

Ευχαριστίες

Με την παρούσα Διπλωματική Εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος σπουδών μου στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ. Στην προσπάθειά μου αυτή, η συμβολή συγκεκριμένων προσώπων υπήρξε καθοριστική.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών, τον κ. Νικόλαο Λαγαρό, Επίκουρο Καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών και τον κ. Κωνσταντίνο Κεπαπτσόγλου, Λέκτορα της σχολής Πολιτικών Μηχανικών. Τους ευχαριστώ για την πολύτιμη καθοδήγηση, την υποστήριξη, τον χρόνο τους, που μου παρείχαν καθώς και για τη δημιουργική συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Μαρία Μαυροειδή του Τμήματος Σχεδιασμού Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών για την παροχή σημαντικών πληροφοριών και την επιβεβαίωση στοιχείων.

Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη συνεχή στήριξη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο σε κάθε μου επιλογή και νέο βήμα, χωρίς της συνεχούς προσφοράς τους, δεν θα είχα κατορθώσει τίποτα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για όλες εκείνες τις στιγμές που έχουμε περάσει κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μας χρόνων.

Ειρήνη-Νιόβη Χρήστου

Στη μητέρα μου

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης της Κατανομής Πόρων για την Αναβάθμιση των Σημαντικότερων Αερολιμένων της Ελλάδας

Ειρήνη-Νιόβη Χρήστου

Επιβλέποντες Καθηγητές:

Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Νικόλαος Λαγαρός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Λέκτορας ΕΜΠ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η επίτευξη της βέλτιστης κατανομής των χρηματικών πόρων της Ελλάδας με απώτερο σκοπό την αναβάθμιση των υποδομών των σπουδαιότερων αερολιμένων. Για την πραγματοποίηση του στόχου αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε μαθηματικό μοντέλο βελτιστοποίησης το οποίο στηρίζεται στις αρχές του γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού. Το μοντέλο αυτό, εκφράστηκε μέσω αντικειμενικής συνάρτησης στην οποία εισάγεται ο συντελεστής σπουδαιότητας του κάθε αερολιμένα και ο συντελεστής μεταβολής απόδοσης της κάθε ενέργειας αναβάθμισης. Κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης επιζητείται η μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης με βασικό περιορισμό το διατιθέμενο προϋπολογισμό. Συνολικά θεωρήθηκαν ογδόντα τέσσερα (84) διαφορετικά σενάρια βελτιστοποίησης. Τα αποτελέσματα από τις διάφορες επιλύσεις του μοντέλου καταδεικνύουν ότι όσο αυξάνεται ο διαθέσιμος προϋπολογισμός αυξάνεται ο αριθμός των αερολιμένων στους οποίους ενεργοποιούνται ενέργειες αναβάθμισης, όχι όμως με αναλογικό τρόπο. Επιπροσθέτως, προσδιορίστηκε η σειρά προτεραιότητας των ενεργειών με τους υψηλότερους συντελεστές μεταβολής απόδοσης στους αερολιμένες με τους υψηλότερους συντελεστές σπουδαιότητας. Ωστόσο, προκύπτει ότι η βέλτιστη κατανομή των πόρων δε συνδέεται γραμμικά με το ύψος του προϋπολογισμού, το κόστος των ενεργειών και την κλιμάκωση των επενδύσεων. Τέλος, για κάθε περίπτωση διαπιστώθηκε ότι η χρονική μετακύλιση του προϋπολογισμού αποδίδει περισσότερο στην αξιοποίηση του διατιθέμενου κεφαλαίου.

Development of an optimization model for budget allocation for the upgrade of main Greek Airports

Eirini-Niovi Christou

Supervisors:

George Yannis, Professor NTUA

Nikolas Lagaros, Assistant Professor NTUA

Konstatinos Kepaptsoglou, Lecturer NTUA

The objective of the present thesis is to achieve the optimal allocation of financial resources in the country of Greece with a view to the upgrading of the most important Greek airports infrastructure. For this purpose, a mathematical optimization model has been developed and applied based on the principles of linear integer programming. This model is expressed through an objective function which includes two distinct parameters, the first depicting the importance factor of each airport and the second reflecting the efficiency coefficient of each infrastructure project, chosen to be implemented for upgrade. Throughout the process of optimization, the objective function needs to be maximized with the initial available budget been the most significant constraint. Eighty-four (84) different optimization scenarios have been considered and solved. The results of their solutions indicate that the increase of the budget leads to the increase of the number of airports in which the upgrading steps are activated, but not in a proportionate manner. In addition, the series of actions priority with the highest performance coefficients has been defined at airports with the highest importance coefficients. However, it was derived that the optimal allocation of resources is not linearly related to the budget size, the project's cost or the investment's escalation. Finally, it was found that the temporal shift of the budget contributes more to the exploitation of the available fund.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **ανάπτυξη ενός μοντέλου βελτιστοποίησης με στόχο τη βέλτιστη κατανομή των διαθέσιμων πόρων για τη συντήρηση και αναβάθμιση των σπουδαιότερων αερολιμένων της Ελλάδας**. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη ενός προγράμματος συντήρησης και αναβάθμισης με χρονικό ορίζοντα πέντε ετών και με **βασικό** περιορισμό τη διάθεση των ελαχίστων πόρων.

Η **συλλογή των στοιχείων** επιτεύχθηκε μέσω εκτενούς βιβλιογραφικής ανασκόπησης ερευνών και μεθοδολογιών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Η επιλογή των 20 σημαντικότερων ελληνικών αερολιμένων προήλθε μέσω αντιπροσωπευτικών στοιχείων που αφορούσαν στο μέγεθος, στην επισκεψιμότητα, στην οικονομική δύναμη και στις ανάγκες του καθενός. Στη συλλογή των παραπάνω στοιχείων αξιοποιήθηκαν η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ) καθώς και ο δικτυακός τόπος των οργανισμών των αερολιμένων ξεχωριστά.

Οι **παράμετροι** που εισάγονται στο μοντέλο είναι ο συντελεστής σημασίας που επιλέχθηκε για τον κάθε αερολιμένα καθώς και ο συντελεστής μεταβολής απόδοσης που επέρχεται μέσω της υλοποίησης της κάθε ενέργειας αναβάθμισης ξεχωριστά.

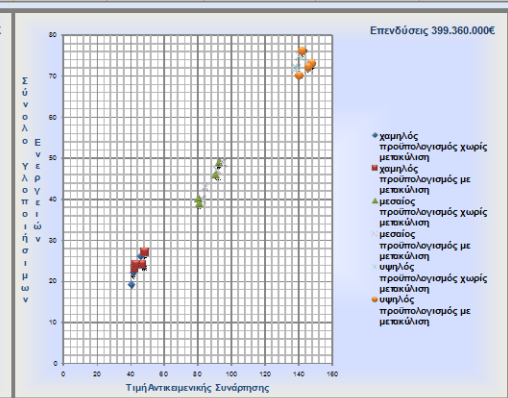
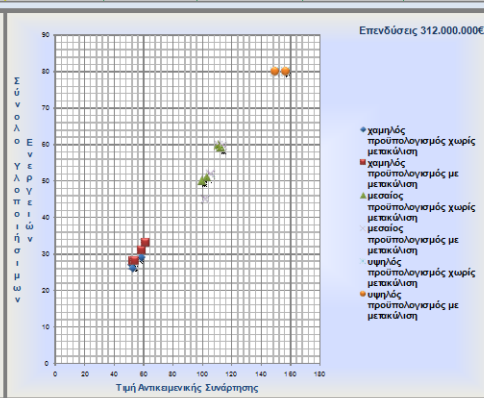
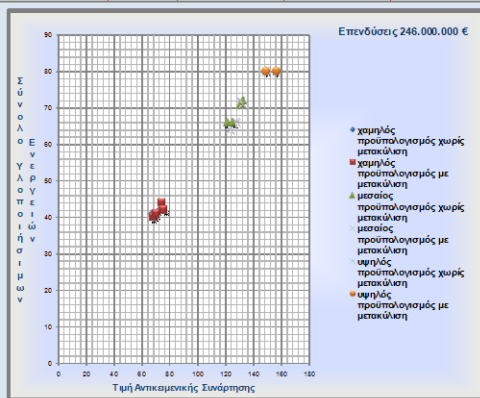
Εν συνεχεία, αναπτύχθηκε η **αντικειμενική συνάρτηση** του μοντέλου βελτιστοποίησης, η οποία υποδηλώνει την απόδοση της συνολικής αναβάθμισης των αερολιμένων και στην οποία εισάγονται οι παραπάνω συντελεστές επιζητώντας τη μεγιστοποίησή της, μέσω γραμμικού ακέραιου δυαδικού προγραμματισμού.

Τα **έργα συντήρησης και αναβάθμισης** αφορούν στον τερματικό σταθμό των αερολιμένων, στο διάδρομο από-προσγειώσεων, στον χώρο κινήσεων και αναμονής των αεροσκαφών και τέλος στον χώρο εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου.

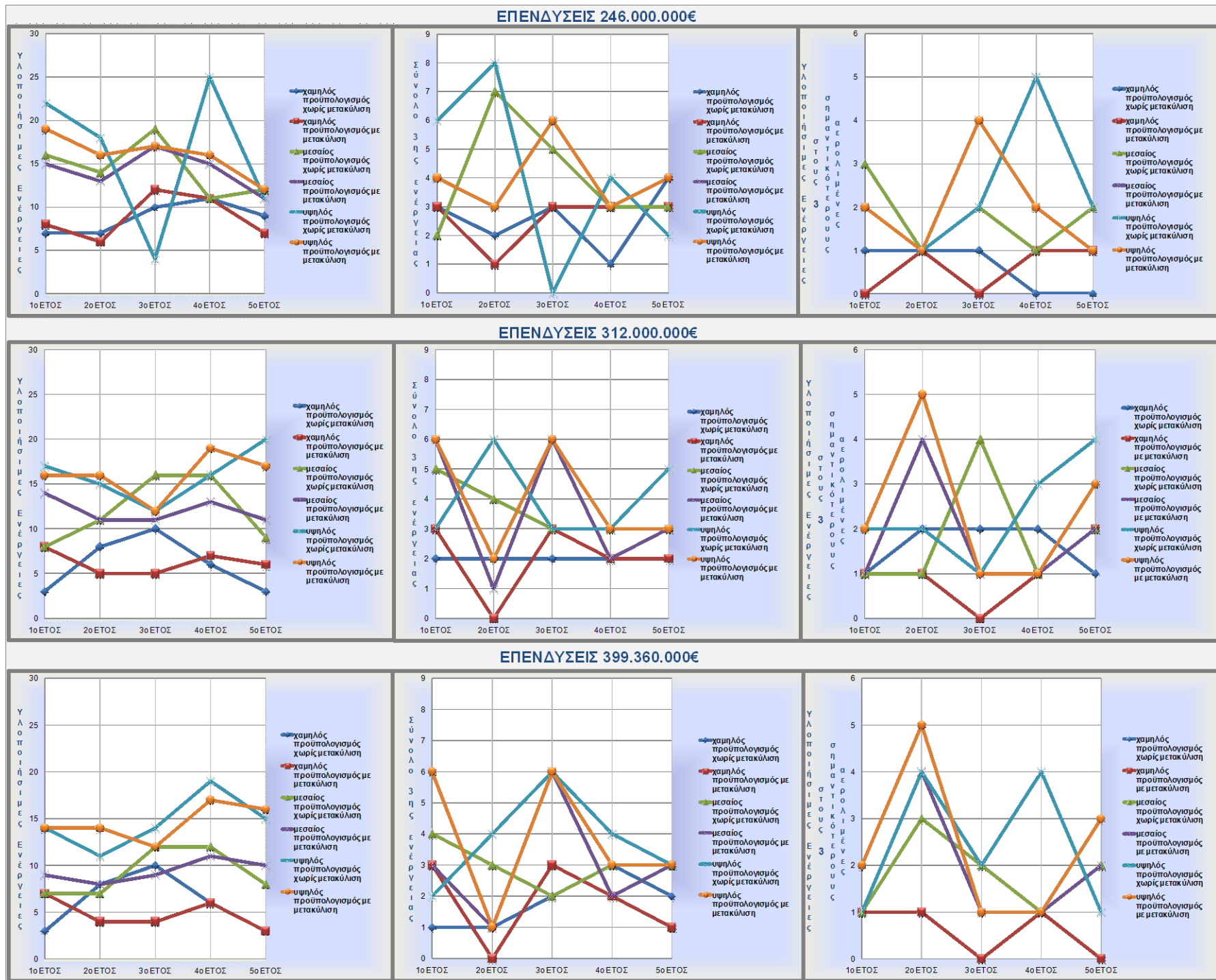
Αναπτύχθηκαν διάφορα **σενάρια βελτιστοποίησης**, ογδόντα τέσσερις (84) συνδυασμούς περιπτώσεων, στις οποίες επιχειρήθηκαν μεταβολές στον αρχικό διαθέσιμο προϋπολογισμό, στις απαιτούμενες επενδύσεις κάλυψης των αναγκών των αερολιμένων, στον τρόπο καταμερισμού του προϋπολογισμού στους αερολιμένες, στη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών αναβάθμισης, στη μεταβολή του συντελεστή απόδοσης των ενεργειών αναβάθμισης. Σε κάθε σενάριο εξετάστηκε η περίπτωση μετακύλισης του διατιθέμενου προϋπολογισμού στο επόμενο έτος εφόσον αυτός δεν αξιοποιείται στο τρέχον έτος που παρέχεται.

Για την καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων δημιουργήθηκαν πίνακες για κάθε σενάριο και συνδυασμό περιπτώσεων με εισαγωγή των σημαντικότερων στοιχείων από την εφαρμογή των 84 διαφορετικών σεναρίων βελτιστοποίησης.

ΕΠΕΝΔΥΣΙΣ ΠΕΝΤΑΤΙΑΣ		246.000.000 €							312.000.000 €					399.360.000 €				
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΩΠΩΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΩΠΩΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΩΠΩΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΩΠΩΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΩΠΩΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΩΠΩΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ	
																		ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	18.000.000€	73,01	44	3	13	1.700.000	57,76	30	8	10	900.000	44,77	24	3	9	2.192.000	
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	90.000.000€	74,3	44	3	13	200.000	58,6	31	5	10	200.000	46,7	24	3	9	144.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	38.000.000€	132,27	72	9	20	200.000	111,36	60	9	18	400.000	90,9	46	9	15	1.328.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετεκτίληση	190.000.000€	132,51	71	10	20	0	111,36	60	9	18	400.000	91,86	47	9	15	48.000	
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	72.000.000€	156,87	80	16	20	114.000.000	156,87	80	16	20	48.000.000	147,18	73	16	19	1.728.000	
	υψηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	300.000.000€	156,87	80	16	20	114.000.000	156,87	80	16	20	48.000.000	147,82	73	16	19	448.000	
ΠΡΩΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	18.000.000€	67,57	41	3	9	700.000	52,36	27	2	3	1.400.000	40,83	19	3	2	2.064.000	
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	90.000.000€	68,37	40	2	10	0	53,04	28	2	3	0	42,65	23	2	2	400.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	38.000.000€	121,75	66	6	15	1.400.000	100,26	50	8	12	2.100.000	80,55	40	6	9	3.376.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετεκτίληση	190.000.000€	123,39	64	7	15	0	102,22	45	8	12	0	82,55	40	7	8	176.000	
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	72.000.000€	149,4	80	16	20	114.000.000	149,4	80	16	20	34.000.000	138,91	72	16	17	3.520.000	
	υψηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	300.000.000€	149,4	80	16	20	114.000.000	149,4	80	16	20	48.000.000	140,5	70	16	18	64.000	
ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	18.000.000€	73,5	42	3	14	300.000	58,65	29	6	10	2.700.000	46,5	26	3	9	3.600.000	
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	90.000.000€	75,6	42	6	14	0	61,2	33	3	11	0	48,6	27	3	9	144.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	38.000.000€	130,8	71	10	20	800.000	112,8	59	9	19	1.900.000	92,85	49	9	16	2.864.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετεκτίληση	190.000.000€	130,95	72	9	20	200.000	114	60	9	19	1.000.000	94,65	49	9	16	560.000	
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	72.000.000€	149,4	80	16	20	114.000.000	149,4	80	16	20	48.000.000	140,85	75	11	20	6.208.000	
	υψηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	300.000.000€	149,4	80	16	20	114.000.000	149,4	80	16	20	48.000.000	142,35	76	16	20	576.000	
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	18.000.000€	69,43	40	4	21	600.000	52,82	26	4	14	1.900.000	41,86	22	3	12	3.216.000	
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	90.000.000€	70,04	41	4	21	400.000	54,18	28	4	14	0	43,47	24	4	12	400.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	38.000.000€	125,24	66	5	34	2.300.000	103,62	51	8	26	4.500.000	81,23	39	7	22	2.608.000	
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετεκτίληση	190.000.000€	127,78	66	8	34	0	105,84	52	8	26	0	84,64	43	4	22	48.000	
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετεκτίληση	72.000.000€	156,87	80	16	40	114.000.000	156,87	80	16	40	48.000.000	146,16	72	16	36	4.160.000	
	υψηλός προϋπολογισμός με μετεκτίληση	300.000.000€	156,87	80	16	40	114.000.000	156,87	80	16	40	48.000.000	146,16	72	16	36	4.160.000	



Σχήμα1: Συγκεντρωτική εικόνα αποτελεσμάτων



Σχήμα 2: Διαγράμματα χρονικής κατανομής ενεργειών ανά επένδυση

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν επιμέρους χρήσιμα αποτελέσματα, τα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο που τέθηκε αρχικά. Συνοψίζοντας προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Έπειτα από εκτενή ανασκόπηση των βιβλιογραφικών αναφορών σχετικά με την κατανομή των πόρων με στόχο τη συντήρηση και αναβάθμιση των σπουδαιότερων αερολιμένων της χώρας, φαίνεται ότι για πρώτη φορά αναπτύσσεται ένα **μοντέλο βέλτιστης κατανομής πόρων στην Ελλάδα** με βασικό περιορισμό αυτού του διαθέσιμου κεφαλαίου.
- Η **μέθοδος του γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού** που χρησιμοποιήθηκε με στόχο την επίλυση του προβλήματος της αντικειμενικής συνάρτησης που αναπτύχθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία αποδείχθηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους πρόβλημα, ώστε να ληφθούν υπόψη διάφορες πιθανές στρατηγικές διαχείρισης των υποδομών αλλά και να καθοριστούν οι επιδράσεις των μεταβολών των διάφορων παραμέτρων του προβλήματος.
- Οι **παράγοντες** που επηρεάζουν αλλά όχι με γραμμικό τρόπο τη βέλτιστη κατανομή των πόρων σε έργα συντήρησης και αναβάθμισης είναι το μέγεθος του προϋπολογισμού, το κόστος των έργων, η κλιμάκωση των επενδύσεων στο χρόνο και οι συντελεστές αξιολόγησης αερολιμένων και ενεργειών έτσι όπως έχουν οριστεί.
- Η **απόδοση** που επιφέρει η υλοποίηση των **έργων υποδομής** στους αερολιμένες δεν αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση του διαθέσιμου κεφαλαίου. Στο πρώτο στάδιο αύξησης του κεφαλαίου αυξάνεται σχεδόν αναλογικά αλλά στη συνέχεια επιβραδύνεται. Ωστόσο σε κάθε περίπτωση επενδύσεων η εικόνα του υψηλού προϋπολογισμού δε μεταβάλλεται.
- Σε όλες τις εφαρμογές προβλημάτων βελτιστοποίησης με **μετακύλιση κεφαλαίου**, το **μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειών** ενεργοποιείται από το δεύτερο με τρίτο έτος και μετά. Αυτό σημαίνει ότι το βέλτιστο σενάριο επέρχεται όταν πραγματοποιείται συσσώρευση του κεφαλαίου και δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι περιορισμοί. Καλύτερα αξιοποιείται δηλαδή το κεφάλαιο στο σύνολο του παρά όταν επιμερίζεται. Η παρατήρηση γίνεται εύκολα αντιληπτή αν προσέξει κανείς το μη αξιοποιήσιμο κεφάλαιο και τις ενέργειες ενεργοποίησης για κάθε περίπτωση.
- Το **80% των σεναρίων** που εξετάστηκαν είναι πιο **αποδοτικά** όταν προβλέπουν **μετακύλιση** κεφαλαίου. Επισημαίνεται πάντως ότι οι διαφορές μεταξύ των σεναρίων που προβλέπουν μετακύλιση κεφαλαίου και εκείνων που δεν προβλέπουν είναι περιορισμένες.

- Οι **μεταβολές των απαιτούμενων δαπανών** για την αναβάθμιση του κάθε αερολιμένα ξεχωριστά είτε με την αύξηση κατά 26%, είτε με την αύξηση κατά 60 % δεν σημαίνει ότι θα επιφέρει αισθητή αντίστοιχη αύξηση/μείωση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης ή του συνολικού αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών, είναι λογικό ωστόσο να πραγματοποιούνται λιγότερες ενέργειες καθώς αυξάνονται οι δαπάνες των αερολιμένων αλλά ο αριθμός υλοποίησης της τρίτης σημαντικότερης ενέργειας καθώς και η ενεργοποίηση των ενεργειών αναβάθμισης στους σημαντικότερους αερολιμένες δε μεταβάλλεται.
- Η **συχνότητα ενεργοποίησης των ενεργειών** δεν αυξάνεται το ίδιο για τις ενέργειες που διαθέτουν τους ίδιους συντελεστές μεταβολής απόδοσης των αερολιμένων (ΔΧ) καθώς και τους ίδιους συντελεστές δαπανών. Τόσο οι περιορισμοί όσο και το κόστος των ενεργειών επηρεάζουν αισθητά τη συχνότητα.
- Το **μέσο κόστος ανά υλοποιήσιμη ενέργεια** ελαχιστοποιείται για το σενάριο χαμηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση. Επιπλέον επισημαίνεται ότι το κόστος δεν μειώνεται με την αύξηση του αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών αλλά επηρεάζεται περισσότερο από τον προϋπολογισμό που είναι διαθέσιμος.
- Τα **ποσοστά των πιο σημαντικών ενεργειών που υλοποιούνται και εκείνων που υλοποιούνται στους πιο σημαντικούς αερολιμένες ως προς το σύνολο των υλοποιήσιμων ενεργειών**, είναι μικρότερα για τα σενάρια χαμηλού προϋπολογισμού. Συνεπώς και πάλι επιβεβαιώνεται ότι αν η απόδοση κρίνεται από τους συγκεκριμένους δείκτες είναι πιο αποδοτικά τα σενάρια υψηλού προϋπολογισμού.
- Τόσο με τη **μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ**, όσο και με τη **μεταβολή στη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών** υπάρχει συμμετρία στα αποτελέσματα σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, ο διατιθέμενος κάθε φορά προϋπολογισμός κατανέμεται ομοιόμορφα και κατά τον ίδιο τρόπο με τις αρχικές συνθήκες στο σύνολο των σπουδαιότερων αερολιμένων αλλά και για την υλοποίηση των ενεργειών αναβάθμισης που τίθενται ως προτεραιότητα υλοποίησης κατά τη διάρκεια της πενταετίας.
- Υπό προϋποθέσεις είναι δυνατό να καταστεί χρήσιμο το μοντέλο που αναπτύχθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία έπειτα από κατάλληλες προσαρμογές στην κάθε **περίπτωση βελτιστοποίησης επενδύσεων αερολιμένων αλλά και διαφορετικών έργων υποδομών.**

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	- 1 -
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 1 -
1.1 Γενική ανασκόπηση.....	- 1 -
1.1.1 Η ελληνική πραγματικότητα	- 2 -
Πίνακας 1.1: Συγκεντρωτικός πίνακας των εισερχόμενων επιβατών στην Ελλάδα ανά μήνα κατά την πενταετία 2010 έως 2015	- 4 -
1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας	- 5 -
1.3 Μεθοδολογία διπλωματικής εργασίας	- 6 -
1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας	- 7 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	- 8 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	- 8 -
2.1 Γενικά	- 8 -
2.2 Ενέργειες αναβάθμισης και συναφείς έρευνες εφαρμογών βελτιστοποίησης.....	- 9 -
2.2.1 Τυπικός αερολιμένας – ενέργειες αναβάθμισης.....	- 9 -
Σχήμα 2.1: Φωτογραφία του αεροπορικού συστήματος (Ashford, N., Stanton, H., and Moore, P., Airport Operations, Pitman, London, 1991.).....	- 9 -
2.2.2 Εφαρμογές βελτιστοποίησης – συναφείς έρευνες.....	- 10 -
2.2.2.1 Συντήρηση γεφυρών	- 11 -
2.2.2.2 Συντήρηση οδοστρωμάτων	- 12 -
2.2.2.3 Ασφάλεια μεταφορών	- 16 -
2.2.2.4 Μέριμνα αερολιμένων.....	- 16 -
2.2.2.5 Μελέτες αερολιμένων	- 17 -
2.3 Κριτική αξιολόγηση.....	- 19 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	- 21 -
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	- 21 -
3.1 Γενικά.....	- 21 -
3.2 Θεωρία Γραμμικών Μοντέλων Προγραμματισμού.....	- 21 -
3.2.1 Προϋποθέσεις του προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού	- 22 -
3.2.2 Είδη λύσεων προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού	- 23 -
3.3 Μέθοδος Simplex.....	- 24 -
3.4 Επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού με τη βοήθεια υπολογιστικών πακέτων	- 25 -
3.5 Δυϊκό Πρόβλημα	- 26 -
3.6 Ακέραιος Προγραμματισμός.....	- 27 -
3.6.1 Αλγόριθμος Διακλάδωσης και Οριοθέτησης (Branch and Bound algorithm, B&B algorithm)	- 27 -
3.6.2 Αλγόριθμοι τυφλής αναζήτησης	- 28 -
3.7 Επιλογή του Μοντέλου της Διπλωματικής Εργασίας	- 29 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	- 30 -
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	- 30 -
4.1 Γενικά.....	- 30 -
4.2 Συλλογή δεδομένων	- 30 -
4.2.1 Στατιστικά στοιχεία	- 31 -
Πίνακας 4.1: Τιμές των δεικτών spass, scargo, ssize, sdistance, snumber	- 32 -

Πίνακας 4.2: Τιμές των δεικτών sprass και scargo όπως διαμορφώθηκαν σε σχέση με την κίνηση του εσωτερικού για κάθε αερολιμένα ξεχωριστά με βάση τα στατιστικά στοιχεία του 2015	33 -
Σχήμα 4.1: Διάγραμμα επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης εσωτερικού για κάθε αερολιμένα με βάση τους δείκτες sprass και scargo	34 -
Πίνακας 4.3: Τιμές των δεικτών sprass και scargo όπως διαμορφώθηκαν σε σχέση με την κίνηση του εξωτερικού για κάθε αερολιμένα ξεχωριστά με βάση τα στατιστικά στοιχεία του 2015	35 -
Σχήμα 4.2: Διάγραμμα επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης εξωτερικού για κάθε αερολιμένα με βάση τους δείκτες sprass και scargo	36 -
Πίνακας 4.4: Τιμές των δεικτών snumber, ssize και sdistance σε σχέση με τον αριθμό των διαδρόμων, το μήκος των διαδρόμων σε πόδια και τις αποστάσεις από τα αστικά κέντρα σε ναυτικά μίλια για κάθε αερολιμένα ξεχωριστά με βάση τα στατιστικά στοιχεία του 2015	37 -
Πίνακας 4.5: Πίνακας επεξήγησης των δεικτών του πίνακα 4.4 για τη στήλη αποστάσεις από αστικά κέντρα... -	38 -
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα του αριθμού των διαδρόμων, του μήκος των διαδρόμων και των αποστάσεων από τα αστικά κέντρα για κάθε αερολιμένα με βάση τους δείκτες snumber, ssize, sdistance	38 -
4.2.2 Συμπεράσματα στατιστικών στοιχείων	39 -
4.3 Ενέργειες αναβάθμισης	40 -
4.3.1 Συμπεράσματα ενεργειών αναβάθμισης αερολιμένων	41 -
4.4 Περιγραφή προγραμματιστικού μοντέλου βελτιστοποίησης	42 -
4.4.1 Αντικειμενική συνάρτηση.....	42 -
Πίνακας 4.6: Προσδιορισμός του δείκτη σημαντικότητας για κάθε αερολιμένα	43 -
Πίνακας 4.7: Προσδιορισμός του δείκτη μεταβολής απόδοσης για κάθε αερολιμένα	44 -
4.4.2 Ανάλυση αντικειμενικής συνάρτησης, παράμετροι και περιορισμοί	44 -
4.4.2.1 Δείκτες B και ΔX	44 -
Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ένδειξης της τιμής B για κάθε αερολιμένα	45 -
Σχήμα 4.5: Διάγραμμα ένδειξης του δείκτη μεταβολής απόδοσης ΔX για κάθε αερολιμένα	46 -
4.4.2.2 Περιορισμοί	47 -
4.4.2.2.1 Περιορισμός Διαθέσιμου Κεφαλαίου	47 -
Πίνακας 4.8: Προσδιορισμός του συντελεστή δαπανών C για κάθε ενέργεια αναβάθμισης ξεχωριστά	49 -
Πίνακας 4.9: Πίνακας προσδιορισμού του απαιτούμενου ποσοστού κάλυψης K για κάθε αερολιμένα	50 -
Πίνακας 4.10: Πίνακας προσδιορισμού των απαιτούμενων δαπανών – αναγκών των αερολιμένων για κάθε περίπτωση χαμηλών δαπανών, μεσαίων και υψηλών.....	51 -
4.4.2.2.2 Περιορισμοί υλοποίησης ενεργειών αναβάθμισης	52 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - 53 -

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - 53 -

5.1 Εφαρμογή μοντέλου βελτιστοποίησης μέσω excel – Open Solver	53 -
Σχήμα 5.1: Εικόνα της προσθήκης του Open Solver στο Microsoft Excel	53 -
Σχήμα 5.2: Το πλαίσιο διαλόγου του Open Solver για την εισαγωγή της αντικειμενικής συνάρτησης, των περιορισμών και των παραμέτρων	54 -
Σχήμα 5.3: Εικόνα εισαγωγής αντικειμενικής συνάρτησης και περιορισμών στο συγκεκριμένο πρόβλημα- 56 -	56 -
Σχήμα 5.4: Εικόνα τελικής μορφής εργασίας με τη βέλτιστη λύση	57 -
5.2 Αποτελέσματα του μοντέλου βελτιστοποίησης	58 -
5.2.1 Αποτελέσματα πρώτης θεώρησης – ο προϋπολογισμός κατανέμεται στους αερολιμένες με βασικό κριτήριο τη σπουδαιότητά του	59 -
Πίνακας 5.1: Συγκεντρωτικός πίνακας υλοποίησης ενεργειών για κάθε σενάριο χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού χωρίς ή με μετακύλιση για κάθε αερολιμένα και μεγαλύτερα εξαντλούμενα ποσά έτους και πενταετίας	59 -
5.2.2 Αποτελέσματα δεύτερης θεώρησης – σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό από τον διατιθέμενο προϋπολογισμό ανεξάρτητα από το ποιος είναι αυτός.....	60 -
Πίνακας 5.2: Συγκεντρωτικός πίνακας υλοποίησης ενεργειών για κάθε σενάριο χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού χωρίς ή με μετακύλιση για κάθε αερολιμένα και μεγαλύτερα εξαντλούμενα ποσά έτους και πενταετίας	60 -
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα απεικόνισης μεγαλύτερου εξαντλούμενου ποσού ανά έτος για κάθε περίπτωση χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού.....	61 -

Σχήμα 5.6: Διάγραμμα απεικόνισης μεγαλύτερου εξαντλούμενου ποσού πενταετίας για κάθε περίπτωση χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού.....	62 -
5.2.3 Αποτελέσματα τρίτης θεώρησης – σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο ποσό για την κάλυψη της συντήρησης και αναβάθμισης του κατά τη διάρκεια πενταετίας.....	63 -
5.2.3.1 1 ^η Περίπτωση.....	63 -
Πίνακας 5.4: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	64 -
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 1 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	64 -
Πίνακας 5.5: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου.....	65 -
Σχήμα 5.8: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 1 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου.....	66 -
Πίνακας 5.6: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1 ^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	67 -
Σχήμα 5.9: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 1 ^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	68 -
Πίνακας 5.7: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1 ^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου.....	68 -
Σχήμα 5.10: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 1 ^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου.....	69 -
Πίνακας 5.8: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	70 -
Σχήμα 5.11: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 1 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	70 -
Πίνακας 5.9: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου.....	71 -
Σχήμα 5.12: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 1 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου.....	72 -
5.2.3.2 2 ^η Περίπτωση.....	73 -
Πίνακας 5.10: Προσδιορισμός της τιμής των απαιτούμενων δαπανών Κ για κάθε αερολιμένα στην 2 ^η περίπτωση.....	73 -
Πίνακας 5.11: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	74 -
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 2 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	74 -
Πίνακας 5.12: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου.....	75 -
Σχήμα 5.14: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 2 ^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου.....	76 -
Πίνακας 5.13: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	77 -
Σχήμα 5.15: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 2 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	77 -
Πίνακας 5.14: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου.....	78 -
Σχήμα 5.16: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 2 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου.....	79 -
Πίνακας 5.15: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	80 -
Σχήμα 5.17: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 2 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.....	80 -
Πίνακας 5.16: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου.....	81 -
Σχήμα 5.18: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 2 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου.....	82 -
5.2.3.3 3 ^η Περίπτωση.....	83 -

Πίνακας 5.17: Προσδιορισμός της τιμής των απαιτούμενων δαπανών Κ για κάθε αερολιμένα στην 3 ^η περίπτωση	83 -
Πίνακας 5.18: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3 ^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου	84 -
Σχήμα 5.19: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 3 ^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου	84 -
Πίνακας 5.19: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3 ^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου	85 -
Σχήμα 5.20: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 3 ^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου	86 -
Πίνακας 5.20: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου	87 -
Σχήμα 5.21: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 3 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου	87 -
Πίνακας 5.21: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου	88 -
Σχήμα 5.22: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 3 ^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου	89 -
Πίνακας 5.22: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου	90 -
Σχήμα 5.23: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 3 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου	90 -
Πίνακας 5.23: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου	91 -
Σχήμα 5.24: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 3 ^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου	92 -
5.2.3.4	92 -
Πίνακας 5.24: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας	93 -
Πίνακας 5.25: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας	97 -
Πίνακας 5.26: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης ανάλογα με ηλικία απόδοσης	99 -
5.2.4 Αποτελέσματα για μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ για την κάθε ενέργεια αναβάθμισης ως εξής:	101 -
Πίνακας 5.27: Προσδιορισμός του νέου δείκτη μεταβολής απόδοσης για κάθε αερολιμένα για πρώτη μεταβολή	101 -
Πίνακας 5.28: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για πρώτη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.27	102 -
Πίνακας 5.29: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για πρώτη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.27	103 -
Πίνακας 5.30: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης ανάλογα με ηλικία απόδοσης για πρώτη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.27	104 -
5.2.5 Αποτελέσματα για μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ για την κάθε ενέργεια αναβάθμισης ως εξής:	106 -
Πίνακας 5.31: Προσδιορισμός του νέου δείκτη μεταβολής απόδοσης για κάθε αερολιμένα για δεύτερη μεταβολή	106 -
Πίνακας 5.32: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για δεύτερη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.31	107 -
Πίνακας 5.33: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για δεύτερη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.31	108 -
Πίνακας 5.34: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης ανάλογα με ηλικία απόδοσης για δεύτερη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.31	109 -

5.2.6 Αποτελέσματα για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών αναβάθμισης στο προγραμματιστικό μοντέλο, δηλαδή οι ενέργειες 1 και 3 (αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων και αναβάθμιση του τερματικών σταθμών αντίστοιχα) προηγούνται και οι δυο των 2 και 4 (αναβάθμιση των χώρων αναμονής των αεροσκαφών και αναβάθμιση των χώρων εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου αντίστοιχα)	111 -
Πίνακας 5.35: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών.....	112 -
Πίνακας 5.36: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών	113 -
Πίνακας 5.37: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3 ^{ης} θεώρησης ανάλογα με ηλικία απόδοσης για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών	114 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	- 116 -
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 116 -
6.1 <i>Ανασκόπηση Διπλωματικής Εργασίας</i>	- 116 -
Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επενδύσεις 246.000.000€ όλων των αερολιμένων στη διάρκεια της πενταετίας.....	- 117 -
Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επενδύσεις 312.000.000€ όλων των αερολιμένων στη διάρκεια της πενταετίας.....	- 118 -
Πίνακας 6.3: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επενδύσεις 399.360.000€ όλων των αερολιμένων στη διάρκεια της πενταετίας.....	- 119 -
6.2 <i>Ανάλυση συμπερασμάτων</i>	- 120 -
6.3 <i>Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα</i>	- 123 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	- 124 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	- 124 -

1.1 Γενική ανασκόπηση

Η ανάγκη για μεταφορά γεννήθηκε παράλληλα με την ανθρώπινη ύπαρξη. Ο πρωτόγονος άνθρωπος στην προσπάθεια εξέλιξής του, ερχόμενος αντιμέτωπος με τις φυσικές του αντοχές και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, αναζήτησε διάφορα μέσα μεταφοράς για τον ίδιο αλλά και για τα αγαθά του. Συνεπώς, ύστερα από πολλαπλές εφευρέσεις από τροχό, πανί και ατμό έφθασε στο σήμερα, των συνεχών εξελισσόμενων μέσων μεταφοράς τα οποία αποτελούν παράγοντα κλειδί της παγκόσμιας οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης των κοινωνιών αλλά και γέφυρα ενοποίησης χωρών, λαών και ανθρώπων.

Τα εναέρια μέσα μεταφοράς κινούμενα στην πλεύση της διασυνοριακής ενοποίησης είναι πλέον αποδεκτά ως θεμελιώδεις συστατικό της παγκόσμιας οικονομίας και αναντικατάστατα στην καθημερινή ζωή πολλών ανθρώπων. Το όραμα ότι η μελλοντική πρόοδος της διεθνούς πολιτικής αεροπορίας μπορεί να βοηθήσει και να προάγει την φιλία και την κατανόηση μεταξύ των κρατών και των ανθρώπων σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι πλέον μια απτή πραγματικότητα η οποία έχει ήδη επισημοποιηθεί έπειτα από την υπογραφή της Συνδιάσκεψης του Σικάγου, το Δεκέμβριο του 1944 από τον Franklin Roosevelt και των ομότιμών του.

Η ομαλή, αποτελεσματική και αποδοτική λειτουργία των αερολιμένων επιτυγχάνεται μέσω διάφορων συστημάτων υποδομών, των οποίων η υλοποίηση, ο προγραμματισμός και ο σχεδιασμός τους είναι ένα δύσκολο έργο, είτε πρόκειται για ολοκληρωμένη παρέμβαση είτε για προσπάθεια περισσότερο παραδοσιακή, τοπικής βελτιστοποίησης. Η διαχείριση αυτή των αερολιμένων, η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την Επιχειρησιακή Έρευνα έχει ως βασικό στόχο τον καθορισμό ενός γενικού προγραμματισμού συντήρησης και αναβάθμισης των αερολιμένων παράλληλα με τη βέλτιστη διαχείριση των διατιθέμενων οικονομικών πόρων.



1.1.1 Η ελληνική πραγματικότητα

Σήμερα, η κρίση στην οποία διέρχεται η ελληνική οικονομία υποδεικνύει την αναγκαιότητα υιοθέτησης δράσεων στην κατεύθυνση προσαρμογής σε ένα αναπτυξιακό πρότυπο το οποίο θα έχει ως εφελκυστικό την τόνωση των πλεονεκτημάτων της χώρας. Ο Τουρισμός και το διεθνές εμπόριο με την εξαγωγή προϊόντων και υπηρεσιών καλούνται να διαδραματίσουν περισσότερο ενεργό ρόλο.

Η πλούσια πολιτιστική κληρονομιά, το απaráμιλλο φυσικό κάλλος, η εκτεταμένη ακτογραμμή, το φυσικό περιβάλλον, προϊόντα μοναδικής ποιότητας και αξεπέραστης διατροφικής αξίας συμβάλλουν στην ανάπτυξη της ελληνικής εξωστρέφειας μέσω των εναέριων μεταφορών.

Η Ελλάδα έχει στην διάθεσή της:

δεκαπέντε αερολιμένες διεθνών συγκοινωνιών στους οποίους συμπεριλαμβάνονται:
•Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών "Ελ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ" •Κρατικός Αερολιμένας Θεσσαλονίκης "Μακεδονία" (ΚΑΘΜ) •Κρατικός Αερολιμένας Ρόδου "Διαγόρας" (ΚΑΡΔ) •Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου "Ν. Καζαντζάκης" •Κρατικός Αερολιμένας Κέρκυρας Ι. Καποδίστριας (ΚΑΚΚ) •Κρατικός Αερολιμένας Κω "Ιπποκράτης" (ΚΑΚΩΙ)
•Κρατικός Αερολιμένας Αλεξανδρούπολης "Δημόκριτος" (ΚΑΑΛΔ) •Κρατικός Αερολιμένας Μυτιλήνης "Οδ. Ελύτης" (ΚΑΜΤΕ) •Κρατικός Αερολιμένας Λήμνου "Ηφαιστος" (ΚΑΛΜΗ) •Κρατικός Αερολιμένας Χανίων "Ι. Δασκαλογιάννης" (ΚΑΧΝΔ)
•Κρατικός Αερολιμένας Κεφαλληνίας (ΚΑΚΦ) •Κρατικός Αερολιμένας Ζακύνθου "Δ. Σολωμός" (ΚΑΖΑΣ) •Κρατικός Αερολιμένας Σάμου "Αρίσταρχος ο Σάμιος" (ΚΑΣΜ)

•Κρατικός Αερολιμένας Καβάλας "Μ. Αλέξανδρος" (ΚΑΚΒΑ) •Κρατικός Αερολιμένας Καλαμάτας "Καπετάν Βασ. Κωνσταντακόπουλος" (ΚΑΚΛ)

είκοσι αερολιμένες εσωτερικών συγκοινωνιών από τους οποίους κάποιοι εκτελούν δρομολόγια και στο εξωτερικό αναλόγως με την τουριστική περίοδο: •Κρατικός Αερολιμένας Αστυπάλαιας (ΚΑΠΛ) •Κρατικός Αερολιμένας Ιωαννίνων "Βασιλεύς Πύρρος" (ΚΑΙΩΠ) •Κρατικός Αερολιμένας Χίου "Όμηρος" (ΚΑΧΙΟ) •Κρατικός Αερολιμένας Μυκόνου (ΚΑΜΚ) •Κρατικός Αερολιμένας Σκιάθου "Α. Παπαδιαμάντης" (ΚΑΣΚ) •Κρατικός Αερολιμένας Κοζάνης "Φίλιππος" (ΚΑΚΖΦ) •Κρατικός Αερολιμένας Καστοριάς "Αριστοτέλης" (ΚΑΚΤΑ) •Κρατικός Αερολιμένας Καρπάθου (ΚΑΚΠ) •Κρατικός Αερολιμένας Σαντορίνης (ΚΑΣΡ) •Κρατικός Αερολιμένας Κυθήρων "Αλέξανδρος Αριστοτέλους Ωνάσης" (ΚΑΚΘΩ) •Κρατικός Αερολιμένας Μήλου (ΚΑΜΛ) •Κρατικός Αερολιμένας Σκύρου (ΚΑΣΥ) •Κρατικός Αερολιμένας Νέας Αγχιάλου (ΚΑΝΑ) •Κρατικός Αερολιμένας Ακτίου (ΚΑΑΚ) •Κρατικός Αερολιμένας Πάρου (ΚΑΠΑ) •Κρατικός Αερολιμένας Σύρου "Δημήτριος Βικέλας" (ΚΑΣΟΒ) •Κρατικός Αερολιμένας Αράξου (ΚΑΑΞ) •Κρατικός Αερολιμένας Νάξου (ΚΑΝΞ) •Κρατικός Αερολιμένας Καλύμνου (ΚΑΚΜ) •Κρατικός Αερολιμένας Ικαρίας "Ίκαρος" (ΚΑΙΡ)

τέσσερις δημοτικούς αερολιμένες: •Δημοτικός Αερολιμένας Καστελόριζου (ΔΑΖΟ) •Δημοτικός Αερολιμένας Κάσου (ΔΑΚΑ) •Δημοτικός Αερολιμένας Λέρου (ΔΑΛΕ) •Δημοτικός Αερολιμένας Σητείας (ΔΑΣΤ)

τέσσερις αερολιμένες υπό αναστολή: •Κρατικός Αερολιμένας Αγρινίου (ΚΑΑΓ) (Λειτουργία αερολιμένα υπό αναστολή) •Κρατικός Αερολιμένας Σπάρτης (ΚΑΣΠ) (Λειτουργία υπό αναστολή) •Κρατικός Αερολιμένας Ανδραβίδας (ΚΑΝΔ) (Λειτουργία αερολιμένα υπό αναστολή) •Κρατικός Αερολιμένας Επιταλίου (ΚΑΕΠ) (Λειτουργία αερολιμένα υπό αναστολή)

Παρακάτω παρατίθενται τα στοιχεία από μία γενική εικόνα της πενταετούς εξέλιξης διεθνών αφίξεων αλλοδαπών επισκεπτών στην Ελλάδα. Η συνεχώς μεταβαλλόμενη και αυξανόμενη ζήτηση για την χώρα μας αποδεικνύουν πως ο τουρισμός αποτελεί κεντρικό πυλώνα ανάπτυξης με σημαντική συνεισφορά στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, στην απασχόληση και στις επενδύσεις. Είναι εμφανές πως χρόνο με το χρόνο η Ελλάδα ως ενεργή στο διεθνή ανταγωνισμό, άξια συγκαταλέγεται μεταξύ των κύριων τουριστικών προορισμών παγκοσμίως.

Δεδομένης ωστόσο και της οικονομικής κρίσης της χώρας κρίνεται επιτακτική όχι μόνο η ανάγκη διασφάλισης των πόρων αλλά και ο πολλαπλασιασμός αυτών που θα επέλθει μέσω της προστασίας αρχικά και ακολούθως μέσω της συνεχούς αναβάθμισης των συστημάτων συγκοινωνιακής υποδομής. Προκειμένου να αξιοποιηθούν κατάλληλα οι αερολιμένες και να προσελκύουν μεγαλύτερο αριθμό τουριστών χρήζει άμεση η ανάγκη για λειτουργικότητα, ασφάλεια και αξιοπιστία σε βάθος χρόνου, απόρροια της βέλτιστης διαχείρισής τους με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

Επομένως, τίθεται ύψιστης σημασίας η εξασφάλιση μίας περιοδικής επιθεώρησης και αξιολόγησης των αερολιμένων, ο προσδιορισμός των ενεργειών συντήρησης και

βελτίωσης ή ακόμη επέκτασης των υφιστάμενων υποδομών και τέλος ο προσδιορισμός της κατανομής των ενεργειών αυτών με την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας τους και η βελτιστοποίηση των σχετικών επενδύσεων.

Πίνακας 1.1: Συγκεντρωτικός πίνακας των εισερχόμενων επιβατών στην Ελλάδα ανά μήνα κατά την πενταετία 2010 έως 2015

Air passenger transport by reporting country [avia_paoc]
 Last update: 25.04.16
 Source of data: Eurostat

UNIT: Passengers **TRA_MEAS:** Passengers on board (arrivals) **SCHEDULE:** Total **TRA_COV:** Total transport

	TIME	2010M01	2010M02	2010M03	2010M04	2010M05	2010M06	2010M07	2010M08
GEO									
Greece		862,653	771,028	950,944	1,131,326	1,946,184	2,314,671	2,970,336	2,929,511

	TIME	2010M09	2010M10	2010M11	2010M12	2011M01	2011M02	2011M03	2011M04
GEO									
Greece		2,312,711	1,382,525	759,015	752,443	705,438	624,750	774,617	1,201,767

	TIME	2011M05	2011M06	2011M07	2011M08	2011M09	2011M10	2011M11	2011M12
GEO									
Greece		1,993,558	2,581,793	3,196,979	3,086,595	2,447,973	1,366,614	649,671	693,092

	TIME	2012M01	2012M02	2012M03	2012M04	2012M05	2012M06	2012M07	2012M08
GEO									
Greece		635,043	577,614	724,208	1,149,988	1,802,598	2,451,631	3,065,448	2,969,880

	TIME	2012M09	2012M10	2012M11	2012M12	2013M01	2013M02	2013M03	2013M04
GEO									
Greece		2,376,901	1,238,899	624,229	643,873	564,252	544,866	697,762	994,386

	TIME	2013M05	2013M06	2013M07	2013M08	2013M09	2013M10	2013M11	2013M12
GEO									
Greece		2,019,429	2,683,361	3,220,193	3,194,074	2,572,324	1,366,234	636,442	679,954

	TIME	2014M01	2014M02	2014M03	2014M04	2014M05	2014M06	2014M07	2014M08
GEO									
Greece		604,174	585,828	712,992	1,301,698	2,281,267	3,057,847	3,744,919	3,696,838

	TIME	2014M09	2014M10	2014M11	2014M12
GEO					
Greece		2,876,669	1,683,979	825,795	870,425

Available flags:

b break in time series

e estimated

n not significant

s Eurostat estimate (phased out)

c confidential

f forecast

p provisional

r low reliability

d definition differs, see metadata

i see metadata (phased out)

r revised

x not applicable

Special value:

; not available

1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η **ανάπτυξη ενός μοντέλου βελτιστοποίησης της κατανομής των πόρων για τη συντήρηση και την αναβάθμιση των σημαντικότερων αερολιμένων στην Ελλάδα**. Θέτοντας ως βασικό άξονα και περιορισμό τον ελάχιστο διατιθέμενο προϋπολογισμό θα καταβληθεί η προσπάθεια δημιουργίας ενός μοντέλου βέλτιστης συντήρησης και αναβάθμισης κάθε πέντε έτη.

Έπειτα από εκτενή συλλογή στοιχείων τα οποία θα παρουσιαστούν παρακάτω και αφορούν στον όγκο της κίνησης και των εμπορευμάτων των αερολιμένων αλλά και εκείνων που αποτελούν ύψιστης τουριστικής και στρατηγικής σημασίας έγινε η **κατηγοριοποίηση των είκοσι σημαντικότερων αεροδρομίων της χώρας**, εξαιρουμένου του αεροδρομίου των Αθηνών το οποίο λόγω της μεγάλης διαφοράς των στοιχείων σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, ήταν ανέφικτο να αξιολογηθεί στην ίδια κλίμακα.

Οι είκοσι σημαντικότεροι αερολιμένες είναι:

1	Κρατικός Αερολιμένας Θεσσαλονίκης "Μακεδονία" (ΚΑΘΜ)
2	Κρατικός Αερολιμένας Ρόδου "Διαγόρας" (ΚΑΡΔ)
3	Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου "Ν. Καζαντζάκης"
4	Κρατικός Αερολιμένας Κέρκυρας Ι. Καποδίστριας (ΚΑΚΚ)
5	Κρατικός Αερολιμένας Κω "Ιπποκράτης" (ΚΑΚΩΙ)
6	Κρατικός Αερολιμένας Αλεξανδρούπολης "Δημόκριτος" (ΚΑΑΛΔ)
7	Κρατικός Αερολιμένας Μυτιλήνης "Οδ. Ελύτης" (ΚΑΜΤΕ)
8	Κρατικός Αερολιμένας Λήμνου "Ηφαιστος" (ΚΑΛΜΗ)
9	Κρατικός Αερολιμένας Χανίων "Ι. Δασκαλογιάννης" (ΚΑΧΝΔ)
10	Κρατικός Αερολιμένας Κεφαλληνίας (ΚΑΚΦ)
11	Κρατικός Αερολιμένας Ζακύνθου "Δ. Σολωμός" (ΚΑΖΑΣ)
12	Κρατικός Αερολιμένας Σάμου "Αρίσταρχος ο Σάμιος" (ΚΑΣΜ)
13	Κρατικός Αερολιμένας Καβάλας "Μ. Αλέξανδρος" (ΚΑΚΒΑ)
14	Κρατικός Αερολιμένας Καλαμάτας "Καπετάν Βασ. Κωνσταντακόπουλος" (ΚΑΚΛ)
15	Κρατικός Αερολιμένας Σαντορίνης (ΚΑΣΡ)
16	Κρατικός Αερολιμένας Μυκόνου (ΚΑΜΚ)
17	Κρατικός Αερολιμένας Ακτίου (ΚΑΑΚ)
18	Κρατικός Αερολιμένας Σκιάθου "Α. Παπαδιαμάντης" (ΚΑΣΚ)
19	Κρατικός Αερολιμένας Πάρου (ΚΑΠΑ)
20	Κρατικός Αερολιμένας Χίου "Όμηρος" (ΚΑΧΙΟ)

1.3 Μεθοδολογία διπλωματικής εργασίας

Εφόσον επιδίωξη είναι η διαμόρφωση ενός μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης, εφελτήριο της επίτευξης του στόχου ήταν η Επιχειρησιακή Έρευνα.

Η **Επιχειρησιακή Έρευνα** είναι ένα κύριο εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για την άσκηση διοίκησης και ειδικότερα για τη λήψη αποφάσεων με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο εύστοχος ορισμός της Ε.Ε.Ε.Ε.: *‘Επιχειρησιακή Έρευνα είναι η επιστημονική προετοιμασία των αποφάσεων της Διοικήσεως με την επιστημονική ανάλυση των δεδομένων και τη δημιουργία μαθηματικών προτύπων’* είναι ικανός να βοηθήσει στην κατανόηση του όρου. Η Επιχειρησιακή Έρευνα ασχολείται με την άριστη λήψη αποφάσεων σε προσδιοριστικά και πιθανολογικά συστήματα που προκύπτουν μέσα από πραγματικά προβλήματα.

Η ανάπτυξη του μοντέλου βασίστηκε σε ένα σύνολο ποσοτικών σχέσεων που εκφράζουν τους στόχους του προβλήματος και τους περιορισμούς του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα στον **ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό της μορφής ‘0-1’**. Η συγκεκριμένη μορφή μπορεί να συσχετισθεί με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων όπου οι εναλλακτικές επιλογές είναι της μορφής ‘ΝΑΙ – ΟΧΙ’ ,δηλαδή αν μια επιχείρηση προβεί στην πραγματοποίηση ή όχι μίας ενέργειας, μίας επένδυσης με σκοπό τη βελτιστοποίηση των χρηματοροών της.

Η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος περιλαμβάνει αρχικά τον καθορισμό των μεταβλητών του, όπου σε προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού ποσοτικοποιούν τις αποφάσεις που πρόκειται να ληφθούν, γι’ αυτό ονομάζονται και μεταβλητές απόφασης. Οι τιμές αυτών των μεταβλητών χρειάζεται να προσδιοριστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να αποδοθεί **το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα**, το οποίο αποτελεί και το κριτήριο ή μέτρο απόδοσης του συστήματος που έχει ορισθεί. Η συνάρτηση της οποίας αναζητείται το μέγιστο και η οποία περιγράφει το κριτήριο απόδοσης του συστήματος αποτελεί την αντικειμενική συνάρτηση.

1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας

Συνοπτική παρουσίαση της δομής των επιμέρους κεφαλαίων

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται η προσπάθεια προσδιορισμού του θέματος της Διπλωματικής Εργασίας και ο καθορισμός του στόχου. Έπειτα από μία γενική ανασκόπηση της αναγκαιότητας των εναέριων μεταφορών επισημαίνεται η σπουδαιότητα των συστημάτων υποδομών με στόχο τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας, συντήρησης και αναβάθμισης των ελληνικών αερολιμένων και καταγράφεται με μεγαλύτερη σαφήνεια ο στόχος εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Παρατίθεται και μία περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την αντιμετώπιση του αντικειμένου.

Το κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει την παρουσίαση και την ανασκόπηση των αποτελεσμάτων από έρευνες συναφείς με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και των μεθοδολογιών που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα για την αντιμετώπιση παρόμοιων προβλημάτων. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται μία προσπάθεια συγκριτικής αξιολόγησης, ώστε να διαπιστωθεί αν και ποιες από αυτές μπορούν να συνδράμουν στην επίλυση του προβλήματος.

Στο κεφάλαιο 3 προσδιορίζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασιστήκαμε και αναλύεται εις βάθος για την πλήρη αποσαφήνιση η επιλεγείσα μεθοδολογία καθώς και οι προϋποθέσεις εφαρμογής της.

Στο κεφάλαιο 4 περιλαμβάνεται η συλλογή και η επεξεργασία στοιχείων στα οποία στηρίχτηκε η παρούσα εργασία.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η αναλυτική περιγραφή των βημάτων που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας μέχρις ότου επέλθει η λύση και το τελικό αποτέλεσμα για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Επίσης, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων επιτυγχάνεται μέσω της λεπτομερούς παρουσίασης και ανάλυσης των εξαγόμενων στοιχείων, της περιγραφής και της εξήγησης των αποτελεσμάτων.

Στο κεφάλαιο 6 περιέχονται τα συνολικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας και καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα ή περαιτέρω διερεύνηση, προσθήκη ή αλλαγή μεταβλητών και παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο κεφάλαιο 7 παρατίθεται κατάλογος βιβλιογραφικών αναφορών, οι οποίες σχετίζονται με παρεμφερείς έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, παρουσιάζονται **αφενός τα αποτελέσματα και αφετέρου οι μεθοδολογίες** που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων, έπειτα από έρευνα και μελέτη εργασιών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας σε Ελλάδα και εξωτερικό. Συγκεκριμένα παρατίθεται σύνοψη της κάθε εξεταζόμενης εργασίας που περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικά αποτελέσματα, ώστε έπειτα από τη σύνθεση των παραπάνω στοιχείων να προκύπτει η αναγκαιότητα εξέτασης του αντικειμένου και η επιλογή της υιοθετηθείσας μεθοδολογίας για το αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Με αυτόν τον τρόπο καταδεικνύεται ότι από τις συναφείς έρευνες δεν έχει καλυφθεί πλήρως το αντικείμενο που εξετάζεται αλλά και με ποιον τρόπο, μέσω των χρησιμοποιούμενων μεθοδολογιών, επιλέγεται η καταλληλότερη για την αντιμετώπιση του ζητουμένου.

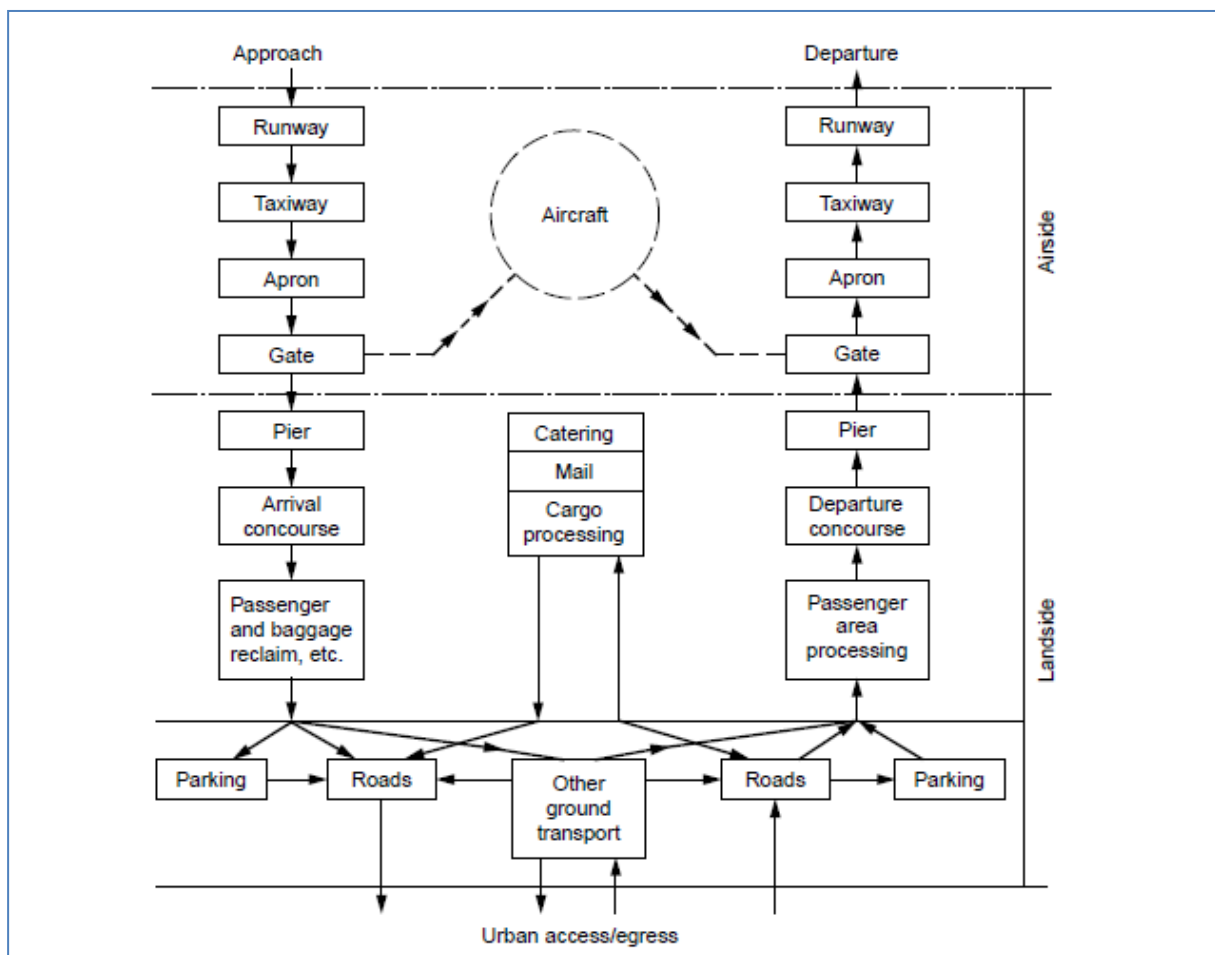
Καθοριστικό ρόλο για την επίτευξη του στόχου της παρούσας διπλωματικής εργασίας διαδραματίζουν τα **υφιστάμενα συστήματα και έργα υποδομής**, μέσω των οποίων θα επέλθει η αναβάθμιση των αερολιμένων καθώς και η κατεύθυνση της αναβάθμισης στον χώρο του αερολιμένα.

Προκειμένου να επιλεχθούν με τον πιο ορθολογιστικό και τεκμηριωμένο τρόπο τόσο οι ενέργειες αναβάθμισης μέσω των δεικτών απόδοσης των αερολιμένων, όσο και η μεθοδολογία που θα επιφέρει τη βέλτιστη λύση στη συντήρηση και αναβάθμισή τους, πραγματοποιήθηκε **ολοκληρωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση**.

2.2 Ενέργειες αναβάθμισης και συναφείς έρευνες εφαρμογών βελτιστοποίησης

2.2.1 Τυπικός αερολιμένας – ενέργειες αναβάθμισης

Έπειτα από διερεύνηση ενός τυπικού αερολιμένα, ο οποίος συνάδει με τους κανονισμούς της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας και της Ομοσπονδιακής Διοίκησης Αεροπορίας κάθε χώρας, οι κυριότεροι χώροι από τους οποίους διαμερίζεται είναι ο διάδρομος από-προσγειώσεων, ο χώρος κίνησης και αναμονής των αεροσκαφών, ο τερματικός σταθμός και οι χώροι εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου. Πιο συγκεκριμένα παρατίθεται ένα τυπικό διάγραμμα της κάτοψης ενός αερολιμένα όπως διαμορφώθηκε κατά την εκπόνηση της εργασίας ‘**Airport Planning and design**’ από τον **Robert K. Whitford (2003)**.



Σχήμα 2.1: Φωτογραφία του αεροπορικού συστήματος (Ashford, N., Stanton, H., and Moore, P., Airport Operations, Pitman, London, 1991.)

Σύμφωνα με το σχήμα 2.1, οι επιβάτες, εισερχόμενοι στον αερολιμένα, κατευθύνονται στον χώρο αξιοποίησης επιβατών και αποσκευών, έπειτα περνούν στον αστικό χώρο συνάθροισης και στην αποβάθρα ελέγχου των αποσκευών, ακολουθούνται στην πύλη, εν συνεχεία στην ποδιά, στον τροχόδρομο ώστε τελικά να οδηγηθούν στο αεροσκάφος, το οποίο με τη σειρά του θα κατευθυνθεί στο διάδρομο από-προσγειώσεων.

Έπειτα από μελέτη ερευνών της **Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας** καθώς συλλέγοντας επιπρόσθετα στοιχεία από την Ελληνική Στατιστική Αρχή αλλά και από κάθε αερολιμένα μεμονωμένα, ήταν φανερό πως οι περισσότεροι αερολιμένες της χώρας διαθέτουν ελλιπείς υποδομές με μεγαλύτερο αντίκτυπο στον τερματικό σταθμό, ο οποίος χρήζει άμεσης αναβάθμισης και αναδιαμόρφωσης σε αρκετές περιπτώσεις.

Μάλιστα, το πρόσφατο πλάνο της κοινοπραξίας Fraport – Slentel για την αναβάθμιση των 14 περιφερειακών αερολιμένων της χώρας με έργα αναβάθμισης και συντήρησης υποδομών ύψους τριακοσίων τριάντα εκατομμυρίων Ευρώ στην προσεχή τετραετία καταδεικνύει την ανάγκη αυτή.

2.2.2 Εφαρμογές βελτιστοποίησης – συναφείς έρευνες

Η Ελλάδα, στην τρέχουσα συγκυρία της οικονομικής κρίσης, δεν έχει την πολυτέλεια τυχόν αποτυχίας της οικονομικής δραστηριότητας και παραγωγικότητας, οι οποίες αναπτερώνουν τις ζωτικές λειτουργίες της κοινωνίας, διασφαλίζοντας την υγεία, την φυσική προστασία, την ασφάλεια, την οικονομική και κοινωνική ευημερία των πολιτών. Οι κρίσιμες υποδομές, οι υποδομές ζωτικής σημασίας της χώρας είναι αυτά τα συστήματα ή υποσυστήματα, όπως τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ενέργειας, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, τα συστήματα των αεροδρομίων.

Ωστόσο, το πρόβλημα της βέλτιστης λύσης κατανομής των πόρων με σκοπό τη συντήρηση, την ανανέωση και την επισκευή των παραπάνω συστημάτων είναι ένα θέμα το οποίο απασχολεί χρόνια την επιστημονική κοινότητα. Από το 1940 ήδη, γεννήθηκε η ανάγκη του νέου επιστημονικού κλάδου, ο οποίος θα έχει ως αντικείμενο όχι μόνο την εύρεση του καλύτερου δυνατού τρόπου επίλυσης των προβλημάτων της κατανομής των πόρων αλλά θα είναι σε θέση να ικανοποιεί την προσπάθεια για επιστημονική διοίκηση των οργανισμών. Η παραπάνω επιστήμη ονομάζεται **Επιχειρησιακή Έρευνα**.

Βασικά στάδια της Επιχειρησιακής Έρευνας είναι η ανάλυση του συστήματος, η διατύπωση στόχων, η διατύπωση του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί, η επίλυση του μοντέλου, η ανάλυση ευαισθησίας και η υλοποίηση της λύσης.

Οι **Zanakis et al. (1995)** στη δημοσίευσή τους παρέχουν μία λεπτομερή ανάλυση των ήδη υπάρχουσών παλαιότερων ερευνών που σχετίζονται με την κατανομή των πόρων και τις κατατάσσουν με βάση τα διαφορετικά μοντέλα στα οποία στηρίχθηκαν, τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν, τον σκοπό κάθε έρευνας και τα επιστημονικά πεδία στα οποία βρίσκουν εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα, επισημαίνεται ότι οι διάφοροι φορείς αντιμετωπίζουν τακτικά την ανάγκη να κατανεύουν τα περιορισμένα κεφάλαιά τους στα διαφορετικά προγράμματα/έργα ικανοποιώντας αντικρουόμενους στόχους και ενδιαφέροντα. Το πρόβλημα της κατανομής πόρων στην δημοσίευση των Zanakis et al. (1995) τίθεται θεωρώντας ένα σύνολο προγραμμάτων/έργων με ένα ποσοτικοποιημένο όφελος που ανατίθεται σε κάθε πρόγραμμα/έργο. Κρίσιμη θεωρείται η απόφαση σχετικά με το ποιο πρόγραμμα θα χρηματοδοτηθεί και με ποιο ποσό. Είναι φανερό δηλαδή πως υπάρχουν πολλαπλοί στόχοι οι οποίοι πρέπει να ιεραρχηθούν ή κατά κάποιο τρόπο να συμπυκνωθούν.

Παρακάτω παρατίθενται χρονολογικά διάφορες συναφείς έρευνες κατανομής των πόρων και πεδίων εφαρμογών τους.

2.2.2.1 Συντήρηση γεφυρών

Οι **Jiang και Sinha (1989)** μελέτησαν το θέμα της συντήρησης των γεφυρών. Οι τεχνικές ανάπτυξης ενός συστήματος διαχείρισης των γεφυρών για το τμήμα 'Indiana Department of Highways (IDOH)' βασίστηκαν στο *συνδυασμό του δυναμικού προγραμματισμού με ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό παράλληλα με την αλυσίδα Μαρκόφ/Μαρκοβιανή αλυσίδα (Markov chain)*. Ειδικά, η Μαρκοβιανή αλυσίδα χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του μοντέλου το οποίο θα προβλέπει την επιδείνωση της κατάστασης των γεφυρών τα επόμενα χρόνια. Επιπλέον, το πρόβλημα του ακέραιου (γραμμικού) προγραμματισμού της μορφής «0-1» (Zero-one integer linear programming) χρησιμοποιήθηκε για να επιτύχει την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος των γεφυρών με το μικρότερο δυνατό κόστος. Λήφθηκαν τρεις βασικές ενέργειες συντήρησης: η ανοικοδόμηση του καταστρώματος, η αντικατάσταση του καταστρώματος και η αντικατάσταση της γέφυρας. Κάθε μία από τις παραπάνω δραστηριότητες αντιστοιχούσε στον αριθμό ένα ή μηδέν. Ο αριθμός ένα σήμαινε ότι η αντίστοιχη δραστηριότητα εκτελούνταν, ενώ ο αριθμός μηδέν ότι η αντίστοιχη δραστηριότητα δεν εκτελούνταν. Τέλος, η χρήση του δυναμικού προγραμματισμού συνετέλεσε στο να βρεθεί η βέλτιστη κατανομή των πόρων, λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς σχετικά με τον προϋπολογισμό της επένδυσης. Σε αυτό το σημείο η μέθοδος διαιρούνταν σε στάδια στα οποία αντιστοιχούσαν δύο μεταβλητές: κατάσταση γέφυρας και διαθέσιμοι πόροι. Οι

αποφάσεις που πάρθηκαν σε κάθε στάδιο είχαν στόχο την καλύτερη λειτουργία του συστήματος των γεφυρών.

2.2.2.2 Συντήρηση οδοστρωμάτων

Οι **Ravirala και Γρίβα (1994)** αποδεικνύουν πως ο προγραμματισμός του στόχου είναι ευεργετικός για την επίτευξη αντικρουόμενων στόχων ταυτόχρονα. Ωστόσο, ο προγραμματισμός του στόχου παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να ενσωματώσει τις πιθανότητες μετάβασης κατά Markov στη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Εν συνεχεία, ο ακέραιος προγραμματισμός που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την προσέγγιση είναι μη εφαρμόσιμος σε μεγάλης κλίμακας δίκτυα οδοστρωμάτων εξαιτίας των υψηλών υπολογιστικών απαιτήσεων. Συνεπώς, το μοντέλο που προτάθηκε από τον Ravirala για να αναπτύξει ένα βέλτιστο πολυετές πρόγραμμα συντήρησης ακολούθησε το *γραμμικό προγραμματισμό* έναντι του ακέραιου.

Ακολούθως, στα επόμενα χρόνια οι **Ravirala et al. (1997)** προτίμησαν την παραπάνω προσέγγιση του *προγραμματισμού στόχου* εξαιτίας της δυνατότητάς της στην εξέταση προβλημάτων που περιλαμβάνουν αντικρουόμενους στόχους με διαφορετικούς βαθμούς σπουδαιότητας.

Οι **Mbwana και Turnquist (1996)** περιέγραψαν ένα σύστημα διαχείρισης οδοστρώματος χρησιμοποιώντας ένα *γραμμικό αλγόριθμο* μεγάλης κλίμακας. Οι πιθανότητες μετάβασης Markov χρησιμοποιούνται στο μοντέλο για να προβλέψουν την μελλοντική κατάσταση του οδοστρώματος.

Οι **Liu και Wang (1996)** πρότειναν ένα νέο σύστημα βελτιστοποίησης δικτύου, όπου ο διαθέσιμος ετήσιος προϋπολογισμός για τη συντήρηση και την αποκατάσταση του δικτύου εισάχθηκε ως περιορισμός. Ο στόχος του προτεινόμενου μοντέλου ήταν να μεγιστοποιήσει την ποιότητα του οδοστρώματος χρησιμοποιώντας αποτελεσματικά τον διαθέσιμο προϋπολογισμό. Οι Liu και Wang (1996) *χρησιμοποίησαν γραμμικό προγραμματισμό* για να εκτελέσουν την βελτιστοποίηση του δικτύου. Η αντικειμενική συνάρτηση του προτεινόμενου μοντέλου περιλαμβάνει τους συντελεστές $w_{i,k}$ και f_i , όπου ο συντελεστής $w_{i,k}$ υποδηλώνει την αναλογία των οδοστρωμάτων που βρίσκονται στην κατάσταση i στην αρχή της l -περιόδου του χρονικού ορίζοντα T σε σχέση με εκείνα που εφαρμόζει η διαδικασία συντήρησης, ενώ ο συντελεστής f_i

υποδηλώνει την βαθμονόμηση των επιδόσεων για την κατάσταση i . Ο συντελεστής f_i χρησιμοποιείται στο μοντέλο ως μια χρηστική αξία εξέτασης της επίδρασης της κάθε κατάστασης στη συνολική επίδοση του οδοστρώματος. Η αντικειμενική συνάρτηση μεγιστοποιεί την ολική επίδοση του οδοστρώματος για τον χρονικό ορίζοντα T . Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου μοντέλου βελτιστοποίησης ήταν η κατανομή του ετήσιου προϋπολογισμού για διαφορετικές δράσεις βελτιστοποίησης και τα ποσοστά των οδοστρωμάτων τα οποία αναμένεται να είναι στην κάθε κατάσταση στην αρχή του κάθε έτους.

Οι **Tak και Chou (2002)** απέδειξαν ότι ένας γενετικός αλγόριθμος βασισμένος στη βελτιστοποίηση αποδείχτηκε κατάλληλος στον καθορισμό πολυετών προγραμμάτων συντήρησης. Ο στόχος του συγκεκριμένου μοντέλου ήταν να επιτύχει την υψηλότερη κατάσταση του πεζοδρομίου για το οδικό δίκτυο. Ο βαθμός της ευελιξίας και της επεκτασιμότητας που συνυπάρχει στο γενετικό αλγόριθμο πλεονεκτεί στο ότι για κάθε τύπο πεζοδρομίου απαιτούνται διαφορετικά μοντέλα χειροτέρευσης της κατάστασης και τύποι επισκευής. Εν αντιθέσει, ο δυναμικός προγραμματισμός στερείται τέτοιων χαρακτηριστικών. Συνεπώς, οι Tak και Chou εξήγαγαν το πόρισμα ότι ο δυναμικός προγραμματισμός είναι ανεπιτυχής για το συγκεκριμένο μοντέλο. Επιπροσθέτως, οι Chou et al. υποστήριξαν την παραπάνω άποψη, ισχυριζόμενοι ότι ο γενετικός αλγόριθμος είναι ο κατάλληλος για προβλήματα με σημαντικό αριθμό μεταβλητών και περιορισμών, επειδή η κωδικοποίηση των αντικειμενικών συναρτήσεων στον γενετικό αλγόριθμο είναι ευέλικτη.

Οι **Abaza και Ashur (2004)** εφάρμοσαν ένα μοντέλο Markov για να προβλέψουν τη μελλοντική κατάσταση του οδοστρώματος και ανέπτυξαν μία μη γραμμική μέθοδο βελτιστοποίησης ώστε να επιτύχουν τη βέλτιστη κατάσταση οδοστρώματος με βάση και με τους περιορισμούς του προϋπολογισμού. Το μοντέλο Markov που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από τρία κύρια στοιχεία. Τα συγκεκριμένα στοιχεία είναι οι πέντε δείκτες κατάστασης, a, b, c, d, e οι οποίοι αντιπροσωπεύουν την τέλεια, την καλή, τη μέτρια, τη πτωχή και την κακή κατάσταση αντίστοιχα, οι πιθανότητες χειροτέρευσης P_{ij} οι οποίες αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα που έχει το οδόστρωμα να χειροτερεύσει από την κατάσταση i στην κατάσταση j σε ένα μεμονωμένο χρονικό διάστημα και τέλος οι πιθανότητες συντήρησης f_{ij} , οι οποίες αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα που έχει ένα οδόστρωμα να βελτιωθεί από την κατάσταση i στην κατάσταση j σε ένα μεμονωμένο χρονικό διάστημα ως αποτέλεσμα των ενεργειών συντήρησης. Βασική επιδίωξη των Abaza και Ashur ήταν να καθοριστεί το βέλτιστο μελλοντικό πρόγραμμα συντήρησης και βελτιστοποίησης, το οποίο και θα εφαρμοστεί. Το προτεινόμενο μοντέλο ήταν σε θέση να παρέχει το

ποσό επένδυσης που απαιτήθηκε για κάθε στρατηγική συντήρησης και αποκατάστασης έτσι ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Οι **Herabat και Tangphaisankun (2005)** χρησιμοποιούν *γενετικό αλγόριθμο* για την κατασκευή ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων για το οδικό δίκτυο της Ταϊλάνδης. Το σύστημα χρησιμοποιεί γραμμικά μοντέλα φθοράς που βασίζονται στο δείκτη IRI (International Roughness Index) και διαθέτει πέντε εναλλακτικές τεχνικές συντήρησης. Το μοντέλο θεωρεί ότι η καταπόνηση του οδοστρώματος οφείλεται αποκλειστικά σε κυκλοφοριακούς παράγοντες και προσπαθεί να βρει τη βέλτιστη τεχνική συντήρησης ελαχιστοποίησης του κόστους εξαιτίας της χρήσης του οχήματος (Vehicle Operation Cost).

Οι **Chootinan et al. (2005)** μελέτησαν ένα πολυετές πρόγραμμα συντήρησης οδοστρωμάτων το οποίο μπορεί να υπολογίσει με ακρίβεια την αβεβαιότητα της χειροτέρευσης της κατάστασης του οδοστρώματος. Οδηγήθηκαν στην ανάπτυξη ενός *γενετικού αλγορίθμου*, ο οποίος είναι ικανός να προγραμματίσει τις δραστηριότητες συντήρησης για μία πολυετή περίοδο προγραμματισμού. Χρησιμοποιείται μια στοχαστική προσομοίωση της αβεβαιότητας της μελλοντικής κατάστασης των οδοστρωμάτων και στη συνέχεια αναλύθηκαν τα αποτελέσματα της αβεβαιότητας της επιδείνωσης της κατάστασης των οδοστρωμάτων στο πρόγραμμα συντήρησης. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι προγραμματίζοντας τις δραστηριότητες συντήρησης χρησιμοποιώντας μόνο τις αναμενόμενες καταστάσεις των οδοστρωμάτων είναι πιθανό να υποεκτιμηθεί ο απαιτούμενος προϋπολογισμός και να υπερεκτιμηθεί η επίδοση του δικτύου των οδοστρωμάτων.

Στην **πολιτεία της Αριζόνα (2006)** επιχειρήθηκε η προσπάθεια κατασκευής ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων. Το μοντέλο βελτιστοποίησης που αναπτύχθηκε είχε ως στόχο να ελαχιστοποιήσει το ετήσιο κόστος συντήρησης και αποκατάστασης για την περίοδο προγραμματισμού. Το σύστημα που κατασκευάστηκε λαμβάνει δεδομένα για την περιοχή από την οποία προέρχονται τα τμήματα του οδοστρώματος, το είδος των τμημάτων αυτών, στοιχεία για κυκλοφοριακούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες που επιδρούν στα τμήματα κ.α. Για να ληφθεί υπόψη η επίδραση εξωτερικών παραγόντων στο οδόστρωμα χρησιμοποιείται ο δείκτης PDI (Pavement Distress Index) και τα οδοστρώματα

ταξινομούνται σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση τους. Το σύστημα διαθέτει μια λίστα με τις διαθέσιμες τεχνικές συντήρησης και τη βελτίωση που προσφέρει η κάθε μία στο οδόστρωμα. Η εύρεση της καλύτερης λύσης γίνεται με *δέντρα αποφάσεων*.

Οι **Sceinberg και Anastasopoulos (2010)** ανέπτυξαν ένα σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων, μέσω του οποίου επέρχεται η βέλτιστη λύση για τη συντήρηση του οδοστρώματος, στο οποίο επιδιώκεται να φθάσει στην καλύτερη δυνατή κατάσταση του και ταυτόχρονα θα δαπανούνται οι λιγότεροι πόροι. Χρησιμοποίησαν τη μέθοδο του *γραμμικού προγραμματισμού σε συνδυασμό με δέντρα αποφάσεων*. Τα δεδομένα του συστήματος είναι οι εναλλακτικές παρεμβάσεις συντήρησης και η κατάσταση του οδοστρώματος.

Το **Υπουργείο Μεταφορών του Τέξας (2010)** σε *συνδυασμό με το Πανεπιστήμιο του Τέξας* παρουσίασαν μια *διαδικτυακή εφαρμογή* που έχει ως στόχο τον προσδιορισμό των απαραίτητων κονδυλίων για τη συντήρηση του οδοστρώματος. Το σύστημα εμπεριέχει ιστορικά δεδομένα και μπορεί να καθορίζει την κατάσταση του οδοστρώματος μέσω της βαθμολογίας που το κάθε τμήμα συγκεντρώνει από την κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος, την καταπόνηση και την άνεση οδήγησης.

Οι **Elhadidy et al. (2014)** περιέγραψαν ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα βελτιστοποίησης για τη συντήρηση και την αποκατάσταση οδοστρωμάτων στην Αίγυπτο με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους και τη μεγιστοποίηση της κατάστασης για το οδικό δίκτυο. Χρησιμοποιείται η *αλυσίδα Markov* για την πρόβλεψη της κατάστασης του οδοστρώματος και τον υπολογισμό της αναμενόμενης χειροτέρευσής της στις διαφορετικές χρονικές περιόδους. Ακολούθως, αναπτύχθηκε *ένας γενετικός αλγόριθμος*, μέσω του οποίου αναζητήθηκαν οι βέλτιστες δράσεις βελτιστοποίησης που χρειάζονταν να εφαρμοστούν σε κατάλληλο χρόνο σε ένα πεζοδρόμιο.

2.2.2.3 Ασφάλεια μεταφορών

Οι **N. Lagaros, Konstantinos Kepaptsoglou** και **Matthew G. Karlaftis, (2013)** μελέτησαν την ασφάλεια της υποδομής των μεταφορών, η οποία είναι ζωτικής σημασίας. Οι αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια οδηγούν τις αρχές μεταφορών στο να βελτιώσουν, να αναβαθμίσουν και να ενισχύσουν την επιτήρηση, την πρόληψη και τον εξοπλισμό στις εγκαταστάσεις, συχνά κάτω από τους σφιχτούς δημοσιονομικούς και λειτουργικούς περιορισμούς. Σε αυτό το πλαίσιο, στην παρούσα μελέτη, προτείνεται ένα *μοντέλο κατανομής των πόρων* για την αναβάθμιση της ασφάλειας των μεταφορών. Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στη συγκεκριμένη μελέτη είναι *μη γραμμικός προγραμματισμός*. Η συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποίησε τα μετρό της Αθήνας και έγιναν διάφορες δοκιμές με διαφορετικούς κάθε φορά προϋπολογισμούς.

2.2.2.4 Μέριμνα αερολιμένων

Η **Υ.Π.Α.** δηλαδή η Γενική Διεύθυνση Παροχής Υπηρεσιών Αεροναυτιλίας με αρμοδιότητα την παροχή υπηρεσιών αεροναυτιλίας για τη γενική εναέρια κυκλοφορία αποτελεί τον 'Φορέα Παροχής Υπηρεσιών Αεροναυτιλίας', κατά την έννοια του άρθρου 2 του Κανονισμού 549/2004 ΕΚ και οι παρεχόμενες υπηρεσίες του Φορέα Παροχής Υπηρεσιών Αεροναυτιλίας είναι οι Υπηρεσίες Ελέγχου Εναέριας Κυκλοφορίας (Air Traffic Services - ATS), οι Υπηρεσίες Επικοινωνίας, Πλοήγησης και Επιτήρησης (Communication, Navigation, Surveillance - CNS) και οι Υπηρεσίες Αεροναυτικών Πληροφοριών (Aeronautical Information Services - AIS). Ο Φορέας Παροχής Υπηρεσιών Αεροναυτιλίας υποχρεούται να λειτουργεί σύμφωνα με τα εκάστοτε ισχύοντα διεθνή και κοινοτικά πρότυπα ασφαλείας, με σκοπό την ασφάλεια των πτήσεων και την ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας. Συνοψίζοντας, αποστολή της είναι η οργάνωση, η ανάπτυξη και ο έλεγχος του συστήματος αερομεταφορών της χώρας καθώς και η μελέτη και διατύπωση εισηγήσεων προς τον υπουργό Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων για τη διαμόρφωση της πολιτικής στις αερομεταφορές γενικά.

2.2.2.5 Μελέτες αερολιμένων

Ένα ιδιαίτερα αξιολογικό πολυκριτηριακό μοντέλο στρατηγικού σχεδιασμού σε μακροκλίμακα είναι το **μοντέλο της FAA** που αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ από το DOT και συγκεκριμένα από την Ομοσπονδιακή Αεροπορική Υπηρεσία (**Federal Aviation Administration, 'Notice of Revision to Airport Capital Improvement Plan – ACIP, 1996**) με σκοπό να θέσει τις προτεραιότητες ανάπτυξης των αεροδρομίων στις ΗΠΑ. Το συγκεκριμένο μοντέλο λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης και οι εναλλακτικές λύσεις ανάπτυξης των αεροδρομίων παραμετροποιούνται σύμφωνα με τους στόχους που τέθηκαν στα πλαίσια του συγκεκριμένου σχεδιασμού. Έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\text{Βαθμός αξιολόγησης} = 0,25 * P * (APT + 1,4 * P + C + 1,2 * T)$$

όπου P: Μέσος όρος του αθροίσματος των βασικών στοιχείων του αεροδρομίου, APT: Μέγεθος του αεροδρομίου ανάλογα με την ετήσια κίνηση του αεροδρομίου, C: Μέσος όρος του αθροίσματος των υπόλοιπων στοιχείων του αεροδρομίου, T: Τύπος του αεροδρομίου, που εκφράζεται ως μέσος όρος των έργων του αεροδρομίου

Οι τιμές των μεταβλητών λαμβάνουν τις παρακάτω τιμές:

APT: ετήσια κίνηση αεροσκαφών < 8.000 = 2, 8.000 έως 20.000 = 3, 20.000 έως 50.000 = 4, 50.000 έως 100.000 = 5

P: χωρητικότητα = 7, περιβάλλον = 8, σχεδιασμός = 8, ασφάλεια = 10, ανακατασκευή = 8, standards = 6

C: διάδρομος = 10, εξοπλισμός = 8, κτιριακά = 3, επίγειες μεταφορές = 4, ελικοδρόμιο = 9, κτήση γης = 7, υπόλοιπα έργα = 7, terminal = 1, δάπεδα στάθμευσης = 5

T: πρόσβαση = 7, κατασκευή = 10, απαλλοτριώσεις = 6, επεκτάσεις = 6, καύσιμα = 2, φωτισμός = 8, ILS = 7, βελτιωτικά έργα = 8, παράμετροι σχεδιασμού αεροδρομίου = 9, περιβαλλοντικά έργα = 7, ARFF = 10, ασφάλεια = 6, σηματοδότηση = 9, ζώνες ασφαλείας = 8, επίγεια μέσα = 6, σύστημα οπτικής προσέγγισης = 8, ασφάλεια αεροδρομίου = 8, μετεωρολογικός σταθμός = 8

Οι **Tsamboulas, Yotis, Panou** ανέπτυξαν ένα πολυκριτηριακό μοντέλο οργανωτικού και οικονομικού σχεδιασμού σε μικρό-κλίμακα όπου λαμβάνονται υπόψη περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί παράμετροι σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης (**The use of multicriteria methods for the assessment of transport infrastructure projects. A comparative analysis, USA, 1999**). Συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν πολυκριτηριακά μοντέλα αξιολόγησης τα οποία λαμβάνουν ποσοτικοποιημένες τιμές που προκύπτουν από λογικές υποθέσεις, από τις παραμέτρους σχεδιασμού των αεροδρομίων και από συναφείς μελέτες. Κατευθυντήρια κριτήρια αποτέλεσαν το κόστος του έργου (άμεση συσχέτιση με το δείκτη 'εσωτερικός συντελεστής οικονομικής αποδοτικότητας'), οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (συσχέτιση με αποτελέσματα μελετών), οι επιπτώσεις στην οικονομία του νομού και της περιφέρειας (συσχέτιση με το δείκτη αύξησης της απασχόλησης) και τέλος τα θετικά αποτελέσματα αξιολόγησης κόστους – ωφέλειας για την Εθνική Οικονομία (συσχέτιση με το δείκτη 'εσωτερικός συντελεστής οικονομικής αποδοτικότητας'). Ο προσδιορισμός των βαρυτήτων των κριτηρίων αξιολόγησης προέκυψε από ερωτηθέντες, ειδικούς με τα αεροδρόμια και οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε μορφή μητρώου με τη βοήθεια της κλίμακας REMBRANT (Lootsma F.A., 1992) και της κλίμακας SAATY (Saaty, 1980), ώστε να προκύψουν οι τελικές τιμές των βαρυτήτων των κριτηρίων. Για κάθε δείκτη, δίνονται η βέλτιστη και η χειρίστη πιθανή τιμή από λογικές υποθέσεις, με εξαίρεση το κριτήριο των περιβαλλοντικών υποθέσεων το οποίο περνά απευθείας στο επόμενο στάδιο της ανάλυσης, καθώς αναφέρεται αποκλειστικά σε ποιοτική κλίμακα. Εν συνεχεία αξιοποιούνται οι ανά κριτήριο τιμές στις περιπτώσεις της υλοποίησης ή μη των σχεδίων δράσης και εξετάζονται οι διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις ακραίες τιμές που εκφράζουν τα κριτήρια αξιολόγησης.

Η **ΥΠΑ** εφήρμοσε πιλοτικά για τους αερολιμένες της Καβάλας και της Αλεξανδρούπολης το συνδυασμό της εφαρμογής των παραπάνω μοντέλων σε μακρό-κλίμακα και σε μικρό-κλίμακα με κατάλληλη προσαρμογή ποσοτικοποιημένων τιμών, **'Master Plan, 2000'** με αξιοσημείωτα αποτελέσματα, ώστε επιτυχώς να είναι σε θέση να αποτελέσουν το μελλοντικό οργανωτικό και οικονομικό σχεδιασμό των ελληνικών αερολιμένων.

2.3 Κριτική αξιολόγηση

Συνοψίζοντας τη σύνθεση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης από διάφορες έρευνες βέλτιστης κατανομής των πόρων για τη συντήρηση και αναβάθμιση διαφόρων συστημάτων υποδομής εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Υπάρχει ένα ισχυρό σύνολο από γραμμικές και μη γραμμικές προσεγγίσεις με σκοπό την επίλυση προβλημάτων συντήρησης, επισκευής, αποκατάστασης, αναβάθμισης. Κάθε μία από αυτές βασίζεται σε μία σειρά από παραδοχές και διαθέσιμα δεδομένα, πληροφορίες και γνώση.
- Έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες για την αξιοποίηση των ελληνικών αερολιμένων και την αναβάθμισή τους.
- Η Ομοσπονδιακή Αεροπορική Υπηρεσία (FAA) ανέπτυξε ένα αξιόλογο πολυκριτηριακό μοντέλο στρατηγικού σχεδιασμού σε μακρό-κλίμακα το οποίο λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης και οι εναλλακτικές λύσεις ανάπτυξης των αεροδρομίων παραμετροποιούνται μέσω απλής συνάρτησης των στόχων που τέθηκαν στα πλαίσια του συγκεκριμένου σχεδιασμού.
- Οι Tsamboulas, Yotis, Ρανου ανέπτυξαν ένα πολυκριτηριακό μοντέλο οργανωτικού και οικονομικού σχεδιασμού σε μικρό-κλίμακα όπου λαμβάνονται υπόψη περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί παράμετροι σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης των επενδύσεων όπου κατηγοριοποιούνται με τη βοήθεια της κλίμακας REMBRANT και της SAATY και εν συνεχεία αξιολογούνται.
- Δεν έχει πραγματοποιηθεί ποτέ ξανά συνολική προσπάθεια αναβάθμισης των σπουδαιότερων ελληνικών αερολιμένων.
- Η πιλοτική εφαρμογή του στρατηγικού σχεδιασμού της ΥΠΑ σε μακρό-κλίμακα και σε μικρό-κλίμακα για τους αερολιμένες της Καβάλας και της Αλεξανδρούπολης, δε σχετίζεται με τη καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του αρχικού διαθέσιμου

προϋπολογισμού παρά με τον δείκτη κόστος δράσης αναβάθμισης και ωφέλειας αυτής.

- Στην Ελλάδα της οικονομικής κρίσης, η αναβάθμιση των αερολιμένων θα προάγει την τουριστική και ακολούθως την οικονομική δραστηριότητα της χώρας, καθώς θα την καθιστούν άξια σύγκρισης με αερολιμένες σε παγκόσμιο επίπεδο
- Υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση του προβλήματος της συντήρησης και αναβάθμισης των σπουδαιότερων ελληνικών αερολιμένων.



3.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο μοντέλων προγραμματισμού, μέσω των οποίων επιλύονται προβλήματα βελτιστοποίησης. Συγκεκριμένα, δίνεται έμφαση σε προβλήματα γραμμικού και ακέραιου προγραμματισμού, στα οποία στηρίχθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία με στόχο τη βέλτιστη κατανομή των πόρων για τη συντήρηση και αναβάθμιση των σπουδαιότερων ελληνικών αερολιμένων.

3.2 Θεωρία Γραμμικών Μοντέλων Προγραμματισμού

Το μαθηματικό πρότυπο του Γραμμικού Προγραμματισμού (**Linear programming, L.P.**) επιλύει το πρόβλημα της βέλτιστης κατανομής πόρων κάτω από περιορισμούς που είναι γραμμικοί όροι επιδιώκοντας να βελτιστοποιήσουν (μεγιστοποιήσουν ή ελαχιστοποιήσουν) μία αντικειμενική συνάρτηση. Προκειμένου να είναι εφικτή η εφαρμογή της θεωρίας του γραμμικού προγραμματισμού, απαιτείται η ικανοποίηση των προϋποθέσεων της γραμμικότητας (*linearity assumption*), της αναλογικότητας (*proportionality assumption*), της προσθετικότητας (*additivity assumption*), της διαιρετότητας (*divisibility assumption*), της βεβαιότητας (*certainty assumption*) καθώς και η ανάγκη ύπαρξης πλήρως προσδιορισμένων συντελεστών του προβλήματος.

Η μαθηματική μοντελοποίηση ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού είναι η ακόλουθη:

$$\max/\min (c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{ \leq, =, \geq \}$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{ \leq, =, \geq \}$$

⋮

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{ \leq, =, \geq \}$$

Και

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

Η αντικειμενική συνάρτηση και περιορισμοί πρέπει να είναι γραμμικές συναρτήσεις. Γίνεται η υπόθεση ότι τα a_{ij}, b_{ij}, c_j , είναι γνωστές σταθερές. Θεωρείται πως για κάθε ένα περιορισμό μπορεί να ισχύει μόνο μία από τις σχέσεις $\leq, =, \geq$.

3.2.1 Προϋποθέσεις του προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού

- **Γραμμικότητα**

Η αντικειμενική συνάρτηση και οι διάφοροι περιορισμοί πρέπει να είναι 1^{ου} βαθμού συναρτήσεις ως προς τις μεταβλητές απόφασης x_1, x_2, \dots, x_n

- **Αναλογικότητα**

Συχνά στις διάφορες εφαρμογές συναντάμε μη γραμμικά προβλήματα, διότι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης και η χρησιμοποίηση των διαθέσιμων μέσων δεν είναι ανάλογα ποσά ως προς τις ποσότητες της κάθε μιας μεταβλητής. Εάν όμως η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι το άθροισμα των ατομικών συνεισφορών κάθε μεταβλητής και αν το αριστερό μέρος κάθε περιορισμού ισούται με το άθροισμα της συμβολής κάθε μεταβλητής στο μοντέλο, τότε ικανοποιείται η συνθήκη της αναλογικότητας.

- **Προσθετικότητα**

Η απαίτηση της προσθετικότητας ορίζει πως το συνολικό κέρδος από τις δραστηριότητες x_1, x_2, \dots, x_n ισούται με το συνολικό άθροισμα των επιμέρους κερδών που προκύπτει από την κάθε δραστηριότητα. Το αντίστοιχο ισχύει για τους διάφορους περιορισμούς.

- **Διαιρετότητα**

Όλα τα επίπεδα των δραστηριοτήτων x_1, x_2, \dots, x_n και όλοι οι διαθέσιμοι πόροι μπορούν να λάβουν ρητές τιμές (κλασματικές ή ακέραιες). Η προϋπόθεση της διαιρετότητας εκφράζει την ικανότητα κατανομής των δραστηριοτήτων σε τέτοια επίπεδα, ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη μη ακέραιων τιμών των μεταβλητών απόφασης. Όταν δεν ισχύει η υπόθεση της διαιρετότητας, συχνά καταφεύγουμε σε τεχνικές που παρέχει ο Ακέραιος Προγραμματισμός.

- **Βεβαιότητα – Προσδιορισμένοι Συντελεστές**

Μία ακόμη απαραίτητη προϋπόθεση για να μπορεί να εφαρμοστεί η θεωρία του Γραμμικού Προγραμματισμού σε κάποιο πρόβλημα ορίζει πως οι διάφοροι παράμετροι του προβλήματος πρέπει να είναι γνωστές σταθερές και μάλιστα γνωστές με απόλυτη βεβαιότητα. Συχνά, η προϋπόθεση αυτή δεν ισχύει. Μία συνήθης τακτική είναι η χρησιμοποίηση της Ανάλυσης Ευαισθησίας (Sensitivity Analysis), η οποία δείχνει τις επιπτώσεις αλλαγής της τιμής μιας παραμέτρου στη λύση του προβλήματος.

3.2.2 Είδη λύσεων προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού

Ως λύση θεωρείται κάθε διάνυσμα x που ικανοποιεί τους περιορισμούς του προβλήματος εκτός ίσως από τους περιορισμούς μη αρνητικότητας. Τα διάφορα είδη λύσεων που μπορεί να παρουσιαστούν σε ένα πρόβλημα Γραμμικού Προγραμματισμού είναι τα ακόλουθα:

- **Εφικτή Λύση (feasible solution)**

Ως εφικτή λύση θεωρείται κάθε διάνυσμα x που ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς του προβλήματος, καθώς και τους περιορισμούς μη αρνητικότητας.

- **Βέλτιστη Εφικτή Λύση (optimal feasible solution)**

Η εφικτή λύση, η οποία βελτιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος.

- **Εφικτή Λύση ακραίου σημείου (corner point feasible solution)**

Η εφικτή λύση που κείται σε κάποιο γειτονικό σημείο.

- **Γειτονικές ακραίες εφικτές λύσεις (adjacent corner point feasible solution)**

Δύο οποιοσδήποτε ακραίες εφικτές λύσεις, αρκεί η ευθεία που τις ενώνει να αποτελεί εξίσωση ορίου για το χώρο εφικτότητας του προβλήματος.

- **Επαυξημένη λύση (augmented solution)**

Δεδομένου ενός προβλήματος με περιορισμούς ανισότητας, η λύση εκείνου του ισοδύναμου προβλήματος το οποίο έχει επαυξηθεί με μεταβλητές απόφασης, ώστε να μετατραπεί σε πρόβλημα με περιορισμούς ισότητας.

- **Βασική λύση (basic solution)**

Κάθε ακραία επαυξημένη λύση, η συγκεκριμένη μπορεί να είναι εφικτή ή μη.

- **Βασική εφικτή λύση (basic feasible solution)**

Η βασική εκείνη λύση του προβλήματος της οποίας οι m βασικές μεταβλητές είναι μη αρνητικές και οι $n - m$ μη βασικές μεταβλητές είναι όλες ίσες με το μηδέν. Μία βασική εφικτή λύση καλείται εκφυλισμένη (degenerated), εάν κάποιες από τις m βασικές μεταβλητές έχουν μηδενική τιμή.

- **Εξισώσεις Ορίων (boundary equations)**

Οι εξισώσεις ορίων ορίζουν ένα υπερεπίπεδο ή ένα $n -$ διάστατο γεωμετρικό σχήμα που είναι το ανάλογο μιας ευθείας των δύο διαστάσεων ή ενός επιπέδου των τριών διαστάσεων και κατασκευάζονται από τις ανισώσεις των περιορισμών, αν αντικατασταθούν τα \leq ή \geq με ισότητες. Προφανώς το όριο της εφικτής περιοχής ενός προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού αποτελείται από τις εφικτές λύσεις που ικανοποιούν μία ή περισσότερες εξισώσεις ορίων.

3.3 Μέθοδος Simplex

Το 1947 ο G. Dantzig διατύπωσε το γενικό πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού και σχεδίασε τη **μέθοδο Simplex** για μία συστηματική επίλυση του προβλήματος, η οποία όμως στην χειρότερη περίπτωση χρειαζόταν εκθετικό χρόνο. Η μέθοδος Simplex επιλύει το πρόβλημα του γραμμικού προγραμματισμού με επαναλήψεις. Κάθε επανάληψη (iteration) μετακινεί τη λύση σε ένα νέο ακρότατο σημείο που έχει την ικανότητα να βελτιώνει την αξία της αντικειμενικής συνάρτησης. Η διαδικασία τελειώνει όταν καμία περαιτέρω βελτίωση δε μπορεί να πραγματοποιηθεί. Η μέθοδος Simplex περιλαμβάνει επίπονους υπολογισμούς οι οποίοι μετατρέπουν τον υπολογιστή σε ένα απαραίτητο εργαλείο επίλυσης προβλημάτων γραμμικού

προγραμματισμού. Οι υπολογιστικοί κανόνες της μεθόδου έχουν ειδικά σχεδιαστεί, ώστε να διευκολύνονται οι επαναληπτικοί υπολογισμοί καθώς είναι μία μέθοδος απλή σε εφαρμογή και συγκλίνει σε σχετικά γρήγορο χρόνο τη βέλτιστη λύση στις περισσότερες περιπτώσεις.

Συγκεκριμένα η μέθοδος Simplex είναι ένας αλγόριθμος (algorithm), μία σχετικά απλή αλγεβρική διαδικασία η οποία συγκλίνει συνήθως σε μικρό αριθμό επαναλήψεων. Η βασική ακολουθία βημάτων στην τυπική περίπτωση είναι αρχικά η μετατροπή του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού σε τυπική μορφή, που σημαίνει τη μετατροπή των περιορισμών και της αντικειμενικής συνάρτησης σε ισότητες, έπειτα πραγματοποιείται προσπάθεια εύρεσης μίας δυνατής βασικής λύσης (basic feasible solution) από την κανονική μορφή, εξετάζεται αν η δυνατή βασική λύση είναι βέλτιστη και τέλος αν η παραπάνω δεν είναι βέλτιστη, καθορίζεται ποια μη βασική μεταβλητή θα γίνει βασική και ποια βασική μεταβλητή θα αντικαταστήσει, ώστε να αναζητηθεί καλύτερη τιμή στην αντικειμενική συνάρτηση.

3.4 Επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού με τη βοήθεια υπολογιστικών πακέτων

Με στόχο την επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού είναι διαθέσιμη μεγάλη ποικιλία λογισμικού, κατάλληλου όχι μόνο για μεγάλους υπολογιστές αλλά ακόμη και για προσωπικούς υπολογιστές. Τρία από τα σπουδαιότερα πακέτα λογισμικού είναι:

- Ο 'επιλυτής' - **Solver**, ο οποίος βρίσκεται ενσωματωμένος στο φύλλο εργασίας του προγράμματος Excel, του πακέτου λογισμικού Microsoft Office. Στα διάφορα κελιά εισάγονται τα δεδομένα του προβλήματος, δηλαδή τα κελιά στα οποία περιέχονται οι μεταβλητές απόφασης, τα κελιά στα οποία γίνονται οι διάφοροι υπολογισμοί και τα κελιά στα οποία περιέχονται κατατοπιστικές πληροφορίες για τον χρήστη. Εισάγεται αρχικά το κελί της αντικειμενικής συνάρτησης ως SUMPRODUCT, στην Αναφορά Απάντησης 'Target Cell' επιζητείται η μεγιστοποίηση, ελαχιστοποίηση ή ισότητα με μία τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, στην περιοχή με τίτλο 'Adjustable cells' τοποθετούνται οι μεταβλητές απόφασης προς υπολογισμό με αρχική τιμή μηδέν και στην περιοχή με τίτλο 'Constraints' εισάγονται οι περιορισμοί.
- Το πρόγραμμα **LINDO** (Linear Discrete Optimizer). Αρχικά εισάγεται η αντικειμενική συνάρτηση στη μορφή MAX ή MIN, έπειτα εισάγονται όλοι οι

περιορισμοί του προβλήματος μεταξύ των γραμμών SUBJECT TO ή S.T. και END. Στο αριστερό μέλος τοποθετούνται μεταβλητές μόνο με τους συντελεστές τους ενώ στο δεξιό μέλος μόνο σταθερούς αριθμούς. Προαιρετικά μετά το END περισσότεροι περιορισμοί. Τέλος, επιλέγοντας το κουμπί – στόχο προκύπτει η λύση του LINDO.

- Το πακέτο ελεύθερου λογισμικού **LibreOffice**. Το LibreOffice είναι ένα ελεύθερο πακέτο Ανοικτού Κώδικα για τον έλεγχο της παραγωγικότητας. Αποτελεί τη μη – εμπορική εκδοχή του προγράμματος Excel. Για το λόγο αυτό υπάρχουν πολλές ομοιότητες ανάμεσα στα δύο λογισμικά.

3.5 Δυϊκό Πρόβλημα

Η βέλτιστη λύση ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού βασίζεται στις εφήμερες συνθήκες που κυριαρχούν τη στιγμή κατά την οποία το μοντέλο του προβλήματος κατασκευάζεται και επιλύεται. Σε προβλήματα πραγματικών συνθηκών, τα διάφορα περιβάλλοντα αποφάσεων παραμένουν στατικά μόνο σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να καθορισθεί ο τρόπος με τον οποίο αλλάζει η βέλτιστη λύση όταν μεταβάλλονται οι παράμετροι του μοντέλου. Με το παραπάνω πρόβλημα ασχολείται η **ανάλυση της ευαισθησίας** η οποία παρέχει ικανές υπολογιστικές τεχνικές που βοηθούν στη μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς της βέλτιστης λύσης, η οποία προκύπτει από διάφορες αλλαγές που προκύπτουν στις παραμέτρους του μοντέλου. Η θεωρία της δυϊκότητας παρέχει έναν αλγεβρικό τρόπο αντιμετώπισης αυτού του σημαντικού πρακτικού προβλήματος.

Το **δυϊκό πρόβλημα (dual problem)** είναι ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού το οποίο καθορίζεται με ντετερμινιστικό τρόπο από το αρχικό ή το πρωτεύον (primal or original problem) μοντέλο προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού. Η συσχέτιση των δύο προβλημάτων είναι τόσο απόλυτη ώστε αν με κάποιο τρόπο προκύψει η βέλτιστη λύση του πρωτεύοντος, να επέρχεται με φυσιολογικό τρόπο και η λύση του δυϊκού και αντιστρόφως. Το είδος της βελτιστοποίησης (max ή min), οι μορφές των ανισοτήτων των περιορισμών (\leq , \geq ή $=$) καθώς και το είδος των μεταβλητών προσδιορίζουν πλήρως το δυϊκό πρόβλημα. Συγκεκριμένα, οι περιορισμοί του πρωτεύοντος καθορίζουν τις μεταβλητές του δυϊκού, οι μεταβλητές του πρωτεύοντος καθορίζουν τους περιορισμούς του δυϊκού, η ίδια αντίθεση ισχύει και με τους συντελεστές μεταξύ μεταβλητών του ενός και συντελεστών του άλλου. Τέλος το είδος της βελτιστοποίησης που επιζητείται είναι επίσης αντίθετη στα δύο προβλήματα. Δηλαδή ένα πρωτεύον πρόβλημα

μεγιστοποίησης μετατρέπεται σε πρόβλημα ελαχιστοποίησης στο δυϊκό και αντίστροφα.

3.6 Ακέραιος Προγραμματισμός

Τα **προβλήματα του Ακέραιου Γραμμικού Προγραμματισμού (Integer Linear Programming – ILP)** είναι εκείνα τα προβλήματα του Γραμμικού Προγραμματισμού των οποίων όλες ή μερικές από τις μεταβλητές λαμβάνουν ακέραιες (διακριτές) τιμές.

Το μαθηματικό μοντέλο του Ακέραιου Προγραμματισμού είναι ίδιο με εκείνο του Γραμμικού Προγραμματισμού με τον επιπλέον περιορισμό των ακέραιων μεταβλητών. Για τις μεταβλητές που είναι ακέραιες, καταργείται η προϋπόθεση της διαιρετότητας. Εάν ορισμένες μόνο από τις μεταβλητές απαιτείται να είναι ακέραιες και επομένως η ιδιότητα της διαιρετότητας ισχύει για τις υπόλοιπες, τότε το πρόβλημα χαρακτηρίζεται ως **πρόβλημα Μεικτού Ακέραιου Προγραμματισμού (mixed ILP)**. Στην περίπτωση όμως που όλες οι μεταβλητές απαιτείται να είναι ακέραιες, τότε το πρόβλημα χαρακτηρίζεται ως **Καθαρό πρόβλημα Ακέραιου Γραμμικού Προγραμματισμού (pure ILP)**.

Ιδιαίτερη σημασία για τον Ακέραιο Προγραμματισμό έχει το πρόβλημα της εκχώρησης μεταβλητών, οι οποίες λαμβάνουν μόνο δύο πιθανές τιμές, 'ναι' ή 'όχι' ('yes' or 'no'). Συνεπώς η *i*-οστή μεταβλητή μπορεί να παρασταθεί:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{εάν η } i \text{ - οστή απόφαση είναι 'ναι'} \\ 0, & \text{εάν η } i \text{ - οστή απόφαση είναι 'όχι'} \end{cases}$$

Τέτοιες μεταβλητές ονομάζονται δυαδικές μεταβλητές (binary variables) ή '0 – 1' μεταβλητές. Αντίστοιχα, τα ILP προβλήματα που περιέχουν τέτοιες μεταβλητές ονομάζονται **Δυαδικά προβλήματα Ακέραιου Προγραμματισμού (Binary ILP or BILP)**.

3.6.1 Αλγόριθμος Διακλάδωσης και Οριοθέτησης (Branch and Bound algorithm, B&B algorithm)

Ο βασικός **B&B αλγόριθμος** εισήχθη το 1960 από τους Ailsa H. Land και Alison G. Doig για το γενετικό μεικτό ILP πρόβλημα και επεκτάθηκε το 1965 από τον Egon Balas για το δυαδικό 0-1 ILP πρόβλημα. Εφαρμόζεται σε προβλήματα όπου αναζητείται η βέλτιστη λύση σε σχέση με το ελάχιστο κόστος. Αναζητούν τον πλήρη χώρο λύσεων για ένα δεδομένο πρόβλημα για την βέλτιστη λύση. Ωστόσο, η ακριβής απαρίθμηση είναι συνήθως αδύνατη εξαιτίας του εκθετικά αυξανόμενου αριθμού των πιθανών λύσεων. Η χρήση των ορίων για τη συνάρτηση που βελτιστοποιείται

συνδυασμένη με την υπάρχουσα τιμή της καλύτερης λύσης επιτρέπει στον αλγόριθμο να αναζητήσει μέρη του χώρου λύσεων έμμεσα. Σε οποιαδήποτε σημείο της διαδικασίας επίλυσης, η κατάσταση της λύσης αναφορικά με την αναζήτηση του χώρου λύσεων περιγράφεται από ανεξερεύνητο υποσύνολο αυτού και τη βέλτιστη λύση που έχει βρεθεί μέχρι τώρα. Αρχικά, υπάρχει μόνο ένα υποσύνολο, δηλαδή ο πλήρης χώρος λύσεων και η βέλτιστη λύση που έχει βρεθεί μέχρι τώρα είναι το ∞ . Τα ανεξερεύνητα υποσύνολα αντιπροσωπεύονται ως κόμβοι σε ένα δυναμικά παραγόμενο δέντρο αναζήτησης, το οποίο αρχικά περιέχει μόνο την ρίζα και κάθε επανάληψη του αλγορίθμου επέκτασης και οριοθέτησης επεξεργάζεται ένα τέτοιο κόμβο. Η επανάληψη έχει τρεις βασικές συνιστώσες: επιλογή του κόμβου προς επεξεργασία, δεσμευμένος υπολογισμός και διακλάδωση.

Η αλληλουχία αυτών μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την επιλεγείσα στρατηγική για την επιλογή του επόμενου κόμβου προς επεξεργασία. Αν η επιλογή του επόμενου υποπροβλήματος βασίζεται στη δεσμευμένη αξία των υποπροβλημάτων, τότε η πρώτη λειτουργία της επανάληψης μετά την επιλογή του κόμβου είναι η διακλάδωση, δηλαδή η υποδιαίρεση του χώρου λύσεων του κόμβου σε δύο ή περισσότερους υποχώρους. Για κάθε έναν από τους δύο, ελέγχεται εάν ο υπόχωρος αποτελείται από μια μοναδική λύση. Σε αυτή την περίπτωση, συγκρίνεται με την υπάρχουσα βέλτιστη λύση, κρατώντας την καλύτερη εξ' αυτών. Διαφορετικά, υπολογίζεται η δεσμευμένη συνάρτηση για τον υπόχωρο και συγκρίνεται με την υπάρχουσα βέλτιστη λύση. Εάν μπορεί να αποδειχτεί ότι ο υπόχωρος δεν μπορεί να περιέχει τη βέλτιστη λύση, ο συνολικός υπόχωρος απορρίπτεται, διαφορετικά αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή από ζωντανούς κόμβους μαζί με τα όρια αυτών.

Η εναλλακτική είναι να ξεκινήσει υπολογίζοντας το όριο του επιλεγμένου κόμβου. Οι κόμβοι που δημιουργούνται αποθηκεύονται μαζί με το όριο του επεξεργασμένου κόμβου. Αυτή η στρατηγική ονομάζεται 'νωθρή' και συχνά χρησιμοποιείται όταν ο επόμενος κόμβος προς επεξεργασία επιλέγεται να είναι ένας ζωντανός κόμβος του μέγιστου βάθους του δέντρου αναζήτησης.

Η έρευνα τερματίζεται, όταν δεν υπάρχουν ανερεύνητα κομμάτια του χώρου λύσεων και η βέλτιστη λύση είναι τότε η καλύτερη δυνατή. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος ουσιαστικά 'κλαδεύει' καταστάσεις (pruning) και μειώνει το χώρο αναζήτησης.

3.6.2 Αλγόριθμοι τυφλής αναζήτησης

Οι **αλγόριθμοι τυφλής αναζήτησης (Blind Search Algorithms)** εφαρμόζονται σε προβλήματα στα οποία δεν υπάρχει πληροφορία που να επιτρέπει αξιολόγηση των καταστάσεων. Στους αλγορίθμους τυφλής αναζήτησης έχει σημασία η χρονική σειρά με την οποία παράγονται οι καταστάσεις από το μηχανισμό επέκτασης.

3.7 Επιλογή του Μοντέλου της Διπλωματικής Εργασίας

Λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση μοντέλων προγραμματισμού έτσι όπως εμφανίζονται στο θεωρητικό υπόβαθρο της διπλωματικής εργασίας, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, που είναι η βέλτιστη κατανομή των πόρων για τη συντήρηση και αναβάθμιση των υποδομών των σημαντικότερων ελληνικών αερολιμένων, επιλέχθηκε να αναπτυχθεί και να εφαρμοστεί ένα μοντέλο βελτιστοποίησης το οποίο βασίζεται στις αρχές του Ακέραιου Προγραμματισμού και μάλιστα του Δυαδικού Ακέραιου Προγραμματισμού. Το παραπάνω προσφέρεται ως ένα υπολογιστικό πακέτο του Microsoft Excel, ονομάζεται Open Solver for excel και χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο CBC, γνωστό ως λειτουργία μπλοκ κρυπτογράφησης και αλυστοποίησης.

Συγκεκριμένα, στο πρόβλημα εισάγεται μοναδική αντικειμενική συνάρτηση για την οποία επιδιώκεται μεγιστοποίηση καθώς εκφράζει την απόδοση που επέρχεται μέσω των έργων αναβάθμισης. Σε αυτήν εισάγεται και η μεταβλητή x_{ijk} , όπου i ο κάθε αερολιμένας, j η κάθε χρονιά και k η κάθε ενέργεια αναβάθμισης, η οποία παίρνει μόνο τιμές 0 ή 1 ανάλογα με το αν επαρκεί ο αρχικός διαθέσιμος προϋπολογισμός για την ενεργοποίηση του κάθε έργου υποδομής. Σε περίπτωση ενεργοποίησης ενός έργου υποδομής για έναν αερολιμένα η μεταβλητή παίρνει την τιμή 1 ενώ σε περίπτωση μη ενεργοποίησης ενός έργου υποδομής η μεταβλητή παίρνει την τιμή 0. Τα δεδομένα εισαγωγής στο προγραμματιστικό μοντέλο και η πλήρη περιγραφή του, αναλύονται στα κεφάλαια 4 και 5.

Στατιστικά δεδομένα – περιγραφή προγραμματιστικού μοντέλου

4.1 Γενικά

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου βελτιστοποίησης της κατανομής των πόρων όσων αφορά την αναβάθμιση και τη συντήρηση των σημαντικότερων αερολιμένων στην Ελλάδα. Επιδίωξη είναι η μεγιστοποίηση των κερδών του κάθε αερολιμένα που είναι απόρροια της μεγιστοποίησης της κίνησης (επιβατών και φορτίων) σε εσωτερικό και εξωτερικό με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας ώστε άξια να είμαστε μέλη του διεθνούς ανταγωνισμού. Αναζητάμε ένα μοντέλο δηλαδή, με το οποίο θα επιτυγχάνεται η βέλτιστη κατανομή των πόρων, η οποία θα οδηγήσει και στη βέλτιστη συντήρηση και ανάπτυξη του κάθε αεροδρομίου.

4.2 Συλλογή δεδομένων

Για την ορθότητα των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων που εξάγονται μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, συλλέχθηκαν αρχικά πραγματικά **στοιχεία** από τους οργανισμούς όλων των ελληνικών αερολιμένων. Μέσω των στοιχείων αυτών στόχος ήταν η εξαγωγή συμπερασμάτων για την **επισκεψιμότητα**, το **μέγεθος**, τη **δυναμική** του αλλά και τον **οικονομικό κύκλο** του κάθε αερολιμένα. Επίσης βάση των στοιχείων αυτών απόδοσης του κάθε λιμένα. Τα στοιχεία που συνετέλεσαν στην απόδοση κάποιων αρχικών συμπερασμάτων και κατηγοριοποίησης αυτών όσων αφορά τη σπουδαιότητα του καθενός είναι:

- επιβατική κίνηση
- εμπορευματική κίνηση
- μήκος διαδρόμων (πόδια)

- αποστάσεις από αστικά κέντρα (ναυτικά μίλια)
- αριθμός διαδρόμων

4.2.1 Στατιστικά στοιχεία

Οι διάφοροι αερολιμένες στην Ελλάδα αντιμετωπίζουν διαφορετικές προοπτικές ανάπτυξης, ανάλογα με την ενδοχώρα τους (λαμβάνοντας υπόψη ανταγωνιστικούς αερολιμένες), τις επιχειρηματικές συνδέσεις που εξυπηρετούνται από αυτούς και τη λειτουργία τους στο ελληνικό σύστημα αερολιμένων. Η επιβατική και εμπορευματική κίνηση υποδεικνύουν άμεσα το ρόλο και τη σπουδαιότητα του κάθε αερολιμένα στο δυναμικό της οικονομίας της χώρας, ο αριθμός των διαδρόμων και το μήκος τους φανερώνουν αδιαμφισβήτητα την ανάγκη για συντήρηση και τυχόν επέκταση ενώ τέλος η απόσταση από τα αστικά κέντρα καταδεικνύουν την ανάγκη για καλύτερη πρόσβαση προς αυτά.

Εφόσον στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η αναβάθμιση και συντήρηση των σημαντικότερων αερολιμένων της χώρας τα παραπάνω στοιχεία θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην εξαγωγή συμπερασμάτων της σπουδαιότητας του καθενός. Από τα προαναφερθέντα για την καλύτερη κατανόηση των στοιχείων που τα διαχωρίζουν και την ομαδοποίησή τους μορφώθηκαν οι δείκτες *spass*, *scargo*, *ssize*, *sdistance*, *snumber* που αντικαθιστούν τους πραγματικούς αριθμούς της επιβατικής κίνησης, της εμπορευματικής κίνησης, το μήκος των διαδρόμων του κάθε αερολιμένα, την απόσταση από τα αστικά κέντρα και τον αριθμό των διαδρόμων. Έγινε μία κατηγοριοποίηση για μία γενική εποπτεία της επικρατούσας κατάστασης όπως υποδεικνύουν οι παρακάτω πίνακες.

Οι δείκτες *spass* και *scargo* αποδίδουν σε μία φθίνουσα κλίμακα από το ένα έως το πέντε, δηλαδή από τη μεγαλύτερη (ένα) στη μικρότερη (πέντε) εμπορική και εμπορευματική κίνηση αντίστοιχα. Ομοίως οι δείκτες *ssize* και *sdistance* αποδίδουν μία φθίνουσα κλίμακα από το ένα έως το τρία δηλαδή από το μεγαλύτερο στο μικρότερο μήκος διαδρόμων σε πόδια και από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη απόσταση σε ναυτικά μίλια από τα αστικά κέντρα του κάθε αερολιμένα αντίστοιχα. Τέλος ο δείκτης *snumber* υποδηλώνει τον αριθμό διαδρόμων του κάθε αερολιμένα. Στον παρακάτω πίνακα 4.1 φαίνονται αναλυτικά οι τιμές τους.

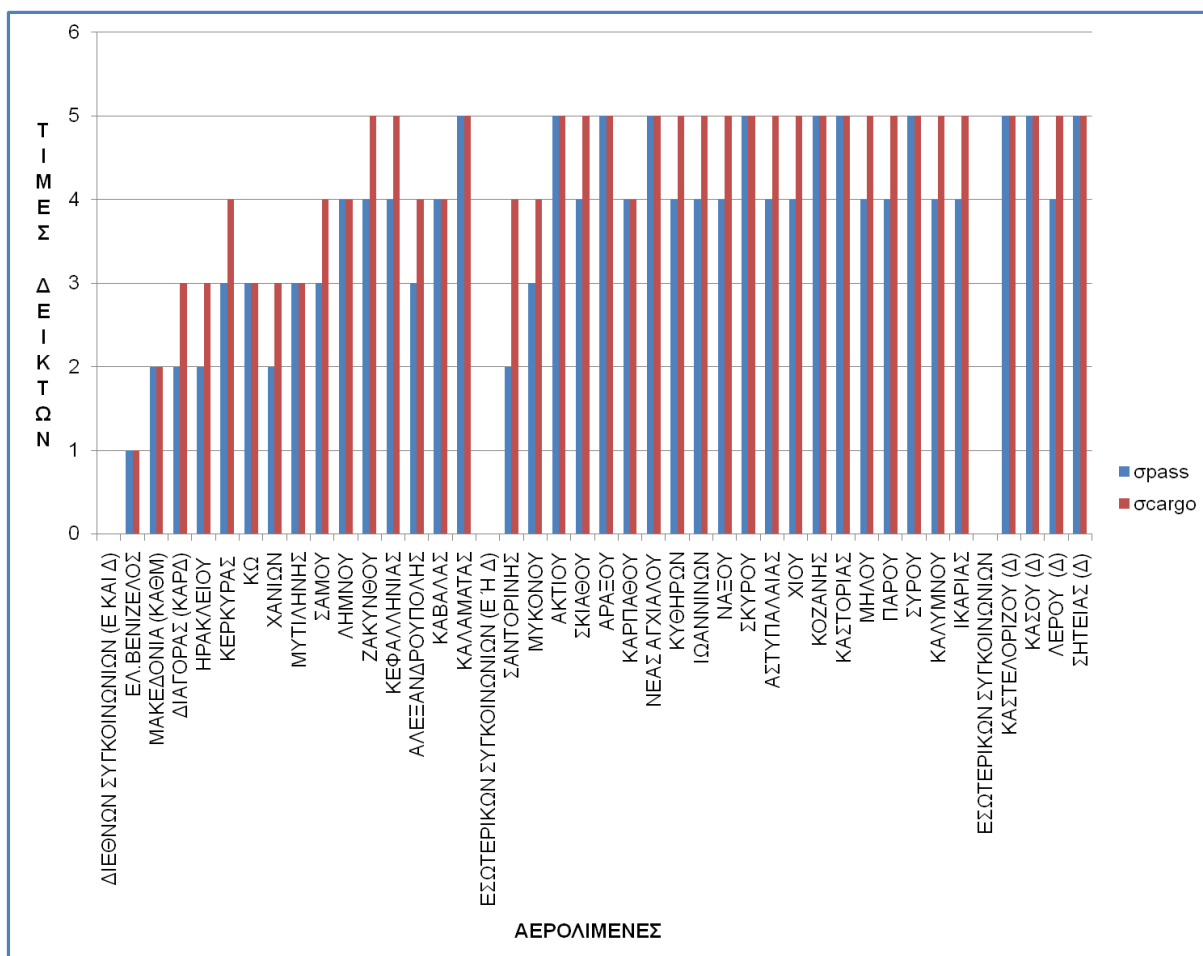
Πίνακας 4.1: Τιμές των δεικτών σ_{pass} , σ_{cargo} , σ_{size} , $\sigma_{distance}$, σ_{number}

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ	
ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	σ_{pass}
$\geq 2.000.000$	1
$< 2.000.000$ και ≥ 250.000	2
< 250.000 και ≥ 50.000	3
< 50.000 και ≥ 7.000	4
< 7.000	5
ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	σ_{cargo}
≥ 5.000 tn	1
< 5.000 tn και ≥ 1.000 tn	2
< 1.000 tn και ≥ 300 tn	3
< 300 tn και ≥ 50 tn	4
< 50 tn	5
ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ (ΠΟΔΙΑ)	σ_{size}
≥ 8.500	1
< 8.500 και ≥ 6.000	2
< 6.000	3
ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ (NM)	$\sigma_{distance}$
≥ 7	1
< 7 και $\geq 3,5$	2
$< 3,5$	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	σ_{number}
2	2
1	1

ΝΜ: ΝΑΥΤΙΚΑ ΜΙΛΙΑ

Πίνακας 4.2: Τιμές των δεικτών *σpass* και *σcargo* όπως διαμορφώθηκαν σε σχέση με την κίνηση του εσωτερικού για κάθε αερολιμένα ξεχωριστά με βάση τα στατιστικά στοιχεία του 2015

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2015			ΚΙΝΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ					
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ		Α/ΦΗ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ		ΕΜΠΟΡ/ΤΑ σε τον.			
ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (Ε ΚΑΙ Δ)		ΑΦ.+ ΑΝ.	ΑΦΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.	ΑΦΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.	<i>σpass</i>	<i>σcargo</i>
ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ		64.167	2.674.843	2.574.429	1.208	5.795	1	1
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)		19.675	888.459	1.003.559	2.028	1.516	2	2
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)		9.820	339.902	351.138	970	151	2	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ		9.708	407.162	453.081	396	40	2	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ		3.873	115.701	121.294	121	6	3	4
ΚΩ		3.626	91.265	97.485	389	37	3	3
ΧΑΝΙΩΝ		4.992	285.611	292.675	461	7	2	3
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ		4.503	151.913	156.665	412	74	3	3
ΣΑΜΟΥ		3.238	73.886	77.221	270	38	3	4
ΛΗΜΝΟΥ		3.140	35.904	37.315	107	20	4	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ		1.460	19.252	20.431	0	0	4	5
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ		1.488	28.172	30.271	13	0	4	5
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ		2.736	78.506	79.240	248	6	3	4
ΚΑΒΑΛΑΣ		1.772	36.423	36.917	213	1	4	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ		676	7.977	7.987	0	0	5	5
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (Ε Ή Δ)								
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ		5.323	252.223	296.051	137	7	2	4
ΜΥΚΟΝΟΥ		4.779	138.529	148.736	76	7	3	4
ΑΚΤΙΟΥ		1.107	2.643	3.218	0	0	5	5
ΣΚΙΑΘΟΥ		758	15.575	16.522	0	0	4	5
ΑΡΑΞΟΥ		54	150	15	0	0	5	5
ΚΑΡΠΑΘΟΥ		2.819	29.318	30.072	71	17	4	4
ΝΕΑΣ ΑΓΧΙΑΛΟΥ		82	581	616	0	0	5	5
ΚΥΘΗΡΩΝ		1.172	14.788	15.795	13	4	4	5
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ		1.190	39.424	39.965	0	0	4	5
ΝΑΞΟΥ		1.014	14.305	15.913	0	0	4	5
ΣΚΥΡΟΥ		633	6.211	6.620	0	0	5	5
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑΣ		800	6.671	7.100	0	0	4	5
ΧΙΟΥ		252	8.228	8.095	0	0	4	5
ΚΟΖΑΝΗΣ		340	1.243	1.460	0	0	5	5
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ		640	1.757	2.347	0	0	5	5
ΜΗΛΟΥ		1.248	19.217	20.021	44	2	4	5
ΠΑΡΟΥ		2.226	24.259	15.600	0	0	4	5
ΣΥΡΟΥ		630	6.654	8.778	13	0	5	5
ΚΑΛΥΜΝΟΥ		1.404	11.377	13.135	24	1	4	5
ΙΚΑΡΙΑΣ		1.504	19.074	20.612	17	2	4	5
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ								
ΚΑΣΤΕΛΟΡΙΖΟΥ (Δ)		560	4.165	4.027	2	0	5	5
ΚΑΣΟΥ (Δ)		1.182	1.654	1.824	11	1	5	5
ΛΕΡΟΥ (Δ)		1.552	14.449	14.772	29	5	4	5
ΣΗΤΕΙΑΣ (Δ)		70	2.437	2.363	0	0	5	5

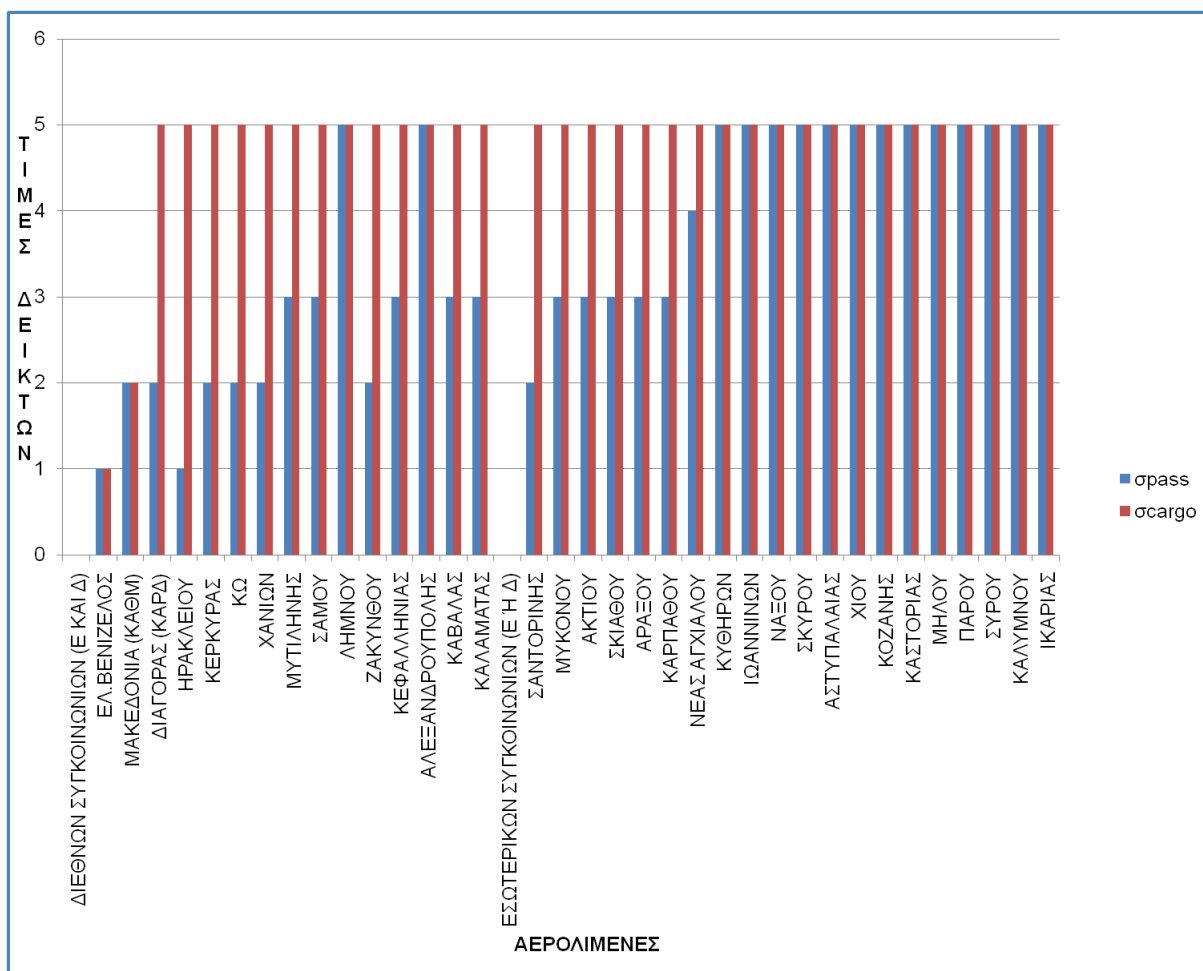


Σχήμα 4.1: Διάγραμμα επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης εσωτερικού για κάθε αερολιμένα με βάση τους δείκτες σpass και σcargo

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.2 και το σχήμα 4.1 παρατηρείται έντονη εμπορική δραστηριότητα παρουσιάζεται στο αεροδρόμιο της Μακεδονίας, του Διαγόρα, του Ηρακλείου, των Χανίων και της Σαντορίνης, εν συνεχεία της Κέρκυρας, της Κω, της Μυτιλήνης, της Σάμου, της Αλεξανδρούπολης και της Μυκόνου, έπειτα της Λήμνου, της Ζακύνθου, της Κεφαλληνίας, της Καβάλας, της Σκιάθου, της Καρπάθου, των Κυθήρων, των Ιωαννίνων, της Νάξου, της Αστυπάλαιας, της Χίου, της Μήλου, της Πάρου, της Καλύμνου, της Ικαρίας και της Λέρου και τέλος ακολουθούν και τα υπόλοιπα. Αντίστοιχα αισθητή εμπορευματική δραστηριότητα παρατηρείται στο αεροδρόμιο της Μακεδονίας, ύστερα του Διαγόρα, του Ηρακλείου, της Κω, των Χανίων, της Μυτιλήνης, στη συνέχεια της Κέρκυρας, της Σάμου, της Λήμνου, της Αλεξανδρούπολης, της Καβάλας, της Σαντορίνης και της Μυκόνου και έπειτα των υπολοίπων.

Πίνακας 4.3: Τιμές των δεικτών σpass και σcargo όπως διαμορφώθηκαν σε σχέση με την κίνηση του εξωτερικού για κάθε αερολιμένα ξεχωριστά με βάση τα στατιστικά στοιχεία του 2015

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2015		ΚΙΝΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ							
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ		Α/ΦΗ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ		ΕΜΠΟΡ/ΤΑ σε τον.				
ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (Ε ΚΑΙ Δ)		ΑΦ. + ΑΝ.	ΑΦΕΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.	ΑΦΕΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.	σpass	σcargo	
ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ		82.383	4.926.099	4.959.158	31.104	29.918	1	1	
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)		26.225	1.569.814	1.488.894	1.070	1.132	2	2	
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)		25.186	1.926.675	1.934.341	6	0	2	5	
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ		34.170	2.595.702	2.569.013	8	13	1	5	
ΚΕΡΚΥΡΑΣ		15.145	1.074.289	1.072.094	1	0	2	5	
ΚΩ		13.896	1.011.367	1.013.347	1	0	2	5	
ΧΑΝΙΩΝ		11.904	935.615	933.665	9	0	2	5	
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ		1.127	75.139	76.503	0	0	3	5	
ΣΑΜΟΥ		1.844	122.392	122.809	0	0	3	5	
ΛΗΜΝΟΥ		188	9.804	9.934	0	0	5	5	
ΖΑΚΥΝΘΟΥ		7.558	575.009	573.455	0	0	2	5	
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ		2.884	209.725	211.264	0	0	3	5	
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ		14	448	543	0	0	5	5	
ΚΑΒΑΛΑΣ		1.428	75.370	74.255	1	0	3	5	
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ		2.204	108.623	111.751	0	0	3	5	
ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (Ε Ή Δ)									
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ		5.143	310.416	321.118	0	0	2	5	
ΜΥΚΟΝΟΥ		4.649	247.126	244.338	0	0	3	5	
ΑΚΤΙΟΥ		2.483	175.986	176.398	0	0	3	5	
ΣΚΙΑΘΟΥ		2.236	141.609	141.691	0	0	3	5	
ΑΡΑΞΟΥ		1.158	73.786	72.457	0	0	3	5	
ΚΑΡΠΑΘΟΥ		1.143	71.986	72.036	0	0	3	5	
ΝΕΑΣ ΑΓΧΙΑΛΟΥ		662	32.346	31.940	0	0	4	5	
ΚΥΘΗΡΩΝ		96	5.922	2.387	0	0	5	5	
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ		8	0	6	0	0	5	5	
ΝΑΞΟΥ		36	804	719	0	0	5	5	
ΣΚΥΡΟΥ		1	0	2	0	0	5	5	
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑΣ		0	0	0	0	0	5	5	
ΧΙΟΥ		0	0	0	0	0	5	5	
ΚΟΖΑΝΗΣ		0	0	0	0	0	5	5	
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ		0	0	0	0	0	5	5	
ΜΗΛΟΥ		0	0	0	0	0	5	5	
ΠΑΡΟΥ		0	0	0	0	0	5	5	
ΣΥΡΟΥ		0	0	0	0	0	5	5	
ΚΑΛΥΜΝΟΥ		0	0	0	0	0	5	5	
ΙΚΑΡΙΑΣ		0	0	0	0	0	5	5	



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης εξωτερικού για κάθε αερολιμένα με βάση τους δείκτες σpass και σcargo

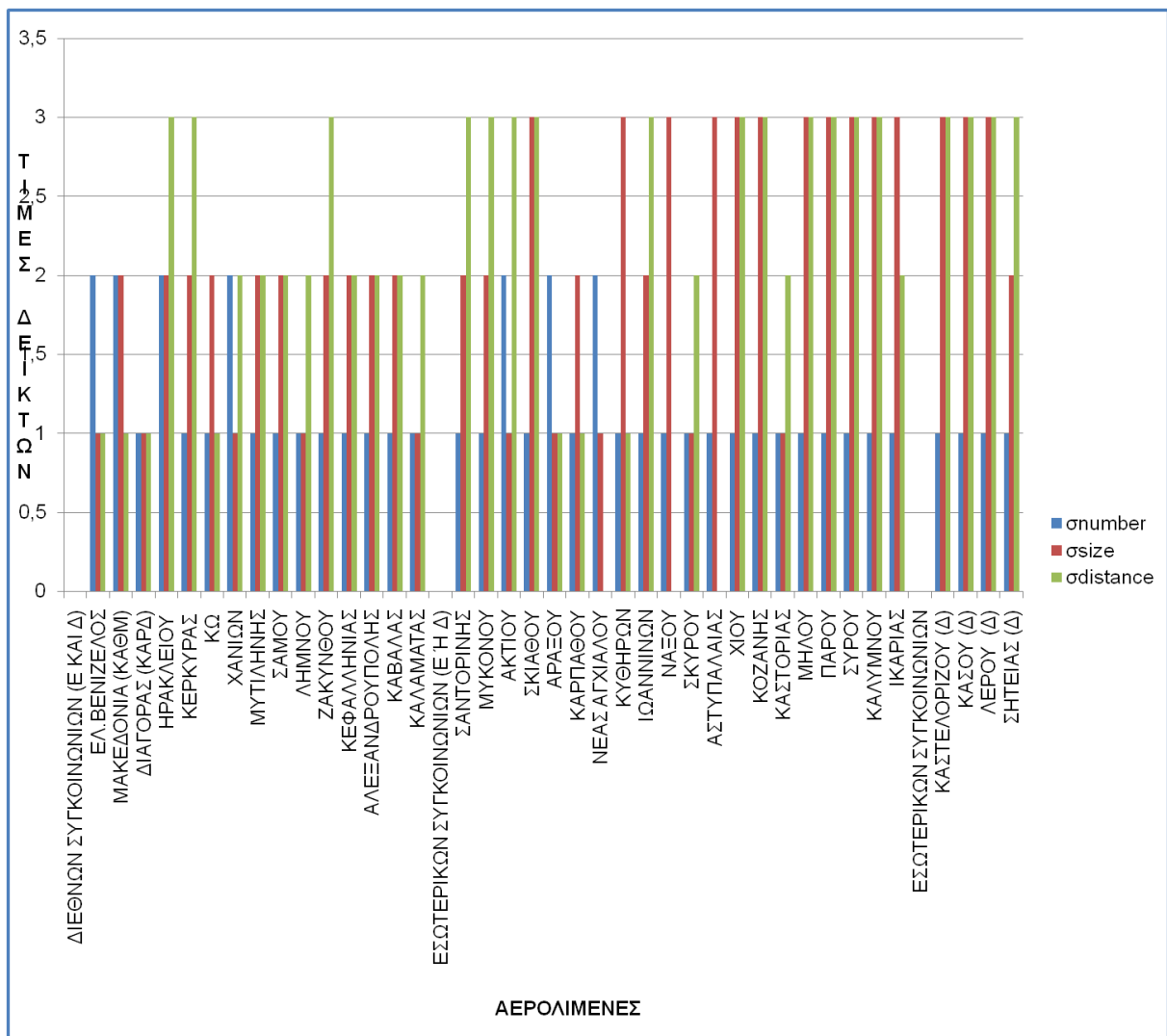
Με βάση τον πίνακα 4.3 και το σχήμα 4.2 παρατηρείται έντονη επιβατική δραστηριότητα στο αεροδρόμιο του Ηρακλείου, έπειτα της Μακεδονίας, του Διαγόρα, της Κέρκυρας, της Κω, των Χανίων, της Ζακύνθου και της Σαντορίνης, έπεται το αεροδρόμιο της Μυτιλήνης, της Σάμου, της Κεφαλληνίας, της Καβάλας, της Καλαμάτας, της Μυκόνου, του Ακτίου, της Σκιάθου, του Αράξου, της Καρπάθου, στη συνέχεια το αεροδρόμιο της Νέας Αγχιάλου και τέλος τα υπόλοιπα. Όσον αφορά την εμπορευματική κίνηση του εξωτερικού είναι αισθητή η δραστηριότητα της Μακεδονίας ενώ ακολουθούν τα υπόλοιπα αεροδρόμια με αρκετά μειωμένες διακινήσεις εμπορευμάτων εξωτερικού.

Πίνακας 4.4: Τιμές των δεικτών σnumber, σsize και σdistance σε σχέση με τον αριθμό των διαδρόμων, το μήκος των διαδρόμων σε πόδια και τις αποστάσεις από τα αστικά κέντρα σε ναυτικά μίλια για κάθε αερολιμένα ξεχωριστά με βάση τα στατιστικά στοιχεία του 2015

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2015							
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ							
ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (Ε ΚΑΙ Δ)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ (ΠΟΔΙΑ)	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (NM) ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ	σnumber	σsize	σdistance	
ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ	2	1. 13123X147 2. 12467X147	10,81SE ATHENS	2	1	1	
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	2	1. 8003X164 2. 7904X197	7N THESSALONIKI	2	2, 2	1	
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	10840X148	8SW RHODES	1	1	1	
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	2	1. 8902X148 2. 5136X164	2,5E IRAKLION	2	1, 3	3	
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	7792X148	1SW KERKIRA	1	2	3	
ΚΩ	1	7839X148	10,8SW KOS	1	2	1	
ΧΑΝΙΩΝ	2	1. 10971X148 2. 11003X98	6E CHANIA	2	1	2	
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1	7892X148	3,5SE MITLINI	1	2	2	
ΣΑΜΟΥ	1	6704X148	5,5SW SAMOS	1	2	2	
ΛΗΜΝΟΥ	1	9892X148	3,5NW LIMNOS	1	1	2	
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	7308X147	2SW ZAKINTHOS	1	2	3	
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	7990X148	3,5NW KEFALLONIA	1	2	2	
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	8469X148	3,5E ALEXANDROUPO LI	1	2	2	
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	5330X98	3,5NE KAVALA	1	3	2	
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	8866X148	4,5NE KALAMATA	1	1	2	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (Ε Ή Δ)							
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	6970X98	2,5E THIRA	1	2	3	
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	6239X98	1SE MIKONOS	1	2	3	
ΑΚΤΙΟΥ	2	1. 9791X148 2. 9814X98	2S PREVEZA	2	1	3	
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	5340X98	1 SKIATHOS	1	3	3	
ΑΡΑΞΟΥ	2	1. 10995X148 2. 10990X65	21,6SE PATRA	2	1, 1	1	
ΚΑΡΠΑΘΟΥ	1	7869X98	7SW KARPATHOS	1	2	1	
ΝΕΑΣ ΑΓΧΙΑΛΟΥ	2	1. 9050X148 2. 8954X98		2	1		
ΚΥΘΗΡΩΝ	1	4792X98	9N KITHIRA	1	3	1	
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	1	7878X148	2,5NE IOANNINA	1	2	3	
ΝΑΞΟΥ	1	2952X98		1	3		
ΣΚΥΡΟΥ	1	9847X98	6NW SKIROS	1	1	2	
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑΣ	1	3244X98		1	3		
ΧΙΟΥ	1	4956X98	1,5S CHIOS	1	3	3	
ΚΟΖΑΝΗΣ	1	5976X98	2,7E KOZANI	1	3	3	
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	1	8849X148	6,5S KASTORIA	1	1	2	
ΜΗΛΟΥ	1	2608X82	2SE MILOS	1	3	3	
ΠΑΡΟΥ	1	2329X82		1	3	3	
ΣΥΡΟΥ	1	3542X98		1	3	3	
ΚΑΛΥΜΝΟΥ	1	3329X98		1	3	3	
ΙΚΑΡΙΑΣ	1	4549X98	4,8NE IKARIA	1	3	2	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ							
ΚΑΣΤΕΛΟΡΙΖΟΥ (Δ)	1	2617X82	KASTELLORIZO	1	3	3	
ΚΑΣΟΥ (Δ)	1	3220X92		1	3	3	
ΛΕΡΟΥ (Δ)	1	3319X98		1	3	3	
ΣΗΤΕΙΑΣ (Δ)	1	6803X148	1W SITIA	1	2	3	

Πίνακας 4.5: Πίνακας επεξήγησης των δεικτών του πίνακα 4.4 για τη στήλη αποστάσεις από αστικά κέντρα

S:SOUTH
W:WEST
E:EAST
N:NORTH
NE:NORTHEAST
NW:NORTHWEST
SW:SOUTHWEST
SE:SOUTHEAST



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα του αριθμού των διαδρόμων, του μήκος των διαδρόμων και των αποστάσεων από τα αστικά κέντρα για κάθε αερολιμένα με βάση τους δείκτες σnumber, σsize, σdistance

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.4 και το σχήμα 4.3 απορρέει πως όσον αφορά τον αριθμό των διαδρόμων ξεχωρίζουν τα αεροδρόμια της Μακεδονίας, του Ηρακλείου, των Χανίων, της Πρεβέζης, της Πάτρας και της Νέας Αγχιάλου με 2 διαδρόμους ενώ ακολουθούν τα υπόλοιπα με 1.

Σχετικά με το μήκος των διαδρόμων σε πόδια μεγαλύτεροι από οχτώ χιλιάδες πεντακόσια πόδια είναι οι διάδρομοι της Ρόδου, του Ηρακλείου, των Χανίων, της Λήμνου, της Καλαμάτας, της Πρεβέζης, της Πάτρας, της Νέας Αγχιάλου, της Σκύρου και της Καστοριάς, έπονται οι διάδρομοι της Μακεδονίας, της Κέρκυρας, της Κω, της Μυτιλήνης, της Σάμου, της Ζακύνθου, της Κεφαλληνίας, της Αλεξανδρούπολης, της Σαντορίνης, της Μυκόνου, της Καρπάθου, των Ιωαννίνων και της Σητείας ενώ τα υπόλοιπα υπολογίζονται σε μικρότερο από έξι χιλιάδες πόδια μήκος διαδρόμων.

Τέλος, αισθητή είναι η αρκετά μεγάλη απόσταση από το έκαστος αστικό κέντρο των αερολιμένων της Θεσσαλονίκης, της Ρόδου, της Κω, της Πάτρας, της Καρπάθου και των Κυθήρων.

4.2.2 Συμπεράσματα στατιστικών στοιχείων

Με βάση τα προαναφερθέντα στοιχεία, καθώς στόχος της εργασίας είναι η αναβάθμιση και η συντήρηση των σπουδαιότερων αερολιμένων της χώρας θα επικεντρωθούμε στους δεκατέσσερις αερολιμένες εσωτερικών και διεθνών συγκοινωνιών καθώς και στους έξι διεθνών ή εσωτερικών συγκοινωνιών στους οποίους λαμβάνει χώρα η πληθώρα των μετακινήσεων και είναι αυτοί που χρήζουν την άμεση προώθηση ώστε να ανυψωθεί η εσωτερική και εξωτερική τουριστική κινητικότητα, ανάσα για την ελληνική οικονομία. Οι παραπάνω είναι:

- Μακεδονίας (Κ.Α.Θ.Μ. - Θεσσαλονίκη)
- Διαγόρας (Κ.Α.Ρ.Δ.- Ρόδος)
- Ηρακλείου
- Κέρκυρας
- Κω
- Χανίων
- Μυτιλήνης
- Σάμου
- Λήμνου
- Ζακύνθου

- Κεφαλληνίας
- Αλεξανδρούπολης
- Καβάλας
- Καλαμάτας
- Σαντορίνης
- Μυκόνου
- Ακτίου
- Σκιάθου
- Πάρος
- Χίος

Για τα παραπάνω λοιπόν στατιστικά στοιχεία της **επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης**, των **αριθμών των διαδρόμων** και του **μεγέθους** τους καθώς και της **απόστασης από τα αστικά κέντρα του κάθε αεροδρομίου**, θα γίνει η προσπάθεια της μόρφωσης ενός δείκτη, ο οποίος θα αποτελεί τον **πρώτο δείκτη σπουδαιότητας του κάθε αερολιμένα** στον οποίο θα έχουν ληφθεί υπόψη οι παραπάνω συντελεστές.

4.3 Ενέργειες αναβάθμισης

Έπειτα από εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση και μελέτη των επενδυτικών προγραμμάτων των αερολιμένων επιλέχθηκαν τα σπουδαιότερα έργα υποδομής στα οποία θα κατανεμηθεί το σύνολο του προϋπολογισμού. Γενικά, ένα συμβατικό αεροδρόμιο διαμερίζεται στα τμήματα του χώρου εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου, του τερματικού σταθμού, του χώρου κίνησης και αναμονής των αεροσκαφών και των διαδρόμων από-προσγείωσης. Ένα αεροδρόμιο προκειμένου να βελτιστοποιήσει τους αντικειμενικούς του σκοπούς πρέπει να είναι αποτελεσματικό και αποδοτικό, απόρροια της μεγιστοποίησης των κερδών του και της μεγιστοποίησης της διακίνησης πολιτών μέσω της ελαχιστοποίησης του κόστους λειτουργίας του για δεδομένη παροχή υπηρεσιών και λειτουργίας συγκεκριμένων υποδομών.

Κινούμενοι λοιπόν στην κατεύθυνση της βελτίωσης της λειτουργικότητάς του, δίνεται προτεραιότητα στην ασφάλεια, αρχικά των επιβατών και των εργαζομένων του κάθε αερολιμένα, με αποτέλεσμα να είναι επιτακτική η ανάγκη για **αναβάθμιση του τερματικού σταθμού** που σημαίνει είτε συντήρηση του αεροσταθμού και των

υποδομών του λόγω παλαιότητας, είτε αύξηση του αστικού χώρου για την καλύτερη εξυπηρέτηση.

Έπειτα ύψιστης σημασίας είναι η **αναβάθμιση του διαδρόμου από-προσγειώσεων**, όπου με την χρονική φθορά χρήζει ανακαίνισης ίσως και αντικατάστασης του διαδρόμου τροχοδρόμησης και οδοστρώματος αλλά και σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται η αναδιαμόρφωση αυτού, τόσο σε πλάτος, περισσότερο προκειμένου να συνάδει με τους Διεθνείς Κανονισμούς, τόσο και σε μήκος για την εξυπηρέτηση μεγαλύτερων αεροπλάνων.

Επιπλέον, μία ακόμη σημαντική ενέργεια βελτίωσης αεροδρομίου θα ήταν η **αναβάθμιση των χώρων κινήσεων και αναμονής των αεροσκαφών** με πιθανή επέκτασή τους με σκοπό τη φιλοξενία περισσότερων αεροπλάνων είτε για την αναδιαμόρφωση αυτών με σκοπό την αναδιάταξη των χώρων στάθμευσης. Τέλος, μία ακόμη σημαντική ενέργεια θα ήταν η **αναβάθμιση των χώρων εξυπηρέτησης από και προς το έκαστο αεροδρόμιο** με αποτέλεσμα την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών ειδικά σε αερολιμένες που στεγάζονται μακριά από τα αστικά κέντρα.

4.3.1 Συμπεράσματα ενεργειών αναβάθμισης αερολιμένων

Συνοψίζοντας, έγινε η επιλογή τεσσάρων ενεργειών αναβάθμισης οι οποίες θα ενισχύσουν, βελτιώσουν και διασφαλίσουν την ομαλή και αποδοτική λειτουργικότητα των αεροδρομίων που σημαίνει ανταγωνιστικότητα, ελκυστικότητα, ασφάλεια μεγιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την ανταποδοτικότητα της εκάστοτε επένδυσης της κυβέρνησης. Οι ενέργειες λοιπόν είναι:

- *Αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων*
- *Αναβάθμιση των χώρων κινήσεων και αναμονής των αεροσκαφών*
- *Αναβάθμιση του τερματικού σταθμού*
- *Αναβάθμιση των χώρων εξυπηρέτησης για εκτός αεροδρομίου*

Οι παραπάνω ενέργειες με την πραγματοποίησή τους θα επιφέρουν μία μεταβολή στον κάθε αερολιμένα ξεχωριστά, αναμφισβήτητα μεταβολή βελτίωσης, μεγαλύτερη ή μικρότερη, εξαρτώμενη από το ποια θα είναι η ενέργεια αυτή, υποδηλώνοντας έτσι **το δεύτερο σημαντικό δείκτη της μεταβολής της απόδοσης** ο οποίος θα λαμβάνει τιμές όπως θα προσδιοριστεί παρακάτω.

4.4 Περιγραφή προγραμματιστικού μοντέλου βελτιστοποίησης

4.4.1 Αντικειμενική συνάρτηση

Περνώντας πλέον στο βασικό στόχο της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή στη **βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων**, η οποία με τη σειρά της θα οδηγήσει και στη βέλτιστη συντήρηση και αναβάθμιση των υποδομών των είκοσι βασικών αερολιμένων της Ελλάδας έγινε η προσπάθεια **ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου το οποίο βασίστηκε στις αρχές του προγραμματισμού**. Το μοντέλο κατανομής πόρων που αναπτύσσεται περιγράφει ένα **πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού** και πιο συγκεκριμένα **ακέραιου δυαδικού**, στο οποίο οι μεταβλητές απόφασης λαμβάνουν τις τιμές '0' ή '1', όπως θα περιγραφεί παρακάτω. Η **αντικειμενική συνάρτηση** που αναπτύχθηκε και επιδιώκεται να μεγιστοποιηθεί είναι:

δείκτης σημαντικότητας * ενέργεια * δείκτης μεταβολής απόδοσης

δηλαδή



$$\text{MAX}(B_{ijk} \times X_{ijk} \times \Delta X_{ijk})$$

i: αερολιμένας

Λαμβάνει τις τιμές από 1 έως 20, όσοι ακριβώς είναι οι αερολιμένες που εξετάζουμε.

j: χρονιά αναβάθμισης

Λαμβάνει τις τιμές από 1 έως 5, όσος ακριβώς είναι ο χρονικός ορίζοντας εφαρμογής του προγράμματος αναβάθμισης και συντήρησης.

k: ενέργεια

Λαμβάνει τις τιμές από 1 έως 4, όσες ακριβώς είναι οι ενέργειες αναβάθμισης.

B_{ijk}: δείκτης σημαντικότητας αερολιμένα

Λαμβάνει τις τιμές από 0,7 έως 2 ανάλογα με τη σπουδαιότητα του και την αναγκαιότητα χρήσης του κάθε αεροδρομίου από 0,7 στο λιγότερο σημαντικό αεροδρόμιο μέχρι το 2 όπως προέκυψε από τους βοηθητικούς δείκτες sprass, scargo, ssize, snumber, sdistance οι οποίοι προσδιορίστηκαν παραπάνω. Οι τιμές για τον κάθε αερολιμένα προσδιορίζονται στον παρακάτω πίνακα 4.6

Πίνακας 4.6: Προσδιορισμός του δείκτη σημαντικότητας για κάθε αερολιμένα

i	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	B
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	2,0
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	2,0
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	1,8
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1,6
5	ΚΩ	1,6
6	ΧΑΝΙΩΝ	1,6
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1,3
8	ΣΑΜΟΥ	1,3
9	ΛΗΜΝΟΥ	1,0
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1,0
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1,0
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1,2
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	0,9
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1,0
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1,3
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	1,2
17	ΑΚΤΙΟΥ	0,7
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	0,8
19	ΠΑΡΟΣ	0,8
20	ΧΙΟΣ	0,8

X_{ijk}: μεταβλητή που παίρνει τιμές 1 ή 0 για το αν πραγματοποιείται η k ενέργεια την j χρονιά στο i αερολιμένα ή αντίστοιχα δεν πραγματοποιείται. Συνολικά προκύπτουν 20 αερολιμένες * 4 ενέργειες * 5 έτη = 400 μεταβλητές με την τιμή 0 ή 1.

ΔX_{ijk}: δείκτης μεταβολής απόδοσης αερολιμένα

Η υπόθεση για την τιμή του συντελεστή ΔX που αντιστοιχεί σε κάθε ενέργεια, έγινε με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν μέσω της μελέτης της βιβλιογραφίας για την αύξηση της απόδοσης των αερολιμένων που επέρχεται μέσω κάθε ενέργειας. Όλοι οι συντελεστές μεταβολής της απόδοσης ΔX που αντιστοιχούν στις ενέργειες αξιολογούνται με τιμές από 0,8 έως και 2.

Πίνακας 4.7: Προσδιορισμός του δείκτη μεταβολής απόδοσης για κάθε αερολιμένα

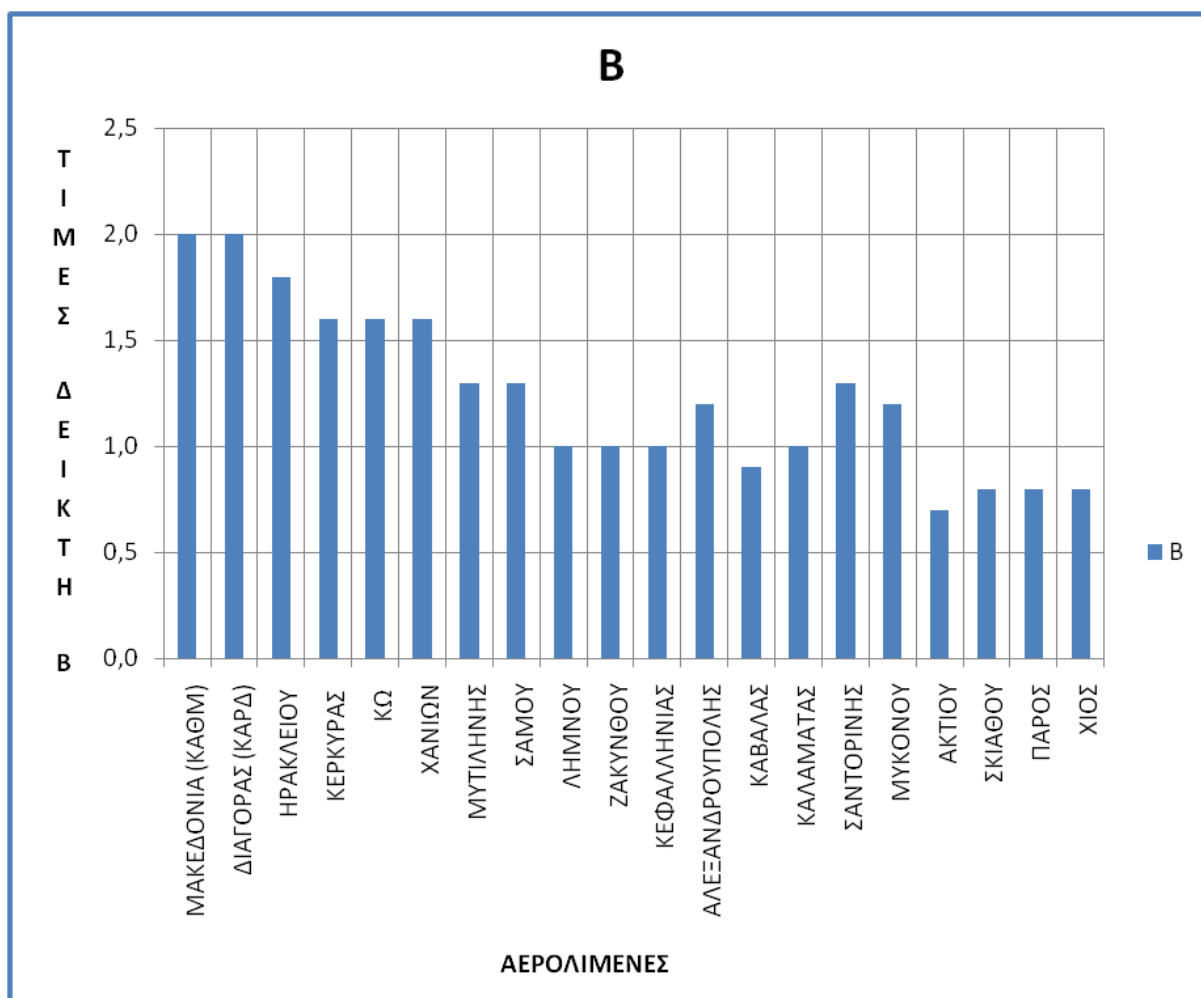
ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ κ	ΔΧ
1	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	2
2	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	1,5
3	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	2
4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	0,8

Όπως είναι φανερό από τον πίνακα 4.7 δίνεται προτεραιότητα στην αναβάθμιση του τερματικού σταθμού και στην αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων με συντελεστές απόδοσης 2 στη βελτίωση της δυναμικής του αερολιμένα καθώς και οι δύο ενέργειες συνάδουν αρχικά με την ασφάλεια και έπειτα με την πρακτική και αισθητική εικόνα και κατ' επέκταση ακολουθεί η ενέργεια αναβάθμισης των χώρων κινήσεων και αναμονής των αεροσκαφών με συντελεστή 1,5 και τέλος η ενέργεια αναβάθμισης των χώρων εξυπηρέτησης από και προς το αεροδρόμιο με συντελεστή απόδοσης 0,8.

4.4.2 Ανάλυση αντικειμενικής συνάρτησης, παράμετροι και περιορισμοί

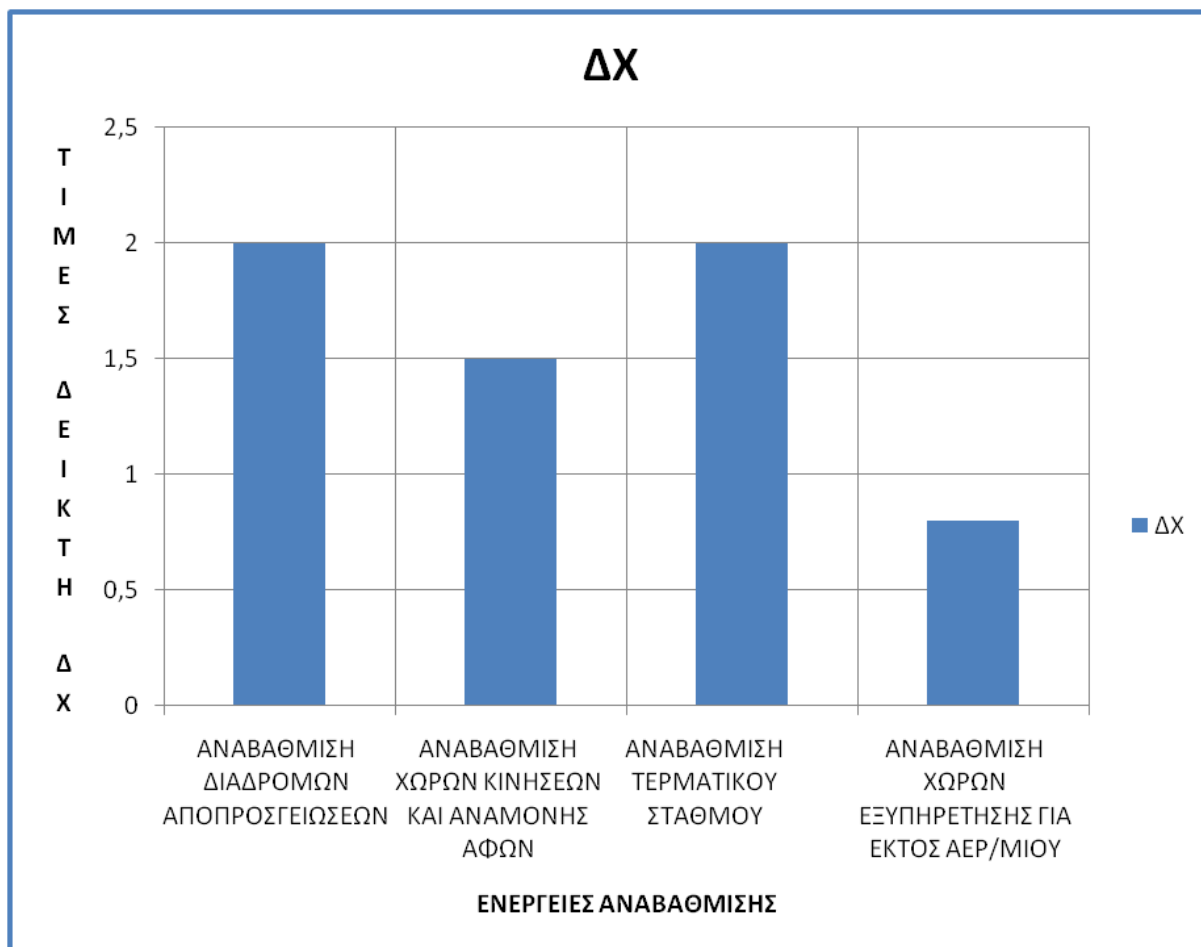
4.4.2.1 Δείκτες Β και ΔΧ

Όπως διευκρινίστηκε και παραπάνω στο πρόβλημα εισάγονται δύο υποθετικοί συντελεστές, οι οποίοι παίζουν καθοριστικό ρόλο στην μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης και στον καθορισμό των πραγματοποιήσιμων ενεργειών μετά την επίλυση του κάθε σεναρίου. Αυτοί είναι, ο δείκτης ένδειξης της μεταβολής της απόδοσης του κάθε λιμένα μετά την πραγματοποίηση μίας ενέργειας, ΔΧ και ο δείκτης μεγέθους/σημασίας του κάθε αερολιμένα Β. Για την καλύτερη εποπτεία των τιμών αυτών που λαμβάνουν οι αερολιμένες μορφώθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα:



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ένδειξης της τιμής B για κάθε αερολιμένα

Σύμφωνα με το σχήμα 4.4 και με τον πίνακα 4.6 εισάγεται στο αεροδρόμιο της Μακεδονίας και του Διαγόρα ο συντελεστής βαρύτητας 2 καθώς σε αυτούς λαμβάνει χώρα ο μεγαλύτερος όγκος διακίνησης και εξυπηρέτησης επιβατών και φορτίων τόσο σε εξωτερικό, όσο και σε εσωτερικό. Ακολουθούν το αεροδρόμιο του Ηρακλείου με συντελεστή 1,8 και στη συνέχεια τα αεροδρόμια της Κέρκυρας, της Κω και των Χανίων με συντελεστές 1,6. Οι αερολιμένες της Μυτιλήνης, της Σάμου και της Σαντορίνης βαθμολογούνται με συντελεστή σπουδαιότητας 1,3, ακολουθούν οι αερολιμένες της Αλεξανδρούπολης και της Μυκόνου με 1,2, έπονται τα αεροδρόμια της Κεφαλληνίας, της Λήμνου, της Ζακύνθου και της Καλαμάτας με δείκτη 1. Τέλος εισάγεται στον αερολιμένα της Καβάλας ο συντελεστής 0,9, εν συνεχεία της Σκιάθου, της Πάρου και της Χίου ο συντελεστής σπουδαιότητας 0,8 και τελικά στο αεροδρόμιο του Ακτίου ο δείκτης 0,7.



Σχήμα 4.5: Διάγραμμα ένδειξης του δείκτη μεταβολής απόδοσης ΔΧ για κάθε αερολιμένα

Μέσω της μελέτης της βιβλιογραφίας, σύμφωνα με τον πίνακα 4.7 και το σχήμα 4.5 μορφώθηκε ο δείκτης της μεταβολής της απόδοσης του κάθε αεροδρομίου. Με στόχο την αύξηση της απόδοσης των αερολιμένων **κρίθηκε σκόπιμο αρχικά να υλοποιηθεί η αναβάθμιση του αεροσταθμού και η επέκτασή του** σχεδόν στο σύνολο των αεροδρομίων της χώρας, αφού υφίστανται διάφορα προβλήματα στον χώρο της αναμονής των επιβατών με ενοχλητικό και ασφυχτικό συνωστισμό, στις διάφορες υποδομές λόγω παλαιότητας κτιρίων καθώς και στο υποβαθμισμένο σύστημα διαχείρισης αποσκευών και ελέγχου. Αυτή η ανάγκη οδήγησε στην εισαγωγή του συντελεστή 2 στην απόδοση των αερολιμένων με την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης ενέργειας.

Εξίσου σημαντική η αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων, καθώς η αποκατάσταση των φθορών που επιφέρει ο χρόνος στο οδόστρωμα του διαδρόμου

και της τροχοδρόμησης αλλά και πιθανή επέκταση του πλάτους και του μήκους των διαδρόμων, θα επιφέρουν μία επιβεβαιωμένη βελτίωση στην ασφάλεια και στην εικόνα του αεροδρομίου, έτσι λοιπόν έγινε η εισαγωγή του συντελεστή 2.

Εν συνεχεία βαθμολογήθηκε με συντελεστή 1,5 η απόδοση στη μεταβολή του αεροδρομίου έπειτα από την πραγματοποίηση της αναβάθμισης των χώρων κινήσεων και αναμονής αεροσκαφών, ενώ με συντελεστή 0,8 κρίθηκε η απόδοση της αναβάθμισης των χώρων εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου.

4.4.2.2 Περιορισμοί

Στο μοντέλο βελτιστοποίησης πέρα από την αντικειμενική συνάρτηση χρησιμοποιούνται και κάποιοι **βασικοί περιορισμοί** οι οποίοι δίνουν ρεαλιστική υπόσταση στο πρόβλημα και διευκολύνουν την επίλυση.

4.4.2.2.1 Περιορισμός Διαθέσιμου Κεφαλαίου

Αρχικά υπάρχει ο **περιορισμός του αρχικού κεφαλαίου**. Προκειμένου να έχει νόημα η κατανομή του προϋπολογισμού στα έργα αναβάθμισης των είκοσι αερολιμένων πρέπει να μην είναι εφικτή η υλοποίηση του συνόλου των ενεργειών και έτσι να πρέπει να δοθεί προτεραιότητα σε κάποιες ενέργειες και σε κάποιες άλλες όχι. Συνεπώς επιλύεται το πρόβλημα βελτιστοποίησης για **τρία διαφορετικά σενάρια προϋπολογισμού**. Στο πρώτο σενάριο ο προϋπολογισμός είναι χαμηλός, στο δεύτερο μεσαίος και στο τρίτο υψηλός.

Βασικός περιορισμός διαθέσιμου κεφαλαίου όπως απεικονίζεται στο μοντέλο βελτιστοποίησης:

$$\sum (X_{ijk} * C_{ijk}) \leq M$$

**X_{ijk} : μεταβλητή που παίρνει τιμές 1 ή 0 για το αν
αντίστοιχα δεν πραγματοποιείται**

C_{ijk}: κόστος κάθε ενέργειας που πραγματοποιείται

M: διαθέσιμος προϋπολογισμός

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το άθροισμα του κόστους όλων των πραγματοποιήσιμων ενεργειών ανά έτος να μην υπερβαίνει το διαθέσιμο κεφάλαιο που είναι διαθέσιμο ανά έτος. Η μεταβλητή C_{ijk} μεταβάλλεται στις διάφορες επιλύσεις όπως θα επεξηγηθεί παρακάτω εξαρτώμενη από τις 3 θεωρήσεις.

Τρία διαφορετικά σενάρια προϋπολογισμού

Έπειτα από μελέτη των οικονομικών στοιχείων διάφορων οργανισμών της χώρας αλλά και από έρευνα επενδυτικών έργων και προγραμμάτων σε διάφορους αερολιμένες έγινε η θεώρηση τριών πιθανών διαθέσιμων προϋπολογισμών **ανά έτος**.

- **ΧΑΜΗΛΟΣ: 18.000.000€**
- **ΜΕΣΑΙΟΣ: 38.000.000€**
- **ΥΨΗΛΟΣ: 72.000.000€**

Για κάθε διαφορετικό σενάριο το πρόβλημα επιλύεται ξανά και κάθε φορά οι 400 μεταβλητές του προβλήματος παίρνουν διαφορετικές τιμές. Είναι προφανές ότι όταν διαθέσιμος είναι ο χαμηλός προϋπολογισμός πραγματοποιούνται λιγότερες ενέργειες από ότι όταν ο προϋπολογισμός είναι υψηλός, δηλαδή περισσότερες μεταβλητές X_{ijk} παίρνουν τιμή μηδέν στο πρώτο σενάριο συγκριτικά με το τρίτο.

Η τιμή του **C_{ijk}** προσδιορίζεται ως συντελεστής δαπανών της κάθε ενέργειας * προϋπολογισμός.

Ορίσαμε για την κάθε ενέργεια ένα διαχωριστικό συντελεστή – ποσοστό από τον προϋπολογισμό που θα καταναλίσκει καθώς άλλο ποσό θα διατεθεί για την αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων και του τερματικού σταθμού και άλλο ποσό για την αναβάθμιση και συντήρηση των χώρων αναμονής αεροσκαφών και των χώρων εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου. Έτσι λοιπόν για κάθε σενάριο προϋπολογισμού προκύπτει για την κάθε ενέργεια αναβάθμισης ο παρακάτω βοηθητικός πίνακας.

Πίνακας 4.8: Προσδιορισμός του συντελεστή δαπανών C για κάθε ενέργεια αναβάθμισης ξεχωριστά

ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ k	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΑΠΑΝΩΝ	C=ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣxΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ		
		ΧΑΜΗΛΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	0,4	7.200.000 €	15.200.000 €	28.800.000 €
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΑΦΩΝ	0,1	1.800.000 €	3.800.000 €	7.200.000 €
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	0,4	7.200.000 €	15.200.000 €	28.800.000 €
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	0,1	1.800.000 €	3.800.000 €	7.200.000 €

Όσον αφορά τον **βασικό περιορισμό του διαθέσιμου κεφαλαίου** πραγματοποιήθηκαν διάφορες επιλύσεις του προγραμματιστικού μοντέλου για διάφορες θεωρήσεις.

Πρώτη θεώρηση: ο διατιθέμενος προϋπολογισμός κατανέμεται ανάλογα με τη σπουδαιότητα του κάθε αερολιμένα και τη δαπάνη της κάθε ενέργειας.

$$\sum (X_{ijk} * C_{ijk}) \leq M$$

Δεύτερη θεώρηση: σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα ποσοστό του διατιθέμενου προϋπολογισμού, ανάλογα με το μέγεθος του και τις ανάγκες του, για το ποσοστό αυτό, βοήθησαν οι δείκτες size, snumber, sdistance αλλά και διάφορες βιβλιογραφικές αναφορές για τις ανάγκες του κάθε αεροδρομίου. Αυτά τα ποσοστά των αερολιμένων αποτελούν ένα ελάχιστο ποσοστό χρησιμοποίησης τους που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών τους. Με αυτόν τον τρόπο προστέθηκε ένας ακόμη όρος στο ανάπτυγμα του βασικού περιορισμού ,αυτός του K.

$$\sum (X_{ijk} * C_{ijk} * K) \leq M$$

Πίνακας 4.9: Πίνακας προσδιορισμού του απαιτούμενου ποσοστού κάλυψης Κ για κάθε αερολιμένα

i	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	Κ * 100%
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0,625
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0,625
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0,3
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0,3
5	ΚΩ	0,3
6	ΧΑΝΙΩΝ	0,3
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0,25
8	ΣΑΜΟΥ	0,25
9	ΛΗΜΝΟΥ	0,15625
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0,15625
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0,15625
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0,25
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	0,135
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0,15625
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	0,25
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	0,25
17	ΑΚΤΙΟΥ	0,122
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	0,123
19	ΠΑΡΟΣ	0,123
20	ΧΙΟΣ	0,123

Τρίτη θεώρηση: Ορίσθηκε για τον κάθε αερολιμένα ένα ελάχιστο ιδανικό ποσό που απαιτείται για την κάλυψη όλων των αναγκών του κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης πενταετίας, ένα αυξανόμενο κατά 26 % από αρχικό και ένα υψηλό κατά 60% για την κάλυψη των αναγκών του. Συνεπώς δημιουργούνται **3 περιπτώσεις για την Τρίτη θεώρηση**. Τα παρακάτω ποσά προέκυψαν έπειτα από μελέτη επενδυτικών προγραμμάτων και λειτουργικών εξόδων της ζωής ενός αερολιμένα. Αναλυτικά οι τιμές προσδιορίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.10: Πίνακας προσδιορισμού των απαιτούμενων δαπανών – αναγκών των αερολιμένων για κάθε περίπτωση χαμηλών δαπανών, μεσαίων και υψηλών

		1η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ	2η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ	3η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
i	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	Δαπάνες ki	Δαπάνες ki	Δαπάνες ki
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	24.000.000 €	25.000.000 €	32.000.000 €
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	20.000.000 €	23.000.000 €	29.440.000 €
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	21.000.000 €	22.000.000 €	28.160.000 €
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	17.000.000 €	19.000.000 €	24.320.000 €
5	ΚΩ	17.000.000 €	19.000.000 €	24.320.000 €
6	ΧΑΝΙΩΝ	19.500.000 €	22.000.000 €	28.160.000 €
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	14.500.000 €	16.000.000 €	20.480.000 €
8	ΣΑΜΟΥ	14.500.000 €	16.000.000 €	20.480.000 €
9	ΛΗΜΝΟΥ	9.000.000 €	17.000.000 €	21.760.000 €
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	9.000.000 €	14.000.000 €	17.920.000 €
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	9.000.000 €	14.000.000 €	17.920.000 €
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	13.500.000 €	15.000.000 €	19.200.000 €
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	8.000.000 €	10.000.000 €	12.800.000 €
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	9.000.000 €	16.000.000 €	20.480.000 €
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	8.000.000 €	10.000.000 €	12.800.000 €
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	8.000.000 €	10.000.000 €	12.800.000 €
17	ΑΚΤΙΟΥ	10.000.000 €	17.000.000 €	21.760.000 €
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	5.000.000 €	9.000.000 €	11.520.000 €
19	ΠΑΡΟΣ	5.000.000 €	9.000.000 €	11.520.000 €
20	ΧΙΟΣ	5.000.000 €	9.000.000 €	11.520.000 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ		246.000.000 €	312.000.000 €	399.360.000 €

Με αυτόν τον τρόπο ο βασικός περιορισμός του διαθέσιμου κεφαλαίου μεταβάλλεται ως εξής :

$$\sum (X_{ijk} * \text{συντελεστής δαπανών}_j * k_i) \leq M$$

Για τις **3** θεωρήσεις και τα **3** σενάρια διατιθέμενου προϋπολογισμού, έγινε ο ισχυρισμός πως εκτός από την ομοιόμορφη κατανομή του αρχικού κεφαλαίου στη διάρκεια 5 ετών για κάθε περίπτωση χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού, **το μοντέλο θα επιλύεται δύο φορές, μία φορά χωρίς μετακύλιση**

προϋπολογισμού όπου αντιστοιχεί σε σταθερό κεφάλαιο ανά έτος και **μία φορά με μετακύλιση**. Όπου δεν υπάρχει μετακύλιση το κεφάλαιο που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από τα 5 χρόνια δε μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί τον επόμενο χρόνο, ενώ στην περίπτωση της μετακύλισης, το διαθέσιμο χρηματικό ποσό μεταβιβάζεται τον επόμενο χρόνο, δηλαδή το σύνολο του κόστους των ενεργειών κάθε έτους αθροίζεται με το σύνολο του κόστους των πραγματοποιησίμων ενεργειών του προηγούμενου έτους και αυτό το ποσό δεν πρέπει να υπερβαίνει το άθροισμα των προϋπολογισμών των αντίστοιχων ετών.

4.4.2.2 Περιορισμοί υλοποίησης ενεργειών αναβάθμισης

Δεύτερος περιορισμός που εισάγεται στο πρόβλημα βελτιστοποίησης είναι πως η κάθε ενέργεια αναβάθμισης να πραγματοποιείται μία φορά στον χρονικό κύκλο της πενταετίας. Αυτό εκφράζεται πρακτικά στο μοντέλο βελτιστοποίησης όταν το άθροισμα των τριών μεταβλητών X_{ijk} για κάθε ενέργεια για κάθε αεροδρόμιο που αντιστοιχούν στα πέντε έτη είναι μικρότερο ή ίσο της μονάδας, δηλαδή παίρνει είτε τιμή 1 είτε τιμή 0.

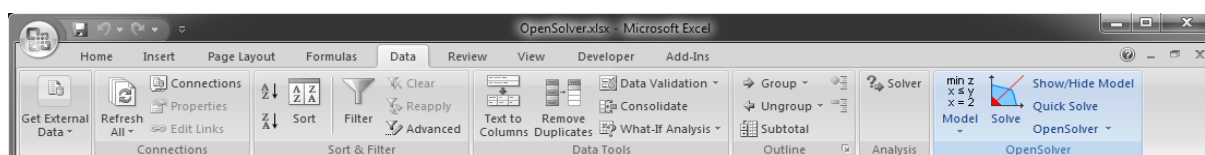
Ο τρίτος περιορισμός αφορά τη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών αναβάθμισης που παρόλο που βαθμολογήθηκαν με την απόδοση που θα επιφέρουν, εξαιτίας του γεγονότος από άμεση και επιτακτική ανάγκη για αναβάθμιση του τερματικού σταθμού όλων των αερολιμένων της χώρας έπειτα από βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις και έρευνα , επιβάλλεται αυτή η ενέργεια να προηγείται των υπολοίπων στην περίπτωση διάθεσης κεφαλαίου σε οποιοδήποτε αεροδρόμιο. Ωστόσο, εν συνεχεία της εξέλιξης της διπλωματικής εργασίας έγινε και η επιπρόσθετη επίλυση χωρίς τη συμμετοχή αυτού του περιορισμού με σκοπό την εξαγωγή περισσοτέρων συμπερασμάτων με εξάρτηση των ενεργειών μόνο από το συντελεστή απόδοσής τους και το συντελεστή δαπανών τους.

5

Εφαρμογή μεθοδολογίας – αποτελέσματα

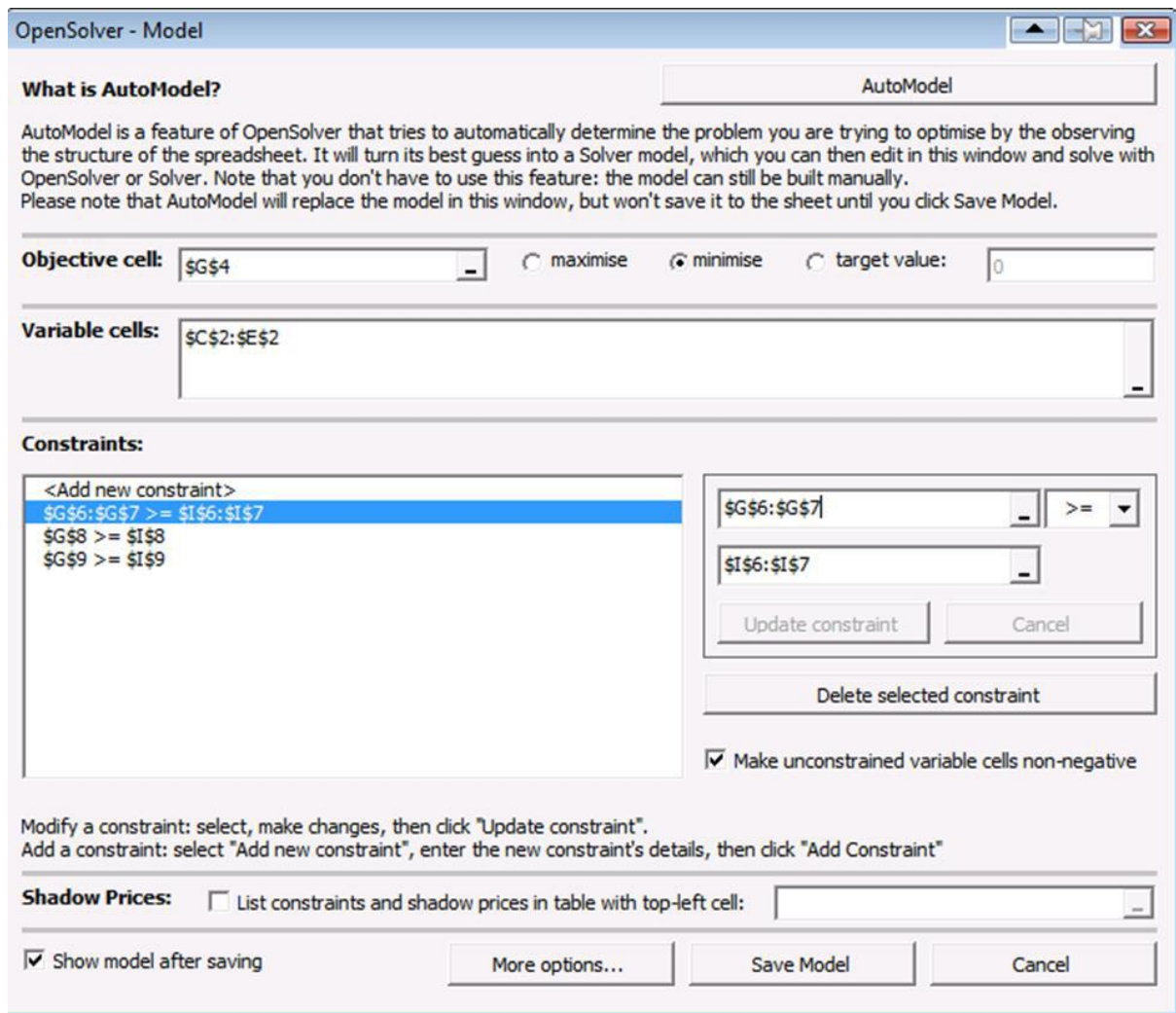
5.1 Εφαρμογή μοντέλου βελτιστοποίησης μέσω excel – Open Solver

Το μοντέλο βελτιστοποίησης και η μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης βρίσκουν εφαρμογή μέσω εργαλείου προγραμματισμού σχεδιασμένο για το λογισμικό Microsoft Excel. Το εργαλείο αυτό ονομάζεται Open Solver και είναι βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού C++ και είναι σχεδιασμένο για την επίλυση μεγάλων γραμμικών προβλημάτων βελτιστοποίησης και προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού. Δεν υπάρχουν τεχνητοί περιορισμοί στην εφαρμογή του συγκεκριμένου εργαλείου και συνεπώς ο αριθμός των δεδομένων που εισάγονται στο πρόβλημα μπορεί να είναι πολύ μεγάλος. Το εργαλείο Open Solver εισάγεται στο Microsoft Excel ως προσθήκη κάτω από το Data Section. Η προσθήκη του εργαλείου φαίνεται στο παρακάτω εικονίδιο:



Σχήμα 5.1: Εικόνα της προσθήκης του Open Solver στο Microsoft Excel

Η επίλυση θα επέλθει αφού πρώτα οριστεί το κελί της αντικειμενικής συνάρτησης καθώς και τα κελιά που αντιπροσωπεύουν τις μεταβλητές απόφασης. Το πλαίσιο διαλόγου του εργαλείου παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 5.2: Το πλαίσιο διαλόγου του Open Solver για την εισαγωγή της αντικειμενικής συνάρτησης, των περιορισμών και των παραμέτρων

Για την ανεύρεση της άριστης λύσης στο πρόβλημα ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Objective cell: εισάγεται το κελί της αντικειμενικής συνάρτησης του οποίου στη συγκεκριμένη περίπτωση επιζητούμε μεγιστοποίηση, το κελί αυτό είναι το Q31 και αποτελεί ένα SUMPRODUCT των κελιών που αντιπροσωπεύουν τα X_{ijk} , τα B_{ijk} και τα ΔX_{ijk} .

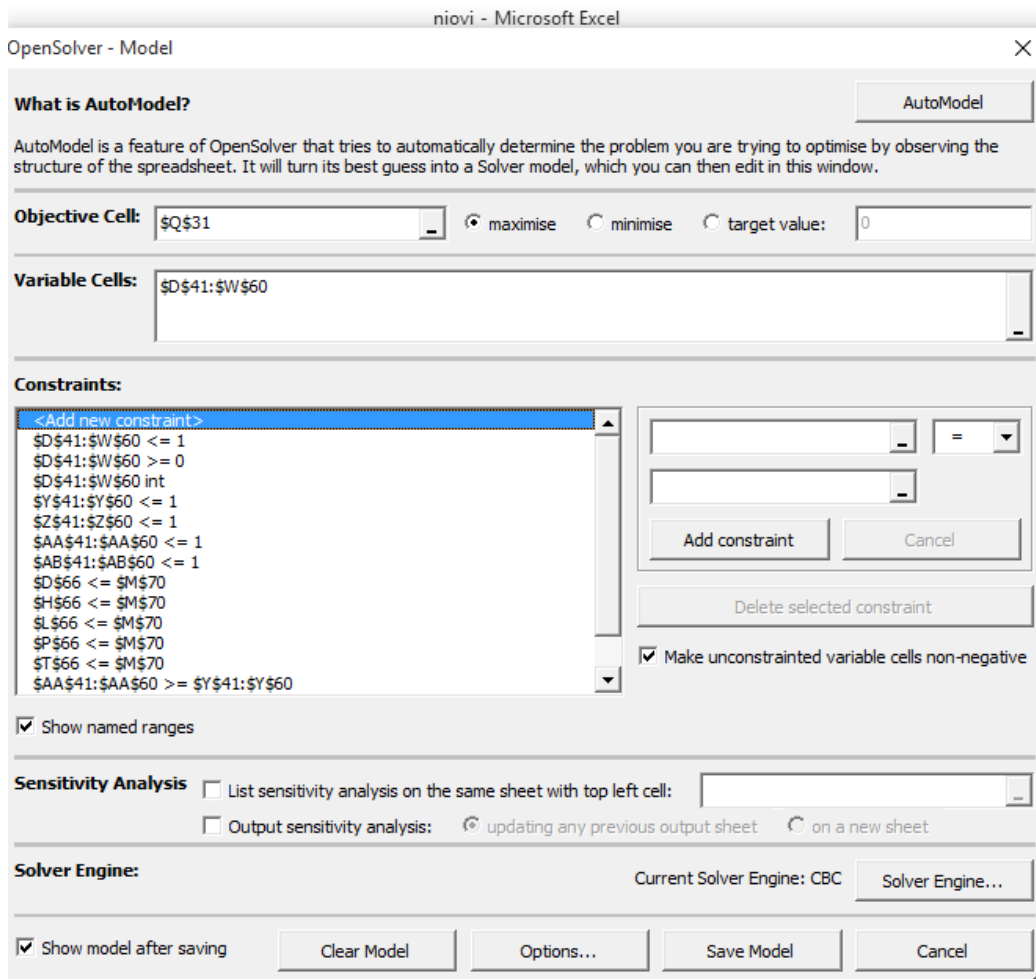
- Δίπλα από το objective cell υπάρχουν 3 επιλογές μεγιστοποίησης, ελαχιστοποίησης και ορισμού συγκεκριμένης τιμής αναλόγως από το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

- Variable cells: εισάγονται τα κενά κελιά που αντιστοιχούν στις μεταβλητές απόφασης, αυτά είναι τα X_{ijk} , τα οποία αριθμούνται σε 400 και παίρνουν τις τιμές 0 ή 1 αντιπροσωπεύοντας τις ενέργειες αναβάθμισης για τον έκαστο αερολιμένα την έκαστη χρονιά, δηλαδή αν θα πραγματοποιηθεί ή όχι ποια ενέργεια σε ποιο έτος για ποιον αερολιμένα.

- Constraints: εισάγονται οι περιορισμοί του προβλήματος όπως ορίστηκαν στο κεφάλαιο 4 και αντιστοιχούν στα κελιά των μεταβλητών X_{ijk} για τα οποία επιδιώκεται να ισχύει μία νέα συνθήκη σε σχέση με τα υπόλοιπα, είτε ένας ομαδικός περιορισμός όπως αυτός του διαθέσιμου κεφαλαίου.

Μετά την εισαγωγή των απαραίτητων πληροφοριών και πατώντας αρχικά την επιλογή Save Model ώστε να σωθεί εικόνα των συνθηκών και έπειτα την επιλογή Solve, με τη βοήθεια του Open Solver επιλύθηκε το πρόβλημα εφαρμόζοντας μία επαναληπτική μαθηματική διαδικασία, ώστε τα κελιά που αντιστοιχούν στα X_{ijk} να παίρνουν τις βέλτιστες τιμές.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα από μία επίλυση του μοντέλου για το πώς στήθηκε στη συγκεκριμένη περίπτωση και τι αποτελέσματα προέκυψαν:



Σχήμα 5.3: Εικόνα εισαγωγής αντικειμενικής συνάρτησης και περιορισμών στο συγκεκριμένο πρόβλημα

Στη συγκεκριμένη περίπτωση επίλυσης ενεργοποιείται η εντολή maximize καθώς επιζητείται μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης.

5.2 Αποτελέσματα του μοντέλου βελτιστοποίησης

Προκειμένου να εξαχθούν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας, το μοντέλο βελτιστοποίησής στο open solver επιλύεται για διάφορα σενάρια προϋπολογισμού και απαιτούμενου κόστους υλοποίησης ενεργειών για τους διάφορους αερολιμένες.

Αρχικά εφαρμόζονται τρία διαφορετικά σενάρια αρχικού διαθέσιμου κεφαλαίου. Τα τρία σενάρια αναφέρονται σε χαμηλό, μεσαίο και υψηλό προϋπολογισμό. Για κάθε ένα από τα τρία αυτά σενάρια το πρόβλημα επιλύεται με τη βοήθεια του Open Solver 2 φορές, μία για προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση και μία με προϋπολογισμό με μετακύλιση. Επιπλέον, για τα τρία αυτά σενάρια ξεχωριστά και τις 2 επιλύσεις για το καθένα, το πρόβλημα επιλύεται για τις 3 θεωρήσεις των οποίων η ανάλυση έγινε στο κεφάλαιο 4. Επιπροσθέτως, για την 3^η θεώρηση το πρόβλημα επιλύεται άλλες 3 φορές, 2 για μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ και μία για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών αναβάθμισης. Συνολικά λοιπόν πραγματοποιήθηκαν 84 επιλύσεις με σκοπό την απόκτηση μίας καλύτερης εικόνας.

Αυτές οι επιλύσεις καθιστούν εφικτή τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφορετικών σεναρίων και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων όπως για παράδειγμα ποιο σενάριο είναι πιο αποδοτικό. Λογικό είναι στόχος κάθε φορά να είναι η υλοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων ενεργειών με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Καθώς μεταβάλλονται τόσο το μέγεθος του προϋπολογισμού όσο και το απαιτούμενο κόστος υλοποίησης των ενεργειών των αερολιμένων παρατηρούνται διαφορές στην ενεργοποίηση των επενδύσεων και αξιολογείται ο βαθμός στον οποίο επηρεάζονται.

Υπενθυμίζεται πως το χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού αντιστοιχεί σε 18.000.000€ ανά έτος, το μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού αντιστοιχεί σε 38.000.000€ ανά έτος και το υψηλό σενάριο προϋπολογισμού αντιστοιχεί σε 72.000.000€ ανά έτος. Δηλαδή για την πενταετία αντιστοιχούν τα ποσά των 90.000.000€, 190.000.000€ και 360.000.000€ αντίστοιχα για κάθε προϋπολογισμό.

5.2.1 Αποτελέσματα πρώτης θεώρησης – ο προϋπολογισμός κατανέμεται στους αερολιμένες με βασικό κριτήριο τη σπουδαιότητά τους

Πίνακας 5.1: Συγκεντρωτικός πίνακας υλοποίησης ενεργειών για κάθε σενάριο χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού χωρίς ή με μετακύλιση για κάθε αερολιμένα και μεγαλύτερα εξαντλούμενα ποσά έτους και πενταετίας

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΠΟΥ Ο ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΟΜΟΙΡΑΖΕΤΑΙ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΑΠΑΝΗ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ									
		ΧΧ	ΜΧ	ΥΧ	ΧΜ	ΜΜ	ΥΜ		
		ΧΑΜΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΜΕΣΑΙΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΥΨΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΧΑΜΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΜΕΣΑΙΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΥΨΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ		
	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	SUM	SUM	SUM	SUM	SUM	SUM		
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	3	4	3	4	4	4		
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	4	4	4	4	4	4		
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	3	3	3	3	3	3		
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	3	3	3	3	3	3		
5	ΚΩ	3	3	3	3	3	3		
6	ΧΑΝΙΩΝ	3	3	3	3	3	3		
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	0	0	0	3	0		
8	ΣΑΜΟΥ	2	0	2	0	0	0		
9	ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0	0		
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	0	0	0	0	0		
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	0	0	0	0	0		
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	2	0	2	0	0	0		
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	0	0	0	0	0	0		
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	0	0	0	0	0		
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	0	3	0	3	0	3		
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	0	0	0	0	0	0		
17	ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0	0		
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	0	0	0	0	0	0		
19	ΠΑΡΟΣ	0	0	0	0	0	0		
20	ΧΙΟΣ	0	0	0	0	0	0		
	ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	23	23	23	23	23	23		
	ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟ	18.000.000 €	38.000.000 €	72.000.000 €	90.000.000 €	190.000.000 €	360.000.000 €		
		ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟ ΕΤΟΥΣ			ΠΟΣΟ 5 ΕΤΙΑΣ				

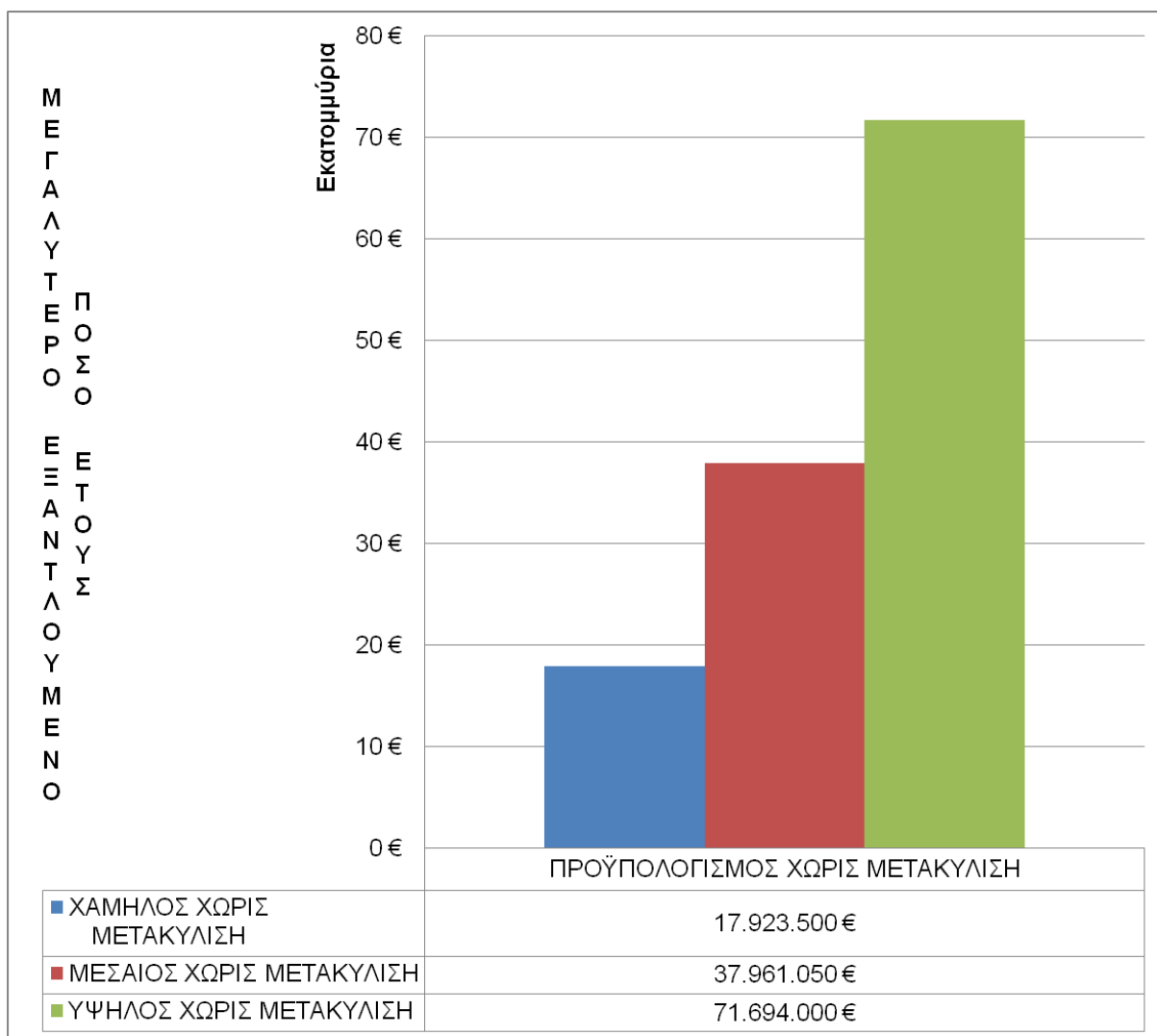
Με την πρώτη θεώρηση η λύση είναι τετριμμένη, οι ενέργειες ενεργοποιούνται στους αερολιμένες με μεγαλύτερο δείκτη σπουδαιότητας, υλοποιείται ο ίδιος ακριβώς αριθμός ενεργειών στο σύνολο της πενταετίας, εξαντλείται όλο το διαθέσιμο ποσό για κάθε σενάριο χαμηλού, μεσαίου, υψηλού με μετακύλιση και χωρίς, το μόνο που διαφοροποιείται είναι η σειρά ενεργοποίησης των ενεργειών ανά έτος, ενώ στους αερολιμένες της Μυκόνου, του Ακτίου, της Σκιάθου, της Πάρου και της Χίου δεν πραγματοποιείται καμία ενέργεια σε κανένα έτος.

5.2.2 Αποτελέσματα δεύτερης θεώρησης – σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό από τον διατιθέμενο προϋπολογισμό ανεξάρτητα από το ποιος είναι αυτός

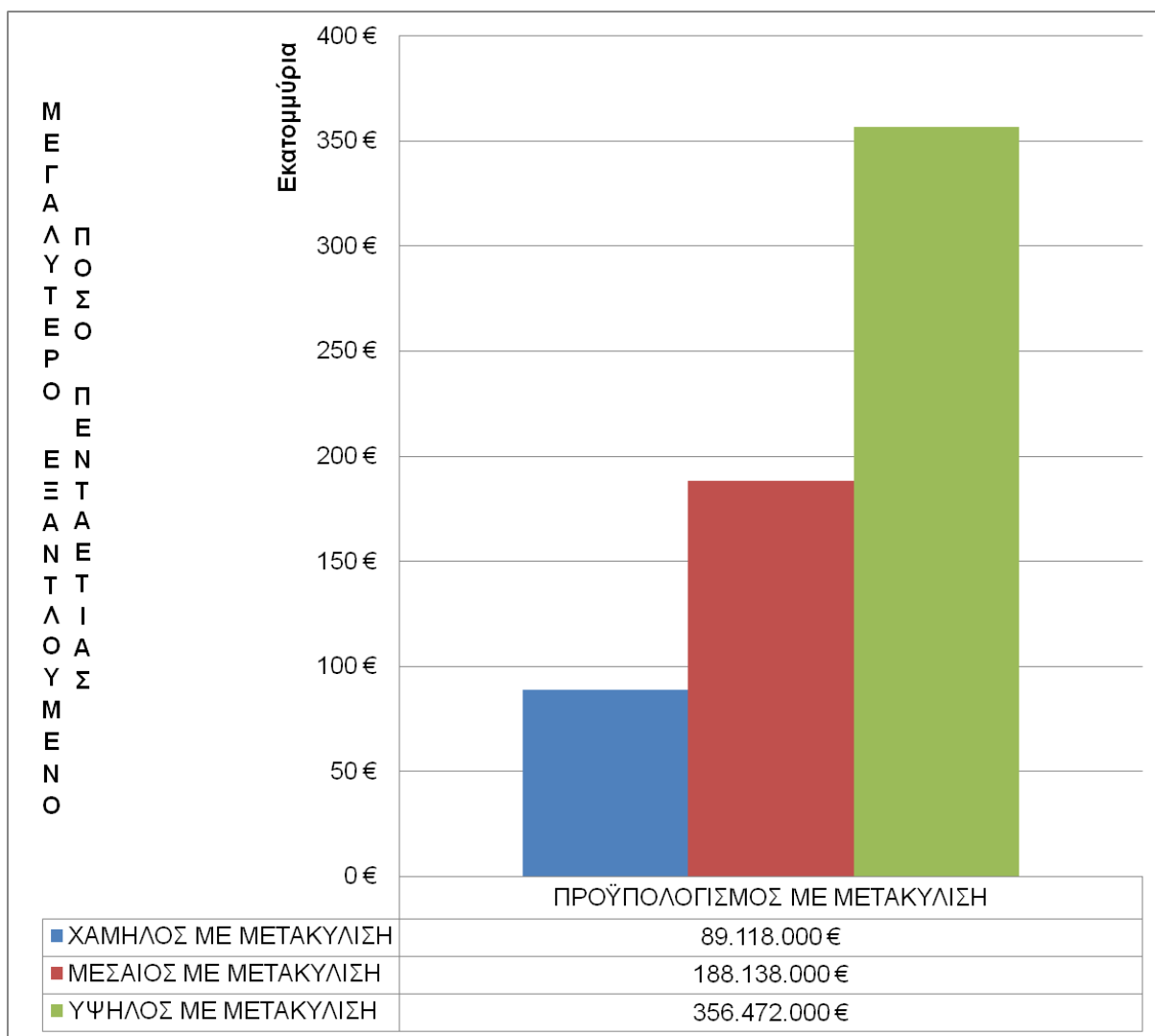
Πίνακας 5.2: Συγκεντρωτικός πίνακας υλοποίησης ενεργειών για κάθε σενάριο χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού χωρίς ή με μετακύλιση για κάθε αερολιμένα και μεγαλύτερα εξαντλούμενα ποσά έτους και πενταετίας

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΠΟΥ ΣΕ ΚΑΘΕ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΘΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ ΠΑΝΤΑ ΈΝΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟ									
		ΧΧ	ΜΧ	ΥΧ	ΧΜ	ΜΜ	ΥΜ		
		ΧΑΜΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΜΕΣΑΙΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΥΨΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΧΑΜΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΜΕΣΑΙΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ	ΥΨΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ		
	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	SUM	SUM	SUM	SUM	SUM	SUM		
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑ)	4	4	4	4	4	4		
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	4	4	4	4	4	4		
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	4	4	4	4	4	4		
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	4	4	4	4	4	4		
5	ΚΟ	4	4	4	4	4	4		
6	ΧΑΝΙΩΝ	4	4	4	4	4	4		
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	4	4	4	4	4	4		
8	ΣΑΜΟΥ	4	4	4	4	4	4		
9	ΛΗΜΝΟΥ	4	4	4	4	4	4		
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	4	4	4	4	4	4		
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	4	4	4	4	4	4		
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟ	4	4	4	4	4	4		
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	4	4	4	4	4	4		
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	4	4	4	4	4	4		
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	4	4	4	4	4	4		
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	4	4	4	4	4	4		
17	ΑΚΤΙΟΥ	4	4	4	4	4	4		
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	4	4	4	4	4	4		
19	ΠΑΡΟΣ	4	4	4	4	4	4		
20	ΧΙΟΣ	4	4	4	4	4	4		
	ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	80	80	80	80	80	80		
	ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟ	17.923.500 €	37.961.050 €	71.694.000 €	89.118.000 €	188.138.000 €	356.472.000 €		
		ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΕΤΟΥΣ			ΠΟΣΟ 5 ΕΤΙΑΣ				

Με τη δεύτερη θεώρηση, πραγματοποιούνται όλες οι ενέργειες σε όλους τους αερολιμένες κατά τη διάρκεια της πενταετίας με τη διαφορά πως στην περίπτωση χωρίς μετακύλιση για χαμηλό, για μεσαίο και για υψηλό υπάρχει ενεργοποίηση για κάθε έτος για κάθε ενέργεια για κάθε αερολιμένα με περίσσειμα 76.500€, 38.950€ και 306.000€ αντίστοιχα. Στην περίπτωση της μετακύλισης προϋπολογισμού για χαμηλό, για μεσαίο και για υψηλό λαμβάνει χώρα ενεργοποίηση όλων των ενεργειών για κάθε έτος για κάθε ενέργεια για κάθε αεροδρόμιο με περίσσειμα 882.000€, 1.862.000€ και 3.528.000€ αντίστοιχα. Τα παρακάτω διαγράμματα που απεικονίζονται στα σχήματα 5.3 και 5.4 θα αποσαφηνίσουν την κατάσταση.



Σχήμα 5.5: Διάγραμμα απεικόνισης μεγαλύτερου εξαντλούμενου ποσού ανά έτος για κάθε περίπτωση χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού



Σχήμα 5.6: Διάγραμμα απεικόνισης μεγαλύτερου εξαντλούμενου ποσού πενταετίας για κάθε περίπτωση χαμηλού, μεσαίου, υψηλού προϋπολογισμού

5.2.3 Αποτελέσματα τρίτης θεώρησης – σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο ποσό για την κάλυψη της συντήρησης και αναβάθμισής του κατά τη διάρκεια πενταετίας

Παρεμβάλλονται παρακάτω για την κάθε περίπτωση ο πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών για κάθε αερολιμένα καθώς και διαγράμματα της κατανομής του προϋπολογισμού.

Θα επισημαίνονται με ροζ χρώμα τα κελιά των αερολιμένων στους οποίους δεν υλοποιείται καμία ενέργεια αναβάθμισης κανένα έτος.

5.2.3.1 1^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ:

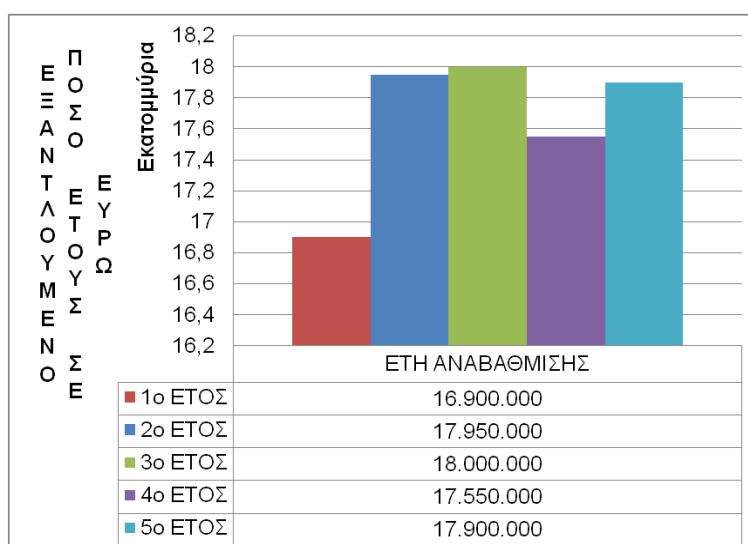
Πίνακας 5.3: Προσδιορισμός της τιμής των απαιτούμενων δαπανών Κ για κάθε αερολιμένα στην 1^η περίπτωση

		1η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
i	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	Δαπάνες ki
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	24.000.000 €
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	20.000.000 €
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	21.000.000 €
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	17.000.000 €
5	ΚΩ	17.000.000 €
6	ΧΑΝΙΩΝ	19.500.000 €
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	14.500.000 €
8	ΣΑΜΟΥ	14.500.000 €
9	ΛΗΜΝΟΥ	9.000.000 €
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	9.000.000 €
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	9.000.000 €
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	13.500.000 €
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	8.000.000 €
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	9.000.000 €
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	8.000.000 €
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	8.000.000 €
17	ΑΚΤΙΟΥ	10.000.000 €
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	5.000.000 €
19	ΠΑΡΟΣ	5.000.000 €
20	ΧΙΟΣ	5.000.000 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ		246.000.000 €

α) Χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.4: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	0	0	0	0
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	0	0	0	0
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	0	0	0	0
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΜΟΥ	0	0	0	0	0
ΛΗΜΝΟΥ	0	1	1	1	3
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	1	1	1	3
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	0	0	0	0
ΚΑΒΑΛΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	5	13	13	13	44



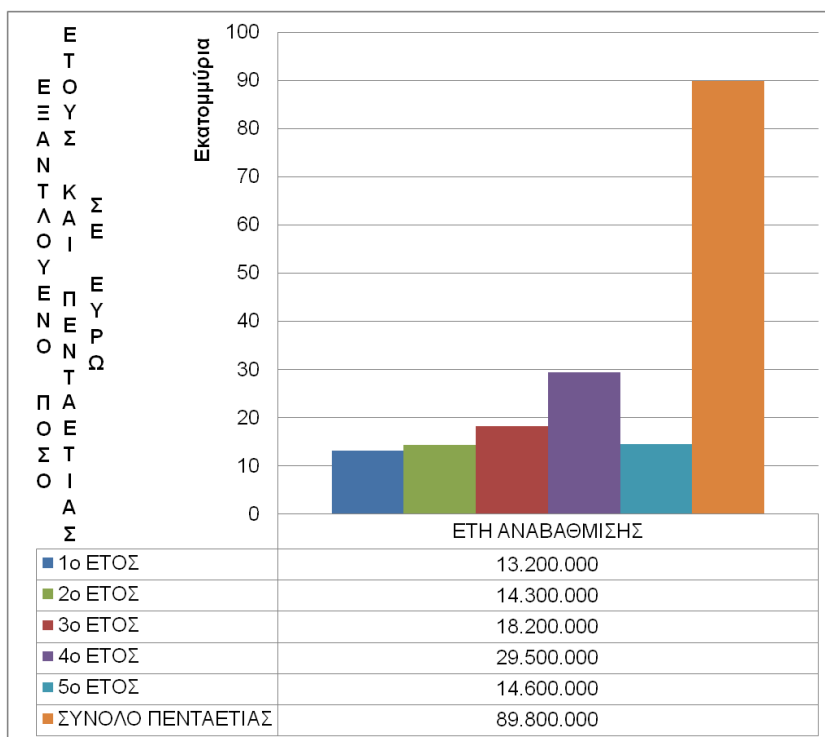
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 1^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Για την παραπάνω περίπτωση σύμφωνα με τον πίνακα 5.4 και το σχήμα 5.7 α) το διαθέσιμο κεφάλαιο κατανέμεται στους αερολιμένες με λιγότερα λειτουργικά έξοδα συντήρησης και αναβάθμισης, β) στα αεροδρόμια της Μακεδονίας, του Ηρακλείου, της Κέρκυρας, των Χανίων, της Σάμου, της Αλεξανδρούπολης και του Ακτίου δεν ενεργοποιείται καμία ενέργεια παρόλο που της Μακεδονίας και του Ηρακλείου έχουν υψηλό δείκτη σημαντικότητας, γ) η αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων με μεγάλο συντελεστή δαπανών αλλά με αυξημένο δείκτη μεταβολής απόδοσης πραγματοποιείται μόνο 5 φορές στη διάρκεια της πενταετίας, δ) μόνο στο τρίτο έτος εξαντλείται ο διατιθέμενος προϋπολογισμός ενώ τα υπόλοιπα έτη υπάρχει περίσσειμα με μεγαλύτερο το πρώτο έτος έναντι 1.100.000€, ε) συνολικά υλοποιούνται 44 ενέργειες αναβάθμισης, 5 των διαδρόμων από-προσγειώσεων και από 13 των υπόλοιπων ενεργειών.

β) Χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.5: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ- ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗ ΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	0	0	0	0
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	0	0	0	0
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΜΟΥ	0	0	0	0	0
ΛΗΜΝΟΥ	0	1	1	1	3
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	1	1	1	3
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	0	0	0	0
ΚΑΒΑΛΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	5	13	13	13	44



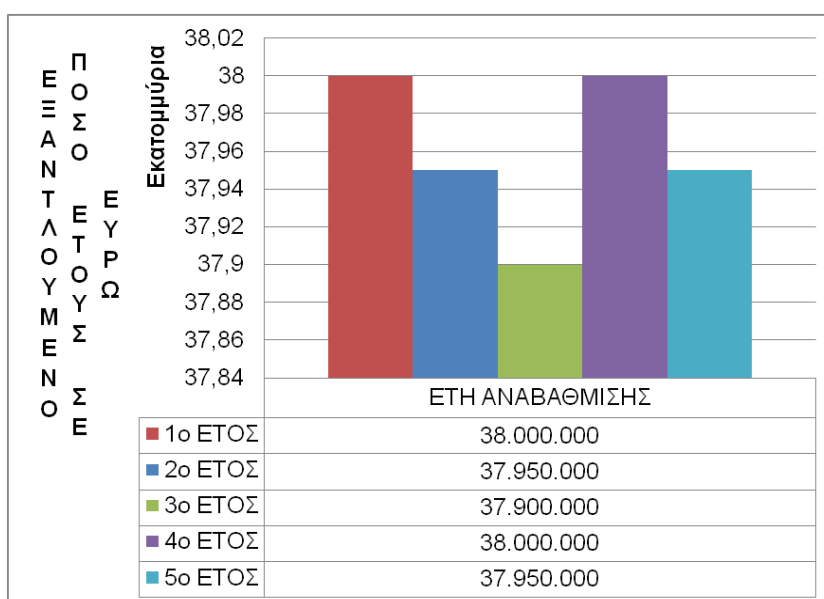
Σχήμα 5.8: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 1^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

Για την παραπάνω περίπτωση προκύπτει ο ίδιος ακριβώς αριθμός ενεργειών στο πέρας της πενταετίας για τον κάθε αερολιμένα με τη διαφορά στη χρονική σειρά ενεργοποίησής τους καθώς τώρα δεν υπάρχει ο περιορισμός του κεφαλαίου ανά έτους, ενώ στο σύνολο της πενταετίας περισσεύει το ποσό των 200.000€.

γ) Μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.6: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	1	1	1	3
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	1	1	1	3
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΜΟΥ	0	1	1	1	3
ΛΗΜΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	12	20	20	20	72



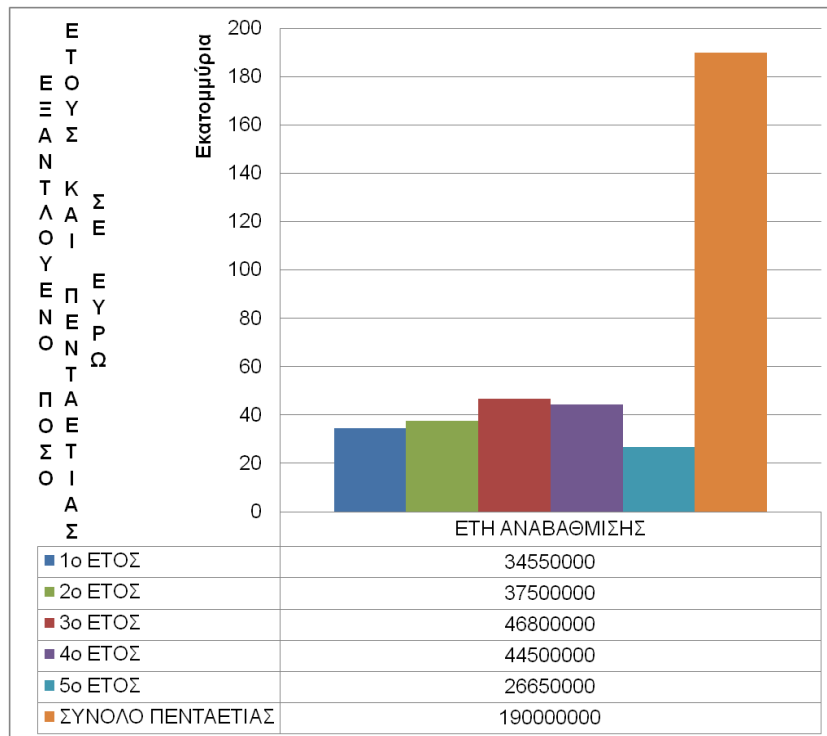
Σχήμα 5.9: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 1^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Έτσι λοιπόν με βάση τον πίνακα 5.6 και το σχήμα 5.9 α) το διαθέσιμο κεφάλαιο διατίθεται σε όλους τους αερολιμένες, β) στα αεροδρόμια της Μακεδονίας, του Διαγόρα, του Ηρακλείου, της Κω, των Χανίων, της Μυτιλήνης, της Σάμου και του Ακτίου δεν ενεργοποιείται η ενέργεια της αναβάθμισης των διαδρόμων από-προσγειώσεων, γ) η ενεργοποίηση των υπόλοιπων ενεργειών πραγματοποιείται σε κάθε αερολιμένα στη διάρκεια της πενταετίας, δ) στο πρώτο και στο τρίτο έτος εξαντλείται όλος ο διατιθέμενος προϋπολογισμός ενώ τα υπόλοιπα έτη υπάρχει περίσσειμα με μεγαλύτερο το τρίτο έτος έναντι 100.000€ χωρίς όμως να πραγματοποιείται η πρώτη ενέργεια σε κανένα αερολιμένα κατά τη διάρκειά του, ε) συνολικά υλοποιούνται 72 ενέργειες αναβάθμισης, 12 των διαδρόμων από-προσγειώσεων και από 20 των υπόλοιπων ενεργειών.

δ) Μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.7: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	1	1	1	3
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	1	1	1	4
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	1	1	1	3
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΜΟΥ	0	1	1	1	3
ΛΗΜΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	1	1	0	2
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	12	20	20	19	71



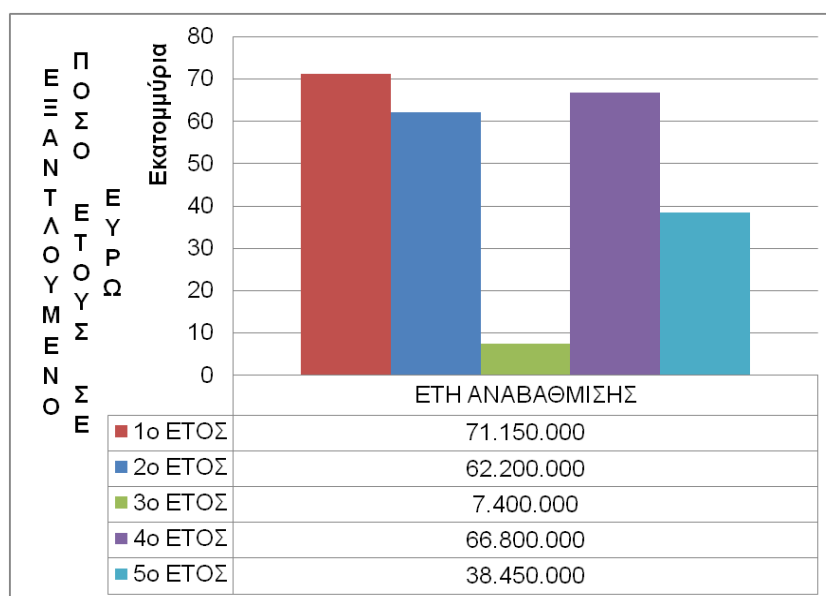
Σχήμα 5.10: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 1^η περίπτωση για μεσαίο σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

Για την παραπάνω περίπτωση η διαφοροποίηση σε σχέση με το σενάριο μεσαίου προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση έγκειται στο γεγονός ότι τώρα ενεργοποιείται η πρώτη ενέργεια στον αερολιμένα του Διαγόρα αλλά όχι στον αερολιμένα της Κέρκυρας ενώ δεν ενεργοποιείται για τον αερολιμένα του Ακτίου εκτός από την πρώτη και η τρίτη ενέργεια. Έτσι λοιπόν υλοποιούνται 71 ενέργειες αναβάθμισης, 12 των διαδρόμων από-προσγειώσεων, 20 των χώρων κινήσεων αεροσκαφών και του τερματικού σταθμού και 19 για τους χώρους εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου. Επιπλέον στο τέλος της πενταετίας εξαντλείται όλος ο διατιθέμενος προϋπολογισμός.

ε) Υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.8: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	1	1	1	1	4
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	1	1	1	4
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΩ	1	1	1	1	4
ΧΑΝΙΩΝ	1	1	1	1	4
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΜΟΥ	1	1	1	1	4
ΛΗΜΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	20	20	20	20	80



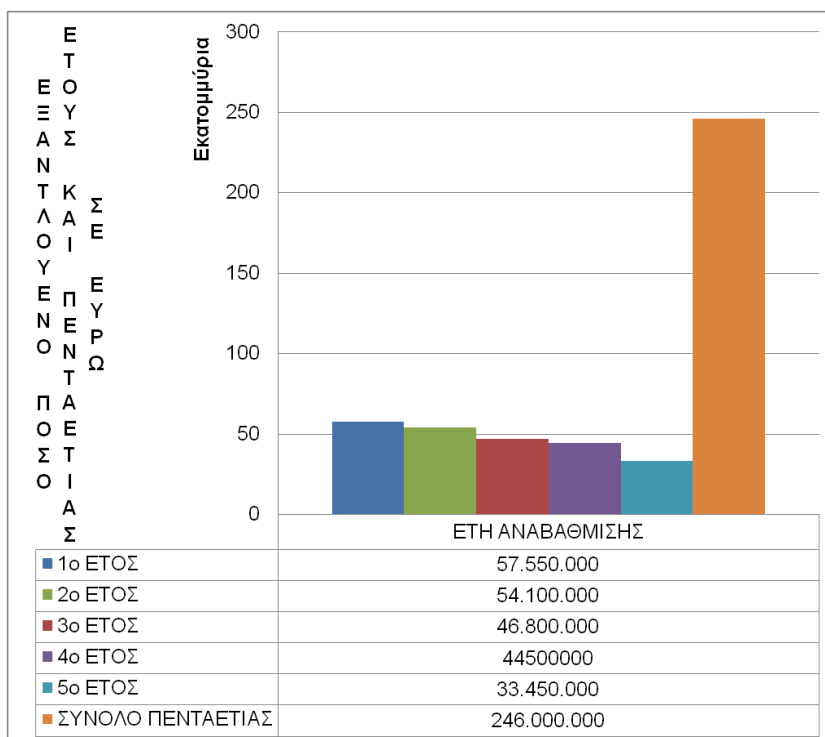
Σχήμα 5.11: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 1^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Στη συγκεκριμένη περίπτωση α) το διαθέσιμο κεφάλαιο διατίθεται σε όλους τους αερολιμένες, β) πραγματοποιείται η ενεργοποίηση όλων των ενεργειών για κάθε αερολιμένα στη διάρκεια της πενταετίας, γ) δεν εξαντλείται σε κανένα έτος ο διατιθέμενος προϋπολογισμός, δ) στο τρίτο έτος προκύπτει το μεγαλύτερο περίσσειμα έναντι 64.600.000€ με πραγματοποίηση όμως μόνο της τρίτης ενέργειας αναβάθμισης σε 5 συνολικά αερολιμένες.

στ) Υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.9: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 1^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	1	1	1	1	4
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	1	1	1	4
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΩ	1	1	1	1	4
ΧΑΝΙΩΝ	1	1	1	1	4
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΜΟΥ	1	1	1	1	4
ΛΗΜΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	20	20	20	20	80



Σχήμα 5.12: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 1^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

Όπως και στην περίπτωση του υψηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση, έτσι και εδώ ενεργοποιούνται όλες οι ενέργειες για όλους τους αερολιμένες και μάλιστα με περίσσειμα 114.000.000€ στο τέλος της πενταετίας.

5.2.3.2 2^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ:

Απαιτούμενο ποσό για την κάλυψη των αναγκών των αερολιμένων αυξημένο κατά 26% από το ελάχιστο αρχικά θεωρούμενο

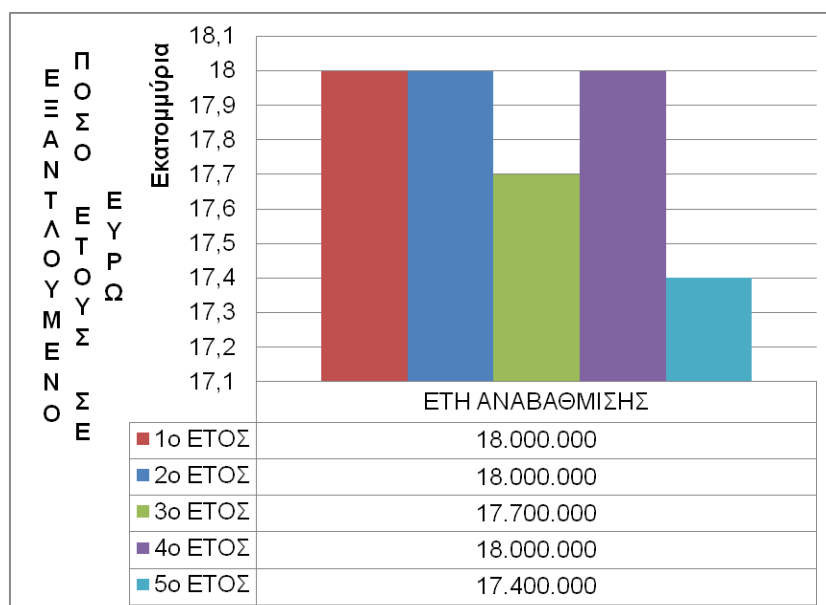
Πίνακας 5.10: Προσδιορισμός της τιμής των απαιτούμενων δαπανών Κ για κάθε αερολιμένα στην 2^η περίπτωση

		2η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
i	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	Δαπάνες κί
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	25.000.000 €
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	23.000.000 €
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	22.000.000 €
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	19.000.000 €
5	ΚΩ	19.000.000 €
6	ΧΑΝΙΩΝ	22.000.000 €
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	16.000.000 €
8	ΣΑΜΟΥ	16.000.000 €
9	ΛΗΜΝΟΥ	17.000.000 €
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	14.000.000 €
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	14.000.000 €
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	15.000.000 €
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	10.000.000 €
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	16.000.000 €
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	10.000.000 €
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	10.000.000 €
17	ΑΚΤΙΟΥ	17.000.000 €
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	9.000.000 €
19	ΠΑΡΟΣ	9.000.000 €
20	ΧΙΟΣ	9.000.000 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ		312.000.000 €

α) Χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.11: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	1	1	0	2
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	0	0	0	0
ΧΑΝΙΩΝ	0	0	0	0	0
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΜΟΥ	0	0	0	0	0
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	0	0	0	0
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	0	0	0	0
ΚΑΒΑΛΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	0	1	1	1	3
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΠΑΡΟΣ	0	1	1	1	3
ΧΙΟΣ	0	1	1	1	3
ΣΥΝΟΛΟ	1	10	10	9	30



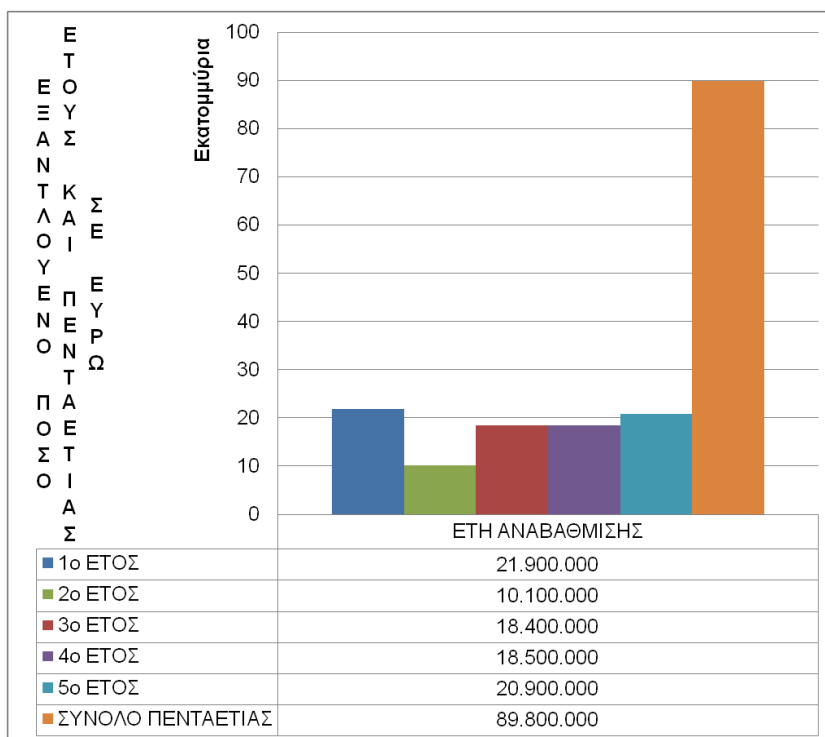
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 2^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.11 και το σχήμα 5.13 α) στα αεροδρόμια της Κω, των Χανίων, της Μυτιλήνης, της Λήμνου, της Ζακύνθου, της Κεφαλληνίας, της Αλεξανδρούπολης, της Καλαμάτας και του Ακτίου δεν ενεργοποιείται καμία ενέργεια στη διάρκεια της πενταετίας, β) η αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων πραγματοποιείται μόνο στον αερολιμένα της Σαντορίνης, γ) στο πρώτο, στο δεύτερο και στο τέταρτο έτος εξαντλείται όλος ο διατιθέμενος προϋπολογισμός ενώ στο τρίτο έτος και στο πέμπτο υπάρχει περίσσειμα με μεγαλύτερο το πέμπτο έτος έναντι 600.000€ κατά το οποίο ενεργοποιούνται μόνο 3 ενέργειες, ε) συνολικά υλοποιούνται 30 ενέργειες αναβάθμισης, εκ των οποίων 1 της πρώτης ενέργειας, από 10 για τη δεύτερη και την τρίτη και 9 για την τέταρτη.

β) Χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.12: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	0	0	0	0
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	0	2
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	0	0	0	0
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΜΟΥ	0	0	0	0	0
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	0	0	0	0
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	0	0	0	0
ΚΑΒΑΛΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΠΑΡΟΣ	0	1	1	1	3
ΧΙΟΣ	0	1	1	1	3
ΣΥΝΟΛΟ	2	10	10	9	31



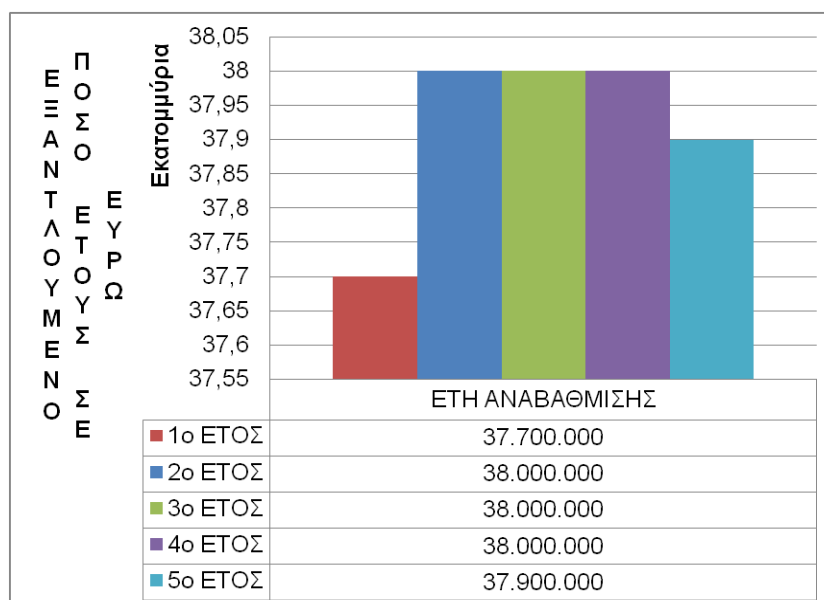
Σχήμα 5.14: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 2^η περίπτωση για χαμηλό σενάριο προϋπολογισμού με μετακύλιση κεφαλαίου

Η διαφοροποίηση σε σύγκριση με την περίπτωση χαμηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου είναι πως πραγματοποιείται η πρώτη ενέργεια και για τον αερολιμένα της Μυκόνου εκτός από της Σαντορίνης ενώ στο τέλος της πενταετίας δημιουργείται περίσσειμα ίσο με 200.000€.

γ) Μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.13: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	1	1	1	3
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	1	1	1	3
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΜΟΥ	0	1	1	1	3
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	1	1	1	3
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	6	18	18	18	60



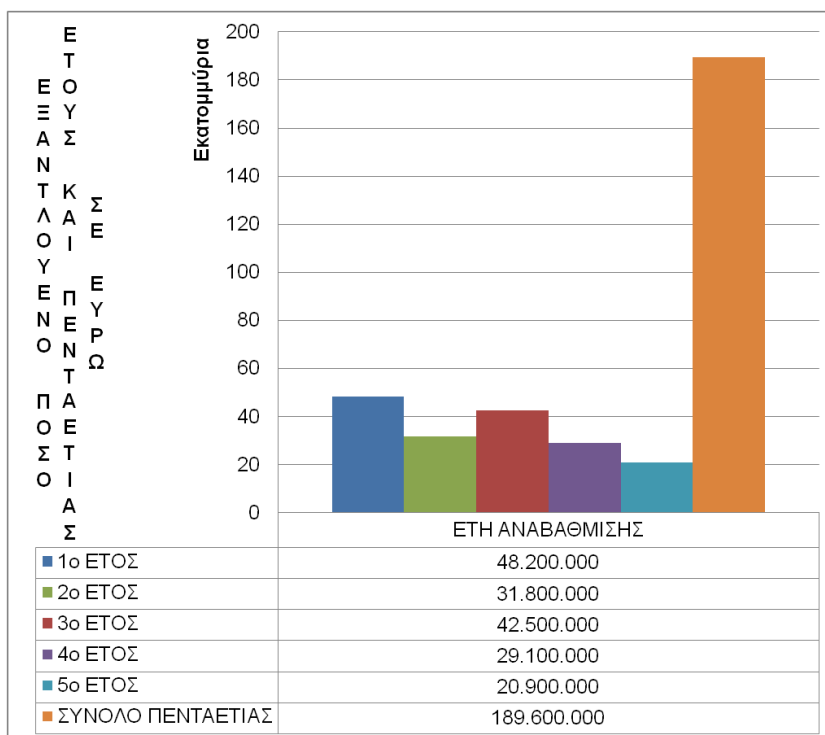
Σχήμα 5.15: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 2^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.13 και το σχήμα 5.15 α) πραγματοποιούνται 6 ενέργειες αναβάθμισης των διαδρόμων από-προσγειώσεων για τους αερολιμένες της Καβάλας, της Σαντορίνης, της Μυκόνου, της Σκιάθου, της Πάρου και της Χίου, β) δεν ενεργοποιείται καμία ενέργεια για τον αερολιμένα της Λήμνου, γ) στο δεύτερο, στο τρίτο και στο τέταρτο έτος εξαντλείται όλος ο διατιθέμενος προϋπολογισμός ενώ στο πρώτο και στο πέμπτο έτος παρατηρείται περίσσειμα έναντι 300.000€ και 100.000€ αντίστοιχα.

δ) Μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.14: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	1	1	1	3
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	1	1	1	3
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΜΟΥ	0	1	1	1	3
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	1	1	1	3
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	6	18	18	18	60



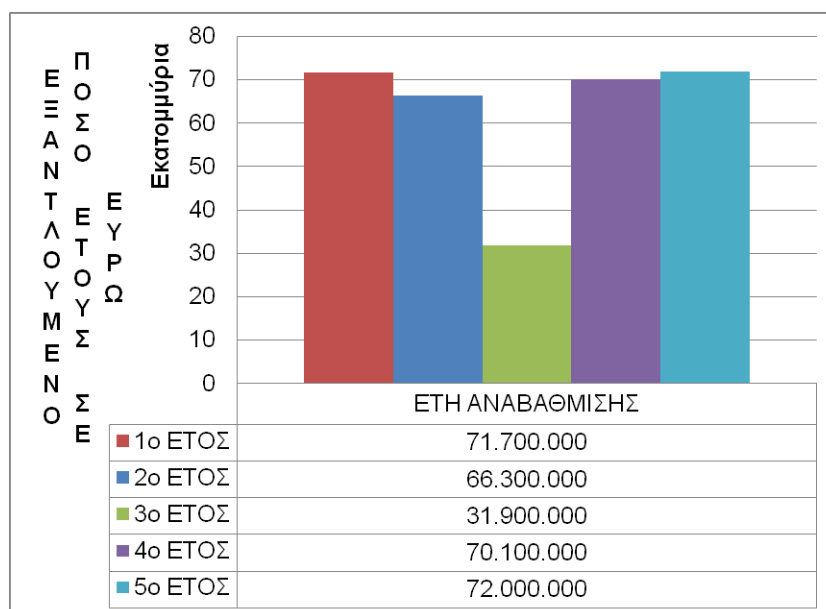
Σχήμα 5.16: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 2^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

Για την παραπάνω περίπτωση προκύπτει ο ίδιος ακριβώς αριθμός ενεργειών στο πέρας της πενταετίας για τον κάθε αερολιμένα με τη διαφορά στη χρονική σειρά ενεργοποίησής τους καθώς τώρα δεν υπάρχει ο περιορισμός του κεφαλαίου ανά έτους, ενώ στο σύνολο της πενταετίας περισεύει το ποσό των 400.000€.

ε) Υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.15: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	1	1	1	1	4
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	1	1	1	4
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΩ	1	1	1	1	4
ΧΑΝΙΩΝ	1	1	1	1	4
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΜΟΥ	1	1	1	1	4
ΛΗΜΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	20	20	20	20	80



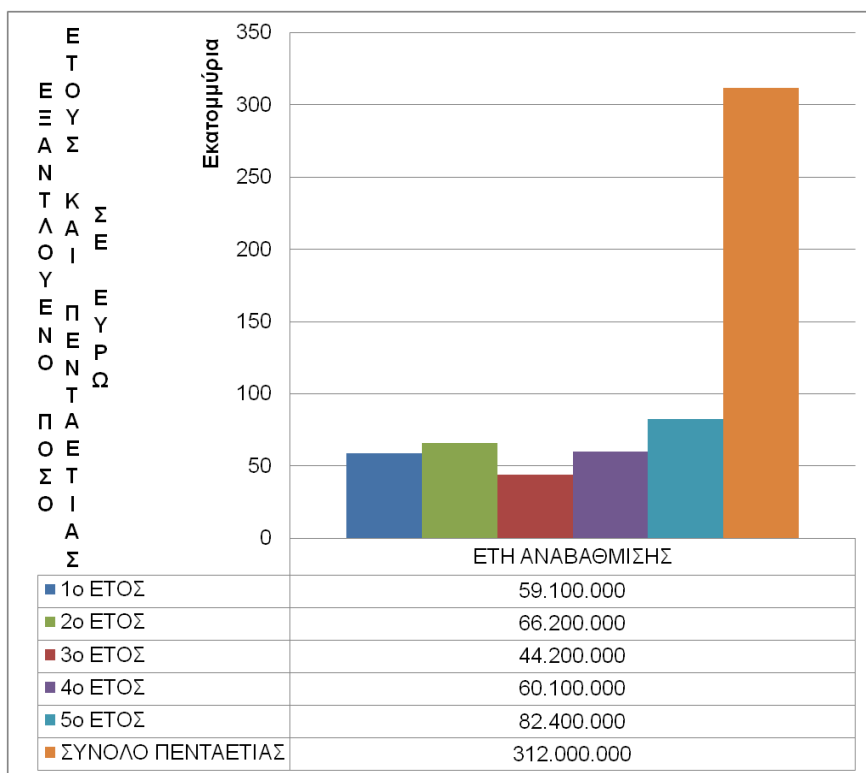
Σχήμα 5.17: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 2^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.15 και το σχήμα 5.17 α) το διαθέσιμο κεφάλαιο διατίθεται σε όλους τους αερολιμένες, β) πραγματοποιείται η ενεργοποίηση όλων των ενεργειών για κάθε αερολιμένα στη διάρκεια της πενταετίας, γ) εξαντλείται μόνο στο πέμπτο έτος ο διατιθέμενος προϋπολογισμός, δ) στο τρίτο έτος προκύπτει το μεγαλύτερο περίσσειμα έναντι 40.100.000€ με πραγματοποίηση όμως 12 συνολικά ενεργειών αναβάθμισης από την δεύτερη, την τρίτη και την τέταρτη ενέργεια και καμία από την πρώτη .

στ) Υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.16: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 2^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	1	1	1	1	4
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	1	1	1	4
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΩ	1	1	1	1	4
ΧΑΝΙΩΝ	1	1	1	1	4
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΜΟΥ	1	1	1	1	4
ΔΗΜΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	20	20	20	20	80



Σχήμα 5.18: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 2^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

Όπως και στην περίπτωση του υψηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση, έτσι και εδώ ενεργοποιούνται όλες οι ενέργειες για όλους τους αερολιμένες και μάλιστα με περίσσειμα 48.000.000€ στο τέλος της πενταετίας.

5.2.3.3 3^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ:

Απαιτούμενο ποσό για την κάλυψη των αναγκών των αερολιμένων αυξημένο κατά 60% από το ελάχιστο αρχικά θεωρούμενο

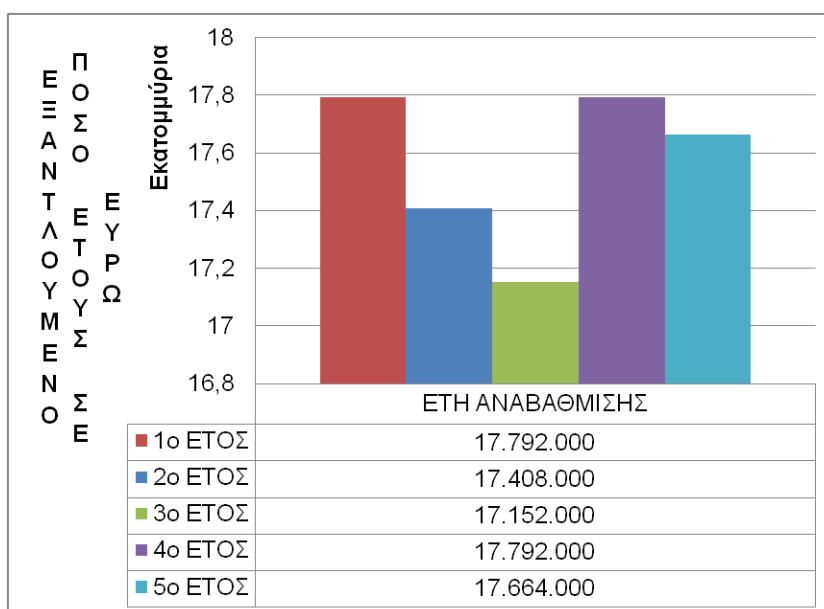
Πίνακας 5.17: Προσδιορισμός της τιμής των απαιτούμενων δαπανών Κ για κάθε αερολιμένα στην 3^η περίπτωση

		3η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
i	ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	Δαπάνες ki
1	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	32.000.000 €
2	ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	29.440.000 €
3	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	28.160.000 €
4	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	24.320.000 €
5	ΚΩ	24.320.000 €
6	ΧΑΝΙΩΝ	28.160.000 €
7	ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	20.480.000 €
8	ΣΑΜΟΥ	20.480.000 €
9	ΛΗΜΝΟΥ	21.760.000 €
10	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	17.920.000 €
11	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	17.920.000 €
12	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	19.200.000 €
13	ΚΑΒΑΛΑΣ	12.800.000 €
14	ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	20.480.000 €
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	12.800.000 €
16	ΜΥΚΟΝΟΥ	12.800.000 €
17	ΑΚΤΙΟΥ	21.760.000 €
18	ΣΚΙΑΘΟΥ	11.520.000 €
19	ΠΑΡΟΣ	11.520.000 €
20	ΧΙΟΣ	11.520.000 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ		399.360.000 €

α) Χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.18: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	0	0	0	0
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	0	0	0	0
ΧΑΝΙΩΝ	0	0	0	0	0
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	0	2
ΣΑΜΟΥ	0	0	0	0	0
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	0	0	0	0
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	0	0	0	0
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	0	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΜΥΚΟΝΟΥ	0	1	1	1	3
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΠΑΡΟΣ	0	1	1	0	2
ΧΙΟΣ	0	1	1	0	2
ΣΥΝΟΛΟ	1	9	9	5	24



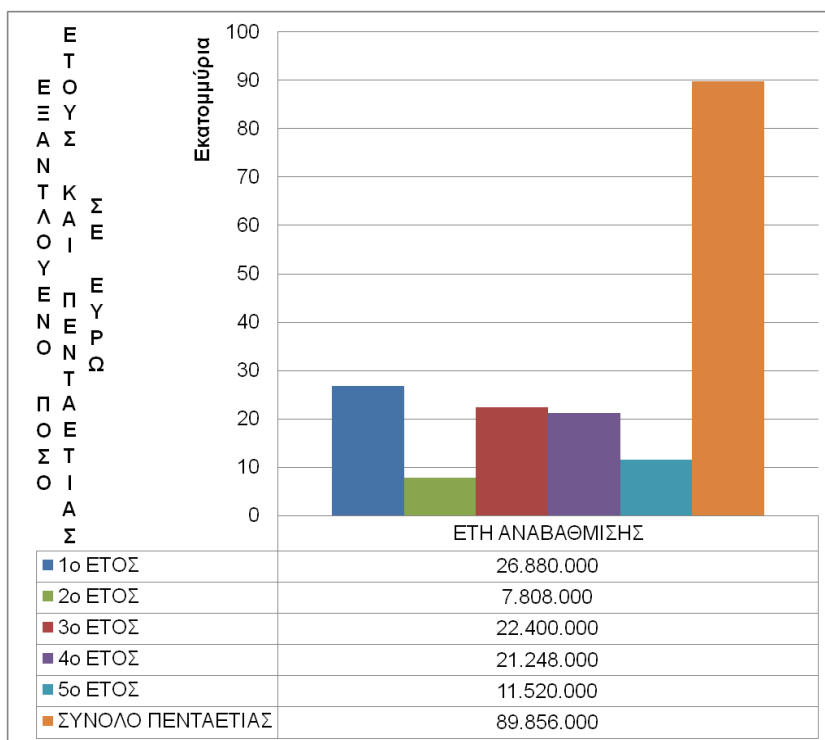
Σχήμα 5.19: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 3^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.18 και το σχήμα 5.19 α) στα αεροδρόμια της Μακεδονίας, του Ηρακλείου, της Κω, των Χανίων, της Σάμου, της Λήμνου, της Ζακύνθου, της Κεφαλληνίας, της Αλεξανδρούπολης, της Καλαμάτας και του Ακτίου δεν ενεργοποιείται καμία ενέργεια στη διάρκεια της πενταετίας, β) η αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων πραγματοποιείται μόνο στον αερολιμένα της Καβάλας, γ) δεν εξαντλείται όλος ο διατιθέμενος προϋπολογισμός σε κανένα έτος ενώ στο τρίτο έτος παρατηρείται το μεγαλύτερο περίσσειμα έναντι 848.000€ κατά το οποίο ενεργοποιούνται σύνολο 6 ενέργειες, ε) συνολικά υλοποιούνται 24 ενέργειες αναβάθμισης, εκ των οποίων 1 της πρώτης ενέργειας, από 9 για τη δεύτερη και την τρίτη και 5 για την τέταρτη.

β) Χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.19: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	0	0	0	0
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	0	2
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	0	0	0	0
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΜΟΥ	0	0	0	0	0
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	0	0	0	0
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	0	0	0	0
ΚΑΒΑΛΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	0	1	1	1	3
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	0	1	1	0	2
ΠΑΡΟΣ	0	1	1	0	2
ΧΙΟΣ	0	1	1	0	2
ΣΥΝΟΛΟ	1	9	9	5	24



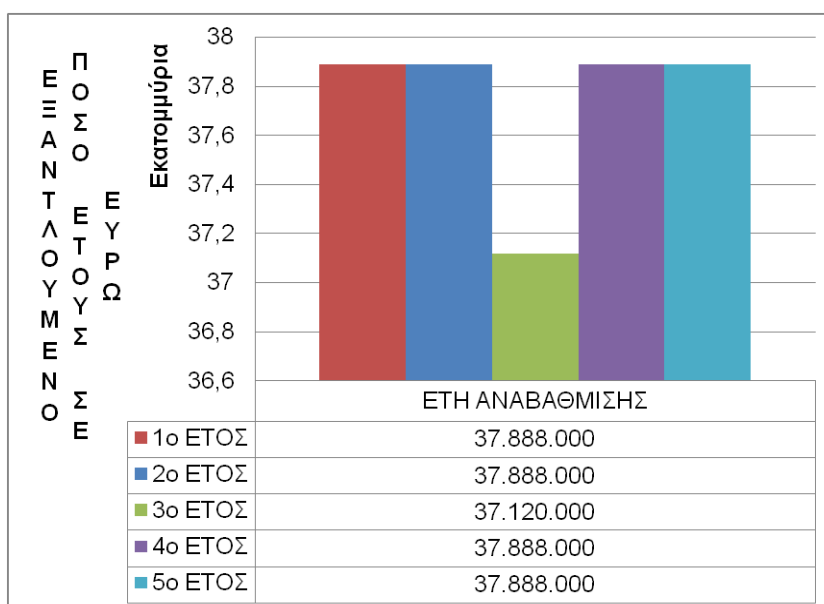
Σχήμα 5.20: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 3^η περίπτωση για χαμηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

Οι διαφοροποιήσεις σε σύγκριση με την περίπτωση χαμηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου είναι πως ενώ πραγματοποιείται ο ίδιος συνολικά σε αριθμό ενεργειών αναβάθμισης στο πέρας της πενταετίας, μεταβάλλεται η χρονική σειρά ενεργοποίησης τους και η κατανομή τους στους αερολιμένες, τώρα αναβαθμίζεται το αεροδρόμιο της Σαντορίνης και όχι της Καβάλας, αναβαθμίζεται το αεροδρόμιο της Κω και όχι της Μυτιλήνης και αφαιρείται μία ενέργεια από τη Σκιάθο. Στο τέλος της πενταετίας παρατηρείται περίσσειμα ίσο με 144.000€.

γ) Μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.20: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	1	1	1	3
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	1	1	1	3
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΜΟΥ	0	1	1	1	3
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	0	0	0	0
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΒΑΛΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	0	3
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΠΑΡΟΣ	0	1	1	1	3
ΧΙΟΣ	0	1	1	1	3
ΣΥΝΟΛΟ	2	15	15	14	46



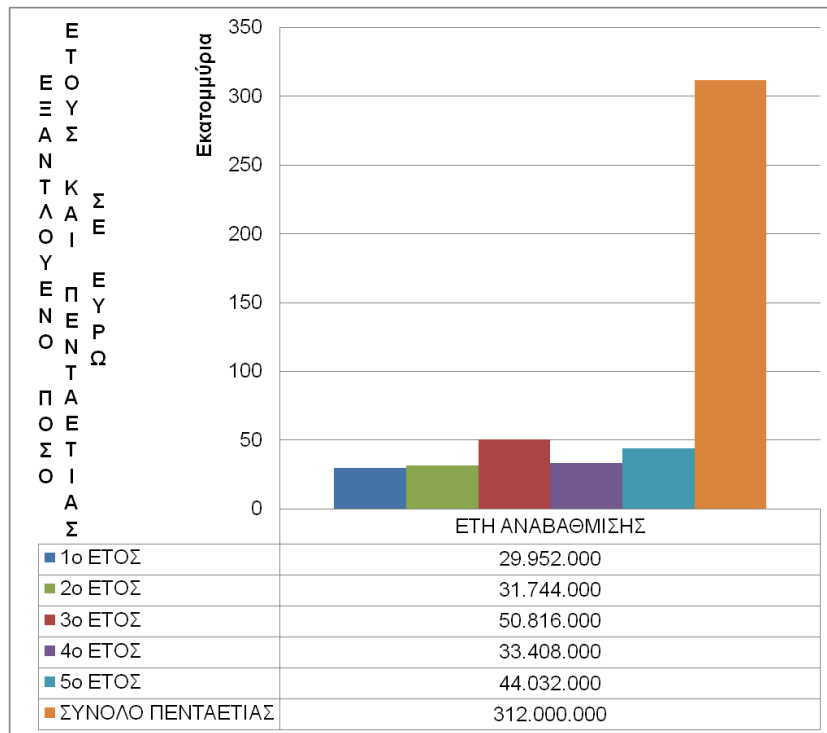
Σχήμα 5.21: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 3^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.20 και το σχήμα 5.21 α) η ενέργεια αναβάθμισης διαδρόμων από-προσγειώσεων ενεργοποιείται μόνο για τους αερολιμένες της Σαντορίνης και της Μυκόνου, β) τα αεροδρόμια της Λήμνου, της Ζακύνθου, της Κεφαλληνίας, της Καλαμάτας και του Ακτίου δεν αναβαθμίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της πενταετίας, γ) σε κανένα έτος δεν εξαντλείται ο διατιθέμενος προϋπολογισμός με μεγαλύτερο περίσσειμα στο τρίτο έτος ίσο με 34.288.000€, δ) συνολικά υλοποιούνται 46 ενέργειες αναβάθμισης, 2 της πρώτης, από 15 για τη δεύτερη και την τρίτη και 14 για την τέταρτη.

δ) Μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.21: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ- ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	0	1	1	1	3
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	0	1	1	1	3
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0	1	1	1	3
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΩ	0	1	1	1	3
ΧΑΝΙΩΝ	0	1	1	1	3
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΜΟΥ	0	1	1	1	3
ΛΗΜΝΟΥ	0	0	0	0	0
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	0	0	0	0	0
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	0	0	0	0	0
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΒΑΛΑΣ	0	1	1	1	3
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	0	0	0	0
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	0	1	1	1	3
ΠΑΡΟΣ	0	1	1	1	3
ΧΙΟΣ	0	1	1	1	3
ΣΥΝΟΛΟ	2	15	15	15	47



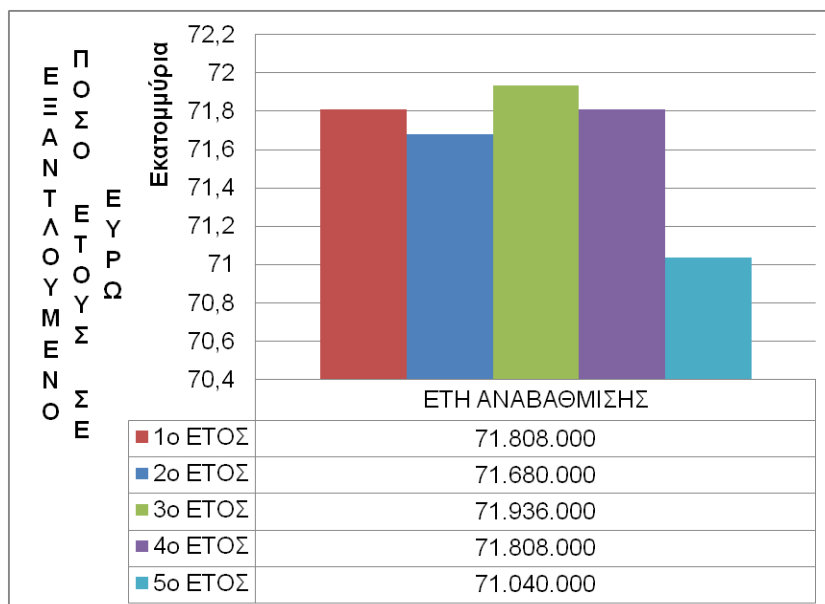
Σχήμα 5.22: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 3^η περίπτωση για μεσαίο προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

Η διαφοροποίηση σε σχέση με την περίπτωση μεσαίου προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση έγκειται στο γεγονός ότι ενεργοποιείται για τον αερολιμένα της Μυκόνου η τέταρτη ενέργεια ενώ στο τέλος της πενταετίας προκύπτει περίσσειμα ίσο με 48.000€.

ε) Υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.22: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	1	1	1	1	4
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	1	1	1	4
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	1	1	0	3
ΚΩ	1	1	1	1	4
ΧΑΝΙΩΝ	1	1	1	1	4
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΜΟΥ	1	1	1	1	4
ΛΗΜΝΟΥ	0	1	1	1	3
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	17	19	19	18	73



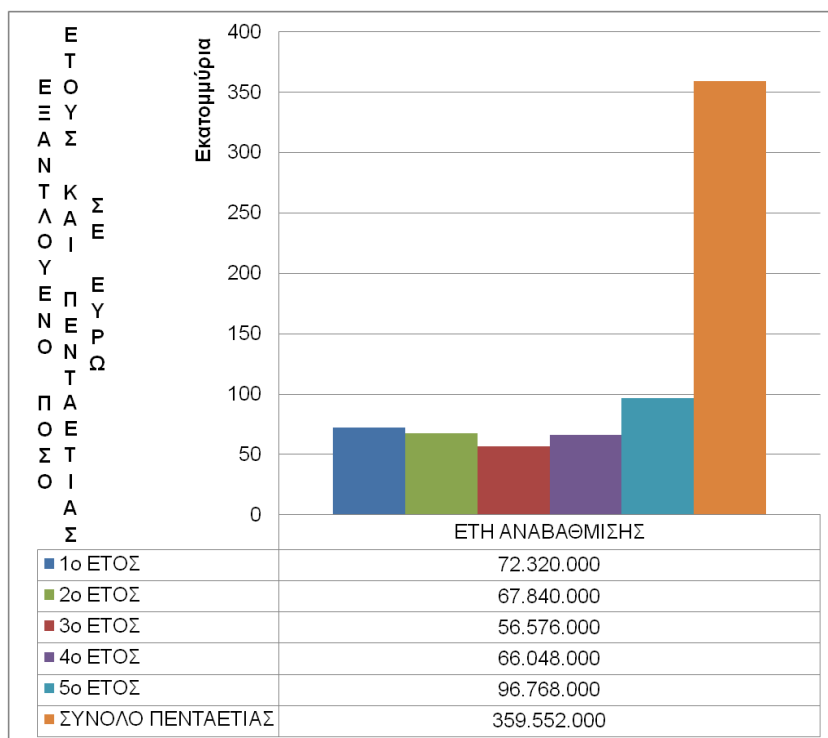
Σχήμα 5.23: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος στην 3^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου

Για την παραπάνω περίπτωση α) στον αερολιμένα του Ακτίου δεν πραγματοποιείται καμία ενέργεια αναβάθμισης κατά τη διάρκεια της πενταετίας, β) σε κανένα έτος δεν εξαντλείται ο διατιθέμενος προϋπολογισμός με μεγαλύτερο περίσσειμα στο πέμπτο έτος έναντι 6.960.000€, γ) συνολικά πραγματοποιούνται 73 ενέργειες αναβάθμισης από τις οποίες οι 17 αντιστοιχούν στην πρώτη ενέργεια, από 19 για τη δεύτερη και τρίτη ενέργεια ξεχωριστά και 18 για την τέταρτη.

στ) Υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση κεφαλαίου

Πίνακας 5.23: Πίνακας ενεργοποίησης ενεργειών στην 3^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ- ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	SUM
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ					
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)	1	1	1	1	4
ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)	1	1	1	1	4
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΩ	1	1	1	1	4
ΧΑΝΙΩΝ	1	1	1	1	4
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΣΑΜΟΥ	1	1	1	1	4
ΛΗΜΝΟΥ	0	1	1	1	3
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	1	1	1	1	4
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	1	1	1	1	4
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΒΑΛΑΣ	1	1	1	1	4
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	0	1	1	1	3
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	1	1	1	1	4
ΜΥΚΟΝΟΥ	1	1	1	1	4
ΑΚΤΙΟΥ	0	0	0	0	0
ΣΚΙΑΘΟΥ	1	1	1	0	3
ΠΑΡΟΣ	1	1	1	1	4
ΧΙΟΣ	1	1	1	1	4
ΣΥΝΟΛΟ	17	19	19	18	73



Σχήμα 5.24: Διάγραμμα απεικόνισης του εξαντλούμενου προϋπολογισμού ανά έτος και πενταετία στην 3^η περίπτωση για υψηλό προϋπολογισμό με μετακύλιση κεφαλαίου

Η διαφοροποίηση σε σχέση με την περίπτωση υψηλού προϋπολογισμού έγκειται στο γεγονός ότι τώρα ενεργοποιούνται 4 ενέργειες αναβάθμισης για την Κέρκυρα και 3 για τη Σκιάθο, ενώ προηγουμένως ίσχυε το αντίθετο. Στο τέλος της πενταετίας υπάρχει περίσσειμα ίσο με 448.000€.

5.2.3.4 Συμπεράσματα αποτελεσμάτων τρίτης θεώρησης

Με σκοπό την εφικτή σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα προβλήματα βελτιστοποίησης παρατίθενται οι παρακάτω πίνακες των συγκριτικών στοιχείων των προβλημάτων βελτιστοποίησης της τρίτης θεώρησης.

Στον **πρώτο πίνακα** παρατίθενται σε σειρά για κάθε σενάριο και περίπτωση (1^η, 2^η, 3^η) τα στοιχεία που αφορούν το συνολικό αριθμό υλοποιήσιμων ενεργειών, το συνολικό αριθμό υλοποιήσιμων ενεργειών στους τρεις σημαντικότερους αερολιμένες δηλαδή της Μακεδονίας (Κ.Α.Θ.Μ.), του Διαγόρα (Κ.Α.Ρ.Δ.) και του Ηρακλείου, τον αριθμό ενεργοποίησης τη σημαντικότερης ενέργειας για όλους τους αερολιμένες, το σύνολο μη αξιοποιήσιμου κεφαλαίου σε ευρώ, τη μέγιστη τιμή που λαμβάνει η

αντικειμενική συνάρτηση κατά την επίλυση του μοντέλου βελτιστοποίησης στο excel με open solver.

Πίνακας 5.24: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ						
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	73,01	44	3	13	1.700.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	74,3	44	3	13	200.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	132,27	72	9	20	200.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	132,51	71	10	20	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	20	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	20	114.000.000
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	57,76	30	8	10	900.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	58,6	31	5	10	200.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	111,36	60	9	18	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	111,36	60	9	18	400.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	20	48.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	20	48.000.000
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	44,77	24	3	9	2.192.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	46,7	24	3	9	144.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	90,9	46	9	15	1.328.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	91,86	47	9	15	48.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	147,18	73	16	19	1.728.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	147,82	73	16	19	448.000

Η τρίτη στήλη του πίνακα χρησιμοποιείται ως δείκτης σύγκρισης των διαφορετικών προβλημάτων βελτιστοποίησης, καθώς η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης εκφράζει την αποδοτικότητα των σεναρίων. Η αντικειμενική συνάρτηση ορίζεται ως το γινόμενο της μεταβλητής X_{ijk} που εκφράζει κατά πόσο ενεργοποιείται ή όχι μία ενέργεια λαμβάνοντας είτε τιμή 1 σε περίπτωση ενεργοποίησης είτε τιμή 0 σε περίπτωση μη ενεργοποίησης, του συντελεστή ΔX που εκφράζει τη μεταβολή απόδοσης των αερολιμένων με το πέρας της υλοποίησης κάθε ενέργειας και του συντελεστή B που υποδεικνύει τη σπουδαιότητα του κάθε αερολιμένα. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή που λαμβάνει η αντικειμενική συνάρτηση τόσο πιο αποδοτικό είναι και το αντίστοιχο σενάριο.

Όσον αφορά στα δύο σενάρια χαμηλού προϋπολογισμού, στο σενάριο που δεν προβλέπεται μετακύλιση κεφαλαίου ενεργοποιούνται σχεδόν ίσες ενέργειες στο σύνολο σε σχέση με το σενάριο χαμηλού προϋπολογισμού με μετακύλιση. Επιπλέον, κρίνεται ελαφρώς πιο αποδοτικό το σενάριο μετακύλισης καθώς μέσω της βελτιστοποίησης η αντικειμενική συνάρτηση παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή δηλαδή 74,3 έναντι 73,01 για την 1^η περίπτωση, 58,6 έναντι 57,76 για την 2^η περίπτωση και 44,77 έναντι 46,7 για την 3^η περίπτωση. Το ποσό όμως του μη αξιοποιήσιμου κεφαλαίου μεταβάλλεται, με αισθητή διαφορά στο σενάριο χωρίς μετακύλιση καθώς εξαιτίας του χρονικού περιορισμού δε γίνεται να χρησιμοποιηθεί το υπολειπόμενο για την επόμενη χρονιά.

Όσον αφορά στο μεσαίο προϋπολογισμό, παρατηρείται και πάλι ότι το σενάριο μετακύλισης είναι ελαφρώς πιο αποδοτικό όπως και στην περίπτωση χαμηλού προϋπολογισμού, επιπροσθέτως, αξιοποιείται μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου κεφαλαίου, η αντικειμενική συνάρτηση παίρνει ελαφρώς μεγαλύτερη τιμή 132,51 έναντι 132,27 για την 1^η περίπτωση, 111,36 έναντι 111,36 για την 2^η περίπτωση και τέλος 91,86 έναντι 90,9 για την 3^η περίπτωση και υλοποιείται κατά μία παραπάνω ενέργεια όσον αφορά τη σημαντικότερη. Δεν υπάρχει ωστόσο διαφοροποίηση στην υλοποίηση ενεργειών για τους σημαντικότερους αερολιμένες. Στην περίπτωση όπου επιλύεται το μοντέλο βελτιστοποίησης για μεσαίο προϋπολογισμό με 26% αυξημένα απαιτούμενα κόστη δαπανών για τους αερολιμένες, αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύνολο πραγματοποιήσιμων ενεργειών η διαφορά παρατηρείται σε 9 μειωμένες ενέργειες σε σχέση με την 1^η περίπτωση και 2 μειωμένες ενέργειες για τους 3 σημαντικότερους αερολιμένες αλλά ο αριθμός υλοποίησης της σημαντικότερης ενέργειας στο σύνολο της πενταετίας παραμένει αμετάβλητος. Η ίδια εικόνα επικρατεί για τη σύγκριση των 60% αυξημένων δαπανών αναβάθμισης των αερολιμένων σε σχέση με των 26%.

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, τα σενάρια υψηλού προϋπολογισμού είναι τα πιο αποδοτικά. Πιο συγκεκριμένα το σενάριο υψηλού προϋπολογισμού με και χωρίς μετακύλιση είναι τα πιο αποδοτικά σενάρια σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια που εφαρμόζονται καθώς λαμβάνουν τη μεγαλύτερη τιμή που έχει παρατηρηθεί η αντικειμενική συνάρτηση και ενεργοποιούνται οι περισσότερες ενέργειες τόσο στο σύνολό τους όσο και στους τρεις πιο σημαντικούς αερολιμένες. Επίσης η πιο σημαντική ενέργεια ενεργοποιείται τις περισσότερες δυνατές φορές καθώς ενεργοποιείται και στους είκοσι αερολιμένες με τη διαφορά στην περίπτωση όπου τα κόστη δαπανών είναι 60% αυξημένα δεν επαρκεί ο προϋπολογισμός με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται για 19 αερολιμένες.

Είναι λογικό όσο αυξάνονται τα κόστη δαπανών των αερολιμένων με αμετάβλητο διατιθέμενο προϋπολογισμό, να μεταβάλλεται στο σύνολο ο αριθμός των υλοποιήσιμων ενεργειών, ωστόσο αξιοσημείωτο είναι πως **δε μεταβάλλεται ο αριθμός υλοποίησης της σημαντικότερης ενέργειας αλλά και η μεταβολή στον**

αριθμό πραγματοποίησης ενεργειών αναβάθμισης στους σημαντικότερους αερολιμένες είναι αρκετά μικρή.

Συνολικά παρατηρείται μία αισθητή διαφορά ανάμεσα στα σενάρια χαμηλού, μεσαίου και υψηλού αρχικού διαθέσιμου προϋπολογισμού. Υπενθυμίζεται ότι ο χαμηλός προϋπολογισμός αντιστοιχεί σε 18.000.000 €/ έτος, ο μεσαίος σε 38.000.000€/ έτος και ο υψηλός σε 72.000.000€/ έτος. Αυτό σημαίνει ότι ο μεσαίος προϋπολογισμός είναι 2,1 φορές μεγαλύτερος του χαμηλού προϋπολογισμού ενώ ο υψηλός προϋπολογισμός είναι 4 φορές μεγαλύτερος από τον χαμηλό προϋπολογισμό και 1,9 φορές μεγαλύτερος του μεσαίου.

Όταν επιλύονται τα προβλήματα βελτιστοποίησης για χαμηλό προϋπολογισμό ενεργοποιούνται κατά μέσο όρο από 24 έως 44 ενέργειες για τις τρεις περιπτώσεις δαπανών, όταν επιλύονται τα προβλήματα μεσαίου προϋπολογισμού υλοποιούνται κατά μέσο όρο 46-72 ενέργειες ενώ όταν επιλύονται τα προβλήματα υψηλού προϋπολογισμού ενεργοποιούνται κατά μέσο όρο 73-80 ενέργειες. **Παρατηρείται λοιπόν ότι ο λόγος του αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών από σενάριο σε σενάριο είναι σχεδόν ο ίδιος με το λόγο των αρχικών διαθέσιμων κεφαλαίων από σενάριο σε σενάριο.** Ανάλογα δηλαδή με το μέγεθος του κεφαλαίου που είναι διαθέσιμο για την αναβάθμιση των υποδομών των αερολιμένων ενεργοποιούνται και τα έργα αναβάθμισης, όσο αυξάνεται το κεφάλαιο τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των ενεργειών που υλοποιούνται και αντίστροφα.

Όταν σχηματίζονται όμως **οι λόγοι των μέγιστων τιμών που λαμβάνει η αντικειμενική συνάρτηση κατά την επίλυση των διαφορετικών σεναρίων βελτιστοποίησης δεν σημειώνεται η ίδια αναλογική σχέση.** Τα προβλήματα μεσαίου προϋπολογισμού είναι περίπου 2 φορές πιο αποδοτικά από τα σενάρια χαμηλού προϋπολογισμού ενώ τα σενάρια υψηλού προϋπολογισμού είναι 1,2 φορές πιο αποδοτικά από τα σενάρια μεσαίου προϋπολογισμού και 2,15 φορές πιο αποδοτικά από τα σενάρια χαμηλού προϋπολογισμού. Οι λόγοι αυτοί δεν είναι ίδιοι με τους λόγους των αρχικών διαθέσιμων κεφαλαίων και συνεπώς με τους λόγους του συνολικού αριθμού υλοποιήσιμων ενεργειών από σενάριο σε σενάριο.

Η απόδοση του σεναρίου υψηλού προϋπολογισμού για παράδειγμα δεν είναι τόσες φορές μεγαλύτερη του σεναρίου χαμηλού προϋπολογισμού όσες και οι φορές που είναι μεγαλύτερο το αρχικό διαθέσιμο κεφάλαιο. Το τρίτο σενάριο είναι μόλις 2,15 φορές πιο αποδοτικό ενώ το αρχικό διαθέσιμο κεφάλαιο είναι 4 φορές πιο μεγάλο σε σύγκριση με το πρώτο σενάριο.

Η διαφορά αντίστοιχα του μεσαίου από τον χαμηλό προϋπολογισμό δεν είναι τόσο μεγάλη αφού η απόδοση του δεύτερου σεναρίου σύμφωνα με την τιμή που λαμβάνει η αντικειμενική συνάρτηση είναι περίπου 2 φορές μεγαλύτερη από την απόδοση του πρώτου ενώ το αντίστοιχο κεφάλαιο είναι 2,1 φορές μεγαλύτερο. Αυτό σημαίνει ότι **η απόδοση δεν αυξάνεται επ' αόριστο αναλογικά με την αύξηση κεφάλαιο.** Η αναλογική σχέση προσομοιώνεται καλύτερα στα αρχικά στάδια αύξησης του

κεφαλαίου, ενώ όσο συνεχίζεται η αύξηση του προϋπολογισμού η απόδοση σταματά να αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό και επιβραδύνεται.

Ένα τελευταίο συμπέρασμα που εξάγεται μέσω του πρώτου πίνακα συγκριτικών αποτελεσμάτων είναι ότι κάθε φορά που εφαρμόζεται πρόβλημα βελτιστοποίησης με μετακύλιση, οι περισσότερες ενέργειες υλοποιούνται από το τρίτο έτος και μετά, ενώ λιγότερες στο πρώτο και στο δεύτερο έτος. Αυτό σημαίνει ότι **η βελτιστοποίηση των προβλημάτων επέρχεται όταν το σύνολο του κεφαλαίου συσσωρεύεται και δεν υπάρχουν μεμονωμένοι περιορισμοί κεφαλαίου για την κάθε χρονιά ξεχωριστά**. Δηλαδή η μέγιστη απόδοση των αερολιμένων επιτυγχάνεται όταν το κεφάλαιο μπορεί να αξιοποιηθεί όλο μαζί και δεν χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα στη διάρκεια των πέντε ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την ελάχιστη μεν διαφοροποίηση της τιμής που λαμβάνει η αντικειμενική συνάρτηση όταν επιλύονται τα προβλήματα βελτιστοποίησης για μετακύλιση κεφαλαίου. Όλες τις φορές είναι πάντα λίγο πιο αποδοτικά από τα προβλήματα βελτιστοποίησης χωρίς μετακύλιση κεφαλαίου.

Στο **δεύτερο πίνακα** παρατίθενται σε σειρά για κάθε σενάριο και περίπτωση(1^η, 2^η, 3^η) τα στοιχεία που αφορούν στην υλοποίηση των ενεργειών αναβάθμισης των αερολιμένων ξεχωριστά, ανάλογα με το συντελεστή της μεταβολής απόδοσής τους. Ο παρακάτω πίνακας συμβάλλει λοιπόν στην άμεση σύγκριση όλων των ενεργειών ανάλογα με τα διάφορα σενάρια προϋπολογισμού και κόστους ενεργοποίησης ενεργειών. Είναι δυνατή δηλαδή η σύγκρισή του συνολικού αριθμού ενεργοποίησης κάθε ενέργειας για κάθε σενάριο βελτιστοποίησης.

Πίνακας 5.25: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας

		Ενέργεια 1	Ενέργεια 2	Ενέργεια 3	Ενέργεια 4	
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ ΔΧ=2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΑΦΩΝ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΔΧ=2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ ΔΧ=0,8 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	SUM
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	5	13	13	13	44
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	5	13	13	13	44
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	12	20	20	20	72
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	12	20	20	19	71
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	1	10	10	9	30
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2	10	10	9	31
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	6	18	18	18	60
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	6	18	18	18	60
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	1	9	9	5	24
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	1	9	9	5	24
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2	15	15	14	46
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	2	15	15	15	47
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	17	19	19	18	73
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	17	19	19	18	73

Ο παραπάνω πίνακας υποδεικνύει πως οι ενέργειες 1 και 2 που αξιολογούνται με συντελεστές μεταβολής της απόδοσης (ΔΧ) 2 και 1,5 και συντελεστή δαπανών 0,4 και 0,1 αντίστοιχα αυξάνονται ραγδαία στα σενάρια μεσαίου και υψηλού προϋπολογισμού για την κάθε περίπτωση απαιτούμενων δαπανών των αερολιμένων, ενώ για παράδειγμα η ενέργεια 3, στην οποία δίνεται προτεραιότητα

ενεργοποίησης και αξιολογείται επίσης με συντελεστή 2 αλλά έχει και αυξημένο συντελεστή υλοποίησης πραγματοποιείται σχεδόν πάντα για όλους τους αερολιμένες για τα σενάρια μεσαίου και υψηλού προϋπολογισμού ενώ για χαμηλό σενάριο πραγματοποιείται σε περισσότερους αερολιμένες σε σχέση με τις υπόλοιπες ενέργειες. Η ενέργεια 4 παρόλο το μικρό συντελεστή μεταβολής απόδοσης ενεργοποιείται τις περισσότερες φορές για τους περισσότερους αερολιμένες εξαιτίας του χαμηλού συντελεστή δαπανών της. Ας μην ξεχνάμε την προτεραιότητα στη σειρά υλοποίησης των ενεργειών με βασική προϋπόθεση την πραγματοποίηση αρχικά της ενέργειας 3 ανεξάρτητα από το διαθέσιμο κεφάλαιο. Έτσι λοιπόν **είναι λογικό μέσω της βελτιστοποίησης να δίνεται προτεραιότητα στην ενεργοποίηση της ενέργειας 3 παρόλο που η ενέργεια 1 έχει τον ίδιο δείκτη μεταβολής απόδοσης αλλά και τον ίδιο συντελεστή δαπανών.**

Στον **τρίτο πίνακα** που παρεμβάλλεται, συμπεριλαμβάνονται σε μορφή λόγων στοιχεία από τους δύο παραπάνω πίνακες. Τα συγκριτικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε μορφή λόγων είναι τα εξής:

- Ο λόγος του συνόλου του αρχικού διαθέσιμου προϋπολογισμού προς το σύνολο των υλοποιήσιμων ενεργειών που δίνει μία αίσθηση του μέσου κόστους ενέργειας.
- Ο λόγος του συνόλου των υλοποιήσιμων ενεργειών στους σημαντικότερους αερολιμένες προς το σύνολο όλων των υλοποιήσιμων ενεργειών.
- Ο λόγος της συχνότητας ενεργοποίησης των σημαντικότερων ενεργειών προς το σύνολο των ενεργειών που ενεργοποιούνται για κάθε σενάριο.
- Ο λόγος της συχνότητας ενεργοποίησης των περισσότερο δαπανηρών και ταυτόχρονα σημαντικών ενεργειών προς το σύνολο των ενεργειών που ενεργοποιούνται για κάθε σενάριο.

Πίνακας 5.26: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης ανάλογα με πηλικά απόδοσης

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΑΠΑΝΗΡΩΝ- ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ				
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.045.454,55 €	0,07	0,27	0,41
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.045.454,55 €	0,05	0,27	0,41
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.638.888,89 €	0,08	0,26	0,44
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.676.056,34 €	0,10	0,27	0,45
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.000.000,00 €	0,07	0,37	0,37
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.903.225,81 €	0,06	0,35	0,39
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.166.666,67 €	0,13	0,23	0,40
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.166.666,67 €	0,13	0,25	0,40
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.750.000,00 €	0,13	0,33	0,42
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.750.000,00 €	0,08	0,38	0,42
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.130.434,78 €	0,13	0,28	0,37
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.042.553,19 €	0,15	0,30	0,36
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.931.506,85 €	0,22	0,26	0,49
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.931.506,85 €	0,22	0,26	0,49

Ο παραπάνω πίνακας επιβεβαιώνει ότι *παρόλο που τα πιο αποδοτικά σενάρια είναι τα σενάρια υψηλού προϋπολογισμού, καθώς σε αυτά υλοποιούνται οι περισσότερες ενέργειες και σημειώνεται η μεγαλύτερη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, παρατηρείται ότι συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια οι λόγοι και η απόδοσή τους δεν αυξάνονται ανάλογα με την αύξηση του κεφαλαίου.*

Σύνοψη αποτελεσμάτων:

- Η απόδοση που επιφέρει η υλοποίηση των έργων υποδομής στους αερολιμένες δεν αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση του διαθέσιμου κεφαλαίου. Στο πρώτο στάδιο αύξησης του κεφαλαίου αυξάνεται σχεδόν αναλογικά αλλά στη συνέχεια επιβραδύνεται.
- Σε όλες τις εφαρμογές προβλημάτων βελτιστοποίησης με μετακύλιση κεφαλαίου, το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειών ενεργοποιείται από το τρίτο έτος και μετά. Αυτό σημαίνει ότι το βέλτιστο σενάριο επέρχεται όταν πραγματοποιείται συσσώρευση του κεφαλαίου και δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι περιορισμοί. Καλύτερα αξιοποιείται δηλαδή το κεφάλαιο στο σύνολο του παρά όταν επιμερίζεται.
- Το 80% των σεναρίων που εξετάστηκαν είναι πιο αποδοτικά όταν προβλέπουν μετακύλιση κεφαλαίου. Επισημαίνεται πάντως ότι οι διαφορές μεταξύ των σεναρίων που προβλέπουν μετακύλιση κεφαλαίου και εκείνων που δεν προβλέπουν είναι περιορισμένες.
- Οι μεταβολές των απαιτούμενων δαπανών για την αναβάθμιση του κάθε αερολιμένα ξεχωριστά είτε με την αύξηση κατά 26%, είτε με την αύξηση κατά 60 % δεν σημαίνει ότι θα επιφέρει αισθητή αντίστοιχη αύξηση/μείωση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης ή του συνολικού αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών, είναι λογικό ωστόσο να πραγματοποιούνται λιγότερες ενέργειες καθώς αυξάνονται οι δαπάνες των αερολιμένων αλλά ο αριθμός υλοποίησης της τρίτης σημαντικότερης ενέργειας καθώς και η ενεργοποίηση των ενεργειών αναβάθμισης στους σημαντικότερους αερολιμένες δε μεταβάλλεται.
- Το μέσο κόστος ανά υλοποιήσιμη ενέργεια ελαχιστοποιείται για το σενάριο χαμηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση. Επιπλέον επισημαίνεται ότι το κόστος δεν μειώνεται με την αύξηση του αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών αλλά επηρεάζεται περισσότερο από τον προϋπολογισμό που είναι διαθέσιμος.
- Τα ποσοστά των πιο σημαντικών ενεργειών που υλοποιούνται και αυτών που υλοποιούνται στους πιο σημαντικούς αερολιμένες ως προς το σύνολο των υλοποιήσιμων ενεργειών, είναι μικρότερα για τα σενάρια χαμηλού

προϋπολογισμού. Συνεπώς και πάλι επιβεβαιώνεται ότι αν η απόδοση κρίνεται από αυτούς τους δείκτες είναι πιο αποδοτικά τα σενάρια υψηλού προϋπολογισμού.

5.2.4 Αποτελέσματα για μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ για την κάθε ενέργεια αναβάθμισης ως εξής:

Πίνακας 5.27: Προσδιορισμός του νέου δείκτη μεταβολής απόδοσης για κάθε αερολιμένα για πρώτη μεταβολή

ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ κ	ΔΧ
1	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	2,3
2	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	1,7
3	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	1,5
4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	0,5

Σε αυτή την περίπτωση έχει μεταβληθεί ο δείκτης απόδοσης:

1. της ενέργειας αναβάθμισης των διαδρόμων από-προσγειώσεων από 2 σε 2,3
2. της ενέργειας αναβάθμισης των χώρων αναμονής των αεροσκαφών από 1,5 σε 1,7
3. της ενέργειας αναβάθμισης των τερματικών σταθμών από 2 σε 1,5
4. της ενέργειας αναβάθμισης των χώρων εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου από 0,8 σε 0,5

Σε κάθε περίπτωση παραμένει αμετάβλητος ο συντελεστής δαπανών της κάθε ενέργειας με περισσότερο δαπανηρές την πρώτη και την τρίτη. Έτσι λοιπόν τώρα, αν και στο μοντέλο υπάρχει η προτεραιότητα ενεργοποίησης της τρίτης ενέργειας, η πρώτη ενέργεια έχει τον υψηλότερο δείκτη μεταβολής απόδοσης και συνεπώς μεγαλύτερο από την τρίτη, ακολουθεί η δεύτερη ενέργεια με επίσης μεγαλύτερο

δείκτη μεταβολής απόδοσης από την τρίτη ενέργεια και στο τέλος η τέταρτη ενέργεια με μικρότερο δείκτη από την τρίτη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 5.28: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για πρώτη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.27

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ						
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	67,57	41	3	9	700.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	68,37	40	2	10	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	121,75	66	6	15	1.400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	123,39	64	7	15	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	114.000.000
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	52,36	27	2	3	1.400.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	53,04	28	2	3	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	100,26	50	8	12	2.100.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	102,22	45	8	12	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	34.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	48.000.000
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	40,83	19	3	2	2.064.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	42,65	23	2	2	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	80,55	40	6	9	3.376.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	82,55	40	7	8	176.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	138,91	72	16	17	3.520.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	140,5	70	16	18	64.000

Πίνακας 5.29: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για πρώτη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.27

		Ενέργεια 1	Ενέργεια 2	Ενέργεια 3	Ενέργεια 4	
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ ΔΧ=2,3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΑΦΩΝ ΔΧ=1,7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ ΔΧ=0,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	SUM
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	9	12	12	8	41
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	10	12	12	6	40
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	15	19	19	13	66
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	15	19	19	11	64
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3	11	11	2	27
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	3	11	11	3	28
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	12	14	14	10	50
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	12	15	15	10	45
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2	8	8	1	19
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2	9	9	3	23
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	9	13	13	5	40
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	8	14	14	4	40
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	17	19	19	17	73
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	18	19	19	14	70

Πίνακας 5.30: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης ανάλογα με πηλίκα απόδοσης για πρώτη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.27

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΑΠΑΝΗΡΩΝ- ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ				
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.195.121,95 €	0,07	0,22	0,51
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.150.000,00 €	0,05	0,25	0,55
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.878.787,00 €	0,09	0,23	0,52
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.968.750,00 €	0,11	0,23	0,53
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.333.333,33 €	0,07	0,11	0,52
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.214.285,71 €	0,07	0,11	0,50
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.800.000,00 €	0,16	0,24	0,52
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.222.222,22 €	0,18	0,27	0,60
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	0,50
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.736.842,11 €	0,16	0,11	0,53
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.913.043,48 €	0,09	0,09	0,48
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.750.000,00 €	0,15	0,23	0,55
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.750.000,00 €	0,18	0,20	0,55
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	5.000.000,00 €	0,22	0,24	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	5.142.857,14 €	0,23	0,26	0,53

Σύνοψη αποτελεσμάτων:

Σύμφωνα λοιπόν με τους πίνακες 5.28, 5.29 και 5.30 γίνεται αντιληπτό ότι σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες, τώρα μειώνεται ελαφρώς η μέγιστη τιμή αντικειμενικής συνάρτησης όπως επίσης και ο συνολικός αριθμός ενεργοποίησης ενεργειών, διατηρείται στην ίδια τιμή με ανεπαίσθητες διαφορές ο συνολικός αριθμός ενεργοποίησης στους 3 σημαντικότερους αερολιμένες καθώς και ο συνολικός αριθμός ενεργοποίησης της σημαντικότερης ενέργειας που τώρα είναι η πρώτη ενώ το σύνολο του μη αξιοποιήσιμου κεφαλαίου σε Ευρώ αυξάνεται.

Είναι φανερό ότι αυξάνεται ο αριθμός ενεργοποίησης της πρώτης ενέργειας και μειώνεται των υπολοίπων. Τέλος ο λόγος σύνολο προϋπολογισμού / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών αυξάνεται ελαφρώς, ο λόγος υλοποιήσιμες ενέργειες στους σημαντικότερους αερολιμένες / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών παραμένει σχεδόν αμετάβλητος, ο λόγος φορές υλοποίησης σημαντικότερης ενέργειας / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών ελαφρώς μειώνεται και ο λόγος φορές υλοποίησης δαπανηρών-σημαντικότερων ενεργειών / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών ελαφρώς αυξάνεται.

Υπάρχει λοιπόν **συμμετρία στα αποτελέσματα σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες χωρίς ιδιαίτερες μεταβολές**, είναι λογικό να αυξάνεται η πρώτη ενέργεια ως περισσότερο σημαντική τώρα, **ωστόσο ο διατιθέμενος κάθε φορά προϋπολογισμός και πάλι κατανέμεται ομοιόμορφα και κατά τον ίδιο τρόπο με τις αρχικές συνθήκες στο σύνολο των σπουδαιότερων αερολιμένων.**

5.2.5 Αποτελέσματα για μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ για την κάθε ενέργεια αναβάθμισης ως εξής:

Πίνακας 5.31: Προσδιορισμός του νέου δείκτη μεταβολής απόδοσης για κάθε αερολιμένα για δεύτερη μεταβολή

ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ κ	ΔΧ
1	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ	1,5
2	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ Α/ΦΩΝ	1,5
3	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	1,5
4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ	1,5

Σε αυτή την περίπτωση έχει μεταβληθεί ο δείκτης απόδοσης:

1. της ενέργειας αναβάθμισης των διαδρόμων από-προσγειώσεων από 2 σε 1,5
2. της ενέργειας αναβάθμισης των χώρων αναμονής των αεροσκαφών από 1,5 σε 1,5
3. της ενέργειας αναβάθμισης των τερματικών σταθμών από 2 σε 1,5
4. της ενέργειας αναβάθμισης των χώρων εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου από 0,8 σε 1,5

Σε αυτή την περίπτωση όλες οι ενέργειες αναβάθμισης λαμβάνουν τον ίδιο συντελεστή απόδοσης ίσο με 1,5 χωρίς να μεταβάλλεται ο συντελεστής δαπανών της κάθε ενέργειας ενώ η τρίτη ενέργεια παραμένει προτεραιότητα στη σειρά υλοποίησής τους στο προγραμματιστικό μοντέλο ανεξάρτητα από το διατιθέμενο προϋπολογισμό. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 5.32: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για δεύτερη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.31

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ						
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	73,5	42	3	14	300.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	75,6	42	6	14	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	130,8	71	10	20	800.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	130,95	72	9	20	200.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	114.000.000
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	58,65	29	6	10	2.700.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	61,2	33	3	11	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	112,8	59	9	19	1.900.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	114	60	9	19	1.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	48.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	48.000.000
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	46,5	26	3	9	3.600.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	48,6	27	3	9	144.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	92,85	49	9	16	2.864.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	94,65	49	9	16	560.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	140,85	75	11	20	6.208.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	142,35	76	16	20	576.000

Πίνακας 5.33: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για δεύτερη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.31

		Ενέργεια 1	Ενέργεια 2	Ενέργεια 3	Ενέργεια 4	
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΑΦΩΝ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	SUM
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	1	14	14	13	42
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	0	14	14	14	42
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	11	20	20	20	71
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	12	20	20	20	72
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	0	9	10	10	29
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	0	11	11	11	33
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3	19	19	18	59
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	3	19	19	19	60
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	0	8	9	9	26
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	0	9	9	9	27
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	1	16	16	16	49
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	1	16	16	16	49
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	15	20	20	20	75
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	15	20	20	20	75

Πίνακας 5.34: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης ανάλογα με πηλίκια απόδοσης για δεύτερη μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔΧ με τις τιμές του πίνακα 5.31

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΑΠΑΝΗΡΩΝ- ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ				
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.142.857,14 €	0,07	0,33	1,00
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.142.857,14 €	0,14	0,33	1,00
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.676.056,34 €	14,00	0,28	1,00
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.638.888,89 €	0,13	0,28	1,00
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	1,00
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	1,00
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.103.448,28 €	0,21	0,34	1,00
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.727.272,73 €	0,09	0,33	1,00
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.220.338,98 €	0,15	0,32	1,00
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.166.666,67 €	0,15	0,32	1,00
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	1,00
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,25	1,00
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.461.538,46 €	0,12	0,35	1,00
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.333.333,33 €	0,11	0,33	1,00
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.877.551,02 €	0,18	0,33	1,00
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.877.551,02 €	0,18	0,33	1,00
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.800.000,00 €	0,15	0,27	1,00
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.800.000,00 €	0,21	0,27	1,00

Σύνοψη αποτελεσμάτων:

Από τους παραπάνω πίνακες γίνεται αντιληπτό ότι σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες, στη συγκεκριμένη περίπτωση αυξάνεται ελαφρώς η μέγιστη τιμή αντικειμενικής συνάρτησης και σε ορισμένες περιπτώσεις παραμένει αμετάβλητη.

Όσον αφορά στο συνολικό αριθμό ενεργοποίησης ενεργειών κάθε αερολιμένα ελαφρώς μειώνεται με εξαίρεση όμως το συνολικό αριθμό ενεργοποίησης στους 3 σημαντικότερους αερολιμένες καθώς και το συνολικό αριθμό ενεργοποίησης της σημαντικότερης ενέργειας, οι οποίοι παραμένουν σχεδόν αμετάβλητοι, ενώ το σύνολο του μη αξιοποιήσιμου κεφαλαίου σε Ευρώ αυξάνεται. Είναι φανερό ότι μειώνεται ο αριθμός ενεργοποίησης της πρώτης ενέργειας καθώς έχει ίδιο συντελεστή μεταβολής απόδοσης αλλά αυξημένο συντελεστή δαπανών ενώ το σύνολο υλοποίησης της δεύτερης και της τέταρτης ενέργειας αυξάνεται αισθητά.

Τέλος ο λόγος σύνολο προϋπολογισμού / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών αυξάνεται ελαφρώς, ο λόγος υλοποιήσιμες ενέργειες στους σημαντικότερους αερολιμένες / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών παραμένει σχεδόν αμετάβλητος, ο λόγος φορές υλοποίησης σημαντικότερης ενέργειας / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών ελαφρώς αυξάνεται και ο λόγος φορές υλοποίησης δαπανηρών-σημαντικότερων ενεργειών / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών αυξάνεται αισθητά και σε κάθε περίπτωση λαμβάνει τον αριθμό 1 καθώς όλες οι ενέργειες έχουν τον ίδιο συντελεστή μεταβολής απόδοσης.

Υπάρχει κατά συνέπεια **συμμετρία στα αποτελέσματα σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες χωρίς ιδιαίτερες μεταβολές**, είναι λογικό να μειώνεται η πρώτη ενέργεια ως το ίδιο σημαντική αλλά αρκετά δαπανηρή, ενώ αυξάνεται ο αριθμός του συνόλου της δεύτερης και της τέταρτης ενέργειας, **ωστόσο ο διατιθέμενος κάθε φορά προϋπολογισμός και πάλι κατανέμεται ομοιόμορφα και κατά τον ίδιο τρόπο με τις αρχικές συνθήκες στο σύνολο των σπουδαιότερων αερολιμένων αλλά και για την υλοποίηση της τρίτης ενέργειας ανεξάρτητα από το δείκτη μεταβολής σημασίας της.**

5.2.6 Αποτελέσματα για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών αναβάθμισης στο προγραμματιστικό μοντέλο, δηλαδή οι ενέργειες 1 και 3 (αναβάθμιση των διαδρόμων από-προσγειώσεων και αναβάθμιση του τερματικών σταθμών αντίστοιχα) προηγούνται και οι δυο των 2 και 4 (αναβάθμιση των χώρων αναμονής των αεροσκαφών και αναβάθμιση των χώρων εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου αντίστοιχα)

Σε αυτή την περίπτωση, χωρίς να μεταβάλλεται ο δείκτης της μεταβολής απόδοσης για τον κάθε αερολιμένα, *εισάγεται ο περιορισμός στο προγραμματιστικό μοντέλο να αποτελεί προτεραιότητα στη σειρά πραγματοποίησης των ενεργειών και η ενέργεια αναβάθμισης των διαδρόμων από-προσγειώσεων εκτός από την ενέργεια της αναβάθμισης των τερματικών σταθμών των αερολιμένων.* Υπενθυμίζεται πως ο δείκτης μεταβολής απόδοσης των παραπάνω ενεργειών λαμβάνει την τιμή 2 με αμετάβλητο συντελεστή δαπανών 0,4 και για τις δύο ενώ ο δείκτης μεταβολής απόδοσης της ενέργειας αναβάθμισης των χώρων αναμονής αεροσκαφών λαμβάνει την τιμή 1,5 με συντελεστή δαπανών 0,1 και ο δείκτης μεταβολής απόδοσης της ενέργειας αναβάθμισης των χώρων εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου λαμβάνει την τιμή 0,8 με συντελεστή δαπανών 0,1. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 5.35: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης σε σχέση με τις απαιτούμενες δαπάνες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ						
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	69,43	40	4	21	600.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	70,04	41	4	21	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	125,24	66	5	34	2.300.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	127,78	66	8	34	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	40	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	40	114.000.000
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	52,82	26	4	14	1.900.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	54,18	28	4	14	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	103,62	51	8	26	4.500.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	105,84	52	8	26	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	40	48.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	40	48.000.000
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	41,86	22	3	12	3.216.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	43,47	24	4	12	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	81,23	39	7	22	2.608.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	84,64	43	4	22	48.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	146,16	72	16	36	4.160.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	146,16	72	16	36	4.160.000

Πίνακας 5.36: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης με βάση τις τέσσερις ενέργειες αναβάθμισης των αερολιμένων και του διατιθέμενου προϋπολογισμού κατά τη διάρκεια της πενταετίας για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών

		Ενέργεια 1	Ενέργεια 2	Ενέργεια 3	Ενέργεια 4	
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ ΔΧ=2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΑΦΩΝ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΔΧ=2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ ΔΧ=0,8 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1	SUM
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	10	10	11	9	40
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	10	10	11	10	41
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	16	16	18	16	66
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	17	17	17	15	66
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	7	7	7	5	26
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	7	7	7	7	28
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	13	13	13	12	51
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	13	13	13	13	52
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	20	20	20	20	80
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	20	20	20	20	80
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	6	6	6	4	22
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	6	6	6	6	24
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	11	10	11	7	39
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	11	11	11	6	43
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18	18	18	18	72
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	18	18	18	18	72

Πίνακας 5.37: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης των 18 προβλημάτων της 3^{ης} θεώρησης ανάλογα με πηλίκια απόδοσης για μεταβολή της σειράς προτεραιότητας των ενεργειών

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΑΠΑΝΗΡΩΝ- ΣΗΜΑΝΙΚΟΤΕΡΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ			
246.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.250.000,00 €	0,10	0,53
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.195.121,95 €	0,10	0,51
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	2.878.787,88 €	0,08	0,52
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	2.878.787,88 €	0,12	0,52
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,50
312.000.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.461.538,46 €	0,15	0,54
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.214.285,71 €	0,14	0,50
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	3.725.490,20 €	0,16	0,51
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.653.846,15 €	0,15	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.500.000,00 €	0,20	0,50
399.360.000 €	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.090.909,09 €	0,14	0,55
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	3.750.000,00 €	0,17	0,50
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	4.871.794,87 €	0,18	0,56
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	4.418.604,65 €	0,09	0,51
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	5.000.000,00 €	0,22	0,50
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	5.000.000,00 €	0,22	0,50

Σύνοψη αποτελεσμάτων:

Συνοψίζοντας για την περίπτωση της μεταβολής στη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών αναβάθμισης γίνεται από τους πίνακες 5.32, 5.33 και 5.34 αντιληπτό ότι σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες, τώρα μειώνεται ελαφρώς η μέγιστη τιμή αντικειμενικής συνάρτησης και σε ορισμένες περιπτώσεις παραμένει αμετάβλητη, όσον αφορά στο συνολικό αριθμό ενεργοποίησης ενεργειών μειώνεται καθώς με τον ίδιο διατιθέμενο προϋπολογισμό οι ενέργειες που προηγούνται στην πραγματοποίησή τους είναι περισσότερο δαπανηρές, ο συνολικός αριθμός ενεργοποίησης στους 3 σημαντικότερους αερολιμένες παραμένει σχεδόν αμετάβλητος με μία μικρή αύξηση σε χαμηλό και μεσαίο προϋπολογισμό, ο συνολικός αριθμός ενεργοποίησης των σημαντικότερων ενεργειών προφανώς αυξάνεται αφού τώρα αντικαθίσταται από το άθροισμα της πρώτης και της τρίτης ενέργειας, ενώ το σύνολο του μη αξιοποιήσιμου κεφαλαίου σε Ευρώ αυξάνεται ελαφρώς για υψηλό προϋπολογισμό.

Καθώς αυξάνεται ο αριθμός ενεργοποίησης της πρώτης ενέργειας, παρατηρείται μία ελαφρώς μείωση στο σύνολο πραγματοποίησης της τρίτης ενέργειας αφού τώρα ο ίδιος διατιθέμενος προϋπολογισμός πρέπει να κατανομηθεί με την ίδια σπουδαιότητα και στην πρώτη ενέργεια ενώ το σύνολο υλοποίησης της δεύτερης και της τέταρτης ενέργειας αυξάνεται ελαφρώς.

Τέλος ο λόγος σύνολο προϋπολογισμού / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών αυξάνεται αφού μειώνεται το σύνολο των υλοποιήσιμων ενεργειών, ο λόγος υλοποιήσιμες ενέργειες στους σημαντικότερους αερολιμένες / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών παραμένει σχεδόν αμετάβλητος για μεσαίο και υψηλό προϋπολογισμό ενώ αυξάνεται για χαμηλό προϋπολογισμό, ο λόγος φορές υλοποίησης σημαντικότερων ενεργειών / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών αυξάνεται προφανώς καθώς τώρα αυξάνεται ο αριθμός των σημαντικότερων ενεργειών.

Υπάρχει λοιπόν **συμμετρία στα αποτελέσματα σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες**, προκύπτει λοιπόν ότι η σειρά προτεραιότητας των ενεργειών σε συνδυασμό με το δείκτη μεταβολής απόδοσης επηρεάζουν λογικά τα αποτελέσματα του προγραμματιστικού μοντέλου ώστε **ο διατιθέμενος κάθε φορά προϋπολογισμός να κατανέμεται ομοιόμορφα και κατά τον ίδιο τρόπο με τις αρχικές συνθήκες στο σύνολο των σπουδαιότερων αερολιμένων.**

6.1 Ανασκόπηση Διπλωματικής Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **ανάπτυξη ενός μοντέλου βελτιστοποίησης με στόχο τη βέλτιστη κατανομή των διαθέσιμων πόρων για τη συντήρηση και αναβάθμιση των σπουδαιότερων αερολιμένων της Ελλάδας**. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη ενός προγράμματος συντήρησης και αναβάθμισης με χρονικό ορίζοντα πέντε ετών και με **βασικό περιορισμό τη διάθεση των ελαχίστων πόρων**.

Η **συλλογή των στοιχείων** επιτεύχθηκε μέσω εκτενούς βιβλιογραφικής ανασκόπησης ερευνών και μεθοδολογιών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Η επιλογή των 20 σημαντικότερων ελληνικών προήλθε μέσω αντιπροσωπευτικών στοιχείων που αφορούσαν στο μέγεθος, στην επισκεψιμότητα, στην οικονομική δύναμη και στις ανάγκες του καθενός. Στη συλλογή των παραπάνω στοιχείων αξιοποιήθηκαν η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ) καθώς και ο δικτυακός τόπος των οργανισμών των αερολιμένων ξεχωριστά.

Οι **παράμετροι** που εισάγονται στο μοντέλο είναι ο συντελεστής σημασίας που επιλέχθηκε για τον κάθε αερολιμένα καθώς και ο συντελεστής μεταβολής απόδοσης που επέρχεται μέσω της υλοποίησης της κάθε ενέργειας αναβάθμισης ξεχωριστά.

Εν συνεχεία, αναπτύχθηκε η **αντικειμενική συνάρτηση** του μοντέλου βελτιστοποίησης, η οποία υποδηλώνει την απόδοση της συνολικής αναβάθμισης των αερολιμένων και στην οποία εισάγονται οι παραπάνω συντελεστές επιζητώντας τη μεγιστοποίησή της, μέσω γραμμικού ακέραιου δυαδικού προγραμματισμού.

Τα **έργα συντήρησης και αναβάθμισης** αφορούν στον τερματικό σταθμό των αερολιμένων, στο διάδρομο από-προσγειώσεων, στον χώρο κινήσεων και αναμονής των αεροσκαφών και τέλος στον χώρο εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου.

Αναπτύχθηκαν διάφορα **σενάρια βελτιστοποίησης**, ογδόντα τέσσερις (84) συνδυασμούς περιπτώσεων, στις οποίες επιχειρήθηκαν μεταβολές στον αρχικό διαθέσιμο προϋπολογισμό, στις απαιτούμενες δαπάνες κάλυψης των αναγκών των αερολιμένων, στον τρόπο καταμερισμού του προϋπολογισμού στους αερολιμένες,

στη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών αναβάθμισης, στη μεταβολή του συντελεστή απόδοσης των ενεργειών αναβάθμισης. Σε κάθε σενάριο εξετάστηκε η περίπτωση μετακύλισης του διατιθέμενου προϋπολογισμού στο επόμενο έτος εφόσον αυτός δεν αξιοποιείται στο τρέχον έτος που παρέχεται.

Για την καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων δημιουργήθηκαν πίνακες για κάθε σενάριο και συνδυασμό περιπτώσεων με εισαγωγή των σημαντικότερων στοιχείων από την εφαρμογή των 84 διαφορετικών σεναρίων βελτιστοποίησης.

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επενδύσεις 246.000.000€ όλων των αερολιμένων στη διάρκεια της πενταετίας

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 246.000.000.€							
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	73,01	44	3	13	1.700.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	74,3	44	3	13	200.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	132,27	72	9	20	200.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	132,51	71	10	20	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	20	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	20	114.000.000
ΠΡΩΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	67,57	41	3	9	700.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	68,37	40	2	10	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	121,75	66	6	15	1.400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	123,39	64	7	15	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	114.000.000
ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	73,5	42	3	14	300.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	75,6	42	6	14	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	130,8	71	10	20	800.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	130,95	72	9	20	200.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	114.000.000
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	69,43	40	4	21	600.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	70,04	41	4	21	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	125,24	66	5	34	2.300.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	127,78	66	8	34	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	40	114.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	40	114.000.000

Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επενδύσεις 312.000.000€ όλων των αερολιμένων στη διάρκεια της πενταετίας

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 312.000.000.€							
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	57,76	30	8	10	900.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	58,6	31	5	10	200.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	111,36	60	9	18	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	111,36	60	9	18	400.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	20	48.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	20	48.000.000
ΠΡΩΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	52,36	27	2	3	1.400.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	53,04	28	2	3	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	100,26	50	8	12	2.100.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	102,22	45	8	12	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	34.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	48.000.000
ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	58,65	29	6	10	2.700.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	61,2	33	3	11	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	112,8	59	9	19	1.900.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	114	60	9	19	1.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	149,4	80	16	20	48.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	149,4	80	16	20	48.000.000
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	52,82	26	4	14	1.900.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	54,18	28	4	14	0
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	103,62	51	8	26	4.500.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	105,84	52	8	26	0
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	156,87	80	16	40	48.000.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	156,87	80	16	40	48.000.000

Πίνακας 6.3: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επενδύσεις 399.360.000€ όλων των αερολιμένων στη διάρκεια της πενταετίας

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ 399.360.000.€							
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΦΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΙΧΟΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	44,77	24	3	9	2.192.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	46,7	24	3	9	144.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	90,9	46	9	15	1.328.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	91,86	47	9	15	48.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	147,18	73	16	19	1.728.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	147,82	73	16	19	448.000
ΠΡΩΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	40,83	19	3	2	2.064.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	42,65	23	2	2	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	80,55	40	6	9	3.376.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	82,55	40	7	8	176.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	138,91	72	16	17	3.520.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	140,5	70	16	18	64.000
ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	46,5	26	3	9	3.600.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	48,6	27	3	9	144.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	92,85	49	9	16	2.864.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	94,65	49	9	16	560.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	140,85	75	11	20	6.208.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	142,35	76	16	20	576.000
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	18.000.000€/έτος	41,86	22	3	12	3.216.000
	χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	90.000.000€/πενταετία	43,47	24	4	12	400.000
	μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	38.000.000€/έτος	81,23	39	7	22	2.608.000
	μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση	190.000.000€/πενταετία	84,64	43	4	22	48.000
	υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση	72.000.000€/έτος	146,16	72	16	36	4.160.000
	υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση	360.000.000€/πενταετία	146,16	72	16	36	4.160.000

6.2 Ανάλυση συμπερασμάτων

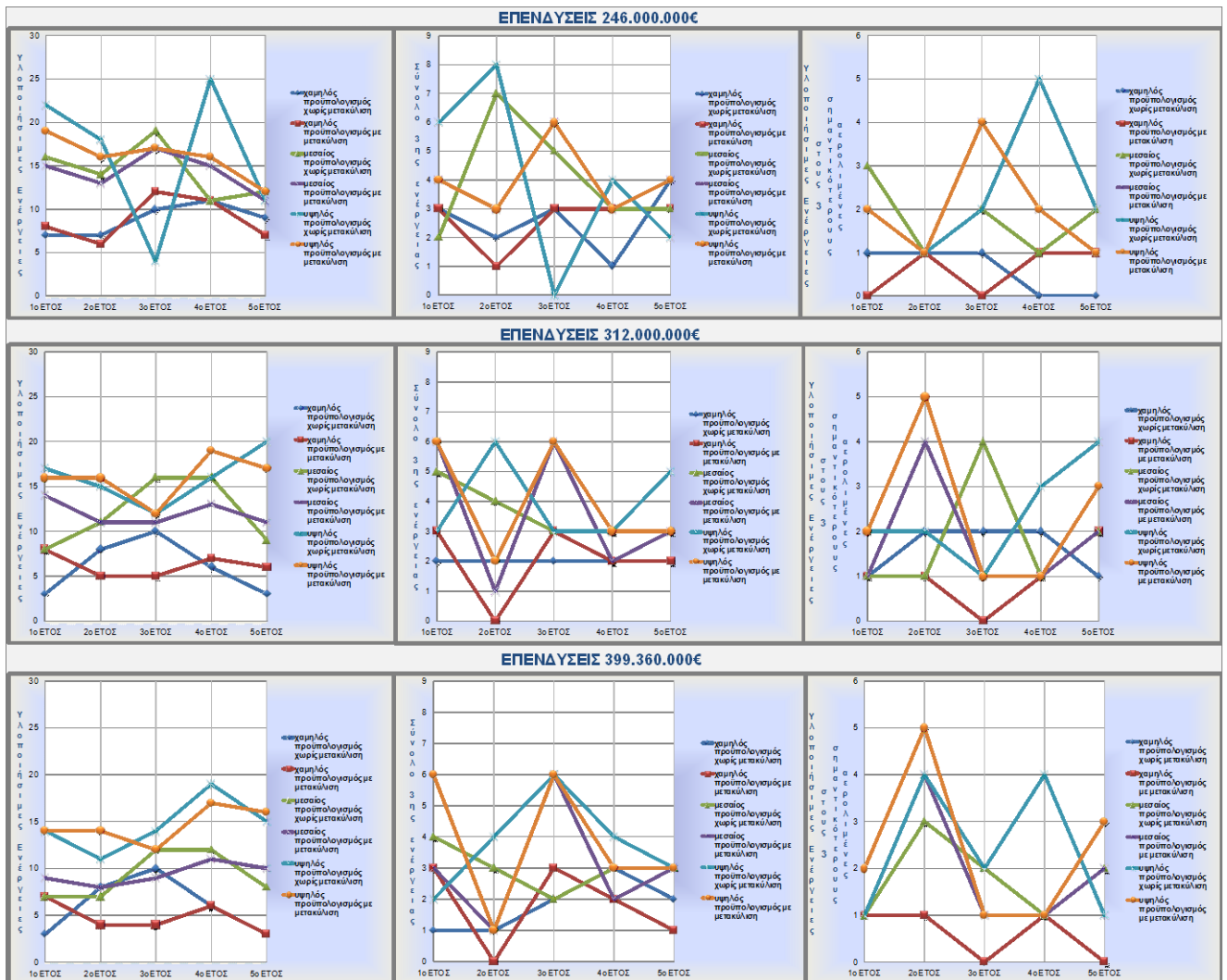
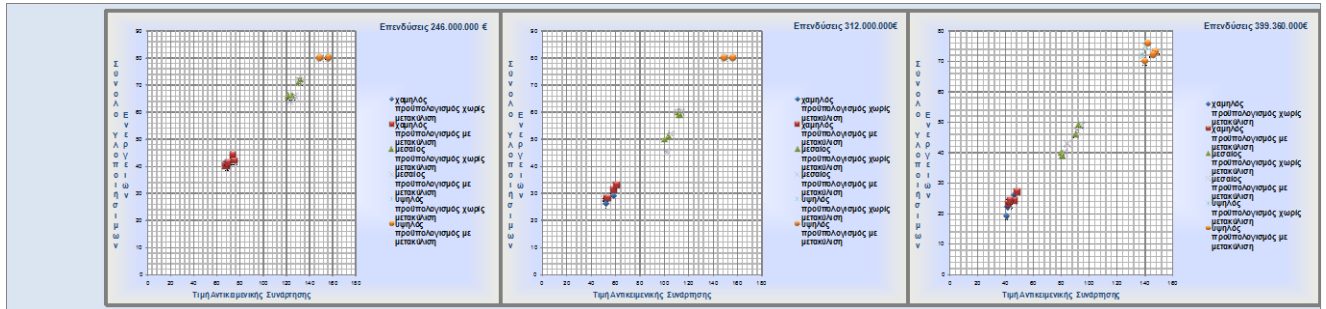
Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν επιμέρους χρήσιμα αποτελέσματα, τα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο που τέθηκε αρχικά. Συνοψίζοντας προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Έπειτα από εκτενή ανασκόπηση των βιβλιογραφικών αναφορών σχετικά με την κατανομή των πόρων με στόχο τη συντήρηση και αναβάθμιση των σπουδαιότερων αερολιμένων της χώρας, φαίνεται ότι για πρώτη φορά αναπτύσσεται ένα **μοντέλο βέλτιστης κατανομής πόρων στην Ελλάδα** με βασικό περιορισμό αυτού του διαθέσιμου κεφαλαίου.
- Η **μέθοδος του γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού** που χρησιμοποιήθηκε με στόχο την επίλυση του προβλήματος της αντικειμενικής συνάρτησης που αναπτύχθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία αποδείχθηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους πρόβλημα, ώστε να ληφθούν υπόψη διάφορες πιθανές στρατηγικές διαχείρισης των υποδομών αλλά και να καθοριστούν οι επιδράσεις των μεταβολών των διάφορων παραμέτρων του προβλήματος.
- Οι **παράγοντες** που επηρεάζουν αλλά όχι με γραμμικό τρόπο τη βέλτιστη κατανομή των πόρων σε έργα συντήρησης και αναβάθμισης είναι το μέγεθος του προϋπολογισμού, το κόστος των έργων, η κλιμάκωση των επενδύσεων στο χρόνο και οι συντελεστές αξιολόγησης αερολιμένων και ενεργειών έτσι όπως έχουν οριστεί.
- Η **απόδοση** που επιφέρει η υλοποίηση των **έργων υποδομής** στους αερολιμένες δεν αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση του διαθέσιμου κεφαλαίου. Στο πρώτο στάδιο αύξησης του κεφαλαίου αυξάνεται σχεδόν αναλογικά αλλά στη συνέχεια επιβραδύνεται. Ωστόσο σε κάθε περίπτωση επενδύσεων η εικόνα του υψηλού προϋπολογισμού δε μεταβάλλεται. Η συγκεκριμένη διαπίστωση προκύπτει από την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.
- Σε όλες τις εφαρμογές προβλημάτων βελτιστοποίησης με **μετακύλιση κεφαλαίου**, το **μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειών** ενεργοποιείται από το δεύτερο με τρίτο έτος και μετά. Αυτό σημαίνει ότι το βέλτιστο σενάριο επέρχεται όταν πραγματοποιείται συσσώρευση του κεφαλαίου και δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι περιορισμοί. Καλύτερα αξιοποιείται δηλαδή το κεφάλαιο στο σύνολο του παρά όταν επιμερίζεται. Η παρατήρηση γίνεται εύκολα αντιληπτή αν προσέξει κανείς το μη αξιοποιησιμο κεφάλαιο και τις ενέργειες ενεργοποίησης για κάθε περίπτωση.

- Το **80% των σεναρίων** που εξετάστηκαν είναι πιο **αποδοτικά** κρίνοντας από την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης όταν προβλέπουν **μετακύλιση** κεφαλαίου. Επισημαίνεται πάντως ότι οι διαφορές μεταξύ των σεναρίων που προβλέπουν μετακύλιση κεφαλαίου και εκείνων που δεν προβλέπουν είναι περιορισμένες.
- Οι **μεταβολές των απαιτούμενων δαπανών** για την αναβάθμιση του κάθε αερολιμένα ξεχωριστά είτε με την αύξηση κατά 26%, είτε με την αύξηση κατά 60 % δεν σημαίνει ότι θα επιφέρει αισθητή αντίστοιχη αύξηση/μείωση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης ή του συνολικού αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών, είναι λογικό ωστόσο να πραγματοποιούνται λιγότερες ενέργειες καθώς αυξάνονται οι δαπάνες των αερολιμένων αλλά ο αριθμός υλοποίησης της τρίτης σημαντικότερης ενέργειας καθώς και η ενεργοποίηση των ενεργειών αναβάθμισης στους σημαντικότερους αερολιμένες δε μεταβάλλεται.
- Η **συχνότητα ενεργοποίησης των ενεργειών** δεν αυξάνεται το ίδιο για τις ενέργειες που διαθέτουν τους ίδιους συντελεστές μεταβολής απόδοσης των αερολιμένων (ΔX) καθώς και τους ίδιους συντελεστές δαπανών. Τόσο οι περιορισμοί όσο και το κόστος των δαπανών επηρεάζουν αισθητά τη συχνότητα.
- Το **μέσο κόστος ανά υλοποιήσιμη ενέργεια** ελαχιστοποιείται για το σενάριο χαμηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση αν προσέξει κανείς το λόγο διαθέσιμος προϋπολογισμός / σύνολο υλοποιήσιμων ενεργειών. Συνεπώς, το κόστος δεν μειώνεται με την αύξηση του αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών αλλά επηρεάζεται περισσότερο από τον προϋπολογισμό που είναι διαθέσιμος.
- Τα **ποσοστά των πιο σημαντικών ενεργειών που υλοποιούνται και εκείνων που υλοποιούνται στους πιο σημαντικούς αερολιμένες ως προς το σύνολο των υλοποιήσιμων ενεργειών**, είναι μικρότερα για τα σενάρια χαμηλού προϋπολογισμού. Συνεπώς και πάλι επιβεβαιώνεται ότι αν η απόδοση κρίνεται από αυτούς τους δείκτες είναι πιο αποδοτικά τα σενάρια υψηλού προϋπολογισμού.
- Τόσο με τη **μεταβολή του δείκτη απόδοσης ΔX** , όσο και με τη **μεταβολή στη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών** υπάρχει συμμετρία στα αποτελέσματα σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, ο διατιθέμενος κάθε φορά προϋπολογισμός κατανέμεται ομοιόμορφα και κατά τον ίδιο τρόπο με τις αρχικές συνθήκες στο σύνολο των σπουδαιότερων αερολιμένων αλλά και για την υλοποίηση των ενεργειών αναβάθμισης που τίθενται ως προτεραιότητα υλοποίησης κατά τη διάρκεια της πενταετίας.
- Υπό προϋποθέσεις είναι δυνατό να καταστεί χρήσιμο το μοντέλο που αναπτύχθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία έπειτα από κατάλληλες

προσαρμογές στην κάθε περίπτωση βελτιστοποίησης επενδύσεων αερολιμένων αλλά και διαφορετικών έργων υποδομών.

Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα για την καλύτερη εμποπεία της κάθε περίπτωσης επενδύσεων και επαλήθευσης των παραπάνω συμπερασμάτων.



6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η επίλυση του προβλήματος της παρούσας εργασίας επήλθε έπειτα από συγκεκριμένες λογικές θεωρήσεις και παραδοχές. Συγκεκριμένα, ενδιαφέρον και αντικείμενο μελλοντικής μελέτης θα μπορούσαν να αποτελέσουν τα παρακάτω:

- Στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζονται τρία σενάρια διατιθέμενου προϋπολογισμού και βάση αυτών εξάγεται το συμπέρασμα ότι η απόδοση των αερολιμένων δεν αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση του κεφαλαίου αλλά επιβραδύνεται όσο ο διαθέσιμος προϋπολογισμός γίνεται μεγαλύτερος. Μία ενδιαφέρουσα προσέγγιση θα μπορούσε να ήταν μία **ανάλυση ευαισθησίας** ώστε να εντοπιστεί το σημείο στο οποίο σταματά η αναλογική αύξηση της απόδοσης σε σχέση με τον προϋπολογισμό.
- Για την ανάπτυξη του μοντέλου της βελτιστοποίησης καθορίστηκε ο συντελεστής σπουδαιότητας, ο συντελεστής μεταβολής απόδοσης της κάθε ενέργειας αναβάθμισης αλλά και οι απαιτούμενες ανάγκες των είκοσι σημαντικότερων αερολιμένων ξεχωριστά, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες αξιολογήσεις της ΥΠΑ, στατιστικά στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής και της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας καθώς και μελέτη ερευνών των μελλοντικών απαιτήσεων των αερολιμένων. Μια σημαντική πρόκληση θα ήταν ο καθορισμός επιπλέον κριτηρίων αναφοράς για την αξιολόγηση των παραπάνω δεικτών όπως πχ η μηνιαία διακύμανση της κυκλοφορίας, κριτήρια ενίσχυσης ανάπτυξης των περιφερειών, οι αξιοποιήσιμες επιφάνειες κάθε αερολιμένα.
- Σημαντική έρευνα θα μπορούσε να αποτελέσει η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου βιώσιμης ανάπτυξης των υποδομών των αερομεταφορών που θα συνδέει τις επιχειρήσεις με τη μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων (αειφορία) και την πλήρη εναρμόνιση με το Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) και την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία.
- Τέλος, το πρόβλημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για αερολιμένες τόσο εσωτερικού όσο και εξωτερικού ώστε να προκύψουν τυχόν δείκτες και παράμετροι που υπολείπονται ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία του μοντέλου και η χρησιμοποίησή του από τις αρμόδιες Αρχές.

Ξένα Βιβλιογραφία

Al Chalabi M., *The Economic Impact of a Major Airport*, Urban Land Institute Research paper 622, 1993.

Abaza K.A., Ashur S.A., Al-Khatib I., *An integrated pavement management system with a markovian prediction model*, Journal of Transportation Engineering, ASCE 130 24-33, 2004.

Ashford N. and Moore C.A., *Airport Finance*, Van Norstrand Reinhold, New York, 1992.

Ashford N., Stanton H. and Moore P., *Airport Operations*, Pitman, London, 2001.

Belton V. and Stewart T.J., *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 2002.

Chootiman R., Chen A., Horrocks M.R., Bolling D., *A multi-year pavement maintenance program using a stochastic simulation-based genetic algorithm approach*, 2005.

Elhadidy Amr. A., Elbeltagi Emad E., Ammar Mohammad A., *Optimum analysis of pavement maintenance using multi-objective genetic algorithms*, 2014.

Federal Aviation Administration, *National Plan of Integrated Airport Systems (NPIAS) 1998–2002*, March, 1999.

Federal Aviation Administration, *FAA Strategic Plan*, January 2001a.

Federal Aviation Administration (DOT), *Notice of Revision to Airport Capital Improvement Plan (ACIP)*, 1996.

Glover F., *Future paths for integer programming and links to artificial intelligence*, *Computers and Operations Research*, 15(5), 533-549, 1986.

Hall R.W., *On the integration of production and distribution: Economic order and production quantity implications*, *Transportation Research*, 30B(5), 387-403, 1996.

- Herabat P. and Tangphaisankum A., *Multi-Objective optimization model using constraint-based genetic algorithms for Thailand pavement management*, Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, pp. 1137-1152, 2005.
- Horonjeff R. and McKelvey F., *Planning and Design of Airports*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1994.
- Jiang Y. and Sinha C., *Dynamic Optimization Model for Bridge Management Systems*, 1989.
- Lagaros N.D, Ph.D., M.ASCE1; Kepaptsoglou K., Ph.D., M.ASCE2; and Karlaftis M.G, Ph.D., M.ASCE3., *Fund Allocation for Civil Infrastructure Security Upgrade*, Journal of Management in Engineering, 29:172-182, 2013.
- Malczewski J., *Gis and multicriteria decision analysis*, John Wiley & Sons, 1999.
- Mbwana J., Turnquist M., *Optimization modeling for enhanced network-level pavement management system*, Transportation Research Record 1524 76-85, 1996.
- Naziris I.A., Lagaros N.D., Papaioannou K., *Selection and Resource Allocation Model for upgrading fire safety of historic buildings*, Journal of Management in Engineering, 32, 4, American Society of civil engineer, 2016.
- Ravirala V., Grivas D., Arminio S., Garrabrant R., *Goal-oriented optimization procedure for long-term highway investment planning*, Transportation Research Record 1592 17-25, 1997.
- Scheinberg T. and Anastasopoulos P., *Pavement preservation programming: a multi-year, multi-constraint optimization methodology*, TRB 89th Annual Meeting, 2010.
- Tack J., Chou E., *Multiyear pavement repair scheduling optimization by prestrained genetic algorithm*, Transportation Research Record 1592 8-16, 1997.
- Tsamboulas, Yotis and Panou, *The use of Multicriteria methods for the assessment of transport infrastructure projects: A comparative analysis*, Journal of Transportation Engineering of the American Society of Civil Engineers (ASCE), USA, 1999.
- Whitford R.K., *Airport Planning and Design*, Transportation Engineering, Purdue University, CRC Press ILC, 2003.
- Williams H.P., *Model Building in Mathematical Programming*, John Wiley & Sons, Chichester, Sussex, 1999.
- Zanakis S.H., Mandakovic T., Gupta S.K., Sahay S. and Hong S., *A Review of Program Evaluation and Fund Allocation Methods within the service and Government Sectors*, Socio-Econ. Plann. Sci. Vol. 29, No. 1, pp.59-79, 1995.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Γιαννής Γ., *Παράμετροι της στρατηγικής για τη βιώσιμη ανάπτυξη των μεταφορών στην Ευρώπη και στην Ελλάδα*, Περιβάλλον και Δίκαιο, Τόμος 7ος, Τεύχος 24, 2003 σελ. 324-332.

Δούμπος Μ., *ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ-Σημειώσεις Μαθήματος*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά, 2007.

Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς 2007-2013, Γενική Γραμματεία Επενδύσεων και Ανάπτυξης, 2007.

Καρλαύτης Μ.Γ., Λαγαρός Ν.Δ., *Επιχειρησιακή έρευνα*, Εκδόσεις Συμμετρία, 2010.

Κολέτσος Ι., Στογιάννης Δ., *ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ*, Εκδόσεις Συμεών, 2012.

Μητρόπουλος Π.Α., *Πολυκριτηριακή ανάλυση στη λήψη αποφάσεων για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων*, διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, 2007.

Οικονόμου Γ.Σ., και Γεωργίου Α.Κ., *Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων*, Εκδόσεις Ευγ. Μπένου, Αθήνα, 1999.

Πραστάκος Γ., *Διοικητική Επιστήμη: Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων στην Κοινωνία της Πληροφορίας*, Εκδόσεις Αθαν. Σταμούλης, Αθήνα, 2000.

Τσαμπούλας Δ., Κορυζής Δ. και Ροϊδάκης Α., *Οικονομικός και οργανωτικός σχεδιασμός ανάπτυξης Ελληνικών αεροδρομίων, Διεθνές Συνέδριο για τις Αερομεταφορές και τα Αεροδρόμια*, Πάτρα, Δεκέμβριος 2001.

Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ), *Master Plan Αεροδρομίων Καβάλας-Αλεξανδρούπολης*, 2000.

Δικτυακοί Τόποι

Ελληνική Στατιστική Αρχή, www.statistics.gr

Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, www.eurostat.com

Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, www.ypa.gr

www.diavgeia.gov.gr

www.economics.gr

www.el.wikipedia.org.gr

www.sciencedirect.com

www.tib.com

www.trid.com