



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΛΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕΣΤΩΣ
ΠΛΗΡΟΥΣ Η ΜΕΡΙΚΗΣ ΙΛΙΩΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ
ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ**



Διπλωματική Εργασία
Θοδωρής-Παναγιώτης Παντελίδης

Επίβλεψη: Παρασκευή Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΛΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕΣΤΩΣ
ΠΛΗΡΟΥΣ Η ΜΕΡΙΚΗΣ ΙΛΙΩΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ
ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ**



Διπλωματική Εργασία
Θοδωρής-Παναγιώτης Παντελίδης

Επίβλεψη: Παρασκευή Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2016

Στον πατέρα μου

Παντελίδη Ιωάννη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ.Παρασκευή Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για την καθοριστική της συμβολή και καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και των σπουδών μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κ.Ιωάννα Παγώνη, Υποψήφια Διδάκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών για την σημαντική της συνεισφορά στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κύριο Αθανάσιο Μπαλλή και τον Καθηγητή κύριο Ανδρέα Λοΐζο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που στάθηκε δίπλα μου σε όλα τα μαθητικά και φοιτητικά μου χρόνια, καθώς και στους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση τους σε κάθε μου προσπάθεια.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1

1.1 Τα αεροδρόμια και το στρατηγικό μάνατζμεντ.....	7
1.1.1 Τα ολιγοπώλια και η θεωρία των παιγνίων	8
1.1.2 Αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης	9
1.2 Στόχος της διπλωματικής εργασίας	10
1.3 Μεθοδολογία της εργασίας.....	11
1.4 Η δομή.....	12
2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Βασικά στοιχεία.....	15
2.3 Γενική αξιολόγηση των ιδιωτικοποιήσεων	16
2.3.1 Θετικά και αρνητικά στοιχεία.....	16
2.3.2 Κέρδη	18
2.3.3 Έλεγχος διαχείρισης	19
2.4 Συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων	20
2.5 Συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων και ιδιωτικοποιήσεις	22
3.1 Εισαγωγή	24
3.2 Ιστορική αναδρομή	26
3.3 Βασικά χαρακτηριστικά ενός παιγνίου.....	27
3.4 Τύποι παιγνίων.....	28
3.5 Στρατηγικές.....	33
3.5.1 Κυρίαρχη & κυριαρχούμενη στρατηγική	33
3.6 Μορφές παρουσίασης παιγνίων.....	34
3.7 Παίγνια μηδενικού και μη-μηδενικού αθροίσματος.....	36
3.7.1 Παίγνια μηδενικού αθροίσματος	36
3.7.1.1 Παραδείγματα παιγνίων μηδενικού αθροίσματος	37
3.7.2 Παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος.....	39

3.8 Λύσεις ισορροπίας	40
3.8.1 Ισορροπία σε αυστηρά κυρίαρχες στρατηγικές.....	40
3.9 Ισορροπία Nash (Nash equilibrium).....	41
3.9.1 Αγνή ισορροπία Nash	41
3.9.2 Μικτή ισορροπία Nash	42
3.10 Βελτιστοποίηση κατά Pareto	42
3.11 Τέλεια ισορροπία κατά Bayes	43
3.12 Κριτήρια λήψης αποφάσεων <i>Minimax & Maxmin</i>	43
3.13 Παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος.....	44
Δίλημμα του φυλακισμένου (Prisoners Dilemma)	44
Chicken Game.....	45
Η μάχη των φύλων (Bach or Stravinsky Game).....	46
3.14 Η θεωρία των παιγνίων στα ολιγοπώλια	47
3.14.1 Το Ολιγοπώλιο.....	47
3.14.1.1 Δυοπώλιο	49
3.14.1.2 Ολιγοπώλιο & δυοπώλιο χωρίς συνεργασία	50
3.14.1.3 Υπόδειγμα Cournot.....	51
Το μοντέλο του Cournot	52
3.14.1.4 Υπόδειγμα Bertrand.....	53
Μοντέλο Bertrand.....	53
3.14.1.5 Υπόδειγμα Edgeworth	54
3.14.1.6 Υπόδειγμα Stackelberg	55
3.14.2 Τα ολιγοπώλια στα συστήματα αεροδρομίων	55
4.1 Εισαγωγή	57
4.2 Τα είδη των τελών	62
Τέλη προσγείωσης	62
Τέλος πλοήγησης τερματικής περιοχής.....	64
Τέλος στάθμευσης αεροσκαφών και υπόστεγου	64
Τέλη θορύβου	64

Τέλη εξυπηρέτησης επιβατών.....	65
Κρατικοί φόροι	66
Τέλη εξυπηρέτησης εμπορευμάτων.....	66
Τέλη ασφάλειας (security fees)	66
Τέλη εξυπηρέτησης εδάφους.....	67
Τέλη πλοιήγησης εν πτήσει	67
4.3 Καταμερισμός εσόδων αεροπορικών τελών.....	68
Μη αεροπορικές χρεώσεις.....	69
Τέλη παραχώρησης αεροπορικών καυσίμων και βενζίνης	71
Τέλη παραχώρησης εμπορικών δραστηριοτήτων	71
Έσοδα από χώρους στάθμευσης και ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα	71
Μισθώσεις γης αεροδρομίου, κτιριακών χώρων και εξοπλισμού.....	72
4.2 Κανόνες τιμολόγησης τελών	72
4.2.1 Τιμή οροφής.....	73
4.2.2Μονή-διπλή θυρίδα (single -dual till).....	74
Πλεονεκτήματα μονής θυρίδας.....	76
Πλεονεκτήματα της διπλής θυρίδας	77
4.3 Επίδραση των ιδιωτικοποιήσεων στα τέλη	78
5.1 Εισαγωγή	79
5.2 Πίνακας συμβόλων	80
5.3 Παραδοσιακή προσέγγιση(traditional approach)	81
Χρέωση τελών με βάση το βάρος των αεροσκαφών.....	83
Χρέωση τελών με συνυπολογισμό μη αεροπορικών εσόδων	84
5.4 Κάθετη προσέγγιση	86
5.5 Αναλυτικά μοντέλα και θεωρία των παιγνίων	90
Μοντέλο (Matsumura&Matsushima, 2010)	90
(Mantin, Airport complementarity: Private vs. government ownership, 2012)	92
5.6 Μοντέλα χρέωσης τελών σε δίκτυα αεροδρομίων	95
(Oum et al, 1996)	95

(Brueckner, Internalization of airport congestion:A network analysis, 2005)	95
(Lin, 2013)	97
6.1 Εισαγωγή	100
6.2 Ανάλυση του μοντέλου.....	101
6.3 Ανταγωνισμός Cournot.....	102
6.4 Ανάλυση του μοντέλου.....	107
Όλοι ιδιώτες (ΙΔ-ΙΔ-ΙΔ).....	107
Δημόσια μόνο τα αεροδρόμια της χώρας 2 (ΙΔ-KP-KP).....	109
Δημόσιο μόνο το ένα αεροδρόμιο της χώρας 2 (ΙΔ-ΙΔ-KP)	110
Δημόσιο μόνο το αεροδρόμιο της χώρας 1 (KP-ΙΔ-ΙΔ)	112
Δημόσια και τα τρία αεροδρόμια (KP-KP-KP).....	113
Δημόσιο της χώρας 1 και μόνο το ένα δημόσιο της 2 (KP-KP-ΙΔ)	114
6.5 Επίλυση του προβλήματος θεωρίας παιγνίων τριών παικτών και δύο στρατηγικών.....	115
6.5.1 Εισαγωγή	115
6.5.2 Το πρόγραμμα <i>gambit</i>	115
6.5.3 Εύρεση σημείου ισορροπίας Nash.....	116
6.6 Καρτέλ-μονοπώλιο	117
Με ιδιωτικό αεροδρόμιο της χώρας 1	117
Το αεροδρόμιο της χώρας 1 είναι δημόσιο	120
6.7 Επίλυση παιγνίου με συνεργασία των αεροδρομίων της χώρας 2 ...	121
7.1 Παίγνιο μεταξύ τριών παικτών.....	123
7.2 Παίγνιο συνεργασίας 2 παικτών	124
7.3 Συγκριτική αποτίμηση των δύο παιγνίων.....	124
Βιβλιογραφία.....	128

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΛΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΠΛΗΡΟΥΣ Η ΜΕΡΙΚΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Παντελίδης Θεόδωρος-Παναγιώτης

Επίβλεψη: Παρασκευή Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

Περίληψη

Η θεωρία παιγνίων έχει κυριαρχήσει τα τελευταία χρόνια στις εφαρμογές της οικονομίας και του στρατηγικού μάνατζμεντ. Τα αεροδρόμια εκτός από αναπόσπαστα κομμάτια της εναέριας μετακίνησης αποτελούν και μεγάλες επιχειρήσεις, που μπορούν να μελετηθούν ως προς την τιμολόγηση των υπηρεσιών τους και την κερδοφορία τους. Μετά τα μέσα του 1980 ξεκίνησε η απελευθέρωση των αεροδρομίων από την κρατική ιδιοκτησία και η αυξανόμενη τάση για ιδιωτικοποίηση η οποία αποτέλεσε πεδίο εκτεταμένης έρευνας στον κλάδο της οικονομίας. Ως μέρη ολιγοπολιακών αγορών, τα αεροδρόμια αποτέλεσαν κατάλληλο υπόβαθρο μελέτης της θεωρίας των παιγνίων. Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια στις μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές αυξημένης κίνησης παρατηρείται το φαινόμενο ανάπτυξης συστημάτων πολλαπλών αεροδρομίων. Επομένως, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη του ανταγωνισμού μεταξύ αεροδρομίων της ίδιας περιοχής. Η παρούσα εργασία έρχεται να προσθέσει ένα νέο μοντέλο στα ήδη υπάρχοντα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης και εξάγει συμπεράσματα για τα ιδιοκτησιακά σχήματα που μπορεί να υπάρξουν σε ένα ολιγοπόλιο. Επίσης το ολιγοπόλιο αυτό περιέχει σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων και εξετάζεται η κοινή ιδιοκτησία των αεροδρομίων του.

Λέξεις-κλειδιά: Θεωρία παιγνίων, συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων, αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης

**AIRPORT OWNERSHIP AND PRICING IN A MULTI-AIRPORT REGION:
A GAME THEORETIC APPROACH**

Pantelidis Theodoros-Panagiotis

Supervisor: Paraskevi Psaraki-Kalouptsidi, Associate Professor N.T.U.A.

Abstract

In the last few years game theory has been widely used in economics and strategic management applications. Airports are besides the means for air travel, also large businesses and they can be studied as such, in terms of pricing and profitability. After the 1980's there has been an increasing worldwide trend for airport deregulation and privatization which in turn, has created a large field of study in airport economics. Airports can be considered as parts of an oligopoly market and they can be studied with game theory. A few years ago, large metropolitan areas with high air traffic volume have begun to convert their single airport settings into multi-airport regions. Therefore, airport competition is considered a very interesting subject between airports of the same region. My thesis will add a new analytical model of pricing in the current bibliography, that will include a multi-airport region oligopoly. Also, it will include all possible forms of ownership in a game theoretic environment, including, joint airport ownership.

Keywords: game theory, multi-airport region, analytical models of pricing

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και τα νέα στοιχεία που αυτή εισάγει στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Επιπλέον, θα γίνει μία σύντομη εισαγωγή στα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης και θα παρουσιαστούν παρόμοιες εργασίες σημαντικών επιστημονικών άρθρων.

1.1 Τα αεροδρόμια και το στρατηγικό μάνατζμεντ

Όπως κάθε επιχείρηση που καταλαμβάνει ένα μερίδιο της αγοράς, παράγει και αποφέρει έσοδα στους ιδιοκτήτες της, έτσι και τα αεροδρόμια δεν θα μπορούσαν να αποτελούν εξαίρεση. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια οι παράμετροι της τιμολόγησης των υπηρεσιών του εκάστοτε αερολιμένα και το ιδιοκτησιακό καθεστώς του είναι καθοριστικά για την ευμάρειά του. Με τη βοήθεια αναλυτικών μοντέλων που αποτελούν εργαλεία του στρατηγικού μάνατζμεντ μπορούν να αναζητηθούν οι βέλτιστες λύσεις για τα οικονομικά ζητήματα των αεροδρομίων. Τέτοια ζητήματα προσέλκυσαν όχι μόνο οικονομολόγους αλλά και συγκοινωνιολόγους μηχανικούς από όλο τον κόσμο, αφού τα ζητήματα τιμολόγησης και πρόβλεψη επιβατικής κίνησης απαιτούν εκτεταμένη τεχνική κατάρτιση στον τομέα αυτό. Σημαντική είναι η συνεισφορά των *Jan K. Brueckner, Leonardo J. Basso* και *Anming Zhang*, που ανέπτυξαν ολιγοπάλια αεροδρομίων με την βοήθεια της θεωρίας των παιγνίων. Οι περισσότερες εργασίες ερευνούν τις βέλτιστες

επιλογές τιμολόγησης τελών προσγείωσης, εμπορικών δραστηριοτήτων αλλά και την επέκταση της χωρητικότητας των αεροδρομίων.

1.1.1 Τα ολιγοπώλια και η θεωρία των παιγνίων

Η μοντελοποίηση των αεροδρομίων με τη μορφή ολιγοπωλίου αποτελεί μία σχετικά νέα προσθήκη στη βιβλιογραφία η οποία κυριάρχησε έναντι της παραδοσιακής προσέγγισης¹ μετά το 2000. Βασικό στοιχείο της είναι ότι τα αεροδρόμια τροφοδοτούν την αγορά, δηλαδή τις αεροπορικές εταιρίες. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι πλέον αναγνωρίζεται η δύναμη και το μερίδιο στην αγορά που έχουν οι εταιρίες.

Η θεωρία των παιγνίων αποτελεί την μελέτη των συγκρούσεων και της αλληλεπίδρασης μεταξύ λογικών παιχτών. Επομένως, κάθε ολιγοπώλιο μπορεί να αναλυθεί με την βοήθεια της ισορροπίας Nash (Nash equilibrium) για να προκύψουν οι μεταβλητές απόφασης οι οποίες ισορροπούν το σύστημα.

Κάθε τέτοιο ολιγοπώλιο θεωρούμε πως έχει τουλάχιστον δύο κόμβους το αεροδρόμιο αναχώρησης και το αεροδρόμιο άφιξης. Η σύνδεση μεταξύ των δύο υλοποιείται από τους αερομεταφορείς. Η ποσότητα παραγόμενου αγαθού στην περίπτωση των αεροδρομίων είναι το κάθε επιβατικό εισιτήριο.

Συνοψίζοντας, κάθε ολιγοπώλιο αποτελεί μία μικρογραφία της πραγματικής αγοράς και κάθε επιχείρηση επηρεάζει με τις αποφάσεις της όλες τις υπόλοιπες. Πάνω σε αυτή τη λογική τα αεροδρόμια μπορούν να αναλυθούν ως ανταγωνιστικές επιχειρήσεις, τέτοιες ώστε με αλλαγή της

¹ Η παραδοσιακή προσέγγιση και η νέα κάθετη προσέγγιση θα αναλυθούν εκτενέστερα στο κεφάλαιο "Αναλυτικά Μοντέλα Τιμολόγησης".

τιμολόγησης των υπηρεσιών τους ή του ιδιοκτησιακού τους καθεστώτος να επηρεάσουν το σύνολο.

1.1.2 Αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης

Η τιμολόγηση των υπηρεσιών των αεροδρομίων έχει τραβήξει την προσοχή των οικονομολόγων εδώ και αρκετό καιρό ξεκινώντας με τους *Levine* (1969) και *Carlin & Park* (1970). Η μεγαλύτερη προσοχή δόθηκε στην αποδοτικότητα της τιμολόγησης από τις διαχειριστικές αρχές των αεροδρομίων και η ανάγκη να συμπεριλάβουν σε αυτήν την συμφόρηση που ήδη άρχισε να αποτελεί μείζον ζήτημα από το 1970². Η λύση ήταν η επέκταση του αεροδρομίου που αποτελεί βεβαίως μια ακριβή και χρονοβόρα λύση.

Οι αναποτελεσματικές πολιτικές τιμολόγησης και η όλο και αυξανόμενη καθυστέρηση στα μεγάλα εμπορικά αεροδρόμια του κόσμου, κατέστησε την κατανόηση των μοντέλων αυτών ιδιαίτερα σημαντική για τη σημερινή πραγματικότητα (*Basso & Zhang, An interpretative survey of analytical models of airport pricing, 2007*).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής μετά το 2004 παρατηρήθηκαν πολύ υψηλές καθυστερήσεις με μέσο όρο 15 λεπτά ανά πτήση σε περισσότερα από το 20% των αεροδρομίων της χώρας. Το υπουργείο μεταφορών των ΗΠΑ στην έκθεση *National Strategy to Reduce Congestion on America's Transportation Network*” (2006) εκτίμησε πως το κόστος των καθυστερήσεων για τους επιβάτες ανέρχεται στα 9.4 δισεκατομμύρια δολάρια. Παρόμοια προβλήματα αντιμετώπισαν και τα αεροδρόμια της Ευρώπης και της Ασίας σε μικρότερη κλίμακα.

² Η συμφόρηση αποτέλεσε τροχοπέδη για τους χρήστες και τις αεροπορικές εταιρίες, δημιουργώντας δαπανηρές καθυστερήσεις.

Επίσης, η νέα τάση για απελευθέρωση και ιδιωτικοποίηση των αερολιμένων έφερε στο προσκήνιο την έρευνα για την αποτελεσματικότητα των ιδιωτικοποιήσεων και των διαφορετικών ρυθμιστικών πλαισίων από αυτά που ήταν συνήθη για την εποχή³. Η μεταφορά του ιδιοκτησιακού καθεστώτος σε ιδιώτες δημιούργησε ένα νέο κίνδυνο, αυτόν της ανεξέλεγκτης κερδοφορίας μιας και τα αεροδρόμια αποτελούν φυσικά μονοπώλια για μια περιοχή. Συγκεκριμένα η επιδίωξη της κερδοφορίας και από τα αεροδρόμια αποτελούσαν φυσικά μονοπώλια επειδή είχαν συγκεκριμένο μερίδιο της αγοράς. Επίσης εξαιτίας του τελευταίου στα ιδιωτικά αεροδρόμια υποβάλλονται ρυθμίσεις ανώτατων ορίων τιμολόγησης για να αποφευχθούν καταχρήσεις των μονοπωλιακών συνθηκών. Τα παραπάνω έδωσαν νέο νόημα στην ανάπτυξη αναλυτικών μοντέλων τιμολόγησης. Νέα ερωτήματα όπως το αν ένα ιδιωτικοποιημένο αεροδρόμιο θα ευνοούσε την αύξηση χωρητικότητας και τη μείωση της συμφόρησης ή θα βελτίωνε την κοινωνική ευημερία των χρηστών, αποτέλεσαν βασικό και κύριο αντικείμενο των μελετητών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα επικεντρωθούμε στην τιμολόγηση των τελών προσγείωσης σε ένα σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων, χωρίς να γίνει αναφορά στην συμφόρηση και στο κόστος καθυστέρησης (congestion cost).

1.2 Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα εργασία έρχεται να προσθέσει στη βιβλιογραφία το πρώτο ολιγοπώλιο Cournot που περιλαμβάνει σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων. Σύμφωνα με τους (Neufville & Odoni, 2009) σε ένα

³ Η τάση αυτή ξεκίνησε με το μεγάλο πακέτο ιδιωτικοποιήσεων στη Μεγάλη Βρετανία που εκτός από αεροδρόμια περιλάμβανε σιδηρόδρομους, τηλεπικοινωνίες και συστήματα ύδρευσης.

σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων προκύπτει ανταγωνισμός μεταξύ των αεροδρομίων της περιοχής. Επομένως, για πρώτη φορά η εργασία αυτή με το δυοπάλιο Cournot θα μελετήσει τον ανταγωνισμό δύο αεροδρομίων που ανήκουν σε ένα τέτοιο σύστημα. Όσες προσπάθειες έχουν γίνει για την ανάλυση ισορροπίας (equilibrium analysis) στα συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων αφορούν τις ροές και τις επιλογές των επιβατών στα επιμέρους αεροδρόμια, με μοντέλα logit. Το ερευνητικό άρθρο των (Noruzoliaee, Zou, & Zhang, 2015)-ερευνά την τιμολόγηση σε σύστημα δύο αεροδρομίων και θεωρείται το πιο κοντινό στην παρούσα ερευνητική εργασία.

Με εργαλείο την ισορροπία Nash και την θεωρία των παιγνίων γίνεται προσπάθεια να εφαρμοστούν οι πρακτικές του στρατηγικού μάνατζμεντ σε ένα τέτοιο περιβάλλον δύο αεροδρομίων.

Στόχος είναι να βρεθεί το βέλτιστο ιδιοκτησιακό καθεστώς είτε ιδιωτικό είτε κρατικό ώστε το σύστημα να έχει το μέγιστο κέρδος και την μέγιστη κοινωνική ωφέλεια για τους χρήστες του. Αξίζει να τονιστεί πως είναι μία από τις λίγες εργασίες στα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης που αφορά συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων.

1.3 Μεθοδολογία της εργασίας

Αρχικά γίνεται μία αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την κατασκευή του μοντέλου θεωρίας παιγνίων που αναπτύχθηκε από μηδενική βάση. Βασικά επιστημονικά άρθρα που συνετέλεσαν στην κατασκευή αυτού του μοντέλου θεωρίας παιγνίων ήταν εκείνα των (Mantin, Airport complementarity: Private vs. government ownership, 2012) και των (Noruzoliaee, Zou, & Zhang, 2015).

Σκοπός του μοντέλου ήταν να περιγραφεί η σχέση ανταγωνισμού μεταξύ δύο αεροδρομίων της ίδιας περιοχής. Γι' αυτό πάνω στο απλό

συμπληρωματικό σύστημα του (Mantin, Airport complementarity: Private vs. government ownership, 2012) που περιλάμβανε μόνο δύο αεροδρόμια προστέθηκε άλλος ένας κόμβος, με στόχο να αναπαραστήσει ένα σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων. Οι αριθμητικές εφαρμογές έγιναν με την βοήθεια του λογισμικού *WolframAlpha*⁴ και με την κατασκευή μητρώου στο *Microsoft Excel*TM που λαμβάνει τις μεταβλητές απόφασης, δηλαδή τα τέλη προσγείωσης που προκύπτουν από την επίλυση και να δίνει αποτελέσματα (κέρδη, ποσότητες, κ.τ.λ.). Τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν για την κατασκευή πινάκων ανταμοιβής (payoff matrix) και στη συνέχεια υπολογίστηκε το σημείο ισορροπίας Nash με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία που ακολούθησε ο (Mantin, Airport complementarity: Private vs. government ownership, 2012). Για την επίλυση των παιγνίων δύο και τριών παικτών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό *Gambit*TM που είναι γραμμένο σε γλώσσα *Python API*TM.

1.4 Η δομή

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά ο στόχος της διπλωματικής εργασίας και το βιβλιογραφικό της υπόβαθρο. Επίσης, δίνεται μια πρώτη εικόνα της δομής του ολιγοπωλιακού μοντέλου αεροδρομίων. Στη συνέχεια αναφέρονται τα πρακτικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για να ολοκληρωθεί ο κύριος κορμός της εργασίας. Το κεφάλαιο κλείνει με μια σύνοψη της δομής της διπλωματικής εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι ιδιωτικοποιήσεις των αεροδρομίων και τα βασικότερα αίτια που οδήγησαν στην απελευθέρωσή τους από την κρατική ιδιοκτησία. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα συστήματα

⁴ Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση πολύπλοκων συστημάτων, την παραγώγιση και την ολοκλήρωση δύσκολων αριθμητικών παραστάσεων.

πολλαπλών αεροδρομίων και στη σημασία τους. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα που εξάγονται από την βιβλιογραφία.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε στον αναγνώστη τις βασικές αρχές της θεωρίας των παιγνίων. Επίσης αναφέρουμε τους τρόπους επίλυσης των παιγνίων μηδενικού και μη μηδενικού αθροίσματος και αναφέρουμε ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα όπως το chicken game. Τέλος παρουσιάζουμε την θεωρία παιγνίων στα ολιγοπόλια και τα σημαντικότερα μοντέλα επίλυσης της ισορροπίας ολιγοπωλιακών αγορών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα είδη των τελών των αεροδρομίων. Επιπλέον, αναλύονται οι βασικότεροι ρυθμιστικοί περιορισμοί που ισχύουν για την τιμολόγηση και γίνονται συγκρίσεις και αναφορές ανάμεσα στις πρακτικές της Ευρώπης και της Αμερικής. Τέλος γίνεται μια αναφορά στην επίδραση των ιδιωτικοποιήσεων στα τέλη.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται για πρώτη φορά τα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης με λύσεις ισορροπίας. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα πιο χαρακτηριστικά μοντέλα που συνετέλεσαν και στην κατασκευή του δικού μας ολιγοπωλιακού μοντέλου. Κυρίαρχες μορφές τις βιβλιογραφίες είναι οι *Anming Zhang, Leonardo Basso, Benny Mantin* και *Brueckner*.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μοντέλο που δημιουργήθηκε για τον σκοπό της διπλωματικής εργασίας και βασίζεται πάνω στη βιβλιογραφία του κεφαλαίου 5. Χρησιμοποιούνται οι αρχές της θεωρίας των παιγνίων και των ολιγοπωλίων των αγορών και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με την μορφή παραμέτρων σε πίνακες ανταμοιβών.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την κατασκευή και διερεύνηση των διάφορων περιπτώσεων του

μοντέλου Στο τελευταίο κεφάλαιο καταγράφεται αναλυτικά η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ολοκληρωθεί η παρούσα διπλωματική εργασία.

Κεφάλαιο 2

Ιδιωτικοποιήσεις αεροδρομίων

2.1 Εισαγωγή

Η ιδιωτικοποίηση εντάσσεται στο πλαίσιο της απελευθέρωσης της αγοράς δηλαδή της απομάκρυνσης ενός αεροδρομίου από τον κρατικό έλεγχο. Η οικονομική απελευθέρωση δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής νέων πολιτικών τιμολόγησης. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 80^ο, τα αεροδρόμια αποτελούσαν παγκοσμίως κρατική ιδιοκτησία. Η ιδιωτικοποίηση της BAA το 1987 (British Airports Authority) στην Μεγάλη Βρετανία, αποτέλεσε το έναντι για την έναρξη των αποκρατικοποιήσεων των αερολιμένων ανά τον κόσμο. Η πώληση αυτή αποτελούσε μέρος ενός ευρύτερου πακέτου μεταρρυθμίσεων που προέβλεπε την πώληση τηλεπικοινωνιών σιδηροδρομικών δικτύων και δικτύων ύδρευσης. Η κλιμάκωση των ιδιωτικοποιήσεων των αεροδρομίων σε παγκόσμιο επίπεδο έγινε για πολλούς λόγους. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι: Η συνειδητοποίηση πως τα αεροδρόμια αποτελούν μια βιομηχανία που μπορεί να αποφέρει κέρδος και να λειτουργεί χωρίς οικονομική βοήθεια κυρίως χάρη στα πολλά έσοδα των μη αεροπορικών εμπορικών δραστηριοτήτων του αερολιμένα. Επίσης το γεγονός ότι οι κυβερνήσεις αδυνατούσαν να υποστηρίξουν οικονομικά την συντήρηση και λειτουργία των πολυνδάπανων υποδομών τους (Neufville & Odoni, 2009).

2.2 Βασικά στοιχεία

Ο ορισμός της ιδιωτικοποίησης είναι η μεταβίβαση της ιδιοκτησίας μιας επιχείρησης από το κράτος σε έναν ιδιώτη. Το αντίθετο της διαδικασίας

αυτής λέγεται εθνικοποίηση. Παρά την απλότητα του ορισμού η ιδιωτικοποίηση ενός αεροδρομίου μπορεί να έχει πολλές μορφές. Βασικό χαρακτηριστικό των αεροδρομίων είναι η ταυτότητα του ιδιοκτήτη και του διαχειριστή (manager) μιας και πολύ συχνά ο ιδιώτης αναλαμβάνει την διαχείριση του αερολιμένα και όχι την ιδιοκτησία. Έτσι σύμφωνα με τον (Bonnefoy A. P., Role of privatization of airports in the evolution and development of multi-airport systems, 2007) μπορούμε να ορίσουμε τις εξής κατηγορίες :

- 1) Κρατική ιδιοκτησία και λειτουργία από τμήμα της κεντρικής κυβέρνησης
- 2) Κρατική ιδιοκτησία και λειτουργία από τοπική ή περιφερειακή αρχή
- 3) Κρατική ιδιοκτησία με διαχειριστή ιδιώτη
- 4) Η διαχειριστική αρχή είναι ανεξάρτητος οργανισμός με κρατική ιδιοκτησία.
- 5) Η προγενέστερη περίπτωση ιδιοκτησίας με ένα μικρό μερίδιο να ανήκει σε ιδιώτες
- 6) Να ανήκει σε ιδιώτη πλήρως ή κατά πλειοψηφία και να λειτουργεί ως ανεξάρτητη επιχείρηση.

2.3 Γενική αξιολόγηση των ιδιωτικοποιήσεων

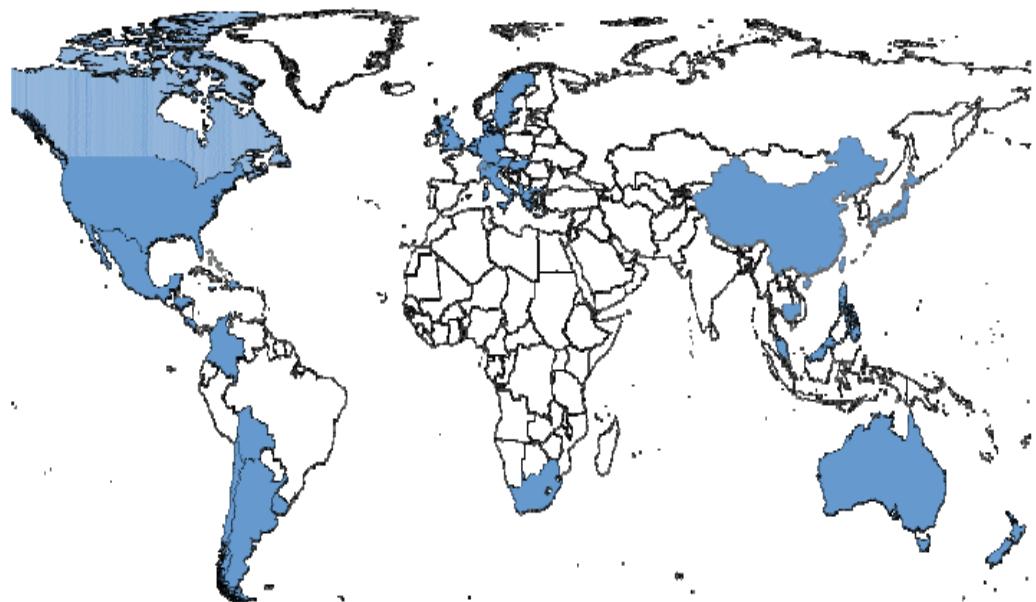
2.3.1 Θετικά και αρνητικά στοιχεία

Μια αποκρατικοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη συγκέντρωση κεφαλαίου για επενδύσεις στην υποδομή ενός αερολιμένα. Επίσης μπορεί να αποτελέσει μηχανισμό κερδοφορίας για τοπικές και κρατικές κυβερνήσεις λόγω της προσέλκυσης αυξημένου αριθμού

μετακινούμενων. Το βασικότερο όμως πλεονέκτημα των ιδιωτικοποιήσεων είναι η αύξηση της αποτελεσματικότητας της διοίκησης και επομένως της αποδοτικότητας των επενδύσεων και των υπηρεσιών του αερολιμένα.

Η οικονομική απελευθέρωση από την κρατική εποπτεία ενός αεροδρομίου μπορεί να έχει και βαρύτατες αρνητικές συνέπειες. Σοβαροί κίνδυνοι μπορούν να προκύψουν στην περίπτωση που ο ιδιώτης έχει αντικρουόμενους στόχους με την κοινωνία, δηλαδή να βρίσκεται ανάμεσα στο δημόσιο όφελος και στην κερδοφορία της επιχείρησής του. Τα παραπάνω μπορούν να οδηγήσουν στην εκμετάλλευση του αεροδρομίου ως φυσικό μονοπώλιο, σε αδιαφάνεια και έλλειψη νομιμότητας (Bonnefoy A. P., Role of privitization of airports in the evolution and development of multi-airport systems, 2007).

Παρά τα παραπάνω μειονεκτήματα, η τάση για απογαλακτισμό των αεροδρομίων από την κρατική μέριμνα έχει κυριαρχήσει τα τελευταία χρόνια. Κυρίως για το γεγονός ότι η πώλησή τους έφερε στις κυβερνήσεις πολλά έσοδα. Αφενός από τα χρήματα που έλαβαν από τον εκάστοτε πλειοδότη για την πώληση υφιστάμενων αερολιμένων και αφετέρου για το μικρό κόστος της κατασκευής νέων μιας και ο ιδιώτης επιβαρύνεται σε μεγαλύτερο βαθμό. Μέχρι το 2007 τουλάχιστον 39 χώρες είχαν ένα ή περισσότερα ιδιωτικά αεροδρόμια όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2-1: Με μπλε παρουσιάζονται οι χώρες που έχουν μεγάλα ιδιωτικά αεροδρόμια

2.3.2 Κέρδη

Τα κέρδη είναι η διαφορά μεταξύ εσόδων και κόστους. Το δικαίωμα επί των κερδών είναι ένα από τα βασικά οφέλη της ιδιοκτησίας. Στις ιδιωτικοποιήσεις, ενώ το κράτος διατηρεί τους τίτλους της γης, μπορεί να παραχωρήσει τη λειτουργία και το δικαίωμα στα κέρδη του αερολιμένα σε ιδιώτη για μεγάλα χρονικά διαστήματα (20-40 χρόνια). Επομένως, παρά τις ραγδαία αυξανόμενες ιδιωτικοποιήσεις οι ιδιώτες κατά πλειοψηφία αγοράζουν την διαχείριση και εκμετάλλευση του αερολιμένα και όχι τους τίτλους γης. Ενώ το σημείο ενδιαφέροντος ενός επενδυτή είναι η κερδοφορία πολλές φορές απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις προκειμένου να έχουν τη δυνατότητα ανταποδοτικότητας των κεφαλαίων τους. Άρα είναι απόλυτα λογικό τα μεγάλα αεροδρόμια να αποτελούν γενικά μία καλή και σταθερή επένδυση λόγω του ότι αποτελούν φυσικά μονοπώλια (Neufville & Odoni, 2009).

Στην Ευρώπη έχουν αναπτυχθεί πολλές τέτοιες συμπράξεις ιδιωτικοποιήσεις δημιουργώντας πρόσφορο έδαφος για την ανάδειξη εταιριών που διαχειρίζονται αεροδρόμια σε πολλές χώρες (π.χ. *Fraport*). Αντιθέτως, στις ΗΠΑ ιστορικοί λόγοι έχουν κάνει αδύνατη την πώληση των δικαιωμάτων εκμετάλλευσης των αερολιμένων. Οι φορείς που κατέχουν τους τίτλους ιδιοκτησίας δεν μπορούν να πουλήσουν τα δικαιώματα αυτά. Πολλές φορές στα μεγάλα εμπορικά αεροδρόμια ο πραγματικός ιδιοκτήτης είναι οι μεγάλες αεροπορικές εταιρίες, λόγω των πολυνάριθμων συμφωνιών που έχουν επισυνάψει με την τοπική αρχή, με αποτέλεσμα να αποκτούν κυριαρχηθέση στη λήψη αποφάσεων.

2.3.3 Έλεγχος διαχείρισης

Στα βασικά δικαιώματα της ιδιοκτησίας σημαντικό ρόλο έχει ο έλεγχος της διαχείρισης. Στα αεροδρόμια η διαχείριση συνίσταται στον έλεγχο της λειτουργίας και της ανάπτυξης του αεροδρομίου όπως τη μελέτη νέων εγκαταστάσεων, τον σχεδιασμό τους, την χρηματοδότηση και παραχωρήσεις. Επίσης, βασικά στοιχεία της λειτουργίας είναι η τιμολόγηση των υπηρεσιών του αεροδρομίου και η πρόσβαση στις υπηρεσίες του αεροδρομίου.

Οι ιδιώτες επενδυτές έχουν ως σκοπό να διατηρούν τον έλεγχο της διαχείριση, ώστε να μπορούν να έχουν την δυνατότητα να επιτύχουν το μέγιστο κέρδος. Ωστόσο στις ιδιωτικοποιήσεις των αεροδρομίων, ο ιδιώτης που αναλαμβάνει τη διαχείριση δεν έχει τον πλήρη έλεγχο σε δύο βασικά στοιχεία: στην ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων και στις τιμές.

Για την ανάπτυξη μεγάλων έργων τον πρώτο λόγο έχουν οι κυβερνήσεις οι οποίες συνήθως διατηρούν την κυριότητα της περιουσίας και μετά την ιδιωτικοποίηση. Έχει δηλαδή την δυνατότητα να εμποδίσει τον ιδιώτη επενδυτή να κατασκευάσει διαδρόμους και κτήρια που δεν επιθυμεί.

Βεβαίως μία κυβέρνηση δεν έχει την δυνατότητα να υποχρεώσει τον ιδιώτη διαχειριστή να κατασκευάσει εγκαταστάσεις που δεν επιθυμεί και δεν θα αποφέρουν οικονομικά οφέλη.

Τα κράτη επίσης έχουν τον έλεγχο της τιμολόγησης των υπηρεσιών ενός αερολιμένα, αφού τα μεγάλα εμπορικά αεροδρόμια αποτελούν φυσικά μονοπώλια. Δηλαδή απαγορεύεται στον ιδιώτη να αποσπά παράλογα έσοδα από τις αεροπορικές εταιρίες εκμεταλλευόμενος την θέση της επένδυσης (Neufville & Odoni, 2009).

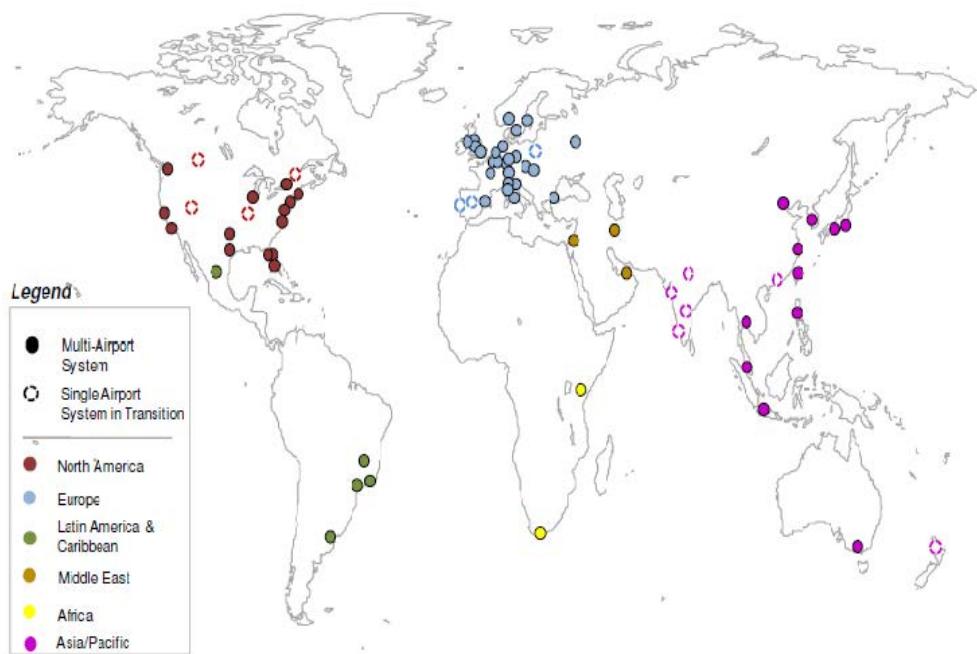
2.4 Συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων

Η ραγδαία διαχρονική αύξηση της επιβατικής κίνησης σε συνδυασμό με τις περιορισμένες δυνατότητες για επέκταση των μεγάλων εμπορικών αεροδρομίων έγειρε σημαντικές ανησυχίες. Πώς θα ικανοποιηθεί η ζήτηση στο μέλλον; Πως θα αυξηθεί η δυνατότητα εξυπηρέτησης σε μία μεγάλη μητροπολιτική περιοχή;

Αρχικά στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη το πρόβλημα αυτό ξεκίνησε να υφίσταται με τη μορφή της συμφόρησης στα μεγάλα αεροδρόμια. Επομένως η απάντηση στο πρόβλημα αυτό ήρθε με τη δημιουργία περισσότερων από ένα αεροδρομίων, γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη συστημάτων πολλαπλών αεροδρομίων (Bonnefoy, Neufville, ASCE, & Hansman, 2008).

Σήμερα όλες οι μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές με μεγάλη κίνηση διαθέτουν συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων. Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων πρέπει να υπάρχει μεγάλος όγκος κίνησης διαφορετικά, προκύπτουν οικονομικοί κίνδυνοι και εμποδίζεται η αποτελεσματική λειτουργία των αεροπορικών εταιριών (Neufville & Odoni, 2009). Σημαντικό στοιχείο ενός τέτοιου συστήματος είναι πως τα αεροδρόμια ανταγωνίζονται μεταξύ τους. Σε

περίπτωση που υπάρχει μεγάλο πρωτεύον αεροδρόμιο η πλειονότητα της κίνησης συγκεντρώνεται εκεί ενώ το δευτερεύον παρουσιάζει διακυμάνσεις. Πολύ σημαντικός παράγοντας στην επιτυχία ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι η σωστή κατανόηση της δυναμικής της αγοράς. Υπάρχουν 30 μεγάλα συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων παγκοσμίως με 80 αεροδρόμια και εξυπηρετούν πάνω από 1 δισεκατομμύριο επιβάτες, δηλαδή πάνω από τη μισή παγκόσμια κίνηση. Πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο κίνησης κάθε μητροπολιτική περιοχή διαθέτει σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων. Στο σύνολο τους υπολογίζονται ότι υπάρχουν πάνω από 62 τέτοια συστήματα σε 37 χώρες που περιλαμβάνουν 178 αεροδρόμια. Σύμφωνα με τους (Bonnefoy & Hansman, 2007) τα συστήματα αυτά και εκείνα που βρίσκονται σε μεταβατικό στάδιο φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:

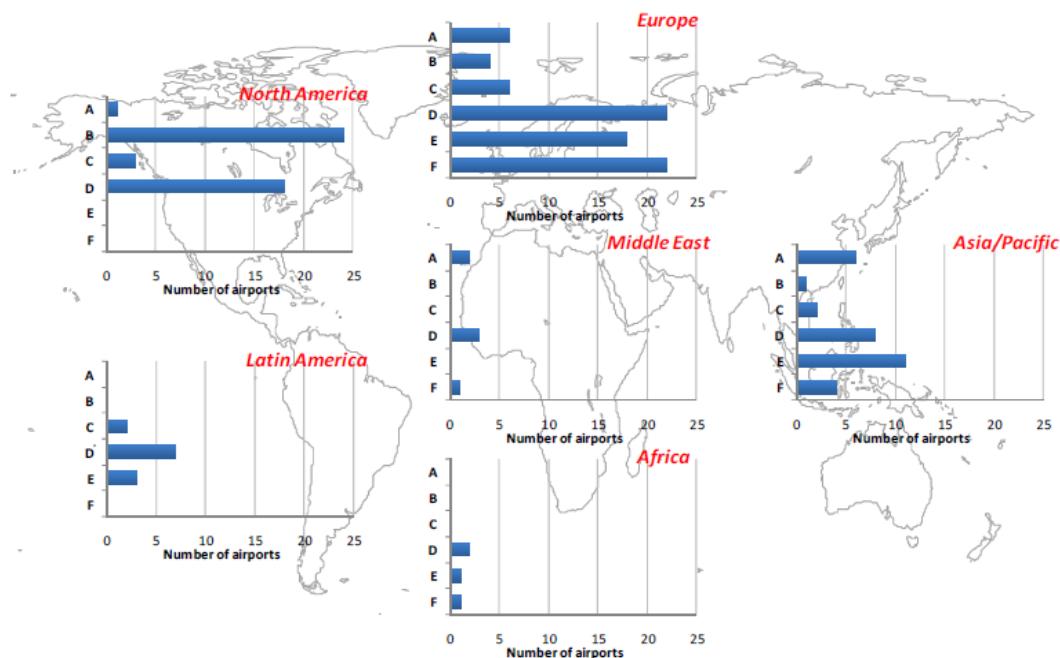


Εικόνα 2-2: Τα ήδη υπάρχοντα και υπό μετάβαση συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων

Παρατηρούμε πως σε σημαντικούς παγκόσμιους κόμβους με μεγάλη επιβατική κίνηση και στρατηγική σημασία έχουν αναπτυχθεί τέτοια συστήματα με πάνω από ένα αεροδρόμια. Εντυπωσιακή είναι η ανάπτυξή τους στην Ευρώπη όπου το περιβάλλον ευνοεί τις ιδιωτικοποιήσεις και φαίνεται πως ωφελεί και τα συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων.

2.5 Συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων και ιδιωτικοποιήσεις

Σύμφωνα με τις 6 κατηγορίες ιδιοκτησίας που παρουσιάστηκαν παραπάνω, ο (Bonnefoy A. P., Role of privitization of airports in the evolution and development of multi-airport systems, 2007) κατέταξε τα αεροδρόμια των συστημάτων πολλαπλών αεροδρομίων ανά ήπειρο:



Εικόνα 2-3: Το ιδιοκτησιακό καθεστώς των συστημάτων πολλαπλών αεροδρομίων ανά ήπειρο

Από το σχήμα βλέπουμε πως στην Ευρώπη είναι πολύ έντονο το φαινόμενο των ιδιωτικών και ανεξάρτητων διαχειριστικών αρχών, ενώ στις ΗΠΑ η ιδιοκτησία είναι κατά κύριο λόγο κρατική. Όμως όπως

εξηγήθηκε παραπάνω, το ειδικό καθεστώς των αεροδρομίων των ΗΠΑ τα καθιστά κάθε άλλο παρά δημόσια αγαθά.

Σημαντικό φαινόμενο είναι και αυτό της δημιουργίας δευτερευόντων αεροδρομίων για εταιρίες χαμηλού κόστους ή εταιρίες διακίνησης εμπορευμάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις κάθε αεροδρόμιο μέσα στο σύστημα εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο σκοπό. Βέβαια, πρόκειται για ιδιωτικά αεροδρόμια μιας και δημιουργήθηκαν για να εξυπηρετούν συγκεκριμένες αεροπορικές εταιρίες.

Εδώ αξίζει να τονιστεί πως υπάρχει μεγάλος κίνδυνος μια τέτοια επένδυση να ναυαγήσει μιας και πολύ συχνά οι εταιρίες χρεοκοπούν ή συγχωνεύονται με αποτέλεσμα ένα τέτοιο αεροδρόμιο να χάσει έως και το 80% της κίνησής του.

Κεφάλαιο 3

Θεωρία παιγνίων

3.1 Εισαγωγή

Η θεωρία των παιγνίων κυριάρχησε στις οικονομικές και στις κοινωνικές επιστήμες μετά το 1970, παρά το γεγονός ότι ξεκίνησε τον δέκατο ένατο αιώνα από τον (Cournot, Recherches sur les Principes Mathematiques de la Theorie des Richesses, 1838). Η μεγάλη διάδοσή της και η ενσωμάτωση της θεωρίας των παιγνίων στην οικονομία οφείλεται στο βιβλίο των (Neumann & Morgenstern, 1944) στο οποίο αναλύεται ο τρόπος παιχνιδιού ανάμεσα σε ορθολογικούς παίκτες. Η θεωρία παιγνίων μπορεί να οριστεί ως η μελέτη των μαθηματικών μοντέλων της σύγκρουσης και της συνεργασίας μεταξύ έξυπνων και ορθολογιστών ληπτών απόφασης (Myerson, 1991). Θα μπορούσε, επίσης, να ονομάζεται «ανάλυση των συγκρούσεων» ή «διαδραστική θεωρία αποφάσεων», το οποίο μπορεί να εκφράσει με μεγαλύτερη ακρίβεια την ουσία της θεωρίας. Παρόλα αυτά, η θεωρία παιγνίων είναι η πιο δημοφιλής και αποδεκτή ονομασία (Ho, 2013).

Το 1950 ο μαθηματικός *John Nash* έδωσε μία νέα διάσταση στη θεωρία παιγνίων, εισάγοντας την έννοια της ισορροπίας, γνωστή ως ισορροπία *Nash* (*Nash Equilibrium - NE*). Αμέσως μετά τη δημοσίευση του *Nash*, διάφορα μοντέλα βασισμένα στη θεωρία παιγνίων άρχισαν να χρησιμοποιούνται τόσο στις κοινωνικές επιστήμες (οικονομικά, μάνατζμεντ, επιχειρησιακή έρευνα, πολιτικές επιστήμες) όσο και στις θετικές επιστήμες (λογιστική, στατιστική, αλγορίθμικό προγραμματισμό) καθώς και στη βιολογία (εξελικτική βιολογία, οικολογία). Στις

οικονομικές επιστήμες η θεωρία των παιγνίων μελετά τις συγκρούσεις οικονομικών οργανισμών που παράγουν προϊόντα και τα διαθέτουν στην αγορά. Οι οικονομικές διαπραγματεύσεις, οι στρατηγικές επιλογές που κάνουν αυτοί οι οργανισμοί και τα κέρδη του κάθε παίκτη αποτελούν τα πιο βασικά σημεία στην εφαρμογή της θεωρίας των παιγνίων στο στρατηγικό μάνατζμεντ. Μια απλουστευτική υπόθεση του πως γεννήθηκε η ιδέα της θεωρίας των παιγνίων έγινε από τους (Hargreaves & Varoufakis, 1995): "Φαντάσου ότι παρατηρείς κάποιους ανθρώπους να παίζουν χαρτιά. Το παιχνίδι φαίνεται να έχει κάποια δομή και κανόνες και προσπαθείς να καταλάβεις τί συμβαίνει, ποιός κάνει τι και για ποιο λόγο. Από αυτή την οπτική μοιάζει λογικό να αναλύσεις το πρόβλημα σε επιμέρους μικρότερα.

Πρώτος σκοπός είναι να κατανοηθούν οι κανόνες του παιχνιδιού για να προσδιοριστούν οι επιτρεπόμενες ενέργειες, κατόπιν πρέπει να κατανοήσουμε πως διαλέγουν μία δράση από αυτές που επιτρέπονται. Αυτές είναι οι δύο υποθέσεις της θεωρίας των παιγνίων ώστε να οδηγήσουν στην τρίτη: πως διαλέγουν οι παίκτες μια ενέργεια. Η πρώτη ασχολείται με το τί δίνει κίνητρο στον παίχτη να διαλέξει μια στρατηγική και η άλλη βοηθάει στον προσδιορισμό του τί σκέφτεται κάθε φορά ο παίκτης να πράξει σε όλες τις συνθήκες. "Πιο συγκεκριμένα, για να περιγράψουμε ένα παίγνιο πρέπει να ορίσουμε τα βασικά του στοιχεία τα οποία είναι τα εξής: οι παίκτες (*players*), οι ενέργειες των παικτών (*actions*), οι ανταμοιβές των παικτών (*payoffs*) και η πληροφόρηση που έχουν οι παίκτες (*information*). Όλα αυτά είναι γνωστά ως *οι κανόνες των παιγνίου*. Αυτός που προσπαθεί να μοντελοποιήσει την εκάστοτε κατάσταση, έχει ως στόχο να την περιγράψει από την άποψη των κανόνων του παιγνίου, έτσι ώστε να εξηγήσει τι θα συμβεί σε αυτήν την κατάσταση. Προσπαθώντας να μεγιστοποιήσει τις ανταμοιβές των παικτών καταστρώνει σχέδια για

αυτούς, που είναι γνωστά ως στρατηγικές, με βάση τα οποία επιλέγονται (οι παίκτες) ενέργειες ανάλογα με την πληροφόρηση που έχουν σε κάθε στιγμή. Ο συνδυασμός των στρατηγικών που επιλέγεται από κάθε παίκτη είναι γνωστός ως ισορροπία. Δεδομένης μίας ισορροπίας, ο μοντελιστής μπορεί να δει ποιες ενέργειες προκύπτουν από τον συνδυασμό όλων των στρατηγικών των παικτών και έτσι έχει το αποτέλεσμα του παιγνίου (Rasmussen, 2001).

3.2 Ιστορική αναδρομή

Το παλαιότερο παράδειγμα μιας θεωρητικής ανάλυσης ενός κανονικού παιγνίου είναι η μελέτη ενός ολιγοπωλίου από τον *Antoine Cournot* το 1838. Ο μαθηματικός *Emile Borel* πρότεινε μια τυπική θεωρία παιγνίων το 1921, η οποία είχε προωθηθεί από τον μαθηματικό *John von Neumann* το 1928 σε μια «θεωρία των επιτραπέζιων παιγνίων». Η θεωρία παιγνίων ιδρύθηκε ως ένα πεδίο από μόνη της μετά τη δημοσίευση του βιβλίου «*Theory of Games and Economic Behavior*» το 1944 από τον *John von Neumann* και τον οικονομολόγο *Oskar Morgenstern*. Το βιβλίο αυτό παρέχει μεγάλο μέρος της βασικής ορολογίας της θεωρίας παιγνίων καθώς και το πρόβλημα εγκατάστασης το οποίο είναι ακόμα σε χρήση σήμερα (Turocy & Stengel, 2001).

Το 1950, ο *John Nash* απέδειξε ότι τα πεπερασμένα παίγνια έχουν πάντα ένα σημείο ισορροπίας στο οποίο όλοι οι παίκτες επιλέγονται ενέργειες οι οποίες είναι καλύτερες για αυτούς, με δεδομένες τις επιλογές των αντιπάλων τους. Αυτή η κεντρική ιδέα της θεωρίας παιγνίων μη-συνεργασίας υπήρξε από τότε ένα κομβικό σημείο της ανάλυσης (Turocy & Stengel, 2001). Στη δεκαετία του 1950 και 1960, η θεωρία παιγνίων διευρύνθηκε θεωρητικά και άρχισε να εφαρμόζεται σε προβλήματα του πολέμου καθώς και σε προβλήματα πολιτικής. Αυτό, οδήγησε σε μια

επανάσταση στην οικονομική θεωρία το 1970. Επιπλέον, βρήκε εφαρμογές στον τομέα της κοινωνιολογίας και της ψυχολογίας, και εγκατέστησε δεσμούς με την εξέλιξη και τη βιολογία. Η θεωρία παιγνίων έλαβε ιδιαίτερη προσοχή το 1994 με την απονομή του βραβείου Νόμπελ στα οικονομικά στους *Nash*, *John Harsanyi* και *Reinhard Selten* (Turocy & Stengel, 2001).

Πιο συγκεκριμένα, στη δεκαετία του 1970 η πληροφόρηση έγινε το επίκεντρο πολλών μοντέλων, καθώς οι οικονομολόγοι άρχισαν να δίνουν έμφαση σε άτομα τα οποία ενεργούσαν ορθολογικά αλλά με περιορισμένη πληροφόρηση. Όταν η προσοχή δόθηκε σε επιμέρους παράγοντες, ο χρόνος στον οποίο πραγματοποιούνταν οι ενέργειες άρχισε να ενσωματώνεται ρητά. Με αυτήν την προσθήκη, τα παίγνια είχαν αρκετά μη εμφανή αποτελέσματα και μία δομή η οποία τα καθιστούσε πιο ενδιαφέροντα (Rasmusen, 2001).

3.3 Βασικά χαρακτηριστικά ενός παιγνίου

Τα παρακάτω χαρακτηριστικά θεωρούνται τα βασικά στοιχεία ενός παιγνίου:

- Ένα σύνολο από Παίκτες (Players): Οι παίκτες είναι οι οντότητες οι οποίες λαμβάνουν τις αποφάσεις μέσα σε μία διαλογική διαδικασία λήψης αποφάσεων. Το σύνολο των παικτών συμβολίζεται με $N = \{1, 2, \dots, n\}$ και κάθε ένας παίκτης ξεχωριστά με $i \in N$. Οι παίκτες είναι πάντα περισσότεροι ή ίσοι από δύο ώστε να έχουμε "σύγκρουση"
- Σύνολο ενεργειών-στρατηγικές για κάθε παίκτη (Strategies): $\{S_i : S_i = X_{i=1}^n S_i\}$ είναι το σύνολο όλων των διανυσμάτων ενεργειών, όπου κάθε στοιχείο $s_i \in S_i$ ανήκει στο σύνολο των ενεργειών του παίκτη.

- Αποτελέσματα (*Outcomes*): Σε ένα παιχνίδι πρέπει να είναι σαφώς καθορισμένα τα αποτελέσματα των διαφόρων επιτρεπτών ενεργειών στην κατάσταση του παιχνιδιού. Αναλυτικότερα, κάθε διάνυσμα ενεργειών παράγει ένα καλά καθορισμένο αποτέλεσμα. Συνεπώς, σε κάθε παιχνίδι υπάρχει μία αντιστοίχηση από το χώρο των διανυσμάτων ενεργειών σε ένα χώρο αποτελεσμάτων.
- Συναρτήσεις Χρησιμότητας (*Utility Functions*): Για να μπορούν να περιγραφούν οι σχέσεις προτίμησης μεταξύ των αποτελεσμάτων που έχουν οι διάφορες ενέργειες, χρησιμοποιούνται οι συγκεκριμένες συναρτήσεις που απλοποιούν το πολύπλοκο πρόβλημα της διάταξης (όπως π.χ. η ζήτηση στην αγορά). Συγκεκριμένα, για κάθε παίκτη $i \in N$, μία συνάρτηση χρησιμότητας $u_i: S_i \rightarrow R$ περιγράφει τις προτιμήσεις πάνω στο αποτέλεσμα ενός προφίλ ενεργειών. Το σύνολο $u = (u_1, u_2, \dots, u_n): S \rightarrow R^n$ δηλώνει το διάνυσμα όλων των συναρτήσεων χρησιμότητας των παίκτων.

Το κέρδος του κάθε παίκτη εξαρτάται από το σύνολο των στρατηγικών που θα επιλεγούν από όλους τους παίκτες και όχι μόνο από τον ίδιο. Η συνάρτηση χρησιμότητας που επιλέγει ο κάθε παίκτης που περιγράφει το κέρδος $u_i = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ του παίκτη i για οποιοδήποτε συνδυασμό $u_i = (s_1, s_2, \dots, s_n) \in S$.

3.4 Τύποι παιγνίων

Τα περισσότερο πολύπλοκα παιγνία είναι συνθέσεις των παρακάτω βασικών τύπων. Επίσης είναι σημαντικό να γίνει αναφορά και στον όρο

του υποπαιγνίου. Το υποπαίγνιο είναι μέρος κάποιου παιγνίου από κάποια χρονική στιγμή και έπειτα, που είναι δυνατό να απομονωθεί και να μελετηθεί από μόνο του. Τα βασικότερα είδη παιγνίων είναι τα ακόλουθα (Καλαντζάκης, 2012) :

- **Συνεργατικά ή μη συνεργατικά**

Συνεργατικά (*cooperative*) ονομάζονται τα παιγνια στα οποία οι παίκτες είναι ικανοί να συνάψουν συμφωνία μεταξύ τους, την οποία ακολουθούν πιστά. Τα συνεργατικά παιγνια επικεντρώνονται στο παιγνιο ως σύνολο. Αντίθετα, στα μη συνεργατικά (*non-cooperative*) παιγνια κάθε παίκτης αποφασίζει και ενεργεί «εγωιστικά» με σκοπό τη μεγιστοποίηση του προσωπικού του οφέλους. Υπάρχουν και τα παιγνια που αποτελούνται από στοιχεία και των δύο προηγούμενων τύπων και ονομάζονται υβριδικά. Συχνά θεωρείται ότι στα συνεργατικά παιγνια επιτρέπεται η επικοινωνία μεταξύ των παικτών, ενώ στα μη συνεργατικά δεν επιτρέπεται.

- **Μηδενικού ή μη μηδενικού αθροίσματος**

Παιγνια μηδενικού αθροίσματος (*zero-sum*) ονομάζονται εκείνα στα οποία το συνολικό κέρδος όλων των παικτών για οποιοδήποτε συνδυασμό στρατηγικών είναι μηδέν. Το κέρδος του ενός παίκτη ισούται με τη ζημία του άλλου, συνεπώς το άθροισμα των αποτελεσμάτων είναι μηδενικό. Στα παιγνια μη μηδενικού αθροίσματος (*non-zero sum*) υπάρχουν συνδυασμοί στρατηγικών που δίνουν αποτελέσματα μεγαλύτερα ή μικρότερα του μηδενός και το κέρδος ενός παίκτη δεν ισούται απαραίτητα με τη ζημία του άλλου.

- *Διαδοχικά ή ταυτόχρονα (δυναμικά ή στατικά)*

Στην περίπτωση που οι παίκτες επιλέγουν τις στρατηγικές τους διαδοχικά, τα παίγνια χαρακτηρίζονται ως δυναμικά. Οι παίκτες στα δυναμικά παίγνια γνωρίζουν τις κινήσεις που έχουν προηγηθεί από τους αντιπάλους τους. Αντιθέτως, όταν οι παίκτες επιλέγουν τις στρατηγικές τους ταυτόχρονα, χωρίς να γνωρίζουν ποιά στρατηγική επιλέγουν οι άλλοι παίκτες την ίδια στιγμή, τα παίγνια χαρακτηρίζονται ως ταυτόχρονα.

- *Επαναλαμβανόμενα ή μη επαναλαμβανόμενα*

Επαναλαμβανόμενα (*repeated*) είναι τα παίγνια στα οποία οι ενέργειες των παικτών επαναλαμβάνονται σε διαδοχικές χρονικές περιόδους-στάδια. Τα επαναλαμβανόμενα παίγνια είναι δυναμικά παίγνια και ο αριθμός των επαναλήψεων μπορεί να είναι πεπερασμένος ή άπειρος. Κάθε παίκτης λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι μπορεί με τη συμπεριφορά του να επηρεάσει τη μελλοντική συμπεριφορά των άλλων παικτών, γνωρίζοντας ότι το παίγνιο θα επαναληφθεί στο μέλλον με τον ίδιο τρόπο αρκετές φορές.

- *Ατελής ή τέλεια πληροφόρηση*

Στα παίγνια τέλειας πληροφόρησης, κάθε παίκτης γνωρίζει τις προηγούμενες κινήσεις όλων των υπολοίπων παικτών μέχρι το χρονικό σημείο στο οποίο βρίσκεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου παιγνίου είναι το σκάκι. Συνήθως, όμως, τα παίγνια που μελετούνται είναι ατελούς πληροφόρησης, που σημαίνει ότι κάθε παίκτης, που πρέπει

να λάβει μια απόφαση, δε γνωρίζει τι έχει συμβεί προηγουμένως στο παιχνίδι κι έτσι η απόφαση του είναι ανεξάρτητη από το παρελθόν των κινήσεων των υπολοίπων παικτών.

- *Πεπερασμένα ή μη πεπερασμένα*

Τα πεπερασμένα παιγνια είναι εκείνα στα οποία υπάρχει συγκεκριμένος αριθμός παικτών, στρατηγικών και αποτελεσμάτων. Στα μη πεπερασμένα παιγνια οι παίκτες επιλέγουν τις στρατηγικές τους από ένα συνεχές σύνολο στρατηγικών.

- *Συμμετρικά ή ασύμμετρα παιγνια*

Αν σε ένα παιγνιο είναι εφικτή η εναλλαγή των παικτών χωρίς να αλλάξουν τα αποτελέσματα, τότε το παιγνιο ονομάζεται συμμετρικό. Δηλαδή είναι το παιγνιο στο οποίο τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης στρατηγικής εξαρτώνται μόνο από τις στρατηγικές που εφαρμόζονται και όχι από το ποιος παίκτης τις ακολουθεί.

- *Παιγνια συντονισμού ή ανταγωνισμού*

Στα παιγνια συντονισμού υπάρχουν περισσότερα του ενός σημεία ισορροπίας, τα οποία προκύπτουν όταν οι παίκτες επιλέγουν να ακολουθήσουν ίδιες ή ανάλογες στρατηγικές. Από την άλλη πλευρά, στα

παίγνια ανταγωνισμού οι παίκτες αποκτούν βέλτιστη ωφέλεια στην περίπτωση που επιλέγουν αντίθετες στρατηγικές μεταξύ τους.

- *Παιγνια στρατηγικής ή εκτεταμένης μορφής*

Τα παιγνια αυτά διαχωρίζονται από τον τρόπο αναπαράστασής τους. Ένα παιγνιο εκτεταμένης μορφής διέπεται από κανόνες που μπορούν να περιγραφούν από ένα δέντρο (*game tree*). Όπως έχουμε αναφέρει, σε αυτή την αναπαράσταση απεικονίζονται οι κινήσεις των παικτών και οι αμοιβές ή οι απώλειές τους στο τέλος του παιγνίου. Το παιγνιο στρατηγικής ή κανονικής μορφής θεωρεί δεδομένη την κατανόηση όλων των δυνατών στρατηγικών του κάθε παίκτη, γι' αυτό και αναπαρίστανται με τη βοήθεια πινάκων:

- *Παιγνια αμιγών ή μικτών στρατηγικών*

Σε ένα παιγνιο αμιγών στρατηγικών, κάθε στρατηγική υπαγορεύει μία συγκεκριμένη κίνηση που πρόκειται να κάνει ο παίκτης, ανεξάρτητα από άλλες παραμέτρους του παιγνίου. Ένας παίκτης θα επέλεγε να χρησιμοποιήσει μία μικτή στρατηγική μόνο αν είχε να επιλέξει μεταξύ διαφορετικών αμιγών στρατηγικών ή στη περίπτωση που δεν θα ήθελε να φανερώσει την ακριβή του κίνηση στον αντίπαλο παίκτη. Στα παιγνια μικτών στρατηγικών, κάθε στρατηγική αποτελείται από πιθανές κινήσεις. Στα συγκεκριμένα παιγνια υπάρχει μία κατανομή πιθανότητας που αντιστοιχεί στο πόσο συχνά πρόκειται να πραγματοποιηθεί μία κίνηση.

- *Παιγνια διαπραγμάτευσης*

Παιγνια διαπραγμάτευσης ονομάζονται τα παιγνια που διαμορφώνονται μεταξύ παικτών, οι οποίοι επιδιώκουν να έρθουν σε

συμφωνία μεταξύ τους. Σε αυτά τα παιγνια κυριαρχούν οι διαπραγματεύσεις για τη καλύτερη δυνατή λύση προς το συμφέρον όλων των παικτών. Τα παιγνια διαπραγμάτευσης έχουν πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα (π.χ. σε αγοραπωλησίες).

3.5 Στρατηγικές

Σε ένα παιγνιο μεταξύ παικτών, υπάρχει η δυνατότητα να επιλέξει ο καθένας την κίνησή του στο παιχνίδι, αυτή η κίνηση λέγεται στρατηγική που διαλέγει ο παίκτης i και συμβολίζεται με S_i . Αναγνωρίζουμε την περίπτωση του παίκτη να παίξει καθαρά, δηλαδή με βάση τη γνώση του για το παιχνίδι να διαλέξει την βέλτιστη κίνηση ή πιθανοτικά με ένα συνδυασμό στρατηγικών που θα οδηγήσουν στο βέλτιστο αποτέλεσμα.

3.5.1 Κυρίαρχη & κυριαρχούμενη στρατηγική

Κυρίαρχη είναι μία στρατηγική που αποφέρει στον παίκτη καλύτερα αποτελέσματα από οποιαδήποτε άλλη, ανεξάρτητα από τις αποφάσεις των αντιπάλων του. Μπορεί να είναι αυστηρά κυρίαρχη ή ασθενώς κυρίαρχη (Καλαντζάκης, 2012). Στη διπλωματική του εργασία ορίζει τις δύο περιπτώσεις κυριαρχίας ως:

- Αυστηρά κυρίαρχη είναι η στρατηγική που εξασφαλίζει υψηλότερες αποδόσεις σε έναν παίκτη σε σχέση με τις υπόλοιπες του συνόλου στρατηγικών του, ανεξάρτητα από τις πιθανές στρατηγικές τού αντιπάλου του.
- Ασθενώς κυρίαρχη είναι η στρατηγική που εξασφαλίζει σε έναν παίκτη, για κάθε επιλογή του αντιπάλου του, καλύτερο αποτέλεσμα σε σχέση με τις υπόλοιπες του συνόλου στρατηγικών του. Εξασφαλίζει,

επίσης, για τις υπόλοιπες επιλογές τουλάχιστον εξίσου καλό αποτέλεσμα με αυτό όλων των υπολοίπων στρατηγικών του συνόλου.

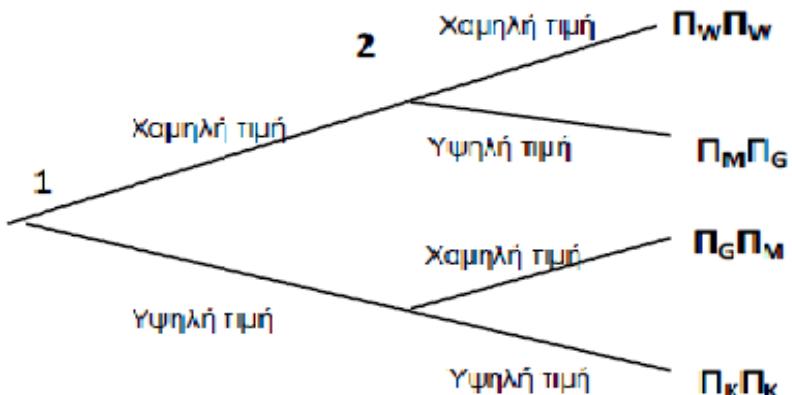
- Κυριαρχούμενη στρατηγική, αυστηρά ή ασθενώς, είναι μία στρατηγική όταν υπάρχει κάποια άλλη η οποία είναι αυστηρά ή ασθενώς αντίστοιχα, κυρίαρχη αυτής. Μία αυστηρά κυριαρχούμενη στρατηγική εντοπίζεται, όταν υπάρχει μία άλλη στρατηγική που δίνει καλύτερα αποτελέσματα για κάθε κίνηση του παίκτη που εξετάζεται, ανεξάρτητα από τις επιλογές των άλλων παικτών, δηλαδή να είναι αυστηρά κυρίαρχη αυτής (Βαρουφάκης, 2007).

3.6 Μορφές παρουσίασης παιγνίων

Ως μορφή εννοούμε τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να παρουσιάσουμε το παιγνιό. Η μορφή του διακρίνεται στην κανονική και την ανεπτυγμένη ανάλογα με το αν θα είναι πίνακας ή δέντρο αποφάσεων αντιστοίχως. Στον πίνακα ή αλλιώς μήτρα αποτελεσμάτων ή ανταμοιβών (*payoff matrix*), δίνονται οι στρατηγικές που μπορεί να επιλέξει ο κάθε παίκτης και οι ανταμοιβές που θα αποκομίσουν για κάθε πιθανό συνδυασμό στρατηγικών. Εδώ θα παρουσιάσουμε απλό παιγνιό υψηλής-χαμηλής τιμής και με τους δύο διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης:

	2	Χαμηλή τιμή	Υψηλή Τιμή
1		Π_W	Π_G
	Χαμηλή τιμή	Π_W	Π_M
	Υψηλή τιμή	Π_M	Π_K
		Π_G	Π_K

Πίνακας 3-1: Ο πίνακας πληρωμών στο παίγνιο υψηλή-χαμηλή τιμή



Εικόνα 3-4: Το παίγνιο υψηλή-χαμηλή τιμή υπό τη μορφή δέντρου

Ένας γενικός πίνακας πληρωμών δύο παικτών που παρουσιάζεται αναπαριστά τα αποτελέσματα για κάθε πιθανό συνδυασμό στρατηγικών. Όταν ο παίκτης A κερδίζει α_{ij} έχοντας επιλέξει την στρατηγική i έναντι της j του παίκτη B, ο δεύτερος κερδίζει β_{ij} . Επίσης ο παίκτης 1 διαθέτει m στρατηγικές ενώ ο 2 διαθέτει n.

		Παίκτης Β			
		Στρατηγικές	1	2	....	n
Παίκτης Α	1	$(\alpha_{11}, \beta_{11})$	$(\alpha_{12}, \beta_{12})$	....	$(\alpha_{1n}, \beta_{1n})$
	2	$(\alpha_{21}, \beta_{21})$	$(\alpha_{22}, \beta_{22})$	....	$(\alpha_{2n}, \beta_{2n})$

	m	$(\alpha_{m1}, \beta_{m1})$	$(\alpha_{m2}, \beta_{m2})$	....	$(\alpha_{mn}, \beta_{mn})$

Πίνακας 3-2: Πίνακας πληρωμών παιγνίου δύο παικτών

Είναι σημαντικό το γεγονός ότι οι παίκτες γνωρίζουν τον πίνακα και τα αποτελέσματα κάθε στρατηγικής επομένως διαλέγουν την καλύτερη δυνατή, θεωρούνται δηλαδή ορθολογιστές.

3.7 Παίγνια μηδενικού και μη-μηδενικού αθροίσματος

3.7.1 Παίγνια μηδενικού αθροίσματος

Σε παίγνια μηδενικού αθροίσματος, το κέρδος του ενός θεωρείται ζημία του άλλου. Δηλαδή ο πίνακας απολαβών έχει την εξής μορφή:

		Παίκτης Β			
Στρατηγικές		1	2	....	n
Παίκτης Α	1	$(\alpha_{11}, -\beta_{11})$	$(\alpha_{12}, -\beta_{12})$	....	$(\alpha_{1n}, -\beta_{1n})$
	2	$(\alpha_{21}, -\beta_{21})$	$(\alpha_{22}, -\beta_{22})$	....	$(\alpha_{2n}, -\beta_{2n})$

	m	$(\alpha_{m1}, -\beta_{m1})$	$(\alpha_{m2}, -\beta_{m2})$	....	$(\alpha_{mn}, -\beta_{mn})$

Πίνακας 3-3: Πίνακας πληρωμών παιγνίου μηδενικού αθροίσματος

3.7.1.1 Παραδείγματα παιγνίων μηδενικού αθροίσματος

"Κορόνα-Γράμματα"

Ένα από τα κλασσικά παιγνια είναι το στρίψιμο του νομίσματος που αποτελείται από δύο παίκτες που διαθέτουν από ένα νόμισμα έκαστος και δείχνουν το αποτέλεσμα ταυτόχρονα σε κάθε επανάληψη. Εάν τα δύο νομίσματα δείξουν το ίδιο αποτέλεσμα ο παίκτης Α παίρνει τα νομίσματα ενώ αν δείξουν διαφορετικό τα παίρνει ο παίκτης Β. Το παιγνιο παρουσιάζεται με τη μορφή πίνακα παρακάτω:

	B		
A		Κορόνα	Γράμματα
Κορόνα	1		-1
Γράμματα	-1		1

Πίνακας 3-4: Πίνακας πληρωμών παιγνίου "κορόνα-γράμματα"

Το παιγνιο είναι δίκαιο εφόσον δεν υπάρχει κυρίαρχη ή βέλτιστη στρατηγική και οι πιθανότητες είναι 50%. Σε βάθος επαναλήψεων όμως εάν παιχτεί πολλές φορές κεφαλή ή γράμματα ο παίκτης B έχει περισσότερες πιθανότητες παίζοντας το αντίθετο. Η λύση με μικτή στρατηγική δίνεται ως $(1/2, 1/2)$ δηλαδή ο καθένας να παίζει τις μισές φορές κορόνα και τις μισές γράμματα.

"Πέτρα-ψαλίδι-χαρτί"

Το παιγνιο έχει τις εξής στρατηγικές: Να σχηματίσει το χέρι το σχήμα της πέτρας, του ψαλιδιού ή του χαρτιού. αποτελείται από δύο παίκτες που παρουσιάζουν την επιλεγμένη τους κίνηση ταυτόχρονα και χωρίς να γνωρίζει ο ένας την επιλογή του άλλου πριν από εκείνη την στιγμή. Η πέτρα νικάει το ψαλίδι, το χαρτί νικάει την πέτρα και το ψαλίδι το χαρτί.
Οπότε ο πίνακας πληρωμών:

Στρατηγικές		Παικτης Β		
		Πέτρα	Ψαλίδι	Χαρτί
Παικτης Α	Πέτρα	0	5	-5
	Ψαλίδι	-5	0	5
	Χαρτί	5	-5	0

Πίνακας 3-5: Πίνακας πληρωμών παιγνίου "πέτρα-ψαλίδι-χαρτί"

Το παιγνιό είναι σταθερού αθροίσματος καθώς το κέρδος του ενός είναι η ζημιά του άλλου, πλην της περίπτωσης της ισοπαλίας όπου κανείς δεν κερδίζει ή χάνει. Το άθροισμα επομένως θα είναι πάντα μηδέν.

3.7.2 Παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος

Σε αυτή την κατηγορία δεν υπάρχει μία αποδεκτή λύση ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του παιγνίου. Μια ειδική υποκατηγορία αποτελούν τα παίγνια σταθερού αλλά μη μηδενικού αθροίσματος στα οποία για οποιοδήποτε συνδυασμό στρατηγικών το άθροισμα είναι c, δηλαδή ένας ακέραιος αριθμός διάφορος του μηδενός. Όταν η τιμή είναι θετική τότε μοιράζονται κάποια ανταμοιβή ενώ όταν είναι αρνητική κάποια ζημία (Muzenitova, 2008).

3.8 Λύσεις ισορροπίας

Λύσεις ισορροπίας ενός παιγνίου ονομάζουμε την κατάσταση στην οποία όλοι οι παίκτες έχουν επιλέξει μια κυρίαρχη ή μεικτή στρατηγική και δεν έχουν κανένα κίνητρο να αποκλίνουν από αυτή.

3.8.1 Ισορροπία σε αυστηρά κυρίαρχες στρατηγικές

Σχετικά με την ισορροπία σε μια κυρίαρχη στρατηγική ο (Rasmusen, 2001) αναφέρει: "*H ισορροπία κυρίαρχης στρατηγικής, τώρα, είναι ένας συνδυασμός στρατηγικής που αποτελείται από την κυρίαρχη στρατηγική του κάθε παίκτη. Η κυρίαρχη στρατηγική ενός παίκτη είναι η αυστηρά καλύτερη απάντησή του, ακόμη και όταν οι άλλοι παίκτες επιλέξουν παράλογες ενέργειες.*"

Δηλαδή, για κάθε παίκτη ι υπάρχει στρατηγική για την οποία δεν έχουν κανένα κίνητρο να αποκλίνουν από αυτήν:

$$u_i(y_i, x_{-i}) \geq u_i(z_i, x_{-i})$$

Τα περισσότερα παίγνια δεν έχουν κυρίαρχες στρατηγικές και οι παίκτες πρέπει να προσπαθήσουν να καταλάβουν τις ενέργειες των άλλων παικτών προκειμένου να επιλέξουν τη δική τους.

Προφανώς ένας ορθολογικός παίκτης δεν πρόκειται να επιλέξει ποτέ μια αυστηρά κυριαρχούμενη στρατηγική ως κίνηση, επομένως μπορεί να απαλειφτεί και το παίγνιο να απλουστευτεί μέχρι να καταλήξει σε ισορροπία.

3.9 Ισορροπία Nash (Nash equilibrium)

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε την βασικότερη μέθοδο λύση παιγνίων μη μηδενικού αθροίσματος που δημιουργήθηκε από τον *John Forbes Nash Jr.* το 1951.

3.9.1 Αγνή ισορροπία Nash

Ως λύση αγνής ισορροπίας ονομάζουμε τη λύση που επιλέγει ο κάθε παίκτης ώστε να μεγιστοποιήσει το δικό του κέρδος. Κανένας παίκτης δηλαδή δεν έχει συμφέρον να αποκλίνει μονομερώς από την στρατηγική που έχει επιλέξει και ισχύει ταυτόχρονα για όλους τους παίκτες (Κοψιδά, 2012).

Ένα διάνυσμα αγνών στρατηγικών $s \in S$ ονομάζεται καθαρό σημείο ισορροπίας Nash (*pure Nash equilibrium*) αν για όλους τους παίκτες i και για κάθε εναλλακτική στρατηγική $s_i \in S^i$, έχουμε ότι:

$$u_i(s_i, s_{-i}) \geq u_i(s'_i, s_{-i})$$

Δηλαδή, κανένας παίκτης δεν μπορεί να αλλάξει στρατηγική να επιλέξει την s_i αντί για την αρχική s_i και να βελτιώσει το κέρδος του, υποθέτοντας ότι οι υπόλοιποι παίκτες παραμένουν στη στρατηγική s . Επιπλέον, αν η λύση είναι αυστηρά κυρίαρχη (*strictly dominating*), δηλαδή αν αλλάζοντας την βελτιώνεται πάντα το αποτέλεσμα, αποτελεί το μοναδικό καθαρό σημείο ισορροπίας κατά Nash του παιγνίου. Παρόλα αυτά τα σημεία ισορροπίας μπορεί να μην είναι μοναδικά για το παιγνίο. Γνωρίζουμε από πριν ότι το σημείο ισορροπίας Nash μπορεί να μην είναι βέλτιστο από πλευράς κέρδους, και μάλιστα σε παίγνια με περισσότερα από ένα σημεία ισορροπίας μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα κέρδη των παικτών ανάμεσα στα σημεία αυτά (Κοψιδά, 2012).

3.9.2 Μικτή ισορροπία Nash

Στους παραπάνω ορισμούς θεωρήθηκε ότι οι παίκτες επιλέγουν μόνο μία στρατηγική για να παίζουν και γι' αυτό τα ονομάσαμε αγνά σημεία ισορροπίας. Όταν οι παίκτες παίζουν μεικτές στρατηγικές έχουν σαν γνώμονα το αναμενόμενο κέρδος. Η επίτευξη του κέρδους αυτού γίνεται με ένα συνδυασμό στρατηγικών, δηλαδή με την εκτέλεση μιας αλληλουχίας ενεργειών.

Για ένα παίγνιο n παικτών το διάνυσμα στρατηγικών $x = (x_1, \dots, x_n) \in X$ είναι ένα μεικτό σημείο ισορροπίας κατά Nash, αν για κάθε παίκτη i τα x_i είναι βέλτιστη απόκριση στο x_{-i} (Κοψιδά, 2012).

3.10 Βελτιστοποίηση κατά Pareto

Ο *Vilfredo Pareto* ήταν διάσημος ιταλός οικονομολόγος που εξέλιξε την θεωρία των παιγνίων στον τομέα των ατομικών επιλογών. Ένα σημείο είναι κατά Pareto βέλτιστο, αν κανείς παίκτης δεν μπορεί να αυξήσει τη χρησιμότητά του χωρίς να ελαττώσει το κέρδος κάποιου άλλου παίκτη. Το κατά Pareto κριτήριο δηλώνει μια μεταβολή στην κίνηση ενός παίκτη, που βελτιώνει τη θέση του χωρίς να ζημιώσει κάποιον άλλον παίκτη (Καλαντζάκης, 2012).

Στην ουσία σε κάθε παίγνιο μη μηδενικού αθροίσματος το εκάστοτε ζεύγος τιμών (α, β) θεωρείται βέλτιστο του $(\acute{\alpha}, \acute{\beta})$ αν ισχύει μία από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\alpha > \acute{\alpha} \text{ και } \text{ταυτοχρόνως } \beta \geq \acute{\beta} \text{ ή } \beta > \acute{\beta} \text{ και } \alpha \geq \acute{\alpha}$$

3.11 Τέλεια ισορροπία κατά Bayes

Παίγνιο Bayes είναι εκείνο στο οποίο οι παίκτες δεν έχουν πλήρη πληροφόρηση για τους αντιπάλους και τα χαρακτηριστικά τους. Συνεπώς, εισάγεται η τύχη ως παράγοντας του παιγνίου με μορφή πιθανότητας ή συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας και αποδίδεται ως μια μεταβλητή σε κάθε παίκτη (Καλαντζάκης, 2012).

3.12 Κριτήρια λήψης αποφάσεων *Minimax & Maxmin*

Στη Θεωρία Παιγνίων, ο όρος *minimax* εισήχθη από τον *John von Neumann* και αποτελεί κανόνα λήψης αποφάσεων που ελαχιστοποιεί την πιθανή ζημία κάθε παίκτη ή, εναλλακτικά, μεγιστοποιεί το ελάχιστο κέρδος, με τον όρο *maximin*. Αρχικά μορφοποιήθηκε για παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος δύο παικτών είτε αυτοί παίζουν ταυτόχρονα ή διαδοχικά και στη συνέχεια επεκτάθηκε σε πολυπλοκότερα παίγνια και πλέον υφίσταται και σαν γενικός κανόνας λήψης απόφασης όταν υπάρχει αβεβαιότητα.

Το *minimax* χρησιμοποιείται στα παίγνια μηδενικού αθροίσματος για να υποδηλώσει την ελαχιστοποίηση του μεγίστου κέρδους του αντιπάλου που στα συγκεκριμένα παίγνια είναι ταυτόσημη με τη μεγιστοποίηση του ελάχιστου κέρδους. Στα παίγνια μηδενικού αθροίσματος η λύση *minimax* είναι η ίδια με την ισορροπία Nash.

Συχνά βέβαια, το *maximin* χρησιμοποιείται διαφορετικά στην Θεωρία Παιγνίων από το *minimax*. Το *maximin* αναφέρεται συχνά σε παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος για να περιγράψει τη στρατηγική που μεγιστοποιεί την ελάχιστη ωφέλεια κάθε παίκτη. Στα παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος, αυτό γενικά δεν είναι το ίδιο με την ελαχιστοποίηση του μεγίστου κέρδους του αντιπάλου, ούτε το ίδιο με την Nash ισορροπία (Καλαντζάκης, 2012).

3.13 Παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τρία διάσημα παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος με ενδιαφέρουσες λύσεις, τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα στην βιβλιογραφία της θεωρίας των παιγνίων.

Δίλημμα του φυλακισμένου (Prisoners Dilemma)

Δύο πολίτες συνελήφθησαν από την αστυνομία για μια ληστεία και τοποθετήθηκαν σε ξεχωριστά κελιά. Και οι δύο έχουν την επιλογή να ομολογήσουν ή όχι για το έγκλημα. Ο εισαγγελέας τους εξηγεί ξεχωριστά τί είναι πιο πιθανό να συμβεί και τους κάνει μια προσφορά μειωμένης ποινής αν ομολογήσουν. Ο πίνακας πληρωμών περιλαμβάνει τα χρόνια φυλακής που θα επωμιστεί ο κάθε κρατούμενος.

Παίκτες	B	
A	Δεν ομολογεί	Ομολογεί
Δεν ομολογεί	(1,1)	(5,0)
Ομολογεί	(0,5)	(3,3)

Πίνακας 3-6: Πίνακας ανταμοιβών prisoners dilemma Πηγή: (Hargreaves & Varoufakis, 1995)

Η λογική του παιγνίου αυτών των αρνητικών απολαβών είναι πως αν ομολογήσουν και οι δύο θα εκτίσουν 3 χρόνια στην φυλακή έκαστος, μιας και θα είναι και οι δύο σίγουρα ένοχοι. Εάν όμως ομολογήσει μόνο ο ένας ο εισαγγελέας μπορεί να μιλήσει υπέρ του στο δικαστή και να αφεθεί ελεύθερος έχοντας βοηθήσει τον κατήγορο να στηρίξει την υπόθεση του. Ο άλλος κρατούμενος θα εκτίσει την μέγιστη ποινή των 5 ετών κάθειρξης για να τιμωρηθεί παραδειγματικά επειδή σπατάλησε το χρόνο του δικαστηρίου. Εάν δεν ομολογήσει κανένας από τους δύο η πιθανότητα καταδίκης υπάρχει όμως λόγω του γεγονότος ότι δεν υπάρχει

ομολογία θα αναγκάσει το δικαστή να αποφανθεί με επιείκεια και να καταδικάσει σε 1 χρόνο φυλάκισης και τους δύο. Το παράδοξο του προβλήματος είναι πως η λύση ισορροπίας είναι η ομολογία για κάθε παίκτη με αποτέλεσμα 3 χρόνια φυλάκισης για τον καθένα. Η ομολογία αποτελεί δηλαδή την κυρίαρχη στρατηγική μιας και μονομερώς συμφέρει τον κάθε παίκτη να αποκλίνει από το να μην ομολογήσει. Όμως και οι δύο θα ήταν κερδισμένοι αν δεν ομολογούσαν.

Chicken Game

Το γνωστό Chicken Game έχει αρκετές ομοιότητες με το Prisoners Dilemma που εξηγήσαμε παραπάνω. Ο κάθε παίκτης πρέπει να αποφεύγει την υποταγή στον άλλο, αλλά το αποτέλεσμα της περίπτωσης που κανένας από τους δύο δεν υποχωρεί είναι πολύ χειρότερο από τα άλλα. Η κλασική εκδοχή του παιγνίου περιλαμβάνει δύο οδηγούς που κινούνται σε μία λωρίδα με αντίθετες κατευθύνσεις. Εάν ένας από τους δύο υποχωρήσει ("chicken") ο δεύτερος θα προχωρήσει στη λωρίδα ως νικητής ("game"). Το κόστος υπεροχής είναι μικρό δίνοντας μια αίσθηση υπεροχής σε αυτόν που δεν υποχώρησε και μία ήττας σε αυτόν που άλλαξε λωρίδα. Όταν όμως δεν υποχωρήσει κανένας η θανατηφόρα σύγκρουση θα επιφέρει τεράστια ζημία και στους δύο.

Παίκτες A	B	Υποχώρηση	Επίθεση
Υποχώρηση	(0,0)	(-1,1)	
Επίθεση	(1,-1)	(-10,-10)	

Πίνακας 3-7:Πίνακας ανταμοιβών chicken game Πηγή: (Muzenitova, 2008)

Τα σημεία ισορροπίας Nash είναι δύο για το παίγνιο αμιγούς στρατηγικής η επίθεση-υποχώρηση και το αντίστροφο. Όπως εξηγήσαμε αμιγής στρατηγικής παίγνιο θεωρείται διότι η στρατηγική επίθεση θεωρείται η βέλτιστη επιλογή μόνο όταν ο άλλος επιλέξει να υποχωρήσει.

Μία από τις πιο διάσημες εφαρμογές πάνω στο παίγνιο αυτό είναι η "κρίση της Κούβας" (Cuba missile crisis) όπου η έκβαση του παιγνίου αποτελεί ισορροπία Nash, με την Ε.Σ.Σ.Δ να υποχωρεί το 1962 έναντι των ΗΠΑ. Η υποχώρηση έγινε εξαιτίας των τεράστιων αρνητικών συνεπειών και για τις δύο χώρες εάν δεν υποχωρούσε καμία αφού επεφύλασσε μία ενδεχόμενη πυρηνική καταστροφή (Muzenitova, 2008).

Η μάχη των φύλων (Bach or Stravinsky Game)

Ένας άντρα και μία γυναίκα αποφασίζουν να περάσουν την ημέρα μαζί. Οι επιλογές είναι δύο: ή θα πάνε σε εστιατόριο ή θα παρακολουθήσουν έναν ποδοσφαιρικό αγώνα. Σε αυτή την περίπτωση και οι δύο γνωρίζουν ότι θα έχουν ευνοϊκότερες απολαβές μόνο αν συνεργαστούν. Ως αναμενόμενο η γυναίκα προτιμάει όμως να πάει στο εστιατόριο ενώ ο άντρας να δει τον αγώνα, επομένως ο βαθμός προτίμησης μετράται με 5 ανάλογα με το ποιος θα ικανοποιήσει την επιθυμία του ενώ ο άλλος λαμβάνει ανταμοιβή 1. Τέλος κανείς δεν θα προτιμήσει να περάσει το βράδυ μόνος του με βαθμό προτίμησης 0.

Γυναίκα	Εστιατόριο	Αγώνας
Άνδρας		
Εστιατόριο	(0,0)	(-1,1)
Αγώνας	(1,-1)	(-10,-10)

Πίνακας 3-8: Πίνακας ανταμοιβών Bach or Stravinsky Πηγή: (Muzenitova, 2008)

Τα σημεία ισορροπίας Nash στο παιγνιό είναι τα *Εστιατόριο-Εστιατόριο* και *Αγώνας-Αγώνας*, χωρίς όμως να είναι ισοδύναμα. Πρακτικά μεταφράζεται πως προτιμούν να περάσουν χρόνο μαζί αλλά δεν θα είναι και οι δύο ταυτόχρονα ικανοποιημένοι.

3.14 Η θεωρία των παιγνίων στα ολιγοπώλια

Τα τελευταία 50 χρόνια η θεωρία των παιγνίων δεν αποτελεί μόνο μία μαθηματική έννοια με θεωρητικές εφαρμογές, αλλά αντικείμενο ανάλυσης αλληλεπιδράσεων και συγκρούσεων στην οικονομία. Το Ολιγοπώλιο που αποτελεί μια διάρθρωση της αγοράς έχει μελετηθεί εκτεταμένα με τη θεωρία των παιγνίων, δηλαδή όταν υπάρχει ένας μικρός αριθμός επιχειρήσεων με έντονη αλληλεξάρτηση.

3.14.1 Το Ολιγοπώλιο

Ο ορισμός και τα βασικά χαρακτηριστικά του Ολιγοπωλίου δίνονται από την (Muzenitova, 2008):

Ως Ολιγοπώλιο θεωρείται η περίπτωση κατά την οποία ο αριθμός των επιχειρήσεων είναι τέτοιος ώστε κάθε μία από αυτές έχει τη δυνατότητα

να επιδρά πάνω στη συνολική προσφερόμενη ποσότητα, άρα και στην τιμή των προϊόντων. Σημαντικό χαρακτηριστικό των Ολιγοπωλίων είναι πως μία ενέργεια μίας επιχείρησης επηρεάζει όλες τις άλλες. Τα υποδείγματα που μελετούν την συμπεριφορά των ολιγοπωλιακών επιχειρήσεων με την θεωρία των παιγνίων διακρίνονται σε τρείς κατηγορίες:

1. *Ένας ηγέτης και ένας ακόλουθος ορίζουν την τιμή και την ποσότητα*
2. *Τα υποδείγματα ταυτόχρονου ορισμού τιμής και ποσότητας*
3. *Υπόδειγμα σύμπραξης (οι επιχειρήσεις σχηματίζουν καρτέλ)*

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Ολιγοπωλίου είναι τα εξής:

- Ο μικρός αριθμός των επιχειρήσεων που κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς.
- Τα υψηλά εμπόδια εισόδου που εμποδίζουν νέες επιχειρήσεις να εισέλθουν στην αγορά και να αποσπάσουν μερίδιο αγοράς από τις υφιστάμενες επιχειρήσεις.
- Η συμπεριφορά της μίας επιχείρησης εξαρτάται και επηρεάζεται από την συμπεριφορά των άλλων ολιγοπωλιακών επιχειρήσεων.

Η συνολική προσφερόμενη ποσότητα του προϊόντος ενός ολιγοπωλιακού κλάδου είναι μικρότερη από αυτήν που προσφέρεται σε συνθήκες τέλειου ανταγωνισμού. Συνεπώς, η τιμή που διαμορφώνεται στην αγορά είναι υψηλότερη σε σχέση με τον τέλειο ανταγωνισμό. Η τιμή παύει να είναι μέσο ανταγωνισμού μεταξύ των επιχειρήσεων, οι οποίες επικεντρώνονται πλέον σε

μεθόδους διαφοροποίησης και προώθησης του προϊόντος. Η ανάλυση της συμπεριφοράς των επιχειρήσεων στο ολιγοπώλιο δεν είναι εύκολη εξαιτίας της έντονης αλληλεξάρτησης. Οι επιχειρήσεις μπορούν να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο βασικά σενάρια, του ανταγωνισμού ή της συνεργασίας, που θα επιφέρουν τις αντίστοιχες επιπτώσεις. Με τη συνεργασία επιδιώκουν να εφαρμόσουν τις εναρμονισμένες πρακτικές, όπως για παράδειγμα μείωση της προσφοράς για την αύξηση της τιμής, με σκοπό την από κοινού αύξηση των κερδών για όλες τις επιχειρήσεις που συνεργάζονται και την αποφυγή του σεναρίου του ανταγωνισμού που μακροχρόνια δεν συμφέρει τις εταιρείες. Αυτού του είδους η συνεργασία δημιουργεί τα φαινόμενα καρτέλ στις ολιγοπωλιακές αγορές. Το σενάριο του ανταγωνισμού έχει σκοπό την αύξηση του μεριδίου αγοράς εις βάρος των άλλων επιχειρήσεων του κλάδου. Ο ανταγωνισμός τιμών, για παράδειγμα, με συνεχείς μειώσεις της τιμής έχει ως σκοπό την αύξηση της πελατείας μιας επιχείρησης εις βάρος των υπολοίπων. Ο ανταγωνισμός μέσω διαφήμισης μπορεί να αυξήσει τις πωλήσεις είτε κερδίζοντας μέρος της πελατείας των άλλων επιχειρήσεων είτε απλά δημιουργώντας μεγαλύτερη ζήτηση για το προϊόν χωρίς να μειωθεί η ζήτηση για το προϊόν των υπολοίπων. Θεωρείται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη μιας επιχείρησης στην αγορά τόσο μεγαλύτερη είναι η δαπάνη της για διαφήμιση ως ποσοστό της αξίας των πωλήσεων. Επειδή συνήθως η ενέργεια μιας επιχείρησης προκαλεί αλυσιδωτές αντιδράσεις των υπολοίπων, το σενάριο ανταγωνισμού όπως ήδη ειπώθηκε μακροχρόνια δεν συμφέρει τις επιχειρήσεις.

3.14.1.1 Δυοπώλιο

Το δυοπώλιο είναι η μορφή ολιγοπωλίου, κατά την οποία η διάθεση ορισμένου προϊόντος ή υπηρεσίας τελεί υπό τον έλεγχο δύο

επιχειρήσεων. Αυτό συμβαίνει όταν για παράδειγμα σε μια αγορά στην οποία υφίσταται αρχικά μονοπώλιο εισέρχεται μια δεύτερη επιχείρηση. Το δυοπώλιο μπορεί να έχει δύο μορφές. Στην πρώτη περίπτωση, της ανταγωνιστικής μορφής, η νέα επιχείρηση θα επιδιώξει να αποσπάσει μερίδιο αγοράς από την πρώτη επιχείρηση, η οποία θα προσπαθήσει με τη σειρά της να υπερασπιστεί τη δεσπόζουσα θέση της. Στη δεύτερη περίπτωση, της μη ανταγωνιστικής μορφής, οι δύο επιχειρήσεις βρίσκουν τρόπο συνύπαρξης στη αγορά βάσει κάποιας άτυπης ή τυπικής συμφωνίας, πρακτική που εξυπηρετεί τα συμφέροντα των δύο σε βάρος του ανταγωνισμού. Για παράδειγμα μπορεί να αποφασίσουν να χρεώνουν την ίδια τιμή που μεγιστοποιεί τα κέρδη τους και να μοιράζονται εξίσου την αγορά.

3.14.1.2 Ολιγοπώλιο & δυοπώλιο χωρίς συνεργασία

Στην πράξη είναι δύσκολο πολλές φορές να συμφωνήσουν οι δύο επιχειρήσεις στον τρόπο κατανομής της αγοράς. Έχουν διατυπωθεί διάφορα υποδείγματα, τα οποία βασίζονται στην υπόθεση ότι οι δύο επιχειρήσεις δεν επιδιώκουν τη μεταξύ τους συνεργασία. Τα υποδείγματα αυτά χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενός μικρού αριθμού επιχειρήσεων που ενώ λειτουργούν ανεξάρτητα συμπεριφέρονται με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνουν υπόψη τους την ύπαρξη και την συμπεριφορά των άλλων επιχειρήσεων της αγοράς. Επομένως, το ολιγοπώλιο διαφέρει από το μονοπώλιο και τον ανταγωνισμό στο ότι μια επιχείρηση θα πρέπει να εξετάσει τη συμπεριφορά των ανταγωνιστών της προκειμένου να καθορίσει την δική της πολιτική. Γενικά, τα ολιγοπωλιακά υποδείγματα μπορούν να μελετηθούν σαν παραδείγματα παιγνίων με βάση τη θεωρία παιγνίων, που χρησιμοποιεί τα υποδείγματα για να αναλύσει την αντίδραση και την συνεργασία μεταξύ επιχειρήσεων (ή παικτών) οι

οποίες λαμβάνουν τις στρατηγικές αποφάσεις. Τα διάφορα υποδείγματα-παίγνια διαφέρουν όσον αφορά το είδος των δράσεων (καθορισμός τιμής ή επιπέδου παραγωγής, τη σειρά των δράσεων, τη διάρκεια του παιγνίου).

3.14.1.3 Υπόδειγμα Cournot

Το υπόδειγμα του Antoine Cournot είναι μία από τις παλαιότερες πρώτες διατυπώσεις της θεωρίας των παιγνίων. Στο υπόδειγμα του Cournot έχουμε τις εξής βασικές παραδοχές: δύο εταιρείες προσφέρουν ομοιογενές προϊόν και το κόστος παραγωγής και διάθεσης είναι μηδέν και η πρώτη επιχείρηση θα επιλέξει να προσφέρει την ποσότητα εκείνη που θα μεγιστοποιήσει τα κέρδη της. Δηλαδή, στο σημείο όπου τα οριακά έσοδα είναι εξισώνονται με το οριακό κόστος και με το μηδέν ($MR=MC=0$). Η δεύτερη επιχείρηση θεωρεί την ποσότητα που προσφέρει η πρώτη ως δεδομένη και σταθερή. Και οι δύο παίκτες δεν αναγνωρίζουν την αλληλεξάρτηση που υπάρχει μεταξύ τους και θεωρούν ότι οι συμπεριφορές τους θα παραμείνουν σταθερές. Η είσοδος νέων επιχειρήσεων στο παίγνιο δεν είναι δυνατή. Όποτε η δεύτερη επιχείρηση θα επιλέξει την ποσότητα, η οποία μεγιστοποιεί τα κέρδη της, με δεδομένη την προσφερόμενη ποσότητα της πρώτης επιχείρησης και τη συνολική ζήτηση στην αγορά. Σε αυτήν την περίπτωση όμως και η πρώτη επιχείρηση θα επαναπροσδιορίσει την ποσότητα που προσφέρει, θεωρώντας με τη σειρά της δεδομένη την ποσότητα της δεύτερης επιχείρησης. Αυτή η κατάσταση θα συνεχιστεί με τον κάθε δυοπληρητή να θεωρεί δεδομένη την ποσότητα που προσφέρει ο άλλος και να προσδιορίζει την ποσότητα που θα μεγιστοποιήσει τα κέρδη του. Σαν αποτέλεσμα οι δύο εταιρείες θα μειώνουν συνέχεια τις ποσότητες που προσφέρουν μέχρι να επέλθει η σταθερή ισορροπία, η οποία σύμφωνα με το υπόδειγμα Cournot είναι η

κατάσταση εκείνη στην οποία ο κάθε δυοπωλητής προσφέρει ποσότητα ίση με το 1/3 της συνολικής ζήτησης.

Το μοντέλο του Cournot

- Ένα μοναδικό προϊόν που παράγεται από n εταιρίες.
- Το κόστος της εταιρίας i για το προϊόν
- Το κόστος για την παραγωγή ποσότητας q_i : $C_i(q_i)$, όπου $C_i \geq 0$ και αύξουνσα.
- Αν η συνολική ποσότητα παραγωγής του αγαθού μιας εταιρίας είναι Q τότε η τιμή μονάδας του αγαθού είναι $P(Q)$.

Το κέρδος της εταιρίας i αποτελεί συνάρτηση των ποσοτήτων που παράγουν όλες οι εταιρίες:

$$\pi_i(q_1, \dots, q_n) = q_i P\left(\sum_{j=1}^n q_j\right) - C_i(q_i)$$

Οι στρατηγικές του παιγνίου:

- παίκτες: εταιρίες
- οι δράσεις που μπορεί να επιλέξει κάθε παίκτης: να διαλέξει οποιαδήποτε τιμή της ποσότητας q_i
- Η προτίμηση για την επιλογή στρατηγικής εξαρτάται από το κέρδος

3.14.1.4 Υπόδειγμα Bertrand

Στο στατικό υπόδειγμα *Bertrand* οι επιχειρήσεις ορίζουν τις τιμές και όχι την ποσότητα παραγωγής, έτσι οι καταναλωτές μπορούν να αγοράσουν το προϊόν με την χαμηλότερη τιμή. Εν συνεχεία, κάθε επιχείρηση θα προσπαθήσει να πωλήσει όσο μεγαλύτερη ποσότητα γίνεται στην τιμή που θέτει. Το υπόδειγμα θεωρεί ότι ο κάθε δυοπωλητής λαμβάνει ως σταθερή την τιμή που θα χρεώσει ο άλλος. Δηλαδή, ένας παίκτης ορίζοντας την τιμή στην οποία θα πουλάει και η οποία μεγιστοποιεί τα κέρδη του με βάση την τιμή του ανταγωνιστή του πιστεύει ότι ο δεύτερος δεν θα αλλάξει την δική του τιμή. Εάν οι τιμές των δύο παικτών είναι ίδιες τότε ο καθένας θα καλύπτει τη μισή ζήτηση και θα μοιράζονται εξίσου την αγορά. Στο υπόδειγμα του *Bertrand* ο κάθε δυοπωλητής θα προσπαθεί να μειώσει την τιμή του ώστε να μπορέσει να καλύψει όλη τη ζήτηση. Αυτό θα επιφέρει με τη σειρά του αντιδράσεις και από τους δύο, και μετά από μια σειρά των διαδοχικών μειώσεων της τιμής θα επιτευχθεί μια σταθερή ισορροπία σε τιμή ίση με το οριακό κόστος ($P=MC$). Στην κατάσταση αυτή ισορροπίας οι δύο παίκτες θα συμφωνούσαν να χρεώσουν την ίδια τιμή και να μοιραστούν εξίσου την αγορά. Δηλαδή μετά από έναν πόλεμο τιμών που θα ζημίωνε και τις δύο επιχειρήσεις, αυτές θα έφθαναν τελικά σε ένα είδος τυπικής ή άτυπης συμφωνίας διανομής της αγοράς.

Μοντέλο Bertrand

Μεταβλητή η τιμή αντί για σταθερό προϊόν

- Ένα μοναδικό προϊόν που παράγεται από n εταιρίες.
- Το κόστος να παράγει ποσότητα q_i : $C_i(q_i)$, όπου το κόστος $C_i \geq 0$ και διαρκώς αυξανόμενο.
- Εάν η τιμή του αγαθού είναι p, η ζήτηση είναι D(p)

- Οι καταναλωτές αγοράζουν πάντα από την εταιρία με την χαμηλότερη τιμή
- Οι εταιρίες παράγουν όσα αγαθά ζητά η αγορά

Το κέρδος της εταιρίας 1:

$$\pi_1(p_1, p_2) = \begin{cases} p_1 D(p_1) - C_1(D(p_1)) & \text{αν } p_1 < p_2 \\ \frac{1}{2} p_1 D(p_1) - C_1(D(p_1)) & \text{αν } p_1 = p_2 \\ 0 & \text{αν } p_1 > p_2 \end{cases}$$

Οι στρατηγικές του παιγνίου:

- παίκτες: εταιρίες
- οι δράσεις που μπορεί να επιλέξει κάθε παίκτης: όλες τις πιθανές τιμές
- Η προτίμηση για την επιλογή στρατηγικής εξαρτάται από το κέρδος

3.14.1.5 Υπόδειγμα Edgeworth

Σύμφωνα με το υπόδειγμα Edgeworth, στο δυοπώλιο δεν διαμορφώνεται τελικά η κατάσταση σταθερής ισορροπίας, σε αντίθεση με τα δύο παραπάνω υποδείγματα, αλλά αυτό καταλήγει σε απροσδιόριστη λύση. Κάθε επιχείρηση προκαθορίζει την τιμή του προϊόντος ή υπηρεσίας της και βάσει αυτής ορίζει και την ποσότητα που θα προσφέρει. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των δύο επιχειρήσεων θα έχει σαν αποτέλεσμα συνεχείς αυξομειώσεις στις τιμές. Εάν δεν υπάρξει συνεργασία, ο ανταγωνισμός θα έχει σαν αποτέλεσμα την διακύμανση της τιμής μεταξύ ενός ανώτερου και ενός κατώτερου ορίου. Εφόσον οι αγοραστές δεν θα υπομένουν παθητικά τις τιμολογιακές μεταβολές κα θα αντιδράσουν προκαλώντας έτσι προβλήματα στους δυοπωλητές, τότε οι τελευταίοι μπορεί να αντιληφθούν ότι η διαρκής διακύμανση

των τιμών δεν εξυπηρετεί τα μακροχρόνια συμφέροντά τους και θα επιδιώξουν να έλθουν σε κάποια συμφωνία μεταξύ τους.

3.14.1.6 Υπόδειγμα Stackelberg

Στο στατικό ολιγοπωλιακό υπόδειγμα του Stackelberg, το οποίο είχε παρουσιαστεί στη μελέτη του Γερμανού οικονομολόγου Heinrich Freiherr von Stackelberg (*Marktform und Gleichgewicht*, 1934), οι επιχειρήσεις καθορίζουν την ποσότητα παραγωγής και μία από αυτές, η ηγέτιδα επιχείρηση ή "*leader*", δρα πριν από τις άλλες. Οι υπόλοιπες επιχειρήσεις (*followers*) ορίζουν την άριστη ποσότητα παραγωγής, γνωρίζοντας την ποσότητα της ηγέτιδας επιχείρησης, με τη χρήση την άριστη συνάρτηση ζήτησης κατά Cournot. Η ηγέτιδα γνωρίζοντας πώς θα αντιδράσουν οι άλλες επιχειρήσεις ρυθμίζει την παραγωγή της έτσι ώστε να αποκομίσει κέρδη σε βάρος αυτών. Έτσι εκτιμά κάθε φορά τη συνολική παραγωγή που αντιστοιχεί σε κάθε επίπεδο παραγωγής που επιλέγει η ίδια και επιλέγει το επίπεδο που μεγιστοποιεί τα κέρδη της, εφόσον γνωρίζει τον τρόπο αντίδρασης των υπολοίπων επιχειρήσεων. Όλα τα προαναφερθέντα στατικά υποδείγματα χρησιμοποιούν την έννοια της ισορροπίας κατά Nash (*Nash equilibrium*), την κατάσταση εκείνη όπου δεν υπάρχει καμία επιχείρηση που να θέλει να αλλάξει την στρατηγική της μονομερώς, καθώς καμία επιχείρηση δεν αποκτά υψηλότερα κέρδη επιλέγοντας μία διαφορετική στρατηγική εάν οι στρατηγικές των άλλων επιχειρήσεων παραμένουν σταθερές.

3.14.2 Τα ολιγοπώλια στα συστήματα αεροδρομίων

Οι σχέσεις αλληλεξάρτησης μεταξύ των αεροδρομίων μπορούν να θεωρηθούν ως σχέσεις Ολιγοπωλίων, αφού ένας χρήστης πρέπει να χρησιμοποιήσει δύο αεροδρόμια για να μετακινηθεί. Η αιτία που

αποφέρει αεροπορικά και μη αεροπορικά έσοδα στους αερολιμένες είναι η επιβατική κίνηση. Οι αλλαγές στην πολιτική είτε χρεώσεων είτε επέκτασης χωρητικότητας ενός αερολιμένα επηρεάζει και τα αεροδρόμια που αυτό συνδέεται. Στην περίπτωση των αεροδρομίων το υπόδειγμα που χρησιμοποιείται για την μελέτη των ολιγοπωλιακών συμπεριφορών είναι ο ταυτόχρονος ορισμός ποσότητας και τιμής. Στη συνέχεια όπως θα δούμε για πρώτη φορά μπορούμε να αναγνωρίσουμε και τη συνεργασία μεταξύ αεροδρομίων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή (multi-airport region).

Η θεωρία των παιγνίων στα αεροδρόμια έχει εφαρμοστεί εκτεταμένα στην ανάλυση της ασφάλειας του αερολιμένα και των διαδικασιών ελέγχου, την επιλογή της τιμής τελών προσγείωσης και των επιλογών χωρητικότητας. Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα μοντέλα τιμολόγησης και επέκτασης χωρητικότητας που αναπτύχθηκαν μετά το 1990. Επίσης θα αναλυθούν οι τρόποι επίλυσης ολιγοπωλίων που έχουν χρησιμοποιηθεί στην τιμολόγηση των αεροδρομίων όπως τα υποδείγματα Cournot και Bertrand.

Κεφάλαιο 4

Τέλη αεροδρομίων

4.1 Εισαγωγή

Τα αεροδρόμια αποτελούν το επίκεντρο των εναέριων μετακινήσεων διακινώντας εκατομμύρια επιβάτες και χιλιάδες τόνους εμπορεύματα ετησίως. Για την λειτουργία ενός τέτοιου πολύπλοκου οργανισμού τα κόστη λειτουργίας του για τις εναέριες και μη δραστηριότητες είναι πολύ υψηλά, έτσι απαιτούν από τον εκάστοτε χρήστη να καταβάλει τέλη χρήσης των υπηρεσιών του. Οι πρακτικές διαφέρουν ως προς τους τύπους των τελών και τους κανόνες που αυτά υπολογίζονται. Οι διαχειριστές των αερολιμένων εισπράττουν τέλη από ποικίλες χρεώσεις που αφορούν διάφορες χρήσεις εγκαταστάσεων για την κάλυψη των λειτουργικών εξόδων τους και την οικονομική τους ανεξαρτησία. Όπως αναφέρουν οι (Neufville & Odoni, 2009) η διαδικασία ανάπτυξης ενός συστήματος χρέωσης τελών είναι αρκετά πολύπλοκη. Απαιτεί προσδιορισμό κατευθύνσεων πολικής, προσδιορισμό κέντρων εσόδων και κέντρων κόστους, ανάπτυξη μιας λεπτομερούς βάσης δεδομένων κόστους, καταμερισμό του στα κέντρα εσόδων, ανάπτυξη μεθοδολογίας τιμολόγησης και διαβούλευση με τους χρήστες του αεροδρομίου. Συγκεκριμένα αναφέρει πως ένα σωστά δομημένο σύστημα χρεώσεων πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- *Διαφάνεια* ώστε να είναι αντιληπτή από το χρήστη η αντιστοιχία χρέωσης και υπηρεσιών-εγκαταστάσεων που πληρώνει, καθώς και να εξασφαλίζεται η νομική κατοχύρωσή του αερολιμένα.
- *Επαρκή ανάκτηση κόστους* ώστε να ικανοποιούνται οι οικονομικοί στόχοι του διαχειριστή ανάλογα με το οικονομικό περιβάλλον του

αεροδρομίου και τους στόχους της διοίκησης (π.χ. ένας ιδιώτης επιδιώκει πλήρη ανάκτηση κόστους και επενδυτική ανταποδοτικότητα)

- *Λογική τιμή* ώστε να μην είναι οικονομικά δυσβάσταχτο το κόστος μετακίνησης για τους χρήστες που αποσκοπεί να εξυπηρετήσει το αεροδρόμιο και να προσελκύσει νέους. Για παράδειγμα: το υπερπολυτελές αεροδρόμιο της Σιγκαπούρης στοχεύει σε χρήστες υψηλών εισοδημάτων για επαγγελματικά ταξίδια γι' αυτό η λογική τιμή είναι αρκετά υψηλή, ενώ το Fiumincino της Ρώμης αποσκοπεί στο να προσελκύσει τουρίστες και εμπορεύματα χρεώνοντας πολύ λιγότερο. Η τιμή πρέπει να μην διαφέρει από αεροδρόμια όμορων χωρών με όμοια χαρακτηριστικά και η χρέωση να είναι ενιαία για όλες τις αεροπορικές εθνικές και μη.
- *Προώθηση αποτελεσματικότητας* στη χρήση του αεροδρομίου ώστε να χρεώνεται ο κάθε μετακινούμενος το πραγματικό κόστος. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που συχνά δεν προσμετρείται είναι το κόστος καθυστέρησης εξαιτίας της συμφόρησης του αεροδρομίου. Βέβαια πολλές φορές οι αεροπορικές εταιρίες εσωτερικεύουν αυτό το κόστος αφήνοντας λίγα περιθώρια επιβολής τέλους. (Zhang & Zhang, Airport capacity and congestion when carriers have market power, 2006)
- *Ενελιξία* ώστε να ανταποκρίνονται στις αλλαγές που γίνονται παγκοσμίως, την απελευθέρωση των αεροπορικών εταιριών τις συγχωνεύσεις, όμως περιορίζονται από ρυθμιστικά πλαίσια αύξησης ή μείωσης τελών ή και από συμβάσεις με μεγάλες αεροπορικές εταιρίες.

Επίσης γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστούν τα απαραίτητα βήματα ώστε να δημιουργηθεί ένα σωστό σύστημα χρέωσης τελών (Neufville & Odoni, 2009):

- *Καθορισμός γενικών κατευθύνσεων πολιτικής.* Πρόκειται για τις αποφάσεις που πρέπει να λάβει η διοίκηση του αεροδρομίου σχετικά τους οικονομικούς στόχους, το ποσοστό των εσόδων από τις μη αεροπορικές πηγές εσόδων, οι πηγές χρηματοδότησης και τα επίπεδα ανάκτησης κόστους από κάθε κέντρο εσόδων.
- *Δημιουργία λεπτομερούς βάσης δεδομένων κόστους ανά αντικείμενο και ανά κέντρο κόστους.* Η ύπαρξη βάσεων δεδομένων είναι σημαντική για τον υπολογισμό του πλήρους κόστους και σύμφωνα με τον ICAO (ICAO, Airport Planning Manual, Part 1: Master Planning, Doc. 9184-AN/902, 1977) το κόστος πρέπει να καταγράφεται με τη μορφή πίνακα ανά αντικείμενο και ανά περιοχή εξυπηρέτησης.

Ανά αντικείμενο	Ανά περιοχή εξυπηρέτησης (κέντρο κόστους)
Άμεσο κόστος προσωπικού (μισθοί και επιδόματα)	Περιοχές κίνησης αεροσκάφους (διάδρομοι, τροχιόδρομοι, λωρίδες τροχοδρόμησης)
Απαξίωση και αποπληρωμή	Χώροι στάθμευσης και συντήρησης αεροσκαφών
Τόκοι	Έλεγχος εναέρια κυκλοφορίας και επικοινωνίες
Προμήθειες και υπηρεσίες τρίτων	Μετεωρολογικές υπηρεσίες
Διοικητικές δαπάνες	Πυροσβεστική, ασθενοφόρα και υπηρεσίες ασφαλείας
Φόροι	Εγκαταστάσεις κτηρίων επιβατών

Άλλες δαπάνες Άλλες εγκαταστάσεις και υπηρεσίες	Εγκαταστάσεις εμπορευματικών αεροσταθμών Άλλες εγκαταστάσεις και υπηρεσίες
--	--

Πίνακας 4-9: Τα είδη κόστους και οι περιοχές εξυπηρέτησης

Πηγή: ICAO, 1977

Ο ενδεικτικός πίνακας του ICAO είναι ένα υπόδειγμα καταγραφής κόστους και όχι ένα ακριβές μοντέλο που μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε αεροδρόμιο. Οι (Neufville & Odoni, 2009) κρίνουν το μοντέλο ως ανεπαρκές και ότι ανάλογα με το οικονομικό και ρυθμιστικό περιβάλλον πρέπει να γίνεται προσπάθεια για την πλήρη ανάκτηση κόστους που θα οδηγήσει σε πιθανή απόδοση του επενδυτικού κεφαλαίου.

- *Ορισμοί κέντρων εσόδων.* Ως κέντρα εσόδων ονομάζονται οι ομάδες εγκαταστάσεων και υπηρεσιών οι οποίες έχουν ενιαίους οικονομικούς στόχους εσόδων και χρέωσης τελών. Τα κέντρα αυτά εξυπηρετούν τόσο την λειτουργική ευκολία που προσφέρει η ομαδοποίηση όσο και εκείνη της εφαρμογής διαφορετικών πολιτικών ανάκτησης κόστους.
- *Κατανομή των κόστους μεταξύ των κέντρων εσόδων.* Η αντιστοίχηση είναι εύκολη υπόθεση όταν τα δύο κέντρα ταυτίζονται, όταν όμως ένα κέντρο κόστους αντιστοιχεί σε περισσότερα κέντρα εσόδων τότε είναι δύσκολη η κατανομή. Ο παρακάτω πίνακας δίνει μια αντιστοίχηση σε ένα τυπικό αεροδρόμιο των ΗΠΑ (Neufville & Odoni, 2009):

Κέντρα Κόστους	Κέντρα εσόδων
Πεδίο ελιγμών Περιοχή κτιρίου επιβατών (συμ- περιλαμβανομένων των πυλών)	Προσγείωση/περιοχή εναέριας κυκλοφορίας Μισθωμένοι χώροι από τις αεροπορικές εταιρίες (κτίριο επιβατών και εμπορευμάτων)

Υπόστεγα αεροσκαφών	Άλλοι μισθωμένοι χώροι
Εμπορευματικοί αεροσταθμοί	Παραχωρήσεις
Άλλα κτίρια και εγκαταστάσεις	Χώροι στάθμευσης και ενοικιάσεις αυτοκινήτων
Γενικά και διοικητικά	Παροχές κοινής ωφέλειας
Διάφορα	Καύσιμα
	Διάφορα

Πίνακας 4-10: Οι κατανομές στα κέντρα εσόδων και κόστους Πηγή: (Neufville & Odoni, 2009)

- *Υπολογισμός μοναδιαίας χρέωσης.* Γνωρίζοντας πλέον ποια κέντρα εσόδων αντιστοιχών σε εκείνα του κόστους και με βάση τους στόχους ανάκτησης εξόδων του διαχειριστή καθορίζεται η τιμολόγηση. Συνήθως γίνεται με εκτίμηση της ζήτησης και προσδιορισμό μέσου κόστους, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται προσδιορισμό του οριακού κόστους (marginal cost), κυρίως σε αεροδρόμια με προβλήματα συμφόρησης που εμφανίζουν κόστος καθυστέρησης (Zhang & Zhang, Airport capacity and congestion when carriers have market power, 2006).
- *Καθορισμός πλαισίου αλληλεπίδρασης.* Η διαβούλευση με τους χρήστες σε τακτικά χρονικά διαστήματα είναι πολύ βασικό στοιχείο της τιμολογιακής πολιτικής, με τακτικές συναντήσεις ώστε να υπάρχει αλλαγή και βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης.

4.2 Τα είδη των τελών

Η μεταφορά των επιβατών από ένα αεροδρόμιο σε ένα άλλο αποτελεί κυρίως αρμοδιότητα των αεροπορικών εταιρειών (μόνη εξαίρεση τα ιδιωτικά αεροσκάφη) οι οποίες καταβάλλουν τέλη χρήσης του αεροδρομίου για κάθε αεροσκάφος που προσγειώνουν σε αυτό. Συχνά το ποσό που χρεώνεται σε αυτές ελέγχεται από έναν εξωτερικό ρυθμιστή. Η χρέωση χρήσης συνήθως μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους μικρότερα ποσά και το ποσό αυτών διαφέρει από αεροδρόμιο σε αεροδρόμιο. Συνήθη τέλη είναι αυτά της προσγείωσης-απογείωσης, του εκάστοτε πελάτη, της χρήσης των υποδομών, της ασφάλειας, της στάθμευσης, της πλοϊγησης κ.ά. Οι χρεώσεις αυτές ανήκουν σε δύο κατηγορίες: τις αεροπορικές και τις μη αεροπορικές. Η πρώτη αφορούν τις υπηρεσίες και τις εγκαταστάσεις εκείνες που συνδέονται με τα αεροσκάφη τους επιβάτες και τα εμπορεύματα ενώ η δεύτερη αφορά συμπληρωματικές υπηρεσίες που παρέχει ένα αεροδρόμιο.

Τέλη προσγείωσης

Πρόκειται για την πιο γνωστή υποκατηγορία τελών καθώς πρόκειται για τα τέλη εκείνα που πληρώνουν τα αεροσκάφη για τη χρήση του πεδίου ελιγμών δηλαδή του διαδρόμου και των τροχιοδρόμων. Το κόστος που πρέπει να ανακτηθεί περιλαμβάνει το αρχικό κεφάλαιο που δαπανήθηκε για την κατασκευή της υποδομής καθώς και το κόστος λειτουργία και συντήρησης. Η τιμολόγηση των τελών προσγείωσης υπολογίζονται με βάση το Μέγιστο Βάρος Απογείωσης (MTOW) κάποια αεροδρόμια των ΗΠΑ χρησιμοποιούν και το Μέγιστο Βάρος Προσγείωσης (MLW) (Neufville & Odoni, 2009). Το χρηματικό ποσό μπορεί να είναι ανάλογο του βάρους, είτε με σταθερή χρέωση έως ένα συγκεκριμένο βάρος και μετά αναλογικά, είτε με διαφορετικές βαρύτητες χρέωσης επίσης αναλογικά πάνω από κάποια τιμή. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο της

(Fraport, 2015) για το αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης από τον Ιανουάριο του 2015, η τιμολόγηση γίνεται με βάση την ίδια πρακτική (MTOM maximum takeoff mass) με χρέωση όμως σταθερή για τα αεροσκάφη συν ένα ποσό ανάλογο του επιπλέον βάρους όπως παρουσιάζει ο παρακάτω πίνακας:

Πτήσεις ελικοπτέρων και πτήσεις χωρίς εμπορεύματα και επιβάτες⁵

Για κάθε 1.000 kg MTOM ή κλάσμα
αυτού για κάθε προσγείωση και 1.90 €
απογείωση

Αεροσκάφη με προβλεπόμενες χρεώσεις έως 66.000 kg

Για αεροσκάφη μέχρι 15.000 kg MTOM 226.36 €

Για αεροσκάφη μέχρι 35.000 kg
MTOM 136.85 €

Για αεροσκάφη μέχρι 66.000 kg MTOM 33.95 €

Πίνακας 4-11: Οι χρεώσεις των αεροσκαφών

Πηγή: (Fraport, 2015)

Η FRAPORT S.A -έχει επεκταθεί σε αερολιμένες εκτός Γερμανίας και πρόσφατα ανέλαβε 14 περιφερειακά αεροδρόμια της Ελλάδας, επομένως αξίζει να μελετηθούν οι πολιτικές χρέωσης που εφαρμόζει στα αεροδρόμια που αναλαμβάνει.

⁵ Εδώ αναφερόμαστε στις "ferry flights" δηλαδή τις πτήσεις παράδοσης ενός καινούργιου αεροσκάφους, ή με σκοπό την συντήρησή ή και απόσυρσή του στο εργοστάσιο.

Τέλος πλοιόγησης τερματικής περιοχής

Η πλειονότητα των αεροδρομίων χρεώνει ένα τέλος για το κόστος των υπηρεσιών εγκαταστάσεων και διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας στην τερματική περιοχή στα αεροσκάφη που προσγειώνονται και απογειώνονται. Το κόστος αυτό συνίσταται στο κόστος φωτισμού του διαδρόμου και τροχιοδρόμων, το κόστος του ραντάρ ενόργανης προσέγγισης και των υπόλοιπων συστημάτων υποβοήθησης. Ο διαχειριστής συλλέγει αυτά τα τέλη εκ μέρους της υπηρεσίας διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας της εκάστοτε χώρας (ATM, Air Traffic Management). Σε ορισμένες περιπτώσεις αποδίδει μέρος των τελών ο διαχειριστής και το ποσό που μένει σε αυτόν περνά στα έσοδα των τελών προσγείωσης.

Τέλος στάθμευσης αεροσκαφών και υπόστεγου

Η χρήση των θέσεων επαφής στο κτίριο επιβατών καθώς και οι μακρινές θέσεις στάθμευσης στα υπόστεγα χρεώνονται βεβαίως σε κάθε αερομεταφορέα είτε ανάλογα με το βάρος του αεροσκάφους είτε των διαστάσεών του. Κάποια αεροδρόμια δεν επιβάλλουν τέλος για κατάληψη μίας θέσης για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα αλλά για την υπέρβαση ενός συνήθως αυστηρού πλαισίου χρόνου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση "τηλεσκοπικής αερογέφυρας" χρεώνεται πρόσθετα σε σχέση με μία μακρινή θέση με κινητές κλίμακες.⁶

Τέλη θορύβου

Τα τέλη θορύβου έχουν διαδοθεί πολύ τα τελευταία χρόνια. Η χρέωση μεταβάλλεται συχνά με την ώρα της ημέρας. Σημαντικά μεγαλύτερα ποσά χρεώνονται στις λειτουργίες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα τέλη

⁶Ένας λόγος που οι αεροπορικές εταιρίες χαμηλού κόστους (low cost airlines) είναι φθηνότερες από τις άλλες είναι διότι δεν επιλέγουν θέσεις κοντινές και τη χρήση αερογέφυρας, επομένως η ελάφρυνση από αυτό το τέλος περνά στο εισιτήριο του χρήστη.

θορύβου συλλέγονται ως μέρος των τελών προσγείωσης. Κάποιοι διαχειριστές συλλέγουν τα τέλη θορύβου ξεχωριστά, ώστε να παρουσιάζουν στους χρήστες του αεροδρομίου και ειδικότερα στους κατοίκους της περιοχής τη δέσμευσή τους στα θέματα θορύβου (Neufville & Odoni, 2009).

Τα τέλη αυτά καλύπτουν το κόστος αντιμετώπισης θορύβου (ηχοπετάσματα, αγορά απαιτούμενης έκτασης γης του αεροδρομίου κτλ) αλλά και για να αποθαρρύνει τα θορυβώδη αεροσκάφη. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρέωσης τελών της (Fraport, 2015) η τοποθέτηση των αεροσκαφών σε κάποια κλίμακα χρέωσης για το θόρυβο που παράγουν γίνεται σύμφωνα με τον *ICAO*. Τα αεροσκάφη με κινητήρα τζετ πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του *Annex 16*, συγκεκριμένα εκείνες των υποκεφαλαίων 2,3 και 4. Βεβαίως στρατιωτικά και άλλα αεροσκάφη που δεν έχουν επίπεδα θορύβου που εμπίπτουν στο εγχειρίδιο του *ICAO*. Τα επίπεδα θορύβου ορίζονται και κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με το *DIN 45643* και μονάδες μέτρησης τα *Decibel* (db).

Τέλη εξυπηρέτησης επιβατών

Τα τέλη εξυπηρέτησης επιβατών είναι εκείνα που έχουν σκοπό να καλύψουν το κόστος της χρήσης του κτιρίου επιβατών. Στις ΗΠΑ δεν εφαρμόζονται αναλογικές χρεώσεις για τους επιβάτες εσωτερικού (πάνω από το 90% της κίνησης) καθώς τα κτίρια επιβατών που χρησιμοποιούν ανήκουν κυρίως στης αεροπορικές εταιρίες με μακροχρόνια η μικρής διάρκειας μίσθωση. Επομένως ο διαχειριστής δεν έχει κόστος λειτουργίας του κτιρίου, όμως οι υπηρεσίες ασφαλείας για τον έλεγχο διαβατηρίων και τελωνίων που χρησιμοποιούν οι επιβάτες εξωτερικού αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα κόστους. Στην Ευρώπη η πιο συνήθης πρακτική είναι η χρέωση ενός ποσού αναλογικά ανά επιβάτη

κατά την άφιξη σε κάποιο αεροδρόμιο και πριν αναχωρήσει από κάποιο άλλο (Fraport, 2015).

Κρατικοί φόροι

Στους επιβάτες επιβάλλονται πολλές φορές τέλη για την βελτίωση της ασφάλειας και της χωρητικότητας του αεροδρομίου, της μείωσης θορύβου καθώς και για μελλοντικές επενδύσεις. Στις ΗΠΑ ο φόρος PFC (Passenger Facility Charge) εισπράττεται με εξουσιοδότηση της FAA για όλους τους επιβάτες. Ανάλογες προσπάθειες είχαν γίνει και στο παρελθόν με την δημιουργία του ATF (Aviation Trust Fund) με σκοπό το ταμείο αυτό να υποστηρίζει βελτιώσεις της υποδομής.

Τέλη εξυπηρέτησης εμπορευμάτων

Μία παρόμοια λογική είσπραξης με τα τέλη επιβατών έχουν και τα τέλη εμπορευμάτων. Ο σκοπός τους είναι για το κόστος λειτουργίας εγκαταστάσεων και υπηρεσιών αποθήκευσης μεταφοράς και ασφάλισης εμπορευμάτων και εισπράττονται από τους αερομεταφορείς. Στην Ευρώπη υπάρχει στην πλειονότητα των αεροδρομίων αναλογική χρέωση με το βάρος, η οποία γίνεται ανά 100 kg εμπορεύματος. Στα αεροδρόμια των ΗΠΑ δεν εφαρμόζονται τέλη εξυπηρέτησης εμπορευμάτων.

Τέλη ασφάλειας (security fees)

Τα τέλη για την εμπορική ασφάλεια των αεροδρομίων πληρώνονται είτε ως ξεχωριστό ποσό στον πάροχο ή στους παρόχους της υπηρεσίας που συνήθως είναι το κράτος δηλαδή η κρατική αστυνομία ή άλλος κυβερνητικός φορέας ασφαλείας. Σύμφωνα με τα Statements του ICAO Council συστήνει ότι η ασφάλεια πρέπει να έχει "κρατική ευθύνη" καθώς και ότι οι αρχές πρέπει να καλύπτουν το κόστος ασφαλείας. Πολλές φορές όμως σε μεγάλα διεθνή αεροδρόμια η ευθύνη ανατίθεται στον

διαχειριστή ή σε τρίτο εξειδικευμένο πάροχο υπηρεσιών ασφαλείας. Συνήθως τα τέλη αυτά τα καταβάλλουν οι αεροπορικές εταιρίες. Μετά την 11/9/2001 η πρακτική αυτή δεν υφίσταται στα αεροδρόμια των ΗΠΑ όπου ιδρύθηκε από το Κογκρέσο το TSA το οποίο χρεώνει ξεχωριστά μηνιαία τέλη ασφαλείας σε κάθε αεροπορική εταιρία βασιζόμενο στο ποσό που πλήρωνε ανά επιβάτη το 2000. Επιπλέον επιβλήθηκε ένα επιπλέον ποσό για κάθε επιβάτη που επιβιβάζεται σε αεροπλάνο από αμερικανικό αεροδρόμιο (Blalock, Kadiyali, & Simon, 2005).

Τέλη εξυπηρέτησης εδάφους

Πρόκειται για διαφορετικά είδη χρεώσεων όπως εκείνα της εξυπηρέτησης πίστας, της εξυπηρέτησης στο δάπεδο στάθμευσης καθώς και τα τέλη εξυπηρέτησης της κίνησης για τις υπηρεσίες επιβατών και εμπορευμάτων. Η φόρτωση και εκφόρτωση των αποσκευών του αεροσκάφους και επίσης η συγκέντρωση και αποστολή τους στους ταινιόδρομους παραλαβής αποσκευών, ανήκει στην κατηγορία των τελών της εξυπηρέτησης πίστας.

Τέλη πλοιήγησης εν πτήσει

Τέλη πλοιήγησης κατά την διάρκεια της πτήσης χρεώνονται στους αερομεταφορείς για τη χρήση των υπηρεσιών ATM στον εναέριο χώρο. Τα τέλη εισπράττονται από τον διαχειριστή και αποδίδονται στον φορέα της υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας που συνήθως έχει την ευθύνη για αυτά τα συστήματα πλοιήγησης. Χάρη στην ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και την ανάπτυξη περισσότερων και πιο πολύπλοκων μηχανημάτων υποβοήθησης της πτήσης τα τέλη αυτά παρουσίασαν σημαντική αύξηση από το 1970. Το ICAO Statements υποστηρίζει πως για τις χρεώσεις πλοιήγησης πρέπει να λαμβάνει υπόψη την απόσταση που διανύεται και το βάρος του αεροσκάφους όπου το δεύτερο δε

συμμετέχει με ευθέως ανάλογο τρόπο. Πολλές χώρες για τον υπολογισμό των τελών αυτών έχουν υιοθετήσει τον τύπο του *Eurocontrol* ή μια παραλλαγή του. Ο τύπος αυτός υπολογίζει ένα τέλος για κάθε πτήση ανάλογα με τον αριθμό των μονάδων εξυπηρέτησης που διατρέχει. Με η ορίζουμε τον αριθμό αυτό, με T το μέγιστο βάρος απογείωσης και d την κυκλική απόσταση σε km:

$$n = \frac{d}{100} \sqrt{\frac{T}{50}}$$

Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως στις ΗΠΑ δεν εισπράττεται τέλος πλοιόγησης εν πτήσει και το κόστος του καλύπτεται από το ATF.

4.3 Καταμερισμός εσόδων αεροπορικών τελών

Κάθε ένα από τα τέλη που προαναφέρθηκαν, αντιστοιχούν σε χρεώσεις που συνδέονται με την αεροπορική μετακίνηση και συμμετέχουν με διαφορετικό μερίδιο στα συνολικά αεροπορικά έσοδα του αεροδρομίου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το μέρισμα που έχει κάθε τέτοιο τέλος στα έσοδα του αεροδρομίου *Schipol* του Άμστερνταμ:



Εικόνα 5-2: Οι κατανομές των εσόδων από τις διάφορες κατηγορίες τελών

Πηγή: www.airportcharges.com

Τα αποτελέσματα του γραφήματος αναπαριστούν τις χρεώσεις ενός τυπικού αεροσκάφους *Boeing B737-800* με συντελεστή μέγιστου φορτίου 70%. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι χρεώσεις αυτές υπό την μορφή πίνακα:

	Προσγείωσης	Επιβατών	Ασφάλειας	Υποδομής	Πλοϊγησης	Θορύβου	Συνολικά
Τιμή (€)	662€	1481€	1328€	40€	202€	173€	3886€
%	17%	38%	34%	1%	5%	5%	100%

Πίνακας 4-11: Τα τέλη χρεώσεων για B737-800- 70% του μέγιστου φορτίου Πηγή: www.airportcharges.com

Παρατηρούμε ότι τα τέλη επιβατών είναι εκείνα που κατέχουν το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων του διαχειριστή από τις αεροπορικές χρεώσεις καθώς και η ασφάλεια που πλέον αποτελεί μεγάλη δαπάνη για τον αερολιμένα.

Μη αεροπορικές χρεώσεις

Πρόκειται για τα τέλη που επιβάλλει το αεροδρόμιο στα έσοδα των εμπορικών δραστηριοτήτων. Με την πάροδο των χρόνων έχει παρατηρηθεί πως τα έσοδα των αεροδρομίων από μη αεροπορικές χρεώσεις αυξάνονται σταθερά. Σε πολλές περιπτώσεις είναι ποσοτικά ίσα με εκείνα που σχετίζονται με τις αεροπορικές μετακινήσεις και ορισμένες φορές περισσότερα. Στις ΗΠΑ μάλιστα το 75-80% των εσόδων είναι από εμπορικές δραστηριότητες ενώ τη χρονιά 1990 στον αερολιμένα του Λος Άντζελες ξεπέρασε το 90% (Doganis R. , 1992). Πράγματι σήμερα τα περισσότερα αεροδρόμια έχουν περισσότερα έσοδα από τις δευτερεύουσες δραστηριότητες, παρ' όλα αυτά απαραίτητα και αναγκαία συνθήκη είναι η ύπαρξη της αεροπορικής ζήτησης, δηλαδή της ανάγκης για μετακίνησης σε μακρινές αποστάσεις. Ο μεγάλος αριθμός των επιβατών καθώς και το γεγονός ότι η πλειονότητα τους είναι

ευκατάστατοι κυρίως λόγο του ότι η πλειονότητα των χρηστών ταξιδεύει με σκοπό την εργασία εξηγεί την μεγάλη επιτυχία των εμπορικών δραστηριοτήτων (Neufville & Odoni, 2009). Πολλές φορές μάλιστα βλέπουμε πως τα αεροδρόμια παρουσιάζουν ζημία στις αεροπορικές τους δραστηριότητες και πολύ μεγαλύτερα κέρδη στις μη αεροπορικές, με μεγάλα πλεονάσματα που αρκούν να αντισταθμίσουν τα ελλείμματα των πρώτων. Αυτό παρουσιάζεται καθαρά στον παρακάτω πίνακα για τα αεροδρόμια που είχε η BAA⁷ (British Airports) το 1992 :

	Αεροπορικές δραστηριότητες (εκατ. στερλίνες)	Μη αεροπορικές δραστηριότητες (εκατ. στερλίνες)
London Heathrow	8,5	136,5
London Gatwick	-15,7	70,6
Stansted	-10,0	4,4
Glasgow	5,0	7,4
Edinburgh	2,1	4,5
Aberdeen	-0,6	2,3
Prestwick	-0,6	0,9
Συνολικό του BAA	-11,3	226,6

Πίνακας 4-12: Τα έσοδα των αεροδρομίων της BAA το '92 Πηγή: (Doganis R. , 1992), σελ. 60

Στη συνέχεια θα γίνει προσπάθεια να κατηγοριοποιηθούν τα τέλη που συνιστούν τις μη αεροπορικές χρεώσεις, για τις υπηρεσίες εκείνες βέβαια που είναι πιο συχνές στα πιο πολλά αεροδρόμια.

⁷ Η BAA plc. ήταν ένας μεγάλος ιδιοκτήτης αεροδρομίων στο Ηνωμένο Βασίλειο ο οποίος πλέον ως Heathrow Airport Holdings Ltd. έχει διατηρήσει μόνο τον ομώνυμο αερολιμένα.

Τέλη παραχώρησης αεροπορικών καυσίμων και βενζίνης

Οι προμηθευτές καυσίμων πληρώνουν στον διαχειριστή του αεροδρομίου ένα συμφωνημένο ποσό επί των εισπράξεών τους από τον ανεφοδιασμό. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που η αγορά καυσίμων γίνεται απευθείας από τον διαχειριστή του αεροδρομίου και στη συνέχεια να τα μεταπωλεί στους αερομεταφορείς. Σύμφωνα με το *Statements του ICAO Council* τα τέλη παραχώρησης καυσίμων πρέπει να διαμορφώνονται με τον ίδιο τρόπο που διαμορφώνονται τα αεροπορικά δηλαδή ότι ο διαχειριστής δεν θα πρέπει να στοχεύει σε υπερκέρδη σε ένα τόσο ουσιώδες έξοδο των αερομεταφορέων.

Τέλη παραχώρησης εμπορικών δραστηριοτήτων

Τα τέλη αυτά περιλαμβάνουν την λειτουργία των καταστημάτων που πλέον δεν είναι αφορολόγητα σύμφωνα με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής ένωσης. Ο υπολογισμός συνήθως γίνεται με μία σταθερή μίσθωση συν ένα ποσό επί των κερδών και σε κάποιες περιπτώσεις με χρέωση τελών μόνο επί των κερδών με σκοπό την ενθάρρυνση των επενδύσεων στους χώρους του αεροδρομίου (Zhang&Zhang, 2003).

Έσοδα από χώρους στάθμευσης και ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα

Οι χώροι στάθμευσης και τα ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα αποτελούν ταχέως αναπτυσσόμενες πηγές εσόδων για τα αεροδρόμια (Neufville & Odoni, 2009). Αρκετές φορές ο διαχειριστής κατασκευάζει τις εγκαταστάσεις και αναθέτει σε άλλον οργανισμό τη διαχείριση και τη λειτουργία ως αυτοχρηματοδοτούμενο έργο (*PFI*), είτε ως *BOT (Build Operate Transfer)* ("κατασκευή λειτουργία και μεταβίβαση"), δηλαδή με τον ανάδοχο του έργου να αναλαμβάνει να κατασκευάσει και να εκμεταλλευτεί το έργο για μία περίοδο 5-15 ετών. Η περίπτωση της κατασκευής λειτουργία και της διαχείρισης εξολοκλήρου από τον

διαχειριστή υπάρχει σε ορισμένες περιπτώσεις αλλά πλέον στην πλειονότητα των ευρωπαϊκών αεροδρομίων γίνεται ανάθεση σε τρίτο. Ομοίως και στην ενοικίαση των αυτοκινήτων συνάπτονται συμβόλαια με γνωστές εταιρίες εκμίσθωσης (*AVIS, Hertz, κ.τ.λ.*) και πολλές φορές τα αυτοκίνητα αυτά να συστεγάζονται στο parking του αεροδρομίου μαζί με τα αυτοκίνητα που σταθμεύουν.

Μισθώσεις γης αεροδρομίου, κτιριακών χώρων και εξοπλισμού

Η πιο συνηθισμένη μίσθωση χώρων είναι τα σαλόνια που παρέχουν ορισμένες αεροπορικές εταιρίες στους πελάτες τους "Club Lounges" και η μίσθωση του εξοπλισμού αφορά κυρίως τους μεταφορείς και τους διαμεταφορείς. Πολλές φορές επισυνάπτονται πολύπλοκα συμβόλαια για την κατασκευή και τη λειτουργία ξενοδοχείων, γραφείων και εμπορικών κέντρων.

4.2 Κανόνες τιμολόγησης τελών

Σκοπός των κανονιστικών περιορισμών είναι να προφυλάσσονται οι πολίτες που ενδιαφέρονται να μετακινηθούν από την κατάχρηση του φυσικού μονοπωλίου που έχει ένα αεροδρόμιο. Επομένως έχουν αναπτυχθεί μια σειρά κανονισμών σχετικά με την χρέωση τελών. Σύμφωνα με έγγραφο του *ICAO* (*ICAO, Statements by the Council to Contracting States on Charges for Airports and Route Air Navigation Facilities, 2001*) ορίζει ρητά ότι:

- Οι διεθνείς χρήστες πρέπει να επιβαρύνονται με το "πλήρες και δίκαιο" μερίδιο κόστους του αεροδρομίου.
- Το "πλήρες κόστος" του αεροδρομίου και των συμπληρωματικών υπηρεσιών πρέπει να περιλαμβάνει τα κόστη λειτουργίας,

συντήρησης, διαχείρισης και διοίκησης, καθώς και τους τόκους των κεφαλαίων επενδύσεων και απόσβεσης.

- "Κάτω από σωστές συνθήκες" τα αεροδρόμια μπορούν να παράγουν έσοδα που υπερβαίνουν το κόστος και παρέχουν μια λογική απόδοση ώστε να συνεισφέρουν στις αναγκαίες επενδύσεις για βελτιώσεις.

Με βάση το έγγραφο αυτό θέτονται οι ορθές πολιτικές χρέωσης και συνίσταται στα αεροδρόμια η χρήση πλήρων οικονομικών αρχείων για τον καθορισμό του κόστους και την κατάστρωση και δημοσίευση ισολογισμών.

4.2.1 Τιμή οροφής

Η τιμή οροφής απαιτεί άμεσο ή έμμεσο προσδιορισμό των κερδών σε μία "λογική ανταπόδοση της επένδυσης" για τους διαχειριστές των αεροδρομίων. Η παραδοσιακή πρακτική εξαρτάται από το κόστος του αερολιμένα και πάνω σε αυτό θέτει τη μέγιστη τιμή χρεώσεων. Η μέθοδος *CPI-X* αποτελεί μια πρακτική που δεν περιλαμβάνει το κόστος αλλά ενθαρρύνει την αποδοτικότητα. Η ρύθμιση αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι η οροφή μπορεί και αυξάνεται ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής "*X*". Η επιτρεπόμενη ανταπόδοση συνήθως βασίζεται σε δείκτες όπως το *RPI* (*Retail price index*) στο Ηνωμένο Βασίλειο, η το *CPI* (*Consumer price index*) στην πλειονότητα των υπόλοιπων χωρών. Το "*X*" αντιστοιχεί συνήθως στην αύξηση της παραγωγικότητας, είτε με ρυθμιστικό πλαίσιο είτε σε σχέση με άλλους αερολιμένες. Ο ρυθμιστής είναι αρκετά ευέλικτος στον καθορισμό του *X*, and και μπορεί για παράδειγμα δώσει κίνητρα στο αεροδρόμιο να μειώσει τα λειτουργικά του κόστη. Ο τύπος: *CPI – X* έχει υιοθετηθεί ευρέως για να καθορίσει τα ανώτατα όρια των χρεώσεων κάθε περίοδο (5 χρόνια συνήθως).

Επειδή δεν υπάρχει συσχετισμός τιμής οροφής και κόστους κάθε εξοικονόμηση στις δαπάνες θα δημιουργήσει πλεονάσματα στην διαχειριστική αρχή του αεροδρομίου. Η επίδραση αυτής της ρύθμισης είναι πως το αεροδρόμιο θα οδηγηθεί στην βελτίωση της αποτελεσματικότητάς του.

Ένα κοινό πρόβλημα που παρουσιάζεται από αυτή τη μέθοδο είναι πως όταν γίνονται μεγάλες επενδύσεις και επεκτάσεις για την αποσυμφόρηση του αεροδρομίου, εφόσον τα κέρδη δεν είναι άμεσα η οροφή της ρύθμισης παραμένει η ίδια.

Κάποιες χώρες προσδιορίζουν αυστηρά το στόχο ανταπόδοσης, για παράδειγμα το 2001 στα ιδιωτικά αεροδρόμια της Βρετανίας ο στόχος ήταν 7,5%. Ορισμένες κυβερνήσεις και ρυθμιστικές αρχές για την ρύθμιση των ιδιωτικών αεροδρομίων θέτουν μια οροφή ως προς τη μέγιστη μονάδα χρέωσης αεροπορικών εγκαταστάσεων και υπηρεσιών, που μπορεί να αυξηθεί από χρόνο σε χρόνο. Οι κανονιστικές τιμές οροφής έχουν στόχο να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα του αερολιμένα. Για παράδειγμα τα τέλη οροφής πολλές φορές "βάζουν φρένο" στις αυξήσεις των τελών, ενώ παράλληλα ενθαρρύνουν την αύξηση των εσόδων λόγω αύξησης της επιβατικής κίνησης.

4.2.2Μονή-διπλή θυρίδα (single -dual till)

Οι ρυθμιστικοί περιορισμό που επιβάλλονται στα αεροδρόμια, συμπεριλαμβάνουν μία πολύ σημαντική στρατηγική επιλογή για τον ρυθμιστή. Αυτή είναι η επιλογή της μονής ή διπλής θυρίδας για να εφαρμοστούν οι περιορισμοί.

Στην περίπτωση της πρώτης τα έσοδα του αεροδρομίου θεωρούνται όλες οι πηγές εσόδων αεροπορικές και μη, υπ' αυτήν την έννοια η λέξη θυρίδα

σημαίνει συρτάρι για την αποθήκευση χρημάτων (Neufville & Odoni, 2009), δηλαδή ότι όλες οι οικονομικές δραστηριότητες αποθέτουν τα κέρδη τους σε αυτό το ταμείο. Το χαρακτηριστικό που έχει αυτή η περίπτωση είναι πως τα έσοδα από τις εμπορικές δραστηριότητες προσμετρούνται στον καθορισμό της λογικής ανταπόδοσης των χρεώσεων.

Από την άλλη πλευρά, η μέθοδος της διπλής θυρίδας διαχωρίζει τα έσοδα των αεροπορικών δραστηριοτήτων με αυτά των δευτερευόντων. Η λογική της διπλής θυρίδας είναι πως τα αεροπορικά έσοδα είναι αυτά που καθορίζουν το ρυθμιστικό πλαίσιο της χρέωσης τελών των αεροδρομίων, ενώ τα υπόλοιπα έσοδα θεωρούνται κατά μία έννοια "εμπορική επιχείρηση" και όχι μονοπάλιο όπως το αεροδρόμιο και τα έσοδα αυτά δεν υπόκεινται σε ρύθμιση. Πολλές φορές ακολουθείται μια υβριδική μορφή μεταξύ μονής και διπλής θυρίδας, καθιστώντας δηλαδή σε ρυθμιστικό πλαίσιο ένα μέρος των μη αεροπορικών εσόδων. Αυτή η μορφή νιοθετείται συνήθως όταν επιχειρείται για ένα χρονικό διάστημα η μετάβαση από την μονή στη διπλή θυρίδα ή το αντίστροφο (Texeira, 2012). Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα 20 μεγαλύτερα αεροδρόμια και η επιλογή που έκαναν σχετικά με την ρύθμιση των χρεώσεων και τον τύπο θυρίδας:

Θέση	Πόλη	Κωδ.	Επιβάτες (εκατ.)	Είδος ρύθμισης	Τύπος θυρίδας	Ταυτότητα ρυθμιστή	Ιδιωτική Συμμετοχή (%)
1	Λονδίνο	LHR	68,1	Με κίνητρο	Μονή	Ανεξάρτητος	100
2	Παρίσι	CDG	60	Με κίνητρο	Μονή	Εξαρτημένος	32,5
3	Φρανκφούρτη	FRA	54,2	Με το κόστος	Διπλή	Εξαρτημένος	47,2
4	Μαδρίτη	MAD	52,1	Με το κόστος	Μονή	Εξαρτημένος	0

5	Αμστερνταμ	AMS	47.8	Με το κόστος	Διπλή	Ανεξάρτητος	0
6	Λονδίνο	LGW	35.2	Με κίνητρο	Μονή	Ανεξάρτητος	100
7	Μόναχο	MUC	34.0	Με το κόστος	Μονή	Εξαρτημένος	0
8	Ρώμη	FCO	32.9	Με το κόστος	Διπλή	Εξαρτημένος	97
9	Βαρκελώνη	BCN	32.8	Με το κόστος	Μονή	Εξαρτημένος	0
10	Παρίσι	ORY	26.4	Με κίνητρο	Μονή	Εξαρτημένος	0
11	Κων/πολη	IST	25.6	Με το κόστος	-	Εξαρτημένος	14
12	Μιλάνο	MXP	23.9	Με το κόστος	Διπλή	Εξαρτημένος	0,88
13	Λονδίνο	STN	23.8	Με κίνητρο	Μονή	Ανεξάρτητος	100
14	Δουβλίνο	DUB	23.3	Με κίνητρο	Μονή	Ανεξάρτητος	0
15	Μαγιόρκα	PMI	23.2	Με το κόστος	Μονή	Εξαρτημένος	0
16	Μάντσεστερ	MAN	22.7	Με κίνητρο	Μονή	Ανεξάρτητος	0
17	Κοπεγχάγη	CPH	21.4	Με κίνητρο	Διπλή	Εξαρτημένος	77,3
18	Ζυρίχη	ZRH	20.7	Χωρίς ρύθμιση	-	-	42
19	Οσλο	OSL	19.0	Με κίνητρο	Μονή	Εξαρτημένος	0
20	Βιέννη	VIE	18.8	Με κίνητρο	Διπλή	Ανεξάρτητος	50

Πίνακας 4-11: Ρύθμιση των μεγαλύτερων ευρωπαϊκών αεροδρομίων το 2007 Πηγή: ACI-Europe

Η ρύθμιση με κίνητρο είναι η προαναφερθείσα προσπάθεια του ρυθμιστή να δώσει κίνητρο στον διαχειριστή για την αύξηση της αποτελεσματικότητας. Πλέον αρκετά αεροδρόμια υιοθέτησαν την διπλή θυρίδα σε αντίθεση με το παρελθόν, παρ' όλα αυτά δεν διαπιστώνεται σχέση μεταξύ του ιδιωτικού χαρακτήρα του αεροδρομίου και του τύπου της θυρίδας, ούτε και με την ταυτότητα του ρυθμιστή (Texeira, 2012).

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα πλεονέκτημα της μονής και της διπλής θυρίδας (Neufville & Odoni, 2009):

Πλεονεκτήματα μονής θυρίδας

- Το ταξιδιωτικό κοινό ωφελείται τελικά από τα χαμηλά κόστη των αεροπορικών εταιριών, καθώς σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον,

μέρος η σχεδόν το σύνολο της εξοικονόμησης θα περάσει στους καταναλωτές μέσω της μείωσης των κομίστρων.

- Οι μη αεροπορικές δραστηριότητες υπάρχουν και αναπτύσσονται στα αεροδρόμια λόγω των αεροπορικών εταιριών και των επιβατών τους. Χωρίς τις αεροπορικές εταιρίες δε θα προέκυπταν έσοδα ή κέρδη από αυτές τις δραστηριότητες. Συνεπώς, οι αεροπορικές εταιρίες δικαιούνται να έχουν οφέλη πληρώνοντας χαμηλότερα τέλη χρήσης. Όσο περισσότερα κίνητρα τιμολογιακού χαρακτήρα έχουν οι αεροπορικές εταιρίες, τόσο περισσότερη κίνηση και μη αεροπορικές δραστηριότητες θα δημιουργήσουν.
- Οι διαχειριστές των αεροδρομίων έχουν μονοπωλιακή δύναμη ως προς τις μη αεροπορικές υπηρεσίες και εφαρμόζουν μονοπωλιακές τιμές. Δεν πρέπει να τους δίνεται η δυνατότητα να εκμεταλλεύονται αυτή τη θέση ισχύος διατηρώντας όλα τα κέρδη, όπως γίνεται στη διπλή θυρίδα.

Πλεονεκτήματα της διπλής θυρίδας

- Οι αεροπορικές εταιρίες προστατεύονται από το ρυθμιστικό πλαίσιο της τιμής οροφής για την λογική απόδοση του αερολιμένα στις αεροπορικές δραστηριότητες. Οι εταιρίες πρέπει να χρεώνονται για τις εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν και όχι και για τις εμπορικές δραστηριότητες του αεροδρομίου.
- Σε αεροδρόμια με μεγάλη συμφόρηση και κομβικά αεροδρόμια, όπου ορισμένες εταιρίες έχουν μεγάλα μερίδια της αγοράς εξοικονομούν μεγάλα ποσά όταν η ρύθμιση περιλαμβάνει και τις εμπορικές δραστηριότητες με αποτέλεσμα να μην περνάνε στους επιβάτες σημαντικό μέρος του κόστους.

- Οι πόροι του αεροδρομίου δεν χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά όταν όλα τα έσοδα καθορίζουν από κοινού τα μέγιστα ποσά χρέωσης, χωρίς τη δυνατότητα να διαχωριστούν.
- Οι εμπορικές δραστηριότητες του αεροδρομίου απολαμβάνουν πλεονεκτική θέση έναντι των άλλων στα αστικά κέντρα λόγω των επιβατών, όμως δεν μπορεί να θεωρηθούν μονοπώλια όπως το αεροπορικό τμήμα του αεροδρομίου.

4.3 Επίδραση των ιδιωτικοποιήσεων στα τέλη

Οι τάσεις της σύγχρονης αγοράς προς την ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων, φέρει τον κίνδυνο της ανεξέλεγκτης επιβολής τελών στους χρήστες και στις εταιρείες, αφού συνήθως τα αεροδρόμια είναι φυσικά μονοπώλια μιας μητροπολιτικής περιοχής με εξαίρεση ορισμένες που έχουν περισσότερα από ένα (π.χ. Λονδίνο). Με βάση αυτόν τον κίνδυνο οι μέγιστες τιμές της χρέωσης ρυθμίζονται από ένα εξωγενή παράγοντα που καθορίζει την τιμολογιακή πολιτική. Η τάση να δημιουργούνται συνεχώς νέα αεροδρόμια σε όλο και κοντινότερες αποστάσεις δημιουργεί ανταγωνισμό για την προσέλκυση μεγαλύτερης ζήτησης και αύξηση του μεριδίου της αγοράς που κατέχει ο κάθε οργανισμός. Σε αυτό το περιβάλλον ανταγωνισμού, τα αεροδρόμια ανταποκρίνονται αλλάζοντας τα τέλη που χρεώνουν τις εταιρείες και τους επιβάτες με σκοπό να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους. Σε όλες τις περιπτώσεις με βάση τα αναλυτικά μοντέλα, ένα ιδιωτικό αεροδρόμιο θα έχει υψηλότερο τέλος απ' ότι ένα κρατικό, το οποίο συνήθως περνάει στους χρήστες.

Κεφάλαιο 5

Αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης

5.1 Εισαγωγή

Από το 1987 μέχρι σήμερα η βιβλιογραφία στα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης των τελών των αεροδρομίων μπορεί να συνοψιστεί σε δύο προσεγγίσεις: την παραδοσιακή (*traditional approach*) και την κατακόρυφη προσέγγιση (*vertical structure approach*). Στην πρώτη προσέγγιση η ζήτηση των αεροδρομίων εξαρτάται από τα τέλη και το κόστος συμφόρησης (*congestion cost*) για τους επιβάτες και για τις αεροπορικές εταιρίες, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ότι ο ανταγωνισμός των αεροπορικών εταιριών είναι τέλειος. Στην κατακόρυφη προσέγγιση τα αεροδρόμια αποτελούν μονάδες εισόδου σε μια ολιγοπωλιακή αγορά που αποτελείται από εταιρίες με συγκεκριμένο μερίδιο και επιρροή σε αυτήν (Basso & Zhang, An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007). Επιπλέον οι Basso & Zhang επισημαίνουν ότι η ζήτηση καθορίζεται από την ισορροπία Nash του συστήματος της κατακόρυφης αυτής αγοράς και ότι η ζήτηση είναι διαφορίσιμη. Η εμφάνιση μοντέλων που χρησιμοποιούν ως βάση τη θεωρία παιγνίων αναπτύχθηκε μετά το 1980 με την εμφάνιση των ιδιωτικοποιήσεων.

5.2 Πίνακας συμβόλων

$Q(\rho)$: Η ζήτηση για αεροδρόμιο σε αριθμό πτήσεων, η οποία είναι συνάρτηση της πλήρους τιμής(full price) ρ που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες.

$\rho = P + D$: Η πλήρης τιμή εισιτηρίου που καθορίζει τη ζήτηση του αεροδρομίου

P : Η χρέωση του αεροδρομίου για κάθε πτήση

$D = D(Q, K)$: Το κόστος καθυστέρησης πτήσης όπως γίνεται αντιληπτό, το οποίο εξαρτάται από την ζήτηση Q και την χωρητικότητα του αεροδρομίου K

K : Η χωρητικότητα του αεροδρομίου

$C(Q)$:Τα λειτουργικά κόστη του αεροδρομίου

r : Το κόστος κεφαλαίου

5.3 Παραδοσιακή προσέγγιση(traditional approach)

Κύριο γνώρισμα αυτής της θεωρίας είναι ότι ακολουθεί μια μεθοδολογία μερικής ισορροπίας (*partial equilibrium*) στην οποία η ζήτηση αποτελεί συνάρτηση που εξαρτάται αποκλειστικά από τις αποφάσεις που λαμβάνει το αεροδρόμιο, δηλαδή μεταβλητές που δεν εξαρτώνται από τις αποφάσεις των αεροπορικών εταιριών ή άλλων αεροδρομίων. Η διατιθέμενη βιβλιογραφία είναι αρκετή και το πεδίο έχει μελετηθεί εκτενώς (Morrison, 1987), (Oum T. a., 1990), (Zhang & Zhang, Concession revenue and optimal airport pricing, 1997), (Zhang A. a., 2001), (Zhang&Zhang, 2003). Εδώ η ζήτηση αποτελεί συνάρτηση της συνολικής τιμής που αντιλαμβάνεται ο επιβάτης. Η συνολική τιμή περιλαμβάνει τα τέλη που χρεώνει κάθε αεροδρόμιο, το κόστος μετακίνησης που καταβάλλεται στην αεροπορική εταιρεία καθώς και επίσης το υπολογιστικό κόστος καθυστέρησης εξαιτίας της συμφόρησης στο αεροδρόμιο. Η καθυστέρηση θεωρείται ότι επηρεάζει και τις αεροπορικές εταιρίες και τους επιβάτες. Με την υπόθεση ότι η χωρητικότητα είναι μεταβλητή θεωρούμε ότι τα κόστη χωρίζονται σε λειτουργικά και κόστη χωρητικότητας. Αρχικά σε αυτό μοντέλο γίνεται παραγώγηση των συναρτήσεων ώστε να βρεθεί η βέλτιστη χωρητικότητα ή χρέωση τέλους αεροδρομίου. Βασικές παραδοχές είναι ότι για συγκεκριμένη χωρητικότητα με την αύξηση της ζήτησης έχουμε αύξηση του κόστους συμφόρησης, που επιβαρύνει πελάτες και αεροπορικές εταιρίες. Επίσης ότι τα τέλη που επιβάλλει το αεροδρόμιο στα αεροσκάφη των εταιριών μεταβιβάζονται στο ακέραιο στον πελάτη. Το ίδιο συμβαίνει και με το κόστος καθυστέρησης που επιβαρύνει τις αεροπορικές εταιρείες. Γενικά η χωρητικότητα δεν αυξάνεται γραμμικά και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Παρ' όλα αυτά γίνεται η υπόθεση ότι λόγω της εξέλιξης των τεχνολογιών προσέγγισης και των ραντάρ-GPS καθώς και της βελτίωσης άλλων υποδομών, πέραν των διαδρόμων

προσγείωσης-απογείωσης, μπορεί να θεωρηθεί ως συνεχώς μεταβαλλόμενη.

Η συνάρτηση κοινωνικής ωφέλειας στην παραδοσιακή προσέγγιση είχε ως στόχο τον υπολογισμό των τελών και της χωρητικότητας όταν η συνάρτηση αυτή μεγιστοποιείται. Η περίπτωση αυτή αφορούσε αεροδρόμιο κρατικής ιδιοκτησίας με περιορισμένους οικονομικούς πόρους.

Η συνάρτηση όπως διατυπώθηκε στις πρώτες μελέτες:

$$\max_{P_{t,K}} \int_{\rho}^{\infty} Q(\rho) d\rho + PQ - C(Q) - rK$$

Με περιορισμένους οικονομικούς πόρους ώστε: $PQ - C(Q) - rK = 0$

Σχηματίζοντας τη συνάρτηση *Lagrange* και παραγωγίζοντας ως προς K και P προκύπτουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$P = \dot{C} + Q \frac{\partial D}{\partial Q} + \frac{\lambda}{1+\lambda} \left(\frac{\rho}{\varepsilon} \right)$$

$$-Q \frac{\partial D}{\partial K} = r$$

Στη σχέση αυτή ο πολλαπλασιαστής *Lagrange* λ , είναι η σχέση των περιορισμένων οικονομικών πόρων και το ε αναπαριστά την ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την πλήρη τιμή ρ . Στην πρώτη σχέση οι δύο πρώτοι όροι αναπαριστούν το οριακό κόστος της κοινωνικής ωφέλειας ενώ ο τελευταίος με τον πολλαπλασιαστή λ και την ελαστικότητα ε τη βαρύτητα του περιορισμού των οικονομικών πόρων. Η δεύτερη εξίσωση δίνει τη βέλτιστη αύξηση της χωρητικότητας, η οποία δεν εξαρτάται από την ύπαρξη περιορισμού οικονομικών πόρων.

(Basso & Zhang, An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007)

Χρέωση τελών με βάση το βάρος των αεροσκαφών

Μία από τις πρώτες έρευνες στα μοντέλα χρέωσης τελών των αεροδρομίων έγινε από τον Morrison (Morrison, 1987), θέλοντας να ερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο οι ρυθμιστές των τελών, χρεώνουν το κόστος προσγείωσης για τον κάθε τύπου αεροσκάφους, μιας και η χρέωση δεν γίνεται με βάση την καθυστέρηση που προκαλούν σε ένα αερολιμένα αλλά ανάλογα με το βάρος του αεροσκάφους. Υποθέτοντας μια ζήτηση Q_i , όπου i ένας τύπος αεροσκάφους και υποθέτοντας σταθερή χωρητικότητα αεροδρομίου, η αντικειμενική συνάρτηση κοινωνικής ωφέλειας είναι:

$$\sum_i \eta_i \int_{\rho}^{\infty} Q_i(\rho_i) d\rho_i + P_i Q_i - C(Q_i)$$

Στην αντικειμενική συνάρτηση υπάρχει επιπλέον ο όρος η_i ο οποίος αναπαριστά το βάρος για κάθε αεροσκάφος i . Σκοπός είναι η εύρεση του τέλους προσγείωσης για κάθε αεροσκάφος i , που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση της κοινωνικής, καταλήγοντας στην εξής σχέση:

$$P_i = \dot{C} + Q_i \frac{\partial D}{\partial Q_i} + \frac{\lambda + 1 - \eta_i}{1 + \lambda} \left(\frac{\rho_i}{\varepsilon_i} \right)$$

Η επίλυση της παραπάνω σχέσης δείχνει κατά πόσο με πραγματικά στοιχεία χρεώσεων τα βάρη συμπίπτουν με αυτά της συνάρτησης κοινωνικής ωφέλειας (η_i). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε συνθήκες μη συμφόρησης ήταν αρκετά κοντά ενώ αντίθετα όταν υπήρξε αυξημένη κίνηση, η χρέωση με βάση το βάρος ίσως να μην ήταν η κατάλληλη. Μολονότι η ελαστικότητα της ζήτησης μπορεί να αντιπροσωπευτεί από

την χρέωση σύμφωνα με το βάρος, το κόστος της συμφόρησης δεν μπορεί να καλυφθεί από αυτήν την τιμολογιακή πολιτική.

Χρέωση τελών με συνυπολογισμό μη αεροπορικών εσόδων

Η ανάγκη των αεροδρομίων να "αυτοχρηματοδοτούνται" οδήγησε στην ανάπτυξη άλλων πηγών εσόδων πέραν των αεροπορικών τελών, όπως η στάθμευση, τα εμπορικά καταστήματα στο τερματικό κτίριο και ενοικίαση γης σε άλλα πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου. Οι *Anming & Yimin Zhang* θέλησαν να υπολογίσουν την κατάλληλη τιμολόγηση τελών και άλλων υπηρεσιών, ώστε να αποδίδεται η μέγιστη κοινωνική ωφέλεια στους πελάτες. Η μεγιστοποίηση γίνεται δοθέντος του περιορισμού κόστος που αναφέρεται και στις δύο πηγές εσόδων και όχι μόνο στα αεροπορικά που χρησιμοποιούσε το προηγούμενο μοντέλο υπολογισμού. Επίσης στην συνάρτηση ζήτησης προστίθεται η ζήτηση για αυτές τις δευτερεύουσες υπηρεσίες, η οποία βεβαίως θεωρείται συμπληρωματική της αεροπορικής ζήτησης, αφού η αύξηση των επιβατών επιφέρει αύξηση στη χρήση των υπηρεσιών (*Zhang & Zhang, Concession revenue and optimal airport pricing, 1997*). Επομένως οι *Zhang & Zhang* καταλήγουν στην εξής αντικειμενική συνάρτηση κοινωνικής ωφέλειας για ένα δημόσιο αερολιμένα:

$$\max_{P,K,p} \int_{\rho}^{\infty} Q(\rho) d\rho + PQ - C(Q) - rK + Q \left(\int_p^{\infty} X(p) dp + pX - c(X) \right)$$

με τον περιορισμό δαπανών: $PQ - C(Q) - rK + Q(pX - c(X)) = 0$

Η ζήτηση για εμπορικές υπηρεσίες εξαρτάται από την πλήρη τιμή που καταβάλλει ο πελάτης p , όπως άλλωστε και την περίπτωση της αεροπορικής μετακίνησης, εφόσον θεωρούνται αλληλένδετες. $X(p)$

ορίζουμε την συνάρτηση ζήτησης ανά πτήση και $c(X)$ το κόστος παροχής αυτών των δραστηριοτήτων του οργανισμού. Η συμπληρωματικότητα στη ζήτηση ορίζεται μόνο στο πλαίσιο της αεροπορικής ζήτησης διότι η τιμή για τις υπόλοιπες υπηρεσίες που προσφέρει το αεροδρόμιο(π.χ. στάθμευσης) δεν επηρεάζει την απόφαση αν θα ταξιδέψει κάποιος (Basso & Zhang, An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007). Επίσης σε αυτή την μελέτη-ανασκόπηση των μοντέλων οι Basso & Zhang τονίζουν ότι με τη διατύπωση της αντικειμενικής συνάρτησης να εμπεριέχει τις δύο ζητήσεις, είναι δυνατόν να υπάρξει μεγαλύτερη χρέωση στην πλήρη τιμή της μίας ζήτησης, ώστε να επιτευχθεί μικρότερη χρέωση στην άλλη. Αυτό το φαινόμενο λέγεται διασταυρούμενη επιδότηση (*cross subsidization*). Εφόσον η ζήτηση για μετακίνηση φέρνει και ζήτηση για άλλες υπηρεσίες η βέλτιστη χρέωση αεροπορικών τελών θα είναι μικρότερη από ότι αν δεν λαμβάναμε υπ' όψιν την ζήτηση για άλλες δραστηριότητες. Αυτό ίσως να οδηγήσει και σε αρνητικά έσοδα(ελλείμματα) στα έσοδα από τα τέλη που καταβάλλουν οι αεροπορικές εταιρίες, κυρίως με την ύπαρξη καθυστέρησης-συμφόρησης. Επομένως έχουμε $p > c(X)$, δηλαδή τα κέρδη θα προκύψουν από τις εναλλακτικές δραστηριότητες του αεροδρομίου και θα επιδοτήσουν τα ελλείμματα των αεροπορικών δραστηριοτήτων καταλήγοντας σε μέγιστο κοινωνικό όφελος, μεγαλύτερο από αυτό που προέκυπτε αν συμπεριλαμβάναμε μόνο την αεροπορική ζήτηση.

Επίσης αργότερα εξετάστηκε η περίπτωση ενός ιδιωτικού αερολιμένα και κατά πόσο τα έσοδα από τις μη αεροπορικές δραστηριότητες δίνουν κίνητρο στον οργανισμό αυτό να μειώσει το ύψος των τελών που πληρώνουν τελικώς οι χρήστες, με σκοπό να επιτευχθεί η μέγιστη επιβατική κίνηση. Για να βρεθεί η ισορροπία ενός μοντέλου μεγιστοποίησης κερδών (μιας και έχουμε ιδιωτικό οργανισμό πλέον) οι

(Zhang&Zhang, 2003) και (Oum, Zhang, & Zhang, 2004) κατέληξαν στην εξής εξίσωση:

$$\max_{P,K,p} PQ - C(Q) - rK + Q(pX - c(X))$$

Από τη λύση του μοντέλου εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μείωση των τελών του αεροδρομίου δεν είναι τόσο μεγάλη όσο στην περίπτωση του κρατικού αεροδρομίου. Αυτό συμβαίνει διότι η συνάρτηση που παραγωγίζεται δεν λαμβάνει υπόψη την ωφέλεια ως προς τον καταναλωτή αλλά μόνο το κέρδος. Επομένως εάν ένα αεροδρόμιο ιδιωτικοποιηθεί οι υπηρεσίες που προσφέρει ένα αεροδρόμιο πέραν του ταξιδίου δεν θα αποτελέσουν κίνητρο για αλλαγή του ύψους των τελών (Oum, Zhang, & Zhang, 2004).

5.4 Κάθετη προσέγγιση

Η κάθετη προσέγγιση της αγοράς ξεκίνησε αργότερα από τον Brueckner στις αρχές του 21ου αιώνα. Εδώ αναγνωρίζεται, πως οι αεροπορικές εταιρίες έχουν δύναμη και επιρροή στην αγορά και επομένως επηρεάζουν την τιμολόγηση των τελών των αεροδρομίων. Δηλαδή τα αεροδρόμια αποτελούν παράγοντα συνεισφοράς της τελικής ισορροπίας μιας ολιγοπωλιακής αγοράς αεροπορικών εταιριών με κατακόρυφη δομή που καθορίζει τη ζήτηση (Basso & Zhang, On the relationship between airport pricing models, 2008).

Στη δημοσίευση του Brueckner, (Brueckner, Airport Congestion When Carriers Have Market Power, 2002) η αγορά αποτελείται από N αεροπορικές εταιρίες που γίνονται αντιληπτές στον πελάτη ως ενιαίο και ομογενές σύστημα και όχι ατομικά και διαγωνίζονται σύμφωνα με τις

αρχές που έθεσε ο (Cournot, Recherches sur les Principes Mathematiques de la Theorie des Richesses, 1838). Στο μοντέλο του ο Bruckner διαχωρίζει τις περιόδους μετακίνησης σε αιχμή και εκτός αιχμής (π.χ. νωρίς το πρωί ή αργά το απόγευμα). Η περίοδος αιχμής αποτελείται από τμήματα μη συνεχή μέσα στην ημέρα, δηλαδή στις ώρες μέγιστης επιβατικής κίνησης. Επίσης γίνεται η παραδοχή ότι η συμφόρηση συμβαίνει μόνο σε αυτές τις περιόδους αιχμής και όχι στις υπόλοιπες, δηλαδή τις περιόδους εκτός αιχμής. Η συμφόρηση αιχμής ονομάζεται n_p και το κόστος που προκύπτει από αυτήν είναι : $c + g(n_p)$ όπου c είναι το κόστος λειτουργίας των αεροπορικών εταιριών ανά πτήση και είναι κοινό για όλες τις περιόδους. Ο όρος $g(n_p)$ αφορά το κόστος καθυστέρησης λόγω συμφόρησης στην περίοδο αιχμής και για μικρή συμφόρηση θεωρείται κοντά στο μηδέν αλλά πάντα θετικό. Για τους επιβάτες ορίζεται ο δείκτης θ αντί για φθίνουσα συνάρτηση ζήτησης και αποτελεί ένα συνεχές χρηστών ανάμεσα στο 0 και στο 1 και στην συνέχεια, επιλέγεται αν θα προτιμηθεί μετακίνηση κατά την περίοδο αιχμής(συμβολίζεται ως θ^*) είτε όχι (ως θ). Τα θ και θ^* θεωρούνται αλληλοσυγχετισμένα:

$$1 - \theta^* = s \sum_{i=1}^k n_p^i$$

$$\theta^* - \theta = s \sum_{i=1}^k n_o^i$$

(* Με s συμβολίζεται ο αριθμός θέσεων ανά πτήση)

Σε αυτή την κατακόρυφη δομή του μοντέλου με την παραγώγιση χωρίς να ληφθούν υπόψη η συμφόρηση και το εισόδημα οι χρήστες θα επέλεγαν πάντα την περίοδο αιχμής (Basso & Zhang, An Interpretative

Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007). Επομένως, η απόφαση για την περίοδο κατά την οποία θα μετακινηθεί ο χρήστης γίνεται με βάση το πλήρες κόστος μετακίνησης, δηλαδή και του κόστους καθυστέρησης από την συμφόρηση αν επιλέξει την αιχμή. Επίσης ως παραδοχή λόγω της μετακίνησης για εργασία στις πρώιμες και ύστερες περιόδους αιχμής το όφελος για ταξίδι στην αιχμή αυξάνεται σε σχέση με αυτό εκτός αιχμής: $\dot{b}_p > \dot{b}_o$ όσο αυξάνεται το θ . Κατόπιν οι αεροπορικές εταιρίες καθορίζουν τις ποσότητες που θα διαθέσουν στην αγορά (πόσοι θα μετακινηθούν) σύμφωνα με το πως αποφασίζουν οι χρήστες. Η συμφόρηση επηρεάζει και αυτήν την απόφαση. Από την ισορροπία του συστήματος προκύπτει τελικά η κατανομή ανάμεσα σε μετακινήσεις εντός και εκτός αιχμής. Μεγιστοποιώντας τα κέρδη των εταιριών ως προς τα δύο αυτά μεγέθη προκύπτει τελικά:

$$\begin{aligned} [b_p(\theta^*) - t(n_p) - b_o(\theta^*)] - n_p^j \dot{t}(n_p) - \left(\frac{1}{s}\right) [g(n_p) + n_p^j \dot{g}(n_p)] \\ - sn_p^j [\dot{b}_p(\theta^*) - \dot{b}_o(\theta^*)] = 0 \end{aligned}$$

$b(\theta^*)$ η συνάρτηση των ωφελειών που προκύπτει από το ταξίδι σε περίοδο αιχμής)

Στην περίπτωση της συμφόρησης στην ώρα αιχμή ο *Brueckner* αναζητά τη βέλτιστη επιβολή φόρου στις αεροπορικές εταιρίες για να αναστρέψει τις αρνητικές επιπτώσεις της καθυστέρησης λόγω της συμφόρησης. Ο βέλτιστος φορολογικός τύπος με βάση το παρών μοντέλο είναι:

$$\tilde{R}(n_p) = \left(1 - \frac{1}{k}\right) [sn_p \dot{t}(n_p) + n_p \dot{g}(n_p)]$$

Η επιβολή του φόρου μετακυλύει το θ^* και n_p προς το βέλτιστο για το κοινωνικό όφελος των χρηστών του αεροδρομίου, παρότι παράλληλα αυξάνει το κόστος εισιτηρίου κατά την περίοδο αιχμής. Το συμπέρασμα

στο οποίο καταλήγει είναι ότι οι εταιρίες εσωτερικεύουν την συμφόρηση που προκαλείται από τα αεροπλάνα τους και αγνοούν εκείνη που προκαλούν οι ίδιες στα άλλα. Αποτέλεσμα των παραπάνω, να είναι περιορισμένος ο ρόλος των αερολιμένων ως προς την επιβολή τελών για την εξάλειψη της συμφόρησης. Σε περίπτωση δύο συμμετρικών αεροπορικών εταιριών(χωρίς κίνητρο να επιλεγεί η μία έναντι της άλλης, με ίδια δύναμη και επιρροή) η βέλτιστη επιβολή του φόρου-τέλους γίνεται κατά την περίοδο συμφόρησης και είναι ίση με το κόστος συμφόρησης λόγω του μεγαλύτερου χρόνου σε κάθε πτήση μείον το μερίδιο του κάθε αερομεταφορέα.

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά μοντέλα αναπτύχθηκε πάνω στη βάση εκείνου του Brueckner από τους (Zhang & Zhang, Airport capacity and congestion when carriers have market power, 2006), το οποίο αξιοποιεί την θεωρία της κατακόρυφης ζήτησης λύνοντας την ισορροπία ενός συστήματος N αερομεταφορέων και καταλήγει στην βέλτιστη πολιτική τιμολόγησης και χωρητικότητας. Στο άρθρο αυτό εξετάζονται τρεις περιπτώσεις ιδιοκτησίας του αερολιμένα: ιδιώτης ο οποίος μεγιστοποιεί το κέρδος, ένας δημόσιος οργανισμός που μεγιστοποιεί την κοινωνική ωφέλεια των χρηστών και ένας δημόσιος οργανισμός που έχει δημοσιονομικό περιορισμό. Στην περίπτωση που το αεροδρόμιο ανήκει στο δημόσιο χωρίς οικονομικό περιορισμό θα έχει χωρητικότητα τέτοια ώστε το οριακό κόστος αυτής της χωρητικότητας να εξισωθεί με τα οριακά οφέλη της μείωσης των καθυστερήσεων. Η τιμή και η χωρητικότητα αποτελούν μεταβλητές για το μοντέλο αυτό και η δομή της αγοράς, όπως ο αριθμός των εταιριών που συμμετέχουν δεν επηρεάζουν τη ζήτηση και την χωρητικότητα (Basso & Zhang, An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007). Όταν οι εταιρίες έχουν δύναμη και επιρροή στην αγορά. Έχει επισημανθεί από πολλούς συγγραφείς ότι δεν υπάρχει περιθώριο για φόρο συμφόρησης μιας και οι

αεροπορικές εταιρίες έχουν αναλάβει αυτό το ρόλο. Δηλαδή, θα χρεώσουν το επιπλέον κόστος καθυστέρησης στους χρήστες και αυτό θα επιφέρει μείωση της ζήτησης εξαιτίας της αύξησης της τιμής του εισιτηρίου και άρα αποσυμφόρηση. Ένα μειονέκτημα είναι ότι έτσι ο αερολιμένας θα χάσει ένα σημαντικό έσοδο, αυτό του φόρου συμφόρησης που θα χρηματοδοτούσε την επέκταση του αερολιμένα. Όπως αποδεικνύουν οι (Zhang & Zhang, Airport capacity and congestion when carriers have market power, 2006) στην περίπτωση της δημόσιας κυριότητας θα υπάρξει έλλειμμα για αυτό εξετάζονται οι περιπτώσεις της λήψης απόφασης υπό το γεγονός ότι δεν μπορεί να έχει απώλειες το αεροδρόμιο(δημοσιονομικός περιορισμός) και της ιδιωτικοποίησης του. Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει είναι πως και στις δύο περιπτώσεις επενδύονται περισσότερα από όσα πρέπει στην χωρητικότητα(δηλαδή το οριακό κόστος της επέκτασης ξεπερνά το οριακό όφελος από την μείωση της συμφόρησης). Αυτό συμβαίνει όταν θεωρούμε αερομεταφορείς με επιρροή στην αγορά και συνδέεται θεωρητικά με τις συγχωνεύσεις εταιριών και προβλήματα στους αερολιμένες.

5.5 Αναλυτικά μοντέλα και θεωρία των παιγνίων

Μοντέλο (Matsumura&Matsushima, 2010)

Η έρευνα αυτή είχε ως στόχο την εξέταση των συνεπειών διαφορετικών ιδιοκτησιακών καθεστώτων στην επιβολής τελών. Ως αποτέλεσμα είναι η ανάπτυξη της ιδέας της εφαρμογής στατικών παιγνίων στα μοντέλα κάθετης προσέγγισης. Βασικό ρόλο έπαιξε το σύγγραμμα των (Matsumura&Matsushima, 2010) στο οποίο ορίζεται παίγνιο 2 παικτών δηλαδή δύο χώρες k=A,B εκ των οποίων η αγορά της B χαρακτηρίζεται ως μικρότερη ή ίση της A. Επίσης σε αυτό το παίγνιο

δραστηριοποιούνται δύο αεροπορικές εταιρίες για $i=1,2$ οι οποίες προσγειώνονται και στα δύο αεροδρόμια και ανταγωνίζονται για το μερίδιο της αγοράς. Οι εταιρίες αυτές ανήκουν σε μια χώρα η κάθε μία και θεωρούνται συμμετρικές και ισοδύναμες από την οπτική της επιρροής στην αγορά. Η ζήτηση δεν θεωρείται εξωγενής παράγοντας και εκφράζεται μέσω της συνάρτησης χρησιμότητας/utility function):

$$U_i = q_{1k} + q_{2k} - \frac{q_{1k}^2 + 2\gamma q_{1k}q_{2k} + q_{2k}^2}{2}$$

Το μοντέλο ορίζει για $i=1,2$ την ποσότητα που μετακινείται με την κάθε εταιρία (q_{ik} και κάθε μία ανήκει αντίστοιχα στις χώρες A,B. Η παράμετρος γ εκφράζει το κατά πόσο οι εταιρίες υποκαθιστούν η μία την άλλη, δηλαδή με $\gamma=0$ είναι εντελώς ανεξάρτητες ενώ με $\gamma=1$ πλήρως συμπληρωματικές. Στο παίγνιο των 2 παικτών εξετάζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί ιδιοκτησίας (π.χ. δημόσιο-δημόσιο, ιδιωτικό-δημόσιο, κ.τ.λ.). Η ροή του παιχνιδιού είναι η εξής: πρώτα επιλέγει το κάθε κράτος ξεχωριστά τη στρατηγική που θα ακολουθήσει σχετικά με την ιδιοκτησία του αερολιμένα, ύστερα ο κάθε οργανισμός θα επιλέξει την βέλτιστη χρέωση του τέλους ανάλογα με τον στόχο του. Εάν πρόκειται για το δημόσιο, η επιλογή του τέλους γίνεται μέσω της μεγιστοποίησης της συνάρτησης κοινωνικής ωφέλειας: $SW_k = \pi_{Uk} + CS_k + \pi_{Di}$, ενώ εάν είναι ιδιώτης αποκλειστικός στόχος είναι η μεγιστοποίηση της κερδοφορίας: π_{uk}

Με π_{uk} συμβολίζουμε το κέρδος του αερολιμένα της εκάστοτε χώρας, με π_{Di} της κάθε εταιρίας που ανήκει στο αντίστοιχο κράτος και επομένως είναι παράγοντας κοινωνικής ευμάρειας η κερδοφορίας της και τέλος με CS_k το κέρδος για τον κάθε χρήστη που μετακινείται και εκφράζεται με τη μορφή πλεονάσματος του συστήματος της ζήτησης που μεταφέρεται σε όφελος του πελάτη. Λύνοντας αυτό το σύστημα 3 σταδίων οι

(Matsumura&Matsushima, 2010) καταλήγουν σε παραμετρικές λύσεις ισορροπίας των τελών που επιβάλλει το κάθε αεροδρόμιο και τελικά, συγκρίνουν τα κέρδη και την κοινωνική ωφέλεια που αποδίδεται στην κάθε χώρα.

Στην παραμετρική λύση για την εύρεση των τελών προκύπτει ότι με ίδιου τύπου επιλογή προκύπτει ίδια χρέωση, ενώ με διαφορετική ο ιδιώτης χρεώνει περισσότερα εκμεταλλευόμενος την χαμηλότερη χρέωση του δημόσιου αεροδρομίου που οφείλεται στο ότι συμπεριλαμβάνει στην συνάρτηση και άλλους παράγοντες εκτός από το κέρδος του. Οι πίνακες του παιγνίου (payoff matrixes) έχουν δύο μεταβλητές: το μέγεθος της αγοράς αναφορικά με της χώρας B που ονομάζουμε λ και το βαθμό συμπληρωματικότητας γ , συνεπώς η ισορροπία Nash συμβαίνει σε ένα ορισμένο πεδίο τιμών για τα λ και γ , που ανήκουν στο πεδίο τιμών από 0 έως 1. Από την λύση προκύπτει ότι μια ισορροπία ιδιώτης-ιδιώτης θα συμβεί στις περισσότερες περιπτώσεις, ενώ υπάρχει ένα μικρότερο ενδεχόμενο να συμβεί και η ισορροπία στο δημόσιο-δημόσιο. Οι (Matsumura&Matsushima, 2010) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ιδιωτικοποίηση ενός αεροδρομίου μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση κοινωνικής ωφέλειας παρά το γεγονός ότι ο στόχος είναι η μεγιστοποίηση των κερδών του αεροδρομίου. Αυτό οφείλεται στην προαναφερθείσα εκμετάλλευση του ιδιώτη της χαμηλής χρέωσης τελών του κρατικού αερολιμένα, αφού ανήκουν σε διαφορετικές χώρες και η ωφέλεια των κατοίκων της δημόσιας μειώνεται.

(Mantin, Airport complementarity: Private vs. government ownership, 2012)

Πάνω στην ίδια μεθοδολογία που αναπτύχθηκε το προηγούμενο σύγγραμμα μελετήθηκε το ιδιοκτησιακό καθεστώς από τον Mantin. Μάλιστα όπως αναφέρει οι δύο εργασίες αναπτύχθηκαν σχεδόν

ταυτόχρονα. Το ερευνητικό αυτό άρθρο ορίζει ένα παιγνιο αγοράς δύο αεροδρομίων που ανήκουν σε διαφορετικές χώρες τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με δύο αερομεταφορείς. Στο μοντέλο αυτό θεωρείται ότι τα αεροδρόμια συνδέονται αποκλειστικά μεταξύ τους και ότι μοιράζονται την ζήτηση, επίσης κάθε εταιρία είναι εθνικός αερομεταφορέας της αντίστοιχης χώρας.

B. Mantin / Transportation Research Part B 46 (2012) 381–388

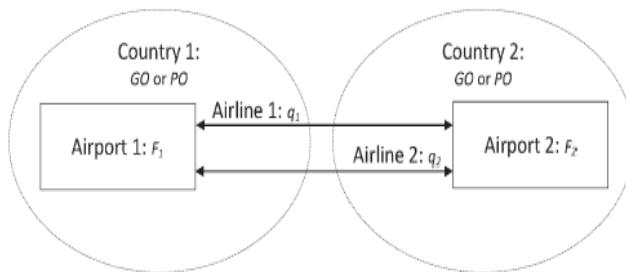


Fig. 1. Market structure and decisions: Cournot competition

Εικόνα 5-3: Το μοντέλο του Mantin για τα αεροδρόμια ως ολιγοπάλιο

Με F_i για $i=1,2$ συμβολίζεται το τέλος που χρεώνει κάθε αεροδρόμιο ανά επιβάτη και με q_k με $k=1,2$ η ποσότητα που μεταφέρει ο κάθε αερομεταφορέας από και προς τα αεροδρόμια, με την παραδοχή ότι οι μετακινήσεις γίνονται μετ' επιστροφής για κάθε χρήστη. Η ζήτηση θεωρείται εξωγενής σε αντίθεση με την παραδοχή των (Matsumura&Matsushima, 2010) η οποία είναι μία φθίνουσα γραμμική συνάρτηση σύμφωνα με τον (Cournot, Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses, 1838): $Q_i = 1 - P_i$, όπου P_i το πλήρες αντίτιμο που πληρώνει ο κάθε μετακινούμενος για την μετακίνησή του. Το πλήρες αντίτιμο ισούται με το κόστος μετακίνησης που καταβάλλει ο χρήστης στον αερομεταφορέα και τα τέλη που

χρεώνεται σε κάθε αεροδρόμιο η εταιρία τα οποία μεταβιβάζονται πλήρως στον πελάτη. Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως το κόστος καθυστέρησης λόγω συμφόρησης δεν προσμετρείται, όπως στην πλειονότητα των μοντέλων παραδοσιακής αλλά και κάθετης προσέγγισης. Το μοντέλο επίλυσης για την εύρεση της ισορροπίας Nash είναι όμοιο με αυτό των (Matsumura&Matsushima, 2010), αφού έχουμε επίλυση τριών σταδίων. Εδώ όμως οι εταιρίες ανταγωνίζονται σύμφωνα με τον Cournot και καθορίζουν την ποσότητα που θα διαθέσουν στην αγορά σύμφωνα με την μεγιστοποίηση των κερδών τους. Οι αερολιμένες εν συνεχεία ανάλογα με το ιδιοκτησιακό καθεστώς που επέλεξαν μεγιστοποιούν το κέρδος τους ή την κοινωνική ωφέλεια ώστε με την επίλυση της ισορροπίας να προκύψει λύση για την χρέωση των τελών (σύστημα 2x2).

Στο συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει ο (Mantin, Airport complementarity:Private vs. government ownership and welfare gravitation, 2012) είναι ότι το σύστημα παρουσιάζει ισορροπία Nash στο σημείο στο οποίο ιδιωτικοποιούνται και οι δύο αερολιμένες. Όμως, από πλευράς κοινωνικής ωφέλειας θα ήταν κερδισμένοι αν παρέμεναν υπό δημόσια ιδιοκτησία. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση η περίπτωση της ιδιωτικοποίησης μόνο του ενός αεροδρομίου, με το κρατικό να χάνει κοινωνική ωφέλεια και να μετακυλύει στο ιδιωτικό παρά το γεγονός ότι το τελευταίο έχει ως στόχο την μεγιστοποίησή της.

5.6 Μοντέλα χρέωσης τελών σε δίκτυα αεροδρομίων

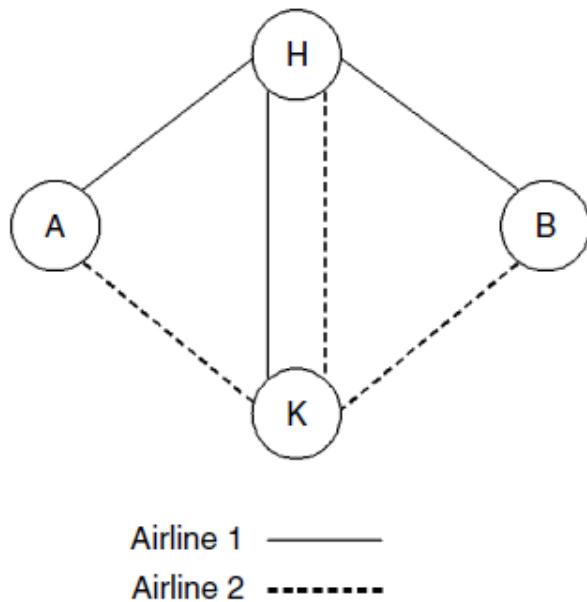
(Oum et al, 1996)

Όπως είδαμε προηγουμένως τα αναλυτικά μοντέλα που εκφράζουν το κέρδος και την κοινωνική ωφέλεια χρησιμοποιήθηκαν ώστε να βρεθεί η βέλτιστη χρέωση τελών σε ένα ή δύο αλληλένδετα αεροδρόμια. Με την λογική αυτή εφαρμόστηκαν αργότερα και σε δίκτυα αεροδρομίων που θεωρούνται συμπληρωματικά όπως στην περίπτωση κομβικών αεροδρομίων που συνδέονται με τοπικά, όπου η απογείωση από ένα τοπικό αεροδρόμιο σημαίνει προσγείωση στο κομβικό (Basso & Zhang, An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007). Μεγάλη είναι η συνεισφορά των (Oum et al, 1996) που εξετάζουν δύο περιπτώσεις, τον έλεγχο του δικτύου από το κράτος ή την ιδιωτικοποίηση σε ξεχωριστές εταιρίες για τον κάθε οργανισμό. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε είναι ότι με κοινή τιμολογιακή πολιτική, δηλαδή την αντιμετώπιση του δικτύου ως ενιαίο σύστημα χρέωσης τελών, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη κοινωνική ωφέλεια από την ιδιωτικοποίηση του δικτύου. Η επίλυση αποδεικνύει πως υπάρχει κέρδος στην μετάβαση από ανεξάρτητες ιδιοκτησίες σε μία ενιαία για όλο το δίκτυο, με παραδοχή όμως πως η ζήτηση είναι συμπληρωματική ανάμεσα στα αεροδρόμια αυτά. Η εργασία μπορεί να αφορούσε τις ιδιωτικοποιήσεις της Αμερικής της δεκαετίας του 90', όμως το συμπέρασμα μπορεί να γενικευτεί και να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικές έρευνες.

(Brueckner, Internalization of airport congestion:A network analysis, 2005)

Το μοντέλο του (Brueckner, Internalization of airport congestion:A network analysis, 2005) αποτελεί ένα σύστημα τεσσάρων αεροδρομίων

εκ των οποίων τα δύο είναι κομβικά(H,K) και δύο τοπικά(A,B). Για την μεταφορά των χρηστών ορίζονται δύο εταιρίες που έχουν συμμετρικές διαδρομές.



Εικόνα 1: Το μοντέλο δίκτυου του Brueckner

Οι συναρτήσεις και οι παραδοχές του μοντέλου για τη ζήτηση βασίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην πρώτη ανάπτυξη από τον ίδιο της κάθετης προσέγγισης για δύο αεροδρόμια (Brueckner, Airport Congestion When Carriers Have Market Power, 2002). Σε αυτή την περίπτωση με παραγώγιση των γνωστών συναρτήσεων(κερδών-κοινωνικής ωφέλειας) βρίσκεται η βέλτιστη χρέωση του τέλους συμφόρησης. Επίσης, γίνεται η παραδοχή ότι συμφόρηση μπορεί να προκύψει μόνο στα κομβικά αεροδρόμια. Στο συμπέρασμα στο οποίο ο (Brueckner, Internalization of airport congestion:A network analysis, 2005) κατέληξε για τη συμφόρηση σε ένα κομβικό αερολιμένα είναι πως οι αεροπορικές εταιρίες εσωτερικεύουν το κόστος ανάλογα με τον αριθμό πτήσεων που έχουν στο συγκεκριμένο αεροδρόμιο και όχι τη γενική τους παρουσία στο δίκτυο. Γι αυτό ο φόρος-τέλος λόγω συμφόρησης θα είναι ίσος με το

κόστος του επιπλέον χρόνου πτήσεων μείον του μεριδίου πτήσεων του φορέα στο αεροδρόμιο που εξετάζεται. Επομένως είναι σημαντικό ο φόρος να επιβάλλεται διαφορετικά για κάθε εταιρία για να επιτυγχάνονται τα μέγιστα οφέλη και η πιο εύρυθμη λειτουργία ενός τέτοιου δικτύου.

(Lin, 2013)

Το μοντέλο του (Lin, 2013) αποτελεί μία εξέλιξη εκείνων των (Brueckner, Internalization of airport congestion:A network analysis, 2005) και (Oum et al, 1996), περιλαμβάνοντας ένα μόνο κομβικό αεροδρόμιο που συνδέεται με δύο τοπικά, αντί για δύο κομβικά.

M.H. Lin/Transportation Research Part B 54 (2013) 51–67

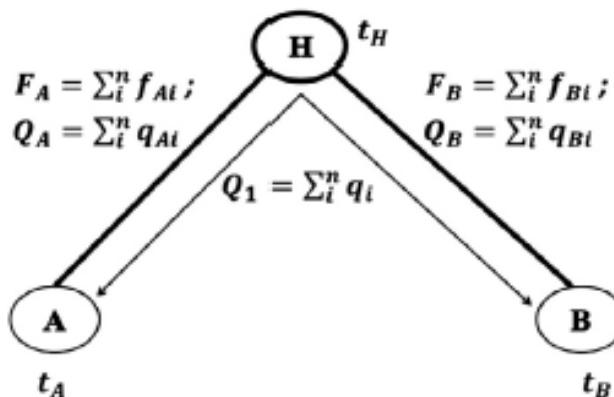


Fig. 1. Airports and airlines in a simple hub-spoke network.

Εικόνα 5-4: Το μοντέλο κομβικού με τοπικά αεροδρόμια

Οι παράμετροι που ορίζονται στο μοντέλο:

Q_A : Η συνολική ζήτηση για τη διαδρομή AH

Q_B : Η συνολική ζήτηση για τη διαδρομή BH

Q_1 : Η ζήτηση για την μακρινή διαδρομή AB με στάση στον κόμβο H

n: Ο αριθμός των αεροπορικών εταιριών με συμμετρικότητα στο δίκτυο

$F_{A,B}$: Οι συχνότητες πτήσεων

$t_{A,B}$: Η χρέωση τέλους προσγείωσης/απογείωσης του αεροδρομίου

$p_{A,B}$: Κόστος εισιτηρίου

Η διαφορά αυτού του μεταγενέστερου συγγράμματος είναι ότι εξετάζει ξεχωριστά την περίπτωση ιδιωτικής ή κρατικής ιδιοκτησίας των αεροδρομίων, τοπικών ή του κομβικού. Εδώ πάλι θεωρούμε ότι συμφόρηση και κόστος εξαιτίας αυτής υπάρχει μόνο στο κομβικό αεροδρόμιο και επίσης στο μοντέλο εισέρχεται η συχνότητα των πτήσεων ως μεταβλητή η επιλογή των οποίων ανήκει στους αερομεταφορείς που αντιδρούν στις τιμολογιακές αλλαγές των αεροδρομίων. Στην ουσία με αύξηση των τελών μειώνονται οι πτήσεις στις διαδρομές που η μία άκρη τους είναι το ίδιο. Η δομή του προβλήματος ισορροπίας είναι κατακόρυφη με την ζήτηση να εξαρτάται από την χρέωση και τις συχνότητες. Οι εταιρίες ανταγωνίζονται σύμφωνα με τον (Cournot, Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses, 1838) και θέτουν τις ποσότητές τους σύμφωνα με τη βέλτιστη αποκομιδή κέρδους:

$$\max_{q_{Ai}, q_{Bi}, q_i} \pi_i = p_A(*)q_{Ai} + p_B(*)q_{Bi} + p_1(*)q_i - \sum_J^{A,B} (t_J + tH(qJi+qi)).$$

Έπειτα τα αεροδρόμια καθορίζουν τις συνθήκες πρώτου βαθμού χρέωσης τελών ανάλογα με το ιδιοκτησιακό καθεστώς από τον (Lin,

2013), συγκεκριμένα εξετάζονται τρία σενάρια⁸. Τα σενάρια είναι: Όλα τα αεροδρόμια ανήκουν στο κράτος και μεγιστοποιείται και για τα τρία μαζί η κοινωνική ωφέλεια:

$$W = \sum_J^{A,B} \left\{ \left[\int_0^{Q_J} \rho_J(\xi) d\xi \right] + [\beta F_J - \gamma(F_J + F_K)] Q_J \right\} + \left[\int_0^{Q_1} \rho_1(\xi) d\xi \right] \\ + \left[\beta \left(\frac{F_A + F_B}{2} \right) - 2\gamma(F_A + F_B) \right] Q_1$$

Ως δεύτερη περίπτωση το κομβικό να είναι ιδιωτικό και τα τοπικά δημόσια με το κομβικό να μεγιστοποιεί το κέρδος του:

$$\max_{t_H} \pi_H(t_H, t_A, t_B) = st_H(nf_A^e + nf_B^e)$$

και ως τρίτο σενάριο το αντίστροφο με υποπεριπτώσεις το ένα από τα δύο τοπικά να ανήκει στο κράτος. Όταν δεν υπάρχει δημοσιονομικός περιορισμός η κρατική ιδιοκτησία ορίζει αρνητικά τέλη για να μεγιστοποιηθεί η κοινωνική ωφέλεια, όταν όμως ορίζουμε συνθήκη ($\pi_{A,B} \geq 0$) αναγκάζεται να ορίσει τέλη ώστε να εξισώνουν το οριακό κόστος με αποτέλεσμα να χάνεται κοινωνική ωφέλεια από το σύστημα.

⁸ Εξετάζονται γραφικώς τα πεδία τιμών βέλτιστων χρεώσεων για $n=2$ και $n=\infty$ μιας και οι εξισώσεις πρώτων παραγώγων είναι παραμετρικές ως προς n .

Κεφάλαιο 6

Το μοντέλο συστήματος πολλαπλών αεροδρομίων

6.1 Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εξετάζει την επιβολή τελών σε ένα σύστημα τριών αεροδρομίων εκ των οποίων τα δύο ανήκουν στην ίδια περιοχή (multi-airport region). Το τρίτο είναι αεροδρόμιο διαφορετικής χώρας από αυτή που προέρχονται τα δύο πρώτα. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πολλά μοντέλα που εξετάζουν της επιλογές ενός ή δύο αλληλένδετων αεροδρομίων λίγες περιπτώσεις είναι εκείνες που έχουν εξετάσει τα συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων (Borger & Dender, 2006), (Basso & Zhang, An interpretative survey of analytical models of airport pricing, 2007), (Noruzoliaee, Zou, & Zhang, 2015). Η ανάπτυξη περισσότερων από ενός αερολιμένα σε μία μητροπολιτική περιοχή έχει αρχίσει να κυριαρχεί ήδη σε αρκετές περιοχές. Επομένως, είναι σημαντικό να εξετάσουμε πως η ιδιωτικοποίηση θα επηρεάσει τις αποφάσεις των χρεώσεων τελών σε τέτοια μη μονοπωλιακά συστήματα. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία ανάπτυξης μοντέλων απόφασης χρέωσης τελών δεν έχει ληφθεί υπόψη η συμπληρωματικότητα των αεροδρομίων. Τέτοιες ενέργειες έχουν γίνει μόνο σε δίκτυα κομβικού αεροδρομίου που επικοινωνεί με τοπικά (hub-n-spoke) (Lin, 2013) και συστήματα με μόνο δύο αλληλένδετα αεροδρόμια (Mantin, Airport complementarity:Private vs. government ownership and welfare gravitation, 2012).

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της ύπαρξης συστημάτων πολλαπλών αεροδρομίων (αντί για ένα μόνο αερολιμένα) είναι ότι αυξάνεται η πιθανότητα να οδηγήσει σε μία πιο σταδιακή διαδικασία ιδιωτικοποίησης: όπως για παράδειγμα την ιδιωτικοποίηση ενός και μόνο αερολιμένα αντί για ταυτόχρονη αποκρατικοποίηση όλων ταυτοχρόνως.

Η ταυτόχρονη ύπαρξη κρατικών και ιδιωτικών αεροδρομίων υπάρχει σε πόλεις όπως η Στοκχόλμη το Γιοχάνεσμπουργκ και η Τεχεράνη (Bonnefoy A. P., Role of privitization of airports in the evolution and development of multi-airport systems, 2007).

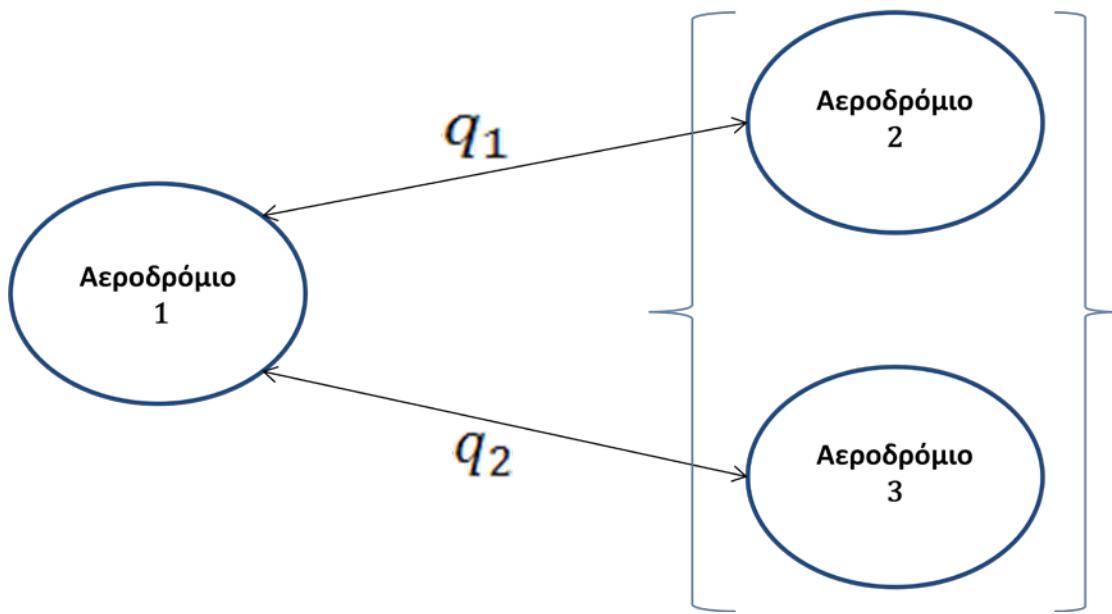
Ο σκοπός του μοντέλου που αναπτύχθηκε είναι να βρεθεί το βέλτιστο ιδιοκτησιακό καθεστώς που θα οδηγήσει στις βέλτιστες δυνατές χρεώσεις τελών, με την επίτευξη ισορροπίας Nash (*Nash equilibrium*). Οι 9 διαφορετικοί συνδυασμοί των 3 αεροδρομίων θα εξεταστούν στο πλαίσιο της αναζήτησης ισορροπίας. Επίσης θα εξεταστούν τα αποτελέσματα της περίπτωσης που τα δύο αεροδρόμια της ίδιας περιοχής (*multi-airport region*) αποκτήσουν τον ίδιο ιδιοκτήτη, δηλαδή (1) είτε το κεντρικό κράτος, (2) είτε την ίδια ιδιωτική εταιρία (π.χ. Fraport). Το μοντέλο επίλυσης ακολουθεί τα βήματα της κάθετης προσέγγισης που αναφέραμε στο κεφάλαιο 5.

6.2 Ανάλυση του μοντέλου

Στο συγκεκριμένο μοντέλο τα αεροδρόμια της χώρας 2 αποτελούν ένα πολλαπλό σύστημα αεροδρομίων και συνδέονται μόνο με το αεροδρόμιο της χώρας 1 αποτελώντας ένα ολιγοπάλιο 3 αεροδρομίων. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η βασική διάταξη τους και ο τρόπος που συνδέονται μεταξύ τους. Η σύνδεση των δύο και τρία δεν υφίσταται, λόγω του ότι εξυπηρετούν την ίδια μητροπολιτική περιοχή.

ΧΩΡΑ Α

ΧΩΡΑ Β



Όπως φαίνεται στο σχήμα τα αεροδρόμια συμβολίζονται με $i=1,2,3$ και οι μεταβλητές q_1, q_2 αποτελούν τις ποσότητες των μετακινούμενων στην κάθε διαδρομή.

6.3 Ανταγωνισμός Cournot

-Η συνάρτηση ζήτησης

Αν θεωρήσουμε ότι η αγορά αποτελείται από τρείς κόμβους με σύνδεση μόνο του πρώτου με τους δύο τελευταίους. Οι συνδέσεις πραγματοποιούνται από μία αεροπορική εταιρεία που ελέγχει και τις δύο διαδρομές. Σε αυτό το μοντέλο επιλέγουμε μονοπώλιο αντί για το γνωστό δυοπώλιο Cournot για να αναδείξουμε τον ανταγωνισμό των αερολιμένων. Έτσι σύμφωνα με τους (Noruzoliaee, Zou, & Zhang, 2015) για να επικεντρωθούμε στις ιδιωτικοποιήσεις της περιοχής πολλαπλών αεροδρομίων και του ανταγωνισμού τους πρέπει να μην συμπεριλάβουμε

τον ανταγωνισμό και τις στρατηγικές αλληλεπιδράσεις των αερομεταφορέων. Γι' αυτό στο μοντέλο αυτό το κόμιστρο που καταβάλλει ο χρήστης στην εταιρία θα θεωρείται σταθερό και ίδιο στις δύο διαδρομές.

Η ζήτηση είναι διαφορετική για το κάθε αεροδρόμιο, με εκείνο της χώρας 1 να συγκεντρώνει αθροιστικά την ζήτηση των άλλων δύο. Με αυτήν την έννοια το αεροδρόμιο της χώρας 1 θεωρείται συμπληρωματικό με εκείνα της χώρας 2 αφού στην ουσία μοιράζονται την συνολική ζήτηση (Mantin, Airport complementarity: Private vs. government ownership, 2012). Αν η ιδιοκτησία είναι κρατική τότε επιδιώκει να μεγιστοποιήσει την μέγιστη κοινωνική ωφέλεια, δηλαδή το κέρδος του αεροδρομίου συν το κέρδος των χρηστών. Εάν ο αερολιμένας ανήκει σε ιδιώτη τότε αποκλειστική επιδίωξή του είναι το μέγιστο κέρδος.

Στο πρώτο στάδιο της επίλυσης, η κυβέρνηση του κάθε κράτους αποφασίζει τί είδος ιδιοκτησίας θα έχουν τα αεροδρόμια. Τα είδη είναι δύο είτε ιδιωτική (ΙΔ) είτε κρατική (ΚΡ).

Άπαξ και αποφασιστούν τα είδη ιδιοκτησίας των αεροδρομίων τα τρία αεροδρόμια θέτουν ταυτόχρονα τις χρεώσεις των τελών⁹. Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 2 υποθέτουμε ότι αυτές οι χρεώσεις, χρεώνονται στις αεροπορικές εταιρίες και περνάνε στους χρήστες μέσω του εισιτηρίου¹⁰.

Έτσι ορίζουμε για κάθε αεροδρόμιο τα τέλη: F_i , $i \in \{1,2,3\}$ που χρεώνουν τα αεροδρόμια σε όλους τους επιβάτες. Κάθε επιβάτης πρέπει να καταβάλει τέλη σε δύο αεροδρόμια, σε αυτό που επιβιβάζεται και σε αυτό που αποβιβάζεται. Σύμφωνα με το μοντέλο μας το ένα από τα δύο θα είναι σίγουρα στο αεροδρόμιο 1.

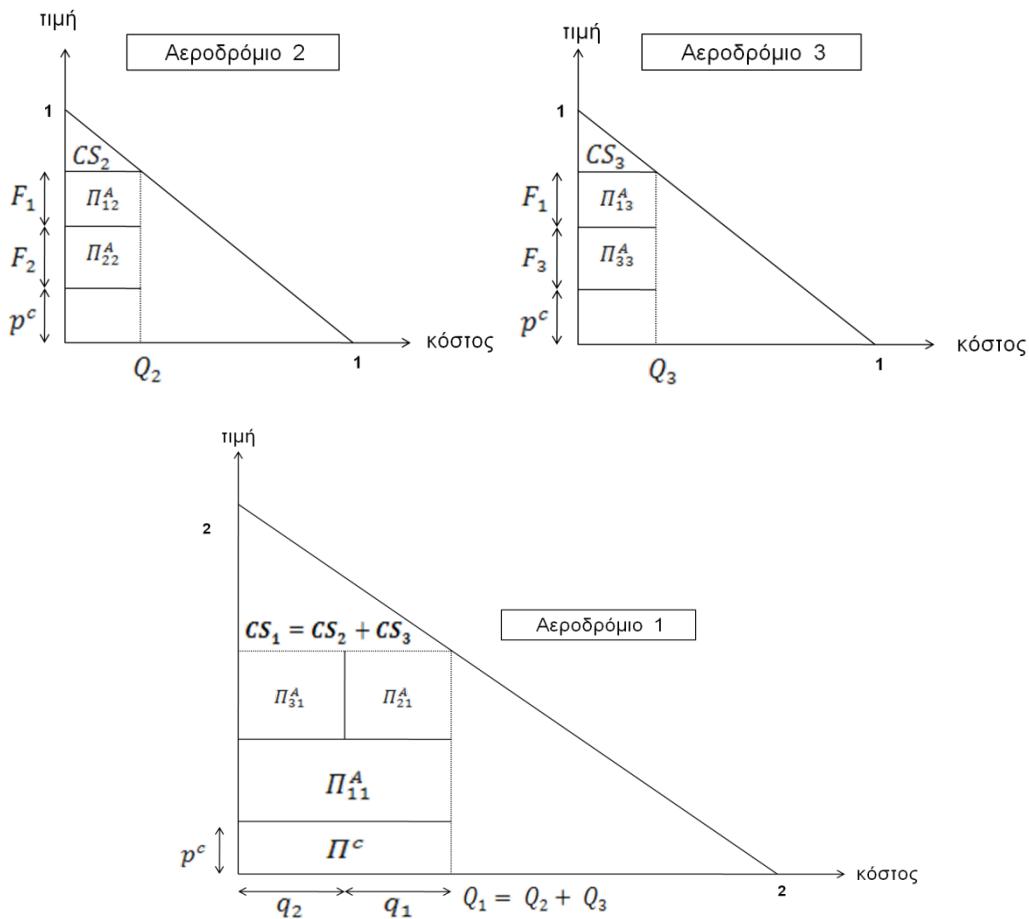
⁹ Μοναδική εξαίρεση είναι οι περιπτώσεις όπου τα αεροδρόμια της χώρας 2 ανήκουν στον ίδιο ιδιοκτήτη όπου οι δύο τιμές αποφασίζονται από μία διαχειριστική αρχή.

¹⁰ Υποθέτοντας συγκεκριμένο ποσοστό φόρτου για το αεροσκάφος τα τέλη προσγείωσης ισούνται με τα τέλη των επιβατών (Brueckner, Airport Congestion When Carriers Have Market Power, 2002).

Με δεδομένα τα τέλη πλέον στο τελευταίο στάδιο της λύσης έχουμε τις ποσότητες των επιβατών που τις καθορίζει η αεροπορική εταιρία για τις δύο διαδρομές q_1 και q_2 κάτω από το δυοπάλιο Cournot ώστε να επαληθεύουν τη ζήτηση. Με p^c θα συμβολίσουμε το κόμιστρο που θα πληρώσουν οι χρήστες, το οποίο θεωρείται κοινό για τις δύο διαδρομές¹¹ και για τις δύο χώρες αφού μοιράζονται τη ζήτηση.

Η ζήτηση θεωρούμε πως είναι μία γραμμική φθίνουσα συνάρτηση με απλοποιημένη μορφή: $Q_i = 1 - P_i$ όπου το Q_i η συνολική ζήτηση του κάθε αεροδρομίου που μετακινείται από τον μονοπωλιακό αερομεταφορέα. και με P_i συμβολίζουμε το πλήρες κόστος του εισιτηρίου που πληρώνει ο χρήστης προερχόμενος από το αεροδρόμιο i . Ως πλήρες κόστος θεωρούμε το άθροισμα του κομίστρου που καταβάλλεται για τις υπηρεσίες που προσφέρει ο αερομεταφορέας p^c και των δύο τελών που πληρώνει στα αντίστοιχα αεροδρόμια, είτε δηλαδή F_1 και F_2 , είτε F_1 και F_3 . Υποθέτουμε ότι η ζήτηση για μετακίνηση από την κάθε χώρα είναι για ταξίδι μετ' επιστροφής. Έτσι μπορούμε να εκλάβουμε τη ζήτηση ως προϊόν ανταγωνισμού σε κάθε διαδρομή. Επίσης στο σύνολο των δύο χωρών η ζήτηση θεωρείται ένα προϊόν που μοιράζεται σε δύο αεροδρόμια, στην περίπτωση που τα αεροδρόμια 2,3 ανήκουν στον ίδιο διαχειριστή.

¹¹ Το εισιτήριο θεωρείται κοινό και για τις δύο διαδρομές καθώς έτσι το κύριο ζήτημα είναι πλέον οι αποφάσεις των αερολιμένων.



Στα παραπάνω σχήματα βλέπουμε τις συναρτήσεις ζήτησης των τριών αεροδρομίων, παρατηρώντας πως εκείνη του πρώτου είναι ίση με το άθροισμα των άλλων δύο. Με την έννοια δύο χωρών η ζήτηση είναι ίση και συμπληρωματική. Η συνολική τιμή του εισιτηρίου του κάθε χρήστη: $P_{12} = P_{21} = F_1 + F_2 + p^c$ αν η διαδρομή είναι εκείνη για το αεροδρόμιο 2 και $P_{13} = P_{31} = F_1 + F_3 + p^c$ για την διαδρομή που περιλαμβάνει το αεροδρόμιο 3. Κάθε καμπύλη ζήτησης περιλαμβάνει την ωφέλεια των χρηστών του αεροδρομίου, τα κέρδη του και τα κέρδη του αερομεταφορέα. Για παράδειγμα στο σχήμα της ζήτησης Q_1 έχουμε την ωφέλεια των χρηστών CS_1 τους επιβάτες που προέρχονται από το αεροδρόμιο 1 Π_{11}^A καθώς και εκείνους που φτάνουν από τα αεροδρόμια 2 και 3 Π_{21}^A και Π_{31}^A αντίστοιχα.

Παρατηρούμε ότι το μόνο που αλλάζει στην τελική τιμή είναι η χρέωση τελών των αεροδρομίων 2 και 3. Επομένως ο ανταγωνισμός επικεντρώνεται στις αποφάσεις των δύο που τελικώς επηρεάζουν την ζήτηση. Επομένως για τη ζήτηση έχουμε τις παρακάτω σχέσεις:

$$Q_2 = 1 - P_{21} = 1 - F_1 - F_2 - p^c$$

$$Q_3 = 1 - P_{31} = 1 - F_1 - F_3 - p^c$$

$$Q_1 = Q_{12} + Q_{13} = 1 - P_{12} + 1 - P_{13} = 2 - 2F_1 - F_2 - F_3 - 2p^c$$

άρα και $Q_1 = Q_2 + Q_3$.

Βλέπουμε πως η ζήτηση του αεροδρομίου 1 αποτελείται από δύο επιμέρους ζητήσεις (προς το αεροδρόμιο 2 και 3) που αθροιστικά είναι ίσες με εκείνες των δύο αεροδρομίων της χώρας 2. Βέβαια μπορούμε να της θεωρήσουμε και ως μία συνολική συνάρτηση εφόσον ο προορισμός είναι η ίδια περιοχή. Με βάση την τελευταία διατύπωση ισχύουν οι βασικές αρχές του δυοπωλίου Cournot, περί παροχής πανομοιότυπων υπηρεσιών από τα αεροδρόμια 2 και 3.

Από τα παραπάνω αθροίζουμε για να προκύψει η συνολική ζήτηση του συστήματος : $Q = \underbrace{Q_{12} + Q_{13}}_{Q_1} + Q_2 + Q_3 = 4 - 4F_1 - 2F_2 - 2F_3 - 4p^c$

Επίσης για τις ποσότητες των αεροπορικών εταιριών ισχύει: $q_1 + q_2 = Q$

Υποθέτουμε πως υπάρχει μηδενικό κόστος για τον αερομεταφορέα έτσι το κέρδος του δίνεται : $\Pi^c = (q_1 + q_2)p^c$, έτσι νιοθετώντας την ίδια παραδοχή για τα αεροδρόμια ισχύει:

$$\Pi_1^A = (q_1 + q_2)F_1, \quad \Pi_2^A = q_1F_2, \quad \Pi_3^A = q_2F_3.$$

Η ωφέλεια των χρηστών για κάθε αεροδρόμιο ι δίνεται από τον τύπο:

$$CS_i = \int_{p_i^*}^{p_i^{max}} Q_i(P_i) dP_i = \frac{1}{2}(1 - p^c - F_i - F_j)^2, j \neq i \text{ για } i \in \{2,3\}$$

και για $i = 1$:

$$CS_1 = \int_{p_1^*}^{p_1^{max}} Q_{12}(P_{12}) dP_{12} + \int_{p_2^*}^{p_2^{max}} Q_{13}(P_{13}) dP_{13} = CS_2 + CS_3$$

Η κοινωνική ωφέλεια δίνεται από όλους τους παράγοντες εκείνους που συνδέονται με την αεροπορική μετακίνηση: $SW_i = \Pi_i^A + CS_i, i \in \{1,2,3\}$

6.4 Ανάλυση του μοντέλου

Η λύση του μοντέλου θα γίνει αντίστροφα στα τρία στάδια ώστε να προκύψει η ισορροπία Nash του κάθε υποπαιγνίου. Πρώτα με τη βοήθεια της παραγώγισης θα βρούμε τις ποσότητες ισορροπίας του αερομεταφορέα που θα διαθέσει στην αγορά. Υστερα θα λυθεί το μοντέλο ώστε να βρεθούν οι μεταβλητές απόφασης του μοντέλου, δηλαδή τα τέλη των αεροδρομίων και τέλος θα καταλήξουμε στο κατάλληλο ιδιοκτησιακό καθεστώς του κάθε αεροδρομίου.

Όλοι ιδιώτες (ΙΔ-ΙΔ-ΙΔ)

Στην περίπτωση που όλα τα αεροδρόμια ανήκουν σε διαφορετικούς ιδιωτικούς οργανισμούς κάθε αεροδρόμιο έχει στόχο να μεγιστοποιήσει τα κέρδη του.

Πρώτα θα βρούμε τις ποσότητες που διαθέτει στις δύο διαδρομές ο αερομεταφορέας μεγιστοποιώντας το συνολικό του κέρδος. Στο μοντέλο αυτό ο αερομεταφορέας δεν διαλέγει τις δύο ποσότητες ξεχωριστά αλλά διαλέγει τον βέλτιστο συνδυασμό q_1 και q_2 ώστε να του αποφέρει το μέγιστο συνολικό κέρδος.

$$\Pi^c = (q_1 + q_2)p^c \rightarrow \frac{d\Pi^c}{d(q_1+q_2)} = 0 \quad (1)$$

Συνολική ζήτηση: $Q = q_1 + q_2 = 4 - 4F_1 - 2F_2 - 2F_3 - 4p^c$,

$$\text{επιλύοντας ως προς } p^c : \quad p^c = 1 - F_1 - \frac{1}{2}F_2 - \frac{1}{2}F_3 - \frac{q}{4}$$

Επομένως από την (1) έχουμε:

$$\frac{d\Pi^c}{d(q_1 + q_2)} = 0 \rightarrow q_1 + q_2 = 2 - 2F_1 - F_2 - F_3$$

$$Q_{12} + Q_2 = q_1 = 2(1 - F_1 - F_2 - p^c)$$

$$Q_{13} + Q_3 = q_2 = 2(1 - F_1 - F_3 - p^c)$$

$$\rightarrow q_1 = 1 - F_1 - \frac{3}{2}F_2 + \frac{1}{2}F_3$$

$$\rightarrow q_2 = 1 - F_1 - \frac{3}{2}F_3 + \frac{1}{2}F_2$$

Καταλήγουμε πως οι ποσότητες δεν είναι ίσες αλλά εξαρτώνται από τις

χρεώσεις των αεροδρομίων. Η διαφορά τους εξαρτάται από τα τέλη των αεροδρομίων 2 και 3 με την έννοια ότι με υψηλές χρεώσεις στο αεροδρόμιο 2 μειώνεται η ποσότητα της διαδρομής εκείνης ενώ ταυτόχρονα ενθαρρύνεται η αύξηση της ποσότητας για το αεροδρόμιο 3.

Στη συνέχεια προχωρούμε στην επίλυση του συστήματος ισορροπίας για την εύρεση των τελών των αεροδρομίων για την περίπτωση κατά την οποία όλα τα αεροδρόμια ιδιωτικοποιούνται.

Στην περίπτωση 1 κάθε αεροδρόμιο μεγιστοποιεί τα οφέλη του:

$$\frac{\partial \Pi_A^A}{\partial F_1} = 0 \tag{2.1}$$

$$\frac{\partial \Pi_B^A}{\partial F_2} = 0 \tag{3.1}$$

$$\frac{\partial \Pi_{\Gamma}^A}{\partial F_3} = 0 \quad (4.1)$$

Επιλύοντας το σύστημα 3x3 προκύπτει:

$$\begin{cases} F_1 = 3/8 \\ F_2 = 2/8 \\ F_3 = 2/8 \end{cases}$$

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα του υποπαιγνίου για την περίπτωση 1:

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	3/8	0.375	0.375	0.1875	0.1406	0.2813	0.3164
2	2/8					0.0938	0.1113
3	2/8					0.0938	0.1113

Δημόσια μόνο τα αεροδρόμια της χώρας 2 (ΙΔ-ΚΡ-ΚΡ)

Σε αυτή την περίπτωση τα αεροδρόμια της χώρας 2 ανήκουν στο κράτος χωρίς όμως εδώ να θεωρούνται υπό μία κεντρική διαχείριση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων αεροδρομίων είναι στην Ιαπωνία και στην Αμερική (π.χ. το κάθε αεροδρόμιο ανήκει σε μια νομαρχία). Σε κάθε κρατικό αεροδρόμιο στόχος της διαχειριστικής αρχής είναι η επίτευξη της μέγιστης κοινωνικής ωφέλειας ενώ στο αεροδρόμιο της χώρας 1 στόχος είναι η κερδοφορία του.

Το τρίτο στάδιο επίλυσης της επιλογής των δύο ποσοτήτων του αερομεταφορέα δεν θα λυθεί εκ νέου μιας και παράγει το ίδιο αποτέλεσμα.

Άρα το σύστημα εξισώσεων για την επίλυση των τελών:

$$\frac{\partial \Pi_1^A}{\partial F_1} = 0 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial SW_2^A}{\partial F_2} = 0 \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial SW_3^A}{\partial F_3} = 0 \quad (4.2)$$

Δίνει τελικά ύστερα από την αριθμητική επίλυση του 3X3:

$$\begin{cases} F_1 = 12/29 \\ F_2 = 5/29 \\ F_3 = 5/29 \end{cases}$$

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	12/29	0.4138	0.4138	0.2069	0.1713	0.3424	0.3853
2	5/29					0.0713	0.0927
3	5/29					0.0713	0.0927

Δημόσιο μόνο το ένα αεροδρόμιο της χώρας 2 (ΙΔ-ΙΔ-ΚΡ)

Η περίπτωση είναι για ιδιωτικό το αεροδρόμιο 2 και δημόσιο το 3, όμως τα αποτελέσματα για το αντίστροφο είναι γνωστά λόγω της συμμετρίας του συστήματος.

Συνεπώς οι εξισώσεις για μόνο ένα κρατικό αερολιμένα:

$$\frac{\partial \Pi_A^A}{\partial F_1} = 0 \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial SW_B^A}{\partial F_2} = 0 \quad (3.3)$$

$$\frac{\partial \Pi_\Gamma^A}{\partial F_3} = 0 \quad (4.3)$$

Έτσι προκύπτουν οι εξής τιμές:

$$\begin{cases} F_1 = 150/379 \\ F_2 = 88/379 \\ F_3 = 70/379 \end{cases}$$

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	150/379	0.3483	0.4433	0.1979	0.1566	0.3133	0.3530
2	88/379					0.0809	0.0960
3	70/379					0.0819	0.1064

Η ποσότητα που διοχετεύει η εταιρία στο κρατικό αεροδρόμιο αυξάνεται γιατί το κόστος που πληρώνει ο χρήστης είναι μικρότερο. Το άλλο ιδιωτικό αεροδρόμιο της περιοχής χρεώνει περισσότερο χάρη στην φθηνότερη χρέωση του πρώτου. Είναι όμως σε μία κατάσταση κατά την οποία κερδίζει λιγότερα από το δημόσιο εφόσον η εταιρία διοχετεύει μικρότερη ποσότητα σε αυτό.

Δημόσιο μόνο το αεροδρόμιο της χώρας 1 (ΚΡ-ΙΔ-ΙΔ)

Εδώ θα λύσουμε την περίπτωση που το αεροδρόμιο της χώρας 1 είναι δημόσιο και τα δύο αεροδρόμια της χώρας 2 είναι ιδιωτικά:

$$\frac{\partial SW_1^A}{\partial F_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Pi_2^A}{\partial F_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Pi_3^A}{\partial F_3} = 0 \quad (3)$$

Έτσι προκύπτουν οι εξής τιμές:

$$\begin{cases} F_1 = 9/29 \\ F_2 = 8/29 \\ F_3 = 8/29 \end{cases}$$

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	9/29	0.4138	0.4138	0.2069	0.1712	0.2568	0.2996
2	8/29					0.1141	0.1356
3	8/29					0.1141	0.1356

Δημόσια και τα τρία αεροδρόμια (KP-KP-KP)

$$\frac{\partial SW_1^A}{\partial F_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial SW_2^A}{\partial F_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial SW_3^A}{\partial F_3} = 0 \quad (3)$$

Έτσι προκύπτουν οι εξής τιμές:

$$\begin{cases} F_1 = 9/26 \\ F_2 = 5/26 \\ F_3 = 5/26 \end{cases}$$

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	9/26	0.4615	0.4615	0.2308	0.2130	0.3195	0.3728
2	5/26					0.0888	0.1154
3	5/26					0.0888	0.1154

Δημόσιο της χώρας 1 και μόνο το ένα δημόσιο της 2 (ΚΡ-ΚΡ-ΙΔ)

$$\frac{\partial SW_1^A}{\partial F_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial SW_2^A}{\partial F_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Pi_3^A}{\partial F_3} = 0 \quad (3)$$

Έτσι προκύπτουν οι εξής τιμές:

$$\begin{cases} F_1 = 225/683 \\ F_2 = 140/683 \\ F_3 = 176/683 \end{cases}$$

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	225/683	0.4919	0.3865	0.2196	0.1929	0.2894	0.3383
2	140/683					0.1008	0.1311
3	176/683					0.0996	0.1183

6.5 Επίλυση του προβλήματος θεωρίας παιγνίων τριών παικτών και δύο στρατηγικών

6.5.1 Εισαγωγή

Για την επίλυση του παιγνίου τριών παικτών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Gambit™ λόγω της πολυπλοκότητας του εγχειρήματος. Ο πίνακας απολαβών περιλαμβάνει 3 παίκτες με δύο στρατηγικές ο καθένας. Οι επιλογές που έχει να κάνει ο καθένας είναι λοιπόν ανάμεσα στη δημόσιο και την ιδιωτική ιδιοκτησία του αεροδρομίου. Στο λογισμικό έγινε η εισαγωγή των μεταβλητών δηλαδή τα παραμετρικά αποτελέσματα της κοινής ωφέλειας για την αναζήτηση της ισορροπίας Nash στο μοντέλο.

6.5.2 Το πρόγραμμα *gambit*

Η αρχική έκδοση του λογισμικού ήταν γραμμένη σε γλώσσα BASIC, με απλό γραφικό περιβάλλον. Ο κώδικας του προγράμματος μετεγγράφηκε στην C το 1990 με την βοήθεια του *Bruce Bell* και διανεμήθηκε στο ευρύ κοινό ως έκδοση 0.13 το 1991 και 1992. Υστερα με την χορήγηση του ιδρύματος εθνικών επιστημών των ΗΠΑ το πρόγραμμα γράφτηκε εκ νέου σε C++.

Ο καθηγητής Bernhard von Stengel, του London School of Economics, έκανε σημαντική συνεισφορά στην εφαρμογή για παίγνια δύο παικτών με χρονική έκταση και βοήθησε στον εντοπισμό των σημείων ισορροπίας του προγράμματος.

Από τα μέσα του 2000 η ανάπτυξη και η εξέλιξη του λογισμικού εστιάστηκε σε δύο στόχους. Πρώτον, στο γραφικό περιβάλλον το οποίο άλλαξε και εκσυγχρονίστηκε με στόχο να γίνει πιο φιλικό προς το χρήστη και στους αρχάριους της θεωρίας των παιγνίων. Δεύτερον στην εσωτερική αρχιτεκτονική του λογισμικού για την βελτίωση ζητημάτων της εργαλειοθήκης του.

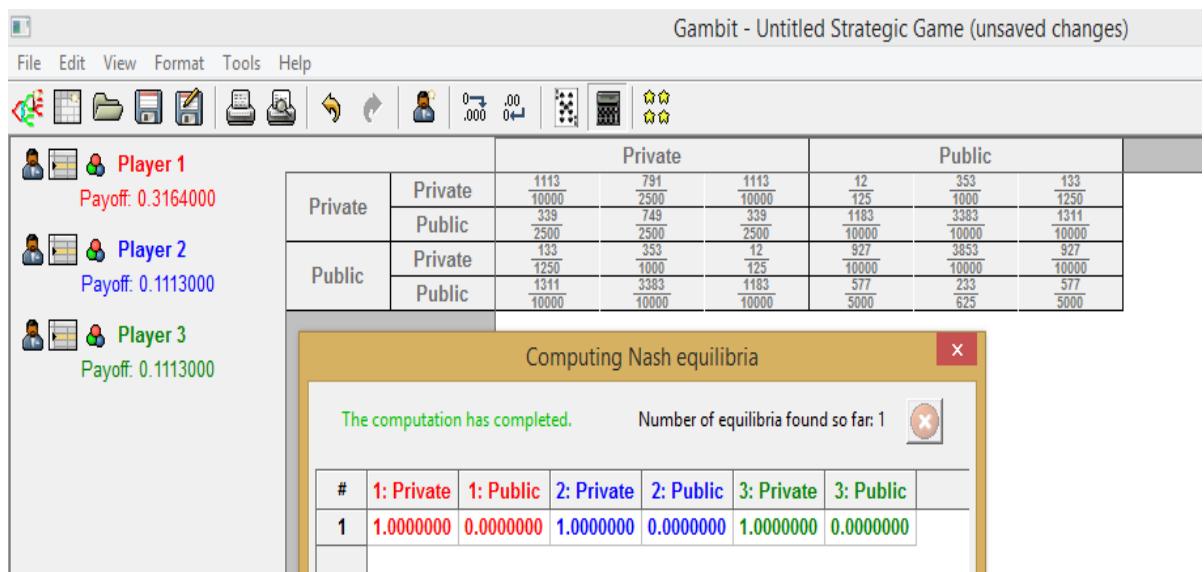
Το λογισμικό κατά την συμμετοχή του σε καλοκαιρινά προγράμματα της Google το 2011 και το 2012 υιοθέτησε την Python API, που έγινε κομμάτι των εκδόσεων από και μετά την Gambit 13.

6.5.3 Εύρεση σημείου ισορροπίας Nash

Στο μοντέλο μας ορίσαμε πως η απόφαση για την βέλτιστη επιλογή θα γίνει με βάση την μέγιστη κοινωνική ωφέλεια. Επομένως ο πίνακας ανταμοιβών θα περιέχει για κάθε διακριτή περίπτωση την αντίστοιχη παράμετρο κοινωνικής ωφέλειας που προέκυψε κατά το προηγούμενο στάδιο:

		Private			Public			
		Private	1113 10000	791 2500	1113 10000	12 125	353 1000	133 1250
Private	Private	339 2500	749 2500	339 2500	1183 10000	3383 10000	1311 10000	
	Public	133 1250	353 1000	12 125	927 10000	3853 10000	927 10000	
Public	Private	1311 10000	3383 10000	1183 10000	577 5000	233 625	577 5000	
	Public	1311 10000	3383 10000	1183 10000	577 5000	233 625	577 5000	

Στη συνέχεια προχωρούμε στην υπολογιστική επίλυση για την εύρεση ισορροπίας Nash από το λογισμικό *Gambit*:



Όπως φαίνεται και στην εικόνα καταλήγουμε στην εύρεση σημείου ισορροπίας αγνού σημείου Nash¹² δηλαδή με εντολή στον υπολογισμό ισορροπίας για ξεκάθαρη εκλογή μεταξύ των δύο στρατηγικών.

Επομένως σύμφωνα με το λογισμικό οι επιλεγμένες στρατηγικές δίνονται με 1 ενώ οι υπόλοιπες με 0. Επομένως στο σημείο ισορροπίας Nash καταλήγει το σύστημα όταν και τα 3 αεροδρόμια είναι ιδιωτικά (ΙΔ-ΙΔ-ΙΔ). Αριστερά φαίνονται και οι ανταμοιβές που λαμβάνουν οι παίκτες όταν οδηγηθούμε στην ισορροπία.

6.6 Καρτέλ-μονοπώλιο

Καρτέλ ονομάζουμε σε μία αγορά τις εταιρίες που ενώ διατηρούν διαφορετικό πελατολόγιο επιλέγουν να χρεώνουν το ίδιο ποσό για τα προϊόντα τους, ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα. Το σκέλος του καρτέλ αφορά τα ιδιωτικά αεροδρόμια ενώ το μονοπώλιο την κρατικοποίηση και των δύο μαζί κάτω από έναν φορέα. Όπως θα δούμε η επιλογή της τιμής με τη λογική του καρτέλ φέρνει μεγαλύτερα κέρδη και κοινωνική ωφέλεια στην χώρα με το σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων.

Με ιδιωτικό αεροδρόμιο της χώρας 1

- 1) *Με διαχείριση των δύο αεροδρομίων της χώρας 2 από την κεντρική κυβέρνηση*

Μία κεντρική κρατική εξουσία θα προσπαθήσει να βελτιώσει την συνολική κοινωνική ωφέλεια. Έτσι η μεταβλητή απόφασης δηλαδή τα τέλη F_2 και F_3 είναι τέτοια που μεγιστοποιούν την αθροιστική κοινωνική ωφέλεια της χώρας. Σε αυτή την περίπτωση δηλαδή, οι συναρτήσεις που δίνουν την κοινωνική ωφέλεια αθροίζονται για να δώσουν μία που θα παραγωγιστεί μερικώς ως προς τα τέλη των δύο αερολιμένων.

¹² Σε πιθανοτικές λύσεις ισορροπίας οι στρατηγικές συγκεντρώνουν πιθανότητες επιλογής με συνολικό άθροισμα 100%. Όμως εδώ η στρατηγική πρέπει να είναι η επιλογή συγκεκριμένης ιδιοκτησίας.

Η κοινωνική ωφέλεια της χώρας 2:

$$SW_{B+\Gamma} = SW_2 + SW_3$$

Η παραγώγιση της άνωθεν συνάρτησης πρέπει να δώσει 2 εξισώσεις, για να βρεθεί η βέλτιστη επιλογή των δύο τιμών F_2 και F_3 οπότε σύμφωνα με τους (Noruzoliaee, Zou, & Zhang, 2015) το σύστημα θα έχει αυτή τη μορφή:

$$\frac{\partial \Pi_1^A}{\partial F_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial SW_{B+\Gamma}^A}{\partial F_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial SW_{B+\Gamma}^A}{\partial F_3} = 0 \quad (3)$$

Δίνοντας:

$$\begin{cases} F_1 = 4/11 \\ F_2 = 3/11 \\ F_3 = 3/11 \end{cases}$$

AΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	4/11	0.3636	0.3636	0.1818	0.1322	0.2645	0.2975
2	3/11					0.1998	0.2314
3	3/11						

2) Ιδιοκτησία των αεροδρομίων από έναν ιδιώτη (τιμολόγηση καρτέλ)

Εδώ εφαρμόζουμε την ίδια λογική που κατασκευάσαμε την αθροιστική κοινωνική ωφέλεια αλλά για ιδιωτικοποίηση σε έναν ιδιώτη διαχειριστή. Η έννοια του καθορισμού ενιαίας τιμολόγησης στη χώρα 2 μπορεί να χαρακτηριστεί ως καρτέλ της περιοχής και μάλιστα να επιτύχει πολύ καλύτερες απολαβές από τις προηγούμενες περιπτώσεις.

Έτσι έχουμε τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\frac{\partial \Pi_A^A}{\partial F_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Pi_{B+G}^A}{\partial F_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Pi_{B+G}^A}{\partial F_3} = 0 \quad (3)$$

Δίνοντας:

$$\begin{cases} F_1 = 1/3 \\ F_2 = 1/3 \\ F_3 = 1/3 \end{cases}$$

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	1/3	0.3333	0.3333	0.1667	0.1111	0.2222	0.2500
2	1/3					0.2222	0.2500
3	1/3						

Το αεροδρόμιο της χώρας 1 είναι δημόσιο

1) Με διαχείριση των δύο αεροδρομίων της χώρας 2 από την κεντρική κυβέρνηση

$$\frac{\partial SW_1^A}{\partial F_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial SW_{B+\Gamma}^A}{\partial F_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial SW_{B+\Gamma}^A}{\partial F_3} = 0 \quad (3)$$

Δίνοντας:

$$\begin{cases} F_1 = 3/10 \\ F_2 = 3/10 \\ F_3 = 3/10 \end{cases}$$

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	3/10	0.4000	0.4000	0.2000	0.1600	0.2400	0.2800
2	3/10					0.2400	0.2800
3	3/10						

$$\frac{\partial SW_1^A}{\partial F_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Pi_{B+\Gamma}^A}{\partial F_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Pi_{B+\Gamma}^A}{\partial F_3} = 0 \quad (3)$$

Δίνοντας:

$$\begin{cases} F_1 = 3/11 \\ F_2 = 4/11 \\ F_3 = 4/11 \end{cases}$$

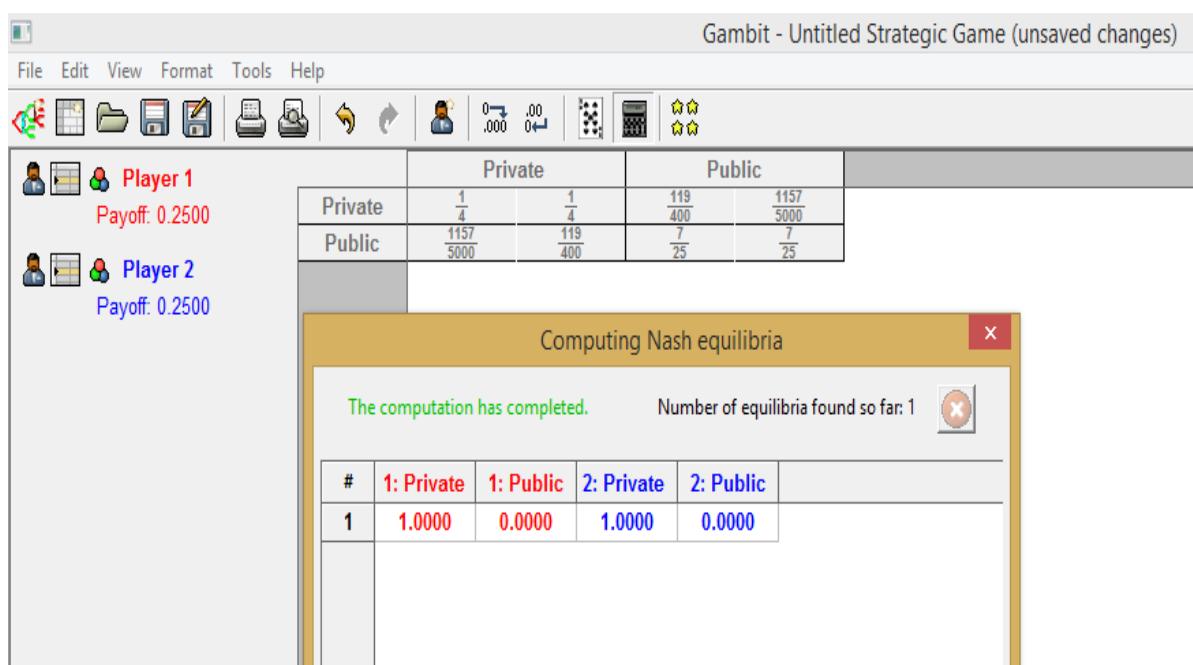
ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ	F_i	q_1	q_2	p^c	Π^c	Π_i^A	SW_i
1	3/11	0.3636	0.3636	0.1818	0.1322	0.1983	0.2314
2	4/11					0.2644	0.2975
3	4/11						

6.7 Επίλυση παιγνίου με συνεργασία των αεροδρομίων της χώρας 2

Το πρώτο ζήτημα είναι η κατασκευή ενός πίνακα ανταμοιβών. Εδώ πλέον διακρίνουμε 2 παίκτες, τις δύο χώρες. Εφόσον υπάρχει κοινή ιδιοκτησία και συνεργασία των δύο αεροδρομίων και ένας διαχειριστής λαμβάνει την απόφαση της τιμολόγησης θεωρούμε πως το μητρώο θα έχει πλέον την κανονική μορφή 2x2.

		Private	Public
Private	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{119}{400}$
Public	$\frac{1157}{5000}$	$\frac{119}{400}$	$\frac{7}{25}$

Στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε εκ νέου το λογισμικό Gambit™ για την εύρεση του αγνού σημείου ισορροπίας Nash στο μητρώο 2x2.



Όπως και στο άρθρο του (Mantin, Airport complementarity:Private vs. government ownership and welfare gravitation, 2012) έχουμε ισορροπία στο σημείο ΙΔ-ΙΔ και οι απολαβές των δύο παικτών είναι 0,25.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και εύρεση του βέλτιστου ιδιοκτησιακού καθεστώτος ενός συστήματος πολλαπλών αεροδρομίων από πλευράς κοινωνικής ωφέλειας. Η θεωρία των παιγνίων δεν αναζητά το καλύτερο δυνατό αριθμητικό αποτέλεσμα που μπορεί να προκύψει υπό ιδανικές συνθήκες, αλλά την καλύτερη δυνατή απάντηση στις επιλογές των αεροδρομίων του εξωτερικού. Υπ' αυτήν την έννοια στο μοντέλο μας υποθέτουμε πως υπάρχει ένα αεροδρόμιο του εξωτερικού το οποίο αποτελεί ένα λογικό παίκτη που παίρνει αποφάσεις. Έτσι συμπεραίνουμε πως η βέλτιστη στρατηγική που πρέπει να ακολουθηθεί δεν είναι εκείνη που δίνει το μέγιστο κοινωνικό όφελος.

7.1 Παίγνιο μεταξύ τριών παικτών

Σε αυτό το παίγνιο θεωρήσαμε πως κάθε αεροδρόμιο αποτελεί έναν ξεχωριστό παίκτη που ορίζει την τιμή των τελών χωρίς κάποια συνεργασία με τους υπόλοιπους. Επομένως στο παίγνιο αυτό εκφράζονται οι σχέσεις ανταγωνισμού μεταξύ των αεροδρομίων της χώρας 2 ακόμα και στην περίπτωση που βρίσκονται υπό κρατική ιδιοκτησία. Σε αυτήν την περίπτωση θεωρούμε πως κρατική ιδιοκτησία δεν είναι κάποιος κεντρικός κυβερνητικός φορέας αλλά κάποια τοπική αρχή (δημοφιλέςς ιδιοκτησιακό καθεστώς στις ΗΠΑ). Είναι φανερό πως όταν τα αεροδρόμια της χώρας 2 και της 1 ανήκουν σε ιδιώτες, υπερισχύει εκείνο της χώρας 1 λόγω του ότι συγκεντρώνει την ζήτηση των άλλων 2. Εάν κρατικοποιηθεί κάποιο αεροδρόμιο της χώρας 2, δηλαδή του συστήματος πολλαπλών αεροδρομίων παρατηρούμε μετακύλιση των κερδών και τις κοινωνικής ωφέλειας στο ιδιωτικό παρά το γεγονός ότι η δεύτερη έχει ως στόχο τη μεγιστοποίησή της. Εάν γίνουν και τα δύο κρατικά τότε το φαινόμενο γίνεται εντονότερο. Επομένως η ισορροπία του συστήματος βρίσκεται στο σημείο που όλα τα αεροδρόμια ιδιωτικοποιούνται. Αξιοσημείωτο είναι το φαινόμενο που όλα τα αεροδρόμια είναι κρατικά. Σε εκείνη την περίπτωση η

κοινωνική ωφέλεια και των τριών αεροδρόμων είναι μεγαλύτερη απ' ότι στο σημείο ισορροπίας Nash. Αυτό το φαινόμενο θυμίζει το παίγνιο Prisoners Dilemma όπου ίσχυε το ίδιο παράδοξο. Η εξήγηση του φαινομένου είναι πως επειδή οι παίκτες παίζουν ταυτόχρονα, εάν ένας παίκτης ιδιωτικοποιήσει το αεροδρόμιό του, το κόστος για τους υπόλοιπους που τα διατήρησαν κρατικά θα είναι μεγάλο. Επομένως η ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων αποτελεί τη βέλτιστη στρατηγική.

7.2 Παίγνιο συνεργασίας 2 παικτών

Εδώ οι επιλογές των παικτών είναι όμοιες με εκείνες του πρώτου παιγνίου. Η ισορροπία είναι η ιδιωτικοποίηση και των δύο. Πάλι παρατηρούμε πως στην περίπτωση που και οι δύο παίκτες επιλέγουν δημόσια ιδιοκτησία οι απολαβές είναι οι βέλτιστες, παρ' όλα αυτά τείνουν προς την ιδιωτικοποίηση. Εδώ μάλιστα παρατηρούμε πως εάν στα συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων επιλεγεί να μείνουν κρατικά η μετακύλιση κερδών και κοινωνικής ωφέλειας είναι μικρότερη σε ποσοστό από την περίπτωση των τριών παικτών.

7.3 Συγκριτική αποτίμηση των δύο παιγνίων

Παρά το γεγονός ότι τα δύο παίγνια φαίνεται πως μοιάζουν τόσο στο σημείο ισορροπίας όσο και στους πίνακες απολαβών υπάρχουν βασικές διαφορές. Συγκεκριμένα το γεγονός ότι όταν τα συστήματα πολλαπλών αεροδρομίων συνεργάζονται είτε με τη μορφή επιβολής καρτέλ τιμολόγησης, είτε κοινής ιδιοκτησίας (δημόσιας ή μη) οι απολαβές για τη χώρα 2 είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες του πρώτου παιγνίου. Οδηγούμαστε επομένως στο ενδιαφέρον συμπέρασμα ότι η συνεργασία και κοινή τιμολόγηση του συστήματος πολλαπλών αεροδρομίων¹³ είναι πιο σημαντική επιλογή από το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς. Ως δεύτερο συμπέρασμα της σύγκρισης είναι ότι και στις δύο περιπτώσεις το σημείο ισορροπίας είναι η ιδιωτικοποίηση τους.

¹³ Η κοινή τιμολόγηση δεν σημαίνει πάντα ότι τα τέλη που χρεώνουν τα αεροδρόμια θα είναι ίδια και για τα δύο αεροδρόμια, αλλά θα είναι ο βέλτιστος συνδυασμός χρεώσεων με βάση τα επιμέρους τους χαρακτηριστικά.

Βιβλιογραφία

- Basso, L., & Zhang, A. (2007). *An Interpretative Survey of Analytical Models* (Vols. Advances in Airline Economics,). (D. Lee, Ed.) Elsevier publishers.
- Basso, L., & Zhang, A. (2007). *An interpretative survey of analytical models of airport pricing* (Advances in Airline Economics, Vol 2, Elsevier Publishers ed.). Netherlands: Darin, Lee.
- Basso, L., & Zhang, A. (2008). *On the relationship between airport pricing models*. Journal of Transportation Research.
- Blalock et al. (2005).
- Blalock, G., Kadiyali, V., & Simon, H. D. (2005). *The Impact of Post-9/11 Airport Security Measures on the Demand for Air Travel*. Cornell University.
- Bonnefoy, A. P. (2007). *Role of privatization of airports in the evolution and development of multi-airport systems* (Project Paper - MIT ESD.224J Planning and Design of Airport Systems Course εκδ.). Boston: MIT.
- Bonnefoy, A. P., Neufville, d. R., ASCE, L., & Hansman, R. J. (2008). *Evolution and Development of Multi-Airport Systems: A Worldwide Perspective*. Journal of Transportation Engineering.
- Bonnefoy, P., & Hansman, J. (2007). *Emergence of Secondary Airports and Dynamics of Multi Airport Systems*. Master Thesis, Cambridge, MA : Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- Borger, D. B., & Dender, V. K. (2006). *Pricing capacities and service quality in a congestible Bertrand duopoly*. University of California Transportation Center.
- Brueckner. (2002). Airport Congestion When Carriers Have Market Power. *American Economic Review* .

- Brueckner. (2005). Internalization of airport congestion:A network analysis. International Journal of Industrial Organization.
- Cournot, A. A. (1838). Recherches sur les Principes Mathematiques de la Theorie des Richesses.
- Cournot, A. A. (1838). *Recherches sur les Principes Mathematiques de la Theorie des Richesses*.
- Doganis. (1992).
- Doganis, R. (1992). *The Airport Business*. New York: Routlege.
- Fraport. (2015). *Airport Charges- Charges for Central Ground Handling Infrastructure*. Frankfurt.
- Gibbons, R. (1997). *An Introduction to Applicable Game Theory* (Τόμ. 11, No. 1. (Winter, 1997), pp. 127-149.). The Journal of Economic Perspectives.
- Gibbons, R. (2009). *An Introduction to Applicable Game Theory* (Vols. 11, No. 1 (Winter, 1997) , σσ. pp. 127 - 149.). The Journal of Economic Perspectives.
- Hargreaves, H. P., & Varoufakis, Y. (1995). *GAME THEORY: A critical Introduction*. London and New York: Routledge Taylor& Francis Group.
- Ho, S. P. (2013). *Game Theory and PPP* (Τόμ. The Routledge Companion to Public-Private Partnerships (pp. 1–48)). Routledge Companions in Business, Management and Accounting.
- ICAO. (1977). *Airport Planning Manual, Part 1: Master Planning, Doc. 9184-AN/902*. Montreal, Canada.
- ICAO. (2001). *Statements by the Council to Contracting States on Charges for Airports and Route Air Navigation Facilities*.
- Lin, H. M. (2013). *Airport privatization in congested hub–spoke networks* (Τόμ. Part B 54 , pp 51-67). Elsevier publishers, Transportation Research Part B.

- Mantin, B. (2012). *Airport complementarity: Private vs. government ownership* (Vols. B 46 (2012) 381–388). Elsevier publishers, Journal of Transportation Research.
- Mantin, B. (2012). Airport complementarity:Private vs. goverment ownership and welfare gravitation.
- Marktform und Gleichgewicht. (1934). Vienna: Wien und Berlin, J. Springer.
- Matsumura&Matsushima. (2010). *airport privatization and international competition* (Vol. The Japanese Economic Review). The Journal of the Japanese Economic Association.
- Morrison. (1987). *The equity and efficiency of runway pricing*. Journal of Public Economics.
- Muzenitova, M. (2008). *Εφαρμογή της Θεωρίας Παιγνίων στο Στρατηγικό Μάνατζμεντ*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ).
- Myerson, B. R. (1991). *Game Theory Analysis of Conflict*. Harvard: Harvard University Press.
- Neufville & Odoni. (2009). *ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ*. ΑΘΗΝΑ: Παπασωτηρίου.
- Neufville, d. R., & Odoni, R. A. (2009). *Airport Systems: Planning,Design and Management*. (B. Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Ed.) ΑΗΝΑ: ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ.
- Neumann, v. J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. The United States of America: Princeton University Press.
- Noruzoliaee, M., Zou, B., & Zhang, A. (2015). *Airport partial and full privatization in a multi-airport region:Focus on pricing and capacity* (Vols. Part E 77 (2015) 45-60). Elsevier publishers, Journal of Transportation Research.
- Oum et al. (1996). *A note on optimal pricing in a hub-and-spoke system*.

- Oum, H. T., Zhang, A., & Zhang, Y. (2004). *Alternative forms of economic regulation and their efficiency implications for airports* (Τόμ. Journal of Transport Economics and Policy). University of Bath and The London School of Economics and Political Science.
- Oum, T. a. (1990). Congestion tolls, lumpy investment, and cost recovery. *Journal of Public Economics* .
- Rasmusen, E. (2001). *GAMES AND INFORMATION, FOURTH EDITION: An Introduction to Game Theory*. Oxford: Blackwell Basil.
- Texeira, T. M. (2012). *European Airport Charging: A Case Study on the selection of Dual Till versus Single Till charges*. Lisbon: Universidade Technica de Lisboa.
- Turocy, T. L., & Stengel, v. B. (2001). *Game Theory*. CDAM Research Report LSE-CDAM-2001-09.
- Zhang Anming, Z. Y. (2006). Airport capacity and congestion when carriers have market power.
- Zhang&Zhang. (2003). *Airport charges and capacity expansion: Effects of concessions and privatization*. Journal of Urban Economics.
- Zhang, A. a. (2001). Airport charges, economic growth and cost recovery. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review* .
- Zhang, A., & Zhang, Y. (2006). *Airport capacity and congestion when carriers have market power* (Vols. 60 (2006) 229–247). Elsevier publishers, Journal of Urban Economics.
- Zhang, A., & Zhang, Y. (1997). *Concession revenue and optimal airport pricing*. Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review.
- Βαρουφάκης, Γ. (2007). *ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ: Η θεωρία που φιλοδοξεί να ενοποιήσει τις Κοινωνικές Επιστήμες*. Εκδόσεις Δαρδανός-Τυπωθήτω.
- Καλαντζάκης, Α. Σ. (2012). *Εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων στις τηλεπικοινωνίες*. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. ΠΑΜΑΚ.

Κοψιδά, Μ. (2012). *Μοντελοποίηση Διαπραγμάτευσης για ΣΛΙΤ με Θεωρία Παιγνίων και Ευρετική Μέθοδο*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ).

US Department of Transportation (2006) *National Strategy to Reduce Congestion on America's Transportation Network*, May 2006, Washington DC.