



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

# ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ



Διπλωματική Εργασία  
Αλέξανδρος Τορολόπουλος

Επιβλέπων: Ανδρέας Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π  
Αθήνα, Οκτώβριος 2019

*Αφιερώνεται στους γονείς μου*



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τις σπουδές μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π, θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον κ. Ανδρέα Λοΐζο, καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π για την ανάθεση και την επίβλεψη της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Θα ήθελα ,επίσης, να ευχαριστήσω θερμά την κ.Παρασκευή Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π για την υποστήριξη και την καθοδήγηση της σε όλα τα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής εργασίας.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Ιωάννα Παγώνη, Διδάκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π, για τις πολύτιμες συμβουλές και τις υποδείξεις της επάνω σε σημαντικά θέματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου στους δύο πιο σημαντικούς ανθρώπους της ζωής μου, τους γονείς μου, και να τους ευχαριστήσω για την καθολική και άνευ όρων στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Οκτώβριος 2019

Αλέξανδρος Τορολόπουλος



# ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Αλέξανδρος Τορολόπουλος

Επιβλέπων: Ανδρέας Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π

## Περίληψη

---

Στη σημερινή εποχή, η ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων είναι ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο φαινόμενο. Η αδυναμία των κυβερνήσεων να ανταπεξέλθουν στις διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για επενδύσεις στο χώρο των αεροδρομίων σε συνδυασμό με την συνειδητοποίηση ότι τα αεροδρόμια μπορούν να λειτουργούν σαν επιχειρήσεις και να παράγουν καθαρό κέρδος με επιτόκιο έως και 7%, έχει οδηγήσει στην σταδιακή ιδιωτικοποίηση πολλών αεροδρομίων παγκοσμίως. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το ποσοστό των μερικώς ή πλήρως ιδιωτικοποιημένων αεροδρομίων το 2010 ήταν 22% ενώ το 2016 έφτασε το 41%. Στο πλαίσιο αυτό, στόχος της παρούσας εργασίας είναι να αναλύσει τον τρόπο με τον οποίο οι κυβερνήσεις των χωρών αποφασίζουν για το ιδιοκτησιακό καθεστώς των αεροδρομίων τους, λαμβάνοντας πάντα υπόψη και τις ταυτόχρονες αποφάσεις των άλλων χωρών. Για τον σκοπό αυτό και δεδομένων των συνθηκών στρατηγικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των κυβερνήσεων, χρησιμοποιήθηκε η θεωρία παιγνίων και υπολογίστηκε η ισορροπία Nash σε ένα σύστημα δύο κομβικών και δύο τοπικών αεροδρομίων δύο χωρών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η βέλτιστη επιλογή των δύο κυβερνήσεων θα ήταν να ιδιωτικοποιήσουν τα τοπικά τους αεροδρόμια και να διατηρήσουν δημόσια τα κομβικά. Ωστόσο η ισορροπία Nash του συστήματος τους οδηγεί σε ιδιωτικοποίηση των κομβικών αεροδρομίων τους και σε διατήρηση δημόσιας ιδιοκτησίας στα τοπικά τους αεροδρόμια. Κατά συνέπεια, οι δύο κυβερνήσεις βρίσκονται παγιδευμένες σε ένα παίγνιο που μοιάζει με το Δίλλημα του Φυλακισμένου.

Λέξεις κλειδιά: ιδιωτικοποίηση αεροδρομίων, θεωρία παιγνίων, ισορροπία Nash, κομβικά αεροδρόμια, κοινωνική ωφέλεια.



# PRIVATE VS. PUBLIC OWNERSHIP IN A HUB AND SPOKE SYSTEM OF AIRPORTS: A GAME THEORETIC APPROACH

Alexandros Torolopoulos

Supervisor: Andreas Loizos, Professor N.T.U.A

## Abstract

---

Nowadays, the privatization of airports is a continuously growing trend. The inability of governments to make big investments in aviation, in combination with the realization that airports can operate like real businesses and make a net profit with a rate up to 7%, have driven to the step by step privatization of many airports globally. In the European Union, the percentage of partial or full privatized airports was 22% in 2010, while 41% in 2016. In this frame, the aim of this paper is to analyze the way in which the government of one country decides for the ownership of their airports, while taking into account the simultaneous decisions of the other countries. For that purpose and considering the strategic interaction between governments, we used game theory and we calculated the Nash equilibrium in a system of two hubs and two spoke airports. Results show that the best choice, in terms of social welfare, would be to privatize the local airports and maintain all the hub airports under public ownership. Nevertheless, the Nash equilibrium makes governments privatize their hubs and maintain public ownership in local airports. As a result, the governments find themselves trapped in Prisoner's Dilemma.

**Key Words:** airport privatization, game theory, Nash equilibrium, hub airports, social welfare





## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 :ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	18
1.1 Τα αεροδρόμια σαν επιχειρήσεις.....	18
1.2 Στόχος της εργασίας.....	18
1.3 Μεθοδολογία της εργασίας .....	19
1.4 Δομή της εργασίας .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΤΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ .....	22
2.1 Ιστορική Αναδρομή .....	22
2.2 Απελευθέρωση Αγοράς .....	22
2.3 Συνέπειες Απελευθέρωσης .....	23
2.3.1 Συγχώνευση εταιριών και συμμαχίες .....	23
2.3.2 Εταιρίες Χαμηλού Κόστους .....	23
2.3.3 Δημιουργία Κομβικών Αεροδρομίων .....	24
2.3.4 Αύξηση Αεροπορικής Ζήτησης.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΙΔΙΩΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ .....	27
3.1 Ορισμός Ιδιωτικοποίησης .....	27
3.2 Ιστορική Αναδρομή .....	27
3.3 Μορφές Ιδιωτικοποίησης .....	29
3.3.1 Τύποι πλήρους ιδιωτικοποίησης.....	29
3.3.2 Τύποι Μερικής Ιδιωτικοποίησης- Σύμπραξης Ιδιωτικού και Δημοσίου Τομέα .....	29
3.4 Γενική Αξιολόγηση Ιδιωτικοποίησης Αεροδρομίων .....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ & ΜΗ ΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	32
4.1 Εισαγωγή .....	32
4.2 Τα είδη των χρεώσεων .....	32
4.3 Αεροπορικές Χρεώσεις .....	32
4.3.1 Τέλη Πλοήγησης εν Πτήσει .....	33
4.3.2 Τέλη Πλοήγησης Τερματικής Περιοχής.....	33

4.3.3 Τέλη Προσγείωσης .....	34
4.3.4 Τέλη Στάθμευσης.....	34
4.3.5 Τέλη Θορύβου .....	34
4.3.6 Τέλη Εξυπηρέτησης Επιβατών .....	35
4.3.7 Τέλη Εξυπηρέτησης Εμπορευμάτων .....	35
4.3.8 Τέλη Ασφαλείας .....	35
4.3.9 Τέλη Εξυπηρέτησης εδάφους.....	36
4.3.10 Τέλη συμφόρησης.....	36
4.3.11 Περιβαλλοντικά Τέλη .....	37
4.4 Μη αεροπορικές Χρεώσεις .....	37
4.4.1 Τέλη παραχώρησης εμπορικών δραστηριοτήτων .....	38
4.4.2 Τέλη από χώρους στάθμευσης οχημάτων.....	38
4.4.3 Μισθώσεις γης του αεροδρομίου, κτιριακών χώρων και εξοπλισμού .....	38
4.4.4 Αξιολόγηση μη αεροπορικών εσόδων .....	38
4.5 Παράγοντες επιρροής των χρεώσεων ενός αεροδρομίου .....	39
4.6 Ιδιωτικοποιήσεις και Τέλη .....	40
4.7 Κανονιστικοί Περιορισμοί στις Αεροπορικές Χρεώσεις Αεροδρομίου .....	40
4.7.1 Τιμή Οροφής.....	41
4.7.2 Μονή θυρίδα.....	41
4.7.3 Διπλή θυρίδα.....	41
4.7.4 Υδριβική Προσέγγιση .....	42
4.7.5 Επιχειρήματα υπέρ του συστήματος της μονής θυρίδας και της διπλής θυρίδας .....	42
4.7.7 Καταλληλότητα συστήματος μονής και διπλής θυρίδας.....	42
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΠΑΙΓΝΙΩΝ .... Error! Bookmark not defined.</b>	
5.1 Εισαγωγή .....	43
5.2 Ιστορική αναδρομή .....	43
5.3 Ορισμός και Βασικά Χαρακτηριστικά Παιγνίου .....	44

5.4 Τρόποι Αναπαράστασης Παιγνίων .....	46
5.4.1 Κανονική Μορφή.....	46
5.4.2 Αναλυτική μορφή ή μορφή δένδρου .....	47
5.5 Τύποι Παιγνίων.....	47
5.5.1 Συνεργατικά/ Μη συνεργατικά (Corporative/ Non Corporative) .....	47
5.5.2 Συμμετρικά/ Ασύμμετρα ( Symmetric/ Asymmetric) .....	48
5.5.3 Μηδενικού/ Μη μηδενικού αθροίσματος ( Zero Sum/ Non Zero Sum) ....	48
5.5.4 Ταυτόχρονα/ Ακολουθιακά (Simultaneous/ Sequential).....	48
5.5.5 Πλήρους και μη πλήρους πληροφόρησης (Complete information/ incomplete information).....	49
5.5.6 Τέλειας πληροφορίας/ ελλιπούς πληροφορίας ( Perfect information/ Imperfect Information).....	49
5.5.7 Διακριτά/ Συνεχή (Discrete/ Continuous).....	49
5.6 Κυρίαρχη και Κυριαρχούμενη Στρατηγική .....	49
5.6.1 Κυρίαρχη στρατηγική .....	49
5.6.2 Κυριαρχούμενη στρατηγική.....	50
5.7 Παίγνια μηδενικού αθροίσματος.....	50
5.8 Στρατηγικές Maximin και Minimax για επίλυση παιγνίων μηδενικού αθροίσματος .....	50
5.9 Παραδείγματα Παιγνίων Μηδενικού Αθροίσματος.....	52
5.9.1 Το παίγνιο Matching Pennies .....	52
5.9.2 Το παίγνιο "Πέτρα-Ψαλίδι-Χαρτί" .....	53
5.10 Παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος.....	54
5.11 Ισορροπία Nash.....	54
5.11.1 Εισαγωγή .....	54
5.11.2 Ορισμός Αγνής Ισορροπίας Nash.....	55
5.11.3 Ορισμός Μικτής Ισορροπίας Nash .....	55
5.12 Παραδείγματα Παιγνίων Μη Μηδενικού Αθροίσματος .....	56
5.12.1 Το δίλημμα του φυλακισμένου.....	56

5.12.2 Εφαρμογή του "Prisoner's Dilemma" στη περίπτωση Δυοπωλίου .....	57
5.12.3 Το παίγνιο του δειλού .....	57
5.12.4 Η μάχη των φύλων .....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΟΛΙΓΟΠΩΛΙΩΝ .....	61
6.1 Ορισμός ολιγοπωλίου .....	61
6.2 Δημιουργία ολιγοπωλίων .....	62
6.3 Μέτρηση συγκέντρωσης αγοράς στο ολιγοπώλιο .....	62
6.4 Ισορροπία στο ολιγοπώλιο .....	64
6.5 Βασικά Υποδείγματα Ολιγοπωλίων .....	64
6.5.1 Υπόδειγμα Cournot .....	64
6.5.2 Υπόδειγμα Bertrand .....	66
6.5.3 Υπόδειγμα Stackelberg .....	68
6.5.4 Η έννοια της ωφέλειας του καταναλωτή (consumer's surplus).....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	70
7.1 Εισαγωγή .....	70
7.2 Η παραδοσιακή προσέγγιση.....	70
7.3 Η κάθετη προσέγγιση.....	71
7.4 Σύγκριση Παραδοσιακής και Κάθετης Προσέγγισης .....	71
7.5 Παραδείγματα Μελετών Παραδοσιακής Προσέγγισης.....	72
7.5.1 Basso, Zhang, An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007.....	72
7.5.2 Noruzoliaee, 2014, Airport partial and full privatization in a multi-airport region.....	73
7.5.3 Ming Hsin Lin, 2013, Airport privatization in congested hub-spoke networks .....	75
7.6 Παραδείγματα μελετών κάθετης προσέγγισης.....	76
7.6.1 Silva, Verhoef, 2012. Optimal Pricing of flights and passengers at congested airports and the efficiency of atomistic charges.....	76
7.6.2 Pels, Verhoef, 2004. The economics of airport congestion pricing.....	78

7.6.3 Brueckner, Jan K., 2005. Internalization of airport congestion: a network analysis.....	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ.....	82
8.1 Εισαγωγή.....	82
8.2 Μοντέλα προσδιορισμού του ιδιοκτησιακού καθεστώτος συστημάτων αεροδρομίων.....	82
8.2.1 Benny Mantin (2011), Airport Complementarity: Private vs. government ownership and welfare gravitation .....	82
8.2.2 Matsumura& Matsushima, 2011, Airport Privatization and International Competition .....	86
8.2.3 Oum, Zhang, Zhang, 2006, A note on optimal airport pricing in a hub and spoke network system .....	87
8.2.4 Παντελίδης 2016, Καθορισμός τελών αεροδρομίων σε καθεστώς πλήρους ή μερικής ιδιωτικοποίησης με της θεωρία παιγνίων.....	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΟΜΒΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	89
9.1 Εισαγωγή.....	89
9.2 Περιγραφή μοντέλου.....	89
9.3 Παράμετροι μοντέλου.....	90
9.4 Επίλυση του μοντέλου .....	93
9.4.1 Ιδιωτικοποίηση και των δύο αεροδρομίων της κάθε χώρας ( $I_{HIA}-I_{JIB}$ ) .....	94
9.4.2 Ιδιωτικοποίηση μόνο του κομβικού αεροδρομίου της κάθε χώρας ( $I_{HA}-I_{JB}$ ) .....	95
9.4.3 Ιδιωτικοποίηση μόνο του τοπικού αεροδρομίου της κάθε χώρας ( $I_{A}-I_{H}-I_{JB}$ ): .....	97
9.4.4 Διατήρηση δημόσιου καθεστώτος και στα δύο αεροδρόμια της κάθε χώρας ( $\Delta_{HA}-\Delta_{JB}$ ) .....	99
9.4.5 Ιδιωτικοποίηση και των δύο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο του κομβικού αεροδρομίου της άλλης ( $I_{HIA}-I_{JIB}$ ):.....	101

9.4.6	Ιδιωτικοποίηση και των δυο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο το τοπικού αεροδρομίου της άλλης (ΙΔ <sub>Η</sub> ΙΔ <sub>Α</sub> -Δ <sub>Ι</sub> Δ <sub>Β</sub> ) .....	102
9.4.7	Ιδιωτικοποίηση και των δύο αεροδρομίων της μιας χώρας, ενώ τα δύο αεροδρόμια της άλλης χώρας διατηρούνται δημόσια (ΙΔ <sub>Η</sub> ΙΔ <sub>Α</sub> -Δ <sub>Ι</sub> Δ <sub>Β</sub> ) .....	104
9.4.8	Ιδιωτικοποίηση μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας και μόνο του τοπικού αεροδρομίου της άλλης (ΙΔ <sub>Η</sub> Δ <sub>Α</sub> -Δ <sub>Ι</sub> Δ <sub>Β</sub> ) .....	106
9.4.9	Ιδιωτικοποίηση μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας (ΙΔ <sub>Η</sub> Δ <sub>Α</sub> -Δ <sub>Ι</sub> Δ <sub>Β</sub> ).....	107
9.4.10	Ιδιωτικοποίηση μόνο του τοπικού αεροδρομίου της μίας χώρας (Δ <sub>Η</sub> ΙΔ <sub>Α</sub> -Δ <sub>Ι</sub> Δ <sub>Β</sub> ).....	109
9.4.11	Σχηματισμός Πίνακα Απολαβών .....	111
9.5	Επίλυση του παιγνίου με το λογισμικό Gambit .....	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.1	Συμπέρασμα της διπλωματικής εργασίας .....	112
10.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....	112
	Βιβλιογραφία .....	113

## Κατάσταση Πινάκων

Πίνακας 1: Παράδειγμα κανονικής μορφής παιγνίου .....	46
Πίνακας 2: Ενδεικτική μορφή πίνακα απολαβών σε παίγνιο μηδενικού αθροίσματος .....	50
Πίνακας 3: Παράδειμα πίνακα απολαβών παιγνίου μηδενικού αθροίσματος .....	51
Πίνακας 4: Εύρεση σημείου ισορροπίας σε παίγνιο μηδενικού αθροίσματος .....	52
Πίνακας 5: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Matching Pennies" .....	53
Πίνακας 6: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Πέτρα-Ψαλίδι-Χαρτί" .....	53
Πίνακας 7: Ενδεικτική μορφή πίνακα παιγνίων μη μηδενικού αθροίσματος .....	54
Πίνακας 8: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Το δίλημμα του φυλακισμένου" ....	56
Πίνακας 9: Πίνακας απολαβών των δύο εταιριών .....	57
Πίνακας 10: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Το παίγνιο του δειλού" .....	58
Πίνακας 11: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Η μάχη των φύλων" .....	59
Πίνακας 12: Πίνακας απολαβών του Mantin για τις κυβερνήσεις, στην περίπτωση ανταγωνισμού Cournot μεταξύ των δύο αεροπορικών εταιριών .....	85
Πίνακας 13: Πίνακας απολαβών του Mantin για τις κυβερνήσεις, στην περίπτωση ανταγωνισμού Bertrand μεταξύ των δύο αεροπορικών εταιριών .....	86
Πίνακας 14: Ενδεικτικός πίνακας απολαβών του μοντέλου του συστήματος κομβικών αεροδρομίων.....	93
Πίνακας 15: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης και των δύο αεροδρομίων της κάθε χώρας .....	94
Πίνακας 16: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο των κομβικών αεροδρομίων της κάθε χώρας .....	97
Πίνακας 17: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του τοπικού αεροδρομίου κάθε χώρας.....	98
Πίνακας 18: Πίνακας υπολογισμών για την διατήρηση δημόσιου καθεστώτος και στα δύο αεροδρόμια της κάθε χώρας .....	99
Πίνακας 19: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης και των δύο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο του κομβικού αεροδρομίου της άλλης....	101
Πίνακας 20: Πίνακας για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης και των δυο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο το τοπικού αεροδρομίου της άλλης.....	103
Πίνακας 21: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης και των δύο αεροδρομίων της μιας χώρας, ενώ τα δύο αεροδρόμια της άλλης χώρας διατηρούνται δημόσια.....	104



Πίνακας 22: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας και μόνο του τοπικού αεροδρομίου της άλλης .....	106
Πίνακας 23: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας.....	108
Πίνακας 24: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του τοπικού αεροδρομίου της μιας χώρας .....	109
Πίνακας 25: Τελικός πίνακας απολαβών του μοντέλου του συστήματος κομβικών αεροδρομίων.....	111

### Κατάσταση Εικόνων

Εικόνα 1: Χάρτης των ΗΠΑ όπου διακρίνονται μεταξύ άλλων τα αεροδρόμια της Βοστώνης, της Νέας Υόρκης και της Ουάσιγκτον ανατολικά και τα αεροδρόμια του Λος Αντζελες, του Σαν Φρανσίσκο και του Σιάτλ δυτικά., πηγή: McDermott, 2017 .....	25
Εικόνα 2: Η αύξηση της αεροπορικής ζήτησης στις ΗΠΑ κατά την περίοδο 1977-2006, πηγή: FAA Terminal Area Forecast (TAF) 2007.....	26
Εικόνα 3: Ποσοστό ιδιωτικών αεροδρομίων ανά ήπειρο, πηγή: ACI (2013).....	27
Εικόνα 4: Ποσοστά των αεροδρομίων στην Ευρώπη που ήταν ιδιωτικά, μερικάς ιδιωτικά και δημόσια το 2010 και το 2016, πηγή: ACI (2013) .....	29
Εικόνα 5: Τύπος ιδιοκτησίας των μεγαλύτερων αεροδρομίων παγκοσμίως, πηγή: ACI (2013) .....	30
Εικόνα 6: Η κατανομή των αεροπορικών χρεώσεων παγκοσμίως, πηγή: ACI (2014) .....	33
Εικόνα 7: Κατανομή των μη αεροπορικών χρεώσεων παγκοσμίως, πηγή: ACI (2014) .....	38
Εικόνα 8: Ποσοστό αεροδρομίων με σύστημα διπλής θυρίδας(μπλε), υδριβικής προσέγγισης (κόκκινο) και μονής θυρίδας(πράσινο) ανά ήπειρο και παγκοσμίως.	41
Εικόνα 9: Αναπαράσταση παιγνίου αναλυτικής μορφής .....	47
Εικόνα 10: Καμπύλες Αντίδρασης και Ισοροπία Cournot .....	66
Εικόνα 11: Η έννοια της ωφέλειας του καταναλωτή, πηγή: <a href="http://www.economicshelp.org">www.economicshelp.org</a> .....	69
Εικόνα 12: Το μοντέλο δικτύου του Lin(2013) .....	75
Εικόνα 13: Το μοντέλο δικτύου του Brueckner (2005) .....	80
Εικόνα 14: Το μοντέλο του Mantin (2011) .....	82

*Εικόνα 15: Το δίκτυο του μοντέλου του συστήματος κομβικών αεροδρομίων .....89*  
*Εικόνα 16: Ο πίνακας απολαβών του μοντέλου στο λογισμικό Gambit .....111*  
*Εικόνα 17: Η ισορροπία Nash που προέκυψε με τη βοήθεια του Gambit.....111*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 :ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Τα αεροδρόμια σαν επιχειρήσεις

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια **κατακόρυφη αύξηση της αεροπορικής ζήτησης**. Σημαντικό ρόλο σε αυτό το φαινόμενο είχε η απελευθέρωση της αεροπορικής αγοράς<sup>1</sup>. Το 2016 σύμφωνα με στοιχεία της Διεθνούς Ένωσης Αερομεταφορών (ΙΑΤΑ) οι συνολικοί επιβάτες που μεταφέρθηκαν παγκοσμίως ήταν περίπου τέσσερα δισεκατομμύρια. Σύμφωνα με προβλέψεις της ίδιας ένωσης, οι συνολικοί επιβάτες που θα μεταφερθούν το 2036 θα είναι διπλάσιοι, δηλαδή οκτώ δισεκατομμύρια.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι υπό αυτές τις συνθήκες τα αεροδρόμια, είτε είναι δημόσια είτε είναι ιδιωτικά θα πρέπει να λειτουργούν σαν **κερδοφόροι οργανισμοί**. Τα παλαιότερα χρόνια η αεροπορική ζήτηση ήταν χαμηλή, τα αεροδρόμια λειτουργούσαν σαν δημόσιες υπηρεσίες και δεν ενδιαφέρονταν ιδιαίτερα για την οικονομική τους ζωή. Πλέον τα δημόσια αεροδρόμια τα ενδιαφέρει να μπορούν τουλάχιστον να καλύπτουν τα έξοδα τους, και τα ιδιωτικά να βγάζουν και το μέγιστο δυνατό κέρδος. Με λίγα λόγια τα αεροδρόμια λειτουργούν πλέον σαν επιχειρήσεις.

Για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας και της κερδοφορίας τους, λοιπόν, τα αεροδρόμια έχουν δανειστεί πολλές τεχνικές από τον χώρο του **στρατηγικού μάνατζμεντ και του μάρκετινγκ**. Κάποιες από αυτές τις τεχνικές, όπως η θεωρία των παιγνίων (game theory) και η θεωρία των ολιγοπωλίων έχουν ενσωματωθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Στα επόμενα κεφάλαια θα αναδειχτεί ο τρόπος με τον οποίο αυτές οι τεχνικές εφαρμόζονται στην πράξη και βοηθούν τα αεροδρόμια σε διάφορα θέματα που αντιμετωπίζουν προκειμένου να βελτιώνουν την λειτουργία τους και την συνεισφορά τους στο κοινωνικό σύνολο.

### 1.2 Στόχος της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται το φαινόμενο της συμπληρωματικότητας των αεροδρομίων. Κατά το φαινόμενο αυτό υπάρχει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ των αεροδρομίων, όσον αφορά στο ιδιοκτησιακό καθεστώς που πρέπει να έχουν για να βελτιστοποιούν την κοινωνική ωφέλεια<sup>2</sup>. Με άλλα λόγια, το αν ένα αεροδρόμιο πρέπει να είναι ιδιωτικό ή δημόσιο, καθορίζεται σε μεγάλο

---

<sup>1</sup> Το φαινόμενο αυτό αναλύεται στο Κεφάλαιο 2.

<sup>2</sup> Όπως θα επεξηγηθεί και στη συνέχεια, ως κοινωνική ωφέλεια ορίζεται το άθροισμα του κέρδους των επιβατών, των αεροπορικών εταιριών και των αεροδρομίων.

βαθμό από το αν θα είναι δημόσιο ή ιδιωτικό ένα άλλο αεροδρόμιο με το οποίο συνδέεται. Υπάρχουν δηλαδή συνθήκες **στρατηγικής αλληλεξάρτησης μεταξύ των αεροδρομίων**.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι σε πρώτο επίπεδο να διερευνήσει τον **τρόπο με τον οποίο οι κυβερνήσεις των χωρών αποφασίζουν για την ιδιοκτησία των αεροδρομίων τους**, λαμβάνοντας υπόψη τις αντίστοιχες ταυτόχρονες αποφάσεις των κυβερνήσεων των άλλων χωρών.

Μέχρι σήμερα στη βιβλιογραφία υπήρχαν έρευνες οι οποίες εξέτασαν αυτό το ζήτημα και οι οποίες όμως αφορούσαν είτε περιπτώσεις ακτινικών δικτύων (point-to-point network), όπως η έρευνα του (Mantin, 2011) , είτε την περίπτωση δικτύων πολλαπλών αεροδρομίων, όπως η έρευνα του (Παντελίδης Θ., 2016). **Καμία έρευνα, ωστόσο, δεν έχει διερευνήσει την περίπτωση ενός συστήματος κομβικών και τοπικών αεροδρομίων (hub and spoke network)**, ενός δικτύου δηλαδή πολύ συνηθισμένου στον πραγματικό κόσμο.

Κατά συνέπεια, σε δεύτερο επίπεδο, η παρούσα διπλωματική εργασία έρχεται να απαντήσει στο εξής ερώτημα. **Σε ένα δίκτυο δύο τοπικών και δύο κομβικών αεροδρομίων διαφορετικών χωρών, οι κυβερνήσεις πρέπει να ιδιωτικοποιήσουν μόνο τους κόμβους τους, μόνο τα τοπικά τους αεροδρόμια ή και τα δύο;**

### **1.3 Μεθοδολογία της εργασίας**

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε ένα μοντέλο θεωρίας παιγνίων. Βασικά επιστημονικά άρθρα που συντέλεσαν στην κατασκευή αυτού του μοντέλου θεωρίας παιγνίων ήταν εκείνα των (Mantin, 2011) και (Lin, 2013). Πάνω στο απλό συμπληρωματικό σύστημα του (Mantin, 2011) που περιλάμβανε μόνο δύο μη κομβικά αεροδρόμια προστέθηκαν άλλα δύο κομβικά αεροδρόμια, με στόχο να αναπαραστήσουν ένα σύστημα κομβικών και τοπικών αεροδρομίων. Η συμπεριφορά των κομβικών αεροδρομίων μοιάζει με αυτή που περιγράφει στο μοντέλο του ο (Lin, 2013). Στη συνέχεια, αφού σχηματίστηκαν οι εξισώσεις του μοντέλου, οι αριθμητικές εφαρμογές έγιναν με την βοήθεια κατασκευής μητρώου στο Microsoft Excel που λαμβάνει τις μεταβλητές απόφασης, δηλαδή τα αεροναυτικά τέλη που προκύπτουν από τη επίλυση, και δίνει αποτελέσματα (κέρδη, ποσότητες κλπ.). Τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν για την κατασκευή ενός πίνακα απολαβών (payoff matrix) και στη συνέχεια υπολογίστηκε το σημείο

ισορροπίας Nash μέσω του λογισμικού Gambit που είναι γραμμένο σε γλώσσα Python API.

#### 1.4 Δομή της εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται μια **γενική ανασκόπηση** του θέματος που αναλύει η παρούσα διπλωματική εργασία. Περιγράφεται ο στόχος της, η μεθοδολογία της και η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το φαινόμενο της **απελευθέρωσης της αεροπορικής αγοράς** και αναλύονται οι συνέπειες που είχε στα αεροδρόμια, στις αεροπορικές εταιρίες και στους επιβάτες. Ο αναγνώστης είναι σημαντικό να κατανοήσει πόσο σημαντικό ρόλο έπαιξε η απελευθέρωση της αεροπορικής αγοράς στην διαμόρφωση μιας νέας λογικής στη διαχείριση των αεροδρομίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται μια έμμεση συνέπεια της απελευθέρωσης της αεροπορικής αγοράς που είναι η **ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων**. Αφού γίνει μια ιστορική αναδρομή, στη συνέχεια δίνονται οι διαφορετικοί τύποι ιδιωτικοποίησης και γίνεται μια γενικότερη αξιολόγηση της.

Το ιδιοκτησιακό καθεστώς των αεροδρομίων επηρεάζει άμεσα τα έσοδά του. Κατά συνέπεια, κρίθηκε αναγκαίο στο τέταρτο κεφάλαιο να περιγραφούν οι **πηγές εσόδων των αεροδρομίων**, δηλαδή οι αεροπορικές και οι μη αεροπορικές χρεώσεις. Για κάθε κατηγορία δίνονται οι διαφορετικοί τύποι χρεώσεων και αναφέρεται το πως οι χρεώσεις αυτές έχουν επηρεαστεί από την ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων. Τέλος, εξηγούνται οι κανονιστικοί περιορισμοί που τίθενται στις χρεώσεις των αεροδρομίων. Τα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης των αεροδρομίων που έχουν αναλυθεί στην υπάρχουσα βιβλιογραφία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο επτά, αφού πρώτα θα πρέπει να αναλυθούν δύο πολύ σημαντικές για τα αεροδρόμια οικονομικές θεωρίες.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, λοιπόν, παρουσιάζονται οι **βασικές αρχές της θεωρίας παιγνίων**. Η θεωρία παιγνίων χρησιμοποιείται εκτενώς από τις κυβερνήσεις των χωρών όταν αυτές αποφασίζουν για την ιδιωτικοποίηση ή όχι των αεροδρομίων τους. Στο κεφάλαιο αναλύονται οι διάφοροι τύποι παιγνίων και οι εναλλακτικοί τρόποι αναπαράστασής τους. Ακόμη, περιγράφεται η διαδικασία επίλυσης των παιγνίων μηδενικού αθροίσματος μέσω της διαδικασίας  $\maximin$  και  $\minimax$  αλλά και μη μηδενικού αθροίσματος, μέσω της ισορροπίας Nash. Για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα παιγνίων, όπως αυτό του Διλλήματος του Φυλακισμένου.

Το έκτο κεφάλαιο περιέχει μια σύντομη ανάλυση της **θεωρίας ολιγοπωλίων**, η οποία χρησιμοποιείται εκτενώς για τον υπολογισμό των αεροναυτικών τελών των αεροδρομίων. Εξηγούνται έννοιες όπως η συγκέντρωση αγοράς και η ισορροπία ολιγοπωλίου. Τέλος, παρουσιάζονται τα τρία βασικά υποδείγματα ολιγοπωλίων, το υπόδειγμα Cournot, το υπόδειγμα Bertrand και το υπόδειγμα Stackelberg.

Στο έβδομο κεφάλαιο έχουν τοποθετηθεί ορισμένα **παραδείγματα αναλυτικών μοντέλων τιμολόγησης αεροδρομίων**, μοντέλων δηλαδή που χρησιμοποιώντας την θεωρία ολιγοπωλίων, υπολογίζουν τα βέλτιστα αεροναυτικά τέλη για τα αεροδρόμια. Τα μοντέλα αυτά κρίθηκε αναγκαίο να αναλυθούν μιας και χρησιμοποιούνται εκτενώς στο όγδοο κεφάλαιο.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι υπάρχουσες **έρευνες της βιβλιογραφίας που αφορούν την διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι κυβερνήσεις αποφασίζουν για το ιδιοκτησιακό καθεστώς των χωρών τους**. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα μοντέλα που συντέλεσαν στην κατασκευή του μοντέλου της παρούσας εργασίας.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζεται το **μοντέλο που δημιουργήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία** και το οποίο βασίζεται επάνω στη βιβλιογραφία του εβδόμου και του ογδόου κεφαλαίου. Χρησιμοποιούνται οι αρχές της θεωρίας παιγνίων, της θεωρίας ολιγοπωλίων και των μοντέλων αναλυτικής τιμολόγησης αεροδρομίων.

Στο κεφάλαιο δέκα παρουσιάζονται τα **συμπεράσματα** που εξάγονται από την επίλυση του μοντέλου. Επίσης, δίνονται προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΤΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

### 2.1 Ιστορική Αναδρομή

Το 1903 οι αδερφοί Wright πραγματοποιούν στην Βόρεια Καρολίνα των ΗΠΑ την πρώτη ελεγχόμενη και μηχανικά προωθούμενη ανθρώπινη πτήση. Λίγο αργότερα, το 1918 οι ΗΠΑ ξεκινούν την παροχή υπηρεσιών ταχυδρομείου μέσω αεροπορικής μεταφοράς. Από το 1940 και έπειτα, λόγω του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου, παρατηρείται μεγάλη τεχνολογική πρόοδος στον σχεδιασμό αεροσκαφών και στην κατασκευαστική εξειδίκευση. Μετά το πέρας του πολέμου είναι επιτακτική πλέον η ανάγκη για την δημιουργία ενός παγκοσμίου δικτύου αερομεταφορών. Το 1944 συγκαλείται το συνέδριο του Σικάγο όπου συμμετέχουν πενήντα τρεις χώρες. Με το πέρας του συνεδρίου δημιουργείται ο οργανισμός ICAO (Provisional International Civil Aviation Organisation). Σκοπός του είναι καθορισμός ενός κοινού ρυθμιστικού πλαισίου για την ανάπτυξη των διεθνών αερομεταφορών μεταπολεμικά. Με βάση τις οδηγίες του ICAO, τον οποίο αργότερα θα αντικαταστήσει ο ICAO, ξεκινούν να υπογράφονται **διμερείς συμφωνίες** μεταξύ των κρατών σε όλο τον κόσμο, με πρώτη αυτή μεταξύ των ΗΠΑ και της Μεγάλης Βρετανίας το 1946. Οι συμφωνίες καθορίζουν μεταξύ άλλων ποιες εταιρίες θα εκτελούν τις πτήσεις μεταξύ των δύο χωρών, ποια θα είναι η συχνότητα των πτήσεων, ποια θα είναι η τιμή του αεροπορικού κομίστρου και πόση θα είναι η χωρητικότητα του αεροσκάφους. (Παντελής, 2018)

### 2.2 Απελευθέρωση Αγοράς

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 ξεκινούν να ασκούνται πιέσεις προς το καθεστώς των διμερών συμφωνιών. Οι πολίτες και ο τύπος επιτίθενται στην περιοριστική φύση του καθεστώτος των διμερών συμφωνιών, το οποίο διατηρεί τις τιμές των κομίστρων σε πολύ υψηλά επίπεδα. Το 1978 συντελείται στις ΗΠΑ η **Πράξη Απορρύθμισης** (Deregulation Act). Σύμφωνα με την νομοθετική διάταξη που υπογράφεται από τον πρόεδρο Jimmy Carter, η κυβέρνηση των ΗΠΑ δεν θα συμμετέχει πλέον στην οικονομική διαρρύθμιση της αεροπορικής βιομηχανίας. Αντίθετα, οι αεροπορικές εταιρίες έχουν την πλήρη εξουσιοδότηση να αποφασίζουν σχετικά με τις πτήσεις που θα εκτελούν καθώς και με τη συχνότητα, τη χωρητικότητα και το κόμιστρο αυτών. Το παράδειγμα των ΗΠΑ είναι μεταδοτικό και η οικονομική απελευθέρωση των αερομεταφορών διαδίδεται σε πολλές χώρες του κόσμου. Στην Ευρώπη η αρχή γίνεται το 1984 με την **συμφωνία «ανοιχτών ουρανών»** μεταξύ Ηνωμένου Βασιλείου και Ολλανδίας. Ακολουθούν τρία πακέτα απελευθέρωσης το 1987, το 1990 και το 1993, τα οποία υπογράφονται συλλογικά

από 15 χώρες. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ξεκινούν και οι συμφωνίες απελευθέρωσης των πτήσεων μεταξύ ΗΠΑ και Ευρωπαϊκών χωρών. Συνεχίζονται μέχρι το 2007 όπου αντικαθίστανται από την συμφωνία «ανοικτών ουρανόων». Με την συμφωνία αυτή οι ευρωπαϊκές και οι αμερικανικές αεροπορικές εταιρείες αποκτούν το δικαίωμα να εκτελούν πτήσεις εκατέρωθεν του Ατλαντικού χωρίς περιορισμούς όσον αφορά το μέγεθος των αεροσκαφών, τη συχνότητα των πτήσεων, τον προορισμό ή τις τιμές. (Παντελής, 2018)

## 2.3 Συνέπειες Απελευθέρωσης

### 2.3.1 Συγχώνευση εταιριών και συμμαχίες

Το έτος 1978, όταν επήλθε η άρση της ρύθμισης στις ΗΠΑ, υπήρχαν περίπου 170 εταιρίες αερομεταφορών, ενώ μόλις μετά από 7 χρόνια είχαν μείνει μόνο 26 καθώς οι μεγαλύτερες εταιρίες εξαγόρασαν τις μικρότερες ή τις συγχώνευσαν στο δυναμικό τους. Από το δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1990, η εικόνα της αεροναυτιλίας χαρακτηρίστηκε από την τάση των εταιριών να **συνάπτουν συμμαχίες ώστε να ανταπεξέλθουν στον αυξανόμενο ανταγωνισμό χωρίς να παρατηρούνται ιδιαίτερες ζημιές.**

Τέσσερις είναι οι κυριότερες συμμαχίες αερομεταφορών και κατέχουν το 56% της παγκόσμιας κίνησης: Wings (1989), StarAlliance (1997), OneWorld (1998), SkyTeam (2000). Η δημιουργία συμμαχιών έδωσε τη δυνατότητα στους συμμάχους αερομεταφορείς να συνεργαστούν στη διαμόρφωση μιας κοινής πολιτικής τιμολόγησης, ώστε να μειωθεί υπέρ τους ο ανταγωνισμός σε κοινά δρομολόγια. (Κ. Ιατρού, 2007)

### 2.3.2 Εταιρίες Χαμηλού Κόστους

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 **το νέο είδος αεροπορικών επιχειρήσεων, οι εταιρίες χαμηλού κόστους (Low Cost Carriers ή LCCs),** προσπάθησαν να σπάσουν την κυριαρχία των υπόλοιπων συμβατικών εταιριών (Full Service Carriers ή FSCs) στα ταξίδια μικρών αποστάσεων. Οι τιμές που προσέφεραν ήταν εξαιρετικά φτηνές και πολύ κατώτερες των FSCs. Οι εταιρίες χαμηλού κόστους χρησιμοποιούν δευτερεύοντα και άρα φθηνότερα αεροδρόμια. Εκτελούν μόνο απευθείας πτήσεις μικρών ή μεσαίων αποστάσεων. Δεν παρέχουν δωρεάν γεύματα και ψυχαγωγία κατά τη διάρκεια της πτήσης. Διαθέτουν κοινούς τύπους αεροσκαφών με μεγάλη πυκνότητα θέσεων. Προσλαμβάνουν νεαρούς σε ηλικία πιλότους. Πραγματοποιούν μαζικές αγορές καυσίμων αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο την μελλοντικά αυξημένη τιμολόγησή τους. (Παντελής, 2018)



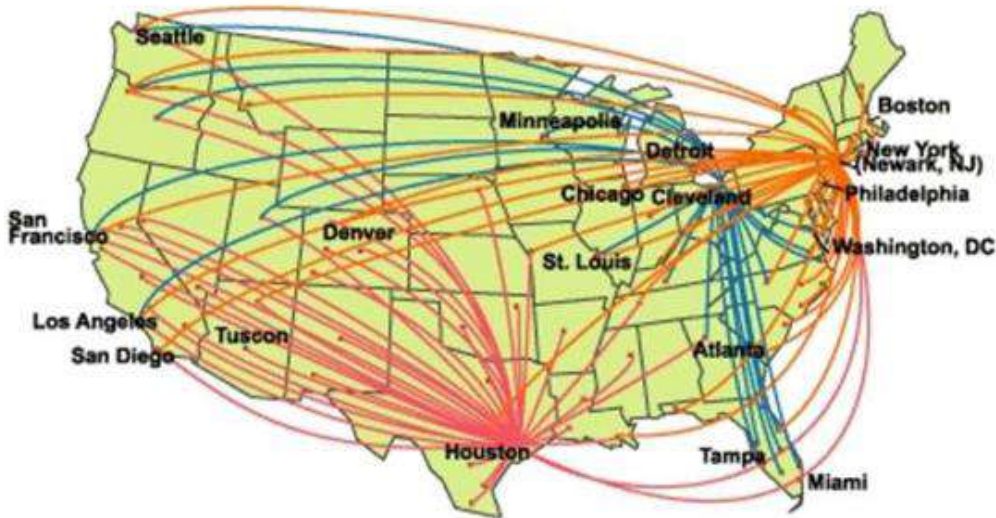
### 2.3.3 Δημιουργία Κομβικών Αεροδρομίων

Μετά την απελευθέρωση της αεροπορικής αγοράς, οι αεροπορικές εταιρίες λόγω του μεγάλου ανταγωνισμού τους έχουν μικρό περιθώριο κέρδους και επομένως ψάχνουν τρόπους για να μειώσουν όσο μπορούν τα έξοδά τους. Ένας από τους καλύτερους τρόπους για να το πετύχουν αυτό είναι να επιλέξουν πτήσεις με ενδιάμεσες στάσεις σε κομβικά αεροδρόμια αντί για απευθείας πτήσεις, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο κατά πολύ τον συνολικό αριθμό πτήσεων τους.

Ειδικότερα, πριν την απελευθέρωση της αεροπορικής αγοράς ήταν δημοφιλής η ακτινική δομή πτήσεων (δομή point-to-point). Στη δομή αυτή όλοι οι επιβάτες μιας εταιρίας επιβιβάζονται στο αεροδρόμιο προέλευσής τους και αποβιβάζονται στον τελικό τους προορισμό, χωρίς καμία ενδιάμεση στάση. **Αντίθετα, μετά την απελευθέρωση της αεροπορικής αγοράς άρχισε να χρησιμοποιείται η δομή κομβικών αεροδρομίων (δομή hub and spoke).** Η δομή αποτελείται από ένα αεροδρόμιο-κόμβο (hub), ο οποίος συνδέεται με πολλά αεροδρόμια γύρω του (spokes). Οι επιβάτες που αναχωρούν από ένα από τα μη κομβικά αεροδρόμια προσγειώνονται αρχικά στον κόμβο. Από εκεί επιβιβάζονται σε μια άλλη πτήση που τους μεταφέρει στον τελικό τους προορισμό. Οι επιβάτες δηλαδή ταξιδεύουν προς τον τελικό τους προορισμό, κάνοντας μια ενδιάμεση στάση στον κόμβο.

Χάρη στην δομή αυτή οι εταιρίες μπορούν να εκτελούν μικρότερο αριθμό πτήσεων για την εξυπηρέτηση του ίδιου αριθμού επιβατών. Η μείωση του αριθμού των πτήσεων σημαίνει ότι πληρώνουν λιγότερα τέλη απογείωσης και προσγείωσης, και ότι έχουν μικρότερο συνολικά πλήθος αεροσκαφών και συμπερασματικά μικρότερο συνολικό λειτουργικό κόστος. (Gerald Cook, 2008)

Για παράδειγμα, έστω μια αεροπορική εταιρία η οποία παρέχει τις υπηρεσίες της σε έξι αεροδρόμια της Αμερικής. Βοστόνη, Νέα Υόρκη και Ουάσιγκτον στην ανατολική πλευρά και Los Angeles, San Francisco και Seattle στην δυτική πλευρά. Αν η εταιρία εκτελούσε από μια πτήση μεταξύ κάθε αεροδρομίου, επέλεγε δηλαδή point-to-point δίκτυο, τότε θα χρειαζόταν να εκτελεί συνολικά δεκαέξι πτήσεις. Αν η εταιρία μετατρέψει σε κόμβο της από ένα αεροδρόμιο σε κάθε πλευρά, τότε θα χρειαστεί να εκτελέσει συνολικά μόνο πέντε πτήσεις. (McDermott, 2017)



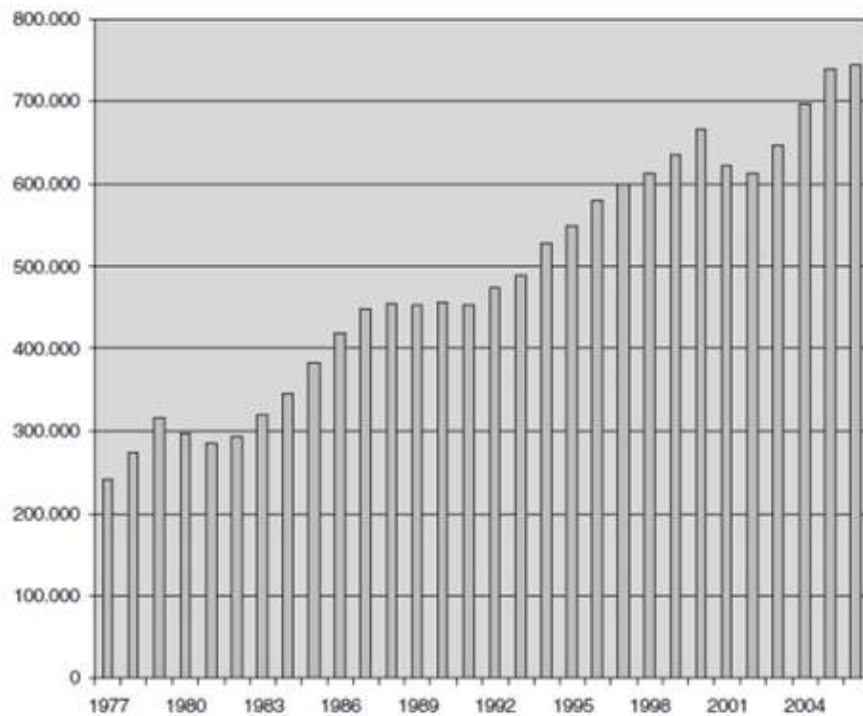
Εικόνα 1: Χάρτης των ΗΠΑ όπου διακρίνονται μεταξύ άλλων τα αεροδρόμια της Βοστώνης, της Νέας Υόρκης και της Ουάσιγκτον ανατολικά και τα αεροδρόμια του Λος Αντζελες, του Σαν Φρανσίσκο και του Σιάτλ δυτικά., πηγή: McDermott, 2017

Εκτός από το παραπάνω πλεονέκτημα της δομής hub and spoke, **και οι δύο δομές έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία εξετάζονται παρακάτω.** Από τη μία πλευρά η point-to-point δομή προσφέρει στους επιβάτες μειωμένο χρόνο ταξιδιού και περισσότερη άνεση. Μειώνει την εξάρτηση του αεροδρομίου από τις αεροπορικές εταιρίες. Ωστόσο, λόγω της μειωμένης ζήτησης η συχνότητα πτήσεων είναι μικρότερη ή/και τιμή των εισιτηρίων είναι μεγαλύτερη. Από την άλλη πλευρά, η δομή hub-and-spoke αυξάνει την συχνότητα πτήσεων μεταξύ του αεροδρομίου προέλευσης και του αεροδρομίου προορισμού ενός επιβάτη, δίνοντάς του περισσότερες επιλογές για την ώρα και την ημέρα της πτήσης. Εντούτοις, το σύστημα είναι επιρρεπές σε καθυστερήσεις αφού η καθυστέρηση μιας πτήσης προκαλεί καθυστέρηση στην πτήση της ανταπόκρισης, ενώ σε ώρες αιχμής υφίσταται μεγάλη καθυστέρηση στους κόμβους. (Gerald Cook, 2008)

#### 2.3.4 Αύξηση Αεροπορικής Ζήτησης

Η απελευθέρωση της αεροπορικής αγοράς σε συνδυασμό με την βελτίωση της ασφάλειας, την αύξηση του πληθυσμού της Γης, τις ιδιωτικοποιήσεις των αεροδρομίων, τις χαμηλότερες τιμές καυσίμων τα αποδοτικότερα αεροσκάφη και την εμφάνιση των εταιριών χαμηλού κόστους οδήγησαν στην **κατακόρυφη αύξηση της αεροπορικής ζήτησης**. Η αύξηση της αεροπορικής ζήτησης είναι κατά μέσο όρο 5% κάθε χρόνο τα τελευταία 30 χρόνια. Από την αρχή της απελευθέρωσης μέχρι

το 2006 η ετήσια αύξηση της αεροπορικής ζήτησης ήταν περίπου διπλάσια από την ετήσια αύξηση του ΑΕΠ των ΗΠΑ. (Global Airline Industry Program, 2006)

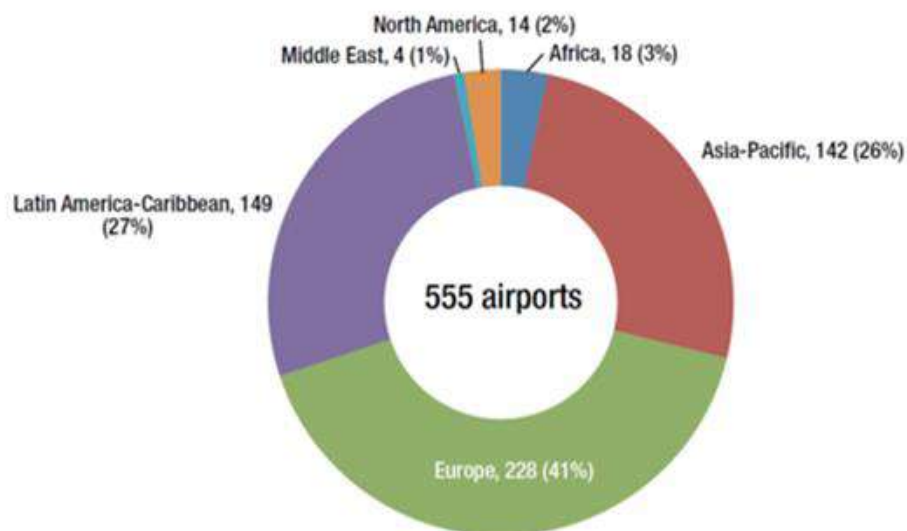


Εικόνα 2: Η αύξηση της αεροπορικής ζήτησης στις ΗΠΑ κατά την περίοδο 1977-2006, πηγή: FAA 2007

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΙΔΙΩΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

### 3.1 Ορισμός Ιδιωτικοποίησης

Ως ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων ορίζεται η μεταφορά της ιδιοκτησίας τους ή/και της διαχείρισής τους στον ιδιωτικό τομέα. (Graham A. , 2009) Η ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων συμβαίνει για δύο βασικούς λόγους. Ο ένας από αυτούς είναι η κατακόρυφη αύξηση της αεροπορικής ζήτησης. Προκειμένου να εξυπηρετηθεί η ζήτηση αυτή προκύπτουν τεράστιες ανάγκες για επέκταση των ήδη υπάρχοντων αεροδρομίων αλλά και για κατασκευή νέων. Τα έργα αυτά απαιτούν πολυδάπανες επενδύσεις, οι οποίες δεν μπορούν να καλυφθούν μόνο από την κυβέρνηση ενός κράτους και χρειάζονται και την χρηματοδότηση ιδιωτών. Παράλληλα, οι ιδιώτες έχουν αντιληφθεί ότι τα αεροδρόμια μπορούν πλέον να λειτουργούν σαν επιχειρήσεις οι οποίες παράγουν κέρδος, με επιτόκιο που φτάνει ακόμη και το 7%. Υπό αυτές τις συνθήκες οι ιδιωτικοποιήσεις των αεροδρομίων αποτελούν ένα διαρκώς εξελισσόμενο φαινόμενο που ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του χίλια εννιακόσια ενενήντα και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Στην εικόνα 3 αναπαριστάται το ποσοστό των ιδιωτικών αεροδρομίων επί του συνόλου των αεροδρομίων σε κάθε ήπειρο. Όπως φαίνεται, το 2013 η ήπειρος με το μεγαλύτερο ποσοστό ήταν η Ευρώπη (41%).



Εικόνα 3: Ποσοστό ιδιωτικών αεροδρομίων ανά ήπειρο, πηγή: ACI (2013)

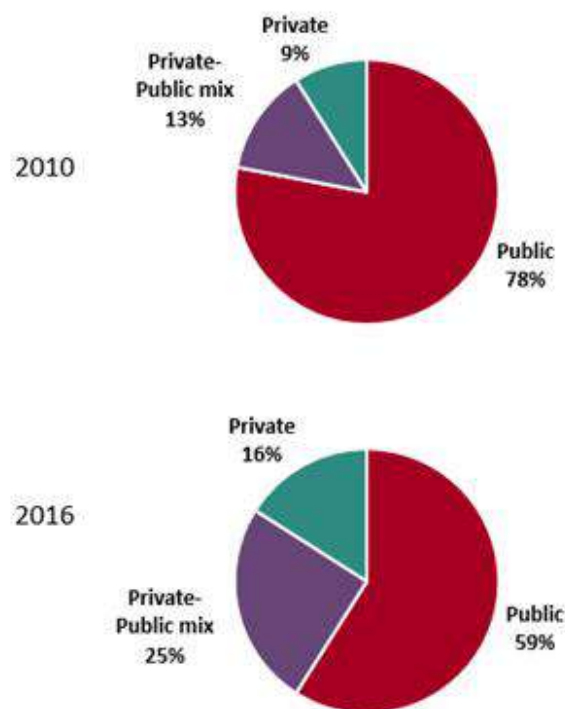
### 3.2 Ιστορική Αναδρομή

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980 τα αεροδρόμια στο σύνολο τους ήταν κρατικές υπηρεσίες. Ανήκαν και διοικούνταν από κρατικούς φορείς. Συχνά το

Υπουργείο Μεταφορών μελετούσε, σχεδίαζε ,κατασκεύαζε και λειτουργούσε τα αεροδρόμια με δημόσιους υπαλλήλους. **Η ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων πραγματοποιήθηκε σταδιακά σε όλο τον κόσμο.** (R.Neufville, 2009).

Ξεκίνησε το 1987 στη Μεγάλη Βρετανία με την ιδιωτικοποίηση της κρατικής εταιρίας διαχείρισης αεροδρομίων BAA (British Airports Authority), η οποία διαχειριζόταν πολλά αεροδρόμια της χώρας. Ωστόσο, στη συνέχεια και συγκεκριμένα στο πρώτο μισό της δεκαετίας του '90 δεν υπήρξε ιδιαίτερη ανταπόκριση στον υπόλοιπο κόσμο, αφού μόνο η Βιέννη και η Κοπεγχάγη ακολούθησαν το παράδειγμα της Μεγάλης Βρετανίας. Ήταν από το 1996 και έπειτα που παρατηρήθηκε σημαντικός αριθμός ιδιωτικοποιήσεων αεροδρομίων σε Ευρώπη, Λατινική Αμερική και Ασία. Ακολούθησε μια επιβράδυνση των ιδιωτικοποιήσεων την σεζόν 2002-2003, που οφείλεται στην μειωμένη αεροπορική ζήτηση λόγω της τρομοκρατικής επίθεσης της ενδεκάτης Σεπτεμβρίου. Από το 2004 και έπειτα, ωστόσο, ο ρυθμός ιδιωτικοποίησης αεροδρομίων επανήλθε σε υψηλά επίπεδα. (Graham, 2009).

Το 2016 υπολογίστηκε ότι 500 πολιτικά αεροδρόμια σε όλο τον κόσμο είχαν μερικώς ή ολικώς ιδιωτικοποιηθεί. Ο αριθμός αυτός ισοδυναμεί με το 14% των αεροδρομίων παγκοσμίως. Ωστόσο, τα αεροδρόμια αυτά αποτελούν στη πλειοψηφία τους κόμβους και εξυπηρετούν το 40% της παγκόσμιας κίνησης. Στην Ευρώπη, συγκεκριμένα, το 40% των αεροδρομίων είναι μερικώς ή ολικώς ιδιωτικοποιημένα, με αποτέλεσμα 3 στους 4 επιβάτες να ταξιδεύουν μέσω ιδιωτικοποιημένων αεροδρομίων. (Airport privatization: The Great Debate, 2018)



Εικόνα 4: Ποσοστά των αεροδρομίων στην Ευρώπη που ήταν ιδιωτικά, μερικώς ιδιωτικά και δημόσια το 2010 και το 2016, πηγή: ACI (2013)

### 3.3 Μορφές Ιδιωτικοποίησης

Εκτός από δημόσια, τα αεροδρόμια μπορούν να είναι είτε εξ' ολοκλήρου ιδιωτικά, είτε να λειτουργούν μέσω κάποιας μορφής σύμπραξης PPP (Public Private Partnership) δημοσίου και ιδιωτικού τομέα .

#### 3.3.1 Τύποι πλήρους ιδιωτικοποίησης

- **Πώληση μετοχών σε ιδιώτες (IPO).** Ένα μέρος ή το σύνολο του μετοχικού κεφαλαίου του αεροδρομίου τίθενται για πώληση στο χρηματιστήριο.
- **Εμπορική Πώληση.** Ένα μέρος του αεροδρομίου ή το σύνολό του πωλούνται σε έναν ιδιώτη.

#### 3.3.2 Τύποι Μερικής Ιδιωτικοποίησης- Σύμπραξης Ιδιωτικού και Δημοσίου Τομέα

- **Μίσθωση.** Το αεροδρόμιο παραχωρείται με μίσθωση σε μια ιδιωτική εταιρία διαχείρισης αεροδρομίων για μια συγκεκριμένη περίοδο. Η εταιρία χρηματοδοτεί όλες τις επενδύσεις και λαμβάνει εξ' ολοκλήρου τον οικονομικό

κίνδυνο. Το δημόσιο ανταμείβεται με ένα σταθερό ποσό κάθε χρόνο ή/και με ένα ποσοστό επί των κερδών.

- **Ιδιωτικοποίηση με χρηματοδότηση της κατασκευής.** Ο ιδιώτης συνήθως κατασκευάζει ή ανακαινίζει το αεροδρόμιο και στη συνέχεια λειτουργεί συγκεκριμένες εγκαταστάσεις του αεροδρομίου για μια συγκεκριμένη περίοδο (20-40 χρόνια). Αυτού του είδους η συμφωνία δεν περιλαμβάνει κάποια σταθερή πληρωμή κάθε χρόνο, αλλά η ιδιωτική εταιρία πρέπει να καλύψει το σύνολο των εξόδων της κατασκευής.
- **Συμβόλαιο διαχείρισης.** Η ιδιοκτησία παραμένει στο δημόσιο, το οποίο χρηματοδοτεί τις επενδύσεις. Ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για την διαχείριση του αεροδρομίου, τυπικά για μια περίοδο 5 έως 10 χρόνων. Η κυβέρνηση εκμεταλλεύεται την τεχνογνωσία και την εμπειρία του ιδιώτη διαχειριστή και τον αποζημιώνει με ένα συμφωνημένο ποσό. (Augustyniak, 2009)

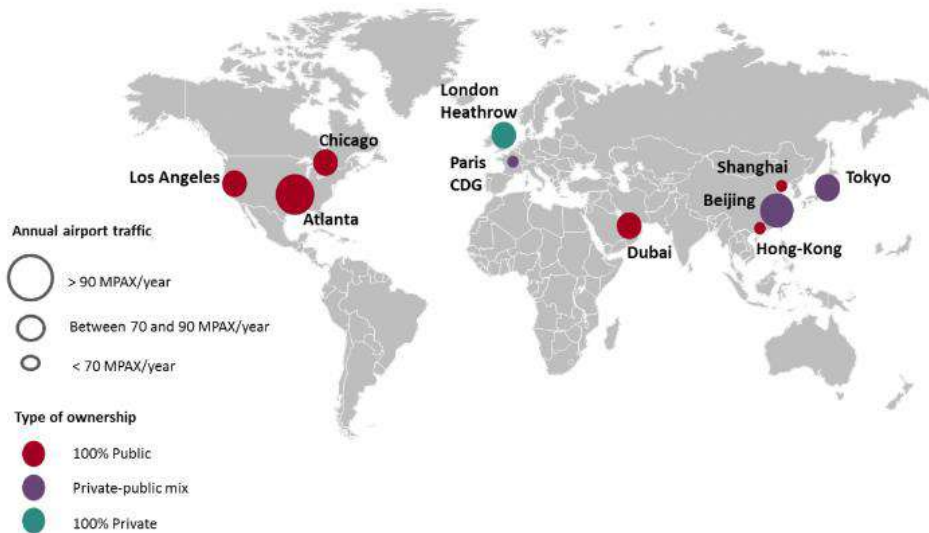


Fig. 2: Shareholding structure of major world airports.

Εικόνα 5: Τύπος ιδιοκτησίας των μεγαλύτερων αεροδρομίων παγκοσμίως, πηγή: ACI (2013)

### 3.4 Γενική Αξιολόγηση Ιδιωτικοποίησης Αεροδρομίων

Πολλά είναι τα **πλεονεκτήματα** που προκύπτουν από την ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων. Σε ιδιωτικοποιημένα αεροδρόμια έχει παρατηρηθεί βελτίωση της αποδοτικότητάς τους. Η χρησιμοποίηση δοκιμασμένων τεχνικών μάρκετινγκ από τον κόσμο των επιχειρήσεων δίνει την δυνατότητα για καλύτερη εξυπηρέτηση των

επιβατών στους επιβάτες. Οι κυβερνήσεις δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να αναβαθμίσουν όλα τους τα αεροδρόμια με νέες τεχνολογίες, κάτι που μπορούν να πραγματοποιήσουν οι ιδιώτες, βελτιώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Η ιδιωτικοποίηση επιφέρει την οικονομική ελάφρυνση του δημόσιου τομέα και την απαλλαγή του από οικονομικά ρίσκα. Εξασφαλίζονται χρήματα, που δύσκολα θα διέθεταν οι ίδιες οι κυβερνήσεις, για κατασκευή νέων αεροδρομίων και επέκταση των ήδη υπαρχόντων, στο πλαίσιο της κατακόρυφης αύξησης της αεροπορικής ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, λόγω της ιδιωτικοποίησης των αεροδρομίων παραμονεύουν αρκετοί **κίνδυνοι**. Αρχικά, η υπερβολική μείωση του λειτουργικού κόστους των αεροδρομίων, για αύξηση του κέρδους, με επιπτώσεις στις παρεχόμενες υπηρεσίες. Κατ' επέκταση, η αδιαφορία για θέματα που δεν σχετίζονται άμεσα με το κόστος, όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η διατήρηση της κοινωνικής ευημερίας. (Augustyniak, 2009)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ & ΜΗ ΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

### 4.1 Εισαγωγή

Οι διαχειριστές των αεροδρομίων αποκομίζουν τα περισσότερα έσοδά τους από ένα ευρύ φάσμα χρεώσεων τις οποίες επιβάλλουν στους χρήστες των εγκαταστάσεων και των υπηρεσιών των αεροδρομίων. Η αυξανόμενη πίεση για την επίτευξη οικονομικής ανεξαρτησίας και αν το επιτρέπει το ρυθμιστικό περιβάλλον την επίτευξη κερδών, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη συστημάτων χρέωσης τα οποία καλύπτουν όλες τις πλευρές των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με το αεροδρόμιο. Οι χρεώσεις αποτελούν μέρος του λειτουργικού κόστους που αντιμετωπίζουν οι αεροπορικές εταιρίες και οι άλλοι αερομεταφορείς. **Ιδανικά ένα σύστημα χρεώσεων πρέπει να έχει τα παρακάτω γνωρίσματα:**

- Διαφάνεια. Το σύστημα χρεώσεων να είναι απλό και κατανοητό, να υποστηρίζεται από επαρκή τεκμηρίωση και να τηρεί τους εθνικούς και διεθνείς νόμους.
- Επίτευξη οικονομικού στόχου. Οι τιμές χρέωσης πρέπει με μεγάλη πιθανότητα να προσεγγίζουν τον χρηματικό στόχο που έθεσε ο διαχειριστής, είτε αυτός είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους, είτε είναι η πλήρης είτε η μερική ανάκτηση του κόστους.
- Λογική τιμή. Οι χρεώσεις δεν μπορούν να είναι απαγορευτικά υψηλές και δεν μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές από αυτές παρόμοιων αεροδρομίων στην ίδια ή γειτονικές χώρες.
- Ευελιξία. Τα συστήματα τιμολόγησης πρέπει να είναι ευέλικτα έτσι ώστε οι χρεώσεις να μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν, αφού τα αεροδρόμια λειτουργούν σε ένα δυναμικό, συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

(R.Neufville, 2009)

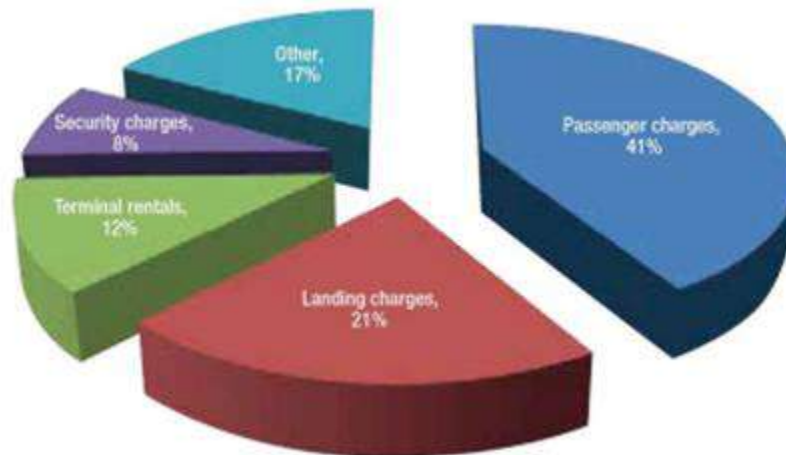
### 4.2 Τα είδη των χρεώσεων

Οι διαχειριστές αεροδρομίων αντλούν τα περισσότερα έσοδα τους από ένα ευρύ φάσμα χρεώσεων τα οποία επιβάλλουν στους χρήστες των εγκαταστάσεων και των υπηρεσιών των αεροδρομίων. **Οι χρεώσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τις αεροπορικές και τις μη αεροπορικές.** Οι πρώτες αφορούν χρεώσεις για εγκαταστάσεις και υπηρεσίες που έχουν άμεση σχέση με τη λειτουργία των αεροσκαφών, των επιβατών και των εμπορευμάτων. Οι δεύτερες αναφέρονται σε χρεώσεις σχετικές με τις διάφορες συμπληρωματικές εμπορικές υπηρεσίες που υπάρχουν σε ένα αεροδρόμιο. (R.Neufville, 2009)

### 4.3 Αεροπορικές Χρεώσεις

Στις αεροπορικές χρεώσεις συμπεριλαμβάνονται τα τέλη προσγείωσης, τερματικής περιοχής, στάθμευσης αεροσκαφών, θορύβου, εξυπηρέτησης

επιβατών, εξυπηρέτησης εμπορευμάτων, ασφαλείας, εξυπηρέτησης εδάφους και πλοήγησης. (R.Neufville, 2009). Η εικόνα 5 παρουσιάζει την κατανομή των αεροπορικών χρεώσεων παγκοσμίως. Όπως φαίνεται τα τέλη προσγείωσης και επιβατών αποτελούν το 62% των συνολικών αεροπορικών χρεώσεων.



Εικόνα 6: Η κατανομή των αεροπορικών χρεώσεων παγκοσμίως, πηγή: ACI (2014)

#### 4.3.1 Τέλη Πλοήγησης εν Πτήξει

**Τα τέλη πλοήγησης en route αφορούν την παροχή υπηρεσιών ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (Air Traffic Management ή ATM) στον εναέριο χώρο, δηλαδή εκτός του τερματικού εναέριου χώρου του αεροδρομίου.** Τυπικά οι εισπράξεις από τα τέλη αυτά προορίζονται για τις αρχές των εθνικών υπηρεσιών πολιτικής αεροπορίας που είναι υπεύθυνοι για τις εγκαταστάσεις ATM, τον εξοπλισμό και τη λειτουργία του εναέριου χώρου εν πτήση. Πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την απόσταση που διανύεται και το βάρος του αεροσκάφους. Ο παρακάτω τύπος, που έχουν αποδεχτεί οι χώρες μέλη του Eurocontrol<sup>3</sup> υπολογίζει ένα τέλος για κάθε πτήση ανάλογα με τον αριθμό των μονάδων εξυπηρέτησης που διατρέχει η πτήση. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των μονάδων εξυπηρέτησης,  $n$ , που διέτρεξε ένα αεροσκάφος με μέγιστο βάρος απογείωσης  $T$  τόνους πετώντας μια κυκλική απόσταση  $d$  km στον εναέριο χώρο εν πτήση κράτους μέλους του Eurocontrol δίνεται από τον τύπο:  $n=d/100*(T/50)^{1/2}$ . Κάθε κράτος επιβάλλει τις δικές του χρεώσεις ανά μονάδα εξυπηρέτησης. (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.2 Τέλη Πλοήγησης Τερματικής Περιοχής

**Τα τέλη πλοήγησης τερματικής περιοχής χρεώνονται για το κόστος των υπηρεσιών και εγκαταστάσεων διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας στη**

<sup>3</sup> Το Eurocontrol είναι ένας διεθνής οργανισμός που ασχολείται με την διασφάλιση του ασφαλούς και αδιάκοπου Ελέγχου Εναέριας Κυκλοφορίας. Αποτελείται από 41 χώρες και έχει ως βάση του τις Βρυξέλλες.

**τερματική περιοχή.** Το κόστος αυτό περιλαμβάνει το κόστος φωτισμού διαδρόμων και τροχοδρόμων, το κόστος του ραντάρ συστήματος ενόργανης προσέγγισης και άλλων βοηθημάτων προσγείωσης και το κόστος αμοιβής της υπηρεσίας διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας. (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.3 Τέλη Προσγείωσης

**Τα τέλη προσγείωσης αποτελούν τον πιο γενικό τύπο αεροπορικών χρεώσεων. Είναι τα τέλη που πληρώνουν τα αεροσκάφη για τη χρήση του πεδίου ελιγμών.** Το κόστος του πεδίου ελιγμών περιλαμβάνει το κόστος κεφαλαίου, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και το κόστος παροχής υπηρεσιών, όπως πυρόσβεσης, εκχιονισμού και ασφαλείας. Τα τέλη προσγείωσης υπολογίζονται με βάση το βάρος του αεροσκάφους. Επίσης, η πρακτική χρέωσης τελών προσγείωσης με βάση την προέλευση της πτήσης και η ευνοϊκότερη μεταχείριση πτήσεων εσωτερικού έχει ζητηθεί να σταματήσει από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα τέλη προσγείωσης συνήθως χρεώνονται ανά τόνο με βάση το μέγιστο βάρος απογείωσης (MTOW). (R.Neufville, 2009)

Για το αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος της Αθήνας τα τέλη προσγείωσης από τον Ιούλιο του 2019 χρεώνονται ως εξής.

Τέλος προσγείωσης= Unit rate \* Weight factor, όπου:

-Weight factor= MTOW αν το αεροσκάφος ζυγίζει μέχρι 120 τόνους  
 $MTOW(120/MTOW)^{0.4}$  αν ζυγίζει πάνω από 120 τόνους

-Unit Rate = 5.55 € για αεροσκάφη μέχρι 55 τόνους  
=6.16 € για αεροσκάφη πάνω από 55 τόνους

#### 4.3.4 Τέλη Στάθμευσης

**Τα τέλη στάθμευσης των αεροσκαφών επιβάλλονται για τη χρήση των θέσεων επαφής με το κτήριο επιβατών και των μακρινών θέσεων στάθμευσης και των υπόστεγων.** Τα τέλη στάθμευσης είναι ανάλογα είτε του βάρους του αεροσκάφους είτε των διαστάσεων του. Σε πολλά αεροδρόμια δεν επιβάλλονται χρεώσεις στάθμευσης για ένα χρονικό διάστημα που μπορεί να είναι από δύο έως έξι ώρες. Σε περίπτωση χρέωσης όμως, στις θέσεις επαφής επιβάλλεται πρόσθετη χρέωση για τη χρήση της «τηλεσκοπικής αερογέφυρας» και στις μακρινές θέσεις για τη χρήση των κινητών κλιμάκων. (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.5 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. **Σκοπό τους αποτελεί η κάλυψη του κόστους των μέτρων αντιμετώπισης του θορύβου.** Τα μέτρα αυτά εκτείνονται

από την εγκατάσταση μηχανημάτων παρακολούθησης θορύβου γύρω από το αεροδρόμιο έως την ηχομόνωση δημοσίων κτηρίων και κατοικιών. (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.6 Τέλη Εξυπηρέτησης Επιβατών

**Τα τέλη εξυπηρέτησης επιβατών είναι γνωστά ως τέλη αεροσταθμού, πληρώνονται ανά επιβάτη και έχουν σκοπό να καλύψουν το κόστος χρήσης του κτιρίου επιβατών.** Τα τέλη εξυπηρέτησης επιβατών εισπράττονται στη πλειοψηφία των περιπτώσεων από τις αεροπορικές εταιρίες και όχι από τους επιβάτες. Οι αεροπορικές εταιρίες προσαρμόζουν τα κόμιστρα για να καλύψουν τα τέλη τους από τους επιβάτες. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις (αναχωρούντες επιβάτες από αεροδρόμια της Ασίας), στις οποίες ο διαχειριστής εισπράττει τα τέλη απευθείας από τους επιβάτες. Αυτό μερικές φορές οφείλεται στην άρνηση των αεροπορικών εταιριών να δεχτούν αυτά τα τέλη θεωρώντας τα υπερβολικά. Αυτή η μέθοδος είσπραξης μπορεί να προκαλέσει την ενόχληση των επιβατών, καθυστερήσεις και ουρές. (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.7 Τέλη Εξυπηρέτησης Εμπορευμάτων

**Τα τέλη εξυπηρέτησης εμπορευμάτων επιβάλλονται ανά τόνο εμπορεύματος για να καλύψουν το κόστος των εγκαταστάσεων και των υπηρεσιών εξυπηρέτησης εμπορευμάτων.** Τα τέλη καταβάλλονται από τους αερομεταφορείς που με τη σειρά τους προσαρμόζουν ανάλογα το κόστος μεταφοράς των εμπορευμάτων. (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.8 Τέλη Ασφαλείας

**Τα τέλη ασφαλείας επιβάλλονται ανά επιβάτη για την κάλυψη του κόστους των υπηρεσιών ασφαλείας που παρέχονται.** Τα αεροδρόμια όπου τα τέλη ασφαλείας δεν υπολογίζονται ως ξεχωριστή χρέωση, συνήθως περιλαμβάνουν τα τέλη ως μέρος των τελών εξυπηρέτησης επιβατών. Ο πάροχος της υπηρεσίας είναι κατά κανόνα η κρατική Αστυνομία ή άλλος κυβερνητικός φορέας ασφαλείας. Η κυβέρνηση βέβαια μπορεί να παραχωρήσει την ευθύνη είτε στο διαχειριστή του αεροδρομίου είτε σε έναν τρίτο εξειδικευμένο συμβαλλόμενο. Οι αεροπορικές εταιρίες που απαιτούν πρόσθετες υπηρεσίες ασφαλείας χρεώνονται επιπλέον. Σε άλλες περιπτώσεις κάποιες πτήσεις μπορεί να χαρακτηριστούν ως «υψηλού κινδύνου» από τον διαχειριστή ή από την κυβέρνηση. Οι πτήσεις αυτές χρεώνονται για το κόστος των επιπλέον μέτρων ασφαλείας, ακόμη και εάν οι αεροπορικές εταιρίες δεν έχουν ζητήσει αυτές τις υπηρεσίες. Για παράδειγμα η κυβέρνηση των ΗΠΑ απαιτεί να λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα ασφαλείας, όπως υποβολή ερωτήσεων στους επιβάτες και εξακρίβωση διαβατηρίου, στις πτήσεις αναχώρησης

προς υπερατλαντικά ταξίδια. Κατά συνέπεια, οι εταιρίες χρεώνονται με πρόσθετα τέλη ασφαλείας. (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.9 Τέλη Εξυπηρέτησης εδάφους

**Τα τέλη εξυπηρέτησης εδάφους χωρίζονται στα τέλη για υπηρεσίες εξυπηρέτησης που προσφέρονται στο κτήριο επιβατών και στα τέλη εξυπηρέτησης πίστας.** (φόρτωση αεροσκάφους, εκφόρτωση, διαλογή, συγκέντρωση και αποστολή αποσκευών). (R.Neufville, 2009)

#### 4.3.10 Τέλη συμφόρησης

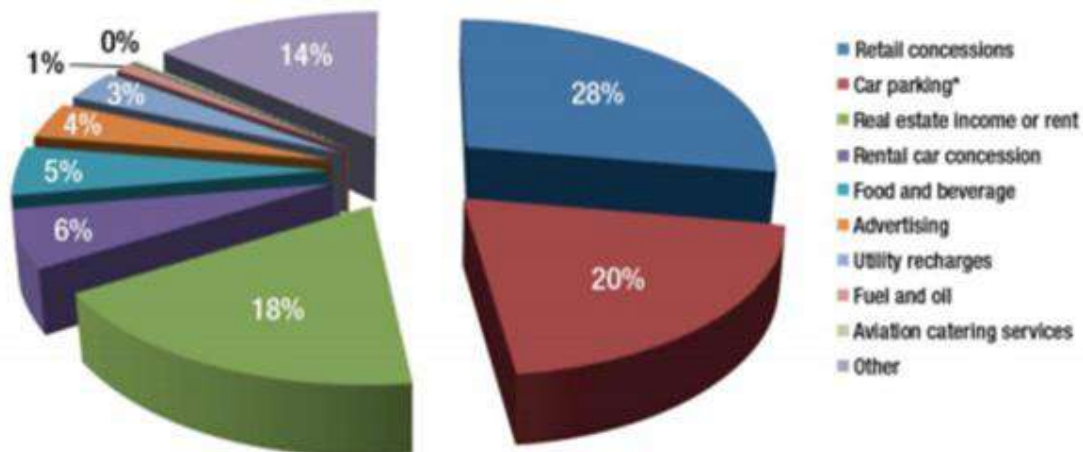
Λόγω της κατακόρυφης αύξησης της αεροπορικής ζήτησης, ο αριθμός των ημερήσιων πτήσεων έχουν αυξηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια, προκαλώντας συμφόρηση στα αεροδρόμια. Το 2007, το 24% των πτήσεων αφίχθηκαν με καθυστέρηση, τη στιγμή που το αντίστοιχο ποσοστό το 2003 ήταν 15%. Υπάρχουν αρκετές λύσεις για την αντιμετώπιση του ζητήματος της συμφόρησης των αεροδρομίων. Μια από αυτές αποτελεί η αύξηση της χωρητικότητας των αεροδρομίων μέσω της κατασκευής, για παράδειγμα, νέων διαδρόμων. Το κόστος όμως αυτής της λύσης είναι υψηλό και το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την υλοποίησή της αρκετά μεγάλο. Μια άλλη λύση αποτελεί ο περιορισμός των ημερήσιων συχνοτήτων των πτήσεων στα συμφορημένα αεροδρόμια, μέσω κυβερνητικής παρέμβασης. Ακόμη, μια ενδιαφέρουσα λύση αποτελεί το σύστημα των slots που είναι αρκετά διαδεδομένο στην Ευρώπη. Οι εταιρίες δεν μπορούν να προγραμματίσουν πτήσεις όποτε το θέλουν αλλά πρέπει να αποκτήσουν slots προσγείωσης ή απογείωσης. Έχει παρατηρηθεί όμως ότι πολλές φορές οι αεροπορικές εταιρίες χρησιμοποιούν slots ωρών αιχμής για να προσγειώσουν ή να απογειώσουν μικρότερα αεροσκάφη απ' ό,τι θα ήταν επιθυμητό από τα αεροδρόμια. **Έναν αξιόπιστο τρόπο αντιμετώπισης της συμφόρησης αποτελεί η τιμολόγηση συμφόρησης.** Με ένα τέτοιο σύστημα τιμολόγησης, τα τέλη προσγείωσης ενός αεροδρομίου θα διαφοροποιούνται ανάλογα με το επίπεδο συμφόρησης. Κατά συνέπεια, υπό συνθήκες συμφόρησης, το κόστος των αεροπορικών εταιριών θα αυξάνεται πολύ σε σχέση με τις περιόδους μη αιχμής, ενθαρρύνοντας με αυτό τον τρόπο τις εταιρίες να μετακινήσουν τις πτήσεις τους εκτός αιχμής. Με την εξασφάλιση μιας καλύτερης κατανομής της αεροπορικής κίνησης στον χρόνο, η συμφόρηση και οι καθυστερήσεις θα μειωθούν. (Brueckner V. D., 2007)

#### 4.3.11 Περιβαλλοντικά Τέλη

Πολλά αεροδρόμια χρεώνουν περιβαλλοντικά τέλη , είτε ξεχωριστά είτε ενσωματωμένα σε άλλα (τέλη προσγείωσης ή τέλη θορύβου) **με σκοπό να δώσουν κίνητρο στις εταιρίες να χρησιμοποιήσουν αεροσκάφη φιλικότερα προς το περιβάλλον**. Τα περιβαλλοντικά τέλη εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως τον τύπο του αεροσκάφους και της μηχανής του, τα επίπεδα εκπομπής οξειδίων του αζώτου και την ώρα της ημέρας. (EASA Europa, n.d.)

#### 4.4 Μη αεροπορικές Χρεώσεις

**Το αεροδρόμιο έχει έσοδα και από μη αεροπορικές χρεώσεις. Συχνά αυτά αναφέρονται ως έσοδα από εμπορικές δραστηριότητες.** Οι βασικότερες από αυτές είναι τα τέλη παραχώρησης εμπορικών δραστηριοτήτων, τα τέλη από χώρους στάθμευσης και τα έσοδα από τις μισθώσεις γης του αεροδρομίου .Σήμερα πολλά από τα μεγάλα αεροδρόμια στον κόσμο έχουν περισσότερα έσοδα από τις μη αεροπορικές χρεώσεις παρά από τις αεροπορικές. Οι αιτίες για την πολύ μεγάλη επιτυχία των εμπορικών δραστηριοτήτων στα αεροδρόμια είναι αρκετές. Αρχικά, μεγάλος αριθμός επιβατών περνούν κάθε μέρα από τα μεγάλα αεροδρόμια και δημιουργούν μια δυναμική αγορά. Δεύτερον, οι επιβάτες προέρχονται από εύπορα κοινωνικά στρώματα. Πολλοί από αυτούς έχουν αρκετό ελεύθερο χρόνο στους αεροσταθμούς με αποτέλεσμα να περιπλανιούνται στα καταστήματα. Τέλος, τα καταστήματα αφορολόγητων ειδών παροτρύνουν πολλούς να ξοδέψουν χρήματα. Στις μη αεροπορικές χρεώσεις περιλαμβάνονται τα τέλη παραχώρησης εμπορικών δραστηριοτήτων, τα τέλη από χώρους στάθμευσης και από ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα και οι χρεώσεις μίσθωσης γης του αεροδρομίου. (R.Neufville, 2009). Στην εικόνα 6 παρουσιάζεται η κατανομή των μη αεροπορικών χρεώσεων παγκοσμίως. Όπως φαίνεται οι μεγαλύτερες πηγές μη αεροπορικών εσόδων για τα αεροδρόμια αποτελούν τα έσοδα από τις πωλήσεις προϊόντων στα καταστήματα (28%), τα έσοδα από τον χώρο στάθμευσης των αυτοκινήτων (20%) και από τις μισθώσεις γης του αεροδρομίου (18%).



Εικόνα 7: Κατανομή των μη αεροπορικών χρεώσεων παγκοσμίως, πηγή: ACI (2014)

#### 4.4.1 Τέλη παραχώρησης εμπορικών δραστηριοτήτων

Περιλαμβάνουν τα τέλη για τη λειτουργία όλων των καταστημάτων του αεροδρομίου. Είτε είναι σταθερά και χρεώνονται με τη μορφή σταθερής βάσης μίσθωσης του χώρου, είτε εξαρτώνται από τις πωλήσεις και κυμαίνονται στο 20-60% αυτών. (R.Neufville, 2009)

#### 4.4.2 Τέλη από χώρους στάθμευσης οχημάτων

Αποτελούν συχνά τη μεγαλύτερη πηγή μη αεροπορικών εσόδων στα αεροδρόμια των ΗΠΑ. Σε πολλές περιπτώσεις ο διαχειριστής αυτές τις εγκαταστάσεις και τις μισθώνει σε κάποιον εξειδικευμένο διαχειριστή χωρών στάθμευσης. Εναλλακτικά, γίνεται μια συμφωνία BOT (built, operate, transfer) με έναν συμβαλλόμενο που αναλαμβάνει τη χρηματοδότηση, την κατασκευή και την εκμετάλλευση των χωρών στάθμευσης για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. (R.Neufville, 2009)

#### 4.4.3 Μισθώσεις γης του αεροδρομίου, κτιριακών χώρων και εξοπλισμού

Περιλαμβάνουν μίσθωση χώρων στις αεροπορικές εταιρίες για γραφεία και αίθουσες λέσχης επιβατών, μίσθωση εγκαταστάσεων και εξοπλισμού στους μεταφορείς, μίσθωση για δημιουργία υπόστεγων συντήρησης αεροσκαφών καθώς και μίσθωση για ανάπτυξη ξενοδοχείων, κτιρίων γραφείων και εμπορικών κέντρων. (R.Neufville, 2009)

#### 4.4.4 Αξιολόγηση μη αεροπορικών εσόδων

Η εμπορική δραστηριότητα των αεροδρομίων γίνεται όλο και πιο σημαντική. **Η συμμετοχή των εμπορικών εσόδων στα συνολικά έσοδα των αεροδρομίων αυξάνεται συνεχώς.** Στο αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης, το οποίο διαχειρίζεται η

Fraport, τα εμπορικά έσοδα αποτελούν το 60% των συνολικών εσόδων. (Malavolti, 2016).

#### 4.5 Παράγοντες επιρροής των χρεώσεων ενός αεροδρομίου

Ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά το μέγεθος των χρεώσεων σε ένα αεροδρόμιο παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Κρατική επιχορήγηση.** Όλες οι κυβερνήσεις αναγνωρίζουν τα εθνικά, περιφερειακά και τοπικά οφέλη των αεροδρομίων. Η έκταση όμως της άμεσης ή έμμεσης επιχορήγησης ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό ανά τον κόσμο. Προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η επιχορήγηση τόσο μικρότερες είναι γενικά οι χρεώσεις.
- **Περιεχόμενο και ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών.** Οι υπηρεσίες τις οποίες πληρώνουν οι χρήστες του αεροδρομίου μέσω ενός συγκεκριμένου τύπου χρέωσης μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά από αεροδρόμιο σε αεροδρόμιο. Επίσης, η ποιότητα των εγκαταστάσεων και των προσφερόμενων υπηρεσιών (ως μέτρο άνεσης, απουσίας καθυστερήσεων και αξιοπιστίας) ποικίλλει επίσης από αεροδρόμιο σε αεροδρόμιο.
- **Όγκος κίνησης.** Όσο αυξάνεται η ζήτηση μειώνεται το οριακό κόστος. Κατά συνέπεια, τα αεροδρόμια με μεγάλη κίνηση έχουν ένα πλεονέκτημα ως προς τις χρεώσεις.
- **Χαρακτηριστικά της κίνησης.** Κάποιες κατηγορίες κίνησης είναι λιγότερο δαπανηρές από άλλες. Για παράδειγμα, οι επιβάτες πτήσεων εσωτερικού, μπορούν να εξυπηρετηθούν αποτελεσματικά με ελάχιστες απαιτήσεις χώρου στο κτήριο επιβατών, λόγω των μικρών χρόνων κατάληψης, της απλοποίησης του ελέγχου εισιτηρίων και τις λίγες αποσκευές. Οπότε, όσο τα αεροδρόμια έχουν μεγαλύτερους φόρτους κίνησης εσωτερικού, τείνουν να έχουν και μικρότερες χρεώσεις.
- **Γενικό κόστος.** Το περιβάλλον γενικού κόστους αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει το κόστος του χρήστη. Το κόστος κατασκευής, εξοπλισμού, ενέργειας και τεχνολογίας ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό από χώρα σε χώρα. Ακόμη, το κόστος απόκτησης και συντήρησης τεχνολογικά προηγμένου εξοπλισμού είναι πολύ υψηλό σε αναπτυσσόμενα κράτη. Τέλος, οι εθνικοί κανονισμοί και οι εργασιακές πρακτικές απαιτούν ειδική μνεία, καθώς το κόστος προσωπικού αποτελεί κυρίαρχο παράγοντα των δαπανών του αεροδρομίου. (R.Neufville, 2009)



#### 4.6 Ιδιωτικοποιήσεις και Τέλη

**Τα ιδιωτικά αεροδρόμια, είναι πιθανό να χρεώσουν υψηλότερα τέλη απ' ότι τα δημόσια.** Ο τυπικός στόχος των ιδιωτικών εταιριών είναι να μεγιστοποιούν τα κέρδη τους, ενώ οι δημόσιες επιχειρήσεις έχουν περισσότερο κοινωνικούς και πολιτικούς σκοπούς. Οπότε οι τιμές αναμένεται να είναι υψηλότερες στα αεροδρόμια που ελέγχονται από ιδιώτες επενδυτές, χωρίς ωστόσο να είναι ξεκάθαρο εάν επιβαρύνονται οι αεροπορικές εταιρίες ή οι επιβάτες ή και οι δύο. (Bel G., 2010)

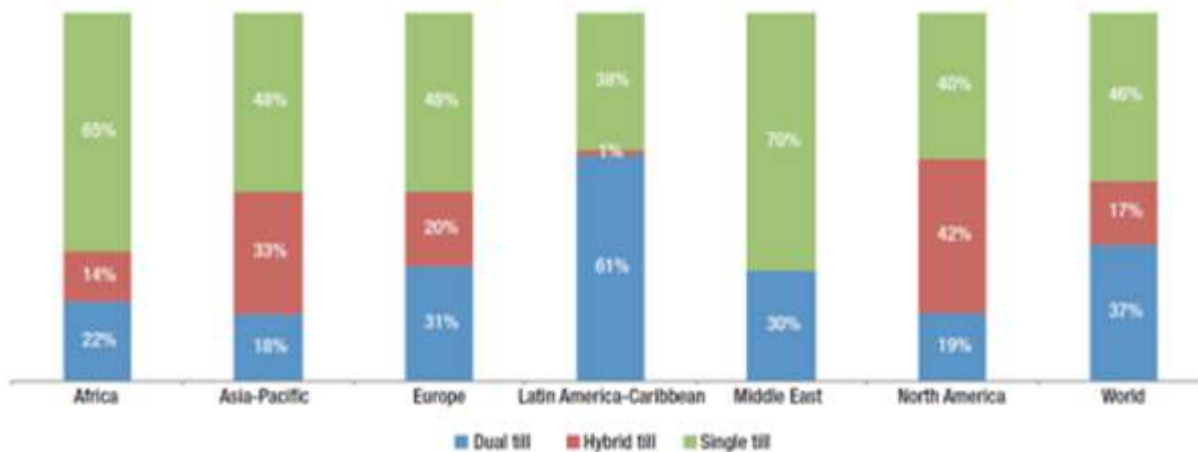
Αφού η ιδιοκτησία πολλών αεροδρομίων αλλάζει από δημόσια σε ιδιωτική, ο οικονομικός περιορισμός μπορεί να γίνει ολόενα και σημαντικότερος για την διατήρηση της κοινωνικής ωφέλειας.

#### 4.7 Κανονιστικοί Περιορισμοί στις Αεροπορικές Χρεώσεις Αεροδρομίου

Τα ιδιωτικά αεροδρόμια τίθενται σε οικονομικούς περιορισμούς διότι κατέχουν τοπική μονοπωλιακή δύναμη αγοράς, την οποία εκμεταλλεύονται για να μεγιστοποιήσουν το κέρδος τους. Ειδικότερα θέτουν πολύ υψηλές τιμές αεροπορικών χρεώσεων για να μεγιστοποιήσουν το κέρδος τους, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο αισθητά την κοινωνική ωφέλεια. Θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι τα αεροδρόμια δεν δρουν σαν μονοπώλια λόγω του ανταγωνισμού των αεροδρομίων, ή του ανταγωνισμού των μεταφορικών μέσων. Ωστόσο, μελέτες δείχνουν ότι η ζήτηση για ένα αεροδρόμιο είναι πολύ ανελαστική σε σχέση με τα αεροπορικά τέλη. Για παράδειγμα, ο Gillen (1989) υπολόγισε ότι η συσχέτιση/ελαστικότητα είναι ανάμεσα σε -0.07 και -0.15 σε ένα αεροδρόμιο της Βορείου Αμερικής. Ένας λόγος είναι ότι τα αεροδρόμια σε μια γεωγραφική περιοχή μπορεί να εξυπηρετούν διαφορετικούς τελικούς προορισμούς και άρα διαφορετικές αγορές σε κάποιο βαθμό. Αυτό περιορίζει τον ανταγωνισμό των αεροδρομίων, στα μάτια του επιβάτη. Άρα όσο υψηλή και αν είναι η τιμή των αεροπορικών χρεώσεων, ο επιβάτης είναι αναγκασμένος να ταξιδέψει και άρα το αεροδρόμιο δρα πράγματι σαν μονοπώλιο. (Czerny Al., 2015)

**Οι οικονομικοί περιορισμοί στους οποίους υπόκεινται τα αεροδρόμια είναι η τιμή οροφής, η μονή θυρίδα, η υδριβική προσέγγιση και η διπλή θυρίδα.** Η τιμή οροφής αφορά στη μέγιστη επιτρεπόμενη αύξηση ανά χρόνο των τελών του αεροδρομίου. Η μονή θυρίδα, και η υδριβική προσέγγιση και η διπλή θυρίδα αφορούν τον συνυπολογισμό ή όχι των αεροπορικών εσόδων κατά τη διαδικασία καθορισμού των αεροπορικών χρεώσεων του αεροδρομίου. (R.Neufville, 2009). Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται το ποσοστό αεροδρομίων με σύστημα διπλής θυρίδας, υδριβικής προσέγγισης και μονής θυρίδας. Όπως φαίνεται η Μέση Ανατολή έχει το

μεγαλύτερο ποσοστό αεροδρομίων με σύστημα μονής θυρίδας (70%) ενώ αντίθετα η Λατινική Αμερική διαθέτει το μεγαλύτερο ποσοστό αεροδρομίων με σύστημα διπλής θυρίδας (60%). Το σύστημα της υδριβικής προσέγγισης είναι πιο διαδεδομένο στη Βόρειο Αμερική (42%). Στην Ευρώπη και παγκοσμίως κυριαρχεί το σύστημα της μονής θυρίδας (48% και 46% αντίστοιχα).



Εικόνα 8: Ποσοστό αεροδρομίων με σύστημα διπλής θυρίδας(μπλε), υδριβικής προσέγγισης (κόκκινο) και μονής θυρίδας(πράσινο) ανά ήπειρο και παγκοσμίως.

#### 4.7.1 Τιμή Οροφής.

Οι κυβερνήσεις και ρυθμιστικές αρχές θέτουν ένα **άνω όριο ως προς την μέγιστη μονάδα χρέωσης των αεροπορικών εγκαταστάσεων και υπηρεσιών, που μπορεί να αυξηθεί από χρόνο σε χρόνο**. Στην ειδική περίπτωση που η τιμή οροφής, έστω  $\chi$ , είναι 0% αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε βελτίωση στα οικονομικά του αεροδρομίου πρέπει να προέλθει από την αύξηση της κίνησης και τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα, όχι από τις αυξήσεις στις τιμές. Πολλά αεροδρόμια με κρατική ιδιοκτησία έχουν κάνει χρήση σημαντικών αυτοπεριορισμών όσον αφορά στις αυξήσεις των αεροπορικών χρεώσεων.

#### 4.7.2 Μονή θυρίδα

**Το σύστημα της μονής θυρίδας αρχικά αθροίζει τα αεροπορικά και τα μη αεροπορικά έσοδα.** Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη τον στόχο απόδοσης του κεφαλαίου και προβλέποντας την επιβατική κίνηση, εκτιμά τα μέγιστα αεροπορικά τέλη, έτσι ώστε να γίνει μια λογική ανταπόδοση της επένδυσης.

#### 4.7.3 Διπλή θυρίδα

**Το σύστημα της διπλής θυρίδας αγνοεί τα μη αεροπορικά έσοδα και αθροίζει**

**μόνο τα αεροπορικά έσοδα.** Ακολουθώντας, με τον ίδιο τρόπο με το σύστημα μονής θυρίδας εκτιμά τα μέγιστα αεροπορικά τέλη. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα δηλαδή, ο στόχος ανταπόδοσης κεφαλαίου πρέπει να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μόνο τα αεροπορικά έσοδα.

#### 4.7.4 Υδριβική Προσέγγιση

**Είναι ένας συνδυασμός της μονής και της διπλής θυρίδας.** Ο διαχειριστής του αεροδρομίου μπορεί να υπολογίσει μια κατηγορία τελών με βάση το σύστημα της μονής θυρίδας ενώ μια άλλη κατηγορία τελών με βάση το σύστημα της διπλής θυρίδας.

#### 4.7.5 Επιχειρήματα υπέρ του συστήματος της μονής θυρίδας και της διπλής θυρίδας

Όσον αφορά στο σύστημα της μονής θυρίδας, το ταξιδιωτικό κοινό ωφελείται από τις χαμηλές χρεώσεις των αεροπορικών εταιριών, που οφείλονται στα χαμηλότερα τέλη των αεροδρομίων. Επίσης, οι μη αεροπορικές δραστηριότητες υπάρχουν και αναπτύσσονται στα αεροδρόμια λόγω των αεροπορικών εταιριών και των επιβατών τους. Χωρίς τις αεροπορικές εταιρίες δεν θα προέκυπταν έσοδα ή κέρδη από αυτές τις δραστηριότητες. Συνεπώς, οι αεροπορικές εταιρίες δικαιούνται να έχουν ορισμένα οφέλη πληρώνοντας χαμηλότερα τέλη χρήσης.

Σχετικά με το σύστημα της διπλής θυρίδας πολλοί θεωρούν ότι μόνο τα αεροπορικά έσοδα πρέπει να υπόκεινται σε οικονομική ρύθμιση. Η εμπορική πλευρά της επιχείρησης του αεροδρομίου δεν πρέπει να αποτελεί παράγοντα σε αυτή τη ρύθμιση. Οι αεροπορικές εταιρίες ως οργανισμοί που επιδιώκουν το κέρδος πρέπει να χρεωθούν για το εύλογο κόστος των εγκαταστάσεων και υπηρεσιών που χρησιμοποιούν. (R.Neufville, 2009)

#### 4.7.7 Καταλληλότητα συστήματος μονής και διπλής θυρίδας

Μελέτες έχουν εξετάσει **ποιο από τα δύο συστήματα είναι το καλύτερο για την αύξηση της κοινωνικής ωφέλειας.** Το σύστημα της μονής θυρίδας είναι προτιμότερο από εκείνο της διπλής θυρίδας σε μη συμφορημένα αεροδρόμια. Αντίθετα, το σύστημα της μονής θυρίδας είναι το καταλληλότερο σε ένα συμφερενήμενο αεροδρόμιο. (Yang H., 2011)

Τα αναλυτικά μοντέλα με τα οποία τα αεροδρόμια καθορίζουν τα τέλη τους αναλύονται στο Κεφάλαιο 7. Πιο πριν, γίνεται μια αναγκαία εισαγωγή στην θεωρία των παιγνίων (Κεφάλαιο 5) και στην θεωρία των ολιγοπωλίων (Κεφάλαιο 6).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

### 5.1 Εισαγωγή

Η θεωρία παιγνίων αποτελεί μία πολύ σημαντική θεωρία στην επιστήμη των οικονομικών αλλά και σε πολλές άλλες επιστήμες που έχουν να κάνουν με την λήψη αποφάσεων. Χρησιμοποιείται ως μαθηματικό εργαλείο σε μια σειρά από επιστημονικούς κλάδους όπως η Οικονομική, η Πολιτική Επιστήμη, οι Διεθνείς Σχέσεις, η Στρατιωτική Στρατηγική, η Νομική, η Ψυχολογία, η Διοίκηση Επιχειρήσεων και η Βιολογία. **Η θεωρία παιγνίων μελετά συστηματικά και με χρήση μαθηματικών εργαλείων την συμπεριφορά των ατόμων ή των ομάδων σε συνθήκες στρατηγικής αλληλεπίδρασης.** Στρατηγική αλληλεπίδραση υπάρχει όταν το τελικό αποτέλεσμα για κάθε άτομο που παίρνει αποφάσεις δεν εξαρτάται μόνο από τις δικές του επιλογές, ή από την τύχη, αλλά και από τις επιλογές άλλων με τους οποίους το άτομο αυτό συνεργάζεται ή βρίσκεται σε σύγκρουση. (Καμπουρίδης, 2017)

### 5.2 Ιστορική αναδρομή

Αρχικά, ο Γάλλος οικονομολόγος Augustin Cournot (1838) ανέλυσε ολιγοπωλιακές καταστάσεις με τρόπο παρόμοιο με τις σύγχρονες μεθόδους της θεωρίας παιγνίων. Αρκετό καιρό αργότερα, το 1881, ο Άγγλος οικονομολόγος Francis Edgeworth ασχολήθηκε με την εφαρμογή των μαθηματικών στις κοινωνικές επιστήμες. (Καμπουρίδης, 2017)

Ο Μαθηματικός Emile Borel το 1921 τόνισε: «Χρειαζόμαστε μια μέθοδο για κάθε παίγνιο. Μέθοδος είναι ένας κωδικός που προσδιορίζει ακριβώς τι θα κάνει το άτομο σε κάθε πιθανή περίπτωση που θα κληθεί να παίξει». Πρώτος ο Borel, άρχισε να παρουσιάζει παίγνια με την μορφή πινάκων όπου εμφανίζονταν οι αποδόσεις των παικτών από κάθε συνδυασμό επιλογών τους. Την εργασία του Borel συνέχισε ο Μαθηματικός John von Neumann (1928) ο οποίος όρισε την στρατηγική σαν ένα πλήρες σχέδιο δράσης που εξειδικεύει την επιλογή του παίκτη σε κάθε φάση του παιγνίου σαν συνάρτηση της πληροφόρησης που διαθέτει και απέδειξε την ύπαρξη ορθολογικής λύσης σε προβλήματα μηδενικού (ή σταθερού) αθροίσματος με δύο παίκτες. Το 1944 εκδόθηκε το πρώτο βιβλίο θεωρίας των παιγνίων με τίτλο " Theory of Games & Economic Behavior" από τους John von Neumann και Oskar Morgenstern. Με την έκδοση του βιβλίου αυτού η θεωρία παιγνίων καθιερώθηκε ως ειδικός κλάδος των οικονομικών και ξεκίνησε να γίνεται γνωστή σε όλο τον κόσμο. Το βιβλίο εστιάζει στα παίγνια μηδενικού αθροίσματος. Στα παίγνια μηδενικού ή σταθερού αθροίσματος με δύο παίκτες υπάρχει απόλυτη σύγκρουση συμφερόντων

αφού το κέρδος του ενός παίκτη από κάθε πιθανό συνδυασμό στρατηγικών ισούται με την ζημιά του άλλου. Όμως δεν ανήκουν όλα τα παίγνια στην κατηγορία αυτή. Επιπλέον, υπάρχουν παίγνια στα οποία εμπλέκονται περισσότεροι από δύο παίκτες. Υπήρχε λοιπόν ανάγκη να ξεπεραστούν οι περιορισμοί με την εύρεση λύσης σε μη-παραμετρικά προβλήματα μη μηδενικού αθροίσματος.

Την λύση έδωσε ο John Nash. Η συνεισφορά του John Nash βρίσκεται στο ότι με μία σειρά εργασίες από το 1949 έως το 1951 ανέπτυξε μια γενική μεθοδολογία για ανάλυση των παιγνίων. Πρότεινε μια νέα έννοια για τη λύση, την ισορροπία Nash (Nash Equilibrium) και απέδειξε ότι όλα τα παίγνια με πεπερασμένο αριθμό παικτών και πεπερασμένο αριθμό στρατηγικών για κάθε παίκτη επιδέχονται ορθολογική λύση. Στα χρόνια που ακολούθησαν οι εργασίες των ερευνητών επικεντρώθηκαν στη βελτίωση της έννοιας της ισορροπίας Nash επειδή η εφαρμογή της φαινόταν να αντιμετωπίζει δυσκολίες σε κάποιες περιπτώσεις. Ειδικότερα, υπήρχε προβληματισμός σχετικά με το αν η κανονική μορφή του παιγνίου οδηγούσε πάντοτε σε λογικές ισορροπίες. Ο προβληματισμός συνδεόταν με το γεγονός ότι η ισορροπία Nash που προκύπτει από την κανονική μορφή είναι αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη για την ορθολογική συμπεριφορά.

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό ο Reihhard Selten το 1965 πρότεινε την έννοια της τέλειας κατά υπό-παίγνιο ισορροπίας Nash (perfect sub-game Nash Equilibrium) η οποία αποτελεί τόσο αναγκαία όσο και ικανή συνθήκη για ορθολογική συμπεριφορά στα δυναμικά παίγνια. Μια άλλη δυσκολία με την κανονική μορφή του παιγνίου ήταν ότι για την κατασκευή της γινόταν η υπόθεση ότι στην αρχή του παιγνίου όλοι οι παίκτες έχουν την ίδια ακριβώς πληροφόρηση. Ο John Harshanyi (1967) αντιμετώπισε το πρόβλημα αυτό με την πρόταση του για την κατασκευή *Μπεϋζιανών* (Bayesian) παιγνίων τα οποία επιτρέπουν στους παίκτες να έχουν διαφορές στην πληροφόρηση. Οι John Nash, Reinhard Selten και John Harsanyi μοιράστηκαν το βραβείο Nobel στα οικονομικά το 1994. (Φουσέκης, 2015)

### **5.3 Ορισμός και Βασικά Χαρακτηριστικά Παιγνίου**

Ως παίγνιο (game) ορίζεται εκείνη η κατάσταση λήψης απόφασης κατά την οποία δύο ή περισσότεροι ορθολογικοί παίκτες με αντικρουόμενα συμφέροντα επιλέγουν τρόπους ενέργειας, δημιουργώντας συνθήκες ανταγωνιστικής αλληλεξάρτησης.

Κύρια στοιχεία ενός παιγνίου είναι:

- **Ο παίκτης.** Αποτελεί την αυτόνομη μονάδα λήψης μιας απόφασης. Κύριος σκοπός του είναι η βελτίωση της δικής του ευημερίας έναντι των αντιπάλων του, με βάση τους ισχύοντες κανόνες, τους υπάρχοντες πόρους και τις πληροφορίες που μπορεί να έχει στη διάθεσή του. Ως παίκτης μπορεί να οριστεί ένα άτομο, μια επιχείρηση, ένας κράτος κ.ο.κ. Για να οριστεί ένα παίγνιο πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο παίκτες με τουλάχιστον δύο στρατηγικές έκαστος. Στη περίπτωση που υπάρχει μόνο ένας παίκτης, η όλη διαδικασία δεν μπορεί να οριστεί ως παίγνιο, αλλά ως απόφαση, δηλαδή ως προσωπική επιλογή ενός ατόμου ή ομάδας.
- **Η στρατηγική.** Σε ένα παίγνιο μεταξύ παικτών, υπάρχει η δυνατότητα να επιλέξει ο καθένας την κίνησή του στο παιχνίδι. Αυτή η κίνηση αναφέρεται ως στρατηγική. Η έννοια της στρατηγικής του παίκτη είναι παρόμοια σε όλα τα επίπεδα ανταγωνισμού, είτε πρόκειται για άτομα και απλά καθημερινά παιχνίδια, ή για επιχειρήσεις και καταστάσεις οικονομικών αλληλεξαρτήσεων, ή για κράτη και διπλωματικά συμφέροντα. Χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: 1) Την αμιγή στρατηγική, στην οποία κάθε παίκτης επιλέγει μόνο μια από τις δυνατές στρατηγικές του με πιθανότητα ίση με την μονάδα και 2) Την μικτή στρατηγική, η οποία περιλαμβάνει συνδυασμό στρατηγικών, με κάθε μια από τις οποίες να επιλέγονται με πιθανότητα μικρότερης της μονάδας. Ακριβέστερη ανάλυση της έννοιας της στρατηγικής γίνεται στη συνέχεια.
- **Ο πίνακας ή μήτρα αποτελεσμάτων ή πληρωμών ή ανταμοιβών.** Δείχνει τα δυνατά αποτελέσματα ενός παιγνίου για κάθε συνδυασμό στρατηγικών. Τα στοιχεία του πίνακα αυτού, αντιπροσωπεύουν το κέρδος με την ευρεία έννοια. Γενικά, ως κέρδος ορίζεται η χρησιμότητα για τον υπό μελέτη παίκτη, από κάθε συνδυασμό δύο στρατηγικών.
- **Η λύση του παιγνίου.** Αποτελεί την βέλτιστη στρατηγική όλων των παικτών.

Υποτίθεται ότι όλοι οι παίκτες είναι ορθολογικοί με την έννοια ότι έχουν την δυνατότητα να α)κατατάξουν τις αποδόσεις σε περισσότερο και λιγότερο επιθυμητές και β) να προσδιορίσουν τις επιλογές που οδηγούν στην πλέον επιθυμητή απόδοση. Επιπλέον κάθε παίκτης ξεχωριστά γνωρίζει ότι και οι άλλοι είναι ορθολογικοί και λαμβάνει το στοιχείο αυτό υπόψη του όταν κάνει τις δικές του επιλογές. (Καμπουρίδης, 2017)

## 5.4 Τρόποι Αναπαράστασης Παιγνίων

Στη θεωρία παιγνίων χρησιμοποιούνται δύο τρόποι αναπαράστασης παιγνίων. Πιο αναλυτικά:

### 5.4.1 Κανονική Μορφή

Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή αναπαράστασης ενός παιγνίου. **Οι στρατηγικές κάθε παίκτη καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από κάθε συνδυασμό στρατηγικών αναπαρίστανται με τη μορφή πίνακα.** Σε κάθε γραμμή υπάρχει η στρατηγική του παίκτη 1 και σε κάθε στήλη του η στρατηγική του παίκτη 2. Στην περίπτωση που έχουμε τρεις, ή τέσσερις ή πέντε παίκτες μπορούμε να πάρουμε πίνακα περισσότερων διαστάσεων. Συνολικά, αυτή η μορφή αναπαράστασης ενός παιγνίου προσδιορίζει τους παίκτες του παιγνίου, τις στρατηγικές που διαθέτει ο κάθε παίκτης καθώς και το όφελος ή τις αποδόσεις που λαμβάνει κάθε παίκτης για κάθε συνδυασμό στρατηγικών που μπορούν να επιλέξουν οι παίκτες. Παράδειγμα κανονικής μορφής παιγνίου δίνεται στον πίνακα 1.

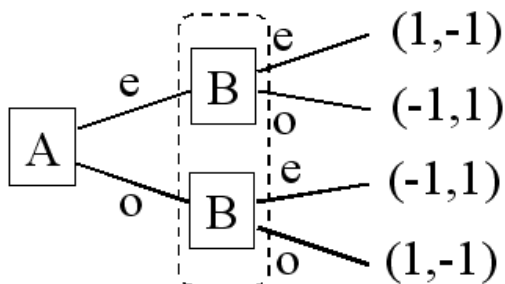
Πίνακας 1: Παράδειγμα κανονικής μορφής παιγνίου

Παίκτης	B	Στρατηγική B <sub>1</sub>	Στρατηγική B <sub>2</sub>
A			
Στρατηγική A <sub>1</sub>		(1,1)	(5,0)
Στρατηγική A <sub>2</sub>		(0,5)	(3,3)

Οι παίκτες είναι ο A και ο B και οι στρατηγικές τους είναι A<sub>1</sub> ή A<sub>2</sub> και B<sub>1</sub> ή B<sub>2</sub> αντίστοιχα. Κάθε γραμμή του πίνακα παρουσιάζει μια στρατηγική του ενός παίκτη, ενώ κάθε στήλη μια στρατηγική του άλλου παίκτη. Σε κάθε κελί του πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα για καθέναν από τους δύο παίκτες, ανάλογα με τη στρατηγική που αντιστοιχεί στη γραμμή και στη στήλη του κελιού. Στην αναπαράσταση κανονικής μορφής θεωρείται ότι οι παίκτες αποφασίζουν ταυτόχρονα χωρίς γνώση της κίνησης του αντιπάλου τους. Επίσης, δεν είναι γνωστή η χρονική στιγμή που λαμβάνονται οι αποφάσεις, είναι δηλαδή μια στατική μορφή αναπαράστασης παιγνίου.

### 5.4.2 Αναλυτική μορφή ή μορφή δένδρου

Αναλυτική ή εκτεταμένη ή μορφή δένδρου είναι η μορφή όπου σ' αυτή εμφανίζονται όλες οι λεπτομέρειες της αλληλεπίδρασης των παικτών, δηλαδή όλα τα επόμενα στοιχεία ενός παιγνίου. Τα εκτεταμένα παίγνια αναπαρίστανται ως δένδρα που ξεκινούν από έναν κοινό κόμβο, τον κόμβο αφετηρίας. Οι κλάδοι που ξεκινούν από τους κόμβους συμβολίζουν τις πιθανές διαθέσιμες ενέργειες του παίκτη. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τα σημεία που λαμβάνουν αποφάσεις οι παίκτες και ονομάζονται κόμβοι απόφασης. Σε κάθε κόμβο καταλήγει μόνο ένας κλάδος, αλλά ενδέχεται να ξεκινούν από αυτόν περισσότεροι του ενός. Στους τελικούς κόμβους παρουσιάζονται οι ωφέλειες κάθε στρατηγικής. Παράδειγμα αναλυτικής μορφής παιγνίου είναι το παρακάτω δενδροδιάγραμμα. Η αναλυτική μορφή είναι πιο χρήσιμη για την αναπαράσταση του παιγνίου σε περίπτωση που οι παίκτες έχουν πληροφόρηση σχετικά με τις αποφάσεις των αντιπάλων τους. (Παπαμιχαήλ, 2015)



Εικόνα 9: Αναπαράσταση παιγνίου αναλυτικής μορφής

## 5.5 Τύποι Παιγνίων

Τα παίγνια ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν διακρίνονται και σε αντίστοιχες κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής:

### 5.5.1 Συνεργατικά/ Μη συνεργατικά (Corporative/ Non Corporative)

Ένα παίγνιο χαρακτηρίζεται ως συνεργατικό αν οι παίκτες είναι σε θέση να σχηματίσουν δεσμεύσεις και συμφωνίες και να τις τηρούν. Σε αντίθετη περίπτωση το παίγνιο χαρακτηρίζεται ως μη συνεργατικό. Για τα συνεργατικά παίγνια γίνεται συχνά η υπόθεση ότι υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των παικτών. Επίσης αυτού του είδους τα παίγνια καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος της θεωρίας



παιγνίων, καθώς μελετάται ο τρόπος με τον οποίο οι παίκτες είναι σε θέση να διαμορφώνουν δεσμεύσεις που μπορούν να τηρηθούν και να οδηγούν σε αμοιβαίο όφελος. Από την άλλη πλευρά, τα μη συνεργατικά παίγνια είναι σε θέση να διαμορφώνουν καταστάσεις μέχρι και την τελευταία λεπτομέρεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι από την στιγμή που δεν υπάρχει συνεργασία μεταξύ των παικτών, ο κάθε ένας επιλέγει κάθε φορά την δική του στρατηγική, με την οποία θεωρεί ότι έχει μεγαλύτερο όφελος.

#### 5.5.2 Συμμετρικά/ Ασύμμετρα ( Symmetric/ Asymmetric)

Συμμετρικό ορίζεται ένα παίγνιο του οποίου τα κέρδη για την αναπαραγωγή μια συγκεκριμένης στρατηγικής εξαρτώνται **μόνο από τις στρατηγικές** που χρησιμοποιούνται και όχι από το ποιος παίζει. Δηλαδή, αν οι ταυτότητες των παικτών αλλάξουν και συγχρόνως δεν αλλάξουν τα κέρδη στις στρατηγικές, τότε το παίγνιο είναι συμμετρικό. Σε αντίθετη περίπτωση το παίγνιο θεωρείται ασύμμετρο.

#### 5.5.3 Μηδενικού/ Μη μηδενικού αθροίσματος ( Zero Sum/ Non Zero Sum)

Με τον όρο μηδενικού αθροίσματος αναφερόμαστε στην ακραία περίπτωση όπου οι παίκτες έχουν πλήρως αντιτιθέμενα συμφέροντα, δηλαδή **αν ο ένας κερδίσει ο άλλος θα χάσει**. Αντίθετα, στα παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος το κέρδος ενός παίκτη δεν αντιστοιχεί αναγκαστικά την απώλεια του κέρδους του άλλου παίκτη.

#### 5.5.4 Ταυτόχρονα/ Ακολουθιακά (Simultaneous/ Sequential)

**Στα ταυτόχρονα παίγνια είτε οι δύο παίκτες κινούνται ταυτόχρονα είτε οι παίκτες που παίζουν αργότερα αγνοούν τις ενέργειες των παικτών που έπαιξαν νωρίτερα.** Σε κάθε περίπτωση, οι επιλογές του παίκτη που παίζει αργότερα δεν επηρεάζονται από τις επιλογές του παίκτη που παίζει νωρίτερα. **Αντίθετα, ακολουθιακά παίγνια είναι εκείνα στα οποία οι παίκτες που παίζουν αργότερα έχουν κάποιες γνώσεις σχετικά με τις προηγούμενες δράσεις.** Η πληροφόρηση που θα έχουν δεν χρειάζεται να είναι τέλεια για την κάθε δράση που έχει εκτελεστεί νωρίτερα. Θα αρκούσε η γνώση να είναι πολύ λίγη. Τα ταυτόχρονα παίγνια συνήθως απεικονίζονται σε μορφή πίνακα (κανονική μορφή), ενώ τα ακολουθιακά παίγνια σε εκτεταμένη (δένδρα αποφάσεων).

Για τις δύο παρακάτω κατηγορίες και προς αποφυγήν σύγχυσης, διευκρινίζεται ότι η έννοια της πληροφόρησης αφορά την ενημέρωση του παίκτη για τις δυνατές κινήσεις και αντίστοιχες αποδόσεις των άλλων παικτών πριν την έναρξη του

παιγνίου. Αντίθετα, η έννοια της πληροφορίας αναφέρεται στην ενημέρωση που έχει ο παίκτης για τις κινήσεις που έκαναν οι υπόλοιποι παίκτες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.

#### 5.5.5 Πλήρους και μη πλήρους πληροφόρησης (Complete information/ incomplete information)

Ένα παίγνιο χαρακτηρίζεται ως πλήρους πληροφόρησης, όταν κάθε παίκτης γνωρίζει εκ των προτέρων όλες τις πιθανές στρατηγικές των αντιπάλων του, καθώς και τις αποδόσεις αυτών. Από την άλλη, ένα παίγνιο χαρακτηρίζεται ως μη πληροφόρησης, όταν ένας τουλάχιστον εμπλεκόμενος δεν γνωρίζει ποια είναι η στρατηγική ή η απόδοση ενός τουλάχιστον, άλλου εμπλεκόμενου.

#### 5.5.6 Τέλειας πληροφορίας/ ελλιπούς πληροφορίας ( Perfect information/ Imperfect Information)

Ένα παίγνιο χαρακτηρίζεται ως παίγνιο τέλειας πληροφορίας εάν όλοι οι παίκτες γνωρίζουν τις κινήσεις που πραγματοποιήθηκαν από όλους τους άλλους παίκτες καθώς και τις αποδόσεις τους. Παίγνια ελλιπούς πληροφορίας απαιτούν ότι κάθε παίκτης δεν γνωρίζει τις δράσεις που λήφθηκαν από τους άλλους παίκτες.

#### 5.5.7 Διακριτά/ Συνεχή (Discrete/ Continuous)

Τα διακριτά παίγνια, τα οποία και αποτελούν ένα μεγάλο μέρος της θεωρίας παιχνιδιών, έχουν ένα πεπερασμένο αριθμό παικτών, κινήσεων και αποτελεσμάτων. Ο νικητής γίνεται γνωστός μόνο όταν όλες οι κινήσεις έχουν ολοκληρωθεί. Από την άλλη, τα συνεχή παίγνια επιτρέπουν στους παίκτες να επιλέξουν μια στρατηγική από ένα σύνολο, η οποία και συνεχίζει επ' άπειρον.

### 5.6 Κυρίαρχη και Κυριαρχούμενη Στρατηγική

#### 5.6.1 Κυρίαρχη στρατηγική

Κυρίαρχη είναι μια στρατηγική που προσφέρει στον παίκτη καλύτερα αποτελέσματα από οποιαδήποτε άλλη, ανεξάρτητα από τις στρατηγικές των άλλων παικτών. Μπορεί να είναι αυστηρά κυρίαρχη ή ασθενώς κυρίαρχη. Μια στρατηγική μπορεί να είναι αυστηρά κυρίαρχη όταν προσφέρει στον παίκτη πάντα μια καλύτερη ανταμοιβή συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη στρατηγική, ανεξάρτητα του τι στρατηγικές θα επιλέξουν οι άλλοι παίκτες. Εάν όμως μια στρατηγική είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο μια άλλη στρατηγική, τότε αυτή χαρακτηρίζεται ως ασθενώς κυρίαρχη. (Καμπουρίδης, 2017)

### 5.6.2 Κυριαρχούμενη στρατηγική

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

### 5.7 Παίγνια μηδενικού αθροίσματος

Τα παίγνια μηδενικού αθροίσματος είναι μια ειδική περίπτωση των παιγνίων σταθερού αθροίσματος όπου οι επιλογές των παικτών διατηρούν το διαμοιραζόμενο ποσό σταθερό. **Στα παίγνια μηδενικού αθροίσματος το συνολικό όφελος για όλους τους παίκτες, για κάθε συνδυασμό στρατηγικών, πάντα αθροίζει στο μηδέν.** Πιο πρακτικά, ο παίκτης κερδίζει αυτό που χάνουν οι άλλοι παίκτες. Κλασικά παίγνια μηδενικού αθροίσματος είναι το matching pennies και το «πέτρα μολύβι ψαλίδι χαρτί».

### 5.8 Στρατηγικές Maximin και Minimax για επίλυση παιγνίων μηδενικού αθροίσματος

Απαραίτητο εργαλείο για την επίλυση παιγνίων μηδενικού αθροίσματος αποτελεί ο πίνακας αποτελεσμάτων, όπου ο κάθε παίκτης μπορεί να πληροφορηθεί για τις ακριβείς ανταμοιβές που προκύπτουν από κάθε δυνατό συνδυασμό στρατηγικών των δύο παικτών. Στον επόμενο πίνακα, που ονομάζεται πίνακας πληρωμών του παίκτη A, βλέπουμε τους δύο παίκτες, τον A και τον B, τις m στρατηγικές του παίκτη A και τις n στρατηγικές του παίκτη B. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, αν ο παίκτης A επιλέξει την στρατηγική  $A_i$  και ο παίκτης B επιλέξει τη στρατηγική  $B_j$ , τότε ο παίκτης A κερδίζει  $a_{ij}$  και ο παίκτης B χάνει  $a_{ij}$ .

Πίνακας 2: Ενδεικτική μορφή πίνακα απολαβών σε παίγνιο μηδενικού αθροίσματος

Παίκτης B	Στρατηγική $B_1$	Στρατηγική $B_2$	...	Στρατηγική $B_m$
A				
Στρατηγική $A_1$	$a_{11}, -a_{11}$	$a_{12}, -a_{12}$	...	$a_{1n}, -a_{1n}$
Στρατηγική $A_2$	$a_{21}, -a_{21}$	$a_{22}, -a_{22}$	...	$a_{2n}, -a_{2n}$

...	...	...	...	...
Στρατηγική $A_n$	$\alpha_{n1}, -\alpha_{n1}$	$\alpha_{n2}, -\alpha_{n2}$	...	$\alpha_{nm}, -\alpha_{nm}$

Για παράδειγμα, στον πίνακα 3 φαίνονται οι απολαβές για τον παίκτη A που έχουν προκύψει από κάθε επιλογή των παικτών A και B, δηλαδή είναι ο πίνακας πληρωμών του παίκτη A. Οι τιμές του πίνακα 3 αντιπροσωπεύουν το κέρδος (ή ζημία) του παίκτη A και επομένως τη ζημία (ή κέρδος) του παίκτη B.

Πίνακας 3: Παράδειγμα πίνακα απολαβών παιγνίου μηδενικού αθροίσματος

Παίκτης B	Στρατηγική $B_1$	Στρατηγική $B_2$	Στρατηγική $B_3$
A			
Στρατηγική $A_1$	-10, 10	15,-15	6,-6
Στρατηγική $A_2$	4,-4	4,-4	5,-5
Στρατηγική $A_3$	-15,15	-12,12	4,-4

Για να βρεθεί η βέλτιστη στρατηγική που πρέπει να επιλέξει ο κάθε παίκτης χρησιμοποιείται η μέθοδος των στρατηγικών *maximin* και *minimax*, διαγράφοντας διαδοχικά τις υποδεέστερες στρατηγικές. Σε ένα παίγνιο δύο παικτών (Παίκτης A, Παίκτης B), ο αντικειμενικός σκοπός του παίκτη A είναι η επίτευξη του μέγιστου κέρδους. Για αυτό το λόγο ο παίκτης A θα ακολουθεί πάντα τη στρατηγική *maximin*, δηλαδή θα επιλέγει το μέγιστο (*maximum*) των ελάχιστων (*minimum*) στοιχείων των σειρών από τον πίνακα πληρωμών. Αντίστοιχα, αντικειμενικός σκοπός του παίκτη B είναι η ελάχιστη ζημία. Κατά συνέπεια, ο παίκτης B θα ακολουθεί στρατηγική *minimax*, δηλαδή θα επιλέγει πάντα το ελάχιστο (*minimum*) των μέγιστων (*maximum*) στοιχείων των στηλών. **Εάν σε ένα παίγνιο το στοιχείο του πίνακα πληρωμών της στρατηγικής *maximin* είναι το ίδιο με το στοιχείο της στρατηγικής *minimax*, το στοιχείο αυτό ονομάζεται σημείο ισορροπίας και δίνει την τιμή ισορροπίας του παιγνίου, η οποία συμβολίζεται με V. Ισχύει δηλαδή η σχέση:**

$$V = \max_i \min_j a_{ij} = \min_j \max_i a_{ij} \quad \text{για } i=1,2,\dots,n \text{ και } j=1,2,\dots,n$$

Το σημείο ισορροπίας σε ένα παίγνιο, εφόσον υπάρχει, είναι πάντα το μικρότερο στοιχείο της σειράς και το μεγαλύτερο στοιχείο της στήλης στην οποία ανήκει. Σημείο ισορροπίας υπάρχει όταν κανένας από τους παίκτες δεν επιθυμεί να αλλάξει τη στρατηγική του ακόμα και όταν γνωρίζει την στρατηγική του αντιπάλου. Στο παραπάνω παράδειγμα, το σημείο ισορροπίας προκύπτει όταν ο παίκτης A εφαρμόζει τη στρατηγική  $A_2$ , ενώ ο παίκτης B τη στρατηγική  $B_1$ . (Καλλιδώνης, 2015)

Πίνακας 4: Εύρεση σημείου ισορροπίας σε παίγνιο μηδενικού αθροίσματος

Παίκτης B	Στρατηγική $B_1$	Στρατηγική $B_2$	Στρατηγική $B_3$	Ελάχιστο σειράς
A				
Στρατηγική $A_1$	-10, 10	15,-15	6,-6	-10
Στρατηγική $A_2$	<b>4,-4</b>	4,-4	5,-5	<b>4</b>
Στρατηγική $A_3$	-15,15	-12,12	4,-4	-15
Μέγιστο στήλης	<b>4</b>	15	6	$V=4,-4$

## 5.9 Παραδείγματα Παιγνίων Μηδενικού Αθροίσματος

### 5.9.1 Το παίγνιο Matching Pennies

Το παίγνιο αυτό είναι ένα κλασικό παίγνιο που χρησιμοποιείται εκτενώς στη θεωρία παιγνίων. Το παίγνιο παίζεται μεταξύ δύο παικτών, του παίκτη A και του παίκτη B, όπου κάθε παίκτης έχει ένα νομίσμα (penny) και πρέπει μυστικά, χωρίς να τον δει ο άλλος παίκτης, να επιλέξει τη μια όψη του νομίσματος (κορώνα ή γράμματα). Οι παίκτες δείχνουν την επιλογή τους ταυτόχρονα. Αν τα νομίσματα συμπίπτουν (κορώνα-κορώνα ή γράμματα-γράμματα) τότε ο παίκτης A κρατάει και τα δύο νομίσματα. Αν τα νομίσματα είναι διαφορετικά (κορώνα-γράμματα ή γράμματα-κορώνα) τότε κερδίζει ο παίκτης B, ο οποίος κρατάει και τα δύο νομίσματα για τον εαυτό του. Ο πίνακας των ανταμοιβών του παιγνίου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι ανταμοιβές συμβολίζουν κάθε φορά την διαφορά στα νομίσματα που έχει ο κάθε παίκτης με το πέρας του παιγνίου. Για παράδειγμα, το πρώτο κελί συμβολίζει ότι ο πρώτος παίκτης παίζει κορώνα και ο δεύτερος παίκτης παίζει κορώνα (κερδίζει ο πρώτος παίκτης) οπότε το πλήθος των νομισμάτων του πρώτου παίκτη αυξάνεται

κατά ένα και το πλήθος των νομισμάτων του δεύτερου παίκτη μειώνεται κατά ένα. (Καλλιδώνης, 2015)

Πίνακας 5: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Matching Pennies"

Παίκτης A	B	Κορώνα	Γράμματα
Κορώνα		1,-1	-1,1
Γράμματα		-1,1	1,-1

### 5.9.2 Το παίγνιο "Πέτρα-Ψαλίδι-Χαρτί"

Το γνωστό παίγνιο "πέτρα-ψαλίδι-χαρτί" έχει τη μορφή παιγνίου δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος και διατυπώνεται ως εξής: "Δύο παίκτες κοιτάζονται κατάματα και σχηματίζουν με τα δάχτυλά τους ένα από τα τρία ακόλουθα σχήματα. Μια γροθιά, που αντιστοιχεί στην πέτρα, το δείκτη και το μέσο παρατεταμένους που συμβολίζουν το ψαλίδι και την παλάμη ανοικτή προς το έδαφος που συμβολίζει το χαρτί. Η πέτρα κερδίζει το ψαλίδι, καθώς μπορεί να τη σπάσει, το ψαλίδι κερδίζει το χαρτί, καθώς μπορεί να το κόψει, και το χαρτί κερδίζει την πέτρα αφού μπορεί να την τυλίξει. Ο νικητής κερδίζει ένα ευρώ, ενώ σε περίπτωση ισοπαλίας, οι παίκτες δεν δίνουν ούτε παίρνουν χρήματα. Κανείς από τους δύο παίκτες δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι κάνει μια καλή κίνηση ή κακή κίνηση όταν το παίγνιο παίζεται μόνο μια φορά. Όταν όμως το παίγνιο επαναληφθεί αρκετές φορές, οι παίκτες μπορούν να χαράξουν κάποια στρατηγική που θα τους εξασφαλίσει συγκριτικό πλεονέκτημα. Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, η βέλτιστη στρατηγική στο παίγνιο είναι η τυχαία επιλογή, καθώς κανένας από τους δύο παίκτες δεν έχει λόγο να προτιμήσει συγκεκριμένη επιλογή με δεδομένο ότι καθεμία από αυτές του δίνει ίδια πιθανότητα επιτυχίας. (Παπαμιχαήλ, 2015). Αυτό συμπεραίνεται και από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Πέτρα-Ψαλίδι-Χαρτί"

Παίκτης A	B	Πέτρα	Ψαλίδι	Χαρτί
Πέτρα		0,0	1,-1	-1,1

Ψαλίδι	-1,1	0,0	1,-1
Χαρτί	1,-1	-1,1	0,0

### 5.10 Παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος

**Παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος ονομάζονται αυτά στα οποία το όφελος ενός παίκτη δεν ισοδυναμεί με τη ζημία του άλλου και κατ' επέκταση τα στοιχεία του πίνακα πληρωμών δεν είναι ένας μόνος αριθμός, αλλά ένα ζεύγος αριθμών.** Αυτή η μορφή του πίνακα πληρωμών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

*Πίνακας 7: Ενδεικτική μορφή πίνακα παιγνίων μη μηδενικού αθροίσματος*

Παίκτης	B	Στρατηγική B <sub>1</sub>	Στρατηγική B <sub>2</sub>
A			
Στρατηγική A <sub>1</sub>		$\alpha_1, \beta_1$	$\alpha_2, \beta_2$
Στρατηγική A <sub>2</sub>		$\alpha_3, \beta_3$	$\alpha_4, \beta_4$

Η λήψη αποφάσεων στα παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος γίνεται με τον κανόνα της ορθολογικότητας σύμφωνα με τον οποίο κάθε παίκτης αποσκοπεί στο μέγιστο δυνατό ίδιο όφελος. Δηλαδή τα οφέλη των παικτών είναι ανεξάρτητα και επομένως και οι δύο παίκτες λαμβάνουν τις αποφάσεις τους βάσει του ατομικού τους οφέλους. Άρα, ο κάθε παίκτης αποφασίζει για τη στρατηγική που θα ακολουθήσει διαφορώντας για το όφελος ή τη ζημία του αντιπάλου του. Στόχος και των δύο παικτών είναι η μεγιστοποίηση του ατομικού τους οφέλους. (Παπαμιχαήλ, 2015)

### 5.11 Ισορροπία Nash

#### 5.11.1 Εισαγωγή

Η ισορροπία Nash είναι ένα σκεπτικό επίλυσης που περιλαμβάνει δύο ή περισσότερους παίκτες. Για την ισορροπία Nash θα πρέπει α) Ο κάθε παίκτης να κάνει πρόβλεψη (να διατυπώσει μια εικασία) για τον τρόπο με τον οποίο θα συμπεριφερθούν οι υπόλοιποι και να αντιδράσει άριστα με βάση την πρόβλεψή του και β) η πρόβλεψη να είναι ορθή. Η έννοια της ισορροπίας Nash, συνεπώς, υποθέτει

ότι οι παίκτες έχουν μια κοινή εικασία για τον τρόπο με τον οποίο θα εξελιχθεί το παίγνιο.

Αν κάθε παίκτης έχει επιλέξει μια στρατηγική και κανένας δεν έχει όφελος από το να αλλάξει τη στρατηγική του, άρα οι επιλογές τους θα παραμείνουν σταθερές, τότε το σύνολο των στρατηγικών των παικτών συγκροτούν την ισορροπία Nash. **Με απλά λόγια, δύο παίκτες είναι σε ισορροπία Nash, αν ο πρώτος παίκτης έχει κάνει επιλογή στρατηγικής, η οποία είναι η καλύτερη δυνατή λαμβάνοντας υπόψη την επιλογή στρατηγικής του άλλου παίκτη, ενώ η απόφασή του δεύτερου παίκτη δεν θα αλλάξει όσο η επιλογή του πρώτου παίκτη δεν αλλάζει επίσης.** Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι μια ισορροπία Nash δεν αποφέρει απαραίτητα τα μεγαλύτερα οφέλη σε όλους τους παίκτες που συμμετέχουν. Σε πολλές περιπτώσεις, όλοι οι παίκτες μπορούν να αυξήσουν τα κέρδη τους, αν καταφέρουν να συμφωνήσουν σε ένα σύνολο στρατηγικών διαφορετικών από την ισορροπία Nash. Οι θεωρητικοί των παιγνίων χρησιμοποιούν το σκεπτικό της ισορροπίας Nash για να περιγράψουν το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων διαφόρων παικτών που έχουν να λάβουν μια απόφαση. Με άλλα λόγια, παρέχουν ένα τρόπο πρόβλεψης του αποτελέσματος όταν διαφορετικοί άνθρωποι ή οργανισμοί παίρνουν αποφάσεις την ίδια στιγμή, και το αποτέλεσμα εξαρτάται από τις επιλογές των επιμέρους παικτών. Το σημείο ισορροπίας Nash έχει ονομαστεί έτσι προς τιμήν του John Nash. Μια πρώτη έκδοση του σημείου ισορροπίας Nash είχε προταθεί από το 1838 από τον Cournot στη θεωρία των ολιγοπωλίων του. (Φουσέκης, 2015)

### 5.11.2 Ορισμός Αγνής Ισορροπίας Nash

Στον παρακάτω ορισμό ως  $S_1, \dots, S_m$  συμβολίζονται οι στρατηγικές πλήθους  $m$  ενώ ως  $u_1, \dots, u_m$  οι αντίστοιχες ανταμοιβές ή αποκρίσεις τους. Στο κανονικής μορφής παίγνιο  $n$ - παικτών  $G = \{S_1, \dots, S_m; u_1, \dots, u_m\}$  οι στρατηγικές  $(S_1^*, \dots, S_n^*)$  αποτελούν μια **αγνή ισορροπία κατά Nash**, αν για κάθε παίκτη  $i$  η  $S_i^*$  είναι η άριστη απόκριση του παίκτη  $i$  στις στρατηγικές που αντιστοιχούν στους  $n-1$  άλλους παίκτες.

### 5.11.3 Ορισμός Μικτής Ισορροπίας Nash

Στη γενίκευση της έννοιας της ισορροπίας Nash είναι επιτρεπτό για κάθε παίκτη να επιλέγει κατανομή πιθανοτήτων ως προς το σύνολο ενεργειών του, αντί να περιορίζεται σε μια μοναδική αιτιοκρατική ενέργεια. Αυτή η κατανομή πιθανοτήτων καλείται μικτή στρατηγική. Η ισορροπία των παιγνίων που χρησιμοποιούν μικτές



στρατηγικές ονομάζεται **Nash μικτών στρατηγικών**. (Παπαμιχαήλ, 2015)

## 5.12 Παραδείγματα Παιγνίων Μη Μηδενικού Αθροίσματος

### 5.12.1 Το δίλημμα του φυλακισμένου

Για την κατανόηση της κλασικής μορφής ενός παιγνίου μη μηδενικού αθροίσματος παρουσιάζεται ως βασικό παράδειγμα το "δίλημμα του φυλακισμένου", το όνομα του οποίου προέρχεται από μία ιστορία που περιλαμβάνει υπόπτους για ένα έγκλημα και η σημασία του προέρχεται από την τεράστια ποικιλία περιστάσεων στις οποίες οι συμμετέχοντες αντιμετωπίζουν κίνητρα παρόμοια με αυτά που αντιμετωπίζουν οι ύποπτοι της ιστορίας. Είναι το πιο ευρέως γνωστό και αναλυμένο παίγνιο της θεωρίας παιγνίων.

Το παίγνιο περιγράφεται ως εξής: "Δύο ύποπτοι συλλαμβάνονται και κατηγορούνται για ένα έγκλημα. Οι ύποπτοι έχουν πράγματι διαπράξει το έγκλημα όμως η αστυνομία δεν διαθέτει επαρκή στοιχεία για να τους καταδικάσει, εκτός και αν τουλάχιστον ένας από τους δύο ομολογήσει. Η αστυνομία κρατά τους υπόπτους σε ξεχωριστά κελιά και τους εξηγεί τις επιπτώσεις που θα έχουν οι πιθανές πράξεις τους. Αν κανείς τους δεν ομολογήσει, τότε και οι δύο θα καταδικαστούν για ένα πταίσμα και θα τους απαγγελθεί ένας μήνας φυλάκιση. Αν ομολογήσουν και οι δύο, τότε και οι δύο θα καταδικαστούν σε έξι μήνες φυλάκιση. Τέλος, αν ομολογήσει ο ένας αλλά ο άλλος όχι, τότε αυτός που ομολόγησε θα απελευθερωθεί αμέσως, όμως ο άλλος θα καταδικαστεί σε εννέα μήνες φυλάκιση ,έξι μήνες για το έγκλημα και τρεις ακόμη για την παρακώλυση της δικαιοσύνης. Ο κάθε ύποπτος επιλέγει τη δράση του χωρίς όμως να έχει επίγνωση της επιλογής του άλλου, αφού οι δύο κρατούμενοι παίρνουν αποφάσεις σε τυχαίο χρόνο και βρίσκονται σε διαφορετικά κελιά Γίνεται μοντελοποίηση της παραπάνω περίπτωσης ως στρατηγικό παίγνιο με τα εξής στοιχεία. Παίκτες είναι οι δύο ύποπτοι, στρατηγικές για τον κάθε παίκτη είναι το σύνολο των στρατηγικών (Σιωπηρός, Καταδότης) και οι απολαβές για τον κάθε ύποπτο είναι σε κάθε περίπτωση αυτές που διαμορφώνονται στον ακόλουθο πίνακα απολαβών.

Πίνακας 8: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Το δίλημμα του φυλακισμένου"

Ύποπτος	2	Σιωπηρός	Καταδότης
1			
Σιωπηρός		-1,-1	-9,0
Καταδότης		0,-9	<b>-6,-6</b>

Εξετάζοντας τα τέσσερα ζευγάρια ενεργειών, βγαίνει το συμπέρασμα ότι η ισορροπία Nash του παιγνίου είναι το ζευγάρι ενεργειών (Καταδότης, Καταδότης). Το ζευγάρι ενεργειών (Καταδότης, Καταδότης) αποτελεί τη μοναδική ισορροπία Nash του παιγνίου. Το "**Δίλλημα του Φυλακισμένου**" αποτελεί ένα βασικό παίγνιο στη Θεωρία Παιγνίων καθώς μοντελοποιεί περιστάσεις στις οποίες υπάρχουν κέρδη από τη συνεργασία, όμως ο κάθε παίκτης έχει κίνητρο για αυτόνομη δράση προς μεγιστοποίηση του οφέλους ή ελαχιστοποίηση της ζημίας του. (Παπαμιχαήλ, 2015).

### 5.12.2 Εφαρμογή του "Prisoner's Dilemma" στη περίπτωση Δυοπωλίου

Σε ένα απλό μοντέλο για το δυοπώλιο, δύο εταιρίες παράγουν το ίδιο προϊόν ή υπηρεσία για το οποίο η κάθε εταιρεία χρεώνει είτε χαμηλή είτε υψηλή τιμή. Κάθε εταιρεία θέλει να επιτύχει το υψηλότερο δυνατό κέρδος. Αν και οι δύο εταιρίες επιλέξουν "Υψηλή", τότε η κάθε μία από αυτές επιτυγχάνει κέρδος χίλια δολάρια. Αν η μία εταιρία επιλέξει "Υψηλή" και η άλλη επιλέξει "Χαμηλή", τότε η εταιρία που επιλέγει υψηλή τιμή δεν αποκτά καθόλου πελάτες και έχει ζημία τριακόσια δολάρια, ενώ η εταιρία που επιλέγει χαμηλή τιμή έχει κέρδος χίλια τριακόσια δολάρια. Αν και οι δύο εταιρίες επιλέξουν χαμηλή τιμή, τότε η κάθε μία από αυτές επιτυγχάνει κέρδος επτακόσια δολάρια. Αυτή είναι και η ισορροπία Nash του παιγνίου. Γίνεται αντιληπτό ότι το συγκεκριμένο παίγνιο διαφέρει από το "Δίλλημα του Φυλακισμένου" μόνο στα ονόματα των ενεργειών. (Παπαμιχαήλ, 2015)

Πίνακας 9: Πίνακας απολαβών των δύο εταιριών

Εταιρία	B	Υψηλή χρέωση	Χαμηλή Χρέωση
A			
Υψηλή χρέωση		1000,1000	-300,1300
Χαμηλή χρέωση		1300,-300	<b>700,700</b>

### 5.12.3 Το παίγνιο του δειλού

Ένας ακόμη χαρακτηριστικός τύπος παιγνίου είναι το παίγνιο του δειλού. Το διάσημο αυτό ανταγωνιστικό παίγνιο περιστρέφεται γύρω από ένα παιχνίδι που υποτίθεται ότι λάμβαναν μέρος οι Αμερικάνοι έφηβοι την δεκαετία του 1950. Δύο νέοι τοποθετούν τα αυτοκίνητα τους το ένα απέναντι στο άλλο σε κάποιο δρόμο στις ΗΠΑ τα μεσάνυχτα, και αρχίζουν να οδηγούν το ένα με κατεύθυνση μετωπική προς το άλλο. Αυτός που παρεκκλίνει πρώτος για να αποφύγει μια σύγκρουση είναι ο

"δειλός" και αυτός που συνεχίζει να πηγαίνει ευθεία είναι ο νικητής. Αν και οι δύο όμως δεν παρεκκλίνουν της ευθείας πορείας, τα δύο αυτοκίνητα συγκρούονται μετωπικά και οι δύο παίκτες τραυματίζονται. Η στρατηγική μορφή του παιγνίου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Κάθε παίκτης προτιμά να κερδίσει, αντί να χαρακτηριστεί δειλός, αλλά κανένας από τους δύο δεν προτιμά τη σύγκρουση των δύο αυτοκινήτων.

Πίνακας 10: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Το παίγνιο του δειλού"

Παίκτης	1	Στροφή αυτοκινήτου	Ευθεία Πορεία
2			
Στροφή Αυτοκινήτου		0,0	-1,1
Ευθεία Πορεία		1,-1	-2,-2

Το παίγνιο θεωρείται παιγνίου αμιγούς στρατηγικής διότι η στρατηγική "ευθεία πορεία" θεωρείται η βέλτιστη μόνο όταν ο άλλος παίκτης επιλέξει την επιλογή "στροφή". Τα σημεία ισορροπίας Nash είναι η "ευθεία πορεία-στροφή" και το αντίστροφο. Κάθε παίκτης θα προσπαθήσει να δημιουργήσει μια εικόνα σκληρότητας, την οποία ο κάθε αντίπαλος θα αναγνωρίσει προκειμένου να εκφοβίσει όλους τους αντιπάλους. Επίσης, το παίγνιο μπορεί να επιλυθεί μέσα από επανάληψη. Δηλαδή, αν οι παίκτες παίζουν το παίγνιο για παραπάνω από μία φορά, θα έχουν το πλεονέκτημα να γνωρίζουν ότι το παίγνιο έχει ένα ιστορικό, όταν αποφασίζουν για τις στρατηγικές τους. (Τριανταφύλλου, 2013 )

Ένα παράδειγμα στο οποίο το Chickens Game εφαρμόστηκε στην πραγματικότητα αποτελεί η κρίση των πυραύλων της Κούβας. Στις 15 Οκτωβρίου του 1962, ο αμερικανός πρόεδρος Τζον Κένεντι πληροφορήθηκε από υπηρεσίες κατασκοπίας ότι 42 πύραυλοι της Σοβιετικής Ένωσης είχαν αρχίσει να τοποθετούνται στην Κούβα. Οι πύραυλοι βρίσκονταν μόλις 90 μίλια μακριά των Ηνωμένων Πολιτειών και μπορούσαν να πλήξουν μέσα σε λίγα λεπτά οποιαδήποτε πόλη τους. Την ανάπτυξη των πυραύλων είχε επιτρέψει ο Φιντέλ Κάστρο, φοβούμενος Αμερικανική παρέμβαση στη Κούβα. Οι δεκατρείς μέρες που ακολούθησαν ήταν οι πιο επικίνδυνες μέρες που πέρασε η ανθρωπότητα. Η ένταση μεταξύ των ΗΠΑ και της

Σοβιετικής Ένωσης κλιμακωνόταν διαρκώς και ο κίνδυνος πυρηνικού πολέμου ήταν υπαρκτός. Οι ΗΠΑ ζητούσαν την απομάκρυνση των πυραύλων της Σοβιετικής Ένωσης από την Κούβα, ενώ η Σοβιετική Ένωση ζητούσε την απομάκρυνση των πυραύλων των ΗΠΑ από την Ιταλία και την Μεγάλη Βρετανία. Η σύρραξη αποφεύχθηκε την τελευταία στιγμή στις 28 Οκτωβρίου, όταν ο σοβιετικός ηγέτης δέχτηκε να σταματήσουν οι εργασίες για εγκατάσταση των πυραύλων και να αποσυρθούν όσοι βρίσκονταν ήδη εκεί. (Jameson, 2014)

#### 5.12.4 Η μάχη των φύλων

Σε αντίθεση με το προηγούμενο ανταγωνιστικό παίγνιο, ένα συνεργατικό παίγνιο που βρίσκει συχνά εφαρμογή στη θεωρία των παιγνίων είναι η μάχη των φύλων. Περιγράφει μια κατάσταση στην οποία οι παίκτες επιθυμούν να συντονίσουν τη συμπεριφορά τους, αλλά έχουν συγκρουόμενα συμφέροντα. Ένα ζευγάρι προγραμματίζει την έξοδό του. Ο άντρας θέλει να πάει σε αγώνα ποδοσφαίρου, ενώ η γυναίκα θέλει να πάει σε παράσταση στην όπερα. Ωστόσο, δεν κλείνουν το ραντεβού τους και ο καθένας ελπίζει να συναντήσει τον άλλο στον αγώνα ή στην όπερα. Το παίγνιο αναπαρίσταται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 11: Πίνακας απολαβών του παιγνίου "Η μάχη των φύλων"

Παίκτης Άντρας	Γυναίκα	Ποδοσφαιρικός Αγώνας	Όπερα
Ποδοσφαιρικός Αγώνας		3,2	0,0
Όπερα		0,0	2,3

Στο συγκεκριμένο παίγνιο δεν υπάρχει καμία κυρίαρχη στρατηγική, δηλαδή μια στρατηγική που να προσφέρει στον παίκτη καλύτερα αποτελέσματα από οποιαδήποτε άλλη. Είναι σαφές ότι αν υπάρχουν κοινά ενδιαφέροντα και οι παίκτες συνεργαστούν, τότε θα αποκομίσουν περισσότερα οφέλη, αφού σε αντίθετη περίπτωση δεν κερδίζουν. Υπάρχουν δύο ισορροπίες Nash σε αμιγείς στρατηγικές οι οποίες είναι "ποδοσφαιρικός αγώνας - ποδοσφαιρικός αγώνας" και "όπερα-όπερα". Αν ο άντρας παίζει "ποδοσφαιρικός αγώνας", τότε η γυναίκα το καλύτερο που μπορεί να κάνει είναι να παίζει ποδοσφαιρικός αγώνας. Αντίστοιχα, αν η γυναίκα παίζει "όπερα", τότε ο άντρας το καλύτερο που μπορεί να κάνει είναι να

παίζει "όπερα". Επίσης, υπάρχει μια ισορροπία Nash σε μικτές στρατηγικές η οποία είναι: Για την γυναίκα "ποδοσφαιρικός αγώνας" με πιθανότητα 40% και όπερα με πιθανότητα 60% ενώ για τον άντρα το ακριβώς αντίστροφο. Το παίγνιο μάχη των φύλων μοντελοποιεί ένα μεγάλο εύρος περιστάσεων. Για παράδειγμα, έστω δύο συγχωνευόμενες εταιρίες που αυτή τη στιγμή χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες. Ως δύο τμήματα της ίδιας εταιρείας θα βρίσκονται σε καλύτερη κατάσταση αν χρησιμοποιούν και οι δύο την ίδια τεχνολογία, παρόλο που κάθε εταιρία προτιμά την τεχνολογία που χρησιμοποιούσε στο παρελθόν. (Τριανταφύλλου, 2013 )

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΟΛΙΓΟΠΩΛΙΩΝ

### 6.1 Ορισμός ολιγοπωλίου

Το ολιγοπώλιο είναι **μια μορφή αγοράς στην οποία δραστηριοποιείται ένας σχετικά μικρός αριθμός επιχειρήσεων, οι οποίες κατέχουν σημαντικό ποσοστό του συνολικού προϊόντος που παράγεται και προσφέρεται**. Επίσης, αποτελεί την πιο διαδεδομένη διάρθρωση αγοράς στον μεταποιητικό τομέα μιας σύγχρονης οικονομίας όπου οι επιχειρήσεις πωλούν ομοιογενή ή διαφοροποιημένα προϊόντα.

Παραδείγματα ολιγοπωλιακών επιχειρήσεων που πωλούν ομοιογενή προϊόντα είναι οι βιομηχανίες αλουμινίου και χάλυβα, ενώ παραδείγματα ολιγοπωλιακών επιχειρήσεων που πωλούν διαφοροποιημένα προϊόντα είναι οι καπνοβιομηχανίες, οι αυτοκινητοβιομηχανίες και αυτές των αναψυκτικών ποτών.

Αν σε έναν ολιγοπωλιακό κλάδο παράγονται ομοιογενή προϊόντα, τότε πρόκειται για την περίπτωση του καθαρού ολιγοπωλίου, ενώ αν παράγονται διαφοροποιημένα τότε πρόκειται για την περίπτωση του διαφοροποιημένου ολιγοπωλίου.

Το στοιχείο που διαφοροποιεί τις επιχειρήσεις στο ολιγοπώλιο σε σχέση με άλλες επιχειρήσεις που λειτουργούν σε διαφορετικές μορφές αγορών συνίσταται στο ότι κατά τη διαδικασία λήψης των αποφάσεων τους για το επίπεδο της τιμής και της παραγωγής τους θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και τις αντιδράσεις των ανταγωνιστών τους. Αυτή είναι η λεγόμενη **ολιγοπωλιακή ή στρατηγική αλληλεξάρτηση**. Κάθε επιχείρηση, όταν αποφασίζει σχετικά με την στρατηγική/τιμολογιακή πολιτική της στην ολιγοπωλιακή αγορά, πρέπει να λαμβάνει ρητά υπόψη τις πιθανές αντιδράσεις και των ανταγωνιστών της, ως απάντηση στις δικές της κινήσεις. Στις ολιγοπωλιακές μορφές αγοράς υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι επιχειρήσεις συνεργάζονται με σκοπό την μεγιστοποίηση των συνολικών κερδών του κλάδου αλλά και περιπτώσεις όπου οι επιχειρήσεις ανταγωνίζονται επιθετικά προσπαθώντας να αποκτήσουν μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς σε σχέση με τους ανταγωνιστές τους. Όταν η συνεργατική αλληλεπίδραση επικρατεί της ανταγωνιστικής είναι πιθανόν οι επιχειρήσεις να χρεώσουν τιμές πολύ υψηλότερες από το οριακό κόστος και με αυτόν τον τρόπο να αποκομίσουν τεράστια οφέλη. Ο τρόπος συμπεριφοράς των επιχειρήσεων κάθε φορά εξαρτάται από τις αποφάσεις που λαμβάνουν σχετικά με τον όγκο παραγωγής και τις τιμές. (Φράγκου, 2015)

## 6.2 Δημιουργία ολιγοπωλίων

Οι πηγές στις οποίες οφείλεται η δημιουργία του ολιγοπωλίου είναι ενδεικτικά οι εξής:

1. Τεράστιες απαιτούμενες επενδύσεις σε κεφάλαιο και πρώτες ύλες από τους νεοεισελθόντες στον κλάδο, τέτοιες ώστε να ανταγωνίζονται την παραγωγική ικανότητα των υφιστάμενων, γεγονός που αυτό κάθε αυτό αποτελεί ένα φυσικό εμπόδιο εισόδου.
2. Υπάρχει ισχυρή αφοσίωση των καταναλωτών στα προϊόντα των υπαρχουσών επιχειρήσεων με βάση την ποιότητα και την προσφερόμενη υπηρεσία τους.
3. Η κυβέρνηση μπορεί να δώσει κάποια προνόμια σε λίγες μόνο επιχειρήσεις για να λειτουργήσουν στην αγορά.
4. Η τιμολόγηση στο «όριο» (limit pricing) κατά το οποίο οι υπάρχουσες επιχειρήσεις χρεώνουν στα προϊόντα τους χαμηλές τιμές, έτσι ώστε να αποθαρρύνουν νέες επιχειρήσεις να εισέλθουν στον κλάδο. Με αυτό τον τρόπο, «θυσιάζουν» τα βραχυπρόθεσμα κέρδη τους, προκειμένου να μεγιστοποιήσουν τα μακροπρόθεσμα τους.
5. Συγχωνεύσεις ή εξαγορές ανταγωνιστικών επιχειρήσεων από μεγαλύτερες με σκοπό την προστασία του από κοινού μεριδίου αγοράς τους, ή για να τεθεί τέλος σε τυχόν κοστοβόρο ανταγωνισμό και στην απώλεια κερδών.

Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι μια ολιγοπωλιακή αγορά κατά πάσα πιθανότητα θα εξακολουθήσει να είναι ολιγοπωλιακή και μακροπρόθεσμα, αφού τα υπάρχοντα εμπόδια καθιστούν την είσοδο σε αυτή αρκετά περιορισμένη. (Φράγκου, 2015)

## 6.3 Μέτρηση συγκέντρωσης αγοράς στο ολιγοπώλιο

Σημαντική παράμετρος εξέτασης στο ολιγοπώλιο είναι η **συγκέντρωση της αγοράς, ο βαθμός δηλαδή, στον οποίο ένας μικρός αριθμός επιχειρήσεων αντιπροσωπεύουν μεγάλο τμήμα της παραγωγής ή αλλιώς το επίπεδο του ανταγωνισμού των επιχειρήσεων.** Στην πραγματικότητα το ολιγοπώλιο είναι η μόνη από τις τέσσερις βασικές μορφές της αγοράς όπου η συγκέντρωση αγοράς είναι πραγματικά ένα σημαντικό ζήτημα. Για παράδειγμα, στο μονοπώλιο υπάρχει ένας και μοναδικός προμηθευτής στην αγορά, οπότε η συγκέντρωση δεν έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς αυτή αφορά μόνο μια επιχείρηση. Επιπρόσθετα, στον τέλει ανταγωνισμό ο αριθμός των επιχειρήσεων είναι αρκετά μεγάλος, οπότε η συγκέντρωση είναι μόλις και μετά βίας μετρήσιμη. Αντίθετα, το ολιγοπώλιο έχει ένα μικρό αριθμό μεγάλων εταιριών που παράγουν το μεγαλύτερο μέρος της

συνολικής παραγωγής ενός κλάδου. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή και οι πωλήσεις έχουν τη τάση να συγκεντρώνονται στα χέρια σχετικά λίγων επιχειρήσεων. Στις περισσότερες ολιγοπωλιακές αγορές, οι δέκα μεγαλύτερες επιχειρήσεις συχνά κατέχουν πάνω από το εβδομήντα πέντε τοις εκατό των συνολικών πωλήσεων. Ειδικά για κάποιες ολιγοπωλιακές αγορές, οι τρεις-τέσσερις μεγαλύτερες εταιρίες αντιπροσωπεύουν πάνω από το ενενήντα τοις εκατό της αγοράς. **Η μέτρηση της συγκέντρωσης επιτυγχάνεται γενικά με έναν από τους τρεις παρακάτω τρόπους:**

- **Μερίδιο αγοράς:** Το απλούστερο μέτρο της συγκέντρωσης είναι το μερίδιο της αγοράς ( $s_i$ ) που κατέχουν μια ή περισσότερες επιχειρήσεις του κλάδου. Αυτό συνήθως υπολογίζεται ως ο λόγος των πωλήσεων μιας επιχείρησης ( $q_i$ ) προς τις συνολικές πωλήσεις των επιχειρήσεων του κλάδου ( $Q$ ).
- **Δείκτης Συγκέντρωσης:** Το μέτρο αυτό της συγκέντρωσης συνδυάζει τα μερίδια αγοράς των μεγαλύτερων επιχειρήσεων σε ένα κλάδο, ώστε να δείξει το βαθμό συγκέντρωσης της αγοράς. Οι δύο πιο δημοφιλείς δείκτες συγκέντρωσης είναι το άθροισμα των μεριδίων αγοράς για τις τέσσερις ή τις οκτώ μεγαλύτερες επιχειρήσεις σε έναν κλάδο.
- **Δείκτης Herfindahl:** Το μέτρο αυτό αναπτύχθηκε για να αντισταθμίσει κάποια προβλήματα που σχετίζονται με τους δείκτες συγκέντρωσης για τις τέσσερις ή οκτώ μεγαλύτερες επιχειρήσεις του κλάδου. Ειδικότερα, οι τυποποιημένοι δείκτες συγκέντρωσης των τεσσάρων και οκτώ εταιριών αγνοούν τη δραστηριότητα των επιχειρήσεων που δεν περιλαμβάνονται στον υπολογισμό. Ο δείκτης Herfindahl περιλαμβάνει τα μερίδια αγοράς όλων των επιχειρήσεων στην αγορά. Επιπλέον, στο δείκτη αυτό, δεν προστίθενται απλά τα μερίδια των επιχειρήσεων στην αγορά αλλά τα μερίδια των επιχειρήσεων υψώνονται στο τετράγωνο και ύστερα αθροίζονται. Με αυτό τον τρόπο δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα σε μεγαλύτερα μερίδια αγοράς. Το άθροισμα των τετραγώνων των μεριδίων αγοράς πολλαπλασιασμένο επί δέκα χιλιάδες δίνει τον δείκτη Herfindahl, ο οποίος παίρνει τιμές από 0 μέχρι 10.000. Οι ρυθμιστικές αρχές κατατάσσουν τις αγορές σε i) μη συγκεντρωμένες όταν ο δείκτης είναι κάτω από 1500, ii) μέτρια συγκεντρωμένες όταν ο δείκτης είναι από 1500 μέχρι 2500 και iii) ως αγορές με υψηλή συγκέντρωση όταν ο δείκτης είναι πάνω από 2500. (Φράγκου, 2015)



## 6.4 Ισορροπία στο ολιγοπώλιο

Πεδίο ανάλυσης στην μικροοικονομική θεωρία είναι ο καθορισμός της τιμής και της ποσότητας ισορροπίας στην αγορά ενός προϊόντος. **Ως ισορροπία της επιχείρησης ορίζεται η κατάσταση εκείνη κατά την οποία, αφού οριστεί η τιμή και η αντίστοιχη ποσότητα παραγωγής, η επιχείρηση- παίκτης δεν έχει κανένα συμφέρον να απομακρυνθεί από αυτή.** Ο προσδιορισμός της ισορροπίας στο ολιγοπώλιο είναι μια περίπλοκη περίπτωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τον καθορισμό των τιμών και της παραγωγής, η εταιρεία λαμβάνει υπόψη την αντίδραση των ανταγωνιστών της. Ταυτόχρονα όμως και οι ανταγωνιστές λαμβάνουν τις αποφάσεις τους εξαρτώμενοι από τη δράση των άλλων επιχειρήσεων. Η προσπάθεια προσέγγισης της πραγματικότητας και εύρεσης ισορροπίας στο ολιγοπώλιο γίνεται είτε με τη μέθοδο των στρατηγικών αποφάσεων είτε με τη μέθοδο των παιγνίων. (Φράγκου, 2015)

## 6.5 Βασικά Υποδείγματα Ολιγοπωλίων

Οι οικονομολόγοι έχουν αναπτύξει μια ποικιλία αναλυτικών μοντέλων που βασίζονται σε διαφορετικές υποθέσεις συμπεριφοράς. Τα πιο ευρέως διαδεδομένα μοντέλα ολιγοπωλίου περιλαμβάνουν το δυοπώλιο **Cournot** (1838), το μοντέλο **Bertrand** (1880), και το μοντέλο **Stackelberg** (1933). (Φράγκου, 2015)

### 6.5.1 Υπόδειγμα Cournot

Το πρώτο θεωρητικό υπόδειγμα ολιγοπωλίου αναπτύχθηκε από τον Γάλλο μαθηματικό Augustin Cournot, το 1838, ο οποίος για λόγους απλούστευσης εξέτασε την περίπτωση ενός δυοπωλίου (duopoly). Στο υπόδειγμα Cournot έχουν γίνει οι εξής παραδοχές:

- 1) Οι δύο πωλητές προσφέρουν ομοιογενές προϊόν.
- 2) **Οι επιχειρήσεις αποφασίζουν ανεξάρτητα για την ποσότητα παραγωγής τους. Στη συνέχεια η αγορά καθορίζει την τιμή που θα πωλείται το προϊόν.**
- 3) Η είσοδος νέων επιχειρήσεων στην αγορά δεν επιτρέπεται.
- 4) Οι επιχειρήσεις παίρνουν τις αποφάσεις τους για την παραγωγή τους ταυτόχρονα.
- 5) Υπάρχει μεγάλος αριθμός αγοραστών, κάθε ένας από τους οποίους είναι λήπτης των τιμών της αγοράς.

Συγκεκριμένα, εάν ο πρώτος δυοπωλητής παράγει ποσότητα  $q_1$  και ο δεύτερος ποσότητα  $q_2$ , τότε η συνολική παραγόμενη ποσότητα είναι  $Q = q_1 + q_2$ . Η τιμή στην

οποία πωλείται κάθε μονάδα παραγωγής είναι  $p(q_1, q_2)$ , όπου  $p$  είναι η αντίστροφη συνάρτηση της ζήτησης.

Για να προσδιοριστεί η λύση ενός τέτοιου παιγνίου θα πρέπει να βρεθεί η ισορροπία Nash. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

Τα έσοδα κάθε δυοπωλητή είναι:

$$R_1 = p(q_1, q_2)q_1$$

$$R_2 = p(q_1, q_2)q_2$$

Οι συναρτήσεις κόστους κάθε επιχείρησης είναι

$$C_1 = C_1(q_1)$$

$$C_2 = C_2(q_2)$$

Οπότε τα κέρδη κάθε επιχείρησης θα είναι:

$$\Pi_1 = R_1 - C_1 = p(q_1, q_2)q_1 - C_1(q_1)$$

$$\Pi_2 = R_2 - C_2 = p(q_1, q_2)q_2 - C_2(q_2)$$

Γίνεται η υπόθεση ότι κάθε δυοπωλητής μεγιστοποιεί τα κέρδη του υποθέτοντας ότι ο ανταγωνιστής του διατηρεί σταθερή την ποσότητα που παράγει. Επομένως, ο πρώτος μεγιστοποιεί τα κέρδη του υποθέτοντας ότι η ποσότητα  $q_2$  είναι σταθερή και αντίστοιχα και ο δεύτερος. Άρα, κανένας από τους δύο δεν επιθυμεί να αλλάξει την ποσότητα παραγωγής του. Όπως είναι γνωστό από την μικροοικονομική θεωρία, αναγκαία συνθήκη προκειμένου να μεγιστοποιήσει κάθε επιχείρηση τα κέρδη είναι η εξίσωση του οριακού εσόδου (MR) της με το οριακό της κόστος (MC). Οι συνθήκες πρώτης τάξης για την μεγιστοποίηση των κερδών κάθε δυοπωλητή είναι:

$$\frac{d\Pi_1}{dq_1} = 0 \Rightarrow \frac{dR_1}{dq_1} - \frac{dC_1}{dq_1} = 0 \Rightarrow MR_1 - MC_1 = 0 \Rightarrow MR_1 = MC_1(1)$$

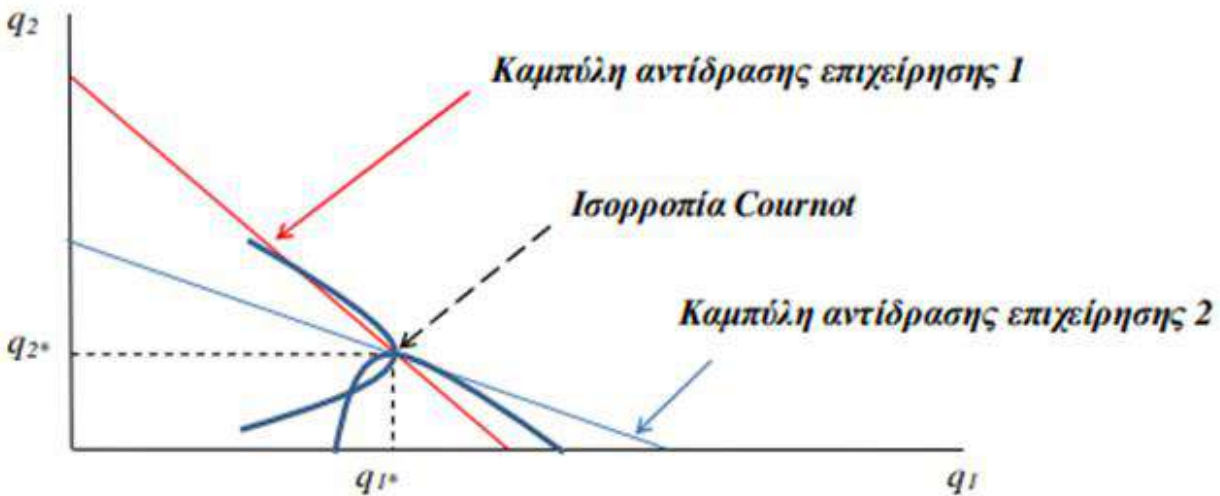
$$\frac{d\Pi_2}{dq_2} = 0 \Rightarrow \frac{dR_2}{dq_2} - \frac{dC_2}{dq_2} = 0 \Rightarrow MR_2 - MC_2 = 0 \Rightarrow MR_2 = MC_2(2)$$

Λύνοντας τις (1), (2) ως προς  $q_1$  και  $q_2$  προκύπτουν οι συναρτήσεις αντίδρασης ή καμπύλες αντίδρασης της πρώτης και της δεύτερης επιχείρησης αντίστοιχα:

$$q_1 = f_1(q_2)$$

$$q_2 = f_2(q_1)$$

Αν επιλυθεί το σύστημα των δύο τελευταίων αλληλεξαρτώμενων εξισώσεων θα προκύψει η λύση της ισορροπίας Cournot (σημείο τομής των δύο συναρτήσεων αντίδρασης), η οποία απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 10: Καμπύλες Αντίδρασης και Ισορροπία Cournot

**Η ισορροπία κατά Cournot, είναι και ισορροπία κατά Nash, για αυτό τον λόγο αναφέρεται συνήθως ως ισορροπία κατά Cournot- Nash.** Οι δύο ισορροπίες είναι παρόμοιες, αφού λαμβάνουν χώρα στο σημείο εκείνο στο οποίο τέμνονται οι συναρτήσεις αντίδρασης. Το αποτέλεσμα είναι το ίδιο, όμως οι παραδοχές του Nash είναι πολύ πιο λογικές από αυτές του Cournot και επομένως προσφέρουν μια πιο συμπαγή θεωρητική βάση και ισορροπία. Στο παραπάνω παράδειγμα, η ισορροπία Cournot-Nash εμφανίζεται στο σημείο  $(q_1^*, q_2^*)$ , διότι αυτό αποτελεί τον μοναδικό συνδυασμό παραγωγής, στον οποίο και οι δύο πωλητές μεγιστοποιούν τα κέρδη τους δεδομένης της επιλογής του άλλου. (Φράγκου, 2015)

### 6.5.2 Υπόδειγμα Bertrand

Σαράντα πέντε χρόνια μετά τη δημοσίευση του βιβλίου του Cournot, συγκεκριμένα το 1883, ο Γάλλος μαθηματικός και οικονομολόγος Joseph Bertrand άσκησε κριτική στο υπόδειγμα Cournot παρατηρώντας εύστοχα ότι τα αποτελέσματα του εξαρτώνται από την παραδοχή ότι οι επιχειρήσεις ανταγωνίζονται επί των

ποσοτήτων που παράγουν. Κατά τον Bertrand, ο ανταγωνισμός των τιμών θεωρείται περισσότερο ρεαλιστικός από τον ανταγωνισμό των ποσοτήτων. Ειδικότερα, οι επιχειρήσεις είναι ορθολογικότερο να επιλέγουν την τιμή διάθεσης των προϊόντων τους και όχι τις ποσότητες παραγωγής αυτών.

Η απλούστερη εκδοχή του υποδείγματος Bertrand είναι ότι το προϊόν είναι ομοιογενές, και οι επιχειρήσεις έχουν το ίδιο μοναδιαίο κόστος παραγωγής, και δεν υπάρχουν περιορισμοί στην παραγωγική δυναμικότητα. Δηλαδή κάθε πωλητής είναι σε θέση να ικανοποιήσει όλη τη ζήτηση της αγοράς. Κατά την ισορροπία Bertrand–Nash οι καταναλωτές αγοράζουν από τον πωλητή που χρεώνει την μικρότερη τιμή δεδομένου ότι το προϊόν είναι ομοιογενές. Ο πωλητής με την μικρότερη τιμή, κατακτά ολόκληρη την αγορά και πραγματοποιεί υπερκανονικά κέρδη. Συνεπώς, ο κάθε πωλητής έχει συμφέρον να χρεώσει τιμές χαμηλότερες από εκείνες των ανταγωνιστών του. Εάν η τιμή του 1ου δυοπωλητή είναι μικρότερη από την τιμή του 2ου δυοπωλητή οι καταναλωτές εγκαταλείπουν τον 2ο και στρέφονται στον 1ο δυοπωλητή. Εάν οι δύο πωλητές χρεώνουν την ίδια τιμή τότε οι καταναλωτές είναι αδιάφοροι από ποιον πωλητή θα αγοράσουν και επομένως κάθε πωλητής θα έχει το μισό της συνολικής ζήτησης. Η τιμή δεν είναι δυνατόν να είναι μικρότερη από το οριακό κόστος διότι στην περίπτωση αυτή ο πωλητής θα ζημιωνόταν για κάθε επιπλέον μονάδα που θα παρήγαγε και θα πωλούσε. Οπότε, επιλέγοντας οι δυοπωλητές την τιμή ως στρατηγική μεταβλητή θα οδηγηθούν σε ισορροπία κατά Bertrand–Nash κατά την οποία η τιμή είναι ίση με το οριακό κόστος παραγωγής και τα κέρδη τους τείνουν στο μηδέν.

Έστω ότι οι συναρτήσεις κόστους των επιχειρήσεων 1 και 2 είναι:

$$C_1(q_1) = q_1 C$$

$$C_2(q_2) = q_2 C$$

Η αντίστροφη συνάρτηση ζήτησης είναι :

$$P(q) = a - bq, \text{ με } q = q_1 + q_2$$

Στην περίπτωση αυτή η ισορροπία Bertrand είναι:

$$(P_1^B, P_2^B) = (C, C)$$

Με αντικατάσταση της τιμής ισορροπίας στην ποσότητα ισορροπίας υπολογίζεται ότι:

$$q_1^B = q_2^B = (a - C) / 2b$$

Τα κέρδη είναι

$$\Pi_1 = \Pi_2 = 0$$

Αυτό καλείται **παράδοξο του Bertrand**. Το παράδοξο του Bertrand οφείλεται στις υποθέσεις του υποδείγματος. Η άρση κάποια από αυτές συνεπάγεται ότι το παράδοξο Bertrand παύει να ισχύει. Ο Bertrand υποθέτει ότι το προϊόν που παράγουν οι επιχειρήσεις 1 και 2 είναι ομοιογενές, επομένως οι καταναλωτές αγοράζουν το προϊόν από τις επιχειρήσεις που το πουλάει φθηνότερα. Αν τα προϊόντα είναι διαφοροποιημένα (πχ γεωγραφική διαφοροποίηση), τότε η τιμή που επιλέγει η κάθε επιχείρηση υπερβαίνει το οριακό κόστος και άρα οι επιχειρήσεις έχουν θετικά κέρδη. Επομένως, το παράδοξο του Bertrand παύει να ισχύει. (Φράγκου, 2015)

### 6.5.3 Υπόδειγμα Stackelberg

Στα υποδείγματα του Cournot και του Bertrand απουσίαζε η διάσταση του χρόνου και η σειρά με την οποία ενεργούν οι επιχειρήσεις. Η επιλογές των ανταγωνιστών γίνονταν ταυτόχρονα. Το 1934 ο Stackelberg διατύπωσε ένα δυοπωλιακό υπόδειγμα όπου οι επιλογές είναι ετεροχρονισμένες, δηλαδή γίνονται διαδοχικά και όχι ταυτόχρονα. **Με άλλα λόγια, κατά το υπόδειγμα του Stackelberg ένας από τους δύο δυοπωλητές έχει ένα προβάδισμα, δηλαδή είναι ηγέτης στην επιλογή της ποσότητας. Αντίθετα, ο άλλος θεωρείται ουραγός.** Ένας κλάδος χαρακτηρίζεται ως ολιγοπώλιο Stackelberg αν:

1. Υπάρχουν λίγες εταιρίες που εξυπηρετούν πολλούς καταναλωτές.
2. Οι επιχειρήσεις παράγουν διαφοροποιημένα ή ομοιογενή προϊόντα.
3. Μια επιχείρηση επιλέγει την ποσότητα παραγωγής της πριν επιλέξουν την δικιά τους οι άλλες επιχειρήσεις.
4. Όλες οι λοιπές επιχειρήσεις λαμβάνουν ως δεδομένη την ποσότητα της ηγέτιδας επιχείρησης και επιλέγουν ποσότητες παραγωγής που μεγιστοποιούν τα κέρδη τους.
5. Υπάρχουν εμπόδια εισόδου στον κλάδο.

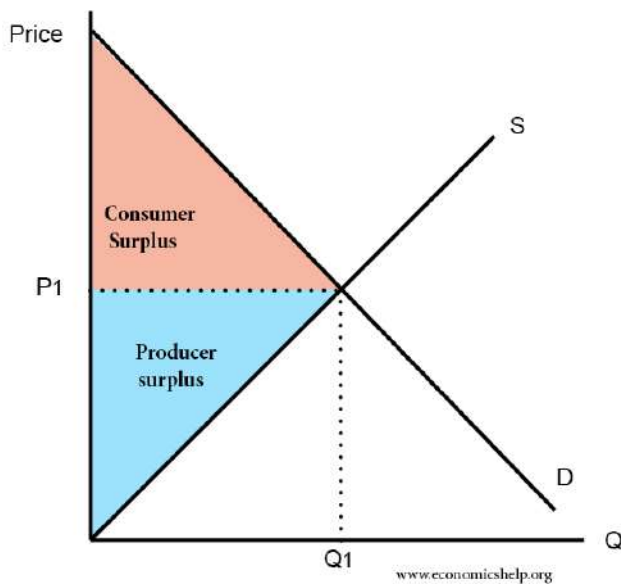
**Το μοντέλο Stackelberg χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει κλάδους όπου κυριαρχεί μια επιχείρηση ή ένας φυσικός ηγέτης.** Στο ολιγοπώλιο Stackelberg, ο ηγέτης αποκτά το πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης με τη δέσμευση να παράγει μεγάλη ποσότητα της παραγωγής. Η κάλλιστη απάντηση του ουραγού

,αφού παρατηρήσει την επιλογή του ηγέτη, είναι να παράγει λιγότερο ποσότητα. Κατά συνέπεια, ο ηγέτης αυξάνει το μερίδιο αγοράς και ταυτόχρονα τα κέρδη του εις βάρος του αντιπάλου του.

Για παράδειγμα, η Νοτιοαφρικανική εταιρία επικοινωνιών ,Telkom, κατάφερε το 2004 μια αύξηση των καθαρών κερδών της κατά 177%, χάρη στο πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης εις βάρος της ανταγωνίστριας επιχείρησης. Η Telkom εφάρμοσε το συγκεκριμένο υπόδειγμα όσον αφορά την ποσότητα παραγωγής, υπογράφοντας συμβάσεις με το ενενήντα τοις εκατό των εταιριών της Νοτίου Αφρικής. Με τον τρόπο αυτό διασφάλισε ότι η κάλλιστη απάντηση της ουραγού επιχείρησης θα είναι ένα χαμηλό επίπεδο παραγωγής. (Φράγκου, 2015)

#### 6.5.4 Η έννοια της ωφέλειας του καταναλωτή (consumer's surplus)

Μια από τις έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν εκτενώς στα επόμενα κεφάλαια είναι αυτή της ωφέλειας του καταναλωτή (consumer's surplus). Η έννοια αυτή προέρχεται από την θεωρία ολιγοπωλίων και στην περίπτωση των αεροδρομίων μετονομάζεται σε «ωφέλεια του επιβάτη». Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας παρατίθεται η εικόνα 11, στην οποία οι τιμές  $P_1$  και  $Q_1$  είναι οι τιμές ισορροπίας. Η ωφέλεια του καταναλωτή ισούται με το εμβαδόν του πορτοκαλί τριγώνου και όπως γίνεται αντιληπτό αυξάνεται όσο μειώνεται η τιμή ισορροπίας.



Εικόνα 11: Η έννοια της ωφέλειας του καταναλωτή, πηγή: [www.economicshelp.org](http://www.economicshelp.org)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

### 7.1 Εισαγωγή

Αφού αναλύθηκαν η θεωρία των παιγνίων και η θεωρία των ολιγοπωλίων, πλέον μπορούν να αναλυθούν τα αναλυτικά μοντέλα με τα οποία τα αεροδρόμια καθορίζουν τα τέλη τους. Τα διαθέσιμα άρθρα της βιβλιογραφίας σχετικά με τα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης αεροδρομίων μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. **Η πρώτη κατηγορία είναι η παραδοσιακή προσέγγιση ενώ η δεύτερη είναι η κατακόρυφη προσέγγιση.**

Οι επιβάτες αποφασίζουν αν θα ταξιδέψουν ή όχι από ένα αεροδρόμιο ανάλογα με την πλήρη τιμή (“full price”) που αντιλαμβάνονται. Ως πλήρης τιμή ορίζεται το άθροισμα των παρακάτω όρων:

- ✓ Της τιμής του εισιτηρίου που χρεώνει κάθε εταιρία, για μετάβαση προς κάποιον προορισμό.
- ✓ Του τέλους του αεροδρομίου, το οποίο θεωρείται ότι μεταβιβάζεται από τις αεροπορικές εταιρίες στους επιβάτες.
- ✓ Του κόστους καθυστέρησης που θα αντιμετωπίσει ο επιβάτης στο αεροδρόμιο. Επηρεάζεται από την χωρητικότητα του αεροδρομίου και έχει να κάνει με την αξία χρόνου των επιβατών.

Από τους παραπάνω όρους είναι αντιληπτό ότι το μεν αεροδρόμιο είναι σε θέση να επηρεάζει τη ζήτηση μέσω των τελών και της χωρητικότητάς του ενώ οι αεροπορικές εταιρίες μέσω της χρέωσής τους, ανά επιβάτη, για μετάβαση σε κάποιον προορισμό. Άρα υπό φυσιολογικές συνθήκες η ζήτηση του αεροδρομίου μοιάζει να επηρεάζεται τόσο από το ίδιο το αεροδρόμιο όσο και από τις αεροπορικές εταιρίες.

### 7.2 Η παραδοσιακή προσέγγιση

**Στην παραδοσιακή προσέγγιση γίνεται η θεώρηση ότι οι αεροπορικές εταιρίες και ο μεταξύ τους ανταγωνισμός δεν επηρεάζουν την αεροπορική ζήτηση.** Αυτό συμβαίνει διότι ότι ο ανταγωνισμός μεταξύ των αεροπορικών εταιριών θεωρείται τέλειος. Δηλαδή, υπάρχει μεγάλος αριθμός μεταφορέων, τους οποίους οι επιβάτες αντιλαμβάνονται όλους σαν ομοιογενείς. Μια αύξηση της τιμής από έναν μεταφορέα θα ζημιώσει μόνο τον ίδιο, αφού θα οδηγήσει τους επιβάτες σε άλλους μεταφορείς. Κατά συνέπεια, η τιμή που χρεώνουν οι μεταφορείς για μετάβαση προς έναν προορισμό είναι κοινή και σταθερή. Αντίθετα, το τέλος και η χωρητικότητα

του αεροδρομίου είναι οι μεταβλητές που επηρεάζουν άμεσα την αεροπορική ζήτηση. (Basso, 2007)

### 7.3 Η κάθετη προσέγγιση

Στην προσέγγιση αυτή, ο ανταγωνισμός μεταξύ των αεροπορικών εταιριών παύει να θεωρείται τέλειος. Αυτό συμβαίνει διότι συνήθως στη πραγματικότητα τα αεροδρόμια κυριαρχούνται από έναν περιορισμένο αριθμό αεροπορικών εταιριών, οι οποίες μάλιστα συχνά προσφέρουν διαφοροποιημένες και όχι ομοιογενείς υπηρεσίες στους επιβάτες. Επομένως, θεωρείται ότι οι αεροπορικές εταιρίες σε ένα αεροδρόμιο σχηματίζουν ένα ολιγοπώλιο και ανταγωνίζονται σε συνθήκες Cournot, Bertrand ή Stackelberg. Σε αυτή την περίπτωση η τιμή των εισιτηρίων αλλά και ο αριθμός διάθεσής τους διαφέρουν από εταιρία σε εταιρία και εξαρτώνται από τα λειτουργικά κόστη και το μερίδιο αγοράς κάθε εταιρίας. **Επομένως, σε αυτή την προσέγγιση, την ζήτηση των αεροδρομίων επηρεάζουν και οι αεροπορικές εταιρίες και οπότε πρέπει να μοντελοποιηθεί ο μεταξύ τους ανταγωνισμός.** (Basso, 2007)

### 7.4 Σύγκριση Παραδοσιακής και Κάθετης Προσέγγισης

Συνοψίζοντας, η παραδοσιακή προσέγγιση χρησιμοποιεί ένα μοντέλο κλασσικής ισορροπίας στο οποίο η ζήτηση για τις αεροπορικές υπηρεσίες εξαρτάται από τα τέλη του αεροδρομίου και από τις χρεώσεις συμφόρησης. Η αγορά των αεροπορικών εταιριών δεν μοντελοποιείται σε αυτή τη προσέγγιση. Αντίθετα, η κάθετη προσέγγιση αναγνωρίζει ότι τα αεροδρόμια παρέχουν στις αεροπορικές εταιρίες τη δυνατότητα να εκτελούν πτήσεις. Η αγορά των αεροπορικών εταιριών μοντελοποιείται σαν ένα απλό ολιγοπώλιο. Είναι η ισορροπία αυτής της αγοράς που καθορίζει την ζήτηση των αεροδρομίων.

Στην έρευνά τους οι Basso και Zhang καταλήγουν στο ότι **η παραδοσιακή προσέγγιση είναι κατάλληλη αν και μόνο αν οι αερομεταφορείς δεν έχουν δύναμη αγοράς.** Αντίθετα, **όταν οι αεροπορικές εταιρίες έχουν δύναμη αγοράς και συνεπώς λειτουργούν με στρατηγικές, τότε κατάλληλη είναι η κάθετη προσέγγιση για την ανάλυση της τιμολόγησης και της χωρητικότητας των αεροδρομίων.** (Zhang A., 2008)



## 7.5 Παραδείγματα Μελετών Παραδοσιακής Προσέγγισης

### 7.5.1 Basso, Zhang, An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing, 2007

Οι Basso και Zhang (2007) δημιούργησαν ένα μοντέλο παραδοσιακής προσέγγισης που αναλύει το πώς τα αεροδρόμια λαμβάνουν αποφάσεις για τα τέλη και την χωρητικότητά τους ανάλογα με το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς (ιδιωτικό/δημόσιο) και με τον οικονομικό τους περιορισμό (διπλή ή μονή θυρίδα). Εξετάζονται τέσσερις περιπτώσεις. Ένα δημόσιο αεροδρόμιο με σύστημα διπλής θυρίδας, ένα δημόσιο αεροδρόμιο με σύστημα μονής θυρίδας, ένα ιδιωτικό αεροδρόμιο με σύστημα διπλής θυρίδας και ένα ιδιωτικό αεροδρόμιο με σύστημα μονής θυρίδας.

Αν το αεροδρόμιο είναι **δημόσιο** υπολογίζει την βέλτιστη τιμή τέλους και χωρητικότητας από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης της κοινωνικής ωφέλειας. Αν το αεροδρόμιο είναι **ιδιωτικό** λαμβάνει την βέλτιστη τιμή τέλους και χωρητικότητας από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης του κέρδους του.

Οι μεταβλητές στο μοντέλο είναι οι εξής:

$Q(\rho)$ , η ζήτηση για το αεροδρόμιο μετρούμενη σε αριθμό πτήσεων. Εξαρτάται από την συνολική τιμή που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες.

$\rho$ , η συνολική τιμή που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες. Ισχύει ότι  $\rho = P + D$

$P$ , το αεροπορικό τέλος ανά πτήση

$D(Q, K)$ , το κόστος καθυστέρησης κάθε πτήσης. Εξαρτάται από την ζήτηση  $Q$  και από την χωρητικότητα  $K$ .

$K$ , η χωρητικότητα του αεροδρομίου, η οποία είναι μεταβλητή.

$C(Q)$ , τα λειτουργικά κόστη του αεροδρομίου

$r$ , το κόστος κεφαλαίου.

#### **Δημόσιο αεροδρόμιο με σύστημα διπλής θυρίδας**

Η συνάρτηση της κοινωνικής ωφέλειας παρουσιάζεται στην πρώτη από τις παρακάτω σχέσεις. Ο πρώτος όρος αντιστοιχεί στην ωφέλεια των επιβατών, ενώ ο επόμενος αποτελεί το καθαρό κέρδος του αεροδρομίου. Λόγω του συστήματος διπλής θυρίδας δεν λαμβάνονται υπόψη τα εμπορικά έσοδα.

$$\max_p \int_{\rho}^{\infty} Q(\rho) d\rho + PQ - C(Q) - rK$$

**Δημόσιο αεροδρόμιο με σύστημα μονής θυρίδας**

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

Τα επιπλέον δεδομένα του μοντέλου είναι τα εξής:

p: τιμή για τα μη αεροπορικά αγαθά ή υπηρεσίες που παρέχονται στα αεροδρόμια.

X(p) : ζήτηση για τις μη αεροπορικές υπηρεσίες ανά πτήση

c(X): κόστος παροχής των μη αεροπορικών υπηρεσιών ανά πτήση.

**Ιδιωτικό αεροδρόμιο, σύστημα διπλής θυρίδας**

Στη περίπτωση ιδιωτικού αεροδρομίου, όπως προαναφέρθηκε δεν λαμβάνεται υπόψη η ωφέλεια των επιβατών.

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

**Ιδιωτικό αεροδρόμιο με σύστημα μονής θυρίδας**

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

(Basso, 2007)

[7.5.2 Noruzoliaee, 2014, Airport partial and full privatization in a multi-airport region](#)

**Η έρευνα αναλύει το πώς δύο συμφορημένα πολλαπλά αεροδρόμια παίρνουν διαφορετικές αποφάσεις για την χωρητικότητα και τα τέλη τους, ανάλογα με το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς.**

Θεωρείται ένα σύστημα δύο πολλαπλών αεροδρομίων που ανήκουν στην ίδια μητροπολιτική περιοχή. Προκειμένου να μελετηθεί ο ανταγωνισμός των

αεροδρομίων, αμελούνται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εταιριών και η δύναμη αγοράς τους<sup>4</sup>. Κατά συνέπεια, η τιμή του εισιτηρίου θεωρείται σταθερή και ίδια για τα δύο αεροδρόμια.

Για ατομικούς μεταφορείς, λοιπόν, η ζήτηση επιβατών σε κάθε αεροδρόμιο είναι συνάρτηση της πλήρους τιμής που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες για ταξίδι από το κάθε αεροδρόμιο. Η πλήρης τιμή ισούται με το άθροισμα του τέλους του αεροδρομίου ( $P_i$ ) συν το κόστος καθυστέρησης του αεροδρομίου, το οποίο εξαρτάται από την ζήτηση και την χωρητικότητά του ( $D_i\{q_i, K_i\}$ ).

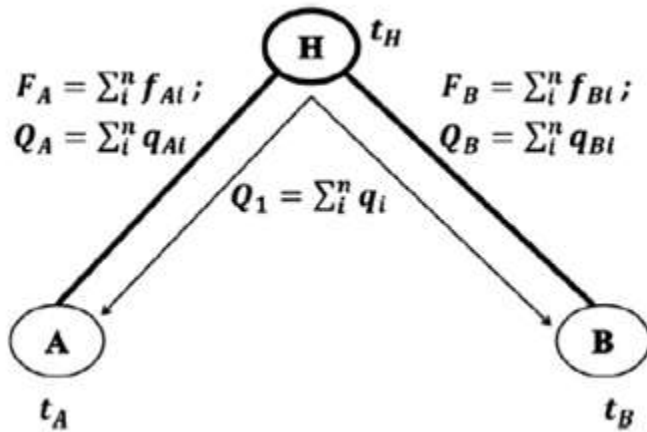
Εξετάζεται ο τρόπος με τον οποία τα δύο αεροδρόμια παίρνουν τις αποφάσεις τους για τα τέλη και την χωρητικότητά τους ανάλογα με το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς. Για τον λόγο αυτό διακρίνονται δύο περιπτώσεις: α) **Και τα δύο αεροδρόμια είναι δημόσια,** β) **Το ένα αεροδρόμιο είναι δημόσιο και το άλλο ιδιωτικό,**

Από την σύγκριση των σχέσεων της περίπτωσης (β) με τις σχέσεις της περίπτωσης (α) περίπτωση προκύπτει ότι τα αεροδρόμια ακολουθούν τον ίδιο κανόνα χωρητικότητας ανεξαρτήτως ιδιοκτησίας. Η βέλτιστη χωρητικότητα τίθεται έτσι ώστε το οριακό κόστος επέκτασης να ισούται με το οριακό κέρδος από την μείωση των καθυστερήσεων. Αντίθετα, ο κανόνας τιμολόγησης γίνεται πιο περίπλοκος μετά την ιδιωτικοποίηση του ενός από τα δύο αεροδρόμια. **Συγκεκριμένα, στις εξισώσεις βέλτιστων τελών συμπεριλαμβάνονται κάποιοι επιπλέον όροι που αυξάνουν τα τέλη του αεροδρομίου που ιδιωτικοποιήθηκε και μειώνουν τα τέλη του αεροδρομίου που παρέμεινε δημόσιο.**

---

<sup>4</sup> Η παραδοχή αυτή χρησιμοποιείται και στην κατασκευή του μοντέλου της παρούσας διπλωματικής εργασίας που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 9.

### 7.5.3 Ming Hsin Lin, 2013, Airport privatization in congested hub-spoke networks



Εικόνα 12: Το μοντέλο δικτύου του Lin(2013)

Ο Lin (2013) διερεύνησε το ζήτημα της τιμολόγησης τριών αεροδρομίων σε ένα συμφορημένο hub and spoke δίκτυο. Στο μοντέλο, θεωρείται ένα hub and spoke δίκτυο, στο οποίο ένα κομβικό αεροδρόμιο H συνδέει δύο τοπικά αεροδρόμια A και B. Στο μοντέλο, υπάρχουν  $n$  συμμετρικοί μεταφορείς, με ελάχιστο μερίδιο αγοράς ο καθένας, οι οποίοι εκτελούν πτήσεις στο δίκτυο. Ένας αντιπροσωπευτικός μεταφορέας  $i$  παρέχει στους επιβάτες απευθείας πτήσεις στις διαδρομές AH και BH, με ποσότητες  $q_{Ai}$ ,  $q_{Bi}$  και πτήση με ενδιάμεση στάση στη διαδρομή AB με ποσότητα  $q_{i1}$ .

Όσον αφορά στα τέλη, το τέλος του κομβικού αεροδρομίου ορίζεται ως  $t_H$  ενώ το τέλος των τοπικών A,B ως  $t_A$  και  $t_B$ . **Υπολογίζονται τα τέλη των αεροδρομίων σε κάθε περίπτωση ιδιοκτησιακού καθεστώτος.** Πιο συγκεκριμένα σχετικά με τα τέλη, στη περίπτωση που όλα τα αεροδρόμια του μοντέλου είναι δημόσια, τότε αρχικά υπολογίζεται η εξίσωση της συνολικής κοινωνικής ωφέλειας στο δίκτυο και στη συνέχεια μεγιστοποιείται ώστε να προκύψει το κοινό τέλος των δύο δημόσιων αεροδρομίων.

Για την περίπτωση ιδιωτικού κόμβου και δημόσιων τοπικών αεροδρομίων, ο κόμβος καθορίζει τα τέλη του από την μεγιστοποίηση του κέρδους τους ενώ τα τοπικά αεροδρόμια από την μεγιστοποίηση της κοινωνικής ωφέλειας. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στη περίπτωση δημόσιου κόμβου και ιδιωτικών τοπικών αεροδρομίων.

έλος, στην περίπτωση όπου όλα τα αεροδρόμια είναι ιδιωτικά τότε όλα στοχεύουν στην μεγιστοποίηση του κέρδους τους.

Σε κάθε σενάριο ιδιωτικοποίησης (ιδιωτικοποίηση του κόμβου ή ιδιωτικοποίηση των τοπικών αεροδρομίων) **το κάθε δημόσιο αεροδρόμιο θέτει συνολικά τέλη χαμηλότερα από το λειτουργικό του κόστος ώστε να αντισταθμίζει τα υψηλά τέλη του ιδιωτικού αεροδρομίου, μεγιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την κοινωνική ωφέλεια.** Αν αυτό δεν επιτρέπεται, λόγω οικονομικού περιορισμού στο δημόσιο αεροδρόμιο, κάθε σενάριο ιδιωτικοποίησης προκαλεί απώλεια κοινωνικής ωφέλειας. (Lin, 2013)

## 7.6 Παραδείγματα μελετών κάθετης προσέγγισης

### 7.6.1 Silva, Verhoef, 2012. Optimal Pricing of flights and passengers at congested airports and the efficiency of atomistic charges.

Οι Silva και Verhoef (2012) μελέτησαν, σε ένα μοντέλο κατακόρυφης προσέγγισης, την επιρροή του τύπου του ανταγωνισμού μεταξύ των αεροπορικών εταιριών στον καθορισμό των τελών ενός αεροδρομίου.

Θεωρείται ένα δημόσιο αεροδρόμιο, το οποίο χρεώνει τέλη ανά πτήση και ανά επιβάτη. Στο αεροδρόμιο θεωρείται ότι κυριαρχούν δύο αεροπορικές εταιρίες, οι οποίες σχηματίζουν ένα δυοπώλιο. Το αεροδρόμιο επιθυμεί να καθορίσει την βέλτιστη τιμή των τελών του.

Για να το πετύχει αυτό, όντας δημόσιο, αρχικά θα σχηματίσει την εξίσωση της κοινωνικής ωφέλειας και στη συνέχεια θα την μεγιστοποιήσει ως προς τις μεταβλητές: τέλος ανά πτήση και τέλος ανά επιβάτη. Η κοινωνική ωφέλεια ορίζεται σαν το άθροισμα των καθαρών κερδών των επιβατών, των αεροπορικών εταιριών και του αεροδρομίου.

Προκειμένου να υπολογίσει τις παραπάνω ποσότητες το αεροδρόμιο πρέπει να γνωρίζει ορισμένες μεταβλητές που αφορούν τις αεροπορικές εταιρίες. Οι μεταβλητές αυτές είναι η τιμή του εισιτηρίου και ο αριθμός των επιβατών κάθε εταιρίας. Οι μεταβλητές αυτές επηρεάζονται άμεσα από τον τύπο του ανταγωνισμού που επικρατεί μεταξύ των εταιριών. **Ο ανταγωνισμός αυτός θεωρείται ατελής, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες, όπως το επίπεδο εξυπηρέτησης, τα ταξιδιωτικά μίλια και η γλώσσα που επηρεάζουν την επιλογή αεροπορικής εταιρίας από τους επιβάτες.** Κατά συνέπεια, οι εταιρίες έχουν διαφορετικά μερίδια αγοράς. Ορίζεται ως λόγος μεριδίων αγοράς ο λόγος E/B. Αν E είναι το μικρότερο

μερίδιο αγοράς και  $B$  το μεγαλύτερο, τότε ο λόγος  $E/B$  ισούται με ένα αν έχουμε τέλει ανταγωνισμό και με μηδέν αν έχουμε μονοπώλιο. Στη περίπτωση του δυοπωλίου ο λόγος αυτός είναι ανάμεσα στο μηδέν και το ένα. Μεγάλες τιμές του λόγου ισοδυναμούν με παρόμοιο μερίδιο αγοράς για κάθε εταιρία ενώ μικρές μαρτυρούν συγκέντρωση μεγάλου μεριδίου αγοράς στη μια εταιρία.

**Η έρευνα παρουσιάζει τέσσερις τύπους ανταγωνισμού μεταξύ των αεροπορικών εταιριών.** Από κάθε διαφορετικό τύπο ανταγωνισμού προκύπτουν διαφορετικές τιμές για την τιμή του εισιτηρίου ή τον αριθμό των επιβατών κάθε εταιρίας. Επομένως, προκύπτουν και διαφορετικές συναρτήσεις κοινωνικής ωφέλειας και άρα διαφορετικές βέλτιστες τιμές τελών για το αεροδρόμιο.

- Ανταγωνισμός **Cournot**, σύμφωνα με τον οποίο οι αεροπορικές εταιρίες λαμβάνουν σαν δεδομένες τις τιμές των εισιτηρίων τους και ανταγωνίζονται ως προς τον αριθμό των επιβατών που θα μεταφέρουν.
- Ανταγωνισμός **Bertrand**, σύμφωνα με τον οποίο οι αεροπορικές εταιρίες λαμβάνουν σαν δεδομένο τον αριθμό των επιβατών που θα μεταφέρουν και ανταγωνίζονται ως προς τις τιμές των εισιτηρίων τους
- Ανταγωνισμός **Stackelberg με ακόλουθο Cournot**, σύμφωνα με τον οποίο μια εταιρία  $i$  είναι ο οδηγός-ηγέτης και μια εταιρία  $j$  είναι ο ακόλουθος. Η εταιρία ακόλουθος έχει ως στρατηγική μεταβλητή την ποσότητα των επιβατών και θεωρεί την τιμή της εταιρίας  $i$  σαν δεδομένη.
- Ανταγωνισμός **Stackelberg με ακόλουθο Bertrand**, σύμφωνα με τον οποίο και πάλι μια εταιρία  $i$  είναι ο οδηγός-ηγέτης και μια εταιρία  $j$  είναι ο ακόλουθος. Σε αυτή τη περίπτωση όμως, η εταιρία-ακόλουθος έχει ως στρατηγική μεταβλητή την τιμή του εισιτηρίου της και θεωρεί την ποσότητα των επιβατών εταιρίας  $i$  σαν δεδομένη.

**Οι συγγραφείς απαντούν στο ερώτημα ποιος τύπος ανταγωνισμού πρέπει να λαμβάνεται κάθε φορά υπόψη.** Όταν ο λόγος  $E/B$  είναι μεγάλος, δηλαδή οι εταιρίες έχουν παρόμοιο μερίδιο αγοράς, τότε η βέλτιστη τιμολόγηση προκύπτει από θεώρηση ανταγωνισμού Cournot. Αντίθετα, όταν ο λόγος  $E/B$  είναι μικρός τότε η βέλτιστη τιμολόγηση από θεώρηση ανταγωνισμού Bertrand. (Silva, 2012)

### 7.6.2 Pels, Verhoef, 2004. The economics of airport congestion pricing

Οι Pels και Verhoef (2004) υπολόγισαν την τιμή του τέλους συμφόρησης σε ένα συμφορημένο δημόσιο αεροδρόμιο και διερεύνησαν εάν η τιμολόγηση συμφόρησης βελτιώνει την κοινωνική ωφέλεια.

Πιο συγκεκριμένα, θεώρησαν ένα μοντέλο δύο δημόσιων συμφορημένων αεροδρομίων που συνδέουν ένα ζεύγος προέλευσης-προορισμού. Δύο αεροπορικές εταιρίες εκτελούν πτήσεις μεταξύ των αεροδρομίων και σχηματίζουν ένα δυοπώλιο Cournot. Οι αεροπορικές εταιρίες θεωρούνται ομοιογενείς από τους επιβάτες και έχουν το ίδιο μερίδιο αγοράς.

Κάθε αεροδρόμιο επιθυμεί να υπολογίσει την **βέλτιστη τιμή του τέλους συμφόρησης  $t_w$  για την μεγιστοποίηση της κοινωνικής ωφέλειας**. Η τιμή αυτή θα προέλθει από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κοινωνικής ωφέλειας ως προς  $t_w$ . Η συνάρτηση της κοινωνικής ωφέλειας αποτελείται από την ωφέλεια των επιβατών, από το κέρδος των αεροπορικών εταιριών και από το κέρδος του αεροδρομίου.

**Η έρευνα ακολουθεί την ίδια μεθοδολογία με τις υπόλοιπες έρευνες κατακόρυφης προσέγγισης για τον υπολογισμό των όρων της συνάρτησης της κοινωνικής ωφέλειας, με μια διαφοροποίηση.** Η διαφοροποίηση αυτή έγκειται στο γεγονός ότι λαμβάνεται υπόψη ένα επιπλέον κόστος για τις εταιρίες και για τους επιβάτες. Το κόστος αυτό είναι το κόστος συμφόρησης. Για τις εταιρίες το κόστος συμφόρησης μπορεί να σημαίνει πρόσθετα έξοδα σε πετρέλαιο αλλά και σε πρόσθετο χρόνο εργασίας του προσωπικού. Για τους επιβάτες μεταφράζεται σαν χαμένος χρόνος ή χαμένα χρήματα. Το κόστος συμφόρησης υπολογίζεται ως εξής. Το γινόμενο του μέσου χαμένου χρόνου επί την αξία χρόνου των εταιριών δίνει το κόστος συμφόρησης για τις αεροπορικές εταιρίες σε κάθε αεροδρόμιο. Αντίστοιχα, ο πολλαπλασιασμός του μέσου χαμένου χρόνου σε κάθε αεροδρόμιο επί την αξία χρόνου των επιβατών δίνει το κόστος συμφόρησης για τους επιβάτες σε κάθε αεροδρόμιο. Επομένως, **λόγω του κόστους συμφόρησης για εταιρίες και επιβάτες, τροποποιείται, σε σχέση με άλλες μελέτες, η συνάρτηση κοινωνικής ωφέλειας και προκύπτει τελικά μια βέλτιστη τιμή για το τέλος συμφόρησης.**

Η έρευνα καταλήγει στην **βέλτιστη τιμή του τέλους συμφόρησης**. Το τέλος συμφόρησης μπορεί να πάρει είτε θετικές είτε αρνητικές τιμές, δηλαδή δύναται να αποτελεί είτε πρόστιμο είτε επιδότηση προς τις αεροπορικές εταιρίες. **Το πρόστιμο του τέλους συμφόρησης επηρεάζεται από τον αριθμό των εταιριών που**

**δραστηριοποιούνται σε κάθε αεροδρόμιο.** Για ένα δεδομένο επίπεδο συμφόρησης, ένα ενδεχόμενο τέλος συμφόρησης διαιρούμενο με ένα μεγάλο πλήθος εταιριών αντιστοιχεί σε μια μικρή επιβάρυνση για τον επιβάτη και άρα σε μηδαμινή ελάττωση της ζήτησης των εταιριών. Σε αυτή τη περίπτωση το πρόσημο είναι θετικό και άρα επιβάλλεται πρόστιμο στις αεροπορικές εταιρίες . Αντίθετα, για το ίδιο επίπεδο συμφόρησης ένα ενδεχόμενο τέλος διαιρούμενο με ένα μικρό πλήθος εταιριών, αντιστοιχεί σε μεγάλη επιβάρυνση για τον επιβάτη άρα σε μεγάλη μείωση της ζήτησης των εταιριών. Κατά συνέπεια, σε αυτή τη περίπτωση το πρόσημο είναι αρνητικό και άρα οι αεροπορικές εταιρίες επιδοτούνται. Σύμφωνα με τους Pels και Verhoef, η επιδότηση αυτή συχνά δεν είναι εφικτή λόγω απαγόρευσης της από την κυβέρνηση της χώρας. Σε αυτή τη περίπτωση, το τέλος συμφόρησης τίθεται ίσο με το μηδέν.

Τέλος, οι συγγραφείς επιδιώκουν την εφαρμογή της έρευνάς τους στη πράξη και εκτελούν ένα αριθμητικό παράδειγμα, λαμβάνοντας θεωρητικά δεδομένα εφάμιλλα με την πραγματικότητα. Θεωρείται η περίπτωση δύο συμμετρικών αεροπορικών εταιριών με ίδιο μερίδιο αγοράς. Συγκρίνουν την κοινωνική ωφέλεια που προκύπτει δίχως την επιβολή τέλους συμφόρησης και την κοινωνική ωφέλεια που προκύπτει με την επιβολή τέλους συμφόρησης. **Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι όταν εφαρμόστηκε τέλος συμφόρησης, η συνολική κοινωνική ωφέλεια αυξήθηκε κατά 6%.** (Pels, 2004)

### 7.6.3 Brueckner, Jan K., 2005. Internalization of airport congestion: a network analysis.

Οι Brueckner και Jan (2005) διερεύνησαν την **επιβολή τέλους συμφόρησης στα συμφορημένα αεροδρόμια.**

Υποστήριξαν ότι όταν σε ένα αεροδρόμιο κυριαρχεί ένας **μονοπωλιακός μεταφορέας**, η συμφόρηση εσωτερικοποιείται πλήρως και δεν υπάρχει λόγος επιβολής τέλους συμφόρησης.

Αντίθετα, σε περίπτωση που επικρατεί **ολιγοπώλιο Cournot** στο αεροδρόμιο, τότε οι μεταφορείς εσωτερικοποιούν την συμφόρηση που προκαλούν οι ίδιοι στον εαυτό τους. Με άλλα λόγια, κάθε εταιρία θα λάβει υπόψη της τη συμφόρηση που προκαλεί στον εαυτό της όταν αποφασίσει αν θα προγραμματίσει μια επιπλέον πτήση. Εντούτοις, αγνοεί την συμφόρηση που θα επιβληθεί στις άλλες εταιρίες και οπότε το κόστος συμφόρησης θα ληφθεί μόνο μερικώς υπόψη.



Ένα τέλος που θα περιλαμβάνει το μη εσωτερικοποιημένο ποσοστό της συμφόρησης μπορεί να βελτιώσει την κατανομή της κίνησης κατά τη διάρκεια της ημέρας. **Το συνολικό τέλος συμφόρησης πρέπει να ισούται με το κόστος συμφόρησης από η συνολικές έξτρα πτήσεις επί (1- μερίδιο αγοράς μεταφορέα).** Όταν το μερίδιο αγοράς μιας εταιρίας είναι μεγάλο, το μεγαλύτερο ποσοστό της συμφόρησης που δημιουργείται από μια έξτρα πτήση εσωτερικοποιείται από την εταιρία αυτή, δικαιολογώντας ένα χαμηλό τέλος συμφόρησης. Τα αντίθετα ισχύουν όταν το μερίδιο αγοράς είναι μικρό.

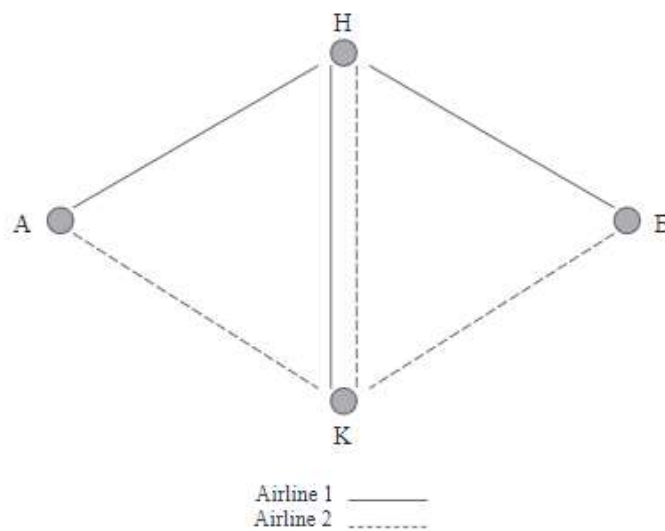


Fig. 1. Network structure.

*Εικόνα 13: Το μοντέλο δικτύου του Brueckner (2005)*

Στο μοντέλο υπάρχουν τέσσερα αεροδρόμια A, B, H, K συνδέονται μέσω δύο αεροπορικών εταιριών. Οι εταιρίες εκτελούν πτήσεις με ενδιάμεσες στάσεις μεταξύ των πόλεων A, B. Το αεροδρόμιο H χρησιμοποιείται ως κόμβος από την εταιρία 1 και το αεροδρόμιο K ως κόμβος από την εταιρία 2. Επίσης, οι δύο εταιρίες εκτελούν απευθείας πτήσεις μεταξύ των αεροδρομίων H και K. Τα αεροδρόμια A και B θεωρούνται μη συμφορημένα και έχουν μηδενικά τέλη συμφόρησης. Αντίθετα, τα αεροδρόμια H και K παρουσιάζουν συμφόρηση και έχουν θετικά τέλη συμφόρησης. Στα συγκεκριμένα αεροδρόμια οι δύο εταιρίες έχουν διαφορετικά μερίδια αγοράς, όπως γίνεται αντιληπτό και από τη δομή του δικτύου των πτήσεων. Για παράδειγμα,

στον κόμβο Η η εταιρία 1 έχει μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς από την εταιρία 2 και άρα εσωτερικοποιεί μεγάλο ποσοστό της συμφόρησης που προκαλεί. Αντίθετα, η εταιρία 2 εσωτερικοποιεί μικρό ποσοστό της συμφόρησης που προκαλεί. Η εταιρία 1 χρεώνεται χαμηλότερο τέλος συμφόρησης στον κόμβο Η απ' ότι η εταιρία 2. Το αντίθετο ισχύει για τον κόμβο Κ. **Κατά συνέπεια, σε γενικότερο πλαίσιο, το τέλος συμφόρησης για την κυρίαρχη εταιρία ενός αεροδρομίου είναι μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο τέλος της εταιρίας με το μικρότερο μερίδιο αγοράς.** (Brueckner J. K., 2005)

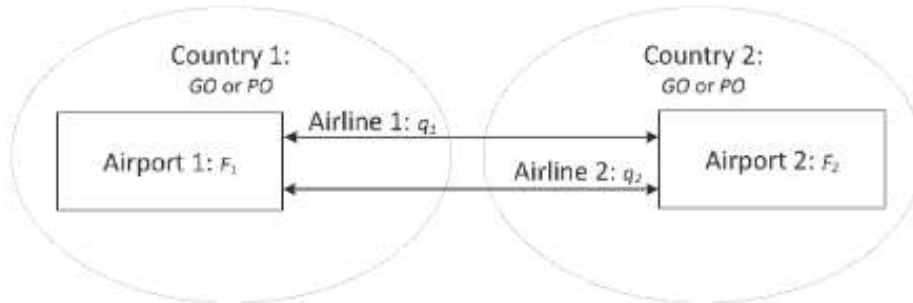
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ

### 8.1 Εισαγωγή

Αφού αναλύθηκαν θέματα όπως η θεωρία των παιγνίων, η θεωρία των ολιγοπωλίων και τα αναλυτικά μοντέλα τιμολόγησης των αεροδρομίων, ο αναγνώστης είναι πλέον έτοιμος να κατανοήσει τα μοντέλα που σχετίζονται άμεσα με το θέμα της διπλωματικής εργασίας.

### 8.2 Μοντέλα προσδιορισμού του ιδιοκτησιακού καθεστώτος συστημάτων αεροδρομίων

8.2.1 Benny Mantin (2011), Airport Complementarity: Private vs. government ownership and welfare gravitation



Εικόνα 14: Το μοντέλο του Mantin (2011)

Στο μοντέλο θεωρείται ένα σύστημα δύο δημόσιων αεροδρομίων, το καθένα από τα οποία βρίσκεται σε μια διαφορετική χώρα. Η σύνδεση των δύο αεροδρομίων γίνεται μέσω δύο αεροπορικών εταιριών, η κάθε μια από τις οποίες είναι ο εθνικός μεταφορέας της χώρας της.

**Η κυβέρνηση κάθε χώρας καλείται να αποφασίσει αν θα διατηρήσει το αεροδρόμιο της δημόσιο ή αν θα το ιδιωτικοποιήσει.** Προκειμένου να λάβει την απόφασή της αυτή, η κάθε κυβέρνηση πρέπει να εξετάσει ποιο από τα δύο ιδιοκτησιακά καθεστώτα μεγιστοποιεί την ωφέλεια της. **Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι η απόφαση της μιας κυβέρνησης επηρεάζει άμεσα την ωφέλεια και την απόφαση της άλλης.** Προκύπτει λοιπόν ένα παίγνιο στο οποίο οι δύο παίκτες είναι οι δύο κυβερνήσεις. Ο κάθε παίκτης έχει δύο στρατηγικές: «δημόσιο» ή «ιδιωτικό». Οι δύο κυβερνήσεις, λοιπόν, καλούνται να δημιουργήσουν τον πίνακα

απολαβών του παιγνίου. Η ισορροπία Nash θα οδηγήσει τις δύο κυβερνήσεις στην απόφασή τους για το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς.

**Για τον υπολογισμό του πίνακα απολαβών, η κάθε κυβέρνηση πρέπει να υπολογίσει την ωφέλεια της χώρας της δικής της και της άλλης, για κάθε πιθανό συνδυασμό στρατηγικών.** Ο υπολογισμός του πίνακα απολαβών από κάθε κυβέρνηση γίνεται με την μέθοδο της προς τα πίσω επαγωγής με την ακόλουθη συλλογιστική πορεία.

Αρχικά, αναφέρεται ότι ως **κοινωνική ωφέλεια** μιας χώρας ορίζεται το άθροισμα των ωφελειών των επιβατών, της αεροπορικής εταιρίας της κάθε χώρας και του αεροδρομίου της κάθε χώρας. Κατόπιν, γίνονται κάποιες **παραδοχές**. Οι αεροπορικές εταιρίες θεωρείται ότι έχουν μηδενικό λειτουργικό κόστος. Το ίδιο ισχύει και για τα αεροδρόμια. Η ζήτηση των επιβατών για μετακινήσεις από το αεροδρόμιο 1 προς το αεροδρόμιο 2 είναι ίση με τη ζήτηση των επιβατών για μετακινήσεις από το αεροδρόμιο 2 προς το αεροδρόμιο 1. Οι μετακινήσεις μεταξύ των δύο αεροδρομίων είναι μετ' επιστροφής. Οι επιβάτες επιστρέφουν με την εταιρία που ταξίδεψαν την πρώτη φορά. Ως προς τα τέλη, τα αεροδρόμια 1 και 2 χρεώνουν τέλη  $F_1$  και  $F_2$ , τα οποία θεωρείται ότι πληρώνονται ανά επιβάτη και ότι οι εταιρίες τα μεταβιβάζουν στους επιβάτες τους μέσω του εισιτηρίου.

Εξετάζεται η πρώτη η περίπτωση ανταγωνισμού Cournot μεταξύ των αεροπορικών εταιριών και στη συνέχεια η περίπτωση ανταγωνισμού Bertrand.

### **Ανταγωνισμός Cournot**

Οι κάτοικοι της μιας χώρας αντιλαμβάνονται τις δύο εταιρίες σαν πλήρως ομοιογενείς και οπότε ταξιδεύουν και επιστρέφουν από και προς την άλλη χώρα μέσω του εθνικού αερομεταφορέα της χώρας τους. Κατά συνέπεια, οι δύο εταιρίες έχουν την ίδια ζήτηση (αριθμός εισιτηρίων)  $q_1=q_2$  και ότι χρεώνουν την ίδια τιμή εισιτηρίου  $p^c$  στους επιβάτες τους. Επομένως, το πλήρες κόστος που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες για ταξίδι από την  $i$  χώρα προς την χώρα  $j$  είναι  $P_i=p^c+F_1+F_2$ . Τέλος, Η ζήτηση για ταξίδι από την χώρα  $i$  στη χώρα  $j$  είναι  $Q_i=1-P_i=1-(p^c+F_1+F_2)$  και επομένως η συνολική ζήτηση  $q_1+q_2=Q=2Q_i=2(1-p^c-F_1-F_2)$ . Επομένως, τώρα μπορεί να υπολογιστεί η ωφέλεια κάθε κυβέρνησης.

Συγκεκριμένα,

Η ωφέλεια των επιβατών της χώρας  $i$  δίνεται από τον τύπο

$$CS_i = \int_{P_i}^{P_{iMax}} Q_i(P_i) dP_i = 0.5(1 - p^c - F_i - F_j)^2 \text{ για } j \neq i$$

Το κέρδος κάθε αεροδρομίου ισούται με

$$\Pi_i^A = F_i(Q_i + Q_j) = F_i(Q) = 2F_i(1 - p^c - F_1 - F_2).$$

Το κέρδος κάθε αεροπορικής εταιρίας ισούται με

$$\Pi_{\kappa}^c = q_i p^c = Q_i p^c$$

Τελικώς, η ωφέλεια της κάθε κυβέρνησης ισούται με

$$W_i = CS_i + \Pi_i^A + \Pi_{\kappa}^c$$

και διαφοροποιείται για κάθε διαφορετικό ιδιοκτησιακό καθεστώς, αφού σε κάθε περίπτωση διαφοροποιούνται οι τιμές των μεταβλητών  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $p^c$ ,  $q_i$ . **Εξετάζονται οι περιπτώσεις: ιδιωτικό-ιδιωτικό, δημόσιο-δημόσιο, δημόσιο-ιδιωτικό.**

Τα δημόσια αεροδρόμια ενδιαφέρονται για την μεγιστοποίηση της κοινωνικής ωφέλειας (η παράγωγος της συνάρτησης του κέρδους του αεροδρομίου  $i$  ως προς το τέλος τους  $F_i$  ισούται με το 0) ενώ τα ιδιωτικά για την μεγιστοποίηση του κέρδους τους (η παράγωγος της κοινωνικής ωφέλειας ως προς το τέλος  $F_i$  ισούται με το 0).

Από τις αντίστοιχες παραγωγίσεις για κάθε περίπτωση, προκύπτουν οι τιμές των  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $p^c$ ,  $q_i$  για κάθε περίπτωση και με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται ο τελικός πίνακας απολαβών των κυβερνήσεων που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

**Προκύπτει ότι ο βέλτιστος συνδυασμός στρατηγικών του παιγνίου είναι «δημόσιο-δημόσιο». Ωστόσο, η ισορροπία Nash εντοπίζεται στο συνδυασμό «ιδιωτικό-ιδιωτικό», η οποία είναι και η στρατηγική που ακολουθείται από τις κυβερνήσεις.**

Βγαίνει το συμπέρασμα, λοιπόν, ότι αν μια κυβέρνηση από τις δύο ιδιωτικοποιήσει το αεροδρόμιο της, τότε και η άλλη θα πράξει ανάλογα προκειμένου να εξασφαλίσει την μέγιστη ωφέλεια για την χώρα της. Οι δύο κυβερνήσεις βρίσκονται παγιδευμένες σε ένα παίγνιο που μοιάζει με το Δίλλημα των Φυλακισμένων.

Πίνακας 12: Πίνακας απολαβών του *Mantin* για τις κυβερνήσεις, στην περίπτωση ανταγωνισμού Cournot μεταξύ των δύο αεροπορικών εταιριών εταιριών

Κυβέρνηση	Χώρας 1	Ιδιωτικό	Δημόσιο
Χώρας 2			
Ιδιωτικό		0.197, 0.197	0.326, 0.163
Δημόσιο		0.163, 0.326	0.32, 0.32

### Ανταγωνισμός Bertrand

Αντίστοιχα, εξετάζεται η περίπτωση ανταγωνισμού Bertrand διαφοροποιημένων προϊόντων μεταξύ των δύο εταιριών. Σε αυτή την περίπτωση, οι επιβάτες παύουν να ταξιδεύουν αποκλειστικά με την εταιρία της χώρας τους, αφού πλέον μπορεί να έχουν κίνητρο να επιλέξουν την εταιρία της άλλης χώρας. Για παράδειγμα, μπορεί οι επιβάτες να έχουν προτίμηση σε κάποια από τις δύο εταιρίες λόγω ταξιδιωτικών μιλίων. Έστω ότι  $Q_{ik}$  είναι η μετ' επιστροφής ζήτηση από την χώρα  $i$  προς την χώρα  $j$  με την εταιρία  $k$  και  $P_{ik}$  το πλήρες κόστος που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες για ταξίδι από την χώρα  $i$  προς την χώρα  $j$  με την εταιρία  $k$ .

Άρα σε αυτή την περίπτωση, οι δύο εταιρίες δεν έχουν την ίδια ζήτηση και ούτε την ίδια τιμή εισιτηρίου. Θα ισχύει ότι  $P_{ik}=p_{ik}^c+F_1+F_2$  και σε αυτήν τη περίπτωση η συνάρτηση της ζήτησης  $Q_{ik}$  θα δίνεται από την σχέση  $Q_{ik}=1-P_{ik}+\beta P_{i\lambda}$ . Η σχέση αυτή δείχνει ότι η ζήτηση για πτήση από την χώρα  $i$  προς την χώρα  $j$  με την εταιρία  $k$  εξαρτάται (συντελεστής  $\beta$ ) και από την τιμή εισιτηρίου που χρεώνει η εταιρία  $\lambda$ . Ο συντελεστής  $\beta$  μπορεί να παίρνει τιμές μικρότερες της μονάδας.

Με αντίστοιχους υπολογισμούς με τους προηγούμενους προκύπτει ο πίνακας απολαβών για την περίπτωση Bertrand ανταγωνισμού. Ο πίνακας διαφοροποιείται ανάλογα με τις τιμές που παίρνει ο συντελεστής  $\beta$ . Προκύπτει ότι υπάρχει μια οριακή τιμή του συντελεστή  $\beta$  η οποία ισούται με 0.101. Για  $\beta > 0.101$  οι κυβερνήσεις βρίσκονται και πάλι παγιδευμένες στο Δίλλημα των Φυλακισμένων, δηλαδή παρόλο που και για τις δύο θα ήταν καλύτερη η στρατηγική «δημόσιο-δημόσιο» η ισορροπία Nash τους οδηγεί στη στρατηγική «ιδιωτικό-ιδιωτικό». Αντίθετα, για τιμές του  $\beta < 0.101$  προκύπτει ότι υπάρχουν δύο ισορροπίες Nash: είτε «δημόσιο-δημόσιο» είτε «ιδιωτικό-ιδιωτικό». (Mantin, 2011)

Πίνακας 13: Πίνακας απολαβών του Mantin για τις κυβερνήσεις, στην περίπτωση ανταγωνισμού Bertrand μεταξύ των δύο αεροπορικών εταιριών

Κυβέρνηση Χώρας 1	Ιδιωτικό	Δημόσιο
Χώρας 2		
Ιδιωτικό	$\frac{11-7\beta}{9(2-\beta)^2(1-\beta)}$ , $\frac{11-7\beta}{9(2-\beta)^2(1-\beta)}$ $\frac{5-\beta}{9(1-\beta)}$ , $\frac{5-\beta}{9(1-\beta)}$	$\frac{4(11-7\beta)}{9(3-\beta)^2(1-\beta)}$ , $\frac{4(5-\beta)}{9(3-\beta)^2(1-\beta)}$
Δημόσιο	$\frac{4(5-\beta)}{9(3-\beta)^2(1-\beta)}$ , $\frac{4(11-7\beta)}{9(3-\beta)^2(1-\beta)}$	$\frac{5-\beta}{9(1-\beta)}$ , $\frac{5-\beta}{9(1-\beta)}$

### 8.2.2 Matsumura& Matsushima, 2011, Airport Privatization and International Competition

Η έρευνα των Matsumura και Matsushima(2011) μοιάζει αρκετά με αυτή του Mantin .Σκοπός της έρευνας είναι να αποδείξει ότι η ιδιωτικοποίηση των αεροδρομίων μπορεί να αυξήσει την κοινωνική ωφέλεια. Μάλιστα, η έρευνα δικαιολογεί την τάση πολλών χωρών να ιδιωτικοποιήσουν τα αεροδρόμια τους.

Πιο συγκεκριμένα, θεωρούνται δύο δημόσια αεροδρόμια που ανήκουν σε δύο χώρες Α και Β. Οι πληθυσμοί των δύο χωρών είναι  $C_A$  και  $C_B$  και ισχύει ότι  $C_A > C_B$ . Ο πληθυσμός της πόλης Α κανονικοποιείται στη μονάδα έτσι ώστε  $\lambda_A = 1$  και άρα ο πληθυσμός της πόλης Β είναι  $\lambda_B$ , με  $\lambda_B < 1$ . Δύο αεροπορικές εταιρίες που εκτελούν πτήσεις μεταξύ των δύο αεροδρομίων. Οι εταιρίες παρέχουν διαφοροποιημένα προϊόντα και οι επιβάτες δεν τις αντιλαμβάνονται σαν ομοιογενείς. Επομένως οι εταιρίες δεν έχουν το ίδιο μερίδιο αγοράς. Για τον λόγο αυτό ο συγγραφέας θεωρεί ως  $\gamma$  τον λόγο των μεριδίων αγοράς των δύο εταιριών, με το  $\gamma$  να λαμβάνει τιμές από μηδέν έως ένα. Γίνεται η θεώρηση ότι τα λειτουργικά κόστη των δύο εταιριών και του αεροδρομίου είναι μηδενικά.

Οι συνδυασμοί στρατηγικών που μπορούν να ακολουθήσουν οι κυβερνήσεις των δύο χωρών είναι: Ιδιωτικό Α/ Ιδιωτικό Β, Ιδιωτικό Α/Δημόσιο Β, Δημόσιο Α/ Ιδιωτικό Β, Δημόσιο Α/ Δημόσιο Β . Θεωρείται ότι η ζήτηση για πτήσεις από το αεροδρόμιο Α προς το αεροδρόμιο Β επηρεάζεται άμεσα από τον πληθυσμό του Α. Αντίστοιχα και η ζήτηση για πτήσεις από το αεροδρόμιο Β προς το αεροδρόμιο Α.

**Επομένως, δεδομένων των διαφορετικών πληθυσμών η ζήτηση AB δεν ίση με την ζήτηση BA. Αυτή είναι και η ουσιαστική διαφοροποίηση της συγκεκριμένης έρευνας σε σχέση με την έρευνα του Mantin.**

Με αυτή την διαφορά και με την ίδια ακριβώς συλλογιστική πορεία που ακολούθησε ο Mantin οι συγγραφείς καταλήγουν σε έναν πίνακα απολαβών, όπου φαίνεται η κοινωνική ωφέλεια κάθε χώρας για κάθε ενδεχόμενο συνδυασμών στρατηγικών. Η κοινωνική ωφέλεια για κάθε πόλη και για κάθε στρατηγική είναι συνάρτηση των μεταβλητών  $\gamma$ ,  $\lambda_A$  και  $\lambda_B$ . Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν οι συγγραφείς είναι τα ακόλουθα.

Αρχικά, όταν και τα δύο αεροδρόμια είναι δημόσια, τότε αυτό που έχει τον μεγαλύτερο πληθυσμό θέτει τα χαμηλότερα τέλη. Στην περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του ενός αεροδρομίου, αυτό που ιδιωτικοποιείται θέτει υψηλότερα τέλη, λόγω της επιθυμίας του να μεγιστοποιήσει το κέρδος του. Αντίθετα, το αεροδρόμιο που παραμένει δημόσιο αναγκάζεται να θέσει χαμηλότερα τέλη, απ' ότι θα έθετε αν είχε απέναντί του ένα ακόμη δημόσιο αεροδρόμιο. Ο λόγος είναι ότι προσπαθεί να διατηρήσει όσο τον δυνατόν σε μεγαλύτερα επίπεδα την κοινωνική ωφέλεια. **Τέλος, στη πλειονότητα των περιπτώσεων η ισορροπία Nash του συστήματος προέρχεται από την στρατηγική: Ιδιωτικό A/ Ιδιωτικό B, δηλαδή η κοινωνική ωφέλεια μεγιστοποιείται όταν ιδιωτικοποιηθούν και τα δύο αεροδρόμια.** Υπάρχει βέβαια και μια περίπτωση όπου για συγκεκριμένες τιμές των  $\gamma$  και  $\lambda$ , που δίνονται από τους συγγραφείς, η ισορροπία Nash προέρχεται από την στρατηγική Δημόσιο A/ Δημόσιο B. (Matsushima, 2011)

### 8.2.3 Oum, Zhang, Zhang, 2006, A note on optimal airport pricing in a hub and spoke network system

Η έρευνα εξετάζει τη βέλτιστη πολιτική τιμολόγησης ενός συστήματος κομβικών αεροδρομίων, δηλαδή ενός δικτύου αεροδρομίων στο οποίο ένας κόμβος συνδέεται με τοπικά αεροδρόμια. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν δύο διαφορετικά ενδεχόμενα τιμολόγησης.

Το πρώτο ενδεχόμενο είναι η τιμολόγηση κάθε αεροδρομίου ξεχωριστά από τα άλλα αεροδρόμια στο σύστημα. Δηλαδή, κάθε αεροδρόμιο ανήκει σε διαφορετικό ιδιώτη/ διαχειριστή και τιμολογείται με βάση τα συμφέροντα του καθενός. Το δεύτερο ενδεχόμενο είναι η ενιαία πολιτική τιμολόγησης όλων των αεροδρομίων. Σε αυτή τη περίπτωση ο κόμβος και τα τοπικά αεροδρόμια ανήκουν στον ίδιο ιδιώτη/ διαχειριστή και τιμολογούνται με βάση τα δικά του συμφέροντα. **Οι συγγραφείς**



καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το δεύτερο σενάριο παρουσιάζει μεγαλύτερη συνολικά κοινωνική ωφέλεια από το πρώτο και συνιστάται να προτιμάται έναντι του πρώτου. (Oum, 1996)

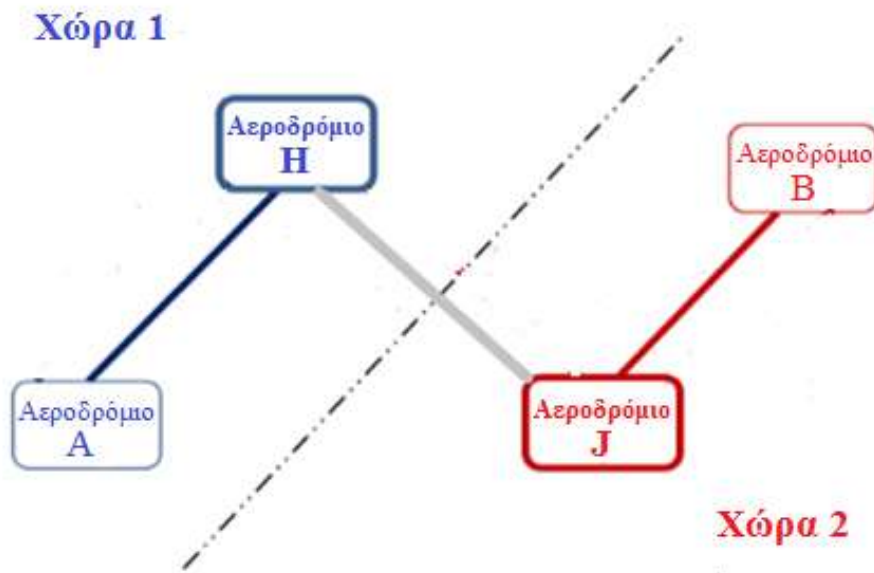
#### 8.2.4 Παντελίδης 2016, Καθορισμός τελών αεροδρομίων σε καθεστώς πλήρους ή μερικής ιδιωτικοποίησης με της θεωρία παιγνίων.

Η έρευνα εξέτασε ποιο είναι το βέλτιστο ιδιοκτησιακό καθεστώς για ένα σύστημα πολλαπλών αεροδρομίων. Συγκεκριμένα θεωρήθηκαν τρία αεροδρόμια, δύο εκ των οποίων βρίσκονται στην ίδια μητροπολιτική περιοχή και θεωρούνται πολλαπλά. Τα δύο πολλαπλά αεροδρόμια της μιας χώρας συνδέονται με το τρίτο αεροδρόμιο, που ανήκει σε μια άλλη χώρα, μέσω δύο απευθείας πτήσεων. **Η ισορροπία Nash ήταν η ιδιωτικοποίηση και των τριών αεροδρομίων. Εντούτοις, το μη πολλαπλό αεροδρόμιο δεν αντιμετωπίστηκε σαν κόμβος, δηλαδή δεν λήφθηκαν υπόψη πτήσεις μεταξύ των δύο πολλαπλών αεροδρομίων μέσω του κόμβου.** (Παντελίδης Θ., 2016)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΟΜΒΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

### 9.1 Εισαγωγή

Δεδομένων των υπαρχόντων ερευνών γίνεται αντιληπτή η **αναγκαιότητα διερεύνησης του βέλτιστου ιδιοκτησιακού καθεστώτος ενός συστήματος κομβικών και τοπικών αεροδρομίων** (hub and spoke network), στο οποίο εκτός από απευθείας πτήσεις εκτελούνται και πτήσεις με ενδιάμεση στάση στα κομβικά αεροδρόμια. Επομένως, στη συγκεκριμένη έρευνα απαντάται το εξής ερώτημα: Σε ένα πιο γενικό δίκτυο, δύο τοπικών και δύο κομβικών αεροδρομίων διαφορετικών χωρών, οι κυβερνήσεις πρέπει να ιδιωτικοποιήσουν μόνο τους κόμβους τους, μόνο τα τοπικά τους αεροδρόμια ή και τα δύο;



Εικόνα 15: Το δίκτυο του μοντέλου του συστήματος κομβικών αεροδρομίων

### 9.2 Περιγραφή μοντέλου

Έστω δύο χώρες 1 και 2 οι οποίες συνδέονται αεροπορικά όπως φαίνεται στο σχήμα. Η κάθε χώρα διαθέτει από δύο δημόσια αεροδρόμια. Ένα κομβικό αεροδρόμιο (H, J) και ένα τοπικό αεροδρόμιο (A,B). Μια αεροπορική εταιρία εκτελεί πτήσεις. Αρχικά, εκτελεί από μια εσωτερική πτήση σε κάθε χώρα, συνδέοντας με αυτό τον τρόπο το τοπικό αεροδρόμιο με το κομβικό. Επίσης, εκτελεί μια πτήση σύνδεσης των δύο χωρών μεταξύ τους, συνδέοντας με αυτό τον τρόπο τα 2 κομβικά αεροδρόμια. Η εταιρία χρησιμοποιεί τα αεροδρόμια Η και J σαν κόμβους

της για να πραγματοποιήσει τις πτήσεις AJ (JA) και HB(BH). Θεωρείται ότι η αεροπορική εταιρία και τα αεροδρόμια έχουν μηδενικό λειτουργικό κόστος (Mantin,2012).

**Στο πλαίσιο της ιδιωτικοποίησης των αεροδρομίων, η κυβέρνηση κάθε χώρας έχει τέσσερις πιθανές επιλογές.** Η πρώτη είναι να ιδιωτικοποιήσει και τα δύο της αεροδρόμια. Η δεύτερη είναι να ιδιωτικοποιήσει τον κόμβο της αλλά να διατηρήσει δημόσιο το τοπικό της αεροδρόμιο. Η τρίτη είναι να διατηρήσει δημόσιο τον κόμβο αλλά να ιδιωτικοποιήσει το τοπικό της αεροδρόμιο. Η τέταρτη είναι να διατηρήσει δημόσια και τα δύο της αεροδρόμια. **Η κάθε κυβέρνηση μέσω της θεωρίας παιγνίων αποφασίζει ποια στρατηγική την συμφέρει να ακολουθήσει.**

### 9.3 Παράμετροι μοντέλου

Οι **παίκτες** του παιγνίου είναι:

Παίκτης 1: κυβέρνηση χώρας 1

Παίκτης 2: κυβέρνηση χώρας 2

Οι **στρατηγικές** του κάθε παίκτη είναι:

Στρατηγικές παίκτη 1:

$I_H I_{\Delta_A}$ , ιδιωτικοποίηση του κόμβου H και του τοπικού αεροδρομίου A

$I_H \Delta_A$ , ιδιωτικοποίηση μόνο του κόμβου H

$\Delta_H I_{\Delta_A}$ , ιδιωτικοποίηση μόνο του τοπικού αεροδρομίου A

$\Delta_H \Delta_A$ , διατήρηση δημόσιου ιδιοκτησιακού καθεστώτος στα H και A

Στρατηγικές παίκτη 2:

$I_J I_{\Delta_B}$ , ιδιωτικοποίηση του κόμβου J και του τοπικού αεροδρομίου B

$I_J \Delta_B$ , ιδιωτικοποίηση μόνο του κόμβου J

$\Delta_J I_{\Delta_B}$ , ιδιωτικοποίηση μόνο του τοπικού αεροδρομίου B

$\Delta_J \Delta_B$ , διατήρηση δημόσιου ιδιοκτησιακού καθεστώτος στα J και B

Τα **τέλη** των αεροδρομίων (θεωρείται ότι μεταβιβάζονται στον επιβάτη μέσω του εισιτηρίου) είναι:

$$t_A, t_H, t_J, t_B$$

Το κέρδος ανά επιβάτη της αεροπορικής εταιρίας σε κάθε διαδρομή είναι:

$$P_{AH}=P_{HA}, P_{HJ}=P_{JH}, P_{JB}=P_{BJ}, P_{AJ}=P_{JA}, P_{HB}=P_{BH}$$

Το συνολικό κόστος (τιμή εισιτηρίου) που αντιλαμβάνεται ο επιβάτης σε κάθε διαδρομή είναι:

$$P_{AH}=p_{AH} + t_A + t_H = P_{HA}$$

$$P_{HJ}=p_{HJ} + t_H + t_J = P_{JH}$$

$$P_{JB} = p_{JB} + t_J + t_B = P_{BJ}$$

$$P_{AJ}=p_{AJ} + 2t_H + t_J = P_{JA}$$

$$P_{HB}=p_{HB} + t_H + t_J = P_{BH}$$

Η ζήτηση για κάθε πιθανή διαδρομή του μοντέλου θεωρείται ότι είναι αντίστροφη συνάρτηση της συνολικής τιμής που αντιλαμβάνονται οι επιβάτες σε κάθε πιθανή διαδρομή. Δηλαδή,  $q_{xy} = 1 - P_{xy}$ . Ακόμη, οι επιβάτες θεωρείται ότι εκτελούν ταξίδια μετ' επιστροφής άρα  $q_{xy}=q_{yx}$ . Η ζήτηση σε κάθε διαδρομή είναι:

$$q_{AH} = 1 - P_{AJ} = 1 - (p_{AH} + t_A + t_H) = q_{HA}$$

$$q_{HJ} = 1 - P_{HJ} = 1 - (p_{HJ} + t_H + t_J) = q_{JH}$$

$$q_{JB} = 1 - P_{JB} = 1 - (p_{JB} + t_J + t_B) = q_{BJ}$$

$$q_{AJ} = 1 - P_{AJ} = 1 - (p_{AJ} + t_A + 2t_H + t_J) = q_{JA}$$

$$q_{HB} = 1 - P_{HB} = 1 - (p_{HB} + t_H + 2t_J + t_B) = q_{BH}$$

Το συνολικό κέρδος της αεροπορικής εταιρίας είναι:

$$\Pi^C = 2(q_{AH}P_{AH} + q_{HJ}P_{HJ} + q_{JB}P_{JB} + q_{AJ}P_{AJ} + q_{HB}P_{HB})$$

Η προσφερόμενη ποσότητα της αεροπορικής εταιρίας,  $q_{xy}^*$ , υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{d\Pi^c}{dq_{AH}} = 0 \Rightarrow p_{AH} + q_{AH} \frac{dP_{AH}}{dq_{AH}} = 0 \Rightarrow q_{AH} - 1 + t_A + t_H + q_{AH} = 0$$

$$\Rightarrow q_{AH}^* = \frac{1}{2}(1 - t_A - t_H) = q_{HA}^*$$

Αντίστοιχα, υπολογίζονται και οι προσφερόμενες ποσότητες για τις υπόλοιπες διαδρομές.

$$q_{HJ}^* = \frac{1}{2}(1 - t_H - t_J) = q_{JH}^*$$

$$q_{JB}^* = \frac{1}{2}(1 - t_H - t_J) = q_{BJ}^*$$

$$q_{AJ}^* = \frac{1}{2}(1 - t_A - 2t_H - t_J) = q_{JA}^*$$

$$q_{HB}^* = \frac{1}{2}(1 - t_H - 2t_J - t_B) = q_{BH}^*$$

Η ζήτηση κάθε αεροδρομίου είναι:

$$Q_A = 2(q_{AH}^* + q_{AJ}^*)$$

$$Q_H = 2(q_{AH}^* + q_{HJ}^* + q_{HB}^* + q_{AJ}^*)$$

$$Q_J = 2(q_{AJ}^* + q_{HJ}^* + q_{JB}^* + q_{HB}^*)$$

$$Q_B = 2(q_{HB}^* + q_{JB}^*)$$

Το κέρδος κάθε αεροδρομίου είναι:

$$\Pi_A = Q_A t_A$$

$$\Pi_H = Q_H t_H$$

$$\Pi_J = Q_J t_J$$

$$\Pi_B = Q_B t_B$$

**Η ωφέλεια των επιβατών (consumer surplus) σε κάθε χώρα είναι<sup>5</sup>:**

$$CS_1 = \int_{P_{AH}}^{P_{AH} \max} 2q_{AH} dP_{AH} + \int_{P_{HJ}}^{P_{HJ} \max} \left(\frac{q_{HJ}}{2} + \frac{q_{JH}}{2}\right) dP_{HJ} + \int_{P_{AJ}}^{P_{AJ} \max} \left(\frac{q_{AJ}}{2} + \frac{q_{JA}}{2}\right) dP_{AJ} + \int_{P_{HB}}^{P_{HB} \max} \left(\frac{q_{HB}}{2} + \frac{q_{BH}}{2}\right) dP_{HB}$$

$$CS_2 = \int_{P_{BJ}}^{P_{BJ} \max} 2q_{BJ} dP_{BJ} + \int_{P_{JH}}^{P_{JH} \max} \left(\frac{q_{HJ}}{2} + \frac{q_{JH}}{2}\right) dP_{JH} + \int_{P_{JA}}^{P_{JA} \max} \left(\frac{q_{AJ}}{2} + \frac{q_{JA}}{2}\right) dP_{JA} + \int_{P_{BH}}^{P_{BH} \max} \left(\frac{q_{HB}}{2} + \frac{q_{BH}}{2}\right) dP_{BH}$$

**Η κοινωνική ωφέλεια (social welfare) της κάθε χώρας** ισούται με το άθροισμα της ωφέλειας των επιβατών της συν το κέρδος των αεροδρομίων της κάθε χώρας:

$$SW_1 = CS_1 + \Pi_A + \Pi_H$$

$$SW_2 = CS_2 + \Pi_J + \Pi_B$$

**Ο πίνακας απολαβών** του παιγνίου, ο οποίος θα έχει την ακόλουθη μορφή. Σε κάθε κελί του πίνακα θα υπάρχει το ζεύγος  $(SW_1, SW_2)$ , δηλαδή η κοινωνική ωφέλεια κάθε χώρας για κάθε ενδεχόμενο συνδυασμό ιδιοκτησιακών καθεστώτων. Τα δεκαέξι ζεύγη υπολογίζονται παρακάτω. Ο πίνακας είναι συμμετρικός ως προς τη διαγώνιο.

*Πίνακας 14: Ενδεικτικός πίνακας απολαβών του μοντέλου του συστήματος κομβικών αεροδρομίων*

	$I\Delta_J I\Delta_B$	$I\Delta_J \Delta_B$	$\Delta_J I\Delta_B$	$\Delta_J \Delta_B$
$I\Delta_H I\Delta_A$	Περίπτωση 1	Περίπτωση 5	Περίπτωση 6	Περίπτωση 7
$I\Delta_H \Delta_A$		Περίπτωση 2	Περίπτωση 8	Περίπτωση 9
$\Delta_H I\Delta_A$			Περίπτωση 3	Περίπτωση 10
$\Delta_H \Delta_A$				Περίπτωση 4

#### 9.4 Επίλυση του μοντέλου

Για τον σχηματισμό του πίνακα απολαβών διακρίνονται **δέκα διαφορετικές περιπτώσεις ιδιοκτησιακού καθεστώτος**. Για κάθε περίπτωση υπολογίζονται όλες

<sup>5</sup> Γίνεται η εύλογη παραδοχή ότι οι διαδρομές AH και HA εκτελούνται μόνο από επιβάτες της χώρας 1 ενώ οι διαδρομές JB και BJ εκτελούνται μόνο από επιβάτες της χώρας 2. Οι διαδρομές HJ, JH, AJ, JA, HB, BH εκτελούνται και από επιβάτες της χώρας 1 και από επιβάτες της χώρας 2.

οι παράμετροι του μοντέλου και σημειώνονται οι τιμές των  $SW_1$  και  $SW_2$  στο αντίστοιχο κελί του πίνακα απολαβών.

#### 9.4.1 Ιδιωτικοποίηση και των δύο αεροδρομιών της κάθε χώρας ( $I\Delta_H I\Delta_A - I\Delta_J I\Delta_B$ )

Σε αυτή την περίπτωση και τα τέσσερα αεροδρόμια του μοντέλου είναι ιδιωτικά. Καθένα έχει ως στόχο την μεγιστοποίηση του κέρδους του. Επομένως, οι εξισώσεις υπολογισμού των τελών κάθε αεροδρομίου είναι:

$$\frac{d\Pi_A}{dt_A} = 0 \Rightarrow \frac{dQ_A}{dt_A} t_A + Q_A = 0 \Rightarrow 4t_A + 3t_H + t_J = 2$$

$$\frac{d\Pi_H}{dt_H} = 0 \Rightarrow \frac{dQ_H}{dt_H} t_H + Q_H = 0 \Rightarrow 2t_A + 10t_H + 4t_J + t_B = 4$$

$$\frac{d\Pi_J}{dt_J} = 0 \Rightarrow \frac{dQ_J}{dt_J} t_J + Q_J = 0 \Rightarrow t_A + 4t_H + 10t_J + 2t_B = 4$$

$$\frac{d\Pi_B}{dt_B} = 0 \Rightarrow \frac{dQ_B}{dt_B} t_B + Q_B = 0 \Rightarrow t_H + 3t_J + 4t_B = 2$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

Πίνακας 15: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης και των δύο αεροδρομιών της κάθε χώρας

$t_A$	0,27
$t_H$	0,23
$t_J$	0,23
$t_B$	0,27
$q_{AH}^* = q_{HA}^*$	0,25
$q_{HJ}^* = q_{JH}^*$	0,27
$q_{JB}^* = q_{BJ}^*$	0,25
$q_{AJ}^* = q_{JA}^*$	0,02
$q_{HB}^* = q_{BH}^*$	0,02
$P_{AH} = P_{HA}$	0,75
$P_{HJ} = P_{JH}$	0,73

$P_{JB}=P_{BJ}$	0,75
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,98
$P_{HB}=P_{BH}$	0,98
$Q_A$	0,54
$Q_H$	1,12
$Q_J$	1,12
$Q_B$	0,54
$\Pi_A$	0,1458
$\Pi_H$	0,2576
$\Pi_J$	0,2576
$\Pi_B$	0,1458
$CS_1$	0,03145
$CS_2$	0,0679
$CS_J$	0,0679
$CS_B$	0,03145
$SW_1$	0,50275
$SW_2$	0,50275

#### 9.4.2 Ιδιωτικοποίηση μόνο του κομβικού αεροδρομίου της κάθε χώρας ( $\Pi_H \Delta_A - \Pi_J \Delta_B$ )

Σε αυτή την περίπτωση μόνο το κομβικό αεροδρόμιο της κάθε χώρας θέτει τα τέλη του με στόχο την μεγιστοποίηση της κοινωνικής ωφέλειας. Το τοπικό αεροδρόμιο υπολογίζει τα τέλη του με στόχο την μεγιστοποίηση της κοινωνικής ωφέλειας. Σε αυτή τη περίπτωση οι εξισώσεις υπολογισμού των τελών τροποποιούνται ως εξής:

$$\frac{d\Pi_H}{dtH} = 0 \Rightarrow 2t_A + 10t_H + 4t_J + t_B = 4$$

$$\frac{d\Pi_J}{dtJ} = 0 \Rightarrow t_A + 4t_H + 10t_J + 2t_B = 4$$



$$\frac{dSW_1}{dt_A} = 0 \Rightarrow 13t_A + 16t_H + 3t_J + 0t_B = 5$$

$$\frac{dSW_2}{dt_B} = 0 \Rightarrow 0t_A + 3t_H + 16t_J + 13t_B = 5$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

Πίνακας 16: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο των κομβικών αεροδρομίων της κάθε χώρας

$t_A$	0
$t_H$	0,3
$t_J$	0,3
$t_B$	0
$q_{AH}^* = q_{HA}^*$	0,35
$q_{HJ}^* = q_{JH}^*$	0,2
$q_{JB}^* = q_{BJ}^*$	0,35
$q_{AJ}^* = q_{JA}^*$	0,05
$q_{HB}^* = q_{BH}^*$	0,05
$P_{AH} = P_{HA}$	0,65
$P_{HJ} = P_{JH}$	0,8
$P_{JB} = P_{BJ}$	0,65
$P_{AJ} = P_{JA}$	0,95
$P_{HB} = P_{BH}$	0,95
$Q_A$	0,8
$Q_H$	1,3

$Q_J$	1,3
$Q_B$	0,8
$\Pi_A$	0
$\Pi_H$	0,39
$\Pi_J$	0,39
$\Pi_B$	0
$CS_1$	0,145
$CS_2$	0,145
$SW_1$	0,535
$SW_2$	0,535

Παρατηρούμε ότι τα δημόσια τοπικά αεροδρόμια μηδενίζουν τα τέλη τους για να διατηρήσουν σε όσο το δυνατόν υψηλότερα επίπεδα την κοινωνική ωφέλεια. Το συμπέρασμα αυτό ταυτίζεται με το συμπέρασμα του (Lin, 2013)

9.4.3 Ιδιωτικοποίηση μόνο του τοπικού αεροδρομίου της κάθε χώρας ( $\Delta_A$ - $\Delta_H$ - $\Delta_J$  $\Delta_B$ ):

$$\frac{d\Pi_A}{dt_A} = 0 \Rightarrow 4t_A + 3t_H + t_J = 2$$

$$\frac{d\Pi_B}{dt_B} = 0 \Rightarrow 0t_A + 1t_H + 3t_J + 4t_B = 2$$

$$\frac{dSW_1}{dt_H} = 0 \Rightarrow 8t_A + 16t_H + 6t_J + 1,5t_B = 5$$

$$\frac{dSW_2}{dt_J} = 0 \Rightarrow 1,5t_A + 6t_H + 16t_J + 13t_B = 5$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι

Πίνακας 17: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του τοπικού αεροδρομίου κάθε χώρας

$t_A$	0,48
$t_H$	0,02
$t_J$	0,02
$t_B$	0,48
$q_{AH}^*=q_{HA}^*$	0,25
$q_{HJ}^*=q_{JH}^*$	0,48
$q_{JB}^*=q_{BJ}^*$	0,25
$q_{AJ}^*=q_{JA}^*$	0,23
$q_{HB}^*=q_{BH}^*$	0,23
$P_{AH}=P_{HA}$	0,75
$P_{HJ}=P_{JH}$	0,52
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,75
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,77
$P_{HB}=P_{BH}$	0,77
$Q_A$	0,96
$Q_H$	2,38
$Q_J$	2,38
$Q_B$	0,96
$\Pi_A$	0,4608
$\Pi_H$	0,0476

$\Pi_J$	0,0476
$\Pi_B$	0,4608
$CS_1$	0,2306
$CS_2$	0,2306
$SW_1$	0,739
$SW_2$	0,739

Και πάλι σε αυτή την περίπτωση τα δημόσια κομβικά αεροδρόμια χαμηλώνουν πολύ τα τέλη τους προκειμένου να κρατήσουν σε υψηλά επίπεδα την κοινωνική ωφέλεια.

#### 9.4.4 Διατήρηση δημόσιου καθεστώτος και στα δύο αεροδρόμια της κάθε χώρας ( $\Delta_H \Delta_A - \Delta_J \Delta_B$ )

$$\frac{dSW_1}{dt_A} = 0 \Rightarrow 13t_A + 16t_H + 3t_J + 0t_B = 5$$

$$\frac{dSW_1}{dt_H} = 0 \Rightarrow 8t_A + 16t_H + 6t_J + 1,5t_B = 5$$

$$\frac{dSW_2}{dt_J} = 0 \Rightarrow 1,5t_A + 6t_H + 16t_J + 13t_B = 5$$

$$\frac{dSW_2}{dt_B} = 0 \Rightarrow 0t_A + 3t_H + 16t_J + 13t_B = 5$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

*Πίνακας 18: Πίνακας υπολογισμών για την διατήρηση δημόσιου καθεστώτος και στα δύο αεροδρόμια της κάθε χώρας*

$t_A$	0,14
$t_H$	0,17
$t_J$	0,17
$t_B$	0,14
$q_{AH}^* = q_{HA}^*$	0,345

$q_{HJ}^*=q_{JH}^*$	0,33
$q_{JB}^*=q_{BJ}^*$	0,345
$q_{AJ}^*=q_{JA}^*$	0,175
$q_{HB}^*=q_{BH}^*$	0,175
$P_{AH}=P_{HA}$	0,655
$P_{HJ}=P_{JH}$	0,67
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,655
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,825
$P_{HB}=P_{BH}$	0,825
$Q_A$	1,04
$Q_H$	2,05
$Q_J$	2,05
$Q_B$	1,04
$\Pi_A$	0,1456
$\Pi_H$	0,3485
$\Pi_J$	0,3485
$\Pi_B$	0,1456
$CS_1$	0,2041
$CS_2$	0,2041
$SW_1$	0,6982
$SW_2$	0,6982

9.4.5 Ιδιωτικοποίηση και των δύο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο του κομβικού αεροδρομίου της άλλης (ΙΔ<sub>H</sub>ΙΔ<sub>A</sub>-ΙΔ<sub>J</sub>Δ<sub>B</sub>):

$$\frac{d\Pi_A}{dt_A} = 0$$

$$\frac{d\Pi_H}{dt_H} = 0$$

$$\frac{d\Pi_J}{dt_J} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_B} = 0$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

*Πίνακας 19: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης και των δύο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο του κομβικού αεροδρομίου της άλλης.*

t <sub>A</sub>	0,25
t <sub>H</sub>	0,24
t <sub>J</sub>	0,28
t <sub>B</sub>	0
q <sub>AH</sub> *=q <sub>HA</sub> *	0,255
q <sub>HJ</sub> *=q <sub>JH</sub> *	0,24
q <sub>JB</sub> *=q <sub>BJ</sub> *	0,36
q <sub>AJ</sub> *=q <sub>JA</sub> *	0,005
q <sub>HB</sub> *=q <sub>BH</sub> *	0,1
P <sub>AH</sub> =P <sub>HA</sub>	0,745

$P_{HJ}=P_{JH}$	0,76
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,64
$P_{AJ}=P_{JA}$	1,005
$P_{HB}=P_{BH}$	0,9
$Q_A$	0,5
$Q_H$	1,18
$Q_J$	1,39
$Q_B$	0,92
$\Pi_A$	0,125
$\Pi_H$	0,2832
$\Pi_J$	0,3892
$\Pi_B$	0
$CS_1$	0,098838
$CS_2$	0,163413
$SW_1$	0,507038
$SW_2$	0,552613

9.4.6 Ιδιωτικοποίηση και των δυο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο το τοπικού αεροδρομίου της άλλης ( $\Delta_H \Delta_A - \Delta_J \Delta_B$ )

$$\frac{d\Pi_A}{dt_A} = 0$$

$$\frac{d\Pi_H}{dt_H} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_J} = 0$$

$$\frac{d\Pi_B}{dt_B} = 0$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

*Πίνακας 20: Πίνακας για την περίπτωση ιδιωτικοποίηση και των δυο αεροδρομίων της μίας χώρας και μόνο το τοπικού αεροδρομίου της άλλης.*

$t_A$	0,27
$t_H$	0,32
$t_J$	0
$t_B$	0,46
$q_{AH}^*=q_{HA}^*$	0,205
$q_{HJ}^*=q_{JH}^*$	0,34
$q_{JB}^*=q_{BJ}^*$	0,27
$q_{AJ}^*=q_{JA}^*$	0,045
$q_{HB}^*=q_{BH}^*$	0,11
$P_{AH}=P_{HA}$	0,795
$P_{HJ}=P_{JH}$	0,66
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,73
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,955
$P_{HB}=P_{BH}$	0,89
$Q_A$	0,5
$Q_H$	1,4
$Q_J$	1,53
$Q_B$	0,76
$\Pi_A$	0,135
$\Pi_H$	0,448
$\Pi_J$	0



$\Pi_B$	0,3496
$CS_1$	0,106888
$CS_2$	0,137763
$SW_1$	0,689888
$SW_2$	0,487363

9.4.7 Ιδιωτικοποίηση και των δύο αεροδρομίων της μιας χώρας, ενώ τα δύο αεροδρόμια της άλλης χώρας διατηρούνται δημόσια ( $I\Delta_H I\Delta_A - \Delta_J \Delta_B$ )

$$\frac{d\Pi_A}{dt_A} = 0$$

$$\frac{d\Pi_H}{dt_H} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_J} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_B} = 0$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

*Πίνακας 21: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης και των δύο αεροδρομίων της μιας χώρας, ενώ τα δύο αεροδρόμια της άλλης χώρας διατηρούνται δημόσια.*

$t_A$	0,26
$t_H$	0,3
$t_J$	0,07
$t_B$	0,23
$q_{AH}^* = q_{HA}^*$	0,22

$q_{HJ}^*=q_{JH}^*$	0,315
$q_{JB}^*=q_{BJ}^*$	0,35
$q_{AJ}^*=q_{JA}^*$	0,035
$q_{HB}^*=q_{BH}^*$	0,165
$P_{AH}=P_{HA}$	0,78
$P_{HJ}=P_{JH}$	0,685
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,65
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,965
$P_{HB}=P_{BH}$	0,835
$Q_A$	0,51
$Q_H$	1,47
$Q_J$	1,73
$Q_B$	1,03
$\Pi_A$	0,1326
$\Pi_H$	0,441
$\Pi_J$	0,1211
$\Pi_B$	0,2369
$CS_1$	0,112238
$CS_2$	0,186338
$SW_1$	0,685838
$SW_2$	0,544338

9.4.8 Ιδιωτικοποίηση μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας και μόνο του τοπικού αεροδρομίου της άλλης (IΔ<sub>H</sub>Δ<sub>A</sub>-Δ<sub>J</sub>IΔ<sub>B</sub>)

$$\frac{dSW_1}{dt_A} = 0$$

$$\frac{d\Pi_H}{dt_H} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_J} = 0$$

$$\frac{d\Pi_B}{dt_B} = 0$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

Πίνακας 22: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας και μόνο του τοπικού αεροδρομίου της άλλης

t <sub>A</sub>	0
t <sub>H</sub>	0,39
t <sub>J</sub>	0
t <sub>B</sub>	0,44
q <sub>AH</sub> *=q <sub>HA</sub> *	0,305
q <sub>HJ</sub> *=q <sub>JH</sub> *	0,305
q <sub>JB</sub> *=q <sub>BJ</sub> *	0,28
q <sub>AJ</sub> *=q <sub>JA</sub> *	0,11
q <sub>HB</sub> *=q <sub>BH</sub> *	0,085
P <sub>AH</sub> =P <sub>HA</sub>	0,695

$P_{HJ}=P_{JH}$	0,695
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,72
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,89
$P_{HB}=P_{BH}$	0,915
$Q_A$	0,83
$Q_H$	1,61
$Q_J$	1,56
$Q_B$	0,73
$\Pi_A$	0
$\Pi_H$	0,6279
$\Pi_J$	0
$\Pi_B$	0,3212
$CS_1$	0,1492
$CS_2$	0,134575
$SW_1$	0,7771
$SW_2$	0,455775

9.4.9 Ιδιωτικοποίηση μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας ( $\Pi_H \Delta_A - \Delta_J \Delta_B$ )

$$\frac{d\Pi_H}{dt_H} = 0$$

$$\frac{dSW_1}{dt_A} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_J} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_B} = 0$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

*Πίνακας 23: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του κομβικού αεροδρομίου της μιας χώρας*

$t_A$	0
$t_H$	0,36
$t_J$	0,08
$t_B$	0,2
$q_{AH}^*=q_{HA}^*$	0,32
$q_{HJ}^*=q_{JH}^*$	0,28
$q_{JB}^*=q_{BJ}^*$	0,36
$q_{AJ}^*=q_{JA}^*$	0,1
$q_{HB}^*=q_{BH}^*$	0,14
$P_{AH}=P_{HA}$	0,68
$P_{HJ}=P_{JH}$	0,72
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,64
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,9
$P_{HB}=P_{BH}$	0,86
$Q_A$	0,84
$Q_H$	1,68
$Q_J$	1,76
$Q_B$	1
$\Pi_A$	0
$\Pi_H$	0,6048
$\Pi_J$	0,1408

$\Pi_B$	0,2
$CS_1$	0,1564
$CS_2$	0,1836
$SW_1$	0,7612
$SW_2$	0,5244

#### 9.4.10 Ιδιωτικοποίηση μόνο του τοπικού αεροδρομίου της μίας χώρας ( $\Delta_H \Delta_A - \Delta_J \Delta_B$ )

$$\frac{dSW_1}{dt_1} = 0$$

$$\frac{d\Pi_A}{dt_A} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_2} = 0$$

$$\frac{dSW_2}{dt_2} = 0$$

Από την επίλυση του συστήματος προκύπτει ότι:

Πίνακας 24: Πίνακας υπολογισμών για την περίπτωση ιδιωτικοποίησης μόνο του τοπικού αεροδρομίου της μιας χώρας

$t_A$	0,44
$t_H$	0
$t_J$	0,24
$t_B$	0,08
$q_{AH}^* = q_{HA}^*$	0,28
$q_{HJ}^* = q_{JH}^*$	0,38

$q_{JB}^*=q_{BJ}^*$	0,34
$q_{AJ}^*=q_{JA}^*$	0,16
$q_{HB}^*=q_{BH}^*$	0,22
$P_{AH}=P_{HA}$	0,72
$P_{HJ}=P_{JH}$	0,62
$P_{JB}=P_{BJ}$	0,66
$P_{AJ}=P_{JA}$	0,84
$P_{HB}=P_{BH}$	0,78
$Q_A$	0,88
$Q_H$	2,08
$Q_J$	2,2
$Q_B$	1,12
$\Pi_A$	0,3872
$\Pi_H$	0
$\Pi_J$	0,528
$\Pi_B$	0,0896
$CS_1$	0,1876
$CS_2$	0,2248
$SW_1$	0,5748
$SW_2$	0,8424

### 9.4.11 Σχηματισμός Πίνακα Απολαβών

Πίνακας 25: Τελικός πίνακας απολαβών του μοντέλου του συστήματος κομβικών αεροδρομίων

	IΔ <sub>J</sub> IΔ <sub>B</sub>	IΔ <sub>J</sub> Δ <sub>B</sub>	Δ <sub>J</sub> IΔ <sub>B</sub>	Δ <sub>J</sub> Δ <sub>B</sub>
IΔ <sub>H</sub> IΔ <sub>A</sub>	0.5027, 0.5027	0.5070, 0.5526	0.6898, 0.4873	0.6858, 0.5443
IΔ <sub>H</sub> Δ <sub>A</sub>	0.5526, 0.5070	0.5350, 0.5350	0.7771, 0.4557	0.7612, 0.5244
Δ <sub>H</sub> IΔ <sub>A</sub>	0.4873, 0.6898	0.4557, 0.7771	0.739, 0.739	0.5748, 0.8424
Δ <sub>H</sub> Δ <sub>A</sub>	0.5443, 0.6858	0.7612, 0.5244	0.8424, 0.5748	0.6982, 0.6982

### 9.5 Επίλυση του παιγνίου με το λογισμικό Gambit

	IΔ <sub>J</sub> -IΔ <sub>B</sub>		IΔ <sub>J</sub> -Δ <sub>B</sub>		Δ <sub>J</sub> -IΔ <sub>B</sub>		Δ <sub>J</sub> -Δ <sub>B</sub>	
IΔ <sub>H</sub> -IΔ <sub>A</sub>	5027	5027	507	2763	3449	4873	3429	5443
IΔ <sub>H</sub> -Δ <sub>A</sub>	2763	507	107	107	7771	4557	1903	1311
Δ <sub>H</sub> -IΔ <sub>A</sub>	4873	3449	4557	7771	739	739	1437	1053
Δ <sub>H</sub> -Δ <sub>A</sub>	5443	3429	1311	1903	1053	1437	3491	3491

Εικόνα 16: Ο πίνακας απολαβών του μοντέλου στο λογισμικό Gambit

Profiles ▾ One equilibrium by simplicial subdivision in strategic game								
#	1: IΔ <sub>H</sub> -IΔ <sub>A</sub>	1: IΔ <sub>H</sub> -Δ <sub>A</sub>	1: Δ <sub>H</sub> -IΔ <sub>A</sub>	1: Δ <sub>H</sub> -Δ <sub>A</sub>	2: IΔ <sub>J</sub> -IΔ <sub>B</sub>	2: IΔ <sub>J</sub> -Δ <sub>B</sub>	2: Δ <sub>J</sub> -IΔ <sub>B</sub>	2: Δ <sub>J</sub> -Δ <sub>B</sub>
1	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000

Εικόνα 17: Η ισορροπία Nash που προέκυψε με τη βοήθεια του Gambit

**Η ισορροπία Nash βρίσκεται στην ιδιωτικοποίηση των κομβικών αεροδρομίων και στην διατήρηση δημόσιας ιδιοκτησίας στα τοπικά αεροδρόμια.**

Σημειώνεται ότι το πρόγραμμα Gambit είναι ένα λογισμικό επίλυσης πεπερασμένων μη συνεργατικών παιγνίων. Αποτελείται από ένα γραφικό περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει παίγνια κανονικής ή αναλυτικής μορφής και στην συνέχεια να υπολογίσει την ισορροπία Nash τους. Το πρόγραμμα πρωτοεμφανίστηκε σε γλώσσα προγραμματισμού BASIC στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Στη συνέχεια, το 1990 γράφτηκε σε γλώσσα C και το 1994 σε γλώσσα C++. Το 2011 και το 2011 το λογισμικό συμμετείχε στο πρόγραμμα Google Summer of Code Program της Google και γράφτηκε σε γλώσσα Python. (An overview of Gambit, 2014)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 10.1 Συμπέρασμα της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέλυσε ένα σύστημα δύο χωρών, η κάθε μια από τις οποίες διαθέτει ένα κομβικό και ένα τοπικό αεροδρόμιο. Οι κυβερνήσεις των δύο κρατών καλούνται να αποφασίσουν αν θα ιδιωτικοποιήσουν ή όχι τα αεροδρόμιά τους.

Δεδομένου ότι υπάρχει στρατηγική αλληλεπίδραση μεταξύ των χωρών, δηλαδή ότι η απόφαση της μιας κυβέρνησης επηρεάζεται από την απόφαση της άλλης, χρησιμοποιήθηκε η θεωρία παιγνίων και υπολογίστηκε η ισορροπία Nash. **Αυτό που προέκυψε είναι ότι ισορροπία Nash του συστήματος αποτελεί η ιδιωτικοποίηση των κομβικών αεροδρομίων των δύο χωρών και η διατήρηση δημόσιας ιδιοκτησίας στα τοπικά αεροδρόμια.**

Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση στην οποία ιδιωτικοποιούνται τα τοπικά αεροδρόμια και διατηρείται δημόσια ιδιοκτησία στα κομβικά αεροδρόμια. Όπως φαίνεται από τον πίνακα απολαβών, σε αυτή την περίπτωση η κοινωνική ωφέλεια των δύο κυβερνήσεων είναι μεγαλύτερη απ' ότι στο σημείο ισορροπίας Nash. Αυτό το φαινόμενο θυμίζει το παίγνιο του **Διλήμματος του Φυλακισμένου** όπου ίσχυε το ίδιο παράδοξο.

Η θεωρία παιγνίων δεν αναζητά το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα που μπορεί να προκύψει υπό ιδανικές συνθήκες, αλλά την καλύτερη δυνατή απάντηση στην επιλογή των άλλων παικτών. Έτσι βγαίνει το συμπέρασμα ότι η βέλτιστη στρατηγική που πρέπει να ακολουθηθεί από τις δύο κυβερνήσεις δεν είναι εκείνη που δίνει το μέγιστο κοινωνικό όφελος.

### 10.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Για την επέκταση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και την περαιτέρω διερεύνηση του αντικειμένου αναφέρονται προτάσεις. Αρχικά, προτείνεται να συμπεριληφθούν στο μοντέλο της εργασίας παραπάνω από μια αεροπορικές εταιρίες και να ληφθεί υπόψη ο μεταξύ τους ανταγωνισμός. Κατόπιν, θα ήταν ενδιαφέρον να ληφθεί υπόψη το κόστος της συμφόρησης των κομβικών αεροδρομίων. Επιπλέον, θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη τα πραγματικά λειτουργικά κόστη των αεροδρομίων και των αεροπορικών εταιριών. Τέλος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πραγματικά στοιχεία ζήτησης μεταξύ των αεροδρομίων έτσι ώστε να γίνει μια καλύτερη προσαρμογή αυτού του θεωρητικού μοντέλου στη πραγματικότητα.

## Βιβλιογραφία

(n.d.).

*Airport privatization: The Great Debate*. (2018). Ανάκτηση από [www.airport-technology.com](http://www.airport-technology.com): <https://www.airport-technology.com/features/airport-privatisation-great-debate/>

*An overview of Gambit*. (2014). Ανάκτηση από The Gambit Project Revision: <https://gambitproject.readthedocs.io/en/latest/intro.html>

Augustyniak, W. (2009). Impact of Privatization on Airport Performance: Analysis of Polish and British airports. Poznań University of Economics .

Basso, L. Z. (2007). An Interpretative Survey of Analytical Models of Airport Pricing. Nedtherland: Elsevier Publishers.

Bel G., F. X. (2010). Privatization, regulation and airport pricing : An empirical analysis for Europe. *Journal of Regulatory Economics*, σσ. 142-161.

Brueckner, J. K. (2005). Internalization of Airport Congestion: A Network Analysis. *International Journal of Industrial Organization* , σσ. 599–614.

Brueckner, V. D. (2007). *Using the Price System to Reduce Airport Congestion*. Ανάκτηση από <https://www.resourcesmag.org/common-resources/using-the-price-system-to-reduce-airport-congestion/>

Czerny Al., Z. A. (2015). Single-Till versus Dual-Till Regulation of Airports. Faculty of Economics and Business Administration, VU University Amsterdam.

EASA *Europa*. (n.d.). Ανάκτηση από Environmental Charges: <https://www.easa.europa.eu/eaer/topics/airports/environmental-charges>

Gerald Cook, J. G. (2008). *Airline Networks: A Comparison of Hub-and-Spoke and Point-to-Point Systems*. Embry-Riddle Aeronautical University.

*Global Airline Industry Program*. (2006). Ανάκτηση από [web.mit.edu](http://web.mit.edu): [web.mit.edu/airlines/analysis/analysis\\_airline\\_industry.html](http://web.mit.edu/airlines/analysis/analysis_airline_industry.html)

Graham. (2009). Fundamentals for airport privatization and concession policies. London: University of Westmonster.

Graham, A. (2009). *Managing Airports*.

- Jameson, K. (2014). *Game Theory and Its Applications*. St. Catherine University, Sophia.
- K. Iatrou, M. (2007). Airline choices for the future: From Alliances to Mergers.
- Lin, H. M. (2013). Airport privatization in congested hub-spoke networks. *Transportation Research Part B*, σσ. 51-67.
- Malavolti, E. (2016). Single till or dual till at airports: a two-sided market analysis. *Transportation Research Procedia*, σσ. 3696-3703.
- Mantin, B. (2011). Airport Complementarity: Private vs government ownership and welfare gravitation. *Transportation Research Part B*, σσ. 381-388.
- Matsushima, M. (2011). Airport Privatization and International Competition. *Japanese Economic Review, Vol.63, Issue 4*, σσ. 431-450.
- McDermott, J. (2017). *The Airline of the Bicycle Wheel: Point-to-Point Vs Hub-and-Spoke Flying*. Ανάκτηση από [www.aeronauticsonline.com](http://www.aeronauticsonline.com).
- Noruzoliaee, M. Z. (2015). Airport partial and full privatization in a multi-airport region: Focus on pricing and capacity. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, σσ. 45-60.
- Oum, Z. Z. (1996). A note on optimal airport pricing in a hub and spoke network system. *Transportation Research Part B*, σσ. 11-18.
- Pels, E. V. (2004). The economics of airport congestion pricing. *Journal of Urban Economics* 55 (2004) 257–277.
- R.Neufville, A. O. (2009). *Συστήματα Αεροδρομίων*. Παπασωτηρίου.
- Silva, H. V. (2012). Optimal Pricing of flights and passengers at congested airports and the efficiency of atomistic charges. *Journal of Public Economics*, σσ. 1-13.
- Teraji, M. (2014). Price competition of airports and its effect on the airline network. *Economics of Transportation*, σσ. 45-57.
- Yang H., Z. A. (2011). Price cap regulation of congested airports. *Journal of Regulatory Economics*, σσ. 293-312.
- Zhang A., B. L. (2008). On the relationship between airport pricing models. *Transportation Research Part B*, σσ. 725-735.

- Βαρουφάκης. (2007). *Θεωρία Παιγνίων: Η θεωρία που φιλοδοξεί να ενοποιήσει τις κοινωνικές επιστήμες*. GUTENBERG.
- Καλλιδώνης, Ι. (2015). «*Συνεργατική θεωρία παιγνίων και εφαρμογές*. Τμήμα Πληροφορικής- Πανεπιστήμιο Πειραιώς (ΠΑΠΕΙ).
- Καμπουρίδης, Π. (2017). *Εισαγωγή στη Θεωρία Παιγνίων και Εφαρμογές*. Τμήμα Οικονομικής Επιστήμης ,Πανεπιστήμιο Πειραιώς(ΠΑΠΕΙ).
- Παντελής, Φ. (2018). *Απελευθέρωση Αγοράς Αερομεταφορέων σε Ευρώπη και Αμερική*. Πανεπιστήμιο Πειραιώς (ΠΑΠΕΙ).
- Παντελίδης Θ., Ψ.-Κ. Π. (2016). Καθορισμός τελών αεροδρομίων σε καθεστώς πλήρους ή μερικής ιδιωτικοποίησης με της θεωρία παιγνίων.
- Παπαμιχαήλ, Α. (2015). *Θεωρία παιγνίων, παίγνια με τέλεια πληροφόρηση*. Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Πατρων.
- Τριανταφύλλου, Ι. (2013 ). *Θεωρία Παιγνίων και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς (ΠΑΠΕΙ).
- Φουσέκης, Π. (2015). *Θεωρία Παιγνίων*. Σχολή Οικονομικών και Πολιτικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ).
- Φράγκου, Λ. (2015). *Θεωρία παιγνίων και μοντέλα ολιγοπωλίων*. Μεσολόγγι: Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Σχολή Διοίκησης & Οικονομίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας,.