



«Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας»

«Διαχείριση Τεχνικών Έργων (ΔΧΤ)»

Διπλωματική Εργασία

«Ανάπτυξη Πολυκριτηριακού Μοντέλου Αξιολόγησης Συμβάσεων
Έργων ΣΔΙΤ στον Κατασκευαστικό Τομέα»

Αλέξανδρος Καραγεωργόπουλος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κωνσταντακοπούλου Φωτεινή

Πάτρα, Ιούλιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του Αλέξανδρου Καραγεωργόπουλου («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



«Ανάπτυξη Πολυκριτηριακού Μοντέλου Αξιολόγησης Συμβάσεων
Έργων ΣΔΙΤ στον Κατασκευαστικό Τομέα»

Αλέξανδρος Καραγεωργόπουλος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Κωνσταντακοπούλου Φωτεινή

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Μπέσκου Νίκη

Πάτρα, Ιούλιος 2026

Με την ολοκλήρωση της φοίτησής μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Τεχνικών Έργων (ΔΧΤ)», θα ήθελα να εκφράσω την απέραντη ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου Άγγελο και Κωνσταντία και στα αγαπημένα μου αδέρφια Αποστόλη και Παντελή για την αμέριστη υποστήριξή τους στη διάρκεια των σπουδών μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στην επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Κωνσταντακοπούλου Φωτεινή και στην συν-επιβλέπουσα κα Μπέσκου Νίκη, για την ανιδιοτελή προσφορά τους, για τον σημαντικό χρόνο που μου αφιέρωσαν και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου μετέδωσαν καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας, διότι χωρίς την βοήθειά τους δεν θα ήταν εφικτή η πραγματοποίησή της.

Περίληψη

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία έχει ως κύριο σκοπό την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης συμβάσεων έργων Συμπράξεων Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) στον κατασκευαστικό τομέα. Το προτεινόμενο μοντέλο αποσκοπεί στην ενσωμάτωση, με συστηματικό και αντικειμενικό τρόπο, του συνόλου των κρίσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν την επιτυχία ενός έργου, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικές, τεχνικές, λειτουργικές, νομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις.

Η έρευνα περιλαμβάνει εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, ανάλυση διεθνών πρακτικών, ανάπτυξη ιεραρχικής δομής κριτηρίων, εφαρμογή μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (AHP και TOPSIS), καθώς και ενδεικτική μελέτη περίπτωσης για την επαλήθευση της λειτουργικότητας του μοντέλου. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη σημασία της συστηματικής αξιολόγησης των συμβάσεων ΣΔΙΤ, ενισχύοντας τη διαφάνεια και την ορθολογική λήψη αποφάσεων στον κατασκευαστικό τομέα.

Λέξεις – Κλειδιά

Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ)

Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων

Αξιολόγηση Έργων Υποδομής

Μέθοδος AHP–TOPSIS

Διαχείριση Κινδύνων

Κατασκευαστικός Τομέας

«Development of a Multi-Criteria Evaluation Model for Public-Private Partnership Project Contracts in the Construction Sector»

Alexandros Karageorgopoulos

Abstract

The primary aim of this Master's Thesis is to develop a comprehensive multi-criteria evaluation model for assessing Public–Private Partnership (PPP) project contracts within the construction sector. The proposed framework seeks to provide a systematic and objective approach to the evaluation process by incorporating the full range of critical factors that influence project performance and success. In particular, the model integrates economic, technical, operational, legal, social, and environmental dimensions, thereby enabling a holistic assessment of PPP contractual arrangements.

The research methodology comprises an extensive review of the relevant literature, an examination of international best practices, and the development of a hierarchical criteria structure tailored to the characteristics of construction PPP projects. Furthermore, Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) techniques, specifically the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), are employed to determine criteria weights and evaluate alternative contractual scenarios. An illustrative case study is also conducted to demonstrate and validate the applicability and effectiveness of the proposed model.

The findings underscore the significance of adopting a structured and systematic approach to the evaluation of PPP contracts, contributing to enhanced transparency, accountability, and evidence-based decision-making in the construction industry. The proposed model offers a practical decision-support tool for both public authorities and private stakeholders involved in the planning, procurement, and management of PPP projects.

Keywords

Public-Private Partnerships (PPPs)

Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

Infrastructure Project Evaluation

AHP–TOPSIS Methodology

Risk Management

Construction Industry

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Πινάκων	xi
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xii
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικείμενο και σημασία της έρευνας.....	1
1.1.1 Ο ρόλος των ΣΔΙΤ στις υποδομές.....	1
1.1.2 Προκλήσεις αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ	3
1.2 Πρόβλημα έρευνας.....	5
1.2.1 Πολυπλοκότητα επιλογής συμβατικού μοντέλου	5
1.2.2 Ανάγκη πολυκριτηριακής προσέγγισης	6
1.3 Σκοπός και Στόχοι της Έρευνας.....	8
1.4 Μεθοδολογία Έρευνας.....	9
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο των ΣΔΙΤ	11
2.1 Έννοια και χαρακτηριστικά ΣΔΙΤ.....	11
2.2 Μορφές ΣΔΙΤ	13
2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	16
2.4 Διεθνής εμπειρία εφαρμογής.....	17
2.5 ΣΔΙΤ στην Ελλάδα	18
2.6 Θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο	18
3. Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων	20
3.1 Θεωρία λήψης αποφάσεων	20
3.1.1 Εισαγωγή.....	20
3.1.2 Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων	20
3.1.3 Κατηγορίες Αποφάσεων	21
3.1.4 Συνθήκες Λήψης Αποφάσεων.....	22
3.1.5 Λήψη Αποφάσεων και Πολλαπλά Κριτήρια.....	22
3.1.6 Η Σημασία της Θεωρίας Λήψης Αποφάσεων στα Έργα ΣΔΙΤ.....	23
3.2 Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis – MCDA / Multi-Criteria Decision Making – MCDM).....	23
3.2.1 Έννοια της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων	23
3.2.2 Στόχοι της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης.....	24
3.2.3 Διαδικασία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης.....	24
3.2.4 Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση στα Έργα ΣΔΙΤ	25
3.3 Κατηγορίες μεθόδων	25
3.3.1 Εισαγωγή.....	25
3.3.2 Κατηγοριοποίηση των Πολυκριτηριακών Μεθόδων	26
3.3.3 Μέθοδος AHP (Analytic Hierarchy Process).....	27
3.3.4 Μέθοδος TOPSIS	28
3.4 Εφαρμογές MCDM στον κατασκευαστικό τομέα	29
3.5 Εφαρμογές MCDM σε έργα ΣΔΙΤ	30
4. Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης Έργων ΣΔΙΤ.....	33
4.1 Μεθοδολογία αναζήτησης βιβλιογραφίας.....	33
4.1.1 Στόχοι της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης	33
4.1.2 Ερευνητική Προσέγγιση	34

4.1.3 Πηγές και Βάσεις Δεδομένων	34
4.1.4 Διαδικασία Ανάλυσης των Δεδομένων	35
4.1.5 Ομαδοποίηση των Κριτηρίων	35
5. Ανάπτυξη Πολυκριτηριακού Μοντέλου Αξιολόγησης	39
5.1 Σχεδιασμός του μοντέλου	39
5.1.1 Εισαγωγή	39
5.1.2 Στόχος του Προτεινόμενου Μοντέλου	39
5.1.3 Αρχιτεκτονική του Μοντέλου	40
5.2 Εφαρμογή της Μεθόδου AHP	41
5.2.1 Εισαγωγή	41
5.2.2 Καθορισμός της Ιεραρχικής Δομής	42
5.2.3 Προσδιορισμός της Σχετικής Σημασίας των Κριτηρίων	42
5.2.4 Κλίμακα Συγκρίσεων Saaty	43
5.2.5 Δημιουργία Πίνακα Συγκρίσεων Ανά Ζεύγη	44
5.2.6 Κανονικοποίηση του Πίνακα	45
5.2.7 Υπολογισμός Βαρών Κριτηρίων	48
5.2.8 Έλεγχος Συνέπειας	49
5.3 Εφαρμογή της Μεθόδου TOPSIS	52
5.3.1 Εισαγωγή	52
5.3.2 Περιγραφή των Εναλλακτικών Σεναρίων	52
5.3.3 Κριτήρια Αξιολόγησης	53
5.3.4 Πίνακας Αποφάσεων	53
5.3.5 Κανονικοποίηση Πίνακα Αποφάσεων	54
5.3.6 Στάθμιση Κανονικοποιημένου Πίνακα	57
5.3.7 Προσδιορισμός Ιδανικής και Αντι-Ιδανικής Λύσης	59
5.3.8 Υπολογισμός Απόστασης από την Ιδανική Λύση	60
5.3.9 Υπολογισμός Απόστασης από την Αντι-Ιδανική Λύση	61
5.3.10 Υπολογισμός Δείκτη Εγγύτητας	62
5.3.11 Τελική Κατάταξη των Εναλλακτικών Σεναρίων	62
5.4 Ανάπτυξη Ολοκληρωμένου Μοντέλου AHP-TOPSIS	63
5.4.1 Εισαγωγή	63
5.4.2 Φιλοσοφία του Προτεινόμενου Μοντέλου	63
5.4.3 Δομή του Προτεινόμενου Μοντέλου	64
5.4.4 Εφαρμογή του Μοντέλου στη Μελέτη Περίπτωσης	65
5.4.5 Αποτελέσματα του Μοντέλου	66
5.4.6 Πλεονεκτήματα του Προτεινόμενου Μοντέλου	66
5.4.7 Περιορισμοί του Μοντέλου	66
6. Αποτελέσματα	67
6.1 Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων	67
6.2 Ανάλυση των Αποτελεσμάτων	68
7. Συμπεράσματα και Προτάσεις	69
7.1 Βασικά συμπεράσματα	69
7.2 Συμβολή της Παρούσας Έρευνας	70
7.3 Μελλοντική Έρευνα	70
Βιβλιογραφία	72

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3-1 Κλίμακα Saaty.....	27
Πίνακας 5-1 Κλίμακα Συγκρίσεων Saaty	43
Πίνακας 5-2 Πίνακας Συγκρίσεων ανά Ζεύγη	44
Πίνακας 5-3 Αθροίσματα Σηλών.....	45
Πίνακας 5-4 Κανονικοποιημένος Πίνακας	48
Πίνακας 5-5 Πίνακας Βαρών Κριτηρίων	48
Πίνακας 5-6 Πίνακας Ιδιοτιμών.....	49
Πίνακας 5-7 Κριτήρια και Βάρη	53
Πίνακας 5-8 Πίνακας Αποφάσεων.....	54
Πίνακας 5-9 Αρχικός Πίνακας Αξιολόγησης.....	54
Πίνακας 5-10 Σταθμισμένος Κανονικοποιημένος Πίνακας.....	58
Πίνακας 5-11 Θετική Ιδανική Λύση	59
Πίνακας 5-12 Αρνητική Ιδανική Λύση	59
Πίνακας 5-13 Απόσταση από την Ιδανική Λύση.....	60
Πίνακας 5-14 Απόσταση από την Αντι-ιδανική Λύση	61
Πίνακας 5-15 Δείκτης Εγγύτητας	62
Πίνακας 5-16 Τελική Κατάταξη Εναλλακτικών Σεναρίων.....	62

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΧΤ	Διαχείριση Τεχνικών Έργων
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΣΔΙΤ	Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα
VfM	Value for Money
NPV	Net Present Value
IRR	Internal Rate of Return
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
AHP	Analytic Hierarchy Process
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
CI	Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index)
CR	Λόγος Συνέπειας (Consistency Ratio)
RI	Τυχαίος Δείκτης (Random Index)

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και σημασία της έρευνας

1.1.1 Ο ρόλος των ΣΔΙΤ στις υποδομές

Οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) αποτελούν έναν σύγχρονο μηχανισμό υλοποίησης δημόσιων έργων και παροχής υπηρεσιών, ο οποίος βασίζεται στη συνεργασία μεταξύ δημόσιων φορέων και ιδιωτικών επιχειρήσεων. Η ανάπτυξη των ΣΔΙΤ συνδέεται άμεσα με την αυξανόμενη ανάγκη για εκσυγχρονισμό και δημιουργία νέων υποδομών, σε συνδυασμό με τους δημοσιονομικούς περιορισμούς που αντιμετωπίζουν πολλές χώρες. Μέσω των ΣΔΙΤ, το Δημόσιο αξιοποιεί τους οικονομικούς πόρους, την τεχνογνωσία και την εμπειρία του ιδιωτικού τομέα, με στόχο την αποτελεσματικότερη υλοποίηση έργων που εξυπηρετούν το δημόσιο συμφέρον.

Οι υποδομές αποτελούν θεμελιώδη παράγοντα οικονομικής ανάπτυξης και κοινωνικής ευημερίας. Παραδείγματα όπως, δίκτυα μεταφορών, νοσοκομεία, σχολικές μονάδες, ενεργειακές εγκαταστάσεις, συστήματα διαχείρισης αποβλήτων και υδάτινων πόρων συνιστούν κρίσιμες επενδύσεις που επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα ζωής των πολιτών και την ανταγωνιστικότητα μίας οικονομίας. Ωστόσο, η χρηματοδότηση και η διαχείριση τέτοιων έργων απαιτούν σημαντικούς πόρους και εξειδικευμένες γνώσεις, γεγονός που καθιστά τις ΣΔΙΤ ιδιαίτερα ελκυστική επιλογή για τους δημόσιους φορείς.

Ένας από τους πιο σημαντικούς ρόλους των ΣΔΙΤ στις υποδομές είναι η εξασφάλιση πρόσθετων πηγών χρηματοδότησης. Μέσω της συμμετοχής ιδιωτικών κεφαλαίων, το Δημόσιο δύναται να προχωρήσει στην υλοποίηση έργων που διαφορετικά θα καθυστερούσαν ή θα ήταν δύσκολο να χρηματοδοτηθούν αποκλειστικά από κρατικούς πόρους. Η δυνατότητα αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε περιόδους δημοσιονομικής στενότητας, όπου οι προϋπολογισμοί του δημοσίου αδυνατούν να καλύψουν το σύνολο των επενδυτικών αναγκών.

Παράλληλα, οι ΣΔΙΤ συμβάλλουν στη βελτίωση της αποδοτικότητας των έργων υποδομής. Η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα εισάγει σύγχρονες μεθόδους διοίκησης, τεχνολογικές καινοτομίες και αποτελεσματικότερους μηχανισμούς ελέγχου του κόστους και του χρονοδιαγράμματος. Σε αντίθεση με τα δημόσια έργα, όπου συχνά παρατηρούνται

υπερβάσεις κόστους και καθυστερήσεις, οι συμβάσεις ΣΔΙΤ συνδέουν την αμοιβή του ιδιώτη με την επίτευξη συγκεκριμένων επιπέδων απόδοσης, δημιουργώντας κίνητρα για πιο αποτελεσματική διαχείριση.

Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος των ΣΔΙΤ στη διαχείριση των κινδύνων. Στα έργα υποδομής υπάρχουν πολλαπλοί κίνδυνοι, όπως ο κατασκευαστικός, ο χρηματοοικονομικός και ο λειτουργικός κίνδυνος. Βασική αρχή των ΣΔΙΤ αποτελεί η ανάθεση κάθε κινδύνου στον φορέα που μπορεί να τον διαχειριστεί αποτελεσματικότερα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται καλύτερη κατανομή ευθυνών και περιορίζονται οι πιθανότητες αποτυχίας του έργου.

Επιπλέον, οι ΣΔΙΤ ενισχύουν την ποιότητα και τη βιωσιμότητα των υποδομών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Ο ιδιωτικός φορέας δεν περιορίζεται συνήθως μόνο στην κατασκευή του έργου, αλλά αναλαμβάνει και τη λειτουργία ή τη συντήρησή του για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ως αποτέλεσμα, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση ποιοτικών υλικών και στην εφαρμογή λύσεων που μειώνουν το κόστος συντήρησης και αυξάνουν τη λειτουργική αποδοτικότητα των υποδομών.

Σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, οι ΣΔΙΤ έχουν αξιοποιηθεί ευρέως για την ανάπτυξη μεγάλων έργων. Στην Ελλάδα, η εφαρμογή τους έχει επεκταθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, με χαρακτηριστικά παραδείγματα έργων σχολικών μονάδων, μονάδων διαχείρισης απορριμμάτων, φοιτητικών εστιών και οδικών υποδομών. Η εμπειρία αυτή καταδεικνύει ότι οι ΣΔΙΤ μπορούν να αποτελέσουν αποτελεσματικό εργαλείο υλοποίησης σύνθετων επενδύσεων, υπό την προϋπόθεση ότι σχεδιάζονται και αξιολογούνται με κατάλληλα κριτήρια.

Συνοψίζοντας, οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στον εκσυγχρονισμό και στην αναβάθμιση των υποδομών, συμβάλλοντας στη χρηματοδότηση, την αποτελεσματική διαχείριση, τη βελτίωση της ποιότητας και τη βιώσιμη λειτουργία των έργων. Η αυξανόμενη σημασία τους στον κατασκευαστικό τομέα καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη αξιόπιστων εργαλείων αξιολόγησης και λήψης αποφάσεων.

1.1.2 Προκλήσεις αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ

Η αξιολόγηση των έργων Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) αποτελεί μία σύνθετη και απαιτητική διαδικασία, καθώς τα έργα αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας, μακροχρόνιο χρονικό ορίζοντα και συμμετοχή πολλαπλών εμπλεκόμενων φορέων. Σε αντίθεση με τα συμβατικά δημόσια έργα, όπου η αξιολόγηση επικεντρώνεται κυρίως στο κόστος και τον χρόνο υλοποίησης, τα έργα ΣΔΙΤ απαιτούν την ταυτόχρονη εξέταση οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και θεσμικών παραμέτρων. Ως εκ τούτου, η διαδικασία λήψης αποφάσεων καθίσταται πολυκριτηριακή και χαρακτηρίζεται από σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας.

Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στην αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ είναι η πολυδιάστατη φύση των κριτηρίων που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι δημόσιοι φορείς καλούνται να εξισορροπήσουν αντικρουόμενους στόχους, όπως η ελαχιστοποίηση του κόστους, η μεγιστοποίηση της ποιότητας, η έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου, η κοινωνική αποδοχή και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Συχνά, η βελτίωση ενός κριτηρίου μπορεί να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις σε κάποιο άλλο. Για παράδειγμα, η επιλογή τεχνολογικά προηγμένων λύσεων ενδέχεται να αυξήσει το αρχικό κόστος κατασκευής, ενώ η μείωση του κόστους μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα ή τη διάρκεια ζωής της υποδομής.

Μία δεύτερη σημαντική πρόκληση αφορά στην αβεβαιότητα που συνοδεύει τον μακροχρόνιο χαρακτήρα των συμβάσεων ΣΔΙΤ. Οι συμβάσεις αυτές έχουν συνήθως διάρκεια από 20 έως 35 έτη, γεγονός που καθιστά δύσκολη την ακριβή πρόβλεψη οικονομικών, κοινωνικών και τεχνολογικών εξελίξεων. Μεταβολές στα επιτόκια, στον πληθωρισμό, στη ζήτηση των παρεχόμενων υπηρεσιών ή στο κανονιστικό πλαίσιο μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα ενός έργου. Επομένως, η αξιολόγηση πρέπει να ενσωματώνει μηχανισμούς διαχείρισης της αβεβαιότητας και να εξετάζει διαφορετικά σενάρια εξέλιξης.

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει επίσης η αξιολόγηση και κατανομή των κινδύνων. Η βασική φιλοσοφία των ΣΔΙΤ στηρίζεται στη μεταφορά συγκεκριμένων κινδύνων από τον δημόσιο στον ιδιωτικό τομέα, υπό την προϋπόθεση ότι ο τελευταίος είναι σε θέση να τους διαχειριστεί με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Ωστόσο, ο προσδιορισμός και η κατανομή των κινδύνων αποτελούν ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία. Οι κίνδυνοι μπορεί να σχετίζονται με

την κατασκευή, τη λειτουργία, τη χρηματοδότηση, τη ζήτηση των υπηρεσιών ή ακόμη και με εξωγενείς παράγοντες, όπως οικονομικές κρίσεις ή φυσικές καταστροφές. Αξίζει να τονιστεί ότι, η εσφαλμένη εκτίμηση των κινδύνων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές οικονομικές απώλειες ή ακόμη και στην αποτυχία του έργου.

Μία ακόμη πρόκληση σχετίζεται με την αξιολόγηση ποιοτικών κριτηρίων. Παράγοντες όπως η κοινωνική αποδοχή, η συμβολή στην τοπική ανάπτυξη, η δημιουργία θέσεων εργασίας, η περιβαλλοντική προστασία και η ενίσχυση της κοινωνικής συνοχής είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για τη συνολική επιτυχία ενός έργου υποδομής. Ωστόσο, τα κριτήρια αυτά δεν μπορούν εύκολα να εκφραστούν με αριθμητικούς δείκτες, γεγονός που δυσχεραίνει τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων. Για τον λόγο αυτό, απαιτούνται εξειδικευμένες μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης που να επιτρέπουν την ενσωμάτωση τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών παραμέτρων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Παράλληλα, η εμπλοκή πολλών ενδιαφερόμενων μερών αυξάνει περαιτέρω την πολυπλοκότητα της αξιολόγησης. Πιο συγκεκριμένα, δημόσιοι φορείς, ιδιωτικοί επενδυτές, χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, τοπικές κοινωνίες, περιβαλλοντικές οργανώσεις και τελικοί χρήστες έχουν συχνά διαφορετικές επιδιώξεις και προτεραιότητες. Η επίτευξη συναίνεσης μεταξύ αυτών των ομάδων αποτελεί πρόκληση, καθώς κάθε πλευρά αξιολογεί την επιτυχία του έργου με διαφορετικά κριτήρια. Συνεπώς, η διαδικασία αξιολόγησης οφείλει να είναι διαφανής και ικανή να λαμβάνει υπόψη τις απόψεις όλων των εμπλεκόμενων.

Τέλος, η έλλειψη τυποποιημένων και ολοκληρωμένων εργαλείων αξιολόγησης αποτελεί σημαντικό περιορισμό στη διεθνή πρακτική. Παρότι έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ, δεν υπάρχει ένα καθολικά αποδεκτό πλαίσιο που να καλύπτει ταυτόχρονα όλες τις οικονομικές, τεχνικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές και θεσμικές διαστάσεις. Η ανάγκη για ανάπτυξη ολοκληρωμένων πολυκριτηριακών μοντέλων αξιολόγησης καθίσταται επομένως ιδιαίτερα σημαντική, καθώς τέτοια εργαλεία μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τους φορείς λήψης αποφάσεων και να συμβάλουν στη βελτίωση της επιλογής και διαχείρισης έργων ΣΔΙΤ.

Συμπερασματικά, η αξιολόγηση των έργων ΣΔΙΤ αποτελεί μια πολυπαραγοντική διαδικασία που απαιτεί την ταυτόχρονη εξέταση ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων, την

αντιμετώπιση της αβεβαιότητας, την αποτελεσματική διαχείριση κινδύνων και τη συνεκτίμηση των απόψεων πολλών ενδιαφερόμενων μερών. Οι προκλήσεις αυτές αναδεικνύουν την ανάγκη ανάπτυξης σύγχρονων πολυκριτηριακών εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της διαφάνειας και της βιωσιμότητας των έργων ΣΔΙΤ.

1.2 Πρόβλημα έρευνας

Οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) έχουν εξελιχθεί σε ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία υλοποίησης έργων υποδομής παγκοσμίως, συμβάλλοντας στην κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών για ανάπτυξη σύγχρονων και βιώσιμων υποδομών. Μέσω των ΣΔΙΤ επιδιώκεται η αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων τόσο του δημόσιου όσο και του ιδιωτικού τομέα, με στόχο την αποτελεσματικότερη χρηματοδότηση, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των έργων. Ωστόσο, παρά τη διαρκή αύξηση της εφαρμογής τους, η επιλογή, αξιολόγηση και ιεράρχηση των έργων ΣΔΙΤ εξακολουθεί να αποτελεί μία ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία.

1.2.1 Πολυπλοκότητα επιλογής συμβατικού μοντέλου

Η πολυπλοκότητα επιλογής ενός συμβατικού μοντέλου οφείλεται πρωτίστως στη φύση των έργων υποδομής, τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλα επενδυτικά μεγέθη, μακροχρόνιους ορίζοντες υλοποίησης και λειτουργίας, υψηλή αβεβαιότητα και εμπλοκή πολλών ενδιαφερόμενων μερών. Η επιτυχία ενός έργου ΣΔΙΤ δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την οικονομική του αποδοτικότητα, αλλά και από μία σειρά πρόσθετων παραγόντων, όπως η ποιότητα της κατασκευής, η αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων, η κοινωνική αποδοχή, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η χρηματοδοτική του βιωσιμότητα.

Στην πράξη, η αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ βασίζεται συχνά σε παραδοσιακές οικονομικές προσεγγίσεις, οι οποίες δίνουν έμφαση κυρίως σε χρηματοοικονομικούς δείκτες, όπως το καθαρό παρόν όφελος (Net Present Value - NPV), ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (Internal Rate of Return - IRR) ή η ανάλυση κόστους-οφέλους. Παρότι οι μέθοδοι αυτές

αποτελούν χρήσιμα εργαλεία οικονομικής αξιολόγησης, αδυνατούν να ενσωματώσουν επαρκώς μη χρηματοοικονομικούς παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν καθοριστικά τη συνολική επιτυχία ενός έργου υποδομής.

Επιπλέον, η βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι δεν υπάρχει ένα ενιαίο και καθολικά αποδεκτό πλαίσιο αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ. Διαφορετικοί οργανισμοί, κυβερνήσεις και ερευνητές χρησιμοποιούν διαφορετικά σύνολα κριτηρίων και μεθοδολογίες αξιολόγησης, γεγονός που δυσχεραίνει τη σύγκριση εναλλακτικών έργων. Παράλληλα, η σχετική έρευνα επικεντρώνεται συχνά σε μεμονωμένες διαστάσεις της αξιολόγησης, όπως η χρηματοοικονομική βιωσιμότητα ή η κατανομή κινδύνων, χωρίς να εξετάζει ολοκληρωμένα το σύνολο των παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων.

1.2.2 Ανάγκη πολυκριτηριακής προσέγγισης

Το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο έντονο στον κατασκευαστικό τομέα, όπου οι αποφάσεις σχετικά με την επιλογή ενός έργου ή ενός μοντέλου ΣΔΙΤ πρέπει να λαμβάνονται υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Παράγοντες όπως, οι διακυμάνσεις των τιμών υλικών, οι τεχνολογικές εξελίξεις, οι μεταβολές του κανονιστικού πλαισίου, οι καθυστερήσεις κατασκευής και οι κοινωνικές αντιδράσεις μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την επιτυχία ενός έργου. Ως εκ τούτου, η λήψη αποφάσεων απαιτεί την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλών και συχνά αντικρουόμενων κριτηρίων.

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί στον τομέα της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Making – MCDM), οι εφαρμογές της σε έργα ΣΔΙΤ εξακολουθούν να παρουσιάζουν περιορισμούς. Πολλά από τα υφιστάμενα μοντέλα επικεντρώνονται σε συγκεκριμένα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου ή εξετάζουν περιορισμένο αριθμό κριτηρίων, χωρίς να παρέχουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο αξιολόγησης που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από φορείς λήψης αποφάσεων σε πραγματικές συνθήκες.

Στην ελληνική πραγματικότητα, το ερευνητικό κενό είναι ακόμη μεγαλύτερο. Παρότι τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σημαντικά ο αριθμός των έργων ΣΔΙΤ σε τομείς όπως οι μεταφορές, οι σχολικές υποδομές, εγκαταστάσεις περιβαλλοντικής διαχείρισης και οι

δημόσιες εγκαταστάσεις, η βιβλιογραφία σχετικά με την ανάπτυξη εξειδικευμένων πολυκριτηριακών μοντέλων αξιολόγησης παραμένει περιορισμένη.

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει η ανάγκη ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα, το οποίο θα επιτρέπει τη συνδυασμένη εξέταση οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών, και περιβαλλοντικών κριτηρίων. Ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, στην αύξηση της διαφάνειας και της αντικειμενικότητας της αξιολόγησης και τελικά στην επιλογή έργων που μεγιστοποιούν τη συνολική αξία για την κοινωνία και την οικονομία.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί να καλύψει αυτό το ερευνητικό κενό μέσω της ανάπτυξης και εφαρμογής ενός πολυκριτηριακού πλαισίου αξιολόγησης, το οποίο θα βασίζεται σε διεθνώς αναγνωρισμένες μεθόδους λήψης αποφάσεων και θα προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες των έργων ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα.

1.3 Σκοπός και Στόχοι της Έρευνας

Η αυξανόμενη χρήση των Συμπράξεων Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) ως εργαλείου ανάπτυξης και διαχείρισης έργων υποδομής έχει αναδείξει την ανάγκη για αποτελεσματικές και αξιόπιστες μεθόδους αξιολόγησης των εναλλακτικών επενδυτικών επιλογών. Η πολυπλοκότητα των έργων αυτών, η εμπλοκή πολλών ενδιαφερόμενων μερών και η ανάγκη εξισορρόπησης οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων καθιστούν αναγκαία την υιοθέτηση πολυκριτηριακών προσεγγίσεων λήψης αποφάσεων.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης έργων Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα στον κατασκευαστικό τομέα, το οποίο θα υποστηρίζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά την επιλογή, αξιολόγηση και ιεράρχηση εναλλακτικών έργων. Το προτεινόμενο μοντέλο αποσκοπεί στην ενσωμάτωση τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών κριτηρίων, παρέχοντας ένα συστηματικό και διαφανές πλαίσιο αξιολόγησης.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού τίθενται οι ακόλουθοι επιμέρους στόχοι:

1. Η διερεύνηση της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας σχετικά με τις ΣΔΙΤ και τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων.
2. Η καταγραφή και συστηματική ταξινόμηση των σημαντικότερων κριτηρίων αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα.
3. Η αναγνώριση των κρίσιμων παραγόντων επιτυχίας και των βασικών κινδύνων που επηρεάζουν την απόδοση των έργων ΣΔΙΤ.
4. Η επιλογή και προσαρμογή κατάλληλων πολυκριτηριακών μεθόδων αξιολόγησης, όπως οι AHP και TOPSIS.
5. Η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου αξιολόγησης που θα συνδυάζει τη στάθμιση κριτηρίων και την κατάταξη εναλλακτικών λύσεων.
6. Η εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου σε μελέτη περίπτωσης σχετική με έργα ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα.
7. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του μοντέλου μέσω ανάλυσης ευαισθησίας και σύγκρισης των αποτελεσμάτων με υφιστάμενες προσεγγίσεις.

8. Η διατύπωση προτάσεων και κατευθύνσεων για τη βελτίωση της διαδικασίας αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ στην Ελλάδα.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων αναμένεται να συμβάλει τόσο στη θεωρητική γνώση σχετικά με την αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ όσο και στην πρακτική υποστήριξη των φορέων λήψης αποφάσεων που εμπλέκονται στον σχεδιασμό, την επιλογή και την υλοποίηση έργων υποδομής.

1.4 Μεθοδολογία Έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία ακολουθεί μία συνδυαστική ερευνητική προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει βιβλιογραφική ανασκόπηση, ανάπτυξη πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης και εφαρμογή του σε μελέτη περίπτωσης. Η μεθοδολογία σχεδιάζεται με στόχο τη δημιουργία ενός επιστημονικά τεκμηριωμένου εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων για έργα ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα.

Η έρευνα υλοποιείται σε πέντε διαδοχικά στάδια.

Στάδιο 1: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Αρχικά, πραγματοποιείται εκτενής ανασκόπηση της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας σχετικά με τις Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα, τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων και τις εφαρμογές των μεθόδων MCDM στον κατασκευαστικό τομέα και πιο συγκεκριμένα σε έργα ΣΔΙΤ.

Η βιβλιογραφική έρευνα πραγματοποιείται μέσω επιστημονικών βάσεων δεδομένων, όπως Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink και Google Scholar.

Στάδιο 2: Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης

Στη συνέχεια, με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφίας καταγράφονται και ομαδοποιούνται τα κριτήρια αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ, από τα οποία επιλέγονται τα πλέον κατάλληλα κριτήρια για την ανάπτυξη του μοντέλου.

Στάδιο 3: Ανάπτυξη Πολυκριτηριακού Μοντέλου

Στο στάδιο αυτό αναπτύσσεται το προτεινόμενο μοντέλο αξιολόγησης.

Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται η χρήση ενός υβριδικού μοντέλου:

- AHP (Analytic Hierarchy Process) για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων.
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) για την κατάταξη των εναλλακτικών έργων.

Η επιλογή του συγκεκριμένου συνδυασμού βασίζεται στην ευρεία εφαρμογή του σε προβλήματα αξιολόγησης σύνθετων έργων και στην δυνατότητά του να συνδυάζει ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα.

Στάδιο 4: Εφαρμογή σε Μελέτη Περίπτωσης

Το αναπτυγμένο μοντέλο εφαρμόζεται σε πραγματικό έργο ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη συλλογή των δεδομένων, τον υπολογισμό βαρών των κριτηρίων, τη δημιουργία πίνακα αποφάσεων, την εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS με τελικό στόχο την κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών.

Η μελέτη περίπτωσης λειτουργεί ως μέσο αξιολόγησης της λειτουργικότητας και της πρακτικής χρησιμότητας του μοντέλου.

Στάδιο 5: Ανάλυση Ευαισθησίας και Εξαγωγή Συμπερασμάτων

Στο τελικό στάδιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας προκειμένου να εξεταστεί η σταθερότητα των αποτελεσμάτων σε μεταβολές των βαρών των κριτηρίων.

Η ανάλυση αυτή επιτρέπει τόσο την αξιολόγηση της αξιοπιστίας του μοντέλου και τον εντοπισμό κρίσιμων κριτηρίων, όσο και την εκτίμηση της επίδρασης διαφορετικών σεναρίων λήψης αποφάσεων.

Τέλος, εξάγονται τα συμπεράσματα της έρευνας και διατυπώνονται προτάσεις για τη βελτίωση της αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ τόσο στην Ελλάδα όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Συνολικά, η προτεινόμενη μεθοδολογία συνδυάζει θεωρητική τεκμηρίωση και πρακτική εφαρμογή, παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση έργων Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα στον κατασκευαστικό τομέα.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο των ΣΔΙΤ

2.1 Έννοια και χαρακτηριστικά ΣΔΙΤ

Οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους μηχανισμούς υλοποίησης έργων υποδομής κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Η αυξανόμενη ανάγκη για βελτίωση των δημόσιων υποδομών, σε συνδυασμό με τους περιορισμούς των κρατικών προϋπολογισμών, οδήγησε στην αναζήτηση εναλλακτικών μορφών χρηματοδότησης και διαχείρισης έργων. Στο πλαίσιο αυτό, οι ΣΔΙΤ αναδείχθηκαν ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο συνεργασίας μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, με σκοπό την παροχή υψηλής ποιότητας υποδομών προς όφελος της κοινωνίας.

Η έννοια των ΣΔΙΤ δεν περιορίζεται αποκλειστικά στη χρηματοδότηση έργων από ιδιωτικούς φορείς. Αντιθέτως, αφορά μία ευρύτερη μορφή συνεργασίας κατά την οποία δημόσιοι και ιδιωτικοί οργανισμοί μοιράζονται πόρους, ευθύνες, κινδύνους και οφέλη για την επίτευξη κοινών στόχων. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, οι ΣΔΙΤ αποτελούν μακροχρόνιες συμβατικές συμφωνίες στις οποίες ο ιδιωτικός τομέας συμμετέχει στην παροχή δημόσιων υποδομών ή υπηρεσιών, αναλαμβάνοντας σημαντικό μέρος των σχετικών κινδύνων και της διαχείρισης του έργου. Αντίστοιχα, ο Yescombe (2017) ορίζει τις ΣΔΙΤ ως συμβατικές συμφωνίες μεταξύ ενός δημόσιου φορέα και μίας ιδιωτικής επιχείρησης, όπου ο ιδιώτης αναλαμβάνει την ευθύνη για τον σχεδιασμό, τη χρηματοδότηση, την κατασκευή και συχνά τη λειτουργία ενός έργου, ενώ η αμοιβή του συνδέεται με την επίδοση και την αποτελεσματικότητα του έργου κατά τη διάρκεια της σύμβασης. Η προσέγγιση αυτή διαφοροποιείται από τις παραδοσιακές δημόσιες συμβάσεις, στις οποίες ο ιδιώτης περιορίζεται συνήθως στην κατασκευή του έργου χωρίς μακροχρόνια ευθύνη για τη λειτουργία ή τη συντήρησή του.

Η ανάπτυξη των ΣΔΙΤ βασίζεται στην αρχή ότι ο ιδιωτικός τομέας δύναται σε ορισμένες περιπτώσεις, να προσφέρει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, τεχνογνωσία και καινοτομία σε σχέση με τις παραδοσιακές δημόσιες διαδικασίες. Παράλληλα, το Δημόσιο διατηρεί τον έλεγχο του έργου και διασφαλίζει ότι οι παρεχόμενες υπηρεσίες εξυπηρετούν το δημόσιο συμφέρον. Σύμφωνα με τους Grimsey και Lewis (2004), η επιτυχία των ΣΔΙΤ εξαρτάται από την επίτευξη μιας ισορροπημένης σχέσης συνεργασίας, στην οποία οι

ευθύνες και οι κίνδυνοι κατανέμονται με τρόπο που μεγιστοποιεί τη συνολική αξία του έργου.

Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά των ΣΔΙΤ είναι η μακροχρόνια διάρκεια των συμβάσεων. Οι περισσότερες συμβάσεις έχουν διάρκεια από 20 έως 35 έτη, ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του έργου. Η μεγάλη χρονική διάρκεια επιτρέπει στον ιδιωτικό φορέα να ανακτήσει την επένδυσή του μέσω πληρωμών διαθεσιμότητας ή εσόδων εκμετάλλευσης, ενώ παράλληλα δημιουργεί κίνητρα για τη διατήρηση υψηλής ποιότητας υπηρεσιών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

Ένα δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η μεταφορά και κατανομή κινδύνων. Στις ΣΔΙΤ οι κίνδυνοι δεν παραμένουν αποκλειστικά στο Δημόσιο, αλλά κατανέμονται μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών. Η βασική αρχή είναι ότι κάθε κίνδυνος πρέπει να ανατίθεται στον φορέα που είναι σε θέση να τον διαχειριστεί αποτελεσματικότερα. Για παράδειγμα, ο κατασκευαστικός κίνδυνος συνήθως μεταφέρεται στον ιδιώτη ανάδοχο, ενώ ορισμένοι θεσμικοί κίνδυνοι παραμένουν στην ευθύνη του Δημοσίου (World Bank, 2017).

Επιπλέον, οι ΣΔΙΤ χαρακτηρίζονται από τη χρηματοδοτική συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά δημόσια έργα, όπου η χρηματοδότηση προέρχεται κυρίως από δημόσιους πόρους, στις ΣΔΙΤ ο ιδιώτης επενδυτής αναλαμβάνει μέρος ή το σύνολο της αρχικής χρηματοδότησης. Η αποπληρωμή πραγματοποιείται είτε μέσω πληρωμών του Δημοσίου είτε μέσω των εσόδων που παράγει το έργο κατά τη λειτουργία του.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι η προσέγγιση του κύκλου ζωής. Ο ιδιώτης δεν ενδιαφέρεται μόνο για την ολοκλήρωση της κατασκευής αλλά και για τη μελλοντική λειτουργία και συντήρηση της υποδομής, με αποτέλεσμα να δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην ποιότητα των υλικών, στην ανθεκτικότητα των κατασκευών και στη μείωση του συνολικού κόστους λειτουργίας κατά τη διάρκεια ζωής του έργου.

Σημαντική είναι επίσης η έννοια του Value for Money (VfM), η οποία αποτελεί θεμελιώδη αρχή των ΣΔΙΤ. Το Value for Money αναφέρεται στη βέλτιστη σχέση μεταξύ κόστους και οφέλους για τον δημόσιο τομέα. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα (World Bank, 2017), ένα έργο ΣΔΙΤ θεωρείται επιτυχημένο όταν παρέχει καλύτερη συνολική αξία σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους υλοποίησης δημόσιων έργων.

Τέλος, οι ΣΔΙΤ χαρακτηρίζονται από την αξιολόγηση της απόδοσης μέσω συγκεκριμένων δεικτών και συμβατικών υποχρεώσεων. Οι πληρωμές προς τον ιδιώτη συνδέονται συνήθως με την επίτευξη προκαθορισμένων επιπέδων ποιότητας και λειτουργικότητας.

Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται ισχυρά κίνητρα για τη συνεχή βελτίωση της απόδοσης και την παροχή υπηρεσιών υψηλού επιπέδου.

Συνοψίζοντας, οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα αποτελούν ένα σύγχρονο και ευέλικτο μοντέλο ανάπτυξης υποδομών που συνδυάζει τη χρηματοδοτική δυνατότητα και την τεχνογνωσία του ιδιωτικού τομέα με τον στρατηγικό ρόλο και τις κοινωνικές υποχρεώσεις του Δημοσίου. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους, όπως η μακροχρόνια συνεργασία, η κατανομή κινδύνων, η χρηματοδοτική συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα, η προσέγγιση του κύκλου ζωής και η επιδίωξη της βέλτιστης αξίας για το δημόσιο χρήμα, αποτελούν τους κύριους λόγους για τους οποίους οι ΣΔΙΤ έχουν καθιερωθεί διεθνώς ως σημαντικό εργαλείο υλοποίησης έργων υποδομής.

2.2 Μορφές ΣΔΙΤ

Οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) δεν αποτελούν ένα ενιαίο και ομοιογενές μοντέλο συνεργασίας, αλλά περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα συμβατικών σχημάτων που διαφοροποιούνται ως προς τον βαθμό συμμετοχής του ιδιωτικού τομέα στη χρηματοδότηση, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των έργων. Η επιλογή της κατάλληλης μορφής ΣΔΙΤ εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος του έργου, οι απαιτήσεις χρηματοδότησης, η κατανομή κινδύνων, η αναμενόμενη διάρκεια της σύμβασης και οι στρατηγικοί στόχοι του δημόσιου φορέα (Yescombe, 2017).

Στη διεθνή πρακτική έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμα μοντέλα ΣΔΙΤ, τα οποία βρίσκονται μεταξύ δύο μορφών, αυτή της πλήρους δημόσιας παροχής υπηρεσιών και εκείνη της πλήρους ιδιωτικοποίησης. Όσο αυξάνεται η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα στη χρηματοδότηση, λειτουργία και διαχείριση του έργου, τόσο αυξάνεται και ο βαθμός μεταφοράς κινδύνων από το Δημόσιο προς τον ιδιώτη (World Bank, 2017).

1. Συμβάσεις Υπηρεσιών

Οι συμβάσεις υπηρεσιών αποτελούν την απλούστερη μορφή συνεργασίας μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Στην περίπτωση αυτή, ένας δημόσιος φορέας αναθέτει σε ιδιωτική επιχείρηση την παροχή συγκεκριμένων υπηρεσιών για περιορισμένο χρονικό διάστημα, συνήθως από ένα έως τρία έτη.

Ο ιδιωτικός φορέας αναλαμβάνει συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως την τεχνική υποστήριξη, την συντήρηση του εξοπλισμού, τον καθαρισμό εγκαταστάσεων ή την λειτουργία επιμέρους τμημάτων ενός οργανισμού.

Η χρηματοδότηση, η ιδιοκτησία των υποδομών και οι περισσότεροι κίνδυνοι παραμένουν στο Δημόσιο. Οι συμβάσεις αυτές χαρακτηρίζονται από χαμηλό βαθμό μεταφοράς κινδύνου και περιορισμένη συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα.

2. Συμβάσεις Διαχείρισης

Στις συμβάσεις διαχείρισης, ο ιδιώτης αναλαμβάνει τη διοίκηση και λειτουργία μιας δημόσιας υπηρεσίας ή εγκατάστασης έναντι συμφωνημένης αμοιβής.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η διαχείριση αεροδρομίων, λιμένων και νοσοκομείων.

Το Δημόσιο εξακολουθεί να διατηρεί την ιδιοκτησία της υποδομής και την ευθύνη των επενδύσεων, ενώ ο ιδιωτικός φορέας είναι υπεύθυνος για την καθημερινή λειτουργία και τη βελτίωση της αποδοτικότητας.

3. Συμβάσεις Μίσθωσης

Στο μοντέλο της μίσθωσης ο ιδιώτης αναλαμβάνει τη λειτουργία και συντήρηση μίας δημόσιας υποδομής για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, καταβάλλοντας μίσθωμα στο Δημόσιο.

Ο ιδιωτικός φορέας διαχειρίζεται τις λειτουργικές δραστηριότητες, εισπράττει τα έσοδα από τους χρήστες, ενώ παράλληλα αναλαμβάνει τους λειτουργικούς κινδύνους.

Το Δημόσιο εξακολουθεί να διατηρεί την κυριότητα των εγκαταστάσεων.

Η μορφή αυτή εφαρμόζεται συχνά σε δίκτυα ύδρευσης, δημόσιες συγκοινωνίες και εγκαταστάσεις λιμένων.

4. Συμβάσεις Παραχώρησης

Οι συμβάσεις παραχώρησης αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες μορφές ΣΔΙΤ διεθνώς. Στο πλαίσιο μιας παραχώρησης, ο ιδιώτης χρηματοδοτεί το έργο, κατασκευάζει ή αναβαθμίζει την υποδομή, αναλαμβάνει τη λειτουργία του και εισπράττει έσοδα από τους χρήστες.

Η διάρκεια των εν λόγω συμβάσεων κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 20 και 40 ετών.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν αυτοκινητόδρομοι με διόδους, αεροδρόμια, λιμένες και ενεργειακές εγκαταστάσεις.

Στην Ελλάδα, οι μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι, όπως η Ολυμπία Οδός και ο Αυτοκινητόδρομος Αιγαίου, υλοποιήθηκαν μέσω συμβάσεων παραχώρησης.

Το βασικό πλεονέκτημα της παραχώρησης είναι η σημαντική μεταφορά κινδύνων στον ιδιωτικό τομέα, ενώ βασικό μειονέκτημα αποτελεί η αβεβαιότητα σχετικά με τη μελλοντική ζήτηση των υπηρεσιών.

5. Build - Operate - Transfer (BOT)

Το μοντέλο Build – Operate - Transfer (BOT) αποτελεί μία από τις πιο γνωστές μορφές ΣΔΙΤ. Στην περίπτωση αυτή ο ιδιώτης χρηματοδοτεί το έργο, κατασκευάζει την υποδομή, τη λειτουργεί για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα και τη μεταβιβάζει στο Δημόσιο μετά τη λήξη της σύμβασης.

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας, ο ιδιώτης ανακτά την επένδυσή του μέσω τελών χρήσης και αποζημιώσεων.

Το μοντέλο BOT χρησιμοποιείται ευρέως σε υποδομές οδικού δικτύου, σε σιδηροδρομικά έργα, σε ενεργειακές εγκαταστάσεις καθώς και σε έργα ύδρευσης, ενώ αποτελεί αποτελεσματικό μηχανισμό χρηματοδότησης έργων υψηλού κόστους χωρίς άμεση δημοσιονομική επιβάρυνση.

6. Build - Own - Operate - Transfer (BOOT)

Το μοντέλο BOOT αποτελεί εξέλιξη του BOT.

Η βασική διαφορά είναι ότι ο ιδιώτης κατέχει την υποδομή κατά τη διάρκεια της σύμβασης, τη λειτουργεί και τη διαχειρίζεται, ενώ τη μεταβιβάζει στο Δημόσιο μετά τη λήξη της σύμβασης.

Το BOOT εφαρμόζεται συχνά σε ενεργειακά έργα, μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, καθώς και σε συστήματα ύδρευσης.

Η μορφή αυτή παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια στους επενδυτές και διευκολύνει τη χρηματοδότηση του έργου μέσω τραπεζικών οργανισμών.

7. Design - Build - Finance - Operate (DBFO)

Το μοντέλο DBFO θεωρείται μία από τις πιο ολοκληρωμένες μορφές ΣΔΙΤ. Ο ιδιωτικός φορέας αναλαμβάνει τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη χρηματοδότηση και τη λειτουργία, ενώ το Δημόσιο παραμένει συνήθως ιδιοκτήτης της υποδομής.

8. Operate - Maintain (O&M)

Στις συμβάσεις Operate - Maintain (O&M), ο ιδιώτης αναλαμβάνει αποκλειστικά τη λειτουργία, και τη συντήρηση της υποδομής, ενώ δεν συμμετέχει στη χρηματοδότηση ή στην κατασκευή.

Η μορφή αυτή εφαρμόζεται συχνά όταν το έργο έχει ήδη κατασκευαστεί από το Δημόσιο και απαιτείται βελτίωση της λειτουργικής του αποδοτικότητας.

Παραδείγματα αποτελούν οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, τα συστήματα ύδρευσης και τα δημόσια κτίρια.

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Οι ΣΔΙΤ έχουν αναδειχθεί ως σημαντικό εργαλείο ανάπτυξης υποδομών, ωστόσο η εφαρμογή τους συνοδεύεται τόσο από πλεονεκτήματα όσο και από μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα

1. Πρόσβαση σε ιδιωτικά κεφάλαια. Η χρηματοδοτική συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα επιτρέπει την υλοποίηση έργων που διαφορετικά θα καθυστερούσαν λόγω δημοσιονομικών περιορισμών.
2. Βελτιωμένη διαχείριση έργου. Οι ιδιωτικές επιχειρήσεις εφαρμόζουν σύγχρονες τεχνικές διοίκησης και ελέγχου.
3. Μεταφορά κινδύνων. Μέρος των κινδύνων μεταφέρεται στον ιδιώτη που διαθέτει την κατάλληλη τεχνογνωσία για τη διαχείρισή τους.
4. Καινοτομία. Οι ΣΔΙΤ ενθαρρύνουν την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και καινοτόμων λύσεων.
5. Προσέγγιση κύκλου ζωής. Δίνεται έμφαση στη μακροχρόνια λειτουργικότητα και συντηρησιμότητα των έργων.

Μειονεκτήματα

1. Υψηλό κόστος συναλλαγών. Η προετοιμασία, διαπραγμάτευση και παρακολούθηση των συμβάσεων είναι δαπανηρή.
2. Πολυπλοκότητα συμβάσεων. Οι μακροχρόνιες συμβάσεις απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις και μηχανισμούς ελέγχου.
3. Δυσκολίες πρόβλεψης. Η αβεβαιότητα των μελλοντικών συνθηκών μπορεί να επηρεάσει τη βιωσιμότητα των έργων.
4. Κοινωνικές αντιδράσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις προκύπτουν αντιδράσεις σχετικά με την ιδιωτική συμμετοχή σε δημόσιες υπηρεσίες.

Συμπερασματικά, η αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων αποτελεί κρίσιμο στάδιο πριν από την επιλογή ενός έργου ΣΔΙΤ.

2.4 Διεθνής εμπειρία εφαρμογής

Οι ΣΔΙΤ έχουν εφαρμοστεί ευρέως σε πολλές χώρες ως εργαλείο ανάπτυξης υποδομών.

Το Ηνωμένο Βασίλειο θεωρείται πρωτοπόρος μέσω του προγράμματος Private Finance Initiative (PFI), το οποίο εφαρμόστηκε σε νοσοκομεία, σχολεία και στις μεταφορές.

Στον Καναδά, οι ΣΔΙΤ χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε έργα μεταφορών και υγείας, με ιδιαίτερη έμφαση στη διαχείριση κινδύνων. Η Αυστραλία έχει αναπτύξει συστήματα ΣΔΙΤ, κυρίως σε έργα αυτοκινητοδρόμων, σιδηροδρομικών δικτύων και ενεργειακών εγκαταστάσεων. Επιπρόσθετα, στις ΗΠΑ οι ΣΔΙΤ αξιοποιούνται κυρίως σε υποδομές μεταφορών και έργα αστικής ανάπτυξης.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, οργανισμοί όπως η World Bank και η International Finance Corporation υποστηρίζουν έργα ΣΔΙΤ με τεχνική και χρηματοδοτική συνεισφορά.

Η διεθνής εμπειρία καταδεικνύει ότι η επιτυχία των ΣΔΙΤ εξαρτάται από τη θεσμική ωριμότητα, τη διαφάνεια των διαδικασιών και την αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων.

2.5 ΣΔΙΤ στην Ελλάδα

Η εφαρμογή των ΣΔΙΤ στην Ελλάδα ξεκίνησε ουσιαστικά με τη θέσπιση του Νόμου 3389/2005, ο οποίος δημιούργησε το βασικό θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη σχετικών έργων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν υλοποιηθεί ή βρίσκονται σε εξέλιξη έργα σε διάφορους τομείς, όπως σχολικές μονάδες, φοιτητικές εστίες, δικαστικά μέγαρα, μονάδες διαχείρισης απορριμμάτων, οδικές υποδομές, καθώς και ψηφιακές υποδομές.

Η οικονομική κρίση της προηγούμενης δεκαετίας ανέδειξε τη σημασία των ΣΔΙΤ ως εναλλακτικού μηχανισμού χρηματοδότησης δημόσιων επενδύσεων. Παράλληλα, η αξιοποίηση πόρων του Ταμείου Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας δημιούργησε νέες ευκαιρίες για την ανάπτυξη έργων μέσω συνεργασιών δημόσιου και ιδιωτικού τομέα.

Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί, εξακολουθούν να υφίστανται προκλήσεις που σχετίζονται με τη γραφειοκρατία, τη χρονική διάρκεια των διαγωνιστικών διαδικασιών και την ανάγκη περαιτέρω ενίσχυσης της διοικητικής ικανότητας των δημόσιων φορέων.

2.6 Θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο

Η επιτυχής υλοποίηση των έργων ΣΔΙΤ προϋποθέτει την ύπαρξη ενός σαφούς και σταθερού θεσμικού πλαισίου που καθορίζει τις διαδικασίες ανάθεσης, χρηματοδότησης, παρακολούθησης και ελέγχου των έργων.

Στην Ελλάδα, το βασικό νομοθετικό πλαίσιο διαμορφώνεται από τον Νόμο 3389/2005 περί Συμπράξεων Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα. Ο νόμος αυτός καθορίζει τις προϋποθέσεις ένταξης έργων σε καθεστώς ΣΔΙΤ, τη διαδικασία έγκρισης και παρακολούθησης, τις αρμοδιότητες της Διυπουργικής Επιτροπής ΣΔΙΤ και τη λειτουργία της Ειδικής Γραμματείας ΣΔΙΤ.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι ΣΔΙΤ επηρεάζονται από το πλαίσιο των δημοσίων συμβάσεων και των συμβάσεων παραχώρησης, όπως διαμορφώνεται από τις σχετικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την ενσωμάτωσή τους στην εθνική νομοθεσία.

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οργανισμοί όπως η European Investment Bank και η European PPP Expertise Centre, οι οποίοι παρέχουν κατευθυντήριες οδηγίες και τεχνική υποστήριξη για την ανάπτυξη και αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ.

Η ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου θεσμικού πλαισίου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την προσέλκυση επενδύσεων, τη διασφάλιση της διαφάνειας και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των έργων υποδομής μέσω ΣΔΙΤ.

3. Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων

3.1 Θεωρία λήψης αποφάσεων

3.1.1 Εισαγωγή

Η λήψη αποφάσεων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες και πλέον σύνθετες διαδικασίες στη διοίκηση οργανισμών και στη διαχείριση έργων. Σε κάθε επίπεδο διοίκησης, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων καλούνται να επιλέξουν μεταξύ εναλλακτικών λύσεων προκειμένου να επιτύχουν συγκεκριμένους στόχους υπό συνθήκες περιορισμένων πόρων, αβεβαιότητας και συγκρουόμενων συμφερόντων. Η διαδικασία αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία στα έργα υποδομής και ειδικότερα στα έργα Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ), όπου οι αποφάσεις είναι σημαντικές και έχουν μακροχρόνιες κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η θεωρία λήψης αποφάσεων αναπτύχθηκε ως επιστημονικό πεδίο με στόχο την κατανόηση και τη βελτίωση της διαδικασίας επιλογής μεταξύ εναλλακτικών δράσεων. Συνδυάζει στοιχεία από τα μαθηματικά, την οικονομική επιστήμη, τη διοίκηση επιχειρήσεων, την ψυχολογία και την επιχειρησιακή έρευνα, παρέχοντας μεθοδολογικά εργαλεία που υποστηρίζουν τη συστηματική και ορθολογική λήψη αποφάσεων.

Στο πλαίσιο των σύγχρονων οργανισμών, οι αποφάσεις σπάνια βασίζονται αποκλειστικά στη διαίσθηση ή στην προσωπική εμπειρία των στελεχών. Αντίθετα, στηρίζονται όλο και περισσότερο σε επιστημονικές μεθόδους και ποσοτικά εργαλεία, τα οποία επιτρέπουν την ανάλυση πολύπλοκων προβλημάτων και τη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων με αντικειμενικό τρόπο. Η ανάπτυξη των μεθόδων υποστήριξης αποφάσεων έχει συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων, ιδιαίτερα σε τομείς όπου εμπλέκονται πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια αξιολόγησης.

3.1.2 Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων περιλαμβάνει συνήθως μία σειρά διαδοχικών βημάτων, η οποία μπορεί να διακριθεί σε τέσσερις βασικές φάσεις:

- Φάση Νοημοσύνης

Κατά τη φάση αυτή αναγνωρίζεται το πρόβλημα και συλλέγονται οι απαραίτητες πληροφορίες για την κατανόησή του. Η σωστή αναγνώριση του προβλήματος θεωρείται κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας της συνολικής διαδικασίας.

- Φάση Σχεδιασμού

Στη φάση αυτή αναπτύσσονται και διαμορφώνονται οι εναλλακτικές λύσεις που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

- Φάση Επιλογής

Περιλαμβάνει την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων και την επιλογή της πλέον κατάλληλης με βάση προκαθορισμένα κριτήρια.

- Φάση Υλοποίησης

Η επιλεγμένη λύση εφαρμόζεται στην πράξη και παρακολουθείται η αποτελεσματικότητά της. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στα έργα ΣΔΙΤ, όπου οι αποφάσεις αφορούν μεγάλα επενδυτικά έργα με μακροχρόνιες επιπτώσεις.

3.1.3 Κατηγορίες Αποφάσεων

Οι αποφάσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους.

- Προγραμματισμένες Αποφάσεις

Αφορούν επαναλαμβανόμενα προβλήματα για τα οποία υπάρχουν καθορισμένες διαδικασίες αντιμετώπισης.

- Μη Προγραμματισμένες Αποφάσεις

Αφορούν σύνθετα ή μοναδικά προβλήματα που απαιτούν ειδική ανάλυση και κρίση.

Τα έργα ΣΔΙΤ ανήκουν κυρίως στη δεύτερη κατηγορία, καθώς κάθε έργο παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και απαιτεί εξατομικευμένη αξιολόγηση.

3.1.4 Συνθήκες Λήψης Αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων πραγματοποιείται συνήθως υπό τρεις διαφορετικές συνθήκες:

- Βεβαιότητα

Ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων γνωρίζει πλήρως τις συνέπειες κάθε επιλογής.

- Κίνδυνος

Υπάρχουν γνωστές πιθανότητες εμφάνισης διαφορετικών αποτελεσμάτων.

- Αβεβαιότητα

Οι πιθανότητες εμφάνισης των αποτελεσμάτων δεν είναι γνωστές ή δεν μπορούν να εκτιμηθούν αξιόπιστα.

Τα έργα υποδομής και ιδιαίτερα τα έργα ΣΔΙΤ χαρακτηρίζονται συνήθως από υψηλά επίπεδα κινδύνου και αβεβαιότητας λόγω του μεγάλου χρονικού ορίζοντα υλοποίησης και λειτουργίας τους.

3.1.5 Λήψη Αποφάσεων και Πολλαπλά Κριτήρια

Στα περισσότερα πραγματικά προβλήματα, οι αποφάσεις δεν βασίζονται σε ένα μόνο κριτήριο αλλά σε πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια.

Για παράδειγμα, στην αξιολόγηση ενός έργου ΣΔΙΤ είναι απαραίτητο να εξεταστούν το κόστος κατασκευής, ο χρόνος ολοκλήρωσης, η ποιότητα των υποδομών, η κοινωνική αποδοχή, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η διαχείριση των κινδύνων.

Η ταυτόχρονη αξιολόγηση αυτών των παραγόντων δημιουργεί πολύπλοκα προβλήματα λήψης αποφάσεων, τα οποία δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν επαρκώς μέσω μονοκριτηριακών μεθόδων.

Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην ανάπτυξη της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Making – MCDM), η οποία αποτελεί σήμερα ένα από τα σημαντικότερα επιστημονικά πεδία υποστήριξης αποφάσεων.

3.1.6 Η Σημασία της Θεωρίας Λήψης Αποφάσεων στα Έργα ΣΔΙΤ

Η αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα πολύπλοκου προβλήματος λήψης αποφάσεων. Οι δημόσιοι φορείς καλούνται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων λαμβάνοντας υπόψη οικονομικούς, τεχνικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Η πολυπλοκότητα των έργων υποδομής, η εμπλοκή πολλών ενδιαφερόμενων μερών και η αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει τις μακροχρόνιες συμβάσεις καθιστούν αναγκαία τη χρήση συστηματικών μεθόδων υποστήριξης αποφάσεων.

Η θεωρία λήψης αποφάσεων παρέχει το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο αναπτύχθηκαν οι σύγχρονες πολυκριτηριακές μέθοδοι αξιολόγησης, όπως οι AHP και TOPSIS.

3.2 Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis – MCDA / Multi-Criteria Decision Making – MCDM)

3.2.1 Έννοια της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων σε πραγματικά προβλήματα χαρακτηρίζεται συχνά από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας. Σε αντίθεση με τα απλά προβλήματα βελτιστοποίησης, όπου η απόφαση βασίζεται σε ένα μόνο κριτήριο, όπως η ελαχιστοποίηση του κόστους ή η μεγιστοποίηση του κέρδους, τα περισσότερα σύγχρονα προβλήματα απαιτούν την ταυτόχρονη εξέταση οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οργανωτικών παραμέτρων.

Η ανάγκη αντιμετώπισης τέτοιων σύνθετων προβλημάτων οδήγησε στην ανάπτυξη της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis – MCDA) ή Πολυκριτηριακής Λήψης Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Making – MCDM).

Στον κατασκευαστικό τομέα και ιδιαίτερα στα έργα Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ), η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί απαραίτητο εργαλείο, καθώς η αξιολόγηση ενός έργου δεν μπορεί να βασιστεί αποκλειστικά σε οικονομικούς δείκτες. Παράγοντες όπως η ποιότητα κατασκευής, ο χρόνος υλοποίησης, η κοινωνική αποδοχή, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η διαχείριση κινδύνων πρέπει να συνεκτιμώνται κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο θεωριών, μεθόδων και τεχνικών που αποσκοπούν στην υποστήριξη της λήψης αποφάσεων όταν εμπλέκονται πολλαπλά κριτήρια αξιολόγησης (Figueira, Greco & Ehrgott, 2005).

Η MCDA αποτελεί ένα εργαλείο που βοηθά τον αποφασίζοντα να οργανώσει, να αναλύσει και να αξιολογήσει πολύπλοκα προβλήματα, παρέχοντας μία συστηματική διαδικασία σύγκρισης εναλλακτικών επιλογών.

Η βασική φιλοσοφία της πολυκριτηριακής ανάλυσης δεν είναι απαραίτητα η εύρεση της «τέλειας» λύσης, αλλά η υποστήριξη του αποφασίζοντος στην επιλογή της πλέον κατάλληλης εναλλακτικής με βάση τις προτεραιότητες, τις προτιμήσεις και τους στόχους του.

Η MCDA επιτρέπει τη συνδυασμένη αξιολόγηση ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων, τη διαχείριση αντικρουόμενων κριτηρίων, την ενσωμάτωση υποκειμενικών προτιμήσεων, τη βελτίωση της διαφάνειας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων καθώς και τη συστηματική κατάταξη εναλλακτικών επιλογών.

3.2.2 Στόχοι της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Η εφαρμογή της MCDA επιδιώκει τη δομημένη ανάλυση σύνθετων προβλημάτων, την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων, τη διαφάνεια της διαδικασίας, την ενσωμάτωση διαφορετικών συμφερόντων και τη βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων.

3.2.3 Διαδικασία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Η εφαρμογή μίας μεθόδου MCDA περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα στάδια:

- Στάδιο 1: Ορισμός του προβλήματος. Στο στάδιο αυτό καθορίζεται το πρόβλημα και οι στόχοι της απόφασης.
- Στάδιο 2: Προσδιορισμός εναλλακτικών λύσεων, όπου καταγράφονται όλες οι διαθέσιμες επιλογές.
- Στάδιο 3: Προσδιορισμός κριτηρίων, όπου καθορίζονται τα κριτήρια αξιολόγησης.
- Στάδιο 4: Στάθμιση κριτηρίων. Στο εν λόγω στάδιο προσδιορίζεται η σχετική σημασία κάθε κριτηρίου.

- Στάδιο 5: Αξιολόγηση εναλλακτικών. Εδώ υπολογίζεται η απόδοση κάθε εναλλακτικής ως προς κάθε κριτήριο.
- Στάδιο 6: Κατάταξη και επιλογή. Στο στάδιο αυτό παράγεται η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.
- Στάδιο 7: Ανάλυση ευαισθησίας, όπου εξετάζεται η σταθερότητα των αποτελεσμάτων σε μεταβολές των παραμέτρων.

3.2.4 Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση στα Έργα ΣΔΙΤ

Τα έργα ΣΔΙΤ αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα πολυκριτηριακού προβλήματος. Η επιλογή ενός έργου απαιτεί την αξιολόγηση πολλών παραγόντων, όπως χρηματοοικονομική βιωσιμότητα, κόστος κύκλου ζωής, ποιότητα κατασκευής, χρόνος υλοποίησης, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κοινωνικά οφέλη και διαχείριση κινδύνων.

Οι παραδοσιακές οικονομικές μέθοδοι αξιολόγησης, όπως η ανάλυση κόστους - οφέλους, δεν επαρκούν για την πλήρη αποτύπωση αυτών των παραγόντων. Επομένως, οι μέθοδοι MCDA έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στη διεθνή βιβλιογραφία για την αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ, παρέχοντας ένα πιο ολοκληρωμένο πλαίσιο λήψης αποφάσεων.

3.3 Κατηγορίες μεθόδων

3.3.1 Εισαγωγή

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί για την υποστήριξη σύνθετων προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Οι μέθοδοι αυτές διαφέρουν ως προς τη θεωρητική τους βάση, τη διαδικασία αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων, τον τρόπο ενσωμάτωσης των προτιμήσεων του αποφασίζοντος και τον βαθμό πολυπλοκότητας των υπολογισμών τους.

Η ανάπτυξη των πολυκριτηριακών μεθόδων ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα, με στόχο την αντιμετώπιση προβλημάτων που χαρακτηρίζονται από πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια. Οι μέθοδοι αυτές εφαρμόζονται

ευρέως σε τομείς όπως η διαχείριση έργων, οι μεταφορές, η ενέργεια, το περιβάλλον, η υγεία και οι δημόσιες επενδύσεις (Belton & Stewart, 2002).

Στον κατασκευαστικό τομέα και ειδικότερα στα έργα ΣΔΙΤ, οι πολυκριτηριακές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση εναλλακτικών έργων, την επιλογή αναδόχων, την εκτίμηση κινδύνων και τη βελτιστοποίηση επενδυτικών αποφάσεων. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι οι μέθοδοι AHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE και VIKOR.

3.3.2 Κατηγοριοποίηση των Πολυκριτηριακών Μεθόδων

Σύμφωνα με τους Figueira, Greco και Ehrgott (2005), οι μέθοδοι MCDA μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

Μέθοδοι Συναρτήσεων Χρησιμότητας

Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στη δημιουργία μίας συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας, η οποία εκφράζει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος.

Παραδείγματα αποτελούν οι μέθοδοι AHP, ANP και MAUT.

Μέθοδοι Υπεροχής

Οι εν λόγω μέθοδοι βασίζονται στη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων ανά ζεύγη και στην έννοια της «υπεροχής» μιας λύσης έναντι μιας άλλης.

Παραδείγματα αποτελούν οι μέθοδοι ELECTRE και PROMETHEE.

Μέθοδοι Συμβιβαστικής Λύσης

Οι μέθοδοι συμβιβαστικής λύσης αναζητούν τη λύση που βρίσκεται πιο κοντά στην ιδανική και πιο μακριά από την αντι-ιδανική λύση.

Παραδείγματα αποτελούν οι μέθοδοι TOPSIS και VIKOR.

3.3.3 Μέθοδος AHP (Analytic Hierarchy Process)

Η μέθοδος Analytic Hierarchy Process (AHP) αναπτύχθηκε από τον Thomas L. Saaty το 1980 και αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Η βασική ιδέα της AHP είναι η διάσπαση ενός σύνθετου προβλήματος σε μια ιεραρχική δομή που περιλαμβάνει τον τελικό στόχο, τα κριτήρια, τα υποκριτήρια και τις εναλλακτικές λύσεις.

Η εφαρμογή της AHP περιλαμβάνει τέσσερα στάδια. Στο πρώτο στάδιο, αυτό της διαμόρφωσης της ιεραρχίας, δημιουργείται η δομή του προβλήματος. Αυτό σημαίνει ότι αρχικά επιλέγεται ο στόχος, έστω η επιλογή του βέλτιστου έργου ΣΔΙΤ, αναλύονται τα κριτήρια (κόστος, χρόνος, ποιότητα, κίνδυνος) και παρουσιάζονται οι εναλλακτικές. Στο δεύτερο στάδιο, πραγματοποιούνται συγκρίσεις ανά ζεύγη. Ο αποφασίζων συγκρίνει τα κριτήρια ανά δύο χρησιμοποιώντας την κλίμακα Saaty, βασιζόμενος στον ακόλουθο πίνακα.

Τιμή	Ερμηνεία
1	Ίση σημασία
3	Μέτρια υπεροχή
5	Ισχυρή υπεροχή
7	Πολύ ισχυρή υπεροχή
9	Απόλυτη υπεροχή
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές

Πίνακας 3-1: Κλίμακα Saaty

Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει τον υπολογισμό των βαρών, όπου υπολογίζονται τα βάρη των κριτηρίων. Στο τέταρτο στάδιο πραγματοποιείται ο έλεγχος συνέπειας. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Ratio – CR), με την αποδεκτή τιμή να είναι $CR < 0,10$.

Η AHP χρησιμοποιείται ευρέως σε έργα υποδομών και ΣΔΙΤ για τη στάθμιση κριτηρίων, ενώ θεωρείται μία από τις πιο δημοφιλείς πολυκριτηριακές μεθόδους λόγω της απλότητας και της ευελιξίας της. Η χρήση συγκρίσεων ανά ζεύγη επιτρέπει στους αποφασίζοντες να εκφράσουν εύκολα τις προτιμήσεις τους, ενώ ο έλεγχος συνέπειας ενισχύει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Παράλληλα, η μέθοδος μπορεί να ενσωματώσει τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά κριτήρια, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμη σε έργα υποδομών.

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά της μειώνεται όταν αυξάνεται σημαντικά ο αριθμός των κριτηρίων ή των εναλλακτικών λύσεων, καθώς ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων αυξάνεται εκθετικά (Saaty, 1980).

3.3.4 Μέθοδος TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon (1981). Η βασική φιλοσοφία της μεθόδου είναι ότι η καλύτερη εναλλακτική λύση πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην ιδανική λύση και όσο το δυνατόν πιο μακριά από την αντι-ιδανική λύση.

Η εφαρμογή της περιλαμβάνει επτά στάδια, τα οποία με τη σειρά εφαρμογής τους είναι η δημιουργία πίνακα αποφάσεων, η κανονικοποίηση των δεδομένων, η εφαρμογή βαρών, ο προσδιορισμός της ιδανικής λύσης, ο προσδιορισμός της αντι-ιδανικής λύσης, ο υπολογισμός των αποστάσεων και ο υπολογισμός του δείκτη εγγύτητας.

Η καλύτερη εναλλακτική είναι αυτή με τη μεγαλύτερη τιμή εγγύτητας προς την ιδανική λύση. Η εν λόγω μέθοδος είναι εύκολη στην εφαρμογή, με ικανότητα διαχείρισης πολλών κριτηρίων και υψηλή υπολογιστική αποτελεσματικότητα.

Η TOPSIS αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους στον κατασκευαστικό τομέα.

Στη διεθνή βιβλιογραφία των έργων υποδομών, ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός είναι AHP + TOPSIS, διότι συνδυάζει την αποτελεσματική στάθμιση κριτηρίων, απλή εφαρμογή και υψηλή αξιοπιστία αποτελεσμάτων. Για τον λόγο αυτό η συγκεκριμένη προσέγγιση επιλέγεται συχνά στην αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ.

Για τα έργα ΣΔΙΤ, όπου απαιτείται η συνδυασμένη αξιολόγηση οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, ο συνδυασμός AHP - TOPSIS εμφανίζεται ως μία από τις πλέον κατάλληλες και ευρέως αποδεκτές προσεγγίσεις. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία προσφέρει ισορροπία μεταξύ επιστημονικής αυστηρότητας, πρακτικής εφαρμοσιμότητας και διαφάνειας, γεγονός που δικαιολογεί την επιλογή της για την ανάπτυξη του προτεινόμενου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης της παρούσας εργασίας.

3.4 Εφαρμογές MCDM στον κατασκευαστικό τομέα

Ο κατασκευαστικός τομέας αποτελεί έναν από τους πλέον σύνθετους και απαιτητικούς κλάδους της οικονομίας, καθώς τα έργα που υλοποιούνται χαρακτηρίζονται από μεγάλο οικονομικό αντικείμενο, υψηλό βαθμό τεχνικής πολυπλοκότητας, σημαντικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις, καθώς και αυξημένη αβεβαιότητα. Η λήψη αποφάσεων σε τέτοιου είδους έργα απαιτεί την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλών και παραγόντων, γεγονός που καθιστά ανεπαρκείς τις μονοκριτηριακές μεθόδους αξιολόγησης.

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων έχει αναδειχθεί ως ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων στον κατασκευαστικό τομέα. Οι μέθοδοι αυτές επιτρέπουν τη συνδυασμένη αξιολόγηση τεχνικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών και διαχειριστικών παραμέτρων, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στη λήψη αποφάσεων.

Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι μέθοδοι MCDA εφαρμόζονται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου, από τον αρχικό σχεδιασμό και την επιλογή έργων έως τη διαχείριση κινδύνων, την επιλογή αναδόχων και την αξιολόγηση της απόδοσης των κατασκευαστικών έργων.

Τα κατασκευαστικά έργα διαφέρουν από άλλες επενδύσεις λόγω ορισμένων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, όπως το υψηλό αρχικό επενδυτικό κόστος, η μεγάλη χρονική διάρκεια υλοποίησης, η συμμετοχή πολλών εμπλεκόμενων φορέων, η έντονη αλληλεπίδραση τεχνικών και οικονομικών παραμέτρων και η αυξημένη αβεβαιότητα.

Στην πράξη, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων καλούνται να επιλέξουν μεταξύ εναλλακτικών λύσεων λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως το κόστος κατασκευής, ο χρόνος ολοκλήρωσης, η ποιότητα, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα, η κοινωνική αποδοχή, το επίπεδο κινδύνου και η χρηματοοικονομική βιωσιμότητα.

Οι παράγοντες αυτοί συχνά συγκρούονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η επιλογή μιας λύσης με χαμηλότερο κόστος μπορεί να συνεπάγεται χαμηλότερη ποιότητα ή αυξημένο λειτουργικό κίνδυνο. Αντίστοιχα, η επιλογή μιας τεχνολογικά προηγμένης λύσης μπορεί να αυξήσει το κόστος κατασκευής αλλά να μειώσει το κόστος λειτουργίας κατά τη διάρκεια ζωής του έργου.

Η ανάγκη εξισορρόπησης τέτοιων αντικρουόμενων παραγόντων καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή πολυκριτηριακών μεθόδων αξιολόγησης.

3.5 Εφαρμογές MCDM σε έργα ΣΔΙΤ

Οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) αποτελούν μία από τις σημαντικότερες μορφές υλοποίησης έργων υποδομής παγκοσμίως. Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των έργων, η ανάγκη αποτελεσματικής αξιοποίησης δημόσιων πόρων και η εμπλοκή πολλών ενδιαφερόμενων μερών έχουν καταστήσει αναγκαία την ανάπτυξη σύγχρονων εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση και επιλογή έργων ΣΔΙΤ.

Η διαδικασία αξιολόγησης των έργων ΣΔΙΤ είναι ιδιαίτερα σύνθετη, καθώς απαιτεί την ταυτόχρονη εξέταση οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και θεσμικών παραγόντων. Επιπλέον, η μακροχρόνια διάρκεια των συμβάσεων, η αβεβαιότητα σχετικά με τη μελλοντική ζήτηση υπηρεσιών και η ανάγκη κατανομής κινδύνων μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα καθιστούν τη λήψη αποφάσεων ακόμη πιο απαιτητική.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης, όπως η Ανάλυση Κόστους - Οφέλους (Cost-Benefit Analysis), η Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value – NPV) και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return – IRR), παρότι παραμένουν σημαντικά εργαλεία, αδυνατούν να αποτυπώσουν πλήρως τις πολυδιάστατες πτυχές των έργων ΣΔΙΤ. Για τον λόγο αυτό, η διεθνής βιβλιογραφία έχει στραφεί ολοένα και περισσότερο προς την εφαρμογή μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων, οι οποίες επιτρέπουν τη συνδυασμένη αξιολόγηση ποσοτικών και ποιοτικών παραγόντων.

Τα έργα ΣΔΙΤ αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα πολυκριτηριακών προβλημάτων λήψης αποφάσεων.

Η αξιολόγησή τους βασίζεται συνήθως σε πολλαπλές κατηγορίες κριτηρίων, όπως:

α. Οικονομικά Κριτήρια

- (1) Κόστος επένδυσης.
- (2) Κόστος κύκλου ζωής.
- (3) Χρηματοδοτική βιωσιμότητα.
- (4) Απόδοση επένδυσης.
- (5) Value for Money.

β. Τεχνικά Κριτήρια

- (1) Ποιότητα κατασκευής.
- (2) Τεχνολογική καινοτομία.
- (3) Αξιοπιστία υποδομής.
- (4) Ευκολία συντήρησης.

γ. Χρονικά Κριτήρια

- (1) Διάρκεια κατασκευής.
- (2) Τήρηση χρονοδιαγραμμάτων.
- (3) Ταχύτητα παράδοσης.

δ. Κριτήρια Κινδύνου

- (1) Κατασκευαστικός κίνδυνος.
- (2) Χρηματοοικονομικός κίνδυνος.
- (3) Κίνδυνος ζήτησης.
- (4) Λειτουργικός κίνδυνος.

ε. Κοινωνικά Κριτήρια

- (1) Δημιουργία θέσεων εργασίας.
- (2) Κοινωνική αποδοχή.
- (3) Περιφερειακή ανάπτυξη.

στ. Περιβαλλοντικά Κριτήρια

- (1) Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.
- (2) Κατανάλωση πόρων.
- (3) Ενεργειακή αποδοτικότητα.
- (4) Βιωσιμότητα έργου.

Παρά την αυξανόμενη χρήση των πολυκριτηριακών μεθόδων σε έργα ΣΔΙΤ, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά ερευνητικά κενά.

Τα κυριότερα είναι η έλλειψη ολοκληρωμένων πλαισίων αξιολόγησης, η περιορισμένη ενσωμάτωση κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραγόντων και οι περιορισμένες εφαρμογές στον ελληνικό κατασκευαστικό τομέα. Επιπλέον, σημαντική είναι η έλλειψη

προσαρμοσμένων μοντέλων για έργα ΣΔΙΤ στην Ελλάδα, καθώς και η περιορισμένη ανάλυση ευαισθησίας στα περισσότερα μοντέλα.

Η ύπαρξη αυτών των κενών δικαιολογεί την ανάγκη ανάπτυξης ενός νέου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης ειδικά για έργα ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα.

Η ανάλυση της διεθνούς βιβλιογραφίας δείχνει ότι οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτελούν αποτελεσματικά εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων σε έργα ΣΔΙΤ. Η πολυδιάστατη φύση των έργων αυτών καθιστά αναγκαία τη χρήση εργαλείων που μπορούν να συνδυάζουν οικονομικά, τεχνικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά και διαχειριστικά κριτήρια σε ένα ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης.

Μεταξύ των διαθέσιμων προσεγγίσεων, το υβριδικό μοντέλο AHP–TOPSIS εμφανίζεται ως η πλέον κατάλληλη επιλογή για την παρούσα εργασία, διότι επιτρέπει τη στάθμιση ποιοτικών και ποσοτικών κριτηρίων, παρέχει σαφή κατάταξη εναλλακτικών έργων, χρησιμοποιείται εκτεταμένα στη διεθνή βιβλιογραφία και παρουσιάζει σχετικά χαμηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα.

Για τους λόγους αυτούς, η παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετεί την προσέγγιση AHP–TOPSIS ως βάση για την ανάπτυξη του προτεινόμενου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα.

4. Προσδιορισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης Έργων ΣΔΙΤ

4.1 Μεθοδολογία αναζήτησης βιβλιογραφίας

Η ανάπτυξη ενός αξιόπιστου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης έργων Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) προϋποθέτει τον εντοπισμό και τη συστηματική καταγραφή των σημαντικότερων κριτηρίων που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία και στην επαγγελματική πρακτική. Για τον σκοπό αυτό, απαιτείται η εφαρμογή μιας δομημένης και επιστημονικά τεκμηριωμένης διαδικασίας βιβλιογραφικής ανασκόπησης, η οποία θα επιτρέψει την αναγνώριση, αξιολόγηση και σύνθεση των διαθέσιμων ερευνητικών δεδομένων.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποτελεί θεμελιώδες στάδιο κάθε επιστημονικής έρευνας, καθώς επιτρέπει την κατανόηση της υφιστάμενης γνώσης, τον εντοπισμό ερευνητικών κενών και τη διαμόρφωση του θεωρητικού πλαισίου πάνω στο οποίο θα βασιστεί η ανάπτυξη του προτεινόμενου μοντέλου αξιολόγησης. Στην παρούσα εργασία, η βιβλιογραφική ανασκόπηση έχει ως βασικό στόχο την αναγνώριση των κρίσιμων κριτηρίων αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ στον κατασκευαστικό τομέα και την ομαδοποίησή τους σε θεματικές κατηγορίες.

4.1.1 Στόχοι της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης

Η διαδικασία αναζήτησης και ανάλυσης της βιβλιογραφίας σχεδιάστηκε ώστε να εξυπηρετήσει τους ακόλουθους στόχους:

- Τον εντοπισμό των σημαντικότερων κριτηρίων αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ.
- Την καταγραφή των παραγόντων επιτυχίας και αποτυχίας έργων ΣΔΙΤ.
- Τη διερεύνηση των πολυκριτηριακών μεθόδων που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία.
- Την αναγνώριση των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων κριτηρίων σε έργα υποδομών.
- Τη δημιουργία μίας ολοκληρωμένης βάσης κριτηρίων για την ανάπτυξη του προτεινόμενου μοντέλου AHP - TOPSIS.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων επιτρέπει τη διαμόρφωση ενός επιστημονικά τεκμηριωμένου πλαισίου αξιολόγησης, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στα επόμενα στάδια της έρευνας.

4.1.2 Ερευνητική Προσέγγιση

Η παρούσα έρευνα ακολουθεί τη μεθοδολογία της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Η συγκεκριμένη προσέγγιση θεωρείται κατάλληλη όταν στόχος είναι η συστηματική συλλογή, αξιολόγηση και σύνθεση της διαθέσιμης επιστημονικής γνώσης σχετικά με ένα συγκεκριμένο ερευνητικό αντικείμενο.

Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές ανασκοπήσεις, η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση ακολουθεί προκαθορισμένα βήματα και κριτήρια επιλογής των πηγών, περιορίζοντας τον κίνδυνο υποκειμενικότητας και ενισχύοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Η μεθοδολογία που υιοθετήθηκε περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Καθορισμός ερευνητικών ερωτημάτων.
2. Επιλογή βάσεων δεδομένων.
3. Καθορισμός λέξεων-κλειδιών.
4. Αναζήτηση και συλλογή δημοσιεύσεων.
5. Εφαρμογή κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού.
6. Ανάλυση των ευρημάτων.
7. Ομαδοποίηση των κριτηρίων αξιολόγησης.

4.1.3 Πηγές και Βάσεις Δεδομένων

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας πραγματοποιήθηκε σε διεθνώς αναγνωρισμένες επιστημονικές βάσεις δεδομένων, οι οποίες διαθέτουν μεγάλο αριθμό δημοσιεύσεων στους τομείς των ΣΔΙΤ, της διαχείρισης έργων και της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων.

Οι βασικές βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Scopus
- Web of Science
- ScienceDirect
- SpringerLink
- Google Scholar

Η επιλογή των συγκεκριμένων βάσεων πραγματοποιήθηκε λόγω της υψηλής επιστημονικής αξιοπιστίας και της ευρείας κάλυψης θεμάτων που σχετίζονται με τα έργα υποδομής και τις ΣΔΙΤ.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν εκθέσεις και κατευθυντήριες οδηγίες διεθνών οργανισμών, όπως:

- World Bank
- Organisation for Economic Co-operation and Development
- European Investment Bank
- European PPP Expertise Centre

4.1.4 Διαδικασία Ανάλυσης των Δεδομένων

Μετά την επιλογή των σχετικών δημοσιεύσεων πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου.

Για κάθε δημοσίευση καταγράφηκαν οι συγγραφείς, το έτος δημοσίευσης, η χώρα εφαρμογής, ο τομέας του έργου, η χρησιμοποιούμενη πολυκριτηριακή μέθοδος, τα κριτήρια αξιολόγησης και τα βασικά συμπεράσματα.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε κωδικοποίηση των κριτηρίων και ομαδοποίησή τους σε θεματικές κατηγορίες.

4.1.5 Ομαδοποίηση των Κριτηρίων

Από την ανάλυση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι τα κριτήρια αξιολόγησης των έργων ΣΔΙΤ μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες βασικές κατηγορίες:

α. Οικονομικά Κριτήρια (Κόστος επένδυσης, κόστος κύκλου ζωής, χρηματοδοτική βιωσιμότητα)

Τα οικονομικά κριτήρια αποτελούν παραδοσιακά την πιο σημαντική κατηγορία αξιολόγησης έργων υποδομής και έργων ΣΔΙΤ.

Οι οικονομικές παράμετροι επηρεάζουν άμεσα τη βιωσιμότητα του έργου και την απόφαση επένδυσης τόσο από την πλευρά του Δημοσίου όσο και από την πλευρά του ιδιωτικού τομέα.

Το κόστος κατασκευής αναφέρεται στις συνολικές δαπάνες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου, ενώ περιλαμβάνει το κόστος των υλικών και της εργασίας, το κόστος του εξοπλισμού και το κόστος μελετών και αδειοδοτήσεων.

Η ελαχιστοποίηση του κόστους αποτελεί βασικό στόχο κάθε επενδυτικού σχεδίου.

Το κόστος κύκλου ζωής περιλαμβάνει το συνολικό κόστος του έργου κατά τη διάρκεια λειτουργίας του, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται τα κόστη λειτουργίας, συντήρησης, αναβαθμίσεων και αποκατάστασης.

Στις ΣΔΙΤ το συγκεκριμένο κριτήριο θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό λόγω της μακροχρόνιας διάρκειας των συμβάσεων.

Η χρηματοδοτική βιωσιμότητα αφορά στην ικανότητα του έργου να εξασφαλίζει επαρκείς χρηματοροές για την κάλυψη των υποχρεώσεών του και συνδέεται άμεσα με την τραπεζική χρηματοδότηση, την επενδυτική ελκυστικότητα και τη δυνατότητα αποπληρωμής κεφαλαίων.

Επιπλέον, το Value for Money αποτελεί βασική αρχή των ΣΔΙΤ και αναφέρεται στη βέλτιστη σχέση μεταξύ κόστους και παρεχόμενης αξίας.

Σύμφωνα με την World Bank, ένα έργο ΣΔΙΤ θεωρείται επιτυχημένο όταν παρέχει μεγαλύτερη συνολική αξία σε σχέση με τις παραδοσιακές μορφές υλοποίησης δημόσιων έργων.

β. Τεχνικά Κριτήρια (ποιότητα κατασκευής, τεχνολογική επάρκεια, αξιοπιστία)

Τα τεχνικά κριτήρια σχετίζονται με την ποιότητα, την αξιοπιστία και τη λειτουργικότητα της υποδομής.

Η ποιότητα κατασκευής επηρεάζει τη διάρκεια ζωής του έργου, την ασφάλεια των χρηστών και το κόστος συντήρησης. Επίσης, η υψηλή ποιότητα συνδέεται συνήθως με μεγαλύτερη μακροχρόνια αξία του έργου.

Η αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογιών μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας, στη μείωση του κόστους λειτουργίας και στην αύξηση της βιωσιμότητας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, η αξιοπιστία αναφέρεται στην ικανότητα της υποδομής να λειτουργεί χωρίς αστοχίες. Το κριτήριο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε έργα μεταφορών, ενεργειακές υποδομές και έργα ύδρευσης.

γ. Χρονικά Κριτήρια (διάρκεια κατασκευής, τήρηση χρονοδιαγράμματος)

Ο χρόνος αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας των έργων ΣΔΙΤ. Αυτό σημαίνει ότι, η ταχεία ολοκλήρωση ενός έργου μειώνει το επενδυτικό ρίσκο, επιταχύνει την έναρξη λειτουργίας, ενώ παράλληλα ενισχύει τη χρηματοοικονομική απόδοση.

Οι καθυστερήσεις αποτελούν μία από τις συχνότερες αιτίες αποτυχίας μεγάλων έργων.

Πιο αναλυτικά, η τήρηση του χρονοδιαγράμματος επηρεάζει το συνολικό κόστος, την αξιοπιστία της αναδόχου εταιρείας και την κοινωνική αποδοχή του έργου.

δ. Κριτήρια Κινδύνου (κατασκευαστικός κίνδυνος, χρηματοοικονομικός κίνδυνος, κίνδυνος ζήτησης)

Η διαχείριση κινδύνων αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των έργων ΣΔΙΤ. Ο κατασκευαστικός κίνδυνος αφορά σε καθυστερήσεις, υπερβάσεις κόστους και τεχνικές αστοχίες.

Από την άλλη, ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος σχετίζεται με τα επιτόκια, τον πληθωρισμό και την διαθεσιμότητα κεφαλαίων.

Ο κίνδυνος ζήτησης αφορά στην αβεβαιότητα σχετικά με τη μελλοντική χρήση της υποδομής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η κυκλοφορία των αυτοκινητοδρόμων και η επιβατική κίνηση των αεροδρομίων.

Επιπρόσθετα, ο λειτουργικός κίνδυνος είναι υπαρκτός και σχετίζεται με τη λειτουργία, τη συντήρηση και την παροχή υπηρεσιών.

Η σωστή κατανομή των κινδύνων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας των ΣΔΙΤ.

ε. Κοινωνικά Κριτήρια (δημιουργία θέσεων εργασίας, κοινωνική αποδοχή)

Τα κοινωνικά κριτήρια αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στη διεθνή βιβλιογραφία. Για παράδειγμα, τα έργα ΣΔΙΤ μπορούν να συμβάλουν στην αύξηση της απασχόλησης με την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, στην τοπική ανάπτυξη και γενικότερα στην ενίσχυση της οικονομικής δραστηριότητας.

Ωστόσο, η αποδοχή του έργου από την τοπική κοινωνία επηρεάζει σημαντικά την επιτυχία του. Η κοινωνική αντίδραση μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις, νομικές προσφυγές, ακόμα και αύξηση κόστους.

Η συμβολή ενός έργου στην ανάπτυξη μιας περιοχής αποτελεί σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης δημόσιων επενδύσεων.

στ. Περιβαλλοντικά Κριτήρια (περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενεργειακή απόδοση)

Η βιωσιμότητα αποτελεί πλέον βασική προτεραιότητα για τα έργα υποδομών. Επομένως, αξιολογούνται παράγοντες όπως η ρύπανση, η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων και γενικότερα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται επίσης στην ενεργειακή αποδοτικότητα. Η αποδοτική χρήση ενέργειας μειώνει το λειτουργικό κόστος, περιορίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και βελτιώνει τη βιωσιμότητα του έργου.

5. Ανάπτυξη Πολυκριτηριακού Μοντέλου Αξιολόγησης

5.1 Σχεδιασμός του μοντέλου

5.1.1 Εισαγωγή

Η αξιολόγηση έργων Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) αποτελεί μία ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία, καθώς απαιτεί τη συνεκτίμηση πολλών και συχνά αντικρουόμενων παραγόντων. Η ανάλυση της διεθνούς βιβλιογραφίας που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια κατέδειξε ότι οι παραδοσιακές μονοκριτηριακές προσεγγίσεις αδυνατούν να αποτυπώσουν επαρκώς τη σύνθετη φύση των έργων ΣΔΙΤ. Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία προτείνεται η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης που συνδυάζει τις μεθόδους Analytic Hierarchy Process (AHP) και Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

Η επιλογή του συγκεκριμένου συνδυασμού βασίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία αναδεικνύει το υβριδικό μοντέλο AHP - TOPSIS ως μία από τις πλέον αξιόπιστες και ευρέως χρησιμοποιούμενες προσεγγίσεις για την αξιολόγηση σύνθετων έργων υποδομής. Η AHP χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της σχετικής βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης, ενώ η TOPSIS αξιοποιείται για την κατάταξη των εναλλακτικών έργων βάσει της απόστασής τους από την ιδανική και την αντι-ιδανική λύση.

5.1.2 Στόχος του Προτεινόμενου Μοντέλου

Βασικός στόχος του προτεινόμενου μοντέλου είναι η ανάπτυξη μιας δομημένης και αντικειμενικής διαδικασίας αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ, η οποία θα επιτρέπει:

- Τη συστηματική αξιολόγηση εναλλακτικών έργων.
- Τη συνδυασμένη εξέταση ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων.
- Τη διαφανή διαδικασία λήψης αποφάσεων.
- Τη μείωση της υποκειμενικότητας.
- Τη βελτίωση της ποιότητας των επενδυτικών αποφάσεων.

Το μοντέλο αποσκοπεί στην υποστήριξη δημόσιων φορέων και επενδυτών κατά την επιλογή και αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ.

5.1.3 Αρχιτεκτονική του Μοντέλου

Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου μοντέλου βασίζεται σε πέντε διαδοχικά στάδια:

Στάδιο 1: Προσδιορισμός των Κριτηρίων

Στο πρώτο στάδιο καθορίζονται τα κριτήρια και υποκριτήρια αξιολόγησης που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Τα κύρια κριτήρια είναι οικονομικά, τεχνικά, χρονικά, κριτήρια κινδύνου, κοινωνικά και περιβαλλοντικά.

Στάδιο 2: Συλλογή Στοιχείων από Διεθνή Βιβλιογραφία

Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η συλλογή των δεδομένων, η οποία βασίζεται σε στοιχεία που προκύπτουν από τη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας έργων ΣΔΙΤ και έργων αεροπορικών υποδομών. Επιπλέον, πραγματοποιείται σύγκριση των κριτηρίων ανά ζεύγη σύμφωνα με την κλίμακα του Saaty.

Στάδιο 3: Υπολογισμός Βαρών με AHP

Τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία πινάκων συγκρίσεων ανά ζεύγη.

Στη συνέχεια υπολογίζονται:

- Τα τοπικά βάρη.
- Τα συνολικά βάρη.
- Ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index – CI).
- Ο Λόγος Συνέπειας (Consistency Ratio – CR).

Αποδεκτές θεωρούνται οι συγκρίσεις όταν:

$$CR < 0,10$$

Στάδιο 4: Εφαρμογή TOPSIS

Μετά τον υπολογισμό των βαρών, εφαρμόζεται η μέθοδος TOPSIS.

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει:

- Κατασκευή πίνακα αποφάσεων.
- Κανονικοποίηση δεδομένων.
- Στάθμιση κριτηρίων.
- Προσδιορισμό ιδανικής λύσης.

- Προσδιορισμό αντι-ιδανικής λύσης.
- Υπολογισμό αποστάσεων.
- Τελική κατάταξη έργων.

Στάδιο 5: Τελική Κατάταξη Έργων

Στο τελικό στάδιο παράγεται η κατάταξη των εναλλακτικών έργων ΣΔΙΤ.

Το έργο με τον υψηλότερο συντελεστή εγγύτητας προς την ιδανική λύση θεωρείται η πλέον κατάλληλη επιλογή.

5.2 Εφαρμογή της Μεθόδου AHP

5.2.1 Εισαγωγή

Η αποτελεσματικότητα ενός πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον σωστό προσδιορισμό της σχετικής σημασίας των κριτηρίων που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Στην παρούσα εργασία, η στάθμιση των κριτηρίων πραγματοποιείται με τη χρήση της μεθόδου Analytic Hierarchy Process (AHP), η οποία αναπτύχθηκε από τον Thomas L. Saaty και αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Η AHP επιλέχθηκε λόγω της δυνατότητάς της να μετατρέπει ποιοτικές κρίσεις σε ποσοτικά βάρη, επιτρέποντας τη συγκριτική αξιολόγηση ετερογενών κριτηρίων. Στην παρούσα έρευνα, η μέθοδος δεν βασίζεται σε πρωτογενή δεδομένα από εμπειρογνώμονες, αλλά σε στοιχεία που προκύπτουν από τη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας έργων ΣΔΙΤ και έργων αεροπορικών υποδομών.

Τα βάρη που θα προκύψουν θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια από τη μέθοδο TOPSIS για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων κατασκευής διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών (case study).

5.2.2 Καθορισμός της Ιεραρχικής Δομής

Το πρώτο στάδιο της μεθόδου AHP είναι η ανάπτυξη της ιεραρχικής δομής του προβλήματος.

Η δομή που υιοθετείται στην παρούσα εργασία αποτελείται από τρία επίπεδα.

Επίπεδο 1 – Στόχος

Επιλογή του βέλτιστου σεναρίου υλοποίησης έργου ΣΔΙΤ για την κατασκευή διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών.

Επίπεδο 2 – Κύρια Κριτήρια

- Οικονομικά Κριτήρια (C1)
- Τεχνικά Κριτήρια (C2)
- Χρονικά Κριτήρια (C3)
- Κριτήρια Κινδύνου (C4)
- Κοινωνικά Κριτήρια (C5)
- Περιβαλλοντικά Κριτήρια (C6)

Επίπεδο 3 – Εναλλακτικά Σενάρια

- A1: Συμβατικός διάδρομος χαμηλού κόστους.
- A2: Διάδρομος υψηλών τεχνικών προδιαγραφών.
- A3: Περιβαλλοντικά βιώσιμος διάδρομος νέας γενιάς.

Η συγκεκριμένη δομή επιτρέπει τη συστηματική εφαρμογή της μεθόδου AHP και την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων.

5.2.3 Προσδιορισμός της Σχετικής Σημασίας των Κριτηρίων

Η σχετική σημασία των κριτηρίων προσδιορίστηκε μέσω ανάλυσης της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Οι Li et al. (2005), Zhang (2005), World Bank (2017) και OECD (2012) επισημαίνουν ότι στα έργα ΣΔΙΤ οι σημαντικότεροι παράγοντες αξιολόγησης είναι:

- Η οικονομική βιωσιμότητα.
- Η σωστή κατανομή κινδύνων.

- Η τεχνική αξιοπιστία.
- Η τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων.
- Οι κοινωνικές επιπτώσεις.
- Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Με βάση τα ευρήματα αυτά διαμορφώθηκαν οι συγκρίσεις ανά ζεύγη μεταξύ των έξι βασικών κριτηρίων.

5.2.4 Κλίμακα Συγκρίσεων Saaty

Οι συγκρίσεις πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας την κλίμακα θεμελιώδους σημασίας του Saaty. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι:

- το κόστος και η οικονομική βιωσιμότητα είναι σχεδόν πάντα τα σημαντικότερα κριτήρια,
- ο κίνδυνος είναι επίσης πολύ σημαντικός,
- τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια λαμβάνουν μικρότερη αλλά όχι αμελητέα βαρύτητα.

Τιμή	Ερμηνεία
1	Ίση σημασία
3	Μέτρια υπεροχή
5	Ισχυρή υπεροχή
7	Πολύ ισχυρή υπεροχή
9	Απόλυτη υπεροχή
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές

Πίνακας 5-1:Κλίμακα Συγκρίσεων Saaty

Για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης, οι συγκρίσεις βασίζονται σε δεδομένα της βιβλιογραφίας και στην κρίση του ερευνητή. Ο πίνακας 5-1 αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων και τον έλεγχο συνέπειας των κρίσεων.

5.2.5 Δημιουργία Πίνακα Συγκρίσεων Ανά Ζεύγη

Η μέθοδος AHP βασίζεται στη σύγκριση κάθε κριτηρίου με όλα τα υπόλοιπα.

Πιο συγκεκριμένα:

- Τα οικονομικά κριτήρια θεωρούνται μέτρια σημαντικότερα από τα τεχνικά.
- Τα οικονομικά κριτήρια θεωρούνται ισχυρά σημαντικότερα από τα κοινωνικά.
- Τα κριτήρια κινδύνου θεωρούνται σημαντικότερα από τα κοινωνικά.
- Τα τεχνικά κριτήρια θεωρούνται σημαντικότερα από τα περιβαλλοντικά.

Για τον προσδιορισμό των σχετικών βαρών των κριτηρίων αξιοποιήθηκαν τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας έργων ΣΔΙΤ. Η διαδικασία βασίστηκε σε επιστημονικές δημοσιεύσεις, εκθέσεις διεθνών οργανισμών και προηγούμενες εφαρμογές πολυκριτηριακών μεθόδων στον κατασκευαστικό τομέα. Με βάση τη συχνότητα εμφάνισης και τη σχετική βαρύτητα των κριτηρίων στη βιβλιογραφία, δημιουργείται ο ακόλουθος πίνακας συγκρίσεων.

Κριτήρια	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	3	5	2	7	7
C2	1/3	1	3	1/2	5	3
C3	1/5	1/3	1	1/3	3	3
C4	1/2	2	3	1	5	5
C5	1/7	1/5	1/3	1/5	1	1
C6	1/7	1/3	1/3	1/5	1	1

Πίνακας 5-2: Πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη

Όπου,

C1: Οικονομικά κριτήρια

C2: Τεχνικά κριτήρια

C3: Χρονικά κριτήρια

C4: Κριτήρια κινδύνου

C5: Κοινωνικά κριτήρια

C6: Περιβαλλοντικά κριτήρια

5.2.6 Κανονικοποίηση του Πίνακα

Μετά τη δημιουργία του πίνακα συγκρίσεων πραγματοποιείται κανονικοποίηση.

Η διαδικασία περιλαμβάνει:

1. Υπολογισμό του αθροίσματος κάθε στήλης.
2. Διαίρεση κάθε στοιχείου της στήλης με το αντίστοιχο άθροισμα.

Με τον τρόπο αυτό όλες οι τιμές μετατρέπονται σε συγκρίσιμες αναλογίες.

Ο κανονικοποιημένος πίνακας επιτρέπει τον υπολογισμό των τελικών βαρών των κριτηρίων.

Στον ακόλουθο πίνακα εμφανίζονται τα αθροίσματα των στηλών του πίνακα συγκρίσεων.

Στήλη	Άθροισμα
Οικονομικά	2,319
Τεχνικά	6,867
Χρονικά	12,667
Κίνδυνος	4,233
Κοινωνικά	22,000
Περιβαλλοντικά	20,000

Πίνακας 5-3: Αθροίσματα στηλών

Στη συνέχεια, κάθε στοιχείο διαιρείται με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης.

Αναλυτικά, από τον Πίνακα 5-2:

Για το στοιχείο «Οικονομικά – Οικονομικά»:

$$1 / 2,319 = 0,431$$

Για το στοιχείο «Τεχνικά – Οικονομικά»:

$$0,333 / 2,319 = 0,144$$

Για το στοιχείο «Χρονικά – Οικονομικά»:

$$0,20 / 2,319 = 0,086$$

Για το στοιχείο «Κινδύνου – Οικονομικά»:

$$0,50 / 2,319 = 0,215$$

Για το στοιχείο «Κοινωνικά – Οικονομικά»:

$$0,142 / 2,319 = 0,061$$

Για το στοιχείο «Περιβαλλοντικά – Οικονομικά»:

$$0,142 / 2,319 = 0,061$$

Για το στοιχείο «Οικονομικά – Τεχνικά»:

$$3 / 6,867 = 0,436$$

Για το στοιχείο «Τεχνικά – Τεχνικά»:

$$1 / 6,867 = 0,145$$

Για το στοιχείο «Χρονικά – Τεχνικά»:

$$0,333 / 6,867 = 0,048$$

Για το στοιχείο «Κινδύνου – Τεχνικά»:

$$2 / 6,867 = 0,291$$

Για το στοιχείο «Κοινωνικά – Τεχνικά»:

$$0,20 / 6,867 = 0,029$$

Για το στοιχείο «Περιβαλλοντικά – Τεχνικά»:

$$0,333 / 6,867 = 0,048$$

Για το στοιχείο «Οικονομικά – Χρονικά»:

$$5 / 12,667 = 0,394$$

Για το στοιχείο «Τεχνικά – Χρονικά»:

$$3 / 12,667 = 0,236$$

Για το στοιχείο «Χρονικά – Χρονικά»:

$$1 / 12,667 = 0,078$$

Για το στοιχείο «Κινδύνου – Χρονικά»:

$$3 / 12,667 = 0,236$$

Για το στοιχείο «Κοινωνικά – Χρονικά»:

$$0,333 / 12,667 = 0,026$$

Για το στοιχείο «Περιβαλλοντικά – Χρονικά»:

$$0,333 / 12,667 = 0,026$$

Για το στοιχείο «Οικονομικά – Κινδύνου»:

$$2 / 4,233 = 0,472$$

Για το στοιχείο «Τεχνικά – Κινδύνου»:

$$0,50 / 4,233 = 0,118$$

Για το στοιχείο «Χρονικά – Κινδύνου»:

$$0,333 / 4,233 = 0,078$$

Για το στοιχείο «Κινδύνου – Κινδύνου»:

$$1 / 4,233 = 0,236$$

Για το στοιχείο «Κοινωνικά – Κινδύνου»:

$$0,20 / 4,233 = 0,047$$

Για το στοιχείο «Περιβαλλοντικά – Κινδύνου»:

$$0,20 / 4,233 = 0,047$$

Για το στοιχείο «Οικονομικά – Κοινωνικά»:

$$7 / 22 = 0,318$$

Για το στοιχείο «Τεχνικά – Κοινωνικά»:

$$5 / 22 = 0,227$$

Για το στοιχείο «Χρονικά – Κοινωνικά»:

$$3 / 22 = 0,136$$

Για το στοιχείο «Κινδύνου – Κοινωνικά»:

$$5 / 22 = 0,227$$

Για το στοιχείο «Κοινωνικά – Κοινωνικά»:

$$1 / 22 = 0,045$$

Για το στοιχείο «Περιβαλλοντικά – Κοινωνικά»:

$$1 / 22 = 0,045$$

Για το στοιχείο «Οικονομικά – Περιβαλλοντικά»:

$$7 / 20 = 0,35$$

Για το στοιχείο «Τεχνικά – Περιβαλλοντικά»:

$$3 / 20 = 0,15$$

Για το στοιχείο «Χρονικά – Περιβαλλοντικά»:

$$3 / 20 = 0,15$$

Για το στοιχείο «Κινδύνου – Περιβαλλοντικά»:

$$5 / 20 = 0,25$$

Για το στοιχείο «Κοινωνικά – Περιβαλλοντικά»:

$$1 / 20 = 0,05$$

Για το στοιχείο «Περιβαλλοντικά – Περιβαλλοντικά»:

$$1 / 20 = 0,05$$

Έτσι, προκύπτει ο ακόλουθος κανονικοποιημένος πίνακας.

Κριτήρια	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0,431	0,436	0,394	0,472	0,318	0,35
C2	0,144	0,145	0,236	0,118	0,227	0,15
C3	0,086	0,048	0,078	0,078	0,136	0,15
C4	0,215	0,291	0,236	0,236	0,227	0,25
C5	0,061	0,029	0,026	0,047	0,045	0,05
C6	0,061	0,048	0,026	0,047	0,045	0,05

Πίνακας 5-4: Κανονικοποιημένος πίνακας

5.2.7 Υπολογισμός Βαρών Κριτηρίων

Τα βάρη των κριτηρίων υπολογίζονται από τον μέσο όρο κάθε γραμμής του κανονικοποιημένου πίνακα.

Μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών προκύπτουν τα ακόλουθα βάρη.

Κριτήριο	Βάρος
Οικονομικά	0,401
Τεχνικά	0,17
Χρονικά	0,096
Κίνδυνος	0,243
Κοινωνικά	0,043
Περιβαλλοντικά	0,047

Πίνακας 5-5: Πίνακας Βαρών Κριτηρίων

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα οικονομικά κριτήρια παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα, ακολουθούμενα από τα κριτήρια κινδύνου και τα τεχνικά κριτήρια.

Η συγκεκριμένη κατάταξη είναι συμβατή με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ.

Το άθροισμα των βαρών ισούται με:

$$0,401 + 0,17 + 0,096 + 0,243 + 0,043 + 0,047 = 1,000$$

γεγονός που επιβεβαιώνει την ορθότητα των υπολογισμών.

5.2.8 Έλεγχος Συνέπειας

Μετά τη διαμόρφωση του πίνακα συγκρίσεων ανά ζεύγη και τον υπολογισμό των αρχικών βαρών των κριτηρίων, απαιτείται η αξιολόγηση της λογικής συνέπειας των συγκρίσεων. Η ανάγκη αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η μέθοδος AHP βασίζεται σε υποκειμενικές κρίσεις, οι οποίες ενδέχεται να παρουσιάζουν αντιφάσεις ή ασυνέπειες. Η αξιοπιστία των συγκρίσεων ελέγχεται μέσω του δείκτη συνέπειας (Consistency Index - CI).

Ο έλεγχος συνέπειας αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου AHP και επιτρέπει τη διαπίστωση του κατά πόσο οι συγκρίσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι λογικά αποδεκτές. Σύμφωνα με τον Saaty (1980), μία σειρά συγκρίσεων θεωρείται αποδεκτή όταν ο Λόγος Συνέπειας (Consistency Ratio – CR) είναι μικρότερος από 10%, δηλαδή $CR < 0,10$.

Στην παρούσα εργασία ο έλεγχος συνέπειας πραγματοποιείται για τον πίνακα συγκρίσεων που αναπτύχθηκε προγενέστερα και αφορά τα έξι βασικά κριτήρια αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ.

Για τον έλεγχο συνέπειας υπολογίζεται η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα.

Η μέγιστη ιδιοτιμή λ_{max} υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αρχικό πίνακα συγκρίσεων με το διάνυσμα βαρών. Στη συνέχεια, κάθε στοιχείο του παραγόμενου διανύσματος διαιρείται με το αντίστοιχο βάρος του κριτηρίου.

Κριτήριο	Βάρος	Τιμή από πίνακα συγκρίσεων $\times$ βάρη	Λόγος
Οικονομικά	0,401	2,507	6,251
Τεχνικά	0,17	1,069	6,288
Χρονικά	0,096	0,5837	6,08
Κίνδυνος	0,243	1,5215	6,261
Κοινωνικά	0,043	0,2615	6,081
Περιβαλλοντικά	0,047	0,2841	6,045

Πίνακας 5-6: Πίνακας ιδιοτιμών

Από τους πίνακες 5-2 και 5-5 προκύπτει,

Για τα οικονομικά κριτήρια:

$$(1 \times 0,401) + (3 \times 0,17) + (5 \times 0,096) + (2 \times 0,243) + (7 \times 0,043) + (7 \times 0,047) = 0,401 + 0,51 + 0,48 + 0,486 + 0,301 + 0,329 = 2,507$$

Για τα τεχνικά κριτήρια:

$$(0,333 \times 0,401) + (1 \times 0,17) + (3 \times 0,096) + (0,50 \times 0,243) + (5 \times 0,043) + (3 \times 0,047) = 0,1335 + 0,17 + 0,288 + 0,1215 + 0,215 + 0,141 = 1,069$$

Για τα χρονικά κριτήρια:

$$(0,20 \times 0,401) + (0,333 \times 0,17) + (1 \times 0,096) + (0,333 \times 0,243) + (3 \times 0,043) + (3 \times 0,047) = 0,0802 + 0,0566 + 0,096 + 0,0809 + 0,129 + 0,141 = 0,5837$$

Για τα κριτήρια κινδύνου:

$$(0,50 \times 0,401) + (2 \times 0,17) + (3 \times 0,096) + (1 \times 0,243) + (5 \times 0,043) + (5 \times 0,047) = 0,2005 + 0,34 + 0,288 + 0,243 + 0,215 + 0,235 = 1,5215$$

Για τα κοινωνικά κριτήρια:

$$(0,142 \times 0,401) + (0,20 \times 0,17) + (0,333 \times 0,096) + (0,20 \times 0,243) + (1 \times 0,043) + (1 \times 0,047) = 0,0569 + 0,034 + 0,032 + 0,0486 + 0,043 + 0,047 = 0,2615$$

Για τα περιβαλλοντικά κριτήρια:

$$(0,142 \times 0,401) + (0,333 \times 0,17) + (0,333 \times 0,096) + (0,20 \times 0,243) + (1 \times 0,043) + (1 \times 0,047) = 0,0569 + 0,0566 + 0,032 + 0,0486 + 0,043 + 0,047 = 0,2841$$

Από τον μέσο όρο των επιμέρους λόγων του πίνακα 5-6 προκύπτει η μέγιστη ιδιοτιμή:

$$\lambda_{\max} = 6,168$$

Η τιμή αυτή είναι πολύ κοντά στον αριθμό των κριτηρίων ($n = 6$), γεγονός που αποτελεί ένδειξη καλής συνέπειας.

Επομένως, ο δείκτης δυνάμειας υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$CI = (6,168 - 6) / 5$$

$$CI = 0,0336$$

Στην παρούσα εφαρμογή ο υπολογισμός του δείκτη συνέπειας οδηγεί σε τιμή μικρότερη του 0,10, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι συγκρίσεις χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικό επίπεδο λογικής συνέπειας.

Υπολογισμός Λόγου Συνέπειας (CR)

Ο Τυχαίος Δείκτης (Random Index – RI) αποτελεί σταθερά που έχει προσδιοριστεί από τον Saaty μέσω προσομοιώσεων μεγάλου αριθμού τυχαίων πινάκων συγκρίσεων. Η τιμή του εξαρτάται από τη διάσταση του πίνακα συγκρίσεων. Για πίνακα έξι κριτηρίων η τιμή του RI είναι 1,24.

Επομένως, ισχύει: $RI = 1,24$

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,0336 / 1,24$$

$$CR = 0,027$$

ή

$$CR = 2,7\%$$

Σύμφωνα με τον Saaty, η αποδεκτή τιμή είναι:

$$CR < 10\%$$

Στην παρούσα εφαρμογή:

$$CR = 2,7\%$$

Επομένως, ο πίνακας συγκρίσεων θεωρείται συνεπής και τα βάρη μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο επόμενο στάδιο της ανάλυσης.

Η τιμή αυτή υποδηλώνει ότι οι συγκρίσεις που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζουν ικανοποιητικό βαθμό λογικής συνοχής και δεν απαιτείται αναθεώρησή τους.

5.3 Εφαρμογή της Μεθόδου TOPSIS

5.3.1 Εισαγωγή

Μετά τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων μέσω της μεθόδου AHP, ακολουθεί η εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) για την αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων του έργου ΣΔΙΤ. Στην παρούσα εργασία η μέθοδος εφαρμόζεται για την αξιολόγηση τριών εναλλακτικών σεναρίων κατασκευής διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών μέσω ΣΔΙΤ.

5.3.2 Περιγραφή των Εναλλακτικών Σεναρίων

Για τις ανάγκες της μελέτης περίπτωσης εξετάζονται τρεις εναλλακτικές λύσεις.

Εναλλακτική A1 – Συμβατικός Διάδρομος Χαμηλού Κόστους

Η πρώτη εναλλακτική αφορά στην κατασκευή διαδρόμου με έμφαση στη μείωση του αρχικού επενδυτικού κόστους. Η εν λόγω επιλογή χαρακτηρίζεται από χαμηλό κόστος κατασκευής, περιορισμένη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών και αυξημένες ανάγκες συντήρησης.

Εναλλακτική A2 – Διάδρομος Υψηλών Τεχνικών Προδιαγραφών

Η δεύτερη εναλλακτική δίνει έμφαση στην ποιότητα και στην επιχειρησιακή αξιοπιστία. Χαρακτηρίζεται από υψηλή αντοχή οδοστρώματος, προηγμένα συστήματα ασφαλείας, ενώ το κόστος κατασκευής είναι αυξημένο.

Εναλλακτική A3 – Περιβαλλοντικά Βιώσιμος Διάδρομος

Η τρίτη εναλλακτική βασίζεται στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Περιλαμβάνει τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον υλικών, χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, ενώ παράλληλα οι αρχικές επενδύσεις είναι ιδιαίτερα αυξημένες.

5.3.3 Κριτήρια Αξιολόγησης

Τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα ίδια με αυτά που σταθμίστηκαν μέσω της ΑΗΡ.

Κριτήριο	Βάρος
Οικονομικά	0,401
Τεχνικά	0,17
Χρονικά	0,096
Κίνδυνος	0,243
Κοινωνικά	0,043
Περιβαλλοντικά	0,047

Πίνακας 5-7: Κριτήρια και βάρη

Για την εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS, όλα τα κριτήρια αντιμετωπίστηκαν ως κριτήρια οφέλους (benefit criteria). Η επιλογή αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι οι τιμές του πίνακα αποφάσεων δεν αντιπροσωπεύουν πραγματικά μεγέθη (π.χ. κόστος σε ευρώ ή διάρκεια σε μήνες), αλλά βαθμολογίες επίδοσης σε πενταβάθμια κλίμακα. Επομένως, υψηλότερη βαθμολογία υποδηλώνει καλύτερη επίδοση ως προς το αντίστοιχο κριτήριο. Για παράδειγμα, στο οικονομικό κριτήριο υψηλότερη βαθμολογία αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα ή χαμηλότερο εκτιμώμενο κόστος, ενώ στο χρονικό κριτήριο αντιστοιχεί σε συντομότερο χρόνο υλοποίησης. Ως εκ τούτου, για όλα τα κριτήρια η ιδανική λύση προσδιορίζεται από τη μέγιστη τιμή και η αντι-ιδανική από την ελάχιστη.

5.3.4 Πίνακας Αποφάσεων

Με βάση τα χαρακτηριστικά των τριών σεναρίων διαμορφώνεται ο αρχικός πίνακας αξιολόγησης. Οι τιμές του πίνακα αποφάσεων δεν προέκυψαν από πραγματικές μετρήσεις αλλά από συγκριτική αξιολόγηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των τριών εναλλακτικών σεναρίων, σύμφωνα με τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας και τις τεχνικές απαιτήσεις των έργων αεροπορικών υποδομών. Για κάθε κριτήριο χρησιμοποιήθηκε πενταβάθμια κλίμακα αξιολόγησης, όπου η τιμή 1 αντιστοιχεί σε πολύ χαμηλή επίδοση και η τιμή 5 σε πολύ υψηλή επίδοση. Η βαθμολόγηση βασίστηκε στα αναμενόμενα χαρακτηριστικά κάθε εναλλακτικής λύσης ως προς το κόστος, την τεχνική

ποιότητα, τον χρόνο υλοποίησης, τη διαχείριση κινδύνων, τις κοινωνικές επιπτώσεις και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Χρησιμοποιείται πενταβάθμια κλίμακα ως ακολούθως:

Βαθμός	Ερμηνεία
1	Πολύ χαμηλή απόδοση
2	Χαμηλή απόδοση
3	Μέτρια απόδοση
4	Υψηλή απόδοση
5	Πολύ υψηλή απόδοση

Πίνακας 5-8: Πίνακας Αποφάσεων

Κριτήριο	A1	A2	A3
Οικονομικά	5	3	2
Τεχνικά	3	5	4
Χρονικά	4	3	2
Κίνδυνος	3	5	4
Κοινωνικά	3	4	5
Περιβαλλοντικά	2	3	5

Πίνακας 5-9: Αρχικός Πίνακας Αξιολόγησης

5.3.5 Κανονικοποίηση Πίνακα Αποφάσεων

Το πρώτο βήμα της TOPSIS είναι η κανονικοποίηση του πίνακα αποφάσεων.

Η διαδικασία πραγματοποιείται ώστε οι τιμές των διαφορετικών κριτηρίων να καταστούν συγκρίσιμες.

Για κάθε κριτήριο υπολογίζεται το άθροισμα των τετραγώνων των τιμών.

Για το οικονομικό κριτήριο:

$$\sqrt{(5^2 + 3^2 + 2^2)} = \sqrt{(25 + 9 + 4)} = \sqrt{38} = 6,164$$

Στη συνέχεια κάθε τιμή διαιρείται με το αντίστοιχο αποτέλεσμα.

Για το A1:

$$5 / 6,164 = 0,811$$

Για το A2:

$$3 / 6,164 = 0,487$$

Για το A3:

$$2 / 6,164 = 0,324$$

Για το τεχνικό κριτήριο:

$$\sqrt{(3^2 + 5^2 + 4^2)} = \sqrt{(9 + 25 + 16)} = \sqrt{50} = 7,071$$

Στη συνέχεια κάθε τιμή διαιρείται με το αντίστοιχο αποτέλεσμα.

Για το A1:

$$3 / 7,071 = 0,424$$

Για το A2:

$$5 / 7,071 = 0,707$$

Για το A3:

$$4 / 7,071 = 0,565$$

Για το χρονικό κριτήριο:

$$\sqrt{(4^2 + 3^2 + 2^2)} = \sqrt{(16 + 9 + 4)} = \sqrt{29} = 5,385$$

Στη συνέχεια κάθε τιμή διαιρείται με το αντίστοιχο αποτέλεσμα.

Για το A1:

$$4 / 5,385 = 0,742$$

Για το A2:

$$3 / 5,385 = 0,557$$

Για το A3:

$$2 / 5,385 = 0,371$$

Για το κριτήριο κινδύνου:

$$\sqrt{(3^2 + 5^2 + 4^2)} = \sqrt{(9 + 25 + 16)} = \sqrt{50} = 7,071$$

Στη συνέχεια κάθε τιμή διαιρείται με το αντίστοιχο αποτέλεσμα.

Για το A1:

$$3 / 7,071 = 0,424$$

Για το A2:

$$5 / 7,071 = 0,707$$

Για το A3:

$$4 / 7,071 = 0,565$$

Για το κοινωνικό κριτήριο:

$$\sqrt{(3^2 + 4^2 + 5^2)} = \sqrt{(9 + 16 + 25)} = \sqrt{50} = 7,071$$

Στη συνέχεια κάθε τιμή διαιρείται με το αντίστοιχο αποτέλεσμα.

Για το A1:

$$3 / 7,071 = 0,424$$

Για το A2:

$$4 / 7,071 = 0,565$$

Για το A3:

$$5 / 7,071 = 0,707$$

Για το περιβαλλοντικό κριτήριο:

$$\sqrt{(2^2 + 3^2 + 5^2)} = \sqrt{(4 + 9 + 25)} = \sqrt{38} = 6,164$$

Στη συνέχεια κάθε τιμή διαιρείται με το αντίστοιχο αποτέλεσμα.

Για το A1:

$$2 / 6,164 = 0,324$$

Για το A2:

$$3 / 6,164 = 0,487$$

Για το A3:

$$5 / 6,164 = 0,811$$

5.3.6 Στάθμιση Κανονικοποιημένου Πίνακα

Οι κανονικοποιημένες τιμές πολλαπλασιάζονται με τα βάρη που προέκυψαν από την ΑΗΡ.

Για το οικονομικό κριτήριο της εναλλακτικής Α1:

$$0,811 \times 0,401 = 0,325$$

Για το οικονομικό κριτήριο της εναλλακτικής Α2:

$$0,487 \times 0,401 = 0,195$$

Για το οικονομικό κριτήριο της εναλλακτικής Α3:

$$0,324 \times 0,401 = 0,129$$

Για το τεχνικό κριτήριο της εναλλακτικής Α1:

$$0,424 \times 0,17 = 0,072$$

Για το τεχνικό κριτήριο της εναλλακτικής Α2:

$$0,707 \times 0,17 = 0,120$$

Για το τεχνικό κριτήριο της εναλλακτικής Α3:

$$0,565 \times 0,17 = 0,096$$

Για το χρονικό κριτήριο της εναλλακτικής Α1:

$$0,742 \times 0,096 = 0,071$$

Για το χρονικό κριτήριο της εναλλακτικής Α2:

$$0,557 \times 0,096 = 0,053$$

Για το χρονικό κριτήριο της εναλλακτικής Α3:

$$0,371 \times 0,096 = 0,035$$

Για το κριτήριο κινδύνου της εναλλακτικής Α1:

$$0,424 \times 0,243 = 0,103$$

Για το κριτήριο κινδύνου της εναλλακτικής Α2:

$$0,707 \times 0,243 = 0,171$$

Για το κριτήριο κινδύνου της εναλλακτικής Α3:

$$0,565 \times 0,243 = 0,137$$

Για το κοινωνικό κριτήριο της εναλλακτικής Α1:

$$0,424 \times 0,043 = 0,018$$

Για το κοινωνικό κριτήριο της εναλλακτικής Α2:

$$0,565 \times 0,043 = 0,024$$

Για το κοινωνικό κριτήριο της εναλλακτικής Α3:

$$0,707 \times 0,043 = 0,030$$

Για το περιβαλλοντικό κριτήριο της εναλλακτικής Α1:

$$0,324 \times 0,047 = 0,015$$

Για το περιβαλλοντικό κριτήριο της εναλλακτικής Α2:

$$0,487 \times 0,047 = 0,022$$

Για το περιβαλλοντικό κριτήριο της εναλλακτικής Α3:

$$0,811 \times 0,047 = 0,038$$

Μετά την κανονικοποίηση του αρχικού πίνακα αποφάσεων, κάθε κανονικοποιημένη τιμή πολλαπλασιάστηκε με το αντίστοιχο βάρος του κριτηρίου, όπως αυτό προέκυψε από τη μέθοδο AHP. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργήθηκε ο σταθμισμένος κανονικοποιημένος πίνακας, ο οποίος αποτελεί τη βάση για τον προσδιορισμό της ιδανικής και της αντι-ιδανικής λύσης στη μέθοδο TOPSIS.

Κριτήριο	A1	A2	A3
Οικονομικά	0,325	0,195	0,129
Τεχνικά	0,072	0,120	0,096
Χρονικά	0,071	0,053	0,035
Κίνδυνος	0,103	0,171	0,137
Κοινωνικά	0,018	0,024	0,030
Περιβαλλοντικά	0,015	0,022	0,038

Πίνακας 5-10: Σταθμισμένος Κανονικοποιημένος Πίνακας

5.3.7 Προσδιορισμός Ιδανικής και Αντι-Ιδανικής Λύσης

Μετά τη στάθμιση των τιμών προσδιορίζονται:

Η Θετική Ιδανική Λύση (A^+)

Η καλύτερη τιμή κάθε κριτηρίου, όπως για παράδειγμα η μέγιστη οικονομική, τεχνική και περιβαλλοντική απόδοση. Δηλαδή, η μέγιστη τιμή κάθε γραμμής.

Κριτήριο	A1	A2	A3	A^+
Οικονομικά	0,325	0,195	0,129	0,325
Τεχνικά	0,072	0,120	0,096	0,120
Χρονικά	0,071	0,053	0,035	0,071
Κίνδυνος	0,103	0,171	0,137	0,171
Κοινωνικά	0,018	0,024	0,030	0,030
Περιβαλλοντικά	0,015	0,022	0,038	0,038

Πίνακας 5-11: Θετική ιδανική λύση

Η Αρνητική Ιδανική Λύση (A^-)

Η χειρότερη τιμή κάθε κριτηρίου, όπως για παράδειγμα η ελάχιστη οικονομική, τεχνική και περιβαλλοντική απόδοση.

Κριτήριο	A1	A2	A3	A^-
Οικονομικά	0,325	0,195	0,129	0,129
Τεχνικά	0,072	0,120	0,096	0,072
Χρονικά	0,071	0,053	0,035	0,035
Κίνδυνος	0,103	0,171	0,137	0,103
Κοινωνικά	0,018	0,024	0,030	0,018
Περιβαλλοντικά	0,015	0,022	0,038	0,015

Πίνακας 5-12: Αρνητική ιδανική λύση

5.3.8 Υπολογισμός Απόστασης από την Ιδανική Λύση

Στην φάση αυτή, υπολογίζεται για κάθε εναλλακτική η απόσταση από την ιδανική λύση.

Υπολογισμός Απόστασης της A1 από την Ιδανική Λύση

Χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση προκύπτει:

$$S_1^+ =$$

$$\sqrt{(0,325 - 0,325)^2 + (0,072 - 0,120)^2 + (0,071 - 0,071)^2 + (0,103 - 0,171)^2 + (0,018 - 0,030)^2 + (0,015 - 0,038)^2}$$

$$S_1^+ = \sqrt{0,007601}$$

$$S_1^+ = 0,087$$

Υπολογισμός Απόστασης της A2 από την Ιδανική Λύση

Χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση προκύπτει:

$$S_2^+ =$$

$$\sqrt{(0,195 - 0,325)^2 + (0,120 - 0,120)^2 + (0,053 - 0,071)^2 + (0,171 - 0,171)^2 + (0,024 - 0,030)^2 + (0,022 - 0,038)^2}$$

$$S_2^+ = \sqrt{0,017516}$$

$$S_2^+ = 0,132$$

Υπολογισμός Απόστασης της A3 από την Ιδανική Λύση

Χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση προκύπτει:

$$S_3^+ =$$

$$\sqrt{(0,129 - 0,325)^2 + (0,096 - 0,120)^2 + (0,035 - 0,071)^2 + (0,137 - 0,171)^2 + (0,030 - 0,030)^2 + (0,038 - 0,038)^2}$$

$$S_3^+ = \sqrt{0,041444}$$

$$S_3^+ = 0,204$$

Εναλλακτική	Απόσταση
A1	0,087
A2	0,132
A3	0,204

Πίνακας 5-13: Απόσταση από την ιδανική λύση

Όσο μικρότερη είναι η απόσταση τόσο καλύτερη θεωρείται η εναλλακτική.

5.3.9 Υπολογισμός Απόστασης από την Αντι-Ιδανική Λύση

Στην φάση αυτή, υπολογίζεται για κάθε εναλλακτική η απόσταση από την χειρότερη δυνατή λύση.

Υπολογισμός Απόστασης της A1 από την Αντι-ιδανική Λύση
Χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση προκύπτει:

$$S_1^- = \sqrt{(0,325 - 0,129)^2 + (0,072 - 0,072)^2 + (0,071 - 0,035)^2 + (0,103 - 0,103)^2 + (0,018 - 0,018)^2 + (0,015 - 0,015)^2}$$

$$S_1^- = \sqrt{0,039712}$$

$$S_1^- = 0,199$$

Υπολογισμός Απόστασης της A2 από την Αντι-ιδανική Λύση
Χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση προκύπτει:

$$S_2^- = \sqrt{(0,195 - 0,129)^2 + (0,120 - 0,072)^2 + (0,053 - 0,035)^2 + (0,171 - 0,103)^2 + (0,024 - 0,018)^2 + (0,022 - 0,015)^2}$$

$$S_2^- = \sqrt{0,011693}$$

$$S_2^- = 0,108$$

Υπολογισμός Απόστασης της A3 από την Αντι-ιδανική Λύση
Χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια απόσταση προκύπτει:

$$S_3^- = \sqrt{(0,129 - 0,129)^2 + (0,096 - 0,072)^2 + (0,035 - 0,035)^2 + (0,137 - 0,103)^2 + (0,030 - 0,018)^2 + (0,038 - 0,015)^2}$$

$$S_3^- = \sqrt{0,002405}$$

$$S_3^- = 0,049$$

Εναλλακτική	Απόσταση
A1	0,199
A2	0,108
A3	0,049

Πίνακας 5-14: Απόσταση από την αντι-ιδανική λύση

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση τόσο καλύτερη θεωρείται η εναλλακτική.

5.3.10 Υπολογισμός Δείκτη Εγγύτητας

Ο τελικός δείκτης TOPSIS υπολογίζεται ως ο λόγος της απόστασης από την αντι-ιδανική λύση προς το άθροισμα των δύο αποστάσεων.

Εναλλακτική	Απόσταση
A1	0,696
A2	0,450
A3	0,194

Πίνακας 5-15: Δείκτης εγγύτητας

Ο δείκτης λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή, τόσο καλύτερη είναι η εναλλακτική λύση.

5.3.11 Τελική Κατάταξη των Εναλλακτικών Σεναρίων

Με βάση τον δείκτη TOPSIS προκύπτει η ακόλουθη κατάταξη.

Εναλλακτική	Απόσταση
A1	0,696
A2	0,450
A3	0,194

Πίνακας 5-16: Τελική κατάταξη εναλλακτικών σεναρίων

5.4 Ανάπτυξη Ολοκληρωμένου Μοντέλου AHP-TOPSIS

5.4.1 Εισαγωγή

Η αξιολόγηση έργων Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) απαιτεί τη συνεκτίμηση πολλών και διαφορετικών παραγόντων, οι οποίοι συχνά είναι αντικρουόμενοι μεταξύ τους. Η ανάγκη αυτή καθιστά απαραίτητη τη χρήση ολοκληρωμένων εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων που μπορούν να συνδυάσουν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα σε ένα ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης.

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε ένα ολοκληρωμένο πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης βασισμένο στον συνδυασμό των μεθόδων Analytic Hierarchy Process (AHP) και Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Η επιλογή της συγκεκριμένης προσέγγισης βασίστηκε στη διεθνή βιβλιογραφία, όπου το υβριδικό μοντέλο AHP-TOPSIS θεωρείται μία από τις πλέον αποτελεσματικές μεθοδολογίες αξιολόγησης των σύνθετων έργων υποδομών.

Η AHP χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της σχετικής βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης, ενώ η TOPSIS αξιοποιήθηκε για την αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων κατασκευής διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών μέσω ΣΔΙΤ.

5.4.2 Φιλοσοφία του Προτεινόμενου Μοντέλου

Η βασική φιλοσοφία του μοντέλου είναι ότι η επιλογή ενός έργου ΣΔΙΤ δεν πρέπει να βασίζεται αποκλειστικά σε οικονομικά κριτήρια αλλά να λαμβάνει υπόψη ένα ευρύ φάσμα παραγόντων που επηρεάζουν τη συνολική επιτυχία του έργου.

Το μοντέλο επιδιώκει τη συστηματική αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων, τη μείωση της υποκειμενικότητας στη λήψη αποφάσεων, τη διαφανή διαδικασία επιλογής έργων, την ενσωμάτωση ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων και την υποστήριξη στρατηγικών επενδυτικών αποφάσεων.

Η εφαρμογή του μοντέλου επιτρέπει στους φορείς λήψης αποφάσεων να αξιολογούν διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις με αντικειμενικό τρόπο.

5.4.3 Δομή του Προτεινόμενου Μοντέλου

Το προτεινόμενο μοντέλο αποτελείται από τέσσερα διαδοχικά στάδια.

Στάδιο 1: Καθορισμός Κριτηρίων. Στο πρώτο στάδιο προσδιορίζονται τα κριτήρια αξιολόγησης.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα κριτήρια:

- Οικονομικά κριτήρια.
- Τεχνικά κριτήρια.
- Χρονικά κριτήρια.
- Κριτήρια κινδύνου.
- Κοινωνικά κριτήρια.
- Περιβαλλοντικά κριτήρια.

Τα κριτήρια αυτά προέκυψαν από τη συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4.

Στάδιο 2: Υπολογισμός Βαρών με AHP

Στο δεύτερο στάδιο εφαρμόζεται η μέθοδος AHP. Η διαδικασία περιλαμβάνει:

- Δημιουργία πίνακα συγκρίσεων.
- Κανονικοποίηση δεδομένων.
- Υπολογισμό βαρών.
- Έλεγχο συνέπειας.

Από την εφαρμογή της AHP προέκυψαν τα βάρη όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-5.

Τα βάρη αυτά εκφράζουν τη σχετική σημαντικότητα κάθε κριτηρίου.

Στάδιο 3: Εφαρμογή TOPSIS. Στο τρίτο στάδιο εφαρμόζεται η μέθοδος TOPSIS.

Η διαδικασία περιλαμβάνει:

- Δημιουργία πίνακα αποφάσεων.
- Κανονικοποίηση τιμών.
- Εφαρμογή βαρών.
- Προσδιορισμό ιδανικής λύσης.
- Προσδιορισμό αντι-ιδανικής λύσης.

- Υπολογισμό αποστάσεων.
- Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων.

Η TOPSIS αξιοποιεί τα βάρη της AHP ώστε να προσδιορίσει τη συνολική απόδοση κάθε εναλλακτικής.

Στάδιο 4: Τελική Επιλογή. Στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.

Η εναλλακτική με τον μεγαλύτερο δείκτη εγγύτητας προς την ιδανική λύση θεωρείται η πλέον κατάλληλη επιλογή.

5.4.4 Εφαρμογή του Μοντέλου στη Μελέτη Περίπτωσης

Η εφαρμογή του μοντέλου πραγματοποιήθηκε σε έργο ΣΔΙΤ που αφορά την κατασκευή διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών.

Εξετάστηκαν τρεις εναλλακτικές λύσεις:

A1 – Συμβατικός Διάδρομος Χαμηλού Κόστους

Βασικό χαρακτηριστικό αποτελεί η ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής.

A2 – Διάδρομος Υψηλών Τεχνικών Προδιαγραφών

Δίνει προτεραιότητα στην ασφάλεια, την ανθεκτικότητα και τη λειτουργική αξιοπιστία.

A3 – Περιβαλλοντικά Βιώσιμος Διάδρομος

Εστιάζει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και στην εφαρμογή αρχών βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι εναλλακτικές αξιολογήθηκαν με βάση τα έξι κριτήρια του μοντέλου.

5.4.5 Αποτελέσματα του Μοντέλου

Η εφαρμογή της TOPSIS οδήγησε στην τελική κατάταξη όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 5-16. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εναλλακτική Α1 αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή. Η συγκεκριμένη εναλλακτική παρουσίασε τον υψηλότερο δείκτη TOPSIS, γεγονός που υποδηλώνει τη μεγαλύτερη εγγύτητα προς την ιδανική λύση και τη μεγαλύτερη απόσταση από την αντι-ιδανική λύση. Η υπεροχή της αποδίδεται κυρίως στην υψηλή επίδοσή της στα οικονομικά κριτήρια, τα οποία κατείχαν τη μεγαλύτερη βαρύτητα στο προτεινόμενο μοντέλο αξιολόγησης, καθώς και στη θετική της επίδοση ως προς τον χρόνο υλοποίησης.

5.4.6 Πλεονεκτήματα του Προτεινόμενου Μοντέλου

Το μοντέλο AHP–TOPSIS παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως για παράδειγμα:

- Αντικειμενικότητα. Η χρήση δομημένων διαδικασιών μειώνει την επιρροή υποκειμενικών κρίσεων.
- Διαφάνεια. Όλα τα στάδια της αξιολόγησης είναι σαφώς καθορισμένα.
- Ευελιξία. Το μοντέλο δύναται να εφαρμοστεί σε διαφορετικά έργα υποδομών.
- Συνδυασμός Ποιοτικών και Ποσοτικών Δεδομένων. Επιτρέπει τη συνεκτίμηση οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραγόντων.
- Ευκολία Εφαρμογής. Μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα μέσω λογιστικών φύλλων ή εξειδικευμένου λογισμικού.

5.4.7 Περιορισμοί του Μοντέλου

Παρά τα πλεονεκτήματά του, το μοντέλο παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς, όπως για παράδειγμα:

- Εξάρτηση από τα βάρη. Τα αποτελέσματα επηρεάζονται από τα βάρη των κριτηρίων.
- Απλοποίηση. Ορισμένοι παράγοντες δεν μπορούν να αποτυπωθούν πλήρως μέσω αριθμητικών δεικτών.
- Περιορισμένη γενίκευση.

6. Αποτελέσματα

6.1 Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα οικονομικά κριτήρια (ποσοστό 40,1%) αποτελούν το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης. Η υψηλή βαρύτητα δικαιολογείται από το μεγάλο επενδυτικό κόστος, τη χρηματοδοτική βιωσιμότητα και την ανάγκη διασφάλισης Value for Money.

Τα κριτήρια κινδύνου (ποσοστό 24,3%) καταλαμβάνουν τη δεύτερη θέση. Η σημασία τους συνδέεται με τους κατασκευαστικούς κινδύνους, τον κίνδυνο ζήτησης και τους λειτουργικούς κινδύνους.

Τα τεχνικά κριτήρια με ποσοστό 17,00% συναντώνται στην τρίτη θέση. Η υψηλή τεχνική αξιοπιστία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας για έργα αεροδρομίων.

Τα χρονικά κριτήρια λαμβάνουν ποσοστό 9,6%. Η έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου συμβάλλει στη μείωση του κόστους και στην ταχύτερη έναρξη λειτουργίας.

Τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια (4,3% και 4,7% αντίστοιχα), παρουσιάζουν χαμηλότερη βαρύτητα, χωρίς όμως να θεωρούνται αμελητέα, καθώς επηρεάζουν σημαντικά τη μακροχρόνια βιωσιμότητα του έργου.

Η ανάλυση των βαρών καταδεικνύει ότι οι οικονομικές παράμετροι αποτελούν τον σημαντικότερο παράγοντα αξιολόγησης ενός έργου ΣΔΙΤ για την κατασκευή διαδρόμου αεροσκαφών.

Η υψηλή βαρύτητα των οικονομικών κριτηρίων δικαιολογείται από το υψηλό κόστος επένδυσης, τη μεγάλη διάρκεια αποπληρωμής και την ανάγκη διασφάλισης χρηματοδοτικής βιωσιμότητας.

Παράλληλα, τα κριτήρια κινδύνου εμφανίζονται ιδιαίτερα σημαντικά λόγω της πολυπλοκότητας των αεροπορικών έργων και της μακροχρόνιας διάρκειας των συμβάσεων ΣΔΙΤ.

Τα τεχνικά κριτήρια καταλαμβάνουν επίσης υψηλή θέση, καθώς η ασφάλεια και η αξιοπιστία αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για τη λειτουργία ενός αεροδρομίου.

Η εφαρμογή της μεθόδου AHP επέτρεψε τον προσδιορισμό των σχετικών βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται στο προτεινόμενο πολυκριτηριακό μοντέλο. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τη σημασία των οικονομικών, τεχνικών και διαχειριστικών παραγόντων για την αξιολόγηση έργων ΣΔΙΤ στον αεροπορικό τομέα. Τα

βάρη που προέκυψαν αποτελούν τη βασική είσοδο της μεθόδου TOPSIS, η οποία είναι αναγκαία για την αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων κατασκευής διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών.

6.2 Ανάλυση των Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εναλλακτική A1 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εγγύτητα προς την ιδανική λύση. Η υπεροχή της εναλλακτικής A1 οφείλεται κυρίως στην υψηλή της επίδοση στα οικονομικά κριτήρια, τα οποία διαθέτουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα στο μοντέλο αξιολόγησης. Δεδομένου ότι το βάρος των οικονομικών κριτηρίων ανέρχεται σε 0,401, η χαμηλότερη εκτιμώμενη δαπάνη κατασκευής της A1 επηρεάζει καθοριστικά τον τελικό δείκτη TOPSIS. Επιπλέον, η A1 παρουσιάζει υψηλή επίδοση και ως προς το χρονικό κριτήριο, καθώς η συμβατική τεχνική λύση θεωρείται ταχύτερη στην υλοποίηση. Παρά την υστέρησή της σε τεχνικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά, η συνολική της βαθμολογία παραμένει υψηλότερη λόγω της κυρίαρχης επίδρασης των οικονομικών παραμέτρων στο μοντέλο.

Παρά το γεγονός ότι η εναλλακτική A2 παρουσίασε ανώτερα τεχνικά χαρακτηριστικά και καλύτερη διαχείριση κινδύνων, η σημαντική βαρύτητα που αποδόθηκε στα οικονομικά κριτήρια επηρέασε καθοριστικά το τελικό αποτέλεσμα, οδηγώντας στην επιλογή της A1 ως της πλέον συμφέρουσας λύσης για την υλοποίηση του έργου μέσω ΣΔΙΤ.

Ωστόσο, η τελική κατάταξη εξαρτάται από τα βάρη των κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Σε περιπτώσεις όπου αυξάνεται η σημασία των τεχνικών, περιβαλλοντικών ή λειτουργικών παραμέτρων, ενδέχεται να προκύψει διαφορετική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων. Για τον λόγο αυτό, η ανάλυση ευαισθησίας κρίνεται απαραίτητη για την αξιολόγηση της σταθερότητας των αποτελεσμάτων.

7. Συμπεράσματα και Προτάσεις

7.1 Βασικά συμπεράσματα

Η εφαρμογή της μεθόδου AHP επέτρεψε τον προσδιορισμό των σχετικών βαρών των κριτηρίων αξιολόγησης του έργου ΣΔΙΤ για την κατασκευή διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών. Ο έλεγχος συνέπειας έδειξε ότι οι συγκρίσεις είναι αποδεκτές, καθώς ο λόγος συνέπειας ανέρχεται σε 2,7%, τιμή σημαντικά μικρότερη από το αποδεκτό όριο του 10%.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι τα οικονομικά κριτήρια και τα κριτήρια κινδύνου αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες αξιολόγησης.

Η εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS επέτρεψε την αξιολόγηση και κατάταξη των τριών εναλλακτικών σεναρίων κατασκευής διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών μέσω ΣΔΙΤ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σενάριο A1, το οποίο δίνει έμφαση στην μείωση του αρχικού επενδυτικού κόστους, αποτελεί την πλέον κατάλληλη επιλογή σύμφωνα με τα κριτήρια και τα βάρη που προσδιορίστηκαν μέσω της AHP.

Επιπλέον, το υβριδικό μοντέλο AHP–TOPSIS που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία παρέχει ένα ολοκληρωμένο και συστηματικό πλαίσιο αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ. Μέσω της συνδυαστικής αξιοποίησης των δύο μεθόδων καθίσταται δυνατή η αντικειμενική αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων και η υποστήριξη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Η εφαρμογή του μοντέλου στην κατασκευή διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών ανέδειξε ως βέλτιστη επιλογή το σενάριο A1.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής αξιολόγησης συνδέονται άμεσα με τη βαρύτητα που αποδίδεται σε κάθε κριτήριο. Επομένως, πιθανές μεταβολές στις προτεραιότητες της λήψης αποφάσεων, όπως η μεγαλύτερη έμφαση στην τεχνική απόδοση, στην περιβαλλοντική προστασία ή στη λειτουργική αποτελεσματικότητα του έργου, ενδέχεται να επηρεάσουν την τελική κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων. Για τον λόγο αυτό, η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί απαραίτητο εργαλείο, καθώς εξετάζει κατά πόσο τα αποτελέσματα του μοντέλου παραμένουν σταθερά υπό διαφορετικές παραδοχές και ενισχύει την αξιοπιστία των τελικών συμπερασμάτων.

7.2 Συμβολή της Παρούσας Έρευνας

Η παρούσα εργασία συμβάλλει στη διεθνή βιβλιογραφία μέσω:

- της ανάπτυξης ολοκληρωμένου πλαισίου αξιολόγησης έργων ΣΔΙΤ,
- της προσαρμογής του μοντέλου στον τομέα αεροπορικών υποδομών,
- της ενσωμάτωσης οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων,
- της εφαρμογής του μοντέλου σε μελέτη περίπτωσης.

Η προσέγγιση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων από δημόσιους φορείς και ιδιώτες επενδυτές.

7.3 Μελλοντική Έρευνα

Η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης έργων Σύμπραξης Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) στον κατασκευαστικό τομέα, με έμφαση στην περίπτωση κατασκευής διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών. Παρότι το προτεινόμενο μοντέλο απέδειξε τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητά του ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, υπάρχουν σημαντικά περιθώρια περαιτέρω ερευνητικής ανάπτυξης και βελτίωσης.

Αρχικά, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν πρωτογενή δεδομένα που θα συλλεχθούν από εμπειρογνώμονες του χώρου των αεροπορικών υποδομών, της κατασκευαστικής βιομηχανίας, της χρηματοδότησης έργων και της δημόσιας διοίκησης. Η χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων με εξειδικευμένα στελέχη θα επέτρεπε τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων με μεγαλύτερη ακρίβεια και θα ενίσχυε την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, η εφαρμογή του μοντέλου σε πραγματικά έργα ΣΔΙΤ που έχουν ήδη υλοποιηθεί ή βρίσκονται σε εξέλιξη θα μπορούσε να συμβάλει στην επαλήθευση της αποτελεσματικότητάς του υπό πραγματικές συνθήκες. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με τις πραγματικές επιδόσεις των έργων θα παρείχε πολύτιμα συμπεράσματα σχετικά με την ακρίβεια και την πρακτική χρησιμότητα της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Μία ακόμη σημαντική κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα αφορά την ενσωμάτωση προηγμένων μεθόδων διαχείρισης αβεβαιότητας. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν σαφείς αριθμητικές τιμές για την αξιολόγηση των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων. Ωστόσο, σε πραγματικά έργα ΣΔΙΤ οι αποφάσεις λαμβάνονται συχνά σε περιβάλλον υψηλής αβεβαιότητας. Για τον λόγο αυτό, η εφαρμογή μεθόδων όπως οι Fuzzy AHP και Fuzzy TOPSIS θα μπορούσε να αποτυπώσει αποτελεσματικότερα την αβεβαιότητα και την ασάφεια που χαρακτηρίζουν τις κρίσεις των εμπλεκόμενων φορέων.

Παράλληλα, ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση του προτεινόμενου μοντέλου με άλλες πολυκριτηριακές μεθόδους λήψης αποφάσεων, όπως οι PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR και DEMATEL. Η συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων θα μπορούσε να αναδείξει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς κάθε μεθόδου, συμβάλλοντας στην επιλογή του καταλληλότερου εργαλείου ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του έργου και τις απαιτήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων.

Επιπρόσθετα, μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να επεκτείνουν το προτεινόμενο πλαίσιο αξιολόγησης ενσωματώνοντας νέα κριτήρια που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα, την κλιματική ανθεκτικότητα και τον ψηφιακό μετασχηματισμό των υποδομών. Οι σύγχρονες τάσεις στην ανάπτυξη υποδομών δίνουν ολοένα και μεγαλύτερη έμφαση σε ζητήματα όπως η ενεργειακή αποδοτικότητα, η ανθεκτικότητα απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και η αξιοποίηση τεχνολογιών έξυπνων υποδομών. Η ενσωμάτωση τέτοιων παραμέτρων θα μπορούσε να καταστήσει το μοντέλο περισσότερο προσαρμοσμένο στις σύγχρονες απαιτήσεις σχεδιασμού και διαχείρισης έργων.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου σε άλλες κατηγορίες έργων ΣΔΙΤ, όπως αυτοκινητόδρομοι, εγκαταστάσεις λιμένων, σιδηροδρομικά έργα, νοσοκομεία, σχολικές μονάδες και ενεργειακές υποδομές. Η διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής θα επιτρέψει τη διερεύνηση της προσαρμοστικότητας και της γενίκευσης του μοντέλου σε διαφορετικά περιβάλλοντα λήψης αποφάσεων.

Συμπερασματικά, η περαιτέρω εξέλιξη και εμπλουτισμός του προτεινόμενου μοντέλου μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη βελτίωση των διαδικασιών αξιολόγησης και επιλογής έργων ΣΔΙΤ, παρέχοντας στους φορείς σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων ένα ακόμη πιο αξιόπιστο, ευέλικτο και επιστημονικά τεκμηριωμένο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων.

Βιβλιογραφία

1. Yescombe, E. R. (2018). *Public-Private Partnerships in Sub-Saharan Africa: Case Studies for Policymakers*. Elsevier.
2. Yescombe, E. R. (2017). *Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
3. Grimsey, D., & Lewis, M. K. (2004). *Public Private Partnerships: The Worldwide Revolution in Infrastructure Provision and Project Finance*. Edward Elgar Publishing.
4. Weber, B., & Alfen, H. W. (2016). *Infrastructure as an Asset Class: Investment Strategy, Sustainability, Project Finance and PPP* (2nd ed.). Wiley.
5. OECD. (2012). *Recommendation of the Council on Principles for Public Governance of Public-Private Partnerships*.
6. European PPP Expertise Centre. (2015). *Preparing and Procuring PPP Projects*. Luxembourg: European Investment Bank.
7. Li Bing, Akintoye, A., Edwards, P. J., & Hardcastle, C. (2005). Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry. *Construction Management and Economics*, 23(5), 459–471.
8. Graeme A. Hodge, & Greve, C. (2019). Contemporary public-private partnership: Towards a global research agenda. *Financial Accountability & Management*, 35(1), 4–16.
9. Xiaohua Jin, Zhang, G., & Wang, J. (2019). Public-private partnerships for infrastructure development: A review of international experience. *International Journal of Project Management*, 37(5), 635–650.
10. Νόμος 3389/2005. Ελληνική Δημοκρατία. (2005). *Νόμος 3389/2005: Συμπράξεις Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα* (ΦΕΚ Α' 232/22.09.2005).
11. Ειδική Γραμματεία ΣΔΙΤ. Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας και Οικονομικών. *Έργα ΣΔΙΤ στην Ελλάδα – Ετήσιες Εκθέσεις και Στατιστικά Στοιχεία*.
12. World Bank. (2017). *Public-Private Partnerships Reference Guide (Version 3.0)*.
13. Delmon, J. (2017). *Public-Private Partnership Projects in Infrastructure*. Cambridge University Press.
14. Hodge, G. A., & Greve, C. (2007). Public-private partnerships: An international performance review. *Public Administration Review*, 67(3), 545–558.

15. Multiple Criteria Decision Analysis (2016). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer.
16. Decision Support Systems (2002). *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Greenwood Publishing.
17. Valerie Belton & Theodor J. Stewart (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers.
18. José Figueira, Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer.
19. Evangelos K. Zavadskas, Turskis, Z., & Tamošaitiene, J. (2010). Risk assessment of construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*.
20. Madan M. Al-Harbi (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*.
21. Eddie W. L. Cheng & Li, H. (2004). Contractor selection using the analytic network process. *Construction Management and Economics*.
22. Grace Ding (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*.
23. Okechukwu O. Ugwu & Haupt, T. C. (2007). Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability. *Building and Environment*.
24. Carlos Bana e Costa et al. (2012). Decision support in infrastructure project prioritization.
25. Evangelos K. Zavadskas et al. (2014). Multi-criteria decision-making in civil engineering: A review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*.
26. De Brucker, K., Macharis, C., & Verbeke, A. (2013). Multi-criteria analysis and transport project appraisal.
27. Serafim Opricovic & Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in infrastructure project selection.
28. Evangelos K. Zavadskas et al. (2014). Hybrid MCDM methods in construction management and infrastructure planning.
29. Organisation for Economic Co-operation and Development (2012). *Principles for Public Governance of Public-Private Partnerships*.
30. Amos Darko et al. (2019). Sustainability criteria for infrastructure project evaluation.
31. Thomas L. Saaty (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.