

Παιγνιο-θεωρητική Διερεύνηση της Προσφοράς και Ζήτησης στις Αγορές των Αερομεταφορών

Ιωάννα Παγώνη¹

Υποψήφια Διδάκτωρ

Βούλα Ψαράκη-Καλουπτσίδη¹

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

¹ Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, Ελλάδα

E-mail: ipagoni@central.ntua.gr, vpsaraki@civil.ntua.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα δομικό μοντέλο το οποίο ενσωματώνει ένα μοντέλο μεταφορικής ζήτησης και ένα μοντέλο συμπεριφοράς των αεροπορικών εταιρειών. Η ζήτηση μοντελοποιείται με τη χρήση ενός ιεραρχικού λογιστικού μοντέλου (Nested Logit Model). Η συμπεριφορά των εταιρειών μοντελοποιείται υπό την υπόθεση ότι οι εταιρείες δραστηριοποιούνται σε ένα oligopώλιο και διαμορφώνουν τις τιμές των εισιτηρίων με γνώμονα τη μεγιστοποίηση των κερδών τους. Ένα ταυτόχρονο παίγνιο των εταιρειών οδηγεί στην εύρεση της τιμής εισιτηρίων ως η ισορροπία κατά Nash. Λόγω ύπαρξης ενδογένειας, το δομικό μοντέλο εκτιμάται με τη χρήση της Γενικευμένης Μεθόδου των Ροπών χρησιμοποιώντας έγκυρες βοηθητικές μεταβλητές. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του μοντέλου αφορούν πτήσεις εσωτερικού που πραγματοποιήθηκαν στο πρώτο τρίμηνο του 2012 στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής.

Λέξεις κλειδιά: Μοντέλο ζήτησης, Ισορροπία Nash, Γενικευμένη Μέθοδος των Ροπών, Βοηθητικές Μεταβλητές.

Abstract

This paper presents a structural model which incorporates a travel demand model and an airline behavior model. Demand is modeled through a nested logit model. Airline behavior is modeled assuming that, within an oligopoly market, airlines set ticket prices so as to maximize their profits. A simultaneous airline game is constructed so as to obtain the Nash equilibrium ticket prices. The structural model suffers from endogeneity and thus is estimated by the Generalized Method of Moments using appropriate instrumental variables. Data on domestic flights within United States during the first quarter of 2012 were used to estimate the model.

Keywords: Demand model, Nash equilibrium, Generalized Method of Moments, Instrumental variables.

1 Εισαγωγή

Η ανάλυση της ζήτησης ενός μεταφορικού συστήματος αποτελεί βασικό γνώμονα για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη λειτουργία του, την ανάπτυξη του, την επένδυση νέων τεχνολογιών και την εφαρμογή πολιτικών σε αυτό. Οι τεχνικές ανάλυσης της μεταφορικής

ζήτησης ποικίλουν και περιλαμβάνουν την ανάλυση χρονοσειρών, τη χρήση οικονομετρικών προτύπων, τη χρήση αθροιστικών ή εξατομικευμένων προτύπων (Ortuzar & Willumsen, 2011).

Όσον αφορά τις αεροπορικές μεταφορές, η ανάλυση χρονοσειρών έχει συχνά χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της ζήτησης (Carsona et al., 2011; Kopsch, 2012). Οι τεχνικές ανάλυσης χρονοσειρών δεν παρέχουν πληροφορία για την αιτιοκρατική συσχέτιση και ποσοτικοποίηση της εξαρτημένης ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές και άρα δεν μπορεί να προβλέψει την εξέλιξη της εξαρτημένης μεταβλητής μετά από αλλαγή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οικονομετρικά μοντέλα τα οποία επιτρέπουν τον προσδιορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών, διευκρινίζουν τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η επίδραση και ποσοτικοποιούν, μέσω των ελαστικότητας, την επίδραση αυτή (Abed et al., 2001).

Ανάλογα με τη λεπτομέρεια των δεδομένων που χρησιμοποιούνται, τα οικονομετρικά μοντέλα κατηγοριοποιούνται σε αθροιστικά και εξατομικευμένα. Τα αθροιστικά μοντέλα αναλύουν τα χαρακτηριστικά στο σύνολο του πληθυσμού που εξετάζεται, ενώ τα εξατομικευμένα μοντέλα χρησιμοποιούν δεδομένα για τον κάθε μετακινούμενο. Πολλοί ερευνητές έχουν αναλύσει την αεροπορική ζήτηση χρησιμοποιώντας εξατομικευμένα μοντέλα. Ο De Luca (2012) χρησιμοποίησε μοντέλα διακριτής επιλογής ώστε να μελετήσει την επιλογή αεροδρομίου σε μια περιοχή πολλαπλών αεροδρομίων της Ιταλίας. Τα δεδομένα της ανάλυσης συλλέχθηκαν από ερωτηματολόγιο με τη μέθοδο των δεδηλωμένων προτιμήσεων των επιβατών. Η εργασία έδειξε ότι ο χρόνος ταξιδιού και η τιμή εισιτηρίου είναι τα μόνα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να επηρεάσουν σημαντικά το μερίδιο αγοράς των αεροδρομίων. Οι Rao et al. (2008) χρησιμοποίησαν δύο μοντέλα διακριτής επιλογής, ένα πολυωνμικό λογιστικό πρότυπο (multinomial logit model) και ένα ιεραρχικό λογιστικό μοντέλο (nested logit model), ώστε να αναλύσουν την αεροπορική ζήτηση στην Ινδία. Τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων έδειξαν πως η τιμή του εισιτηρίου και η συχνότητα των δρομολογίων παίζουν ουσιαστικό ρόλο στις αποφάσεις των επιβατών ως προς την επιλογή πτήσης.

Τα εξατομικευμένα πρότυπα χαρακτηρίζονται από κάποια μειονεκτήματα όπως είναι η δυσκολία εύρεσης αντιπροσωπευτικού δείγματος, το κόστος απόκτησης δεδομένων, καθώς και σε μερικές περιπτώσεις, η αδυναμία συλλογής εξατομικευμένων δεδομένων για κάθε επιβάτη (Garrow, 2010). Αντίθετα, η παροχή αθροιστικών δεδομένων αεροπορικής κίνησης από διάφορους οργανισμούς, όπως είναι το Υπουργείο Μεταφορών των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (U.S. DOT, 2015) δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές να αναπτύξουν αθροιστικά μοντέλα ζήτησης. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, τα αθροιστικά μοντέλα ζήτησης βασίζονται, σε μεγάλο βαθμό, σε πρότυπα γραμμικής παλινδρόμησης χωρίς να λαμβάνουν υπόψη την ανθρώπινη συμπεριφορά και άρα χωρίς να ενσωματώνουν μοντέλα διακριτής επιλογής στη μεθοδολογία τους (Bhadra & Kee, 2008; Mumbower et al., 2014; Sivrikaya & Tunç, 2013).

Δυο προσεγγίσεις έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία για την εκτίμηση μοντέλων διακριτής επιλογής με αθροιστικά δεδομένα (Chen & Yang, 2007). Η πρώτη προσέγγιση χρησιμοποιεί τη μέθοδο διεύρυνσης των δεδομένων (data augmentation) (Tanner & Wong, 1987) η οποία προσομοιώνει ακολουθιακά και επαναληπτικά τα αθροιστικά δεδομένα των καταναλωτών/επιβατών ώστε τα προσομοιωμένα δεδομένα να είναι συνεπή με τα παρατηρηθέντα (Chen & Yang, 2007). Στη δεύτερη προσέγγιση, οι παράμετροι των προτύπων εκτιμώνται μέσω της εξίσωσης των παρατηρηθέντων μεριδίων αγοράς με τα προβλεπόμενα εκ του προτύπου μερίδια. Αυτή η μεθοδολογία έχει αναπτυχθεί από τον Berry

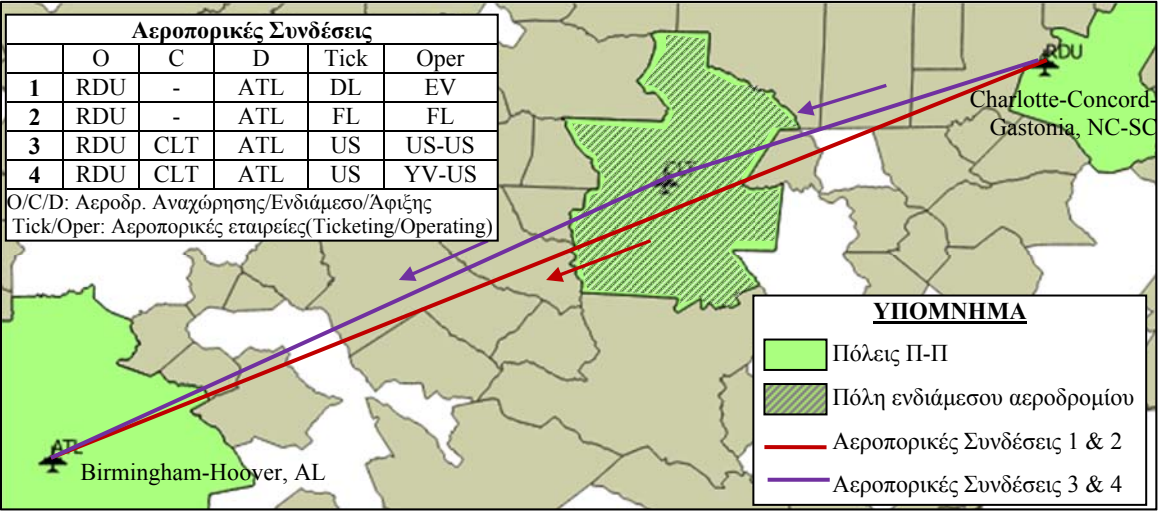
(1994) και έχει εφαρμοστεί σε διάφορες αγορές προϊόντων, όπως αυτοκινητοβιομηχανία, αεροπορικές μεταφορές, ραδιοφωνία, βιομηχανία αγροτικών προϊόντων κτλ.

Η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης είναι θεμελιώδης για το σχεδιασμό ενός μεταφορικού συστήματος. Συνεπώς, εκτός από τη συμπεριφορά των μετακινουμένων πρέπει να ληφθεί υπόψη και η συμπεριφορά των αεροπορικών εταιρειών στο δίκτυο. Η παρούσα εργασία αναλύει την αεροπορική ζήτηση και την συμπεριφορά των αεροπορικών εταιρειών ταυτόχρονα σε ένα μοντέλο. Αρχικά αναπτύσσεται αθροιστικό μοντέλο μεταφορικής ζήτησης όπου οι εναλλακτικές επιλογές των επιβατών περιλαμβάνουν την μετακίνηση μεταξύ δύο πόλεων Προέλευσης-Προορισμού (Π-Π) είτε αεροπορικά (αεροπορικές συνδέσεις) είτε με άλλα μέσα ενώ περιλαμβάνεται και η επιλογή να μην ταξιδέψουν. Οι αεροπορικές συνδέσεις διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς τα αεροδρόμια, τις αεροπορικές εταιρείες που τις εξυπηρετούν, τις τιμές και τα λοιπά χαρακτηριστικά τους. Τα μερίδια αγοράς εκτιμώνται με ένα ιεραρχικό λογιστικό μοντέλο διακριτής επιλογής (Nested Logit model). Στην συνέχεια μοντελοποιείται η συμπεριφορά των αεροπορικών εταιρειών στην αγορά που εξυπηρετούν. Υποθέτουμε ότι, υπό συνθήκες ολιγοπωλίου, οι εταιρείες συμπεριφέρονται με γνώμονα την μεγιστοποίηση των κερδών τους. Η ισορροπία του συστήματος υπολογίζεται με βάση το πρότυπο Bertrand ως η ισορροπία Nash. Το δομικό μοντέλο εκτιμάται με τη χρήση της Γενικευμένης Μεθόδου των Ροπών (Generalized Method of Moments-GMM).

2 Μεθοδολογία

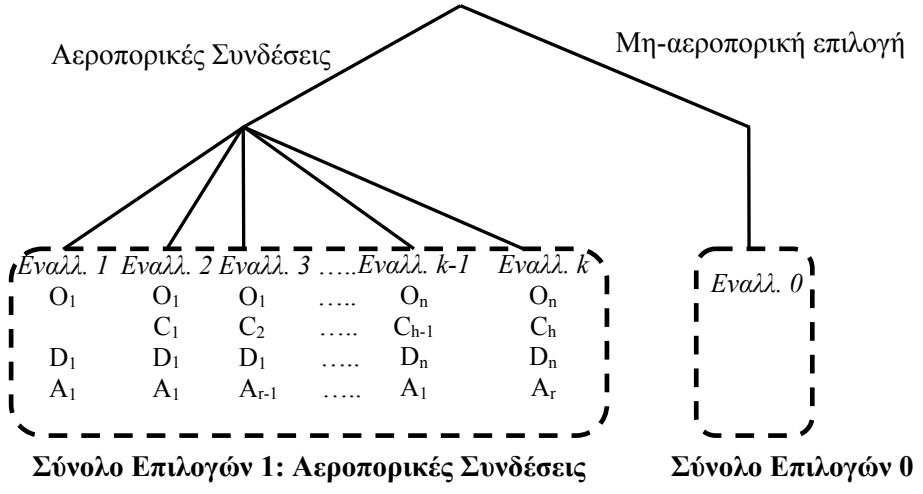
2.1 Μοντέλο ζήτησης

Στην εργασία αυτή η μεταφορική ζήτηση για κάθε εναλλακτική αναλύεται με μοντέλα διακριτών επιλογών εντός μιας «αγοράς». Ως «αγορά» προσδιορίζεται το ζεύγος πόλεων Προέλευσης-Προορισμού (Π-Π). Σε μία αγορά οι αεροπορικές εταιρείες προσφέρουν αεροπορικές συνδέσεις που διαφοροποιούνται ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Κάθε αεροπορική σύνδεση προσδιορίζεται ως ο μοναδικός συνδυασμός «Αεροδρόμιο Προέλευσης, Ενδιάμεσο αεροδρόμιο, Αεροδρόμιο Προορισμού, Αεροπορική εταιρεία (Σχήμα 1). Κάθε επιβάτης επιλέγει να εξυπηρετηθεί από τη σύνδεση που μεγιστοποιεί τη χρησιμότητα του. Για παράδειγμα στο ζεύγος Π-Π «Charlotte-Concord-Gastonia, NC-SC→Birmingham-Hoover, AL» (πόλεις Π-Π που φαίνονται με πράσινο στο Σχήμα 1), υπάρχουν τέσσερις αεροπορικές συνδέσεις. Αυτές εξυπηρετούν τις δύο πόλεις αλλά διαφοροποιούνται μεταξύ τους είτε ως προς το ενδιάμεσο αεροδρόμιο είτε ως προς τις αεροπορικές εταιρείες.



Σχήμα 1: Απεικόνιση εναλλακτικών αεροπορικών συνδέσεων

Για κάθε ζεύγος πόλεων, ο επιβάτης μπορεί να επιλέξει είτε να ταξιδέψει αεροπορικώς (αεροπορικές συνδέσεις 1 έως 4) είτε να μην ταξιδέψει καθόλου ή να ταξιδέψει με άλλο μεταφορικό μέσο. Αν ο επιβάτης επιλέξει άλλο μέσο ή επιλέξει να μην ταξιδέψει καθόλου τότε θεωρείται ότι έχει κάνει μη-αεροπορική επιλογή. Η δομή του συνόλου επιλογών του επιβάτη που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία φαίνεται στο Σχήμα 2. Οι αεροπορικές συνδέσεις ομαδοποιούνται σε ένα σύνολο (Σύνολο 1) ενώ η μη-αεροπορική επιλογή είναι η μοναδική του συνόλου 0.



Σημειώσεις: $O_{1,...,n}$: Αεροδρόμιο προέλευσης, $C_{1,...,h}$: Ενδιάμεσο Αεροδρόμιο
 $D_{1,...,n}$: Αεροδρόμιο προορισμού, $A_{1,...,r}$: Αεροπορική εταιρεία

Σχήμα 2: Δέντρο διαχωρισμού επιλογών ενός επιβάτη με βάση το μοντέλο Nested Logit

Η χρησιμότητα ενός επιβάτη i που επιλέγει την αεροπορική σύνδεση j στην αγορά m δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$U_{ijm} = x_{jm}\beta - \alpha p_{jm} + \zeta_{jm} + v_{im}(\sigma) + (1 - \sigma) \cdot \varepsilon_{ijm} \quad (1)$$

όπου p_{jm} είναι η σταθμισμένη μέση τιμή εισιτηρίου (ως προς τον αριθμό των επιβατών) και x_{jm} είναι τα λοιπά παρατηρούμενα χαρακτηριστικά της αεροπορικής σύνδεσης. Τα παρατηρούμενα χαρακτηριστικά κάθε αεροπορικής σύνδεσης μπορεί να σχετίζονται με την αεροπορική εταιρεία και τη διαδρομή πτήσης (απόσταση, συχνότητα πτήσεων, χωρητικότητα δρομολογίου, τιμή εισιτηρίου), με τα αεροδρόμια που εξυπηρετούνται (καθυστερήσεις, ύπαρξη συντονισμένων αεροδρομίων στο δρομολόγιο) και με δημογραφικά στοιχεία (εισόδημα). Οι παράμετροι β , α και σ είναι οι παράμετροι του μοντέλου που πρέπει να εκτιμηθούν.

Ο όρος ζ_{jm} περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της αεροπορικής σύνδεσης που δεν παρατηρούνται από τους ερευνητές (λόγω της φύσης των στοιχείων που υπεισέρχονται στα αθροιστικά μοντέλα) και άρα δεν μπορούν να περιληφθούν στο διάνυσμα x_{jm} . Τέτοια χαρακτηριστικά μπορεί να είναι ο χρόνος έκδοσης εισιτηρίου, η ποιότητα του φαγητού εν πτήση κτλ.

Το ε_{ijm} είναι ένα διάνυσμα ανεξάρτητων και ταυτόσημα κατανομημένων όρων σφάλματος (independent and identically distributed-iid). Ο όρος $v_{im}(\sigma)$ είναι ένας τυχαίος συντελεστής που είναι κοινός για όλες τις αεροπορικές συνδέσεις (αφού ανήκουν στο ίδιο σύνολο επιλογών). Η ύπαρξή του εισάγει συσχέτιση στις προτιμήσεις των χρηστών για τις αεροπορικές επιλογές. Η παράμετρος σ μετρά αυτό τον βαθμό συσχέτισης και παίρνει τιμές μεταξύ του 0 και του 1 (Berry, 1994; Berry & Jia, 2010).

Τα μερίδια αγοράς υπολογίζονται με τη χρήση ενός ιεραρχικού λογιστικού μοντέλου (Nested Logit model). Ακολουθώντας το λογαριθμικό μετασχηματισμό σύμφωνα με τον Berry (1994), προκύπτει η γραμμική παλινδρόμηση των μεριδίων αγοράς (σε λογαριθμική μορφή) πάνω στην τιμή εισιτηρίου και τα άλλα χαρακτηριστικά (Εξίσωση 2).

$$\ln MS_{jm} - \ln MS_0 = x_{jm}\beta - \alpha p_{jm} + \sigma \cdot \ln MS_{jm/g} + \zeta_{jm} \quad (2)$$

Ο όρος $\ln MS_{jm} - \ln MS_0$ αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή της εξίσωσης, όπου MS_{jm} είναι το μερίδιο αγοράς του j στην αγορά m (ποσοστό των επιβατών που επιλέγουν το j) και MS_0 είναι το ποσοστό των επιβατών που δεν ταξιδεύουν αεροπορικά (είτε επιλέγουν άλλο μεταφορικό μέσο είτε δεν ταξιδεύουν καθόλου). Με τη χρήση της Εξίσωσης 2 και των διαθέσιμων στοιχείων (μερίδιο αγοράς και τιμές των χαρακτηριστικών) μπορούν να εκτιμηθούν οι συντελεστές β , α και σ .

Το κυριότερο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει με τη χρήση αθροιστικών μοντέλων είναι η ύπαρξη ενδογένειας, που απορρέει από το γεγονός ότι μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου μπορεί να συσχετίζονται με το διαταρακτικό όρο. Αυτές οι ανεξάρτητες μεταβλητές λέγονται ενδογενείς και στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι η τιμή του εισιτηρίου p_{jm} και το μερίδιο αγοράς $MS_{jm/g}$. Αυτό συμβαίνει γιατί στον διαταρακτικό όρο ζ_{jm} της εξίσωσης 2 ενδέχεται να περιλαμβάνονται παράγοντες τους οποίους λαμβάνουν υπόψη οι εταιρείες όταν διαμορφώνουν τις τιμές των εισιτηρίων ή λαμβάνουν οι επιβάτες

όταν κάνουν τις διακριτές επιλογές τους (και άρα διαμορφώνουν τα μερίδια αγοράς) αλλά δεν παρατηρούνται από τους ερευνητές. Το πρόβλημα της ενδογένειας αντιμετωπίζεται με την εκτίμηση της εξίσωσης με τη μέθοδο των βοηθητικών μεταβλητών (Instrumental Variables method). Η εκτίμηση της (2) με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (Ordinary Least Squares-OLS) θα έδινε μη συνεπείς εκτιμήσεις. Ο Πίνακας 4 περιγράφει τις μεταβλητές x_{jm} που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο ζήτησης.

2.2 Μοντέλο προσφοράς

Σε κάθε αγορά (ζεύγος πόλεων προέλευσης-προορισμού), ο αριθμός των αεροπορικών εταιρειών είναι σχετικά μικρός. Υποθέτουμε ότι κάθε εταιρεία διαμορφώνει τις τιμές των εισιτηρίων της ταυτόχρονα με τις άλλες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην ίδια αγορά (ταυτόχρονο παίγνιο). Οπότε οι τιμές που διαμορφώνονται εξαρτώνται όχι μόνο από τις αποφάσεις της ίδιας εταιρείας αλλά και τις αποφάσεις των ανταγωνιστών της.

Υπό συνθήκες ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού, υποθέτουμε ότι οι τιμές των εισιτηρίων διαμορφώνονται με βάση το υπόδειγμα Bertrand. Σύμφωνα με αυτό, αν οι αεροπορικές συνδέσεις ήταν ομοιογενείς τότε η τιμή θα ήταν το μοναδικό κριτήριο επιλογής των επιβατών. Οπότε, οι εταιρείες θα διαμόρφωναν την ίδια τιμή εισιτηρίου, η οποία θα ήταν ίση με το οριακό κόστος της εξυπηρέτησης ενός ακόμα επιβάτη και άρα τα κέρδη τους θα ήταν μηδενικά.

Αντίθετα, στην παρούσα περίπτωση, όπου οι αεροπορικές συνδέσεις είναι διαφοροποιημένες, οι επιβάτες δεν ενδιαφέρονται μόνο για την τιμή αλλά και για τα άλλα χαρακτηριστικά τους, οπότε οι εταιρείες μπορούν να θέσουν τιμές εισιτηρίων πάνω από το οριακό κόστος (βλ. εξίσωση 4).

Τα κέρδη μιας εταιρείας f που προσφέρει την αεροπορική σύνδεση j ($j \in J_m$) εντός της αγοράς m προκύπτουν ως συνάρτηση των εσόδων και των κοστών και παρουσιάζονται στην εξίσωση 3.

$$\pi_f = \sum_m \sum_{j \in J_{jm}} \pi_{jm} = \sum_m \sum_{j \in J_{jm}} \underbrace{p_{jm} \cdot M_m \cdot MS_{jm}}_{\text{έσοδα}} - \underbrace{mc_{jm} \cdot M_m \cdot MS_{jm}}_{\text{κόστη}} \Rightarrow$$

$$\pi_f = \sum_m \sum_{j \in J_{jm}} (p_{jm} - mc_{jm}) \cdot M_m \cdot MS_{jm} \quad (3)$$

όπου για κάθε σύνδεση j στην αγορά m , p_{jm} είναι η μέση τιμή του εισιτηρίου, mc_{jm} είναι το οριακό κόστος, MS_{jm} είναι το μερίδιο αγοράς του όπως προσδιορίστηκε στο μοντέλο της ζήτησης. Ο όρος M_m είναι το μέγεθος της αγοράς ώστε το γινόμενο $M_m \cdot MS_{jm}$ να υποδηλώνει τον αριθμό των επιβατών που επιλέγουν τη j στην αγορά m .

Για να βρούμε την ισορροπία Nash στο υπόδειγμα Bertrand χρησιμοποιούμε τη συνθήκη πρώτης τάξης στην εξίσωση 3 ως προς την τιμή του εισιτηρίου. Για κάθε σύνδεση j , η εταιρεία f επιλέγει την τιμή p_{jm} ώστε να μεγιστοποιήσει το κέρδος της π_f . Όπως φαίνεται στην εξίσωση 4 οι αεροπορικές εταιρείες επιλέγουν τιμή εισιτηρίου μεγαλύτερη από το οριακό κόστος κατά ένα ποσό που προσδιορίζει το περιθώριο κέρδους τους.

$$\frac{\partial \pi_f}{\partial p_{jm}} = 0, \quad \forall j \in J_f, \forall f \Rightarrow$$

$$MS_{jm} + p_{jm} \cdot \frac{\partial MS_{jm}}{\partial p_{jm}} - mc_{jm} \cdot \frac{\partial MS_{jm}}{\partial p_{jm}} = 0 \Rightarrow \quad (4)$$

$$p_{jm} = \underbrace{mc_{jm}}_{\text{οριακό κόστος}} + \underbrace{MS_{jm} \cdot \left(\frac{\partial MS_{jm}}{\partial p_{jm}} \right)^{-1}}_{\text{περιθώριο κέρδους}}$$

Η εκτίμηση του οριακού κόστους mc_{jm} μιας αεροπορικής εταιρείας για την εξυπηρέτηση ενός ακόμα επιβάτη γίνεται με τη χρήση γραμμικής παλινδρόμησης όπως φαίνεται στην εξίσωση 5.

$$mc_{jm} = w_{jm} \cdot \gamma + \omega_j \quad (5)$$

Οπότε με αντικατάσταση της (4) στην (5) προκύπτει η τελική εξίσωση παλινδρόμησης της τιμής του εισιτηρίου (Εξίσωση 6) που περιλαμβάνει τις μεταβλητές του κόστους και το περιθώριο κέρδους της εταιρείας.

$$p_{jm} = w_{jm} \cdot \gamma + MS_{jm} \cdot \left(\frac{\partial MS_{jm}}{\partial p_{jm}} \right)^{-1} + \omega_j \quad (6)$$

όπου w_{jm} είναι τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν το οριακό κόστος μιας αεροπορικής σύνδεσης και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, ο όρος $MS_{jm} \cdot \left(\frac{\partial MS_{jm}}{\partial p_{jm}} \right)^{-1}$ είναι το περιθώριο κέρδους ανά σύνδεση και ω_j είναι ο διαταρακτικός όρος της παλινδρόμησης και περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά κόστους των συνδέσεων που δεν παρατηρούνται από τους ερευνητές. Ο συντελεστής γ είναι προς εκτίμηση.

2.3 Εκτίμηση μοντέλου

Τελικά προκύπτει το σύστημα που αποτελείται από τις εξισώσεις 2 και 6. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρουσιάζεται πρόβλημα ενδογένειας αφού η τιμή του εισιτηρίου p_{jm} και το μερίδιο αγοράς $MS_{jm/g}$ ενδέχεται να συσχετίζεται με το διαταρακτικό όρο ξ_{jm} . Επίσης, η τιμή του εισιτηρίου και τα μερίδια αγοράς υπεισέρχονται και στις δύο εξισώσεις. Αυτό σημαίνει ότι οι εξισώσεις αυτές πρέπει να εκτιμηθούν ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των βοηθητικών μεταβλητών (ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της ενδογένειας). Στην παρούσα εργασία το σύστημα εκτιμάται με τη Γενικευμένη Μέθοδο των Ροπών σε δύο βήματα (Two-step Generalized method of moments-GMM) (Hansen, 1982). Έτσι με τη χρήση έγκυρων βοηθητικών μεταβλητών οι εκτιμητές του μοντέλου είναι αμερόληπτοι και συνεπείς.

2.4 Μεταβλητές του μοντέλου

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις μεταβλητές του μοντέλου υποδεικνύοντας με κουκίδα το μοντέλο, ζήτησης ή κόστους, όπου υπεισέρχεται κάθε μεταβλητή. Κάποιες από αυτές τις μεταβλητές έχουν ληφθεί υπόψη και σε άλλα αθροιστικά μοντέλα ζήτησης και προσφοράς

(Berry & Jia, 2010; Hsaio & Hansen, 2011; Lee, 2013; Shen, 2012; Zuidberg, 2014). Άλλες μεταβλητές, όπως η ύπαρξη εναλλακτικού αεροδρομίου σε συγκεκριμένη ακτίνα από το κεντροειδές της πόλης προέλευσης ή προορισμού (*close_airp*), η ψευδομεταβλητή των πέντε πιο ακριβών αεροδρομίων ως προς τα τέλη χρήσης (*dm_5cpe*) και η ύπαρξη δρομολογίων σε τρεις χρονικές περιόδους μέσα στην ημέρα (*dm_daytime*) δεν έχουν υπεισέλθει σε άλλο αθροιστικό μοντέλο. Οι μεταβλητές «*close_airp*» και «*dm_daytime*» πιστεύεται ότι επηρεάζουν τη ζήτηση μιας αεροπορικής σύνδεσης. Αν υπάρχει αεροδρόμιο στην πόλη αναχώρησης το οποίο μπορεί να εξυπηρετήσει την πτήση που επιθυμεί ο επιβάτης, τότε είναι πιθανό ο επιβάτης να επιλέξει να χρησιμοποιήσει το εναλλακτικό αεροδρόμιο αν αυτό είναι σε κοντινή απόσταση (60 ή 100 μιλίων) από το κεντροειδές της πόλης αναχώρησης. Μια τέτοια επιλογή θα άλλαζε τη ζήτηση των δύο «ανταγωνιστικών» συνδέσεων και άρα και τα αντίστοιχα μερίδια αγοράς. Όσον αφορά την μεταβλητή «*dm_daytime*», το γεγονός ότι μια αεροπορική σύνδεση εξυπηρετείται από δρομολόγια σε τρεις χρονικές περιόδους μέσα στην ημέρα, δηλαδή δίνεται η επιλογή στους επιβάτες να μετακινηθούν τις πρωινές, μεσημεριανές και απογευματινές ώρες επηρεάζει την ελκυστικότητα της και άρα και τη ζήτηση της. Τέλος, η μεταβλητή «*dm_5cpe*» εισάγεται στη συνάρτηση κόστους με δεδομένο ότι τα τέλη χρήσης ενός αεροδρομίου επηρεάζουν το κόστος μιας αεροπορικής εταιρείας και ενδεχομένως και το οριακό κόστος.

Πίνακας 1: Επεξήγηση παραμέτρων του μοντέλου

Μεταβλητή	Περιγραφή	Ζήτηση	Κόστος
fare	Μέση τιμή εισιτηρίου	•	
freq	Τριμηνιαία συχνότητα δρομολογίου	•	
mktmiles	Απόσταση πτήσης (σε χιλιάδες μίλια)	•	•
mktseats	Χωρητικότητα διαδρομής (σε εκατοντάδες επιβάτες)	•	
pos_dep_delay_hours	Καθυστέρηση αναχώρησης (σε ώρες)	•	
neg_arr_delay_hours	Νωρίτερη αναχώρηση (σε ώρες)	•	
pos_arr_delay_hours	Καθυστέρηση άφιξης (σε ώρες)	•	
hub_number	Αριθμός κομβικών αεροδρομίων στο δρομολόγιο	•	
income_geom	Κατά κεφαλήν εισόδημα (σε \$10000)	•	
<i>Ψευδομεταβλητές</i>			
slot_control	=1 αν το δρομολόγιο εξυπηρετείται από συντονισμένο αεροδρόμιο	•	
direct	=1 αν πρόκειται για απευθείας πτήση	•	•
B6	=1 αν η εταιρεία είναι η JetBlue	•	•
DL	=1 αν η εταιρεία είναι η Delta	•	•
WN	=1 αν η εταιρεία είναι η Southwest Airlines	•	•
UA	=1 αν η εταιρεία είναι η United	•	•
US	=1 αν η εταιρεία είναι η US Airways	•	•
OT	=1 διαφορετικά	•	•
hub_dummy	=1 αν το δρομολόγιο εξυπηρετείται από κομβικό αεροδρόμιο	•	•
dm_daytime	=1 αν η σύνδεση εξυπηρετείται από δρομολόγια σε τρεις χρονικές περιόδους μέσα στην ημέρα (δηλ. προσφέρονται πτήσεις το πρωί, το μεσημέρι και το απόγευμα)	•	

close_airp	= αν υπάρχει εναλλακτικό αεροδρόμιο σε ακτίνα 60 ή 100 μιλίων ¹ από το κεντροειδές της πόλης προέλευσης ή προορισμού (Π/Π)	•
dm_5cpe	=1 αν το δρομολόγιο εξυπηρετείται από αεροδρόμιο που ανήκει στα πέντε πιο ακριβά ως προς τα τέλη αεροδρομίου για το 2012 (αεροδρόμια JFK, IAD, EWR, MIA, PIT)	•
dm_acbody	=1 αν ο τύπος του αεροσκάφους είναι ευρείας ατράκτου	•
dm_engtype	=1 αν το αεροσκάφος έχει στροβιλοκινητήρα (turboPROP)	•

2.5 Ενδογένεια και βοηθητικές μεταβλητές

Για την επίλυση του προβλήματος της ενδογένειας των μεταβλητών p_{jm} και $MS_{jm/g}$ χρησιμοποιούνται βοηθητικές μεταβλητές. Οι βοηθητικές μεταβλητές είναι εξωγενείς μεταβλητές που δεν περιλαμβάνονται στο αρχικό μοντέλο και πρέπει να είναι έγκυρες, δηλαδή να έχουν τις εξής ιδιότητες: (i) να μην συσχετίζονται με το διαταρακτικό όρο του μοντέλου και (ii) να συσχετίζονται με τις ενδογενείς μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν.

Οι βοηθητικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία φαίνονται παρακάτω (Πίνακας 2). Στατιστικοί έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν για να επιβεβαιώσουν την εγκυρότητα των βοηθητικών μεταβλητών.

Πίνακας 2: Περιγραφή των βοηθητικών μεταβλητών του μοντέλου

Βοηθητική Μεταβλητή	Ζήτηση	Κόστος
Αριθμός εταιρειών στην αγορά	•	
Ψευδομεταβλητή, =1 αν το αεροδρόμιο προορισμού είναι κομβικό αεροδρόμιο για την αεροπορική εταιρεία	•	•
Αριθμός πόλεων που συνδέονται με απευθείας πτήσεις από το αεροδρόμιο προέλευσης με την συγκεκριμένη εταιρεία	•	
Ποσοστό απευθείας πτήσεων στο σύνολο των πτήσεων της αγοράς	•	•
Μέση απόσταση των συνδέσεων των ανταγωνιστικών εταιρειών της αγοράς	•	
Μέση απόσταση όλων των αεροπορικών συνδέσεων της αγοράς		•

3 Αποτελέσματα

3.1 Δεδομένα

Η δημιουργία του δείγματος για την εφαρμογή του μοντέλου βασίστηκε σε δεδομένα πτήσεων εσωτερικού που συλλέχθηκαν από το Υπουργείο Μεταφορών των Η.Π.Α. (U.S. DOT, 2015). Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν είναι: Airline Origin and

¹ Η ακτίνα των 100 μιλίων λαμβάνεται για δρομολόγια μεσαίων/μακρινών αποστάσεων (>750 μίλια), ενώ η ακτίνα των 60 μιλίων για δρομολόγια κοντινών αποστάσεων (<750 μίλια).

Destination Survey (DB1B), T-100 Domestic Segment for U.S. Carriers (T-100) και On-Time Performance (OTP). Η βάση δεδομένων DB1B χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των δρομολογίων και των μεριδίων αγοράς. Επίσης, περιλαμβάνει στοιχεία όπως είναι η τιμή εισιτηρίου, οι εταιρείες που εξυπηρετούν το δρομολόγιο κτλ. Τα στοιχεία αυτά δίνονται σε τριμηνιαία βάση και για αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για το 1^ο τρίμηνο του 2012. Οι βάσεις δεδομένων T-100 και OTP χρησιμοποιήθηκαν για να συμπληρωθεί το δείγμα με άλλα χαρακτηριστικά των συνδέσεων, όπως συχνότητα πτήσεων, καθυστερήσεις, τύποι αεροσκαφών. Το δείγμα που δημιουργήθηκε για την εργασία αποτελείται από 42680 αεροπορικές συνδέσεις και 3660 αγορές (πόλεις Π-Π).

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τα περιγραφικά στατιστικά των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο. Στο δείγμα του 1^{ου} τριμήνου του 2012, η μέση τιμή εισιτηρίου ήταν \$237, ενώ η μέση απόσταση που διανύθηκε αεροπορικά ήταν 1520 μίλια. Το 13% των συνδέσεων πραγματοποιούνταν με απευθείας πτήσεις, ενώ το 11% εξυπηρετούνταν από συντονισμένα αεροδρόμια. Το 75% των συνδέσεων εξυπηρετούνταν από τουλάχιστον ένα κομβικό αεροδρόμιο.

Πίνακας 3: Περιγραφικά στατιστικά των μεταβλητών

Μεταβλητή	Μέση τιμή	Τυπ. απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο
fare (σε \$100)	2,37	0,85	0,27	14,56
ln(freq)	5,10	0,86	2,48	7,60
Mktmiles (σε 1000 μίλια)	1,52	0,76	0,10	6,05
Mktseats (σε 100 θέσεις)	1,08	0,39	0,3	3,48
pos_dep_delay_hours	0,35	0,16	0,00	4,48
neg_arr_delay_hours	-0,21	0,06	-0,65	0,00
pos_arr_delay_hours	0,41	0,16	0	3,541
hub_number	0,88	0,61	0	3
income_geom (σε \$10000)	2,88	0,35	1,32	4,15
<i>Ψευδομεταβλητές</i>				
slot_control	0,11	0,32	0	2
direct	0,13	0,34	0	1
B6	0,01	0,12	0	1
DL	0,26	0,44	0	1
WN	0,19	0,39	0	1
UA	0,23	0,42	0	1
US	0,16	0,37	0	1
OT	0,06	0,24	0	1
hub_dummy	0,75	0,43	0	1
dm_daytime	0,61	0,49	0	1
close_airp	0,56	0,50	0	1
dm_5cpe	0,13	0,34	0	1
dm_acbody	0,02	0,14	0	1
dm_engtype	0,02	0,15	0	1

3.2 Εκτίμηση παραμέτρων του μοντέλου

Ο Πίνακας 4 περιλαμβάνει τις εκτιμήσεις των παραμέτρων του μοντέλου. Όπως είναι αναμενόμενο, η τιμή του εισιτηρίου έχει αρνητική επίδραση στη ζήτηση μιας αεροπορικής σύνδεσης ($\alpha = -0,771$). Η εκτιμηθείσα τιμή του σ σημαίνει ότι η συσχέτιση στις προτιμήσεις των επιβατών για τις αεροπορικές συνδέσεις είναι 0,35. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα προϊόντα εντός του ίδιου συνόλου (nest), όπως είναι στην περίπτωση μας οι αεροπορικές συνδέσεις, είναι τέλεια υποκατάστατα όταν το σ είναι ίσο με τη μονάδα. Η τιμή 0,35 υποδεικνύει ήπια δυνατότητα υποκατάστασης μεταξύ των αεροπορικών συνδέσεων. Ο συντελεστής της συχνότητας είναι 0,414 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η συχνότητα των πτήσεων αυξάνεται και η ζήτηση. Οι συντελεστές των καθυστερήσεων παίρνουν τις αναμενόμενες τιμές. Ένας επιβάτης δεν προτιμά να καθυστερεί η πτήση του είτε στο αεροδρόμιο αναχώρησης ($\beta_{pos_dep_delay_hours} = -0,215$) είτε στο αεροδρόμιο άφιξης ($\beta_{pos_arr_delay_hours} = -0,263$). Αντιθέτως η χρησιμότητα του αυξάνεται όταν φτάνει νωρίτερα στο αεροδρόμιο προορισμού ($\beta_{neg_arr_delay_hours} = 1,472$). Οι επιβάτες προτιμούν να ταξιδεύουν με απευθείας πτήσεις ($\beta_{direct} = 2,245$) και μέσω κομβικών αεροδρομίων ($\beta_{hub_dummy} = 0,064$) ενώ η χρησιμότητα τους μειώνεται όταν η σύνδεση εξυπηρετείται από συντονισμένα αεροδρόμια ($\beta_{slot_control} = -0,207$). Οι εκτιμηθείσες παράμετροι των εταιρειών δείχνουν τις προτιμήσεις των επιβατών σχετικά με την αεροπορική εταιρεία. Η παράμετρος του «close_airp» (-0,154) δηλώνει ότι η ύπαρξη εναλλακτικού αεροδρομίου μειώνει τη χρησιμότητα του επιβάτη για τη συγκεκριμένη σύνδεση αφού μπορεί να εξυπηρετηθεί και από άλλο δρομολόγιο μεταβάλλοντας έτσι τα μερίδια αγοράς. Τέλος, η ύπαρξη δρομολογίων σε τρεις χρονικές περιόδους (πρωί, μεσημέρι, απόγευμα) μέσα στην ημέρα έχει θετική επίδραση στη χρησιμότητα του επιβάτη ($\beta_{dm_daytime} = 0,116$).

Όσον αφορά το κόστος της εταιρείας, όσο αυξάνεται η διανυθείσα απόσταση ($\gamma_{mktmiles} = 0,409$) και το μέγεθος του αεροσκάφους ($\gamma_{dm_acbody} = 0,802$) αυξάνεται το κόστος εξυπηρέτησης ενός ακόμα επιβάτη. Ο συνδυασμός αυτών των δύο μεταβλητών αντικατοπτρίζει σε κάποιο βαθμό και το κόστος καυσίμων ενός αεροσκάφους, το οποίο αυξάνεται όσο αυξάνεται η απόσταση και το μέγεθος του αεροσκάφους. Η εκτιμηθείσα παράμετρος -0,044 για τη συχνότητα σημαίνει ότι όσο η εταιρεία προσθέτει αναχωρήσεις για την εξυπηρέτηση κάποιας διαδρομής, το κόστος εξυπηρέτησης ενός ακόμα επιβάτη μειώνεται. Το οριακό κόστος μιας εταιρείας αυξάνεται σε μικρό βαθμό όταν χρησιμοποιεί αεροσκάφη turboprop ($\gamma_{dm_engtype} = 0,035$) γεγονός που έχουν ισχυριστεί και άλλες εργασίες (Zuidberg, 2014). Η αρνητική παράμετρος της μεταβλητής «dm_5cpe» (-0,050) δεν μπορεί να στηρίξει την αρχική μας υπόθεση ότι όσο αυξάνονται τα τέλη αεροδρομίου αυξάνεται και το οριακό κόστος της εταιρείας. Τέλος, η παράμετρος της εταιρείας JetBlue ($\gamma_{B6} = -0,305$) σε σχέση με τις άλλες εταιρείες δείχνει ότι η εταιρεία έχει χαμηλότερο οριακό κόστος που μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι είναι εταιρεία χαμηλού κόστους.

Πίνακας 4: Εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου

<i>Μεταβλητές α και σ του μοντέλου</i>	
Μεταβλητές	Εκτίμηση
<i>a (fare)</i>	-0,771
<i>σ (lnMS_{jm/g})</i>	0,350



<i>Εξαρτημένη Μεταβλητή: $\ln MS_{jm} - \ln MS_0$</i>		<i>Εξαρτημένη Μεταβλητή: p_{jm} (fare)</i>	
Μεταβλητές ζήτησης		Μεταβλητές κόστους	
σταθερά	-10,610	σταθερά	2,719
ln(freq)	0,414	mktmiles	0,409
mktmiles	0,378	hub_dummy	0,201
mktseats	0,923	direct	0,186
pos_dep_delay_hours	-0,215	ln(freq)	-0,044
neg_arr_delay_hours	1,472	dm_5cpe	-0,050
pos_arr_delay_hours	-0,263	dm_acbody	0,802
hub_number	0,285	dm_engtype	0,035
income_geom	0,012	B6	-0,305
slot_control	-0,207	DL	0,087
direct	2,245	WN	0,050
hub_dummy	0,064	UA	0,026
dm_daytime	0,116	US	-0,033
close_airp	-0,154	OT	-0,531
B6	0,705		
DL	-0,072		
WN	0,509		
UA	-0,191		
US	-0,045		
OT	0,126		
Αριθμός παρατηρήσεων	42680		

4 Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία αφορά στην ταυτόχρονη ανάλυση της συμπεριφοράς των επιβατών και της συμπεριφοράς των αεροπορικών εταιρειών σε ένα δομικό μοντέλο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται αθροιστικά δεδομένα αεροπορικής κίνησης. Τα μερίδια αγοράς των αεροπορικών συνδέσεων εκτιμώνται με ένα ιεραρχικό λογιστικό μοντέλο διακριτής επιλογής (Nested Logit model). Όσον αφορά τη συμπεριφορά των αεροπορικών εταιρειών, η εργασία αυτή υποθέτει ότι, κάτω από συνθήκες ολιγοπωλίου, κάθε εταιρεία διαμορφώνει τις τιμές των εισιτηρίων της, με σκοπό τη μεγιστοποίηση των κερδών της. Έτσι οι τιμές των εισιτηρίων διαμορφώνονται μέσω ενός ταυτόχρονου παιγνίου και προκύπτουν ίσες με την τιμή ισορροπίας κατά Nash με βάση το υπόδειγμα Bertrand. Πέρα από τις μεταβλητές που έχουν αναλυθεί σε προηγούμενες εργασίες, η παρούσα εργασία επιπλέον εξετάζει την επίδραση δύο μεταβλητών στη ζήτηση (*close_airp* και *dm_daytime*) και άλλης μιας μεταβλητής στο οριακό κόστος της εταιρείας (*dm_5cpe*). Οι εκτιμητές των μεταβλητών λαμβάνουν τις αναμενόμενες τιμές τόσο στο μοντέλο ζήτησης όσο και στο μοντέλο κόστους των εταιρειών. Το μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων πολιτικών των εταιρειών, οι οποίες ενδέχεται να μεταβάλουν το οριακό κόστος τους και κατά συνέπεια την τιμή του εισιτηρίου και τη ζήτηση των συνδέσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η

προσαρμογή των στρατηγικών των αεροπορικών εταιρειών στις ρυθμίσεις για την προστασία του περιβάλλοντος. Το θέμα αυτό πραγματεύεται η εργασία Pagoni & Psaraki (2015).

5 Αναφορές-Βιβλιογραφία

- Abed, S.Y., Ba-Fail, A.O., & Jasimuddin, S.M. (2001). An econometric analysis of international air travel demand in Saudi Arabia. *Journal of Air Transport Management*, 7, 143-148.
- Berry, S. (1994). Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation. *The RAND Journal of Economics*, 25, (2), 242-262.
- Berry, S., & Jia, P. (2010). Tracing the Woes: An Empirical Analysis of the Airline Industry. *American Economic Journal: Microeconomics*, 2, 1-43.
- Bhadra, D. & Kee, J. (2008). Structure and dynamics of the core US air travel markets: A basic empirical analysis of domestic passenger demand. *Journal of Air Transport Management*, 14, 27-39.
- Carson, R.T., Cenesizoglu, T., & Parker, R. (2011). Forecasting (aggregate) demand for US commercial air travel. *International Journal of Forecasting*, 27, (3), 923-941.
- Chen, Y., & Yang, S. (2007). Estimating Disaggregate Models Using Aggregate Data Through Augmentation of Individual Choice. *Journal of Marketing Research*, XLIV, 613-621.
- de Luca, S. (2012). Modelling airport choice behaviour for direct flights, connecting flights and different travel plans. *Journal of Transport Geography*, 22, 148-163.
- Garrow, L.A. (2010). *Discrete Choice Modelling and Air Travel Demand: Theory and Applications*. Aldershot, United Kingdom: Ashgate Publishing.
- Hansen, L. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50, 1029-1054.
- Hsaio, C.-Y., & Hansen, M. (2011). A passenger demand model for air transportation in a hub-and-spoke network. *Transportation Research Part E*, 47 (6), 1112-1125.
- Kopsch, F. (2012). A demand model for domestic air travel in Sweden. *Journal of Air Transport Management*, 20, 46-48.
- Lee, J. (2013). *Endogenous Product Characteristics in Merger Simulation: A Study of the U.S. Airline Industry*. Texas A&M University.
- Mumbower, S., Garrow, L.A., & Higgins, M.J. (2014). Estimating flight-level price elasticities using online airline data: A first step toward integrating pricing, demand, and revenue optimization. *Transportation Research Part A*, 66, 196-212.
- Ortuzar, J.D. & Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport*. 4th edition. London : Wiley.
- Pagoni, I. & Psaraki V. (2015). *Behavioural changes in air travel due to the introduction of carbon emission fees*. 14th International Conference on Travel Behaviour Research, Windsor, U.K., July 19-23, 2015.
- Rao, K.R., Jain, A.M., & Sayal, V. (2008). *Discrete Choice Modelling for Intercity Air travel in India*. International Conference on Transport Systems Studies. University of Mumbai, Mumbai, January 2008.

Shen, C. (2012) *The effects of major U.S. domestic airline code sharing on costs, markups and consumer welfare*. Working Paper, Shanghai University of Finance and Economics.

Sivrikaya, O. & Tunç, E. (2013). Demand Forecasting for Domestic Air Transportation in Turkey. *The Open Transportation Journal*, 7, 20-26.

Tanner, M. A. & Wong, W.H. (1987). The Calculation of Posterior Distributions by Data Augmentation. *Journal of the American Statistical Association*, 82, (398), 528–540.

U.S. Department of Transportation (DOT) (2015). *Data Library: Aviation*. http://www.transtats.bts.gov/databases.asp?Mode_ID=1&Mode_Desc=Aviation&Subject_ID_2=0

Zuidberg, J. (2014). Identifying airline cost economies: An econometric analysis of the factors affecting aircraft operating costs. *Journal of Air Transport Management*, 40, 86–95.