε καθημερινή βάση τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Η ακρίβεια αυτών των προβλέψεων είναι κρίσιμη, καθώς από αυτή εξαρτάται η βιωσιμότητα ή μη του έργου.

Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψιν για την εκτίμηση της ζήτησης είναι:

1. Η υπάρχουσα κινητικότητα στην περιοχή (πυκνότητα πληθυσμού, αύξηση πληθυσμού, ηλικιακά χαρακτηριστικά)
2. Οι χρήσεις γης (οικιστικές, εμπορικές, εκπαιδευτικές και επαγγελματικές περιοχές που προσελκύουν ή προκαλούν μετακινήσεις)
3. Η διαθεσιμότητα εναλλακτικών μέσων μεταφοράς και η ποιότητα των υπάρχοντων δημοσίων συγκοινωνιών.

Η υψηλή αναμενομένη ζήτηση μπορεί να καθορίσει σε μεγάλο βαθμό το κόστος της κατασκευής μιας γραμμής Μετρό καθώς και να ενισχύσει την αποτελεσματική αξιοποίηση της υποδομής, μεγιστοποιώντας ταυτόχρονα την κοινωνική και περιβαλλοντική συνεισφορά της. Αντίθετα περιοχές με χαμηλή προβλεπόμενη επιβατική κίνηση πιθανώς να μην πληρούν τα όρια βιωσιμότητας του έργου, οδηγώντας σε εναλλακτικές λύσεις μέσω μεταφοράς.

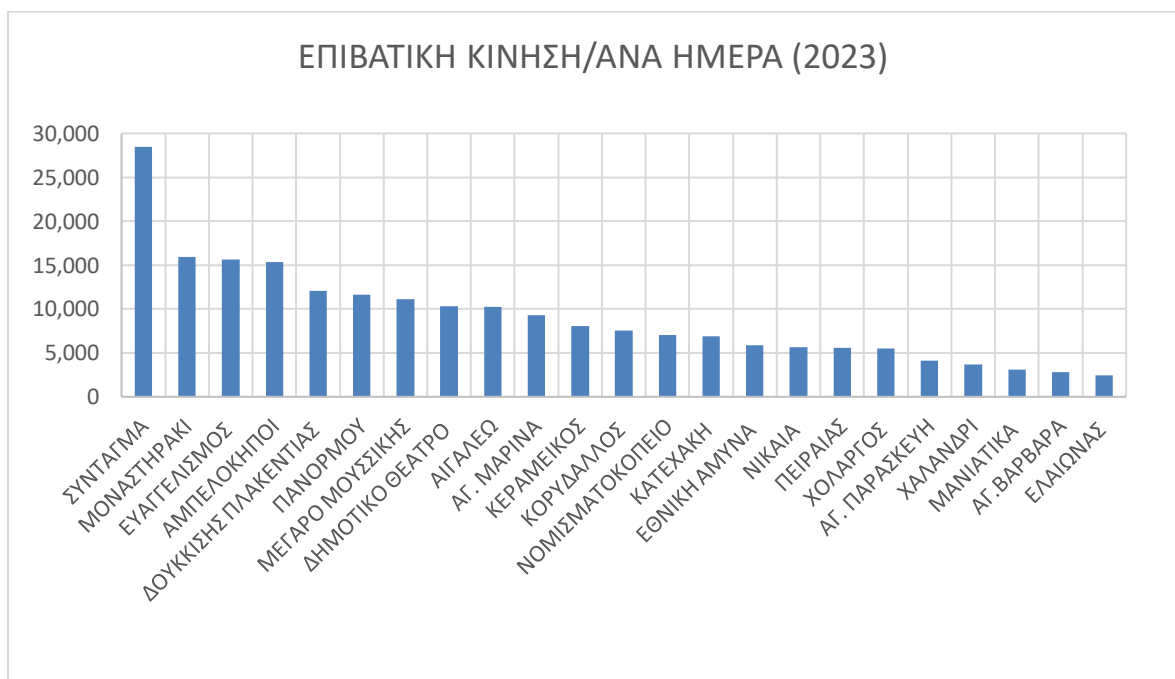
Παρακάτω θα παρατεθούν ορισμένα δεδομένα της επιβατικής κίνησης στους υπάρχοντες σταθμούς Μετρό, από τα στατιστικά στοιχεία της ΣΤΑΣΥ, με τα οποία είναι δυνατή η εκτίμηση σχετικά με τη λειτουργικότητα μιας στάσης όσον αφορά τη χρήση της από το επιβατικό κοινό. Με βάση τα δεδομένα αυτά σχηματίστηκαν τα διαγράμματα επιβατικής ροής για το έτος 2023, για κάθε σταθμό των Γραμμών 2 και 3 του Μετρό της Αθήνας. Παρατηρήθηκε ότι μεγαλύτερη επιβατική κίνηση είχαν οι σταθμοί που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης, ή σε μεγάλους πληθυσμιακά δήμους είτε σταθμοί που μπορούν να αποτελέσουν κόμβους μεταξύ των γραμμών. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των σταθμών αυτών είναι ότι βρίσκονται σε κεντρικό σημείο και ότι έχουν άμεση και εύκολη μετεπιβίβαση με αστική συγκοινωνία (Λιάρος, 2023).

Οι πίνακες 3.6 – 3.7 καθώς και τα αντίστοιχα σχήματα απεικονίζουν την ημερήσια επιβατική κίνηση ανά ημέρα για τις στάσεις των Γραμμών 2 και 3 του Μετρό της Αθήνας καθώς και τον βαθμό χρησιμοποίησής τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 Επιβατική Ημερήσια Κίνηση Σταθμών Μετρό Αθήνας (ΠΗΓΗ: Λιάρος, 2023)

ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΡΟ ΓΡΑΜΜΗ 3	ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ/ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (2023)
ΣΥΝΤΑΓΜΑ	28.474
ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	15.906
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ	15.668
ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	15.375

ΔΟΥΚΙΣΣΗΣ ΠΛΑΚΕΝΤΙΑΣ	12.043
ΠΑΝΟΡΜΟΥ	11.656
ΜΕΓΑΡΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ	11.145
ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ	10.350
ΑΙΓΑΛΕΩ	10.228
ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑ	9.327
ΚΕΡΑΜΕΙΚΟΣ	8.068
ΚΟΥΡΥΔΑΛΛΟΣ	7.564
ΝΟΜΙΣΜΑΤΟΚΟΠΕΙΟ	7.046
ΚΑΤΕΧΑΚΗ	6.853
ΕΘΝΙΚΗ ΑΜΥΝΑ	5.887
ΝΙΚΑΙΑ	5.672
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	5.610
ΧΟΛΑΡΓΟΣ	5.480
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	4.114
ΧΑΛΑΝΔΡΙ	3.667
ΜΑΝΙΑΤΙΚΑ	3.064
ΑΓ.ΒΑΡΒΑΡΑ	2.793
ΕΛΑΙΩΝΑΣ	2.446



Σχήμα 3.1 Σχηματική Απεικόνιση Της Ημερήσιας Επιβατικής Κίνησης Στους Σταθμούς Της Αθήνας Για Το Έτος 2023 (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία)

Πίνακας 3.7 Επιβατική Ημερήσια Κίνηση Σταθμών Μετρό Αθήνας (Πηγή: Λιαρος, 2023)

ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΡΟ ΓΡΑΜΜΗ 2	ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ / ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (2023)
ΣΥΝΤΑΓΜΑ	28.474
ΑΤΤΙΚΗ	20.540
ΣΥΓΓΡΟΥ ΦΙΞ	14.240
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	12.891
ΟΜΟΝΟΙΑ	12.080
ΔΑΦΝΗ	11.777
ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ	10.270
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	9.913
ΝΕΟΣ ΚΟΣΜΟΣ	9.884
ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	7.977
ΑΓ.ΑΝΤΩΝΙΟΣ	7.896
ΜΕΤΑΞΟΥΡΓΕΙΟ	7.766
ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΡΙΣΗΣ	6.795
ΣΕΠΟΛΙΑ	6.073
ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗΣ	5.698
ΑΚΡΟΠΟΛΗ	5.496
ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	5.473
ΑΛΙΜΟΣ	4.645
ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ	4.418
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	3.981



Σχήμα 3.2 Σχηματική Απεικόνιση της Ημερήσιας Επιβατικής Κίνησης στους Σταθμούς της Αθήνας για το Έτος 2023 (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία)

3.2.3 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ο συντελεστής εκπομπών είναι ένας αριθμητικός δείκτης που εκφράζει την ποσότητα ενός ρύπου που εκλύεται στην ατμόσφαιρα ανά μονάδα δραστηριότητας. Οι μονάδες μέτρησης αφορούν CO₂eq/Kwh, και αναφέρεται ως μονάδα μάζας CO₂eq (Mather και Bunger, 2020).

Η κυρία επίδραση στην ποιότητα των αστικών περιοχών προέρχεται από την οδική κυκλοφορία. Η βασική διαφοροποίηση των πηγών ατμοσφαιρικής ρύπανσης εστιάζεται στην αλλαγή της κυκλοφορίας και των συνθηκών που επηρεάζουν το οδικό δίκτυο με τη λειτουργία του συστήματος μεταφορών. Οι εκπομπές υπολογίζονται συνήθως με βάση την απόσταση που διανύεται και τους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπών.

Οι επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα εκτιμώνται λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των μεταφερόμενων επιβατών και τη χρήση του οδικού δικτύου και συγκρίνονται με τα επίπεδα ρύπανσης από τα δημόσια μέσα μεταφοράς και τα ιδιωτικά αυτοκίνητα. Το κύριο πλεονέκτημα των μέσων μαζικής μεταφοράς είναι η υψηλότερη χωρητικότητα για μεταφορά επιβατών, άρα απαιτείται λιγότερος χώρος ανά επιβάτη για την ανάπτυξη του δικτύου, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζει τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά επιβάτη. Ενδεικτικά η παραγωγή CO₂ ανά μεταφερόμενο επιβάτη είναι πέντε φορές μεγαλύτερη από αυτήν που αντιστοιχεί σε αυτή κατά την μετακίνηση με μετρό σύμφωνα με ερεύνα των Noussan et al. (2022).

ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ

Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών όσον αφορά την ηχορύπανση είναι θεμελιώδης κατά την εκπόνηση και την κατασκευή μιας νέας γραμμής μετρό, δεδομένου ότι επιδρά σημαντικά στην ποιότητα ζωής των κατοίκων. Το μετρό μπορεί να επιδράσει θετικά και αρνητικά στο ακουστικό περιβάλλον.

Θετικές επιδράσεις

- Μείωση της κυκλοφορίας στους δρόμους με αποτέλεσμα τη μείωση της ηχορύπανσης
- Αύξηση της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς με αποτέλεσμα τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης

Αρνητικές επιδράσεις

- Στάδιο κατασκευής: Έντονοι θόρυβοι από γεωτρήσεις βαριά μηχανήματα γεωτρήσεις, εκσκαφές
- Λειτουργία: θόρυβοι από τις σιδηροτροχιές, τα συστήματα αερισμού και τους συρμούς

3.2.4 Χρόνος Διαδρομής

Ο χρόνος διαδρομής που απαιτείται για μια μετακίνηση αποτελεί βασικός λόγος για την επιλογή του μέσου. Σήμερα, παρατηρούνται σημαντικά προβλήματα στις επιβατικές μετακινήσεις ειδικότερα τις ώρες αιχμής με αποτέλεσμα να εντοπίζονται φαινόμενα

καθυστερήσεων στις ώρες άφιξης στον τελικό προορισμό του μετακινουμένου. Αυτό οφείλεται στη διαρκώς αυξανόμενη χρήση των επιβατικών οχημάτων από τους κάτοικους των μεγάλων αστικών πόλεων και των καθυστερήσεων λόγω του μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου, καθώς και στα ατυχήματα που γίνονται καθημερινά (Ζιακόπουλος, 2013).

Σε αυτήν την ενότητα θα μελετηθεί η επίδραση που έχει προκαλέσει η χρήση του Μετρό στον χρόνο διαδρομής και τη διαφοροποίηση που έχει ο χρόνος αυτός από τον χρόνο που απαιτείται για τη μετακίνηση είτε μέσω ιδιωτικού αυτοκινήτου είτε μέσω αστικών συγκοινωνιών. Μέσω στοιχείων από τη ΣΤΑΣΥ παρατηρήθηκε είτε ο μέσος χρόνος που απαιτείται μεταξύ των στάσεων είναι δυο λεπτά. Η εξέταση θα αφορά το σύνολο της διαδρομής των Γραμμών 2 και 3 του Μετρό και πρόκειται για μια απόσταση 46,5 χλμ. για τη Γραμμή 3 (μέχρι το αεροδρόμιο με σημείο αφετηρίας το δημοτικό θέατρο), ενώ για τη Γραμμή 2 η αντίστοιχη απόσταση είναι περί τα 17,9 χλμ.

Οι πίνακες 3.8-3.9 απεικονίζουν τον χρόνο που απαιτείται να διανύσει ο χρήστης μέσω του σιδηροδρόμου από το Δημοτικό Θέατρο μέχρι το Αεροδρόμιο και από την Ανθούπουλη μέχρι το Ελληνικό αντίστοιχα. Με βάση αυτές και τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω για την χιλιομετρική απόσταση των στάσεων των 2 γραμμών καθώς και των χρονικών διαχωρισμών μεταξύ τους σχηματίστηκαν οι συγκεντρωτικοί πίνακες 3.10-3.11 προκειμένου να παρουσιαστεί μια ξεκάθαρη εικόνα για το υπόγειο συγκοινωνιακό δίκτυο της Αθήνας σε χρόνο και αποστάσεις.

Πίνακας 3.8 Χρόνοι Διαδρομής Γραμμής 2 Μετρό (Πηγή: ΣΤΑΣΥ)

ΣΤΑΣΗ	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (ΛΕΠΤΑ)
ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ	0
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	1
ΑΓΙΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ	2
ΣΕΠΟΛΙΑ	4
ΑΤΤΙΚΗ	6
ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΡΙΣΣΗΣ	8
ΜΕΤΑΞΟΥΡΓΕΙΟ	9
ΟΜΟΝΟΙΑ	10
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	12
ΣΥΝΤΑΓΜΑ	14
ΑΚΡΟΠΟΛΗ	16
ΣΥΓΓΡΟΥ ΦΙΞ	17
ΝΕΟΣ ΚΟΣΜΟΣ	19
ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	20
ΔΑΦΝΗ	22
ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	24
ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	26
ΑΛΙΜΟΣ	28

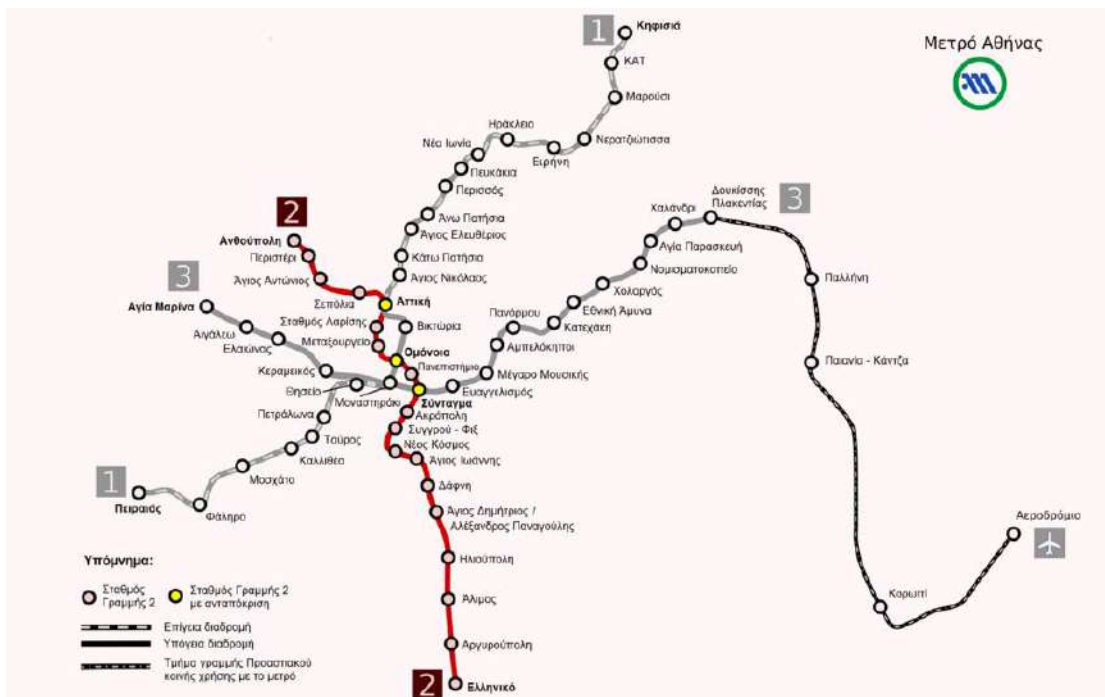
ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ	30
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	32

Πίνακας 3.9 Χρόνοι Διαδρομής Γραμμής 3 Μετρό (Πηγή: ΣΤΑΣΥ)

ΣΤΑΣΗ	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (ΛΕΠΤΑ)
ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ	0
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	2
ΜΑΝΙΑΤΙΚΑ	4
ΝΙΚΑΙΑ	6
ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ	8
ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ	10
ΑΓΙΑ ΜΑΡΙΝΑ	12
ΑΙΓΑΛΕΩ	14
ΕΛΑΙΩΝΑΣ	17
ΚΕΡΑΜΙΚΟΣ	20
ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	22
ΣΥΝΤΑΓΜΑ	24
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ	26
ΜΕΓΑΡΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ	27
ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	29
ΠΑΝΟΡΜΟΥ	31
ΚΑΤΕΧΑΚΗ	33
ΕΘΝΙΚΗ ΑΜΥΝΑ	35
ΧΟΛΑΡΓΟΣ	37
ΝΟΜΙΣΜΑΤΟΚΟΠΕΙΟ	39
ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	40
ΧΑΛΑΝΔΡΙ	42
ΔΟΥΚΙΣΣΗΣ	
ΠΛΑΚΕΝΤΙΑΣ	44
ΠΑΛΛΗΝΗ	50
ΚΑΝΤΖΑ ΠΑΛΛΗΝΗΣ	52
ΚΟΡΩΠΙ	56
ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	63



Εικόνα 3.2 Χάρτης Διαδρομής Γραμμής 3 Μετρό (Μπλε Γραμμή) (Πηγή: ΣΤΑΣΥ)



Εικόνα 3.3 Χάρτης Διαδρομής Γραμμής 2 Μετρό (Κόκκινη Γραμμή) (Πηγή: ΣΤΑΣΥ)

Πίνακας 3.10 Πίνακας Χιλιομετρικής Απόστασης Χρόνου Διαδρομής Μέσω του Μετρό για τη Γραμμή 3 (με Πορτοκαλί Σκιαγράφηση Λόγω της Σύνδεσης με Προαστιακό) (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία)

ΑΡ.	ΜΕΤΡΟ ΓΡΑΜΜΗ 3	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΣΗΣ (ΜΕΤΑΞΥ)(ΚΜ)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΣΗΣ (ΑΠΟ ΑΡΧΗ) (ΚΜ)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (ΜΙΝ)
1	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ	0	0	0
2	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,8	0,8	2
3	ΜΑΝΙΑΤΙΚΑ	1,4	2,2	4
4	ΝΙΚΑΙΑ	1	3,2	6
5	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ	1,4	4,6	8
6	ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ	1,6	6,2	10
7	ΑΓΙΑ ΜΑΡΙΝΑ	1,3	7,5	12
8	ΑΙΓΑΛΕΩ	1,4	8,9	14
9	ΕΛΑΙΩΝΑΣ	1,1	10	17
10	ΚΕΡΑΜΙΚΟΣ	1,9	11,9	20
11	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	1,4	13,3	22
12	ΣΥΝΤΑΓΜΑ	0,9	14,2	24
13	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ	1	15,2	26
14	ΜΕΓΑΡΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ	0,7	15,9	27
15	ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	1	16,9	29
16	ΠΑΝΟΡΜΟΥ	0,9	17,8	31
17	ΚΑΤΕΧΑΚΗ	1,2	19	33
18	ΕΘΝΙΚΗ ΑΜΥΝΑ	1	20	35
19	ΧΟΛΑΡΓΟΣ	1	21	37
20	ΝΟΜΙΣΜΑΤΟΚΟΠΕΙΟ	1,2	22,2	39
21	ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	1,1	23,3	40
22	ΧΑΛΑΝΔΡΙ	0,9	24,2	42
23	ΔΟΥΚΙΣΣΗΣ ΠΛΑΚΕΝΤΙΑΣ	1	25,2	44
24	ΠΑΛΛΗΝΗ	4,6	29,8	50
25	ΚΑΝΤΖΑ ΠΑΛΛΗΝΗΣ	2,3	32,1	52
26	ΚΟΡΩΠΙ	8,6	40,7	56
27	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	5,8	46,5	63

Πίνακας 3.11 Πίνακας Χρόνου Διαδρομής Χιλιομετρικής Απόστασης με τη Γραμμή 2 του Μετρό (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία)

ΑΡ	ΜΕΤΡΟ ΓΡΑΜΜΗ 2	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΣΕΩΝ (ΜΕΤΑΞΥ)(ΚΜ)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΣΕΩΝ (ΑΠΟ ΑΡΧΗ)(ΚΜ)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (ΜΙΝ)
1	ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ	0	0	0
2	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	0,56	0,56	1
3	ΑΓΙΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ	0,81	1,37	2
4	ΣΕΠΟΛΙΑ	1,34	2,71	4
5	ΑΙΤΤΙΚΗ	1,13	3,84	6
6	ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΡΙΣΣΗΣ	0,77	4,61	8
7	ΜΕΤΑΞΟΥΡΓΕΙΟ	0,8	5,41	9
8	ΟΜΟΝΟΙΑ	0,65	6,06	10
9	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	0,63	6,69	12
10	ΣΥΝΤΑΓΜΑ	0,62	7,31	14
11	ΑΚΡΟΠΟΛΗ	0,97	8,28	16
12	ΣΥΓΓΡΟΥ ΦΙΞ	0,55	8,83	17
13	ΝΕΟΣ ΚΟΣΜΟΣ	1,16	9,99	19
14	ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	0,54	10,53	20
15	ΔΑΦΝΗ	0,87	11,4	22
16	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	1,1	12,5	24
17	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	1,25	13,75	26
18	ΑΛΙΜΟΣ	1,28	15,03	28
19	ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ	1,7	16,73	30
20	ΕΛΛΗΝΙΚΟ	1,15	17,88	32

Στη συνέχεια θα υπολογιστούν οι χρόνοι διαδρομής μέσω επιβατικού οχήματος κατά τις ώρες αιχμής, δηλαδή το χρονικό διάστημα 07:30-09:00 και 16:00-18:00, οι οποίες ταυτίζονται συνήθως με την περίοδο μετακίνησης των πολιτών για την άφιξη και την αναχώρηση από τον χώρο εργασίας τους. Συνεπώς τότε παρουσιάζεται ο μέγιστος φόρτος συμφόρησης των οδικών αρτηριών επομένως και οι μεγαλύτερες καθυστερήσεις. Ο υπολογισμός θα γίνει με βάση αναφοράς το κέντρο της πόλης, δηλαδή το Σύνταγμα, και

ως σημεία αφετηρίας τα σημεία έναρξης του σιδηροδρόμου δηλαδή Δουκίσσης Πλακεντίας, Δημοτικό Θέατρο, Ελληνικό και Ανθούπολη αντίστοιχα.

Ο υπολογισμός του χρόνου διαδρομής θα γίνει μέσω της εφαρμογής του Google Maps που συλλεγεί όλα τα δεδομένα για την κατάσταση που επικρατεί στο οδικό δίκτυο, δηλαδή συμφόρηση – ατυχήματα – οδικά έργα, επομένως πρόκειται για ένα αρκετά έγκυρο μέσο σύγκρισης.

- Χρόνος διαδρομής Ελληνικό Σύνταγμα ώρα αιχμής: 45-50 min (μπορεί και πάνω από 60 σε μεγάλη συμφόρηση)
- Χρόνος διαδρομής Δουκίσσης Πλακεντίας Σύνταγμα: 45-60 min ανάλογα την οδική αρτηρία που χρησιμοποιείται
- Χρόνος διαδρομής Ανθούπολη - Σύνταγμα: 35-50 min ανάλογα την επιλογή οδικού άξονα
- Χρόνος διαδρομής Δημοτικό Θέατρο - Σύνταγμα: 50-70 min ανάλογα τις κυκλοφορικές συνθήκες

Ο χρόνος διαδρομής που απαιτείται για τις αντίστοιχες διαδρομές όπως βρέθηκε παραπάνω είναι 18 λεπτά για την πρώτη διαδρομή, 20 λεπτά για την δεύτερη, 14 για την τρίτη και 24 για την τέταρτη. Παρατηρείται λοιπόν ότι σε όλες τις περιπτώσεις η επιλογή του μετρό είναι μια συντομότερη λύση όσον αφορά την μετακίνηση στο κέντρο της πόλης τις ώρες αιχμής.

3.2.5 Κόστος Κατασκευής

Κατά τη φάση μελέτης ενός έργου, εκτελείται επίσης και η διαδικασία υπολογισμού του τελικού κόστους. Αυτή η εκτίμηση δεν μπορεί να είναι ακριβής δεδομένου ότι τα απαιτούμενα χρήματα επηρεάζονται από έναν μεγάλο αριθμό παραγόντων συνεπώς περισσότερο μια προσέγγιση. Για να υπολογιστεί το συνολικό κόστος, γίνεται κοστολόγηση για κάθε ξεχωριστή εργασία και πόρο, με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας, αξιοποιώντας στοιχεία από προηγούμενα έργα και τις τρέχουσες τιμές τις αγοράς.

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το κόστος είναι:

- Οι κλιματολογικές συνθήκες
- Η πρόβλεψη για την αντιμετώπιση των απροβλέπτων στοιχείων που επιβαρύνουν το κόστος
- Η εκτίμηση της αβεβαιότητας, βασιζόμενη στην εμπειρία των ειδικών
- Η χρήση λογισμικού υπολογιστών
- Η πιθανότητα ατυχημάτων

Ειδικότερα, για την κατασκευή μιας γραμμής Μετρό ο ενδεικτικός προϋπολογισμός διαφέρει σημαντικά ανάλογα με μια σειρά παραμέτρων που σχετίζονται με το μήκος της γραμμής, ο αριθμός και ο τύπος σταθμών (υπόγειοι-υπέργειοι), γεωλογικές συνθήκες, πυκνότητα αστικού ιστού, τεχνολογία (αυτόματα τρένα είτε συμβατική γραμμή), πρόσθετες υποδομές (σήραγγες, αποθηκευτικοί χώροι, συστήματα σηματοδότησης).

Σύμφωνα με παλαιότερες μελέτες το κόστος που απαιτείται για την κατασκευή αυτή υπολογίζεται σε εκατομμύρια / χλμ. Το κόστος διαφέρει από πόλη σε πόλη και από χώρα σε χώρα ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν και αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι οικονομικές εκθέσεις που δημοσιεύθηκαν από το τότε Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων αναφέρουν ότι τα χρήματα που χρειάζεται να διατεθούν για το μετρό της Αθήνας είναι 156 εκατομμύρια/ χλμ. για την πόλη της Αθήνας ενώ για την νέα κατασκευή της Θεσσαλονίκης που πρόκειται για ένα νεότερο και πιο σύγχρονο έργο χρειάστηκαν 3 δισεκατομμύρια ευρώ ποσό που αντιστοιχεί σε 166 εκ/χλμ. Η νέα γραμμή 4 του μετρό Αθήνας σύμφωνα με τους δημοσιευμένους προϋπολογισμούς ανέρχεται σε 1,7 δις και την κατασκευή 15 νέων υπόγειων σταθμών.

3.2.6 Επίπτωση στις Αρχαιολογίες

Η κατασκευή ενός παρόμοιου μεγάλου δημοσίου συγκοινωνιακού έργου, όπως η δημιουργία μιας γραμμής Μετρό, επηρεάζεται σημαντικά από την ύπαρξη αρχαιολογικών ευρημάτων σημαντικού ή μη ιστορικού ενδιαφέροντος. Τα αρχαία αυτά μπορεί να προκαλέσουν επιπτώσεις στο έργο, καθώς είναι απαραίτητη η έγκριση του έργου από την αρχαιολογία, χρονικές είτε κατασκευαστικές.

Κατά την κατασκευή των Γραμμών 2 και 3 της Αθήνας πραγματοποιήθηκε μια από τις μεγαλύτερες αρχαιολογικές έρευνες σχετική με δημιουργία συγκοινωνιακού έργου. Η έρευνά αυτή είχε μεγάλη χρονική διάρκεια, ώστε να μπορέσει να γίνει ο εντοπισμός των ευρημάτων στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Το διάστημα των ανασκαφών αυτών κράτησε από 6 μήνες έως 2 χρονιά όπως αναφέρεται στην ιστοσελίδα του ελληνικού Μετρό.

Τα ευρήματα που βρέθηκαν από τις ανασκαφές αυτές εντοπίστηκαν σε πολλές περιοχές, αφού έγιναν σε κλίμακα 79.000 τ.μ. και σε πλήθος 50.000, και κυρίως στο κέντρο της Αθήνας και ειδικότερα στην περιοχή του Κεραμικού, του Μοναστηρακίου, του Συντάγματος και της Ακρόπολης. επίσης, αρχαία βρέθηκαν κατά την κατασκευή της γραμμής 3 στο Αιγάλεω και στον Πειραιά. Αυτά τα ευρήματα αφορούν στο σύνολο τους διαφορετικές χρονικές ιστορικές περιόδους, οι οποίες καταλαμβάνουν χρονικά διαστήματα από τον 8^ο αιώνα π.Χ. έως τον 19^{αι} π.Χ. (στο μοναστηράκι) και τον 7^ο αιώνα για την περιοχή του Συντάγματος.

3.2.7 Βελτίωση της Προσβασιμότητας

Η δημιουργία και η επέκταση του σιδηροδρομικού δικτύου της Αθήνας, έχει συμβάλει στη βελτίωση της προσβασιμότητας, τόσο στην περίπτωση των ατόμων με ειδικές ανάγκες όσο και γενικότερα των πολιτών για τη μετακίνησή τους στο κέντρο των αστικών περιοχών. Οι περισσότεροι σταθμοί Μετρό είναι εξοπλισμένοι με:

- Ανελκυστήρες κατάλληλους για χρήστες αναπηρικών αμαξιδίων
- Ράμπες πρόσβασης και οδεύσεις τυφλών με ανάγλυφες επιφάνειες
- Ηχητικές και οπτικές ενδείξεις για άτομα με προβλήματα όρασης και ακοής

Συμπληρωματικά, μεγάλοι δήμοι έχουν πραγματοποιήσει βελτιωτικά έργα για την ενίσχυση της προσβασιμότητας. Τα έργα αυτά αφορούν στο σύνολό τους τις εξής παραμέτρους, ανακατασκευή πεζοδρομίων με ράμπες και οδεύσεις τυφλών, κατασκευή

διαβάσεων ειδικού τύπου έξω από σχολεία και δημιουργία ταχείας επέμβασης για την εποπτεία του οδικού δικτύου. Ενώ η επέκταση του μετρό στα προάστια του αστικού ιστού έχει δώσει την δυνατότητα για εύκολες και άμεσες μετακινήσεις προέλευσης -προορισμού των κατοίκων των περιοχών αυτών σύμφωνα με τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα της Αττικό Μετρό.

4. Ανάλυση και αποτελέσματα

4.1 Ανάπτυξη μοντέλου

Το πρώτο στάδιο της ανάλυσης είναι η εύρεση των βαρών των κριτηρίων για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό, μέσω της εφαρμογής της ΑΗΡ.

4.1.1 Επιλογή κριτηρίων

Όπως αναφέρθηκε για επιλογή κριτηρίου που είναι σημαντικότερος κατά την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό, αποτελεί η επιλογή των σωστών δεδομένων πάνω στα οποία θα γίνει μέσω της ανάλυσης της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης. Τα δεδομένα αυτά επιλέχθηκαν από μια ευρεία αναζήτηση, και τα ευρήματα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

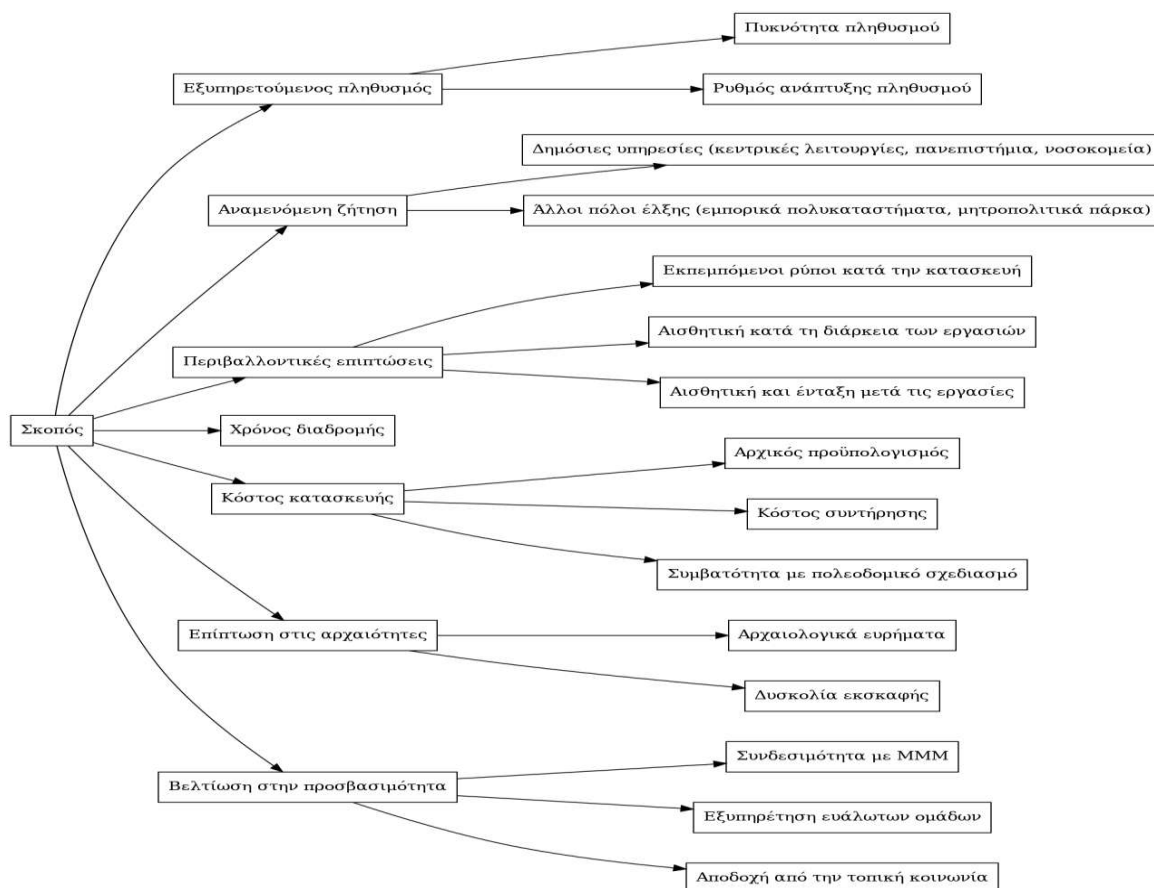
Για την ανάλυση αυτή θα χρησιμοποιηθούν τα εξής κριτήρια:

- C1. Εξυπηρετούμενος πληθυσμός:** Ο πληθυσμός κάθε περιφερειακής ενότητας που δύναται να χρησιμοποιήσει για τις μετακινήσεις του το Μετρό, εντός της ζώνης επιρροής των σταθμών η οποία ορίζεται ως περιοχή κύκλου ακτίνας 500 μέτρων από με κέντρο του σταθμού.
- C2. Αναμενομένη Ζήτηση:** Ο αριθμός των επιβατών που θα αξιοποιήσει το έργο αυτό. Έγινε μια σύνδεση με την ημερήσια ζήτηση των ήδη κατασκευασμένων γραμμών στην Αττική.
- C3. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις:** Ο αντίκτυπος που θα προκαλέσει το έργο αυτό τόσο στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον όσο και στην ηχορύπανση που δημιουργείται κατά την διάρκεια των εργασιών.
- C4. Χρόνος Διαδρομής:** Ο διαθέσιμος χρόνος που θα εξοικονομήσει κατά την μετακίνησή του ο επιβάτης με το Μετρό από ότι με το αυτοκίνητο τις ώρες αιχμής.
- C5. Κόστος Κατασκευής:** Το κόστος το οποίο θα απαιτηθεί για την ολοκλήρωση του έργου καθώς και προσαυξήσεις που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια των εργασιών. Ενώ παράλληλα έγινε μια εξέταση του υπάρχοντος νομοθετικού πλαισίου που σχετίζεται με τον πολεοδομικού σχεδιασμού αναφέροντας ορισμένα στοιχεία που επιδρούν στην αύξηση ή μη του τελικού κόστους.
- C6. Επίπτωση στις Αρχαιολογίες:** Σύντομη καταγραφή των σημείων ιστορικού ενδιαφέροντος που θα συναντηθούν στην κατασκευή του έργου και κατά πόσο αυτά μπορούν να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα για την ολοκλήρωσή του.
- C7. Βελτίωση της Προσβασιμότητας:** Αναφορά σε έργα σχετικά με τη σύνδεση με άλλα ΜΜΜ αλλά και σε έργα που βοηθούν στη διευκόλυνση ατόμων με μειωμένη κινητικότητα για να μετακινηθούν προς τον προορισμό τους.

Τα παραπάνω κριτήρια διαχωρίστηκαν σε ορισμένα υποκριτήρια, με άμεση σύνδεση μεταξύ τους και σχετική βαθμολογία τους. Τα τελευταία αποτελούν τις επιλεγμένες μεταβλητές, οι οποίες αφού βαθμολογήθηκαν στα ζητούμενα ερωτηματολόγια ιεραρχήθηκαν μέσω του μοντέλου σταθμισμένου αθροίσματος.

4.1.2 Επιλογή υποκριτηρίων

Όσον αφορά τα υποκριτήρια που θα εξεταστούν για το ρόλο τους στην απόφαση για κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό φαίνονται στην Εικόνα 4.1 στο οποίο παρατίθεται ένα δέντρο των κριτηρίων με τα υποκριτήρια τους όπως ορίζει η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 Κριτήρια και υποκριτήρια για την κατασκευή νέας γραμμής Μετρό (Πηγή: Ιδιά Επεξεργασία)

SC1.1 Πυκνότητα πληθυσμού:

Είναι ένα δημογραφικός δείκτης που εκφράζει τον αριθμό των ανθρώπων που κατοικούν σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ανά μονάδα επιφάνειας συνήθως ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (τ.χλμ) όπως ορίζεται από την Eurostat. Η έννοια της πυκνότητας πληθυσμού χρησιμοποιείται κατά τη χάραξη, δημιουργώντας μια ζώνη επιρροής των σταθμών ακτίνας 500 μέτρων από το κέντρο του σταθμού. Ο τύπος υπολογισμού για την πυκνότητα είναι το πηλίκο του συνολικού πληθυσμού ως προς την επιφάνεια περιοχής. Παρακάτω παρατίθενται σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ η περιοχή με τη μεγαλύτερη πυκνότητα στην περιοχή της Αττικής.

Πίνακας 4.1: Πυκνότητα Πληθυσμού ανά περιφερειακή ενότητα στην Αττική (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Κεντρικός Τομέας Αθήνας	9.000 κάτοικοι/τ.χλμ
Πειραιάς	6.000 κάτοικοι/τ.χλμ
Βόρειος Τομέας	3.000 κάτοικοι/τ.χλμ
Δυτικός Τομέας	4.500 κάτοικοι/τ.χλμ
Ανατολική Αττική	400 κάτοικοι/τ.χλμ
Δυτική Αττική	200 κάτοικοι/τ.χλμ

- **SC1.2 Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού:**

Αποτελεί έναν δημογραφικό δείκτη που μετρά την ποσοστιαία μεταβολή του πληθυσμού σε μια περιοχή κατά μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο συνήθως ανά έτος. Τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τον ρυθμό ανάπτυξης είναι συνήθως γεννήσεις, θάνατοι, εσωτερική μετανάστευση για διάφορους λόγους όπως θέσεις εργασίας. Στην Αττική παρατηρείται μια διαφορετική διακύμανση στους δείκτες που δείχνουν τον ρυθμό ανάπτυξης. Ο ρυθμός μπορεί είτε να είναι θετικός, είτε αρνητικός είτε να παραμένει σταθερός (Γεωργακόπουλος, 2016). Συγκεκριμένα με τη σύγκριση των δυο τελευταίων απογραφών οδηγούν το 2011 και το 2021 στο συμπέρασμα ότι στον κεντρικό τομέα έχουμε μια μεταβολή της τάξης του 0,1 μειούμενη, στον ανατολικό τομέα ο ρυθμός είναι αυξανόμενος της τάξης του 0,5%, στον Πειραιά υπάρχει μια αύξηση της τάξης του 0,3%, στην Ανατολική Αττική μεγάλη αύξηση συγκριτικά με τις υπόλοιπες 0,8% ενώ στο δυτικό τομέα μια ελαφρά μείωση προς σταθεροποίηση της τάξης του 0,1%.

- **SC2.1 Δημόσιες υπηρεσίες (κεντρικές λειτουργίες, πανεπιστήμια, νοσοκομεία):**

Οι δημοσιές υπηρεσίες αποτελούν κρίσιμους κόμβους για την ανάπτυξη μιας γραμμής Μετρό καθώς συγκεντρώνουν μεγάλο όγκο ανθρώπων και δημιουργούν αυξημένες ανάγκες μετακίνησης. Η ύπαρξη και λειτουργία αυτών των καθιστά απαραίτητη τη σύνδεσή τους με το δίκτυο δημόσιων συγκοινωνιών, ενώ ταυτόχρονα παρέχουν σημαντική υποδομή και κοινωνική βάση που ενισχύει την υλοποίηση τέτοιων έργων.

- **SC2.2 Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκατάστημα, μητροπολιτικά πάρκα):**

Ταυτόχρονα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω ένα τέτοιο έργο θα πρέπει να εστιάζει και στην άμεση σύνδεση περιοχών της πόλης με σημεία εμπορικού ενδιαφέροντος τα οποία έχουν ήδη κατασκευαστεί και μπορεί να βρίσκονται τόσο εντός του αστικού ιστού όσο και έξω από αυτόν. Οι σύγχρονες μητροπόλεις χαρακτηρίζονται από την πυκνή τους δόμηση τους οπότε οι χώροι αναψυχής όπως αυτοί που θα αναφερθούν παρακάτω κρίνεται απαραίτητο να είναι συνδεδεμένοι με το συγκοινωνιακό δίκτυο προκειμένου ο πολίτης να μπορεί να μεταβεί άμεσα σε αυτούς όταν το επιθυμεί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το Athens Metro Mall το οποίο βρίσκεται στον σταθμό Άγιο Δημήτριο της Γραμμής 2 καθώς και το Mall που βρίσκεται στη στάση

Νερατζιώτισσα της Γραμμής 1, αντίστοιχα με τα μητροπολιτικά πάρκα που βρίσκονται και αυτά σε σύνδεση με το Μετρό όπως το Πάρκο Ελευθέριας στη στάση Μέγαρο Μουσικής της Γραμμής 3.

- **SC3.1 Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή:**

Κατά τη φάση κατασκευής ενός σταθμού Μετρό τίθενται συχνά ερωτήματα αναφορικά με τον βαθμό συμβατότητας του έργου με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Εντούτοις, βάσει περιβαλλοντικών μελετών που έχουν δημοσιευθεί στο Ν4014/21.9.2014, τα συγκεκριμένα έργα αξιολογούνται ως συμβατά με τις αρχές της βιώσιμης και πράσινης ανάπτυξης, ενώ παράλληλα φέρουν τις απαιτούμενες εγκρίσεις σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιπρόσθετα, λαμβάνονται ειδικά μέτρα για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τις εκσκαφές, όπως η τακτική απορρύπανση των οχημάτων κατά τη μεταφορά προϊόντων εκσκαφής, η επικάλυψη εκτεθειμένων επιφανειών με προστατευτικές μεμβράνες, καθώς και η χρήση μηχανημάτων νέας τεχνολογίας που περιορίζουν την ηχορύπανση στις γειτονικές περιοχές κατοικίας.

- **SC3.2 Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον:**

Η αποδοχή του έργου και η ένταξή του μετά την ολοκλήρωσή του αποτελεί βασικό στάδιο για την επιτυχία του εγχειρήματος. Συνεπώς οι σταθμοί θα πρέπει να ακολουθεί τη δόμηση που υπάρχει στα όμορα κτίρια και να μην παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση από αυτά. Επίσης θα πρέπει να είναι σύγχρονος σταθμός παρέχοντας όλες τις δυνατότητες στους χρήστες του και ταυτόχρονα να εξυπηρετεί όσον τα δυνατόν μεγαλύτερο κομμάτι των κατοίκων της περιοχής βοηθώντας έτσι στην καλύτερη αξιοποίησή του (Niger and Shaka, 2024).

- **SC3.3 Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών:**

Άλλος ένας παράγοντας που καλείται να εξεταστεί αφορά την αισθητική που δημιουργεί στους πολίτες το έργο μέχρι να ολοκληρωθεί όπως αναφέρουν οι Li et al. (2022). Πολλές φορές παρατηρείται ένα αντιαισθητικό κομμάτι λόγω του πλήθους των υλικών και των μεταλλικών ελασμάτων που χρησιμοποιούνται για την προστασία του εργοταξίου. Πλέον σε πολλά έργα παρατηρείται μια καλύτερη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου είτε των μεταλλικών ελασμάτων καθώς τοποθετούνται φυτά και άλλα παρεμφερή προκειμένου να δοθεί μια πιο ευχάριστη εικόνα στους πολίτες, ενώ κάποιες φορές επιλέγονται και οι επιγραφές με σπρέι επάνω στα μεταλλικά ελάσματα.

- **SC5.1 Αρχικός Προϋπολογισμός:**

Είναι το ποσό το οποίο έχει αποφασιστεί κατά την αδειοδότηση εργασιών για την ολοκλήρωση του έργου. Πρόκειται πολύ συχνά για ένα θεωρητικό ποσό το οποίο συχνά λαμβάνει προσαυξήσεις. Το ποσό αυτό συνήθως εκφράζεται σε εκατομμύρια/χιλιόμετρο και διαφοροποιείται συχνά ανάλογα με την πόλη που πρόκειται να κατασκευαστεί η γραμμή και με τις συνθήκες που επικρατούν κατά την

περίοδο των εργασιών. Στην Αθήνα για παράδειγμα το κόστος ήταν 130 εκατομμύρια/χιλιόμετρα.

- **SC5.2 Κόστος Συντήρησης:**

Το κόστος συντήρησης περιλαμβάνει μια σειρά από παράγοντες που επηρεάζουν το συνολικό κόστος του έργου. Αυτοί είναι η τεχνολογία του συστήματος, η συχνότητα των δρομολογίων, ο αριθμός των σταθμών, άλλα και περιβαλλοντικές και γεωλογικές συνθήκες τις περιοχής. Αναλυτικότερα το κόστος συντήρησης περιλαμβάνει ακόμα τη συντήρηση τροchioδρόμων και σηράγγων, τη συντήρηση συρμών, ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά δίκτυα, την ασφάλεια, τη μισθοδοσία του προσωπικού και τέλος λειτουργική συντήρηση των σταθμών σε συνδυασμό με την καθαριότητά τους.

- **SC5.3 Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό:**

Ο πολεοδομικός σχεδιασμός περιλαμβάνει το σύνολο των όρων δόμησης που υπάρχουν για την περιοχή στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί ο σταθμός. Οι όροι αυτοί όπως αναφέρονται στην αναρτημένη νομοθεσία, είναι οι χρήσεις γης, η ζωνοποίηση (zoning), η δομή αστικής ανάπτυξης γύρω από κόμβους, τα όρια αστικής ανάπτυξης, ο σαφής καθορισμός των παραδοτέων στοιχείων δηλαδή οι χρήσεις γης τα επιτρεπόμενα ύψη κτιρίων, η ελάχιστη έκταση πράσινου και τέλος η κατανομή κινδύνων. Οι παραπάνω προϋποθέσεις αναφέρονται αναλυτικά στο Νόμο 4759/2020 όπως έχει δημοσιευθεί στο ΦΕΚ της κυβέρνησης.

- **SC6.1 Αρχαιολογικά ευρήματα:**

Η ύπαρξη αρχαιολογικών ευρημάτων συχνά δημιουργεί καθυστερήσεις και προβλήματα στο χρονοδιάγραμμα ολοκλήρωσης του έργου. Αρκετές φορές έχουν παρατηρηθεί αναστολές εργασιών είτε λόγω της έλλειψης επικοινωνίας με την αρχαιολογία είτε λόγω της ανάγκης αφαίρεσης των μνημείων από την περιοχή στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί ο σταθμός. Η τελική λύση είναι η ενσωμάτωση των αρχαίων στο περιβάλλον του σταθμού είτε ως εκθέματα είτε ως προστατευόμενα σημεία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα για τα παραπάνω αποτελούν οι σταθμοί που βρίσκονται στο κέντρο της Αθήνας για την Γραμμή 1 και την Γραμμή 3, όπως ο σταθμός Μοναστηράκι, το Σύνταγμα για τις Γραμμές 1 και 2, το Αιγάλεω για τη Γραμμή 3, ο Ελαιώνας για τη Γραμμή 3, η Ακρόπολη η Δάφνη και το Πανεπιστήμιο για τη Γραμμή 2 και τέλος ο Κεραμικός για τη Γραμμή 3 σύμφωνα με τα δημοσιευμένα στοιχεία στην ιστοσελίδα της Αττικό Μετρό για στοιχεία με αρχαιολογικό περιβάλλον όπως δημοσιευθήκαν σε αυτή το 2010.

- **SC6.2 Δυσκολία Εκσκαφής:**

Άλλο ένα στοιχείο που συνδέεται με τις επιπτώσεις στις αρχαιολογίες αποτελούν τα προβλήματα που μπορεί να συναντηθούν κατά τη διάρκεια της εκσκαφής. Συχνά η απομάκρυνση των αρχαίων από ένα εργοτάξιο αποτελεί μια διαδικασία η οποία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να μην εντοπιστούν φθορές και αλλοιώσεις σε αυτά. Είναι συνεπώς μια χρονοβόρα διαδικασία καθώς απαιτείται αρχική έγκριση για την

απομάκρυνση, ενώ ταυτόχρονα είναι αναγκαία η εύρεση χώρου για την τοποθέτησή τους μετά την εκσκαφή καθώς τις περισσότερες φορές είναι αδύνατη η παρουσία τους στο χώρο του εργοταξίου κατά την υπάρχουσα νομοθεσία 3028/2002.

- **SC7.1 Συνδεσιμότητα με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (MMM):**

Η βελτίωση της προσβασιμότητας αποτελεί παράγοντα που επιδρά στην κατασκευή ενός συγκοινωνιακού έργου όπως η γραμμή Μετρό. Στόχος του σχεδιασμού αποτελεί η άμεση σύνδεση των σταθμών του Μετρό με άλλα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και κυρίως με αστικά λεωφορεία. Η άμεση ανταπόκριση καθώς και η ύπαρξη στάσεων και συχνών δρομολογίων που καλύπτουν το μεγαλύτερο μήκος της γραμμής είναι από τα στοιχεία που εξετάζονται προκειμένου να διευκολύνονται οι μετακινήσεις τόσο από όσο και προς τον προορισμό του επιβάτη.

- **SC7.2 Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων:**

Ο σύγχρονος σχεδιασμός περιλαμβάνει στοιχεία τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά του σταθμού ώστε να είναι φιλικά προς τους χρήστες με μειωμένη κοινωνικότητα. Οι περισσότεροι σταθμοί στο σύνολό τους περιλαμβάνουν ανελκυστήρες από και προς τις αποβάθρες, ράμπες εισόδου – εξόδου, καθώς και σημεία στάθμευσης για τους επιβάτες τα οποία αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα για τη χρήση του μέσου. Ακόμη έχουν σχεδιαστεί στο σύνολο των Γραμμών 1, 2 και 3 οδηγοί όδευσης για τα άτομα με προβλήματα όρασης, ενώ αρκετά βοηθητικές για την εξυπηρέτησή τους αποτελούν οι ηχητικές ανακοινώσεις εντός των συρμών στις αποβάθρες και η ανάγνωσης LED για τους επόμενους σταθμούς επιβίβασης και αποβίβασης.

4.2 Αποτελέσματα

4.2.1 Σύγκριση κριτηρίων

Έχοντας επιλέξει τα 7 κριτήρια σχηματίστηκε ένα πίνακας με σκοπό τη σύγκρισή τους. Τα κριτήρια αυτά βαθμολογήθηκαν από μια επιτροπή ειδικών με την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό με βαθμολογία από το 1 έως το 9. Οι υπεύθυνοι που συμπλήρωσαν το ζητούμενο ερωτηματολόγιο εργάζονται στο Αττικό Μετρό, και έχουν θέσεις όπως υπεύθυνοι στρατηγικού σχεδιασμού για την κατασκευή μιας νέας γραμμής, υπεύθυνοι στο νομικό κομμάτι για μεγάλα δημόσια έργα καθώς και επιβλέποντες μηχανικοί στα αντίστοιχα εργοτάξια. Τα ερωτηματολόγια αυτά ήταν 5 στον αριθμό τους και η βαθμολογία τους έγινε από υπευθύνους του Αττικού Μετρό.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 3 μέρη: Το πρώτο μέρος αποτελείται από τα κριτήρια ανάλυσης για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό που ήταν οποία ήταν επτά και καθένας από αυτούς τοποθέτησε μια διαφορετική βαθμολογία για την μεταξύ τους εξάρτηση με σκοπό να κατηγοριοποιηθούν. Η διαδικασία αυτή ακολούθησε πέντε φορές και σχηματίστηκαν πέντε διαφορετικοί πίνακες. Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει τα υποκριτήρια των βασικών κατηγοριών ανάλυσης. Το πλήθος των στοιχείων που κλήθηκαν να ιεραρχηθούν ήταν 15 και η αξιολόγησή τους έλαβε βαθμολογίες από καθένα από τους

πέντε ειδικούς, η διαδικασία αυτή είχε αποτέλεσμα τον σχηματισμό 35 πινάκων με διαφορετικές τιμές για το καθένα από αυτό τα στοιχεία. Το τρίτο μέρος αποτελείται από την εξαγωγή των συμπερασμάτων και τον επαναυπολογισμό των βαρών των για τρία βασικότερα κριτήρια που προέκυψαν. Αυτός γίνεται με την προσαύξησή των ποσοστών τους κατά 10%, 20%, 30% τόσο θετικά όσο και αρνητικά. Επόμενο βήμα ήταν η παρακολούθηση τις αλλαγής των τιμών και κατά ποσό αυτή άλλαξε την αρχική κατάταξη. Με τα αλλαγμένα βάρη ξανά έγινε υπολογισμός για τα βάρη των υποκριτηρίων ανάλυσης. Στη συνέχεια, αφού έγινε μια πρώτη ιεράρχηση των κριτηρίων αυτών ακολουθήθηκε μια δεύτερη ιεράρχησή τους με σκοπό τη σαφέστερη εικόνα για τη μεθοδολογία που ακολουθείται σε ένα τέτοιο συγκοινωνιακό έργο. Η δεύτερη ιεράρχησή τους περιλαμβάνει 5 ερωτηματολόγια με ίδια κλίμακα βαθμολόγησης από το 1 έως το 9, και τους ίδιους βαθμολογητές με τα πρώτα ερωτηματολόγια.

Στη συνέχεια και αφού έγινε η σύγκριση των επτά κριτηρίων ανά δυο μεταξύ τους κατασκευάστηκε ένας πίνακας ο οποίος απεικονίζει τον γεωμετρικό μέσο του κάθε στοιχείου που βρίσκεται σε αυτόν τον πίνακα. Ο γεωμετρικός μέσος υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας όλες τις βαθμολογίες του κάθε στοιχείου και υψώνονται εις την 1/n. Όπου n ο αριθμός των ερωτηματολογίων, στη δικιά μας περίπτωση ισούται με 5, ο πίνακας 4.2 θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων στην ΑΗΡ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Γεωμετρικός Μέσος κάθε στοιχείου για υπολογισμό βαρών στην ΑΗΡ (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία)

	C1 εξυπηρετούμενος πληθυσμός	C2 αναμενομένη ζήτηση	C3 περιβαλλοντικές επιπτώσεις	C4 χρόνος διαδρομής	C5 κόστος κατασκευής	C6 επίπτωση στις αρχαιολογίες	C7 βελτίωση στην προσβασιμότητα
C1 εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1	1	6,346	1,246	2,93	2,237	1
C2 αναμενομένη ζήτηση	1	1	7,56	1,246	3,104	1,947	1,246
C3 περιβαλλοντικές επιπτώσεις	0,158	0,132	1	1	1	1	1
C4 χρόνος διαδρομής	0,803	0,803	1	1	1,644	1,38	1,246
C5 κόστος κατασκευής	0,341	0,322	1	0,608	1	1,476	1,38
C6 επίπτωση στις αρχαιολογίες	0,447	0,514	1	0,725	0,678	1	1
C7 βελτίωση στην προσβασιμότητα	1	0,803	0,803	1	0,725	1	1

Καθορισμός των Βαρών

Στη συνέχεια όπως ακολουθείται σε κάθε μεθοδολογία πολυκριτηριακής ανάλυσης και συγκεκριμένα και στην ΑΗΡ υπολογίστηκε ο γεωμετρικός μέσος κάθε σειράς του πίνακα 4.2, από τη σχέση 1 του κεφαλαίου 3, όπου ο αριθμός των κριτηρίων για τη συγκεκριμένη διερεύνηση είναι επτά. Ο Πίνακας 4.2 απεικονίζει τις τιμές των γεωμετρικών μέσων των επτά υπό εξέταση κριτηρίων.

Πίνακας 4.3: Γεωμετρικός Μέσος Κριτηρίων για υπολογισμό βαρών ΑΗΡ

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ
C1 εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1,7577
C2 αναμενόμενη ζήτηση	1,8383
C3 περιβαλλοντικές επιπτώσεις	0,5753
C4 χρόνος διαδρομής	1,0895
C5 κόστος κατασκευής	0,7520
C6 επίπτωση στις αρχαιολογίες	0,7323
C7 βελτίωση στην προσβασιμότητα	0,8971

Αφού πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των γεωμετρικών μέσων ακολουθεί ο υπολογισμός βάρους του κάθε κριτηρίου από την σχέση 2 του κεφαλαίου 3. Προκύπτουν έτσι τα βάρη των κριτηρίων για την δημιουργία μιας νέας γραμμής Μετρό στον πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.4: Πίνακας Βαρών Κριτηρίων Αξιολόγησης

Κριτήρια	Κανονικοποιημένο w_i
αναμενόμενη ζήτηση	0,240606558
εξυπηρετούμενος πληθυσμός	0,23588841
χρόνος διαδρομής	0,146204084
βελτίωση της προσβασιμότητας	0,113054669
επίπτωση στις αρχαιολογίες	0,095223327
κόστος κατασκευής	0,094204085
περιβαλλοντικές επιπτώσεις	0,074818867
Άθροισμα	1,00

Για την ορθότητα των αποτελεσμάτων αν δηλαδή, έχει γίνει σωστά η διαδικασία, θα πρέπει τα βάρη των κριτηρίων να αθροίζονται σε μονάδα. Αθροίζοντάς τα προκύπτει ότι όντως το άθροισμά τους ισούται με τη μονάδα οπότε μπορεί να γίνει το επόμενο βήμα για την ολοκλήρωση της ιεράρχησης, το οποίο είναι ο υπολογισμός του Διανύσματος Συνέπειας.

Από τον πίνακα 4.3. προκύπτει ότι το σημαντικότερο κριτήριο για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό είναι η αναμενόμενη ζήτηση με συντελεστή βάρους 0,241, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός (0,235) και ο χρόνος διαδρομής (0,146). Τα τρία αυτά κριτήρια συγκεντρώνουν αθροιστικά περίπου το 61% της συνολικής βαρύτητας, γεγονός που δείχνει ότι έχουν το μεγαλύτερο ρόλο για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό. Τα κριτήρια βελτίωση της προσβασιμότητας (0,113), επίπτωση στις αρχαιολογίες (0,096) και κόστος κατασκευής (0,094) παρουσιάζουν μεσαία βαρύτητα γεγονός που δείχνει ότι λαμβάνονται υπόψη, χωρίς όμως να υπερισχύουν.

Το κριτήριο περιβαλλοντικές επιπτώσεις (0,0748) παρουσιάζει το μικρότερο βάρος το οποίο σημαίνει ότι στη συγκεκριμένη αξιολόγηση οι περιβαλλοντικοί παράγοντες θεωρούνται σημαντικοί αλλά όχι καθοριστικής σημασίας.

Έχοντας υπολογίσει πλέον τα βάρη, επόμενο κομμάτι είναι ο έλεγχος συνέπειας της ανάλυσης. Πρώτα υπολογίζεται το διάνυσμα συνέπειας (Consistency Vector- CV). Η διαδικασία υπολογισμού των διανυσμάτων για τα κριτήρια αξιολόγησης αναγράφεται στο κεφάλαιο 3 και γίνεται μέσω της σχέσης υπολογισμού 3.3.

Με βάση τα δεδομένα που υπολογίστηκαν παραπάνω, προέκυψαν τα εξής διανύσματα συνέπειας για τα επτά κριτήρια αξιολόγησης (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.5: Πίνακας Διανύσματος Συνέπειας (CV) κριτηρίων αξιολόγησης

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ (CV)
C1 εξυπηρετούμενος πληθυσμός	7,358
C2 αναμενομένη ζήτηση	7,660
C3 περιβαλλοντικές επιπτώσεις	7,920
C4 χρόνος διαδρομής	7,050
C5 κόστος κατασκευής	7,562
C6 επίπτωση στις αρχαιολογίες	7,163
C7 βελτίωση στην προσβασιμότητα	8,066

Στη συνέχεια ακολούθησε ο υπολογισμός του μέσου ορού των σειρών του Πίνακα 4.4, λ_{max} , (σχέση 3.4) δηλαδή $\lambda_{max} = 7,40$.

Ακολούθως υπολογίζεται ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index- CI) από τον τύπο:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \rightarrow CI = \frac{7,40 - 7}{7 - 1} \quad \text{δηλαδή } CI = 0,066.$$

Τέλος έχοντας υπολογίσει τον Δείκτη Συνέπειας υπολογίζεται ο Λόγος Συνέπειας (Consistency Ratio - CR) από τον τύπο:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

όπου ο RI παίρνει τιμές ανάλογα με τον αριθμό των κριτηρίων από τον Πίνακα 2 του κεφαλαίου 3. Για να είναι αποδεκτή η τιμή του Λόγου Συνέπειας πρέπει να ισχύει ότι $CR < 0,1$.

Στην παρούσα εργασία για $CI = 0,066$ και για $RI = 1,32$, ο οποίος δείκτης RI εξαρτάται από τον αριθμό των κριτηρίων και σε αυτήν την περίπτωση παίρνει την τιμή 1,32 οπότε προκύπτει η ζητούμενη τιμή για τον Λόγο Συνέπειας (CR).

Ο Λόγος Συνέπειας υπολογίστηκε:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,066}{1,32} = 0,05 < 0,1 ,$$

δηλαδή μικρότερη τιμή του αποδεκτού ορίου 0,1 επομένως η ανάλυση θεωρείται αποδέκτη. Αυτό δείχνει ότι οι κρίσεις των ειδικών θεωρούνται συνεπείς και αξιόπιστες και έτσι τα βάρη που προέκυψαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωστά.

4.2.2 Σύγκριση υποκριτηρίων

Στη συνέχεια τα παραπάνω υποκριτήρια για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό αξιολογήθηκαν και αυτά από τους ίδιους ερωτηθέντες. Ζητήθηκε δηλαδή από τους ερωτηθέντες, να συγκρίνουν τα υποκριτήρια ανά ζεύγη με βαθμολογία την κλίμακα του Saaty από το 1 μέχρι 9, προκειμένου να απαντηθεί ποιο από αυτά έχει μεγαλύτερη σημασία. Προέκυψαν έτσι 5 ερωτηματολόγια στα οποία έγινε σύγκριση των υποκριτηρίων μεταξύ τους. Υπάρχουν συνεπώς σε κάθε ερωτηματολόγιο από τα παραπάνω, επιμέρους ερωτηματολόγια που αφορούν τα υποκριτήρια στα οποία έγινε διαχωρισμός. Κάθε ερωτηματολόγιο αποτελείται από 6 πίνακες είτε 2x2 είτε 3x3 ανάλογα με τις υπό εξέταση κατηγορίες. Για κάθε υποκριτήριο υπολογίστηκε όπως ορίζει η μεθοδολογία της αναλυτικής διαδικασίας ιεράρχησης ο γεωμετρικός μέσος όρος (Gmi), το βάρος του κάθε υποκριτηρίου (Wi), το γινόμενο του βάρους του κάθε κριτηρίου με το αντίστροφο της βαθμολόγησης τους (A*wi). Σύμφωνα με την AHP για να υπολογιστεί ο δείκτης συνέπειας πρέπει να υπάρχουν πάνω από δυο εξεταζόμενα στοιχεία για αυτό και σε ορισμένους από τους πίνακες που επισυνάπτονται παρακάτω δεν υπάρχει ο υπολογισμός του.

Μετά από τα παραπάνω υπολογίστηκε το γινόμενο του βάρους των στοιχείων του πίνακα με το γεωμετρικό μέσο προκειμένου να βρεθεί ο μέσος όρος λ και ο δείκτης συνέπειας CI. Τέλος υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας ώστε να μπορέσει να θεωρηθεί η παραπάνω ανάλυση αποδεκτή εφόσον βρίσκεται στα επιτρεπόμενα όρια. Η παραπάνω διαδικασία έγινε ξεχωριστά για το καθένα από τα πέντε ερωτηματολόγια και για τους επιμέρους πίνακες με τα υποκριτήρια.

Αφού υπολογίστηκαν τα βάρη από όλα τα ερωτηματολόγια υπολογίστηκε το παγκόσμιο βάρος για καθένα από αυτά. Ως παγκόσμιο βάρος ορίστηκε το γινόμενο του κανονικοποιημένου βάρους Wi που προέκυψε από τα 5 ερωτηματολόγια με το κανονικοποιημένο βάρος του υπό ανάλυση κριτηρίου.

Παρακάτω θα παρατεθούν οι πίνακες του πρώτου ερωτηματολογίου με υπολογισμένα όλα τα απαιτούμενα στοιχεία προκειμένου να δοθεί μια ολοκληρωμένη ανάλυση (Πίνακες 4.6 – 4.11). Στο Παράρτημα 7.2 παρουσιάζονται και τα υπόλοιπα ερωτηματολόγια.

Θα παρατεθούν από το πρώτο ερωτηματολόγιο και στη συνέχεια όλα τα επόμενα.

Πίνακας 4.6: Υποκριτήρια Εξυπηρετούμενου Πληθυσμού (ερωτηματολόγιο 1)

Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Εξυπηρετούμενος πληθυσμός"

C1	SC1.1 Πυκνότητα πληθυσμού	SC1.2 Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού
SC1.1 Πυκνότητα πληθυσμού	1	1

SC1.2 Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	1	1
----------------------------------	---	---

Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Εξυπηρετούμενος πληθυσμός"

Gmi	wi	A*w	λ i	λmax	2
1,0	0,5	1,0	2,0	CI	0
1,0	0,5	1,0	2,0	CR	Συνεπής εξ ορισμού
				n	2
				RI	0

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω το δεύτερο κριτήριο προς αξιολόγηση ήταν η αναμενομένη ζήτηση, η οποία διαχωρίστηκε και αυτή σε επιμέρους κριτήρια.

Πίνακας 4.7: Υποκριτήρια Αναμενομένης Ζήτησης (ερωτηματολόγιο 1)

Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Αναμενομένη Ζήτηση"

C2	Δημόσιες υπηρεσίες (κεντρικές υπηρεσίες, πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μητροπολιτικά πάρκα)
SC2.1 Δημόσιες υπηρεσίες (πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	1,000	3,000
SC2.2 Άλλοι Πόλοι Έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μητροπολιτικά πάρκα)	0,333	1,000

Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Αναμενομένη Ζήτηση "

GMi	Wi	A*w	λ_i	λmax	2
1,7	0,8	1,5	2	CI	0
0,6	0,3	0,5	2	CR	συνεπής εξ ορισμού
				n	2
				RI	0

Το επόμενο κριτήριο το οποίο πρόκειται να αξιολογηθεί η σημασία που διαδραματίζει σε ένα τέτοιο έργο ήταν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που διαχωρίστηκαν και αυτές σε επιμέρους κομμάτια.

Πίνακας 4.8: Υποκριτήρια Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ερωτηματολόγιο 1)

Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις"

C3	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών
SC3.1 Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	1	3

SC3.2 Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	1	1	4
SC3.3 Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,333	0,25	1

Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις"

G _{Mi}	W _i	A*W _i	λ _i	λ _{max}	3,0092
1,4	0,4	1,3	3,0	CI	0,0046
1,6	0,5	1,4	3,0	CR	0,0079
0,4	0,1	0,4	3,0	n	3
				RI	0,58

Το επόμενο κριτήριο που εξετάστηκε ήταν το κόστος κατασκευής κατά τη διάρκεια ενός τέτοιου εγχειρήματος.

Πίνακας 4.9: Υποκριτήρια Κόστους Κατασκευής (ερωτηματολόγιο 1)

C5	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό
SC5.1 Αρχικός Προϋπολογισμός	1	1	1
SC5.2 Κόστος Συντήρησης	1	1	3
SC5.3 Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	1	0,333	1

Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Κόστους Κατασκευής"

G _{Mi}	W _i	A*W _i	λ _i	λ _{max}	3,1356
1,0	0,3	1,0	3,1	CI	0,0678
1,4	0,5	1,4	3,1	CR	0,1169
0,7	0,2	0,7	3,1	n	3
				RI	0,58

Τα δυο τελευταία κριτήρια που εξετάστηκαν ήταν οι επιπτώσεις στις αρχαιολογίες και η βελτίωση στην προσβασιμότητα με τα υποκριτήρια τους.

Πίνακας 4.10: Υποκριτήρια επιπτώσεων στις αρχαιολογίες (ερωτηματολόγιο 1)

Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Επίπτωση στις Αρχαιολογίες"

C6	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκσκαφής
SC6.1 Αρχαιολογικά ευρήματα	1	6
SC6.2 Δυσκολία Εκσκαφής	0,167	1

Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Επίπτωση στις Αρχαιολογίες"

G_{Mi}	W_i	A*W_i	λ_i	λ_{max}	2
2,4	0,9	1,7	2,0	CI	0
0,4	0,1	0,3	2,0	CR	συνεπής εξορισμού
				n	2
				RI	0

Πίνακας 4.11: Υποκριτήρια Βελτίωσης της Προσβασιμότητας (ερωτηματολόγιο 1)

Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Βελτίωση στην Προσβασιμότητα"

C7	Συνδεσιμότητα με MMM	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	Αποδοχή από τοπική κοινωνία
SC7.1 Συνδεσιμότητα με MMM	1	1	1
SC7.2 Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	1	1	3
SC7.3 Αποδοχή από τοπική κοινωνία	1	0,333	1

Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Βελτίωση στην Προσβασιμότητα"

G_{Mi}	W_i	A*W_i	λ_i	λ_{max}	3,13561
1,0	0,3	1,0	3,1	CI	0,06781
1,4	0,5	1,4	3,1	CR	0,11691
0,7	0,2	0,7	3,1	n	3
				RI	0,58

Ο Πίνακας 4.12 παρουσιάζει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα με όλα τα ζητούμενα παγκόσμια βάρη για την αξιολόγηση των στοιχείων αυτών.

Πίνακας 4.12: Συγκεντρωτικός Πίνακας

	Υποκριτήρια	W					Γεωμ. Μέσος	Κανονικοποιημένο w_i	Παγκόσμιο Βάρος
		Ερωτηματολόγιο 1	Ερωτηματολόγιο 2	Ερωτηματολόγιο 3	Ερωτηματολόγιο 4	Ερωτηματολόγιο 5			
Εξυπηρετούμενος πληθυσμός	Πυκνότητα πληθυσμού	0,500	0,500	0,500	0,833	0,750	0,600562217	0,632186875	0,149125557
	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	0,500	0,500	0,500	0,167	0,250	0,349413559	0,367813125	0,086762853
Αναμενομένη ζήτηση	Δημόσιες υπηρεσίες (πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	0,750	0,667	0,667	0,833	0,667	0,713709123	0,722620653	0,173867268
	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, πανεπιστήμια)	0,250	0,333	0,333	0,167	0,333	0,273958638	0,277379347	0,06673929
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	0,416	0,387	0,387	0,460	0,455	0,419895565	0,424817332	0,031784351
	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	0,458	0,443	0,443	0,319	0,455	0,419895565	0,424817332	0,031784351
	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,126	0,169	0,169	0,221	0,091	0,148623261	0,150365335	0,011250164
Κόστος Κατασκευής	Αρχικός Προϋπολογισμός	0,319	0,327	0,327	0,519	0,327	0,35717345	0,367102203	0,034582527
	Κόστος Συντήρησης	0,460	0,413	0,413	0,177	0,413	0,356202736	0,366104505	0,03448854
	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	0,221	0,260	0,260	0,304	0,260	0,259577524	0,266793293	0,025133018
Επίπτωση στις αρχαιολογίες	Αρχαιολογικά ευρήματα	0,857	0,833	0,833	0,500	0,889	0,766481435	0,8050271	0,076657359
	Δυσκολία Εκσκαφής	0,143	0,167	0,167	0,500	0,111	0,185637363	0,1949729	0,018565968
Βελτίωση στην προσβασιμότητα	Συνδεσιμότητα με ΜΜΜ	0,319	0,327	0,327	0,685	0,319	0,375609543	0,394120197	0,044557129
	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	0,460	0,413	0,413	0,234	0,460	0,384852327	0,403818481	0,045653565
	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	0,221	0,260	0,260	0,080	0,221	0,192571102	0,202061322	0,022843976

Στον πίνακα 4.13 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά βάρη (global weights) όλων των υποκριτηρίων. Τα βάρη αυτά προκύπτουν ως το γινόμενο του βάρους κάθε κύριου κριτηρίου (W_i) με το επιμέρους βάρος κάθε υποκριτηρίου (w_{ij}). Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η ιεράρχηση όλων των υποκριτηρίων σε ένα ενιαίο πλαίσιο, ώστε να αποτυπωθεί ποιοι επιμέρους παράγοντες επηρεάζουν περισσότερο τη λήψη απόφασης για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό.

Ως πιο σημαντικά αναδείχθηκαν τα υποκριτήρια που σχετίζονται με τη ζήτηση και τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό δηλαδή οι δημοσίες υπηρεσίες, η πυκνότητα πληθυσμού και ο ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού, ενώ σημαντικά αναδείχθηκαν τα υποκριτήρια των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως η αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον και οι εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή, καθώς και τα υποκριτήρια της βελτίωσης στην προσβασιμότητα που σχετίζονται με την εξυπηρέτηση των ευάλωτων ομάδων και τη συνδεσιμότητα με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13: Κατάταξη υποκριτηρίων με βάση τα παγκόσμια βάρη

Κριτήριο	Υποκριτήριο	Τοπικό Βάρος W_i	Βάρος Κριτηρίου W_i	Παγκόσμιο Βάρος	Κατάταξη
Αν αμενομένη Ζήτηση	Δημοσίες Υπηρεσίες	0,723	0,241	0,174	1
Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός	Πυκνότητα Πληθυσμού	0,632	0,236	0,149	2
Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός	Ρυθμός Ανάπτυξης	0,368	0,236	0,087	3
Επίπτωση στις Αρχαιολογίες	Αρχαιολογικά Ευρήματα	0,805	0,095	0,077	4
Αν αμενομένη Ζήτηση	Άλλοι Πόλοι Έλξεις	0,277	0,241	0,067	5
Βελτίωση στην Προσβασιμότητα	Εξυπηρέτηση ευάλωτων	0,404	0,113	0,046	6
Βελτίωση στην Προσβασιμότητα	Συνδεσιμότητα με ΜΜ	0,045	0,113	0,045	7
Κόστος Κατασκευής	Αρχικός Προϋπολογισμός	0,367	0,094	0,035	8
Κόστος Κατασκευής	Κόστος Συντήρησης	0,366	0,094	0,034	9
Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	Εκπεμπόμενοι Ρύποι	0,425	0,075	0,032	10
Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	Αισθητική και Ένταξη	0,425	0,075	0,032	11
Κόστος Κατασκευής	Συμβατότητα με πολεοδομικά	0,267	0,094	0,025	12
Βελτίωση στην Προσβασιμότητα	Αποδοχή από τοπική	0,202	0,113	0,023	13
Επίπτωση στις Αρχαιολογίες	Δυσκολία Εκσκαφής	0,095	0,095	0,019	14
Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	Αισθητική κατά την δι	0,150	0,075	0,011	15

4.3 Ανάλυση Ευαισθησίας

Σκοπός της ενότητας αυτής αποτελεί η διερεύνηση της σταθερότητας της τελικής κατάταξης των κριτηρίων αν μεταβληθούν τα βάρη των σημαντικότερων κριτηρίων. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η αξιοπιστία της μεθοδολογίας και η ορθότητα των αποτελεσμάτων. Για τα τρία σημαντικότερα κριτήρια όπως υπολογίστηκαν από την Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης μεταβάλλουμε τα βάρη των κριτηρίων κατά 10%, 20%, 30%. Αρχικά η μεταβολή των βαρών αφορά την αύξηση των τιμών κατά τις τιμές που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ στη συνέχεια έγινε η αντίστοιχη μείωση των

ποσοστών προκειμένου να μπορέσει να γίνει ολοκληρωμένη ανάλυση από τους Chen et al. (2010).

Τα τρία βασικότερα κριτήρια των οποίων μεταβλήθηκαν οι τιμές ήταν η αναμενόμενη ζήτηση, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός και ο χρόνος διαδρομής. Παρακάτω αναγράφεται η σειρά κατάταξης των κριτηρίων όπως αυτή υπολογίστηκε με βάση τη μεθοδολογία της αναλυτικής διαδικασίας ιεράρχησης στην ενότητα 4.2.1.

Πίνακας 4.14: Αρχική κατάταξη κριτηρίων για νέα Γραμμή Μετρό

Κριτήρια	Κανονικοποιημένο w_i	ΚΑΤΑΤΑΞΗ
αναμενόμενη ζήτηση	0,240	1
εξυπηρετούμενος πληθυσμός	0,235	2
χρόνος διαδρομής	0,146	3
βελτίωση της προσβασιμότητας	0,113	4
επίπτωση στις αρχαιολογίες	0,095	5
κόστος κατασκευής	0,094	6
περιβαλλοντικές επιπτώσεις	0,074	7
Άθροισμα	1,00	

Η μεταβολή πραγματοποιήθηκε ως εξής:

Αν το αρχικό βάρος ενός κριτηρίου είναι w_i τότε το νέο βάρος είναι w'_i και τα υπόλοιπα βάρη w_j μετατρέπονται αντίστοιχα:

$$w_j = w'_j(1 - w'_i) / ((1 - w_i))$$

ώστε

$$\sum w'_j + w'_i = 1$$

Προκειμένου να εφαρμοστεί η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε η παρακάτω διαδικασία με επίκεντρο τους τρεις βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό.

- Αρχικά έγινε μεταβολή του υπολογισμένου βάρους για την αναμενόμενη ζήτηση, καθώς αυτό ήταν το κριτήριο με το μεγαλύτερο βάρος (Πίνακας 4.15). Η μεταβολή έγινε μειώνοντας κατά 30%, 20% και 10% το αρχικό βάρος του κριτηρίου και στη συνέχεια αυξάνοντάς το κατά 10%, 20% και 30%. Η μεταβολή αυτή είχε ως αποτέλεσμα να υπάρξει μεταβολή της κατάταξης των τιμών για το σημαντικότερο κριτήριο κατά τη μείωση των τιμών με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό να μετατρέπεται σε βασικότερο κριτήριο, ενώ κατά την αύξηση του βάρους της αναμενόμενης ζήτησης διατηρήθηκε η αρχική κατάταξη. Σε όλες τις μεταβολές

παρατηρήθηκε ότι τα λιγότερο σημαντικά κριτήρια ήταν το κόστος κατασκευής και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για παράδειγμα, η μεταβολή του βάρους της αναμενόμενης ζήτησης κατά +10% οδήγησε σε νέο βάρος 0,2647. Τα υπόλοιπα κριτήρια αναπροσαρμόστηκαν αναλογικά ώστε το άθροισμα να παραμένει ίσο με τη μονάδα. Παρατηρείται ότι, παρά την αύξηση, η σχετική ιεράρχηση των τριών πρώτων κριτηρίων δεν μεταβάλλεται, γεγονός που υποδηλώνει σταθερότητα του μοντέλου.

Πίνακας 4.15 Βάρη Κριτηρίων με Μεταβολή του Βάρους της Αναμενόμενης Ζήτησης

Σενάριο 1: αναμενόμενη ζήτηση	αναμενόμενη ζήτηση	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	χρόνος διαδρομής	βελτίωση της προσβασιμότητας	επίπτωση στις αρχαιολογίες	κόστος κατασκευής	περιβαλλοντικές επιπτώσεις
-30%	0,1684	0,2583	0,1601	0,1238	0,1043	0,1032	0,0819
-20%	0,1925	0,2508	0,1555	0,1202	0,1013	0,1002	0,0796
-10%	0,2165	0,2434	0,1508	0,1166	0,0982	0,0972	0,0772
0%	0,2406	0,2359	0,1462	0,1131	0,0952	0,0942	0,0748
10%	0,2647	0,2284	0,1416	0,1095	0,0922	0,0912	0,0724
20%	0,2887	0,2209	0,1369	0,1059	0,0892	0,0882	0,0701
30%	0,3128	0,2135	0,1323	0,1023	0,0862	0,0852	0,0677

- Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε για τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό (Πίνακας 4.16). Η αλλαγή στις τιμές του βάρους του εξυπηρετούμενου πληθυσμού είχε ως αποτέλεσμα κατά τη μείωση των τιμών να διατηρηθεί η αρχική κατάταξη δηλαδή η αναμενόμενη ζήτηση να παραμείνει το σημαντικότερο κριτήριο και να ακολουθήσει ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός, ενώ στην αύξηση των τιμών του βάρους παρατηρήθηκε αλλαγή και σημαντικότερο κριτήριο αποτέλεσε ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός. Ενώ λιγότερα σημαντικά παρέμειναν όπως και πριν το κόστος κατασκευής και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, η μεταβολή κατά +10% δείχνει ότι η υπήρξε μεταβολή στην κατάταξη των κριτηρίων με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό να γίνεται το σημαντικότερο κριτήριο και όχι η αναμενόμενη ζήτηση όπως είχε αρχικώς είχε υπολογιστεί, ενώ τα υπόλοιπα κριτήρια διατηρούν τη κατάταξη τους, ενώ το άθροισμα των βαρών παραμένει ίσο με τη μονάδα.

Πίνακας 4.16 Βάρη Κριτηρίων με Μεταβολή του Βάρους του Εξυηηρετούμενου Πληθυσμού

Σενάριο 2: εξυηηρετούμενος πληθυσμός	αναμενόμενη ζήτηση	εξυηηρετούμενος πληθυσμός	χρόνος διαδρομής	βελτίωση της προσβασιμότητας	επίπτωση στις αρχαιολογίες	κόστος κατασκευής	περιβαλλοντικές επιπτώσεις
-30%	0,2629	0,1651	0,1597	0,1235	0,1040	0,1029	0,0817
-20%	0,2555	0,1887	0,1552	0,1200	0,1011	0,1000	0,0794
-10%	0,2480	0,2123	0,1507	0,1165	0,0982	0,0971	0,0771
0%	0,2406	0,2359	0,1462	0,1131	0,0952	0,0942	0,0748
10%	0,2332	0,2595	0,1417	0,1096	0,0923	0,0913	0,0725
20%	0,2258	0,2831	0,1372	0,1061	0,0893	0,0884	0,0702
30%	0,2183	0,3067	0,1327	0,1026	0,0864	0,0855	0,0679

- Τέλος η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για το βάρος του χρόνου διαδρομής (Πίνακας 4.17). Πραγματοποιήθηκε δηλαδή μείωση του κατά 30%, 20%, 10% και στη συνέχεια αύξησή του κατά τις αντίστοιχες τιμές. Η παραπάνω διαδικασία δεν επέφερε αλλαγές στην κατάταξη των βαρών για τα κριτήρια που επηρεάζουν την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό. Σημαντικό παράμεινε η αναμενόμενη ζήτηση και ο εξυηηρετούμενος πληθυσμός και λιγότερα σημαντικά η επίπτωση στις αρχαιολογίες, το κόστος κατασκευής και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, η μεταβολή κατά +10% μετέβαλε το βάρος της αναμενόμενης ζήτησης με τη νέα τιμή να υπολογίζεται ίσο με 0,2365 και του εξυηηρετούμενου πληθυσμού με 0,2318 και στη συνέχεια αναπροσαρμοστήκαν όλες οι τιμές διατηρώντας την αρχικώς υπολογισμένη κατάταξη των κριτηρίων και τα βάρη αθροίζοντάς τα να είναι ίσα με τη μονάδα.

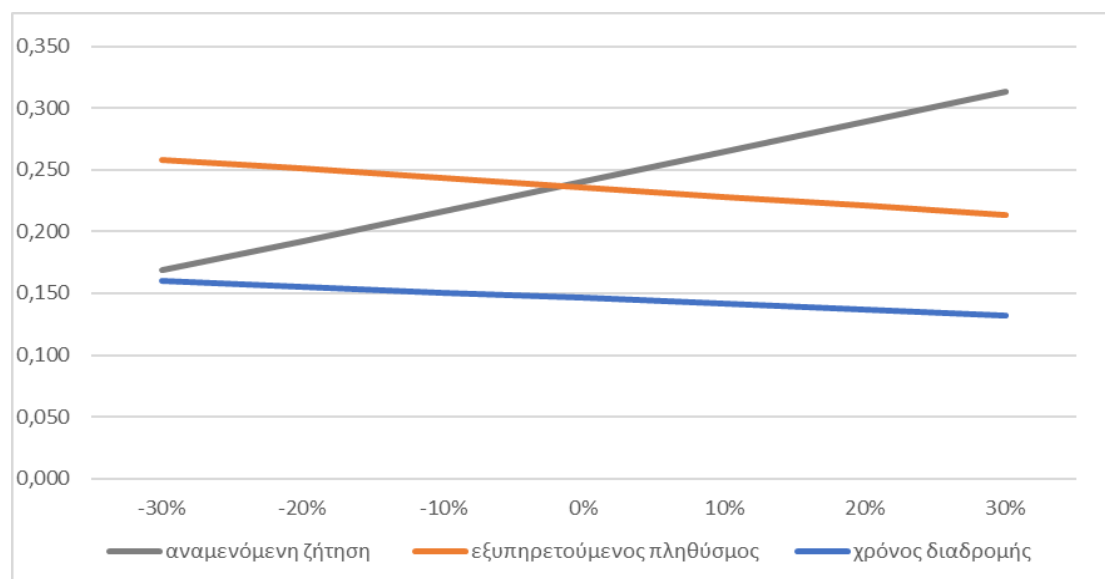
Πίνακας 4.17 Βάρη Κριτηρίων με Μεταβολή του Βάρους του Χρόνου Διαδρομής.

Σενάριο 3: χρόνος διαδρομής	αναμενόμενη ζήτηση	εξυηηρετούμενος πληθυσμός	χρόνος διαδρομής	βελτίωση της προσβασιμότητας	επίπτωση στις αρχαιολογίες	κόστος κατασκευής	περιβαλλοντικές επιπτώσεις
-30%	0,2530	0,2480	0,1023	0,1189	0,1001	0,0990	0,0787
-20%	0,2488	0,2440	0,1170	0,1169	0,0985	0,0974	0,0774
-10%	0,2447	0,2399	0,1316	0,1150	0,0969	0,0958	0,0761
0%	0,2406	0,2359	0,1462	0,1131	0,0952	0,0942	0,0748
10%	0,2365	0,2318	0,1608	0,1111	0,0936	0,0926	0,0735
20%	0,2324	0,2278	0,1754	0,1092	0,0920	0,0910	0,0723
30%	0,2282	0,2238	0,1901	0,1072	0,0903	0,0894	0,0710

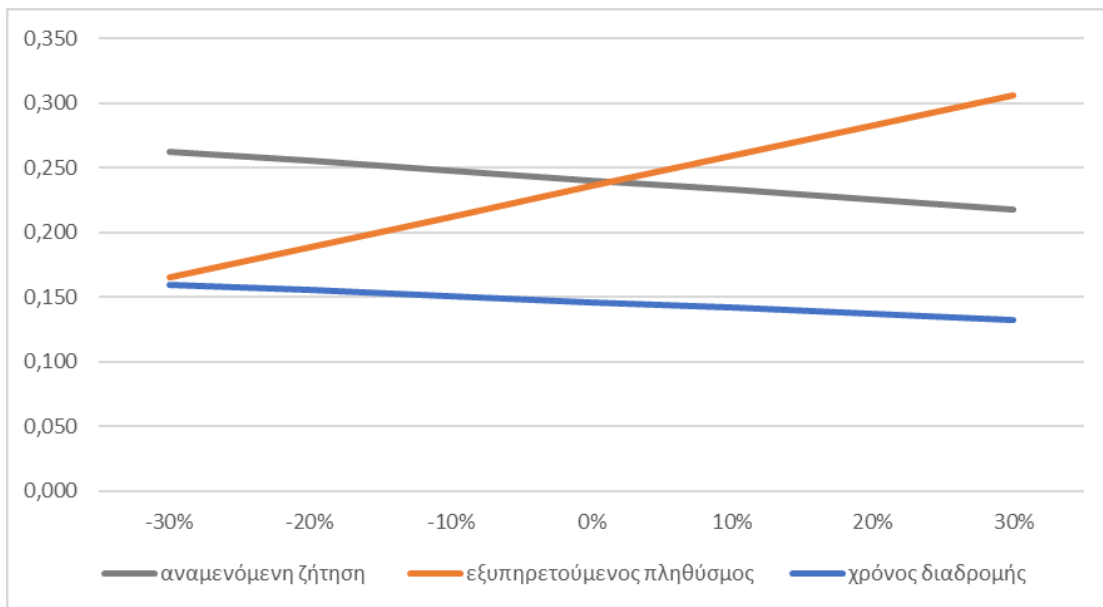
Στο Παράρτημα 7.3 παρουσιάζονται και οι υπόλοιποι πίνακες με τις μεταβολές των βαρών των υπόλοιπων τεσσάρων κριτηρίων (βελτίωση της προσβασιμότητας, επίπτωση στις αρχαιολογίες, κόστος κατασκευής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις).

Οι μεταβολές που επέφερε η ανάλυση ευαισθησίας στις τιμές των κριτηρίων οφείλεται στο γεγονός ότι τα βάρη της ζήτησης και του πληθυσμού είχαν υπολογιστεί σε πολύ κοντινές τιμές κατά την ιεράρχησή τους από τους ειδικούς της Αττικό Μετρό. Επίσης ο μικρός αριθμός ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν από τους εργαζομένους του Αττικό Μετρό αποτέλεσε ένα περιορισμό στην μεθοδολογία για την ανάλυση ευαισθησίας.

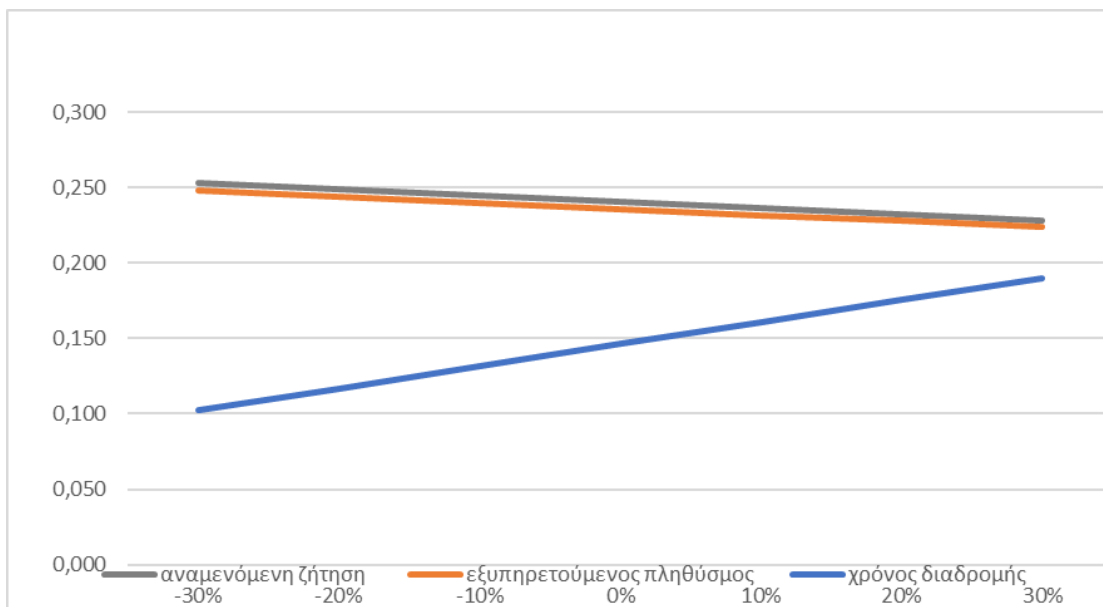
Τα Σχήματα 4.1 έως 4.3 δείχνουν τις μεταβολές των τιμών για τα βάρη των κριτηρίων ανάλυσης ανάλογα με ποιο από αυτά επιλέχθηκε να μεταβληθεί σε συνδυασμό με τα άλλα δυο βασικότερα κριτήρια.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα μεταβολής βαρών κριτηρίων με αλλαγή του βάρους της αναμενόμενης ζήτησης



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα μεταβολής βαρών κριτηρίων με αλλαγή του βάρους του εξυπηρετούμενου πληθυσμού



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα μεταβολής βαρών κριτηρίων με αλλαγή του βάρους του χρόνου διαδρομής

5. Συμπεράσματα και προτάσεις

5.1 Γενικά

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη μεθοδολογίας αξιολόγησης για τα κριτήρια που επηρεάζουν τον σχεδιασμό μιας νέας γραμμής Μετρό καθώς και ο διαχωρισμός τους σε υποκριτήρια προκειμένου να είναι πιο εμπεριστατωμένη η ανάλυση. Το μοντέλο βασίζεται σε μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης και πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκε η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process- AHP). Η αξιολόγηση των κριτηρίων έγινε με βάση την επίδοση σε ένα αριθμό κριτηρίων και υποκριτηρίων.

Αρχικά έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τους παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρολό στο σχεδιασμό μιας νέας γραμμής Μετρό, καθώς και αναφορά σε εφαρμογές της αναλυτικής διαδικασίας ιεράρχησης σε περιπτώσεις τέτοιων συγκοινωνιακών έργων. Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ακολουθήσε η επιλογή των κριτηρίων μέσω των οποίων έγινε η ανάλυση. Τα κριτήρια αυτά ήταν επτά στον αριθμό και πιο συγκεκριμένα: ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός, η αναμενόμενη ζήτηση, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το κόστος κατασκευής, ο χρόνος διαδρομής, οι επίπτωσης στις αρχαιολογίες καθώς και η βελτίωση στην προσβασιμότητα.

Καθένα από τα παραπάνω διαχωρίστηκε σε επιμέρους υποκριτήρια, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός διακρίθηκε στην πυκνότητα πληθυσμού και στον ρυθμό ανάπτυξης πληθυσμού. Η αναμενόμενη ζήτηση κατηγοριοποιήθηκε στις δημόσιες υπηρεσίες και σε άλλους πολλούς έλεγχος που απαιτούν τη χρήση γραμμής Μετρό για την μετακίνηση τους σε αυτούς, ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις διαχωρίστηκαν στους εκπνεόμενους ρύπους κατά την κατασκευή, στην αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον και στην αισθητική κατά την διάρκεια των εργασιών. Η ταξινόμηση του κόστους κατασκευής περιλαμβάνει τον αρχικό προϋπολογισμό, το κόστος συντήρησης και την συμβατότητα με τον πολεοδομικό σχεδιασμό. Όσον αφορά την επίπτωση στις αρχαιολογίες έγινε διαχωρισμός στα αρχαιολογικά ευρήματα που τυχόν μπορεί να ευρεθούν στους σταθμούς του Μετρό και στις δυσκολίες κατά την διάρκεια των εκσκαφών. Τέλος, η βελτίωση στην προσβασιμότητα περιλαμβάνει τη συμβατότητα με αλλά Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και την εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων.

Έχοντας συγκεντρώσει τα απαραίτητα δεδομένα και έχοντας επιλέξει μεθόδους ανάλυσης, τα στοιχεία αυτά εισήχθησαν στο Excel, και από την επεξεργασία τους προέκυψε ένας πίνακας με τον γεωμετρικό μέσο των βαθμολογιών των κριτηρίων αξιολόγησης από τους ειδικούς, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στην Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης. Επόμενο βήμα ήταν η ανάλυση των δεδομένων. Αρχικά βρέθηκαν τα βάρη των κριτηρίων με χρήση της AHP, καθώς και ο Λόγος Συνέπειας της μεθόδου, με σκοπό την επιβεβαίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της μεθόδου. Έπειτα ακολουθήσε η ίδια διαδικασία και για τα υποκριτήρια και με αυτό τον τρόπο προέκυψε η τελική βαθμολογία και για αυτά. Τέλος έγινε η εύρεση του σημαντικότερου κριτηρίου που καθορίζει τη λήψη της τελικής απόφασης.

Τα βάρη των κριτηρίων και των υποκριτηρίων με βάση αυτά αποτελούν τα σημαντικότερα ευρήματα της εργασίας. Τα αποτελέσματα της εργασίας και η μεθοδολογία με χρήση των οποίων υπολογίστηκαν μπορούν να βρουν βασικές εφαρμογές είτε για μελλοντική χάραξη μιας νέας Γραμμής που κρίνεται αναγκαία για την επίλυση και αποσυμφόρηση του κυκλοφοριακού ζητήματος της Αττικής είτε για μια επέκταση των ήδη υπάρχουσών γραμμών.

5.2 Βασικά συμπεράσματα

Από την ανάλυση της ΑΗΡ για τη ιεράρχηση των κριτηρίων που έχουν σημαντικότερο βάρος για στη λήψη απόφασης στο σχεδιασμό νέας Γραμμής Μετρό προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα. Καταρχάς η βαθμολόγηση των ειδικών έδειξε ότι η αναμενόμενη ζήτηση με βάρος 0,240, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός με βάρος 0,235 και ο χρόνος διαδρομής με βάρος 0,146 είναι τα τρία κριτήρια με τη μεγαλύτερη σημασία. Το άθροισμα των ποσοστών των παραπάνω κριτηρίων φτάνει στο 62% της συνολικής σημασίας. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι οι ειδικοί δίνουν πρωταρχική σημασία στη λειτουργική απόδοση του συστήματος και στον βαθμό αξιοπιστίας του από τον πληθυσμό, θέτοντας στο επίκεντρο την πραγματική χρήση και αποδοτικότητα του έργου. Η αναμενόμενη ζήτηση, ως το ισχυρότερο κριτήριο, αντικατοπτρίζει την ανάγκη για αξιολόγηση του πραγματικού φόρτου που μπορεί να υποστηρίξει μια νέα γραμμή Μετρό. Η ζήτηση λειτουργεί ως δείκτης βιωσιμότητας, καθώς μόνο ένα σύστημα με υψηλή και σταθερή επιβατική κίνηση μπορεί να δικαιολογήσει την επένδυση μεγάλης κλίμακας.

Αντίστοιχα, ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός με υψηλό βάρος (0,235) επιβεβαιώνει ότι η γεωγραφική και δημογραφική κάλυψη παραμένει κεντρικός άξονας αξιολόγησης. Η πυκνότητα του πληθυσμού, οι συγκεντρώσεις κατοικίας, οι περιοχές με έντονη αστική κινητικότητα αποτελούν τις βασικές παραμέτρους σχεδίασης, επιβεβαιώνοντας ότι οι μεταφορικές υποδομές πρέπει να ανταποκρίνονται σε πραγματικές πληθυσμιακές ανάγκες. Τέλος, ο χρόνος διαδρομής (0,146) αναδεικνύει τη σημασία της εξοικονόμησης χρόνου στην καθημερινή μετακίνηση, στοιχείο που ενισχύει τη σημαντικότητα του Μετρό και των μέσων σταθερής τροχιάς έναντι άλλων μέσων, όπως τα Ι.Χ.

Εκτός από την ανάλυση των κυρίων κριτηρίων, η κατηγοριοποίησή τους σε υποκριτήρια βοήθησε στην εξαγωγή ορισμένων χρήσιμων συμπερασμάτων για τη λειτουργία του Μετρό. Στην περίπτωση του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, το υποκριτήριο της πυκνότητας πληθυσμού αναδείχθηκε σημαντικότερο από αυτό του ρυθμού ανάπτυξης. Οι ειδικοί, επομένως εστιάζουν σε περιοχές με υψηλή κινητικότητα, προκειμένου να διασφαλιστεί η μέγιστη αξιοποίηση της υποδομής από την πρώτη μέρα λειτουργίας της.

Επίσης και στο κριτήριο της αναμενόμενης ζήτησης, επικράτησαν τα υποκριτήρια που σχετίζονται με το ημερήσιο φόρτο επιβατών έναντι εκείνων που σχετίζονται με εποχικές αιχμές ή ωριαίες διακυμάνσεις. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι ο καθημερινός και σταθερός όγκος κίνησης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα καθώς διασφαλίζει την οικονομική και λειτουργική βιωσιμότητα του έργου. Το Μετρό, ιδίως σε αστικές

περιοχές μεγάλης πυκνότητας καλείται να εξυηρητήσει ένα δυναμικό κοινό σε σταθερή βάση και όχι μόνο σε περιόδους αιχμής.

Παράλληλα, η ανάλυση έδειξε ότι αν και κριτήρια όπως το κόστος κατασκευής, η επίπτωση στις αρχαιολογίες και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, συγκέντρωσαν χαμηλότερες βαρύτητες, η συμβολή τους στο συνολικό πλαίσιο αξιολόγησης παραμένει ουσιώδης. Το κόστος κατασκευής αποτελεί σημαντική παράμετρο χρηματοοικονομικού χαρακτήρα καθώς απαιτούνται σημαντικά ποσά για την υλοποίηση του έργου, δείχνει ωστόσο η χαμηλή βαρύτητά του ότι η οικονομική διάσταση δεν προηγείται της κοινωνικής στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού. Η βελτίωση της προσβασιμότητας, αν και δευτερεύον κριτήριο, διατηρεί κοινωνική σημασία, καθώς συνδέεται με τη ένταξη των ευάλωτων ομάδων και την ομαλή μετακίνηση τους χωρίς διακρίσεις. Επιπλέον, οι επιπτώσεις στις αρχαιολογίες συνιστούν ιδιαιτερότητα της ελληνικής πραγματικότητας, επιβάλλοντας την ανάγκη προσαρμογής της χάραξης σε σημεία αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, γεγονός που μπορεί να επιφέρει χρονικές καθυστερήσεις και τεχνικές τροποποιήσεις.

Συνεχίζοντας, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αν και το κριτήριο με τη χαμηλότερη βαρύτητα, αποτελεί και αυτό αντικείμενο που επιδρά στην υλοποίηση του έργου. Με τη βαθμολόγηση των υποκριτηρίων μεγαλύτερη σημασία δόθηκε στους εκπαιδευτικούς ρύπους και στην αισθητική και ένταξη του έργου στο τοπικό περιβάλλον παρά στην αισθητική του έργου κατά τη διάρκεια των εργασιών. Η προτεραιότητα στην ατμοσφαιρική επιβάρυνση αντικατοπτρίζει τη στρόφιση στις βιώσιμες μεταφορές και στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

Σε μεθοδολογικό επίπεδο ο υπολογισμός του Δείκτη Συνέπειας (CR) και η τιμή του η οποία είναι $CR=0,05 < 0,1$ υποδηλώνει ότι οι συγκρίσεις των ειδικών έγιναν με εσωτερική συνέπεια και επομένως οι υπολογισμοί είναι ορθοί, σύμφωνα με τις αρχές του Saaty, ενισχύοντας την αξιοπιστία των τελικών βαρών. Το γεγονός αυτό καθιστά τη συγκεκριμένη ιεράρχηση κατάλληλη για εφαρμογή σε πραγματικά σενάρια σχεδιασμού νέων γραμμών ή επεκτάσεων υφιστάμενων δικτύων.

Συνολικά, τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας καταδεικνύουν πως ο σχεδιασμός μιας νέας γραμμής Μετρό στηρίζεται κυρίως σε λειτουργικές και κοινωνικές προτεραιότητες, δίνοντας έμφαση στην αποδοτικότητα, στη χωρική κάλυψη και στη βελτίωση της καθημερινής κινητικότητας. Η επιτυχία του έργου δεν εξαρτάται μόνο από οικονομικές ή τεχνικές εκτιμήσεις, αλλά και τον βαθμό που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του πληθυσμού. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης προσφέρουν ένα ισχυρό πλαίσιο λήψης αποφάσεων, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί σε μελλοντικές μελέτες χάραξης, χωρομέτρησης σταθμών ή αξιολόγησης σεναρίων ανάπτυξης.

5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα διπλωματική συνέβαλε στην κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τον σχεδιασμό μιας νέας Γραμμής Μετρό,

χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (AHP) και παρέχοντας ένα δομημένο πλαίσιο για την αξιολόγηση των κριτηρίων. Ωστόσο πάρα την πληρότητα της ανάλυσης προκύπτει η ανάγκη για περαιτέρω ερευνά σε ορισμένες κατευθύνσεις, η οποία θα μπορούσε να ενισχύσει τόσο την επιστημονική εγκυρότητα όσο και τη μελλοντική εφαρμογή των παραγόντων.

Αρχικά ένα αντικείμενο περαιτέρω έρευνας θα μπορούσε να αποτελέσει ο εμπλουτισμός των εξεταζόμενων κριτηρίων. Αν και τα κριτήρια της παρούσας ερευνάς καλύπτουν θεμελιώδεις άξονες, όπως ο εξυπηρευόμενος πληθυσμός, η ζήτηση, το περιβάλλον και το κόστος, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να ενσωματώσουν το αντίκτυπο του έργου στην κοινωνία, και κατά πόσο έχει βελτιώσει δηλαδή προβλήματα μεταφοράς των πολιτών, τόσο από πλευράς χρόνου όσο και σε επίπεδο άνεσης, και πόσο έχει εναρμονιστεί με το περιβάλλον και τις συνθήκες που επικρατούν στην πόλη. Επιπροσθέτως η εύκολη χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς και κατά συνέπεια του Μετρώ από άτομα με μειωμένη κινητικότητα προσθέσει έναν επιπλέον δείκτη πληρότητας στη διαδικασία αξιολόγησης.

Επιπλέον, η μεθοδολογική προσέγγιση μπορεί να επεκταθεί και με την εφαρμογή εναλλακτικών τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης όπως η TOPSIS, PROMETHEE ή Analytic Network Process (ANP). Η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ διαφορετικών μεθοδολογικών πλαισίων θα μπορούσε να αναδείξει τη σταθερότητα των συμπερασμάτων και να ενισχύσει την αξιοπιστία των προτεινομένων αποφάσεων.

Μια άλλη κατεύθυνση αφορά τη συμμετοχή μεγαλύτερου αριθμού ειδικών στη διαδικασία συνέντευξης και ερωτηματολογίων καθώς και εκπροσώπων από διάφορους σχετικούς φορείς, μελετητές μεταφορών, εκπρόσωποι τοπικών κοινοτήτων και επιβατικό κοινό. Η συμμετοχή τους θα μπορούσε να προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των επιπτώσεων του έργου και να αποκαλύψει πιθανές δυσλειτουργίες.

Ταυτόχρονα η ενσωμάτωση χωρικής ανάλυσης μέσω των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) αποτελεί μια επιπλέον προοπτική που θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Η ενσωμάτωση γεωγραφικών δεδομένων στην πολυκριτηριακή ανάλυση θα επέτρεπε την αξιολόγηση εναλλακτικών σε πραγματικές συνθήκες και τη δημιουργία δυναμικών χαρτών υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων.

Τέλος, προτείνεται η ενσωμάτωση οικονομικών εργαλείων, όπως η ανάλυση κόστους-οφέλους, συνδυάζοντας έτσι την ποιοτική αξιολόγηση μέσω της AHP με ποσοτικές οικονομικές μετρήσεις. Η σύνδεση των κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο ολοκληρωμένα μοντέλα υποστήριξης λήψης αποφάσεων, ικανά να ανταποκριθούν στις πολύπλοκες απαιτήσεις του σύγχρονου σχεδιασμού μεταφορών.

6. Βιβλιογραφία

- Αρχαιολογικά Ευρήματα Γραμμής 2, no date,
https://www.emetro.gr/?page_id=254&utm_source
- Αρχαιολογικά Ευρήματα Γραμμής 3, no date,
https://www.emetro.gr/?page_id=258&utm_source
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, Πληθυσμιακά Δεδομένα Ανά Περιφερειακή Ενότητα <https://www.statistics.gr/>
- Εξυπηρέτηση Ατόμων με Μειωμένη Κινητικότητα στο Αττικό Μετρό,
https://www.emetro.gr/?page_id=60&utm_source
- Λιάρος Α. (2023) Επιβατική Κίνηση Γραμμών 2 και 3 Ελληνικό Μετρό
<https://www.athenstransport.com/2023/03/statmoi-metro-epibatiki-kinisi/>
- Ζιακόπουλος Α. (2013), Δείκτης Ατυχημάτων Και Συσχέτιση Του Με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, ΕΜΠ
- Ζηργάνος Α. (2020), Μεθοδολογία Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, ΕΜΠ
- Λορτζιέ Κωνσταντίνα, Μανουκιάν Μανούκ (2007), Κριτήρια για Χάραξη Νέας Γραμμής Μετρό, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μεταλλειολόγων -Μεταλλουργών, ΕΜΠ
- Νόμος 3028/2002 – Προστασία Αρχαιοτήτων και Πολιτιστικής Κληρονομιάς
https://www.e-nomothesia.gr/kat-arxaiotites/n-3028-2002.html?utm_source
- Νόμος 4759/2020 Για Πολεοδομικό και Χωροταξικό Σχεδιασμό και Όρους Δόμησης σε Συγκοινωνιακά Έργα, https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/n-47592020-fek-245a-9122020?utm_source
- Πληθυσμιακά Δεδομένα ανά Περιφερειακή και Δημοτική Ενότητα, 2021,
https://elstat-outsourcers.statistics.gr/Census2022_GR.pdf
- Πυκνότητα Πληθυσμού, no date, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Population_density
- Ρυθμός Ανάπτυξης Πληθυσμού, no date,
https://www.britannica.com/science/population-growth?utm_source

Συντελεστής Εκπομπών (2007),
https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/annex1-ensglossary-e-i.html?utm_source

Χρόνος Διαδρομής Μέσω της Γραμμής 2,
<https://www.stasy.gr/%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1/%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%AE-2/>

Χρόνος Διαδρομής Μέσω της Γραμμής 3, (2026),
<https://www.stasy.gr/%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1/%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%AE-3/>

Ahmadvand M., Eghbali H., 2022. Identifying and Ranking of Risk Types in Underground Projects using the AHP Method (Applied Example: Tehran Metro Line 7), Volume 1, pp. 7-29

Russo R., Camanho R., 2015. Criteria in AHP: A Systematic Review of Literature, *Procedia Computer Science*, Volume 55, pp. 1123-1132

Chen Y., Yu J., Khan S. 2010. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 25(12) pp. 1582-1591

Dirampaten D.A., Griño A.A. 2024. Assessment of Risk Factors in Condominium Buildings Construction in Metro Manila using Analytic Hierarchy Process (AHP), *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, Volume 5, pp. 2539-2557

Jasti C. P., Ram V. 2019. Integrated and Sustainable Benchmarking of Metro Rail System Using Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Logic: A Case Study of Mumbai, *Urban Rail Transit*, Volume 5, pp. 155–171

Kepaptsoglou K., Karlaftis M., Gkountis J. 2013. A fuzzy AHP model for assessing the condition of metro stations, *Journal of Civil Engineering*, Volume 17, pp. 1109-1116

Li Z., Lin X., Han X., Lu X., Zhao H., 2022. Landscape Efficiency Assessment of Urban Subway Station Entrance Based on Structural Equation Model: Case Study of Main Urban Area of Nanjing, School of Architecture, Nanjing, China

Liu J, Qi Y., Wang W., 2023. Emergency management capacity assessment for urban rail transit—an example of Beijing Metro Line 13, *Transportation Safety and Environment*, Volume 6, Issue 1, pp. 1-7

Liu J, Du Z., Ma L., Liu C. 2021. Identification and Assessment of Subway Construction Risk: An Integration of AHP and Experts Grading Method, *Advances in Civil Engineering*, Volume 2021, Article ID 6661099, pp. 1-18

Ma S., Tian Q., Zou C., Yang G. 2023. Quality Risk Evaluation of Urban Rail Transit Construction Based on AHP–FCE Method, *Advances in Civil Engineering*, Volume 2023, pp. 1-12

Niger M., Sanjida A.S., 2025. Integrating Metro Stations with the Adjacent Urban Fabric Using TOD Principles: A Case of Agargaon Metro Station, Dhaka, *Journal of Contemporary Urban Affairs*, Volume 9, Number 1, pages 95-114

Saaty R. 1987. The Analytic Hierarchy Process -What it is and how it is used, Volume 9, Issues 3-5, pp. 161-176

Vayophad P, Meethom W. 2016. AHP Based Methodology for Selecting Section of Subway Construction in Thailand, Volume 4, pp. 61-64

Vuchic V. 2005. *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*

Walaa M., 2022. Supporting a decision for metro station restoration based on facility assessment: Application to Cairo metro station, *Journal of Engineering and Applied Science*, Vol (69)9

Wu T., Shi Y., Zhou Y., Chen Z. 2025, Evaluation of Metro Station Accessibility Based on Combined Weights and GRA-TOPSIS Method, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol (14)11, 432.

Yang H, Ma G., 2022. Free Design. Free Design Quantitative Evaluation Method Based on the Analytic Hierarchy Process, *Shenyang Jianzhu University, China*

7. Παραρτήματα

7.1 Υπόδειγμα Ερωτηματολογίου για την Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (ΑΗΡ)

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΡΟ

1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της έρευνας αποτελεί η διερεύνηση των κριτηρίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό μιας νέας γραμμής Μετρό. Για την επιλογή τους αντλήθηκαν στοιχεία από ανάλυση σχετικής βιβλιογραφίας και από εφαρμογές σε χώρες του εξωτερικού και ειδικότερα της Ασίας, όπως για παράδειγμα την Κίνα, την Ταϊλάνδη, την Αίγυπτο, την Ινδία, κλπ. Στη συνέχεια, έγινε μια υποκατηγοριοποίηση των βασικών κριτηρίων με σκοπό την καλύτερη και στοχευμένη αξιολόγησή τους.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Η μέθοδος της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης

Για την αξιολόγηση των κριτηρίων για την κατασκευή μιας νέας γραμμής Μετρό, εφαρμόζεται η μέθοδος της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ) η οποία αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

1. Ιεράρχηση των κριτηρίων με βάση τη σημαντικότητά τους
2. Σύγκριση των κριτηρίων κατά ζεύγη
3. Υπολογισμός βαρών

2.1. Κριτήρια Αξιολόγησης

Τα βασικά κριτήρια καθώς και τα υποκριτήριά τους παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Εξυπηρετούμενος πληθυσμός: Ο πληθυσμός κάθε περιφερειακής ενότητας που πρόκειται να χρησιμοποιήσει για τις μετακινήσεις του το Μετρό.
 - Πυκνότητα πληθυσμού
 - Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού
- Αναμενομένη ζήτηση: Ο αριθμός των επιβατών που θα αξιοποιήσει το έργο αυτό. Έγινε μια σύνδεση με την ημερήσια ζήτηση των ήδη κατασκευασμένων γραμμών στην Αττική.
 - Δημόσιες υπηρεσίες (σχολεία νοσοκομεία)
 - Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, πανεπιστήμια)

- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Επισημαίνεται το αντίκτυπο που θα προκαλέσει το έργο αυτό τόσο στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον όσο και στην ηχορύπανση που δημιουργείται κατά την πάροδο των εργασιών.
 - Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή
 - Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον
- Χρόνος διαδρομής: Μελετάται ποσό διαθέσιμο χρόνο θα εξοικονομήσει κατά την μετακίνησή του ο επιβάτης με το Μετρό από ότι με το αυτοκίνητο τις ώρες αιχμής.
 - Αναμενόμενη εξοικονόμηση χρόνου
- Κόστος κατασκευής: Το κόστος το οποίο θα απαιτηθεί για την ολοκλήρωση του έργου καθώς και προσαυξήσεις που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια των εργασιών.
 - Αρχικός Προϋπολογισμός
 - Κόστος Συντήρησης
- Επίπτωση στις αρχαιολογίες: Σύντομη καταγραφή των σημείων ιστορικού ενδιαφέροντος που θα συναντηθούν στην κατασκευή του έργου και κατά πόσο αυτά μπορούν να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα για την εκπλήρωσή του.
 - Αρχαιολογικά ευρήματα
 - Δυσκολία εκσκαφής
- Βελτίωση στην προσβασιμότητα: Αναφορά σε έργα σχετικά με τη σύνδεση με άλλα MMM αλλά και σε έργα που βοηθούν στη διευκόλυνση ατόμων με μειωμένη κινητικότητα για να μετακινηθούν προς το προορισμό τους.
 - Συνδεσιμότητα με MMM
 - Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων

3. Σύγκριση των Κριτηρίων κατά Ζεύγη

Παρακαλούμε να συμπληρωθεί το πάνω δεξιά τμήμα του παρακάτω Πίνακα 1, με βάση την άποψή σας για τη σχετική σημασία του κριτηρίου της οριζόντιας σειράς με κάθε στοιχείο της κατακόρυφης στήλης.

Για παράδειγμα (Πίνακας 3), ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός θα βαθμολογηθεί αρχικά σε σχέση με την αναμενόμενη ζήτηση, στη συνέχεια με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στη συνέχεια με όλα τα υπόλοιπα κριτήρια. Η ίδια διαδικασία θα ακολουθηθεί για κάθε κριτήριο που βρίσκεται στην οριζόντια σειρά.

Η βαθμολογία θα έχει κλίμακα από το 1 έως το 9 (Πίνακας 2), ενώ ακολουθούν αναλυτικές οδηγίες συμπλήρωσης του βασικού Πίνακα 1.

3.1 Σύγκριση κριτηρίων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Σύγκριση κριτηρίων για αξιολόγηση

	Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός	Αναμενόμενη Ζήτηση	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	Χρόνος Διαδρομής	Κόστος Κατασκευής	Επίπτωση στις Αρχαιολογίες	Βελτίωση στην προσβασιμότητα
Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός	1						
Αναμενόμενη Ζήτηση		1					
Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις			1				
Χρόνος Διαδρομής				1			
Κόστος κατασκευής					1		
Επίπτωση στις αρχαιολογίες						1	
Βελτίωση στην προσβασιμότητα							1

Οδηγίες συμπλήρωσης Πίνακα 1

Παρακαλώ συμβουλευτείτε τις οδηγίες του Πίνακα 2 για τη συμπλήρωση του Πίνακα 1 με ορθές τιμές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Σχετική βαθμολόγηση της κλίμακας των κριτηρίων από το 1 έως το 9 (Saaty 1987)

Σημασία Κριτηρίου	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίση Σημασία	Τα δυο κριτήρια έχουν την ίδια σημασία
3	Ελαφρά Σημασία	Τα ένα κριτήριο είναι ελαφρώς σημαντικότερο από το άλλο
5	Ουσιώδης Σημασία	Τα ένα κριτήριο είναι σαφώς σημαντικότερο από το άλλο
7	Πολύ Ουσιώδης Σημασία	Τα ένα κριτήριο είναι πολύ σημαντικότερο από το άλλο
9	Υψίστη Σημασία	Η σημασία του ενός κριτηρίου σε σχέση με το άλλο είναι υψίστου μεγέθους
2,4,6,8	Ενδιάμεσες Τιμές	Όταν απαιτείται να εκφραστεί μια ενδιάμεση κατάσταση

Για παράδειγμα, αν ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός με την αναμενόμενη ζήτηση έχουν την ίδια σημασία τότε το κελί του Πίνακα 1 θα συμπληρωθεί με 1 ως βαθμολογία, ενώ αντίστοιχα αν ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός με το κόστος κατασκευής δεν έχουν την ίδια σημασία για το έργο με ένα από τα δυο να είναι πολύ σημαντικότερο, η βαθμολόγηση του κριτηρίου θα είναι ίση με 7 (Πίνακας 3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Υπόδειγμα συμπλήρωσης Πίνακα 1

	Εξυηηρετούμενος Πληθυσμός	Αναμενόμενη Ζήτηση	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	Χρόνος Διαδρομής	Κόστος Κατασκευής	Επίπτωση στις Αρχαιολογίες	Βελτίωση στην προσβασιμότητα
Εξυηηρετούμενος Πληθυσμός	1	1			7		
Αναμενόμενη Ζήτηση		1					
Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις			1				
Χρόνος Διαδρομής				1			
Κόστος κατασκευής					1		
Επίπτωση στις αρχαιολογίες						1	
Βελτίωση στην προσβασιμότητα							1

3.2 Σύγκριση υποκριτήριων

Στη συνέχεια, για την ολοκλήρωση της αξιολόγησης παρουσιάζονται οι πίνακες με τα υποκριτήρια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Σύγκριση Υποκριτηρίων - Εξυηηρετούμενος Πληθυσμός

	Πυκνότητα πληθυσμού	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού
Πυκνότητα πληθυσμού	1	
Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού		1

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Σύγκριση Υποκριτηρίων – Αναμενόμενη Ζήτηση

	Δημόσιες υπηρεσίες (σχολεία, νοσοκομεία)	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, πανεπιστήμια)
Δημόσιες υπηρεσίες (σχολεία, νοσοκομεία)	1	
Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, πανεπιστήμια)		1

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Σύγκριση Υποκριτηρίων – Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον
Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	
Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον		1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Σύγκριση Υποκριτηρίων – Κόστος Κατασκευής

	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης
Αρχικός Προϋπολογισμός	1	
Κόστος Συντήρησης		1

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Σύγκριση Υποκριτηρίων – Επίπτωση στις αρχαιολογίες

	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκσκαφής
Αρχαιολογικά ευρήματα	1	
Δυσκολία Εκσκαφής		1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Σύγκριση Υποκριτηρίων – Βελτίωση στην προσβασιμότητα

	Συνδεσιμότητα με ΜΜΜ	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων
Συνδεσιμότητα με ΜΜΜ	1	
Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων		1

7.2 Ερωτηματολόγια ΑΗΡ για τα βασικά κριτήρια και υποκριτήρια

Στη συνέχεια έγινε συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από ειδικούς της Αττικό Μετρό με το ζητούμενο αντικείμενο διερεύνησης. Παρακάτω παρατίθενται τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια, τα οποία βοήθησαν για την εφαρμογή της μεθόδου και την επιλογή του σημαντικότερου κριτηρίου.

Ερωτηματολόγιο 1.

	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	αναμενόμενη ζήτηση	περιβαλλοντικές επιπτώσεις	χρόνος διαδρομής	κόστος κατασκευής	επίπτωση στις αρχαιολογίες	βελτίωση της προσβασιμότητας
εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1	1	6	1	3	2	1
αναμενόμενη ζήτηση	1	1	8	1	4	1	1
περιβαλλοντικές επιπτώσεις	6	8	1	1	1	1	1
χρόνος διαδρομής	1	1	1	1	2	1	1
κόστος κατασκευής	3	4	1	2	1	1	1
επίπτωση στις αρχαιολογίες	2	1	1	1	1	1	1
βελτίωση της προσβασιμότητας	1	1	1	1	1	1	1

ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΑ				Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Εξυπηρετούμενος πληθυσμός"						
Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Εξυπηρετούμενος πληθυσμός"				Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Εξυπηρετούμενος πληθυσμός"						
C1	SC1.1 Πυκνότητα πληθυσμού	SC1.2 Ρυθμός ανάπτυξης		GMI	wi	A*w	λ _i	λ _{max}	2	
	SC1.1 Πυκνότητα πληθυσμού	1	1	1,0	0,5	1,0	2,0	CI	0	
	SC1.2 Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	1	1	1,0	0,5	1,0	2,0	CR	0	
		0,5	0,5					n	2	
								RI	0	
Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Αναμενόμενη Ζήτηση"				Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Αναμενόμενη Ζήτηση"						
C2	Δημόσιες υπηρεσίες (κεντρικές υπηρεσίες)	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα)		GMI	wi	A*w	λ _i	λ _{max}	2	
	SC2.1 Δημόσιες υπηρεσίες (πανεισατήμια, νοσοκομεία)	1,000	3,000	1,7	0,8	1,5	2	CI	0	
	SC2.2 Άλλοι Πόλοι Έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μητροπολιτικά)	0,333	1,000	0,6	0,3	0,5	2	CR	0	
		0,75	0,25					n	2	
								RI	0	
Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις"				Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις"						
C3	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	GMI	wi	A*Wi	λ _i	λ _{max}	3,0092	
	SC3.1 Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	1	3	1,4	0,4	1,3	3,0	CI	0,0046
	SC3.2 Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	1	1	4	1,6	0,5	1,4	3,0	CR	0,0079
	SC3.3 Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,333	0,25	1	0,4	0,1	0,4	3,0	n	3
		0,416060631	0,457933979	0,12600539				RI	0,58	
Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Κόστος Κατασκευής"				Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Κόστος Κατασκευής"						
C5	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	GMI	wi	A*Wi	λ _i	λ _{max}	3,1356	
	SC5.1 Αρχικός Προϋπολογισμός	1	1	1	1,0	0,3	1,0	3,1	CI	0,0678
	SC5.2 Κόστος Συντήρησης	1	1	3	1,4	0,5	1,4	3,1	CR	0,1169
	SC5.3 Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	1	0,333	1	0,7	0,2	0,7	3,1	n	3
		0,318917126	0,459958088	0,221124785				RI	0,58	
Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Επίπτωση στις Αρχαιολογίες"				Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Επίπτωση στις Αρχαιολογίες"						
C6	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκσκαφής		GMI	wi	A*Wi	λ _i	λ _{max}	2	
	SC6.1 Αρχαιολογικά ευρήματα	1	6	2,4	0,9	1,7	2,0	CI	0	
	SC6.2 Δυσκολία Εκσκαφής	0,167	1	0,4	0,1	0,3	2,0	CR	0	
		0,857142857	0,142857143					n	2	
								RI	0	
Πίνακας Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Βελτίωση στην Προσβασιμότητα"				Αποτελέσματα Σύγκρισης Υποκριτηρίου "Βελτίωση στην Προσβασιμότητα"						
C7	Συνδεσιμότητα με ΜΜΜ	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	GMI	wi	A*Wi	λ _i	λ _{max}	3,13561	
	SC7.1 Συνδεσιμότητα με ΜΜΜ	1	1	1	1,0	0,3	1,0	3,1	CI	0,06781
	SC7.2 Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	1	1	3	1,4	0,5	1,4	3,1	CR	0,11691
	SC7.3 Αποδοχή από τοπική κοινωνία	1	0,333	1	0,7	0,2	0,7	3,1	n	3
		0,318917126	0,459958088	0,221124785				RI	0,58	

Ερωτηματολόγιο 2

	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	αναμενόμενη ζήτηση	περιβαλλοντικές επιπτώσεις	χρόνος διαδρομής	κόστος κατασκευής	επίπτωση στις αρχαιολογίες	βελτίωση της προσβασιμότητας
εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1	1	5	1	3	1	1
αναμενόμενη ζήτηση	1	1	7	1	3	1	1
περιβαλλοντικές επιπτώσεις	5	7	1	1	1	1	1
χρόνος διαδρομής	1	1	1	1	3	1	1
κόστος κατασκευής	3	3	1	1	1	1	1
επίπτωση στις αρχαιολογίες	1	1	1	1	1	1	1
βελτίωση της προσβασιμότητας	1	1	1	1	1	1	1

1. εξυπηρετούμενος πληθυσμός										
C1	Πυκνότητα πληθυσμού	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	GMI	Wi	A*w	λ_i	λmax	2		
SC1.1	Πυκνότητα πληθυσμού	1	1	0,5	1	2	CI	0		
SC1.2	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	1	1	0,5	1	2	CR	Δεν υπολογίζεται, συνεπής εξ ορισμού		
		0,5	0,5				n	2		
							RI	0		
2. Αναμενόμενη ζήτηση										
C2	Δημόσιες υπηρεσίες (κεντρικές υπηρεσίες, πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μητροπολιτικά πάρκα)	Gmi	Wi	A*w	λ_i	λmax	2		
SC2.1	Δημόσιες υπηρεσίες (πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	1	2	1,4	0,7	1,3	2	CI	0	
SC2.2	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, πανεπιστήμια)	0,5	1	0,7	0,3	0,7	2	CR	Δεν υπολογίζεται, συνεπής εξ ορισμού	
		0,66666667	0,33333333				n	2		
							RI	0		
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις										
C3	Εκτεταμένοι ρύποι κατά την κατασκευή	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	Ασθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	Gmi	Wi	A*w	λ_i	λmax	3,0183	
SC3.1	Εκτεταμένοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	1	2	1,3	0,4	1,2	3,0	CI	0,0091
SC3.2	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	1	1	3	1,4	0,4	1,3	3,0	CR	0,0158
SC3.3	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,5	0,333	1	0,6	0,2	0,5	3,0	n	3
		0,387371012	0,443429114	0,169199874				RI	0,58	
4. Κόστος Κατασκευής										
C5	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	Gmi	Wi	A*w	λ_i	λmax	3,0536	
SC5.1	Αρχικός Προϋπολογισμός	1	1	1	1,0	0,3	1,0	3,1	CI	0,0268
SC5.2	Κόστος Συντήρησης	1	1	2	1,3	0,4	1,3	3,1	CR	0,0462
SC5.3	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	1	0,5	1	0,8	0,3	0,8	3,1	n	3
		0,327480002	0,412598948	0,25992105				RI	0,58	
5. Επίπτωση στις αρχαιολογίες										
C6	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκκαθάρισης	Gmi	Wi	A*w	λ_i	λmax	2		
SC6.1	Αρχαιολογικά ευρήματα	1	5	2	2,2	0,8	1,7	2	CI	0
SC6.2	Δυσκολία Εκκαθάρισης	0,2	1	2	0,4	0,2	0,3	2	CR	Δεν υπολογίζεται, συνεπής εξ ορισμού
		0,833333333	0,166666667					n	2	
								RI	0	
6. Βελτίωση στην προσβασιμότητα										
C7	Συνδεσιμότητα με ΜΜΜ	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	Gmi	Wi	A*w	λ_i	λmax	3,0536	
SC7.1	Συνδεσιμότητα με ΜΜΜ	1	1	1	1,0	0,3	1,0	3,1	CI	0,0268
SC7.2	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	1	1	2	1,3	0,4	1,3	3,1	CR	0,0462
SC7.3	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	1	0,5	1	0,8	0,3	0,8	3,1	n	3
								RI	0,58	

Ερωτηματολόγιο 3

	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	αναμενόμενη ζήτηση	περιβαλλοντικές επιπτώσεις	χρόνος διαδρομής	κόστος κατασκευής	επίπτωση στις αρχαιολογίες	βελτισποίηση της προσβασιμότητας
εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1	1	7	1	3	2	1
αναμενόμενη ζήτηση	1	1	7	1	3	2	1
περιβαλλοντικές επιπτώσεις	7	7	1	1	1	1	1
χρόνος διαδρομής	1	1	1	1	2	1	1
κόστος κατασκευής	3	3	1	1	1	1	1
επίπτωση στις αρχαιολογίες	2	2	1	1	1	1	1
βελτισποίηση της προσβασιμότητας	1	1	1	1	1	1	1

1. εξυπηρετούμενος πληθυσμός															
C1	Πυκνότητα πληθυσμού	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού		Gmi	Wi	A*w	λ_i		λ_{max}	2					
SC1.1	Πυκνότητα πληθυσμού	1	1	1	0,5	1	2		CI	0					
SC1.2	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	1	1	1	0,5	1	2		CR	Δεν υπολ	(πίνακας 2x2)				
									n	2					
		0,5	0,5						RI	0					
2. Αναμενόμενη ζήτηση															
C2	Δημόσιες υπηρεσίες (κεντρικές υπηρεσίες, πανεπιστήμια)	ΑΜαι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μητροπολιτικά πάρκα)		Gmi	Wi	A*w	λ_i		λ_{max}	2					
SC2.1	Δημόσιες υπηρεσίες (πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	1	2	1,4	0,7	1,3	2		CI	0					
SC2.2	ΑΜαι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, πανεπιστήμια)	0,5	1	0,7	0,3	0,7	2		CR	Δεν υπολ	(πίνακας 2x2)				
		0,66666667	0,33333333						n	2					
									RI	0					
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις															
C3	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	Gmi	Wi	A*w	λ_i		λ_{max}	3,0183					
SC3.1	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	1	1,3	0,4	1,2	3,0		CI	0,0091					
SC3.2	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	1	1	1,4	0,4	1,3	3,0		CR	0,0158					
SC3.3	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,5	0,33	0,6	0,2	0,5	3,0		n	3					
		0,387371012	0,443429114	0,169198874					RI	0,58					
4.Κόστος Κατασκευής															
C5	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	Gmi	Wi	A*w	λ_i		λ_{max}	3,0536					
SC5.1	Αρχικός Προϋπολογισμός	1	1	1,0	0,3	1,0	3,1		CI	0,0268					
SC5.2	Κόστος Συντήρησης	1	1	1,3	0,4	1,3	3,1		CR	0,0462					
SC5.3	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	1	0,5	0,8	0,3	0,8	3,1		n	3					
		0,327480002	0,412598948	0,25992105					RI	0,58					
5. Επίπτωση στις αρχαιολογίες															
C6	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκακαφής		GMI	Wi	A*w	λ_i		λ_{max}	2					
SC6.1	Αρχαιολογικά ευρήματα	1	5	2,2	0,8	1,7	2		CI	0					
SC6.2	Δυσκολία Εκακαφής	0,2	1	0,4	0,2	0,3	2		CR	Δεν υπολ	(πίνακας 2x2)				
		0,83333333	0,16666667						n	2					
									RI	0					
6. Βελτίωση στην προσαρμοστικότητα															
C7	Συνδασμάτωση με ΜΜΜ	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	GMI	Wi	A*w	λ_i		λ_{max}	3,0536					
SC7.1	Συνδασμάτωση με ΜΜΜ	1	1	1,0	0,3	1,0	3,1		CI	0,0268					
SC7.2	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	1	1	1,3	0,4	1,3	3,1		CR	0,0462					
SC7.3	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	1	0,5	0,8	0,3	0,8	3,1		n	3					
		0,327480002	0,412598948	0,25992105					RI	0,58					

Ερωτηματολόγιο 4

	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	αναμενόμενη ζήτηση	περιβαλλοντικές επιπτώσεις	χρόνος διαδρομής	κόστος κατασκευής	επίπτωση στις αρχαιολογίες	βελτίωση της προσαρμοστικότητας
εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1	1	7	3	2	7	3
αναμενόμενη ζήτηση	1	1	7	3	2	7	3
περιβαλλοντικές επιπτώσεις	7	7	1	1	1	1	1
χρόνος διαδρομής	3	3	1	1	1	5	3
κόστος κατασκευής	2	2	1	1	1	7	5
επίπτωση στις αρχαιολογίες	7	7	1	1	7	1	1
βελτίωση της προσαρμοστικότητας	3	3	1	1	1	1	1

1. εξυπηρετούμενος πληθυσμός				GMI	w _i	A*w	λ _i	λ _{max}	
C1	Πυκνότητα πληθυσμού	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού							2
SC1.1	Πυκνότητα πληθυσμού	1	5	2,2	0,8	1,7	2	CI	0
SC1.2	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	0,2	1	0,4	0,2	0,3	2	CR	Δεν υπολογίζεται εξ ορισμού
	0,833333333	0,166666667						n	2
								RI	0
2. Αναμενόμενη Ζήτηση				GMI	w _i	A*w	λ _i	λ _{max}	
C2	Δημόσιες υπηρεσίες (κεντρικές υπηρεσίες, πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μητροπολιτικά πάρκα)							2
SC2.1	Δημόσιες υπηρεσίες (πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	1	5	2,2	0,8	1,7	2	CI	0
SC2.2	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μητροπολιτικά πάρκα)	0,2	1	0,4	0,2	0,3	2	CR	Δεν υπολογίζεται, συνεπής εξ ορισμού
	0,833333333	0,166666667						n	2
								RI	0
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις				GMI	w _i	A*w	λ _i	λ _{max}	
C3	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	Αισθητική και ένταση στο τοπικό περιβάλλον	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών						3,0536
SC3.1	Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	1	1,4	0,5	1,0	2,2	CI	0,0268
SC3.2	Αισθητική και ένταση στο τοπικό περιβάλλον	1	1	1,0	0,3	1,3	4,0	CR	0,0462
SC3.3	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,333	1	0,7	0,2	0,8	3,6	n	3
	0,45958088	0,318917126	0,221124785					RI	0,58
4. Κόστος Κατασκευής				GMI	w _i	A*w	λ _i	λ _{max}	
C5	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό						3,0536
SC5.1	Αρχικός Προϋπολογισμός	1	5	1,7	0,5	1,0	1,9	CI	0,0268
SC5.2	Κόστος Συντήρησης	0,2	1	0,6	0,2	1,3	7,1	CR	0,0462
SC5.3	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	1	1	1,0	0,3	0,8	2,6	n	3
	0,51895655	0,177493987	0,303510448					RI	0,58
5. Επίπτωση στις αρχαιολογίες				GMI	w _i	A*w	λ _i	λ _{max}	
C6	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκκαθάρισης							2
SC6.1	Αρχαιολογικά ευρήματα	1	1	1	0,5	1	2	CI	0
SC6.2	Δυσκολία Εκκαθάρισης	1	1	1	0,5	1	2	CR	Δεν υπολογίζεται, συνεπής εξ ορισμού
	0,5	0,5						n	2
								RI	0
6. Βελτίωση στην προσαρμοστικότητα				GMI	w _i	A*w	λ _i	λ _{max}	
C7	Συνδυασμό με ΜΜΜ	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	Αποδοχή από τοπική κοινωνία						3,0536
SC7.1	Συνδυασμό με ΜΜΜ	1	5	2,9	0,7	1,0	1,5	CI	0,0268
SC7.2	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	0,2	1	1,0	0,2	1,3	5,4	CR	0,0462
SC7.3	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	0,2	0,2	0,3	0,1	0,8	9,9	n	3
	0,685421678	0,234410916	0,080167406					RI	0,58

Ερωτηματολόγιο 5

	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	αναμενόμενη ζήτηση	περιβαλλοντικές επιπτώσεις	χρόνος διαδρομής	κόστος κατασκευής	επίπτωση στις αρχαιολογίες	βελτίωση της προσαρμοστικότητας
εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1	1	7	1	4	2	1
αναμενόμενη ζήτηση	1	1	9	1	5	2	1
περιβαλλοντικές επιπτώσεις	7	9	1	1	1	1	1
χρόνος διαδρομής	1	1	1	1	3	1	1
κόστος κατασκευής	4	1	1	3	1	1	1
επίπτωση στις αρχαιολογίες	2	1	1	1	1	1	1
βελτίωση της προσαρμοστικότητας	1	1	1	1	1	1	1

1. Εμπνευσιμότητα																					
πληθυσμός																					
C1	Πικνότητα πληθυσμού	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού																			
SC1.1	Πικνότητα πληθυσμού	1	3																		
SC1.2	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	0,333	1																		
		0,75	0,25																		
2. Αναμενόμενη Ζήτηση																					
C2	Δημόσιες υπηρεσίες (Κεντρικές υπηρεσίες, πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, μπροτατοικά πάρκα)																			
SC2.1	Δημόσιες υπηρεσίες (πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	1	2																		
SC2.2	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαταστήματα, πανεπιστήμια)	0,5	1																		
		0,666666667	0,333333333																		
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις																					
C3	Εκτιμώμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών																		
SC3.1	Εκτιμώμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	1	5																	
SC3.2	Αισθητική και ένταξη στο τοπικό περιβάλλον	1	1	5																	
SC3.3	Αισθητική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,2	0,2	1																	
		0,454545455	0,454545455	0,090909091																	
4. Κόστος Κατασκευής																					
C5	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό																		
SC5.1	Αρχικός Προϋπολογισμός	1	1	1																	
SC5.2	Κόστος Συντήρησης	1	1	2																	
SC5.3	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	1	0,5	1																	
		0,327480002	0,412598948	0,25992105																	
5. Επίπτωση στις αρχαιολογίες																					
C6	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκκαθάρισης																			
SC6.1	Αρχαιολογικά ευρήματα	1	8																		
SC6.2	Δυσκολία Εκκαθάρισης	0,125	1																		
		0,888888889	0,111111111																		
6. Βέλτωση στην προσαρμογή																					
C7	Συνδυασμός με ΜΜΜ	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	Αποδοχή από τοπική κοινωνία																		
SC7.1	Συνδυασμός με ΜΜΜ	1	1	1																	
SC7.2	Εξυπηρέτηση ευάλωτων ομάδων	1	1	3																	
SC7.3	Αποδοχή από τοπική κοινωνία	1	0,333	1																	

1. εξυπηρετούμενος πληθυσμός				Gmi	Wi	A*w	λ_i	λ_{max}	
Πυκνότητα πληθυσμού	Πυκνότητα πληθυσμού	Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού							2
	1	3		1,732050808	0,75	1,5	2	CI	0
Ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού	0,333333333	1		0,577350269	0,25	0,5	2	CR	Δεν υπολ (πίνακας 2x2)
	0,75	0,25						n	2
								RI	0
2. Αναμενόμενη Ζήτηση				Gmi	Wi	A*w	λ_i	λ_{max}	
	Δημόσιες υπηρεσίες (Κεντρικές υπηρεσίες πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαστήματα, μητροπολιτικά πάρκα)							0
Δημόσιες υπηρεσίες (πανεπιστήμια, νοσοκομεία)	1	2		1,414213562	0,666666667	0	0	CI	0
Άλλοι πόλοι έλξης (εμπορικά πολυκαστήματα, πανεπιστήμια)	0,5	1		0,707106781	0,333333333	0	0	CR	Δεν υπολ (πίνακας 2x2)
	0	0						n	2
								RI	0
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις				Gmi	Wi	A*Wi	λ_i	λ_{max}	
	Εκπιπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	Ασθθική και ένατση στο τοπικό περιβάλλον	Ασθθική κατά τη διάρκεια των εργασιών						3
Εκπιπόμενοι ρύποι κατά την κατασκευή	1	1	5	1,709975947	0,454545455	1,363636364	3	CI	0
Ασθθική και ένατση στο τοπικό περιβάλλον	1	1	5	1,709975947	0,454545455	1,363636364	3	CR	0
Ασθθική κατά τη διάρκεια των εργασιών	0,2	0,2	1	0,341995189	0,090909091	0,272727273	3	n	3
	0,454545455	0,454545455	0,090909091					RI	0,58
4.Κόστος Κατασκευής				Gmi	Wi	A*Wi	λ_i	λ_{max}	
	Αρχικός Προϋπολογισμός	Κόστος Συντήρησης	Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό						3,053622
Αρχικός Προϋπολογισμός	1	1	1	1	0,327480002	1	3,053622	CI	0,026811
Κόστος Συντήρησης	1	1	2	1,25992105	0,412598948	1,25992105	3,053622	CR	0,046225
Συμβατότητα με πολεοδομικό σχεδιασμό	1	0,5	1	0,793700526	0,25992105	0,793700526	3,053622	n	3
	0,327480002	0,412598948	0,25992105					RI	0,58
5. Επίπτωση στις αρχαιολογίες				Gmi	Wi	A*w	λ_i	λ_{max}	
	Αρχαιολογικά ευρήματα	Δυσκολία Εκκαθάρισης							2
Αρχαιολογικά ευρήματα	1	8		2,828427125	0,888888889	1,777777778	2	CI	0
Δυσκολία Εκκαθάρισης	0,125	1		0,353553391	0,111111111	0,222222222	2	CR	Δεν υπολ (πίνακας 2x2)
	0,888888889	0,111111111						n	2
								RI	0
6. Βελτίωση στην προσβασιμότητα				Gmi	Wi	A*Wi	λ_i	λ_{max}	
	Συνδεσμάττα με ΜΜΜ	Εξυπρέτση ευάλωτων ομάδων	Αποδοχή από τοπική κοινωτία						3,135611
Συνδεσμάττα με ΜΜΜ	1	1	1	1	0,318917126	1	3,135611	CI	0,067805
Εξυπρέτση ευάλωτων ομάδων	1	1	3	1,44224957	0,459958088	1,44224957	3,135611	CR	0,116906
Αποδοχή από τοπική κοινωτία	1	0,333333333	1	0,693361274	0,221124785	0,693361274	3,135611	n	3
	0,318917126	0,459958088	0,221124785					RI	0,58

7.3 Μεταβολή βαρών στην Ανάλυση Ευαισθησίας

Πίνακες με υπολογισμένα τα νέα βάρη για τα υπόλοιπα τέσσερα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην Ανάλυση Ευαισθησίας.

Πίνακας 4: Βάρη Κριτηρίων με Μεταβολή του Βάρους της Βελτίωση της προσβασιμότητας

Σενάριο 4: βελτιωση της προσβασιμότητας	αναμενόμενη ζήτηση	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	χρόνος διαδρομής	βελτίωση της προσβασιμότητας	επίπτωση στις αρχαιολογίες	κόστος κατασκευής	περιβαλλοντικές επιπτώσεις
-30%	0,2216	0,2860	0,1346	0,0791	0,0877	0,0867	0,0689
-20%	0,2188	0,2825	0,1330	0,0904	0,0866	0,0857	0,0681
-10%	0,2161	0,2790	0,1313	0,1017	0,0855	0,0846	0,0672
0%	0,2406	0,2359	0,1462	0,1131	0,0952	0,0942	0,0748
10%	0,2107	0,2066	0,1280	0,1244	0,0834	0,0825	0,0655
20%	0,1821	0,2039	0,1264	0,1357	0,0823	0,0814	0,0647
30%	0,1553	0,2012	0,1247	0,1470	0,0812	0,0804	0,0638

Πίνακας 5: Βάρη Κριτηρίων με Μεταβολή του Βάρους για την Επίπτωση στις αρχαιολογίες

Σενάριο 5: επιπτωση στις αρχαιολογίες	αναμενόμενη ζήτηση	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	χρόνος διαδρομής	βελτίωση της προσβασιμότητας	επίπτωση στις αρχαιολογίες	κόστος κατασκευής	περιβαλλοντικές επιπτώσεις
-30%	0,2246	0,2202	0,1365	0,1055	0,0667	0,08792	0,0698
-20%	0,2223	0,2179	0,1351	0,1044	0,0762	0,08703	0,0691
-10%	0,2200	0,2157	0,1337	0,1034	0,0857	0,08613	0,0684
0%	0,2406	0,2359	0,1462	0,1131	0,0952	0,0942	0,0748
10%	0,2154	0,2112	0,1323	0,1012	0,1047	0,0843	0,0670
20%	0,2131	0,2089	0,1295	0,1001	0,1143	0,0852	0,0663
30%	0,2108	0,1890	0,1281	0,0991	0,1238	0,0825	0,0656

Πίνακας 6: Βάρη Κριτηρίων με Μεταβολή του Βάρους του Κόστος Κατασκευής

Σενάριο 6: κόστος κατασκευής	αναμενόμενη ζήτηση	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	χρόνος διαδρομής	βελτίωση της προσβασιμότητας	επίπτωση στις αρχαιολογίες	κόστος κατασκευής	περιβαλλοντικές επιπτώσεις
-30%	0,2247	0,2203	0,1366	0,1056	0,0889	0,0659	0,0699
-20%	0,2225	0,2181	0,1352	0,1045	0,0880	0,0754	0,0692
-10%	0,2202	0,2159	0,1338	0,1035	0,0871	0,0848	0,0685
0%	0,2406	0,2359	0,1462	0,1131	0,0952	0,0942	0,0748
10%	0,2157	0,2114	0,1311	0,1013	0,0854	0,1036	0,0671
20%	0,2134	0,2092	0,1297	0,1003	0,0845	0,1130	0,0664
30%	0,2179	0,2070	0,1283	0,0992	0,0836	0,1225	0,0657

Πίνακας 7: Βάρη Κριτηρίων με Μεταβολή του Βάρους για τις Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Σενάριο 7: περιβαλλοντικές επιπτώσεις	αναμενόμενη ζήτηση	εξυπηρετούμενος πληθυσμός	χρόνος διαδρομής	βελτίωση της προσβασιμότητας	επίπτωση στις αρχαιολογίες	κόστος κατασκευής	περιβαλλοντικές επιπτώσεις
-30%	0,2280	0,2235	0,1385	0,1071	0,0902	0,0893	0,0524
-20%	0,2262	0,2218	0,1375	0,1063	0,0895	0,0886	0,0599
-10%	0,2244	0,2200	0,1364	0,1054	0,0888	0,0879	0,0673
0%	0,2406	0,2359	0,1462	0,1131	0,0952	0,0942	0,0748
10%	0,2208	0,2165	0,1342	0,1038	0,0874	0,0865	0,0823
20%	0,2190	0,2147	0,1331	0,0960	0,0867	0,0857	0,0898
30%	0,2172	0,2129	0,1299	0,1021	0,0860	0,0850	0,0973