



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μοντέλα Διάχυσης για την Ενσύρματη και Ασύρματη
ευρυζωνική πρόσβαση στο Διαδίκτυο σε χώρες του
Ο.Ο.Σ.Α.**

Δημήτρης Γ. Μαλτεζάκης-Βαθυπέτρου

Επιβλέπων: Δ. Βαρουτάς, Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ, 2015

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μοντέλα Διάχυσης για την Ενσύρματη και Ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στο
Διαδίκτυο σε χώρες του Ο.Ο.Σ.Α.

Δημήτρης Γ. Μαλτεζάκης-Βαθυπέτρου

A.M.: 1115200900106

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: **Δ. Βαρουτάς**, Επίκουρος Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζεται και παρουσιάζεται ο ρυθμός διείσδυσης (penetration rate) των ευρυζωνικών υπηρεσιών (broadband services), τόσο της ενσύρματης (wired) όσο και της ασύρματης (wireless), στις χώρες μέλη του ΟΟΣΑ. Αξιολογώντας μερικά από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα συνολικής διάχυσης (aggregate diffusion models), προκύπτει ότι τα μοντέλα σχηματισμού S παρέχουν καταλληλότερα αποτελέσματα στην εφαρμογή πραγματικών δεδομένων συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μία πιο αξιόπιστη πρόβλεψη, η οποία επίσης αναλύεται σε αυτή την εργασία.

Τα βασικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι δύο εκδοχές του μοντέλου Gompertz καθώς και η γραμμική εκδοχή του Λογιστικού μοντέλου. Βασιζόμενοι στα υπολογισμένα αποτελέσματα του κάθε μοντέλου για την κάθε χώρα, επιλέχθηκε το καταλληλότερο για την πρόβλεψη των δεδομένων στα επόμενα έτη.

Τα αποτελέσματα των εφαρμογών των μοντέλων μελετήθηκαν υπό το πρίσμα της ύπαρξης συμπλέγματος (cluster) μεταξύ των χωρών καθώς και για την σύγκριση των δύο υπηρεσιών μεταξύ τους.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Ρυθμός Διάχυσης Ευρυζωνικών Υπηρεσιών

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ευρυζωνικές υπηρεσίες, ρυθμός διείσδυσης, τηλεπικοινωνίες, μοντέλο Gompertz, Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο

ABSTRACT

This paper examines and presents the penetration rate of broadband services, both fixed(wired) and wireless, in OECD countries. Through the evaluation of some of the most widely used aggregate diffusion models, it is evident that the S-shaped models provide more appropriate results for fitting historical data and thus can be used for a more reliable forecasting, which is also studied (discussed/analyzed) in this paper. The models mainly used are the Gompertz model and the linear logistic one, providing results that are studied under the perspective of clustering and comparison between the two services.

SUBJECT AREA: Broadband Services Diffusion Rate

KEYWORDS: broadband services, diffusion rate, telecommunications, Gompertz model, linear logistic model

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ'όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή κύριο Δημήτρη Βαρουτά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την υποστήριξή του καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας. Επιπρόσθετα, θέλω να ευχαριστήσω το τμήμα στο σύνολο του για την ποιότητα γνώσεων και μάθησης που μου παρείχε, καθώς με βοήθησαν να εξελιχθώ ως επιστήμονας και ως άτομο.

Επίσης, ευχαριστώ ολόκληρη την οικογένεια μου, εξ αίματος και εξ αγχιστείας, για την υποστήριξή τους και κυρίως για την υπομονή τους όλα αυτά τα χρόνια καθώς και τους φίλους μου, από την παλιά αλλά και την καινούργια παρέα, για τον ιδιαίτερο τρόπο με τον οποίο μου έδιναν κίνητρο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	11
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Εισαγωγή στο θέμα	12
1.2 Προηγούμενη δουλειά	12
1.3 Δομή Εργασίας	12
2 ΎΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ	14
2.1 Θεωρία Διάχυσης Καινοτομίας.....	14
2.1.1 Εισαγωγή	14
2.1.2 Διαδικασία Διάχυσης Καινοτομίας	14
2.1.3 Κατηγορίες Αποδεκτών	15
2.2 Πρόβλεψη (Forecasting)	16
2.2.1 Εισαγωγή	16
2.2.2 Τεχνικές Πρόβλεψης	17
2.2.3 Ακρίβεια Πρόβλεψης (Forecasting Accuracy)	17
2.3 Μοντέλα Διάχυσης	18
2.3.1 Εισαγωγή	18
2.3.2 Κατηγορίες Μοντέλων Διάχυσης	19
2.3.3 Σιγμοειδής Καμπύλη (S-shaped Curve)	20
2.3.4 Θεμελιώδες Μοντέλο Διάχυσης (fundamental diffusion model)	21
2.3.4.1 Το εξωτερικής επιρροής μοντέλο διάχυσης (External – influence diffusion model)	23
2.3.4.2 Το εσωτερικής επιρροής μοντέλο διάχυσης (Internal – influence diffusion model)	24
2.3.4.3 Το μεικτής επιρροής μοντέλο διάχυσης (Mixed – influence diffusion model).....	25
2.4 Ανάπτυξη Μοντέλων Διάχυσης	26
2.4.1 Μοντέλο Διάχυσης Bass	26
2.4.2 Μοντέλο Gompertz	27
2.4.3 Λογιστικό Μοντέλο (Logistic Model)	27
2.4.4 Μοντέλο Fisher - Pry	29
2.4.5 Ευέλικτα μοντέλα διάχυσης	30
2.4.5.1 Το μοντέλο Floyd	32
2.4.5.2 Το μοντέλο Sharif-Karib	33
2.4.5.3 Το μοντέλο Jeuland.....	33

3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	34
3.1	Εισαγωγή.....	34
3.2	Συλλογή Δεδομένων (Data Set)	34
3.3	Εργαλεία	35
3.4	Σχεδιασμός Μεθοδολογίας	36
3.4.1	Φάση 1 – Προετοιμασία.....	36
3.4.2	Φάση 2 – Εφαρμογή Μοντέλων (Data Fitting).....	36
3.4.3	Φάση 3 – Πρόβλεψη	37
4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	38
4.1	Φάση 2 – Εφαρμογή Μοντέλων (Data Fitting).....	39
4.1.1	Ενσύρματα Πρόσβαση.....	39
4.1.2	Ασύρματα Πρόσβαση	40
4.2	Φάση 3 – Πρόβλεψη.....	41
4.2.1	Ενσύρματα Πρόσβαση.....	41
4.2.2	Ασύρματα Πρόσβαση	43
4.3	Γενικά Αποτελέσματα.....	44
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	47
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	49
	ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	50
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	51
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	53
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Η πορεία μιας νέας τεχνολογίας σε μια αγορά.....	15
Σχήμα 2: Η σιγμοειδής καμπύλη υιοθέτησης μιας τεχνολογίας ως προς το χρόνο	21
Σχήμα 3: Η καμπύλη του μοντέλου Fisher-Pry ως προς το χρόνο	30
Σχήμα 4: Η συμμετρία της καμπύλης του μοντέλου εσωτερικής επιρροής ως προς το χρόνο.....	32
Σχήμα 5: Ρυθμοί διάχυσης Ενσύρματης πρόσβασης στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. το Q2 του 2014 (πηγή Ο.Ο.Σ.Α.).....	35
Σχήμα 6: Ρυθμοί διάχυσης Ασύρματης πρόσβασης στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. το Q2 του 2014 (πηγή Ο.Ο.Σ.Α.).....	35
Σχήμα 7: Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Ουγγαρία – Ενσύρματη Πρόσβαση	39
Σχήμα 8: Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Πορτογαλία – Ενσύρματη Πρόσβαση.....	39
Σχήμα 9: Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Αυστραλία – Ενσύρματη Πρόσβαση	39
Σχήμα 10: Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Κορέα – Ασύρματη Πρόσβαση	40
Σχήμα 11: Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Τουρκία – Ασύρματη Πρόσβαση.....	40
Σχήμα 12: Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Γαλλία – Ασύρματη Πρόσβαση	40
Σχήμα 13: Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για το Βέλγιο – Ενσύρματη Πρόσβαση	42
Σχήμα 14: Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για τον Καναδά – Ενσύρματη Πρόσβαση.....	42
Σχήμα 15: Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για τη Σουηδία – Ενσύρματη Πρόσβαση.....	42
Σχήμα 16: : Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για την Ιταλία – Ενσύρματη Πρόσβαση.....	43

Σχήμα 17: : Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για την Ολλανδία – Ενσύρματη Πρόσβαση	43
Σχήμα 18: Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για τη Δανία – Ενσύρματη Πρόσβαση.....	43
Σχήμα 19: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μικρότερο του 0.5, Ενσύρματη Πρόσβαση, Gompertz II.....	44
Σχήμα 20: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μεγαλύτερο και ίσο του 0.5, Ενσύρματη Πρόσβαση, Gompertz II.....	45
Σχήμα 21: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μικρότερο του 0.8, Ασύρματη Πρόσβαση. Gompertz II.....	45
Σχήμα 22: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μεγαλύτερο και ίσο του 0.8, Ασύρματη Πρόσβαση, Gompertz II.....	46
Σχήμα 23: Χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με επίπεδο διείσδυσης της ασύρματης πρόσβασης, μεγαλύτερο του 100%.....	46
Σχήμα 24: Χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με επίπεδο διείσδυσης της ασύρματης πρόσβασης, μικρότερο του 50%	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Καταλληλότερο μοντέλο πρόβλεψης διάχυσης για τις ευρυζωνικές υπηρεσίες των χωρών μελών του Ο.Ο.Σ.Α. , με βάση το MAPE	41
Πίνακας 2: Παράμετροι S, a, b και MAPE για την Ασύρματη πρόσβαση και για τα 3 μοντέλα.....	51
Πίνακας 3: Παράμετροι S, a, b και MAPE για την Ασύρματη πρόσβαση και για τα 3 μοντέλα.....	52
Πίνακας 4: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz I, για την Ενσύρματη πρόσβαση	53
Πίνακας 5: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz II, για την Ενσύρματη πρόσβαση	54
Πίνακας 6: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο, για την Ενσύρματη πρόσβαση	55
Πίνακας 7: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz I, για την Ασύρματη πρόσβαση.....	56
Πίνακας 8: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz II, για την Ασύρματη πρόσβαση.....	57
Πίνακας 9: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο, για την Ασύρματη πρόσβαση.....	58

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των υποχρεώσεων για την λήψη του πτυχίου από το τμήμα Πληροφορική και Τηλεπικοινωνιών, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Αποτελεί μια προσπάθεια μοντελοποίησης την διάχυσης δύο τεχνολογιών ευρυζωνικής πρόσβασης στο Διαδίκτυο τόσο σε αναπτυγμένες όσο και σε υπό ανάπτυξη χώρες.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή στο θέμα

Η πρόσβαση στο Διαδίκτυο (Internet) έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές τα τελευταία χρόνια κυρίως, αλλά όχι αποκλειστικά, εξαιτίας των τεχνολογικών καινοτομιών και των επιρροών τους. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο, καθώς νέες τεχνολογίες όπως οι οπτικές ίνες και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 3G & 4G έχουν αυξήσει σημαντικά την ταχύτητα ανταλλαγής δεδομένων και έχουν μειώσει το κόστος.

Η μελέτη της διαδικασίας διάχυσης των ευρυζωνικών υπηρεσιών παίζει σημαντικό ρόλο στην γνώση και κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τον ρυθμό διείσδυσης νέων τεχνολογιών στις χώρες που ανήκουν στον Ο.Ο.Σ.Α. Η γνώση αυτή με την σειρά της, έχει καθοριστική σημασία για τον κατάλληλο στρατηγικό σχεδιασμό των επιχειρήσεων, για τις επενδύσεις μεγάλου μεγέθους καθώς και για κρατικές ρυθμίσεις και κανονισμούς. Επιπλέον, τα μοντέλα συνολικής διάχυσης δίνουν την δυνατότητα μαθηματικής πρόβλεψης δεδομένων, η οποία συνεισφέρει στην προετοιμασία οικονομικών μεγεθών καθώς και έρευνας και ανάπτυξης, με σκοπό την αποφυγή σοβαρών και κρίσιμων λαθών όπως η υπερ-χρηματοδότηση ενός έργου και η υπο-αξιοποίηση των ήδη αναθετημένων πόρων.

Παρατηρείται δηλαδή, μια έντονη συσχέτιση της οικονομίας, τόσο ενός κράτους όσο και μιας επιχείρησης, με τα μαθηματικά μοντέλα που θα αναλυθούν παρακάτω. Η συσχέτιση αυτή βοηθάει στην ποσοτικοποίηση προβλέψεων και δίνει πιο ξεκάθαρη εικόνα στους ενδιαφερόμενους.

1.2 Προηγούμενη δουλειά

Τα μοντέλα συνολικής διάχυσης έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως, σε διάφορους τομείς και για πολλούς σκοπούς. Στον τομέα του μάρκετινγκ, χρησιμοποιείται κυρίως το μοντέλο του Bass [14] σε πολλές έρευνες σχετικές με τη διάδοση διεθνών προϊόντων ανάμεσα σε χώρες, για να δειχθεί η επιρροή των χαρακτηριστικών της κάθε χώρας, του χρόνου εισαγωγής του προϊόντος και των ατόμων μεταξύ τους, όπως αναφέρεται και στο άρθρο [18]. Το μοντέλο του Gompertz [21] αρχικά εφαρμόστηκε για τον νόμο της ανθρώπινης θνησιμότητας ενώ το μοντέλο των Fisher και Pry [25] στοχεύει στην απεικόνιση της απλής αντικατάστασης τεχνολογικών γενεών. Τα μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί και σε προηγούμενες μελέτες από τους κ.κ. Μιχαλακέλη, Βαρουτά και Σφηκόπουλο, για να μετρηθεί ο ρυθμός διείσδυσης της κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα καθώς και για να εκτιμηθεί το χρονικό σημείο για την εισαγωγή νέων τεχνολογιών [1]. Επίσης, έχει γίνει προσπάθεια από τους ίδιους, να παρουσιαστεί ένα πιθανό πλαίσιο συνδυασμού δύο μοντέλων διάχυσης με σκοπό να ληφθούν υπόψην όσο το δυνατόν περισσότεροι παράγοντες στην αντικατάσταση γενεών τεχνολογίας [2].

1.3 Δομή Εργασίας

Τα επόμενα κεφάλαια ακολουθούν την παρακάτω δομή. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται μια επισκόπηση των εννοιών και της θεωρίας των μαθηματικών μοντέλων που σχετίζονται με την συνολική διάχυση νέων τεχνολογιών. Επίσης παρουσιάζονται τα σημαντικότερα από αυτά τα μοντέλα, μαζί με επεξηγήσεις και τις σημαντικότερες διαφορές μεταξύ τους. Το κεφάλαιο 3 περιλαμβάνει την πλήρη ανάλυση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή την διαδικασία επιλογής κατάλληλου μοντέλου για κάθε χώρα και την εφαρμογή του στα πραγματικά δεδομένα. Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας αυτής παρουσιάζονται και αξιολογούνται στο κεφάλαιο

4, με την βοήθεια πινάκων και σχημάτων, και στο κεφάλαιο 5 βρίσκεται το συμπέρασμα καθώς και υποδείξεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στο θέμα.

2 ΎΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ

2.1 Θεωρία Διάχυσης Καινοτομίας

2.1.1 Εισαγωγή

Η Θεωρία Διάχυσης Καινοτομίας (Innovation Diffusion Theory) είναι η θεωρία που έγινε ευρέως γνωστή από τον κοινωνιολόγο καθηγητή επικοινωνίας, Everett Rogers στο βιβλίο του «Diffusion of Innovations»(2003) [31]. Αποτελεί μια μεθοδολογική προσέγγιση που χρησιμοποιείται για να εξηγήσει το πώς, γιατί και με ποιό ρυθμό, εξαπλώνονται και υιοθετούνται οι τεχνολογικές καινοτομίες ή νέα προϊόντα και υπηρεσίες.

Ο Rogers [30][31] ορίζει την διάχυση (diffusion) ως: «...τη διαδικασία μέσω της οποίας μια καινοτομία μεταδίδεται μέσω κάποιων συγκεκριμένων καναλιών, στην διάρκεια του χρόνου, ανάμεσα στα μέλη ενός κοινωνικού συστήματος». Ο ορισμός αποτελείται από 4 βασικά στοιχεία τα οποία συμμετέχουν καθ'όλη τη διάρκεια της διάχυσης και αυτά είναι:

- Καινοτομία: μία ιδέα, πρακτική ή αντικείμενο που θεωρείται ως νέο από κάποιο χρήστη ή ομάδα χρηστών.
- Κανάλια επικοινωνίας: τα μέσα που χρησιμοποιούνται για να μεταφερθούν τα μηνύματα από την μία μονάδα στην άλλη.
- Χρόνος: αποτελείται από τους εξής τρεις παράγοντες:
 - i. Διαδικασία απόφασης υιοθέτησης καινοτομίας
 - ii. Σχετικός χρόνος υιοθέτησης καινοτομίας από συγκεκριμένο άτομα ή ομάδα
 - iii. Ρυθμός υιοθέτησης καινοτομίας
- Κοινωνικό σύστημα: ένα σύνολο από συσχετιζόμενες ομάδες χρηστών που συμμετέχουν από κοινού στην επίλυση ενός προβλήματος, με σκοπό την επίτευξη ενός κοινού στόχου.

2.1.2 Διαδικασία Διάχυσης Καινοτομίας

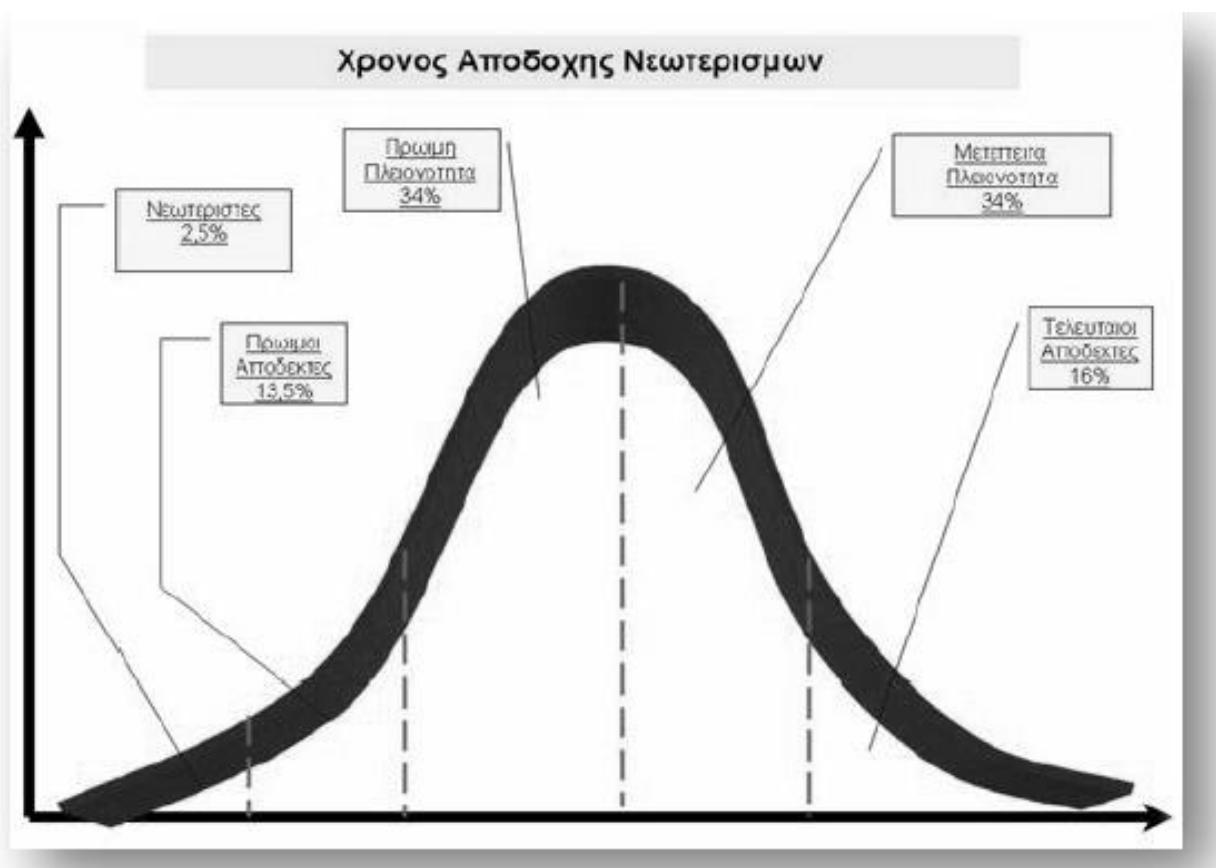
Η συνολική διάχυση και υιοθέτηση των καινοτομιών ακολουθεί συνήθως σχήματα διάχυσης που προσεγγίζονται από σιγμοειδή (S-shaped ή αλλιώς bell-shaped) καμπύλες (διαδικασία συμμετρικής ανάπτυξης). Οι καμπύλες αυτές συνήθως ξεκινούν από έναν μικρό αριθμό αγοραστών καινοτόμων, οι λεγόμενοι **innovators**, οι οποίοι είναι πρόθυμοι να δοκιμάσουν νέες ιδέες και προϊόντα και μπορούν να ρισκάρουν να αγοράσουν και να αντεπεξέλθουν οικονομικά. Αυτοί αποτελούν και τη λεγόμενη κρίσιμη μάζα (critical mass) των χρηστών, το μέγεθος της οποίας επηρεάζει και τη συνολική πορεία της διάχυσης.

Καθώς περνά ο χρόνος πολλές εξωτερικές επιδράσεις, όπως τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, ωθούν πολλούς ανθρώπους στην απόκτηση του προϊόντος, οι λεγόμενοι **imitators**. Σε αυτή τη φάση έχουμε γρήγορη ανάπτυξη της αγοράς, δηλαδή αύξηση των αγοραστών.

Τέλος, η αγορά «φτάνει στην ωριμότητα» όταν έχει προσεγγιστεί ο μέγιστος αριθμός εκείνων που έχουν υιοθετήσει το προϊόν ή την υπηρεσία, μέσα στον πληθυσμό που εξετάζεται. Σε αυτήν την ώριμη φάση (**saturation level**) η «καμπύλη» αγοράς αρχίζει να μειώνεται, δεν αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό όπως πριν και φτάνει ασυμπτωτικά σε ένα επίπεδο κορεσμού [4].

Το δείγμα το οποίο μελετάται συνήθως ονομάζεται πληθυσμός και αναφέρεται είτε σε μεμονωμένους χρήστες είτε σε επίπεδο ομάδων που ασπάζονται τον ίδιο τρόπο σκέψης και κουλτούρας. Η έννοια χρήστη αναφέρεται στις μονάδες του πληθυσμού που υιοθετούν την καινοτομία.

Η γενικά αποδεκτή πορεία μίας νέας τεχνολογίας σε μία αγορά σε σχέση με την κατανομή των εν δυνάμει χρηστών στο χρόνο ακολουθεί το παρακάτω σχήμα της S-καμπύλης ανάπτυξης [3] :



Σχήμα 1: Η πορεία μιας νέας τεχνολογίας σε μια αγορά

2.1.3 Κατηγορίες Αποδεκτών

Ο Rogers, στο ίδιο βιβλίο, προτείνει ένα σύνολο από πέντε κατηγορίες για την ταξινόμηση των αποδεκτών (adopters) [1][3][4][30][31]:

1. Νεωτεριστές (Innovators)

Αποτελούν το πρώτο 2,5% των χρηστών. Είναι η κρίσιμη μάζα και αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την μετέπειτα πορεία διείσδυσης της καινοτομίας. Συνήθως είναι άτομα που θέλουν να είναι οι πρώτοι που θα δοκιμάσουν κάτι, είναι πρόθυμοι να πάρουν ρίσκο, έχουν κοινωνικά υψηλή θέση και χρηματική άνεση.

2. Πρώιμοι Αποδέκτες (Early Adopters)

Το επόμενο 13,5% των χρηστών. Είναι σχετικά νέοι και συνήθως έρχονται σε επαφή με ανθρώπους που ήταν από τους πρώτους που αγόρασαν ένα νέο προϊόν και επηρεάζονται σημαντικά από αυτούς. Επίσης προσπαθούν να επιτύχουν την εξάπλωση της καινοτομίας στο περιβάλλον τους και για αυτό χαρακτηρίζονται Opinion Leaders.

3. Πρώιμη Πλειονότητα (Early Majority)

Το επόμενο 34%. Οι χρήστες που ανήκουν σε αυτή τη κατηγορία υιοθετούν την καινοτομία αμέσως πριν το μέσο καταναλωτή. Επηρεάζονται πάρα πολύ από την προηγούμενη κατηγορία των πρώιμων αποδεκτών. Συνήθως είναι μεγαλύτερη σε ηλικία, με μεγαλύτερο μορφωτικό επίπεδο, πιο προσεκτικοί στις αγορές τους και παίρνουν πληροφορίες από διαπροσωπικές σχέσεις και διαφήμιση.

4. Μεταγενέστερη Πλειονότητα (Late Majority)

Το αμέσως επόμενο 34%. Καθυστερούν να αγοράσουν μια καινοτομία διότι είναι διστακτικοί και δεν τους αρέσουν οι αλλαγές. Αποδέχονται την καινοτομία συνήθως λόγω οικονομικής ή κοινωνικής ανάγκης και επηρεάζονται από άτομα που γνωρίζουν καλά.

5. Τελευταίοι Αποδέκτες (Laggards)

Το τελευταίο 16%. Πολύ διστακτικοί για την καινοτομία και μερικές φορές αποκομμένοι από την κοινωνία ή έχουν χαμηλό εισόδημα. Αποφασίζουν να αγοράσουν την καινοτομία μετά το στάδιο της ωρίμανσης και για αυτό δεν ενδιαφέρουν ιδιαίτερα τους ειδικούς του μάρκετινγκ.

2.2 Πρόβλεψη (Forecasting)

2.2.1 Εισαγωγή

Η πρόβλεψη (forecasting), είναι η διαδικασία κατά την οποία γίνονται προβλέψεις για το μέλλον βασισμένες σε παλαιότερα και τωρινά δεδομένα και σε αναλύσεις. Είναι πολύ σημαντική διότι συμβάλει στην, όσο το δυνατόν, πιο έγκυρη εκτίμηση της διάχυσης ενός προϊόντος ή υπηρεσίας.

Βασικό σημείο της διαδικασίας αποτελεί η εγκυρότητα των δεδομένων, προκειμένου τα αποτελέσματα που θα εξάγει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην αλήθεια. Συνεπώς, με βάση τα δεδομένα και με χρήση κατάλληλων μοντέλων ζήτησης(που θα αναλυθούν παρακάτω) μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για την εξέλιξη της διάχυσης μιας καινοτομίας στα επόμενα χρόνια.

Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και το πλήθος των εξωτερικών παραγόντων που επηρεάζουν την πορεία ενός προϊόντος, όπως για παράδειγμα η εισαγωγή μιας καινούργιας γενιάς μιας τεχνολογίας όταν η προηγούμενη δεν έχει κάνει τον κύκλο της. Αναμενόμενο είναι η παλαιότερη τεχνολογία να μην έχει την ίδια ανοδική πορεία, συνεπώς, όσο περισσότερα στοιχεία υπάρχουν στην διάθεση των εκάστωτε αρμοδίων, τόσο καλύτερες εκτιμήσεις μπορούν να γίνουν.

Παρόλα αυτά, το ρίσκο και η αβεβαιότητα υπάρχουν σε τέτοιες προβλέψεις για αυτό και ορισμένες φορές αναγράφεται ο βαθμός της αβεβαιότητας σε ορισμένες τεχνικές και εφαρμογές της διαδικασίας.

2.2.2 Τεχνικές Πρόβλεψης

Για να πραγματοποιηθεί μια σχετική πρόβλεψη χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τεχνικές όπως παρουσιάζονται στο κείμενο του κ. Βαρουτά [4].

- **Ανάλυση Τάσης (Trend Analysis)**

Η συγκεκριμένη τεχνική πρόβλεψης χρησιμοποιεί μαθηματικές και στατιστικές τεχνικές για να επεκταθούν τα δεδομένα στο μέλλον.

-Δυνατά Σημεία (Strengths) : Η «Ανάλυση Τάσης» προσφέρει μια ουσιαστική, βασισμένη σε δεδομένα πρόβλεψη των ποσοτικά προσδιορίσιμων παραμέτρων και είναι ιδιαίτερα ακριβής για το σύντομο μέλλον.

-Αδύνατα Σημεία (Weaknesses): Η «Ανάλυση Τάσης» απαιτεί συχνά ένα σημαντικό ποσό καλών δεδομένων, προκειμένου να είναι αποτελεσματική. Επιπλέον, μια άλλη αδυναμία της συγκεκριμένης τεχνικής είναι ότι λειτουργεί μόνο για ποσοτικά προσδιορίσιμες παραμέτρους.

-Χρήσεις: Η «Ανάλυση Τάσης» χρησιμοποιείται για να προβάλει τις ποσοτικά προσδιορίσιμες παραμέτρους και για να αναλύσει την υιοθέτηση και την αντικατάσταση των τεχνολογιών.

- **Διαμόρφωση (Modeling)**

Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται απλά για να αντιπροσωπεύσει τη δομή και τη δυναμική κάποιου μέρους του «πραγματικού» κόσμου.

-Δυνατά Σημεία (Strengths): Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη τεχνική, μπορούν να προβάλλουν τη μελλοντική συμπεριφορά των σύνθετων συστημάτων, απλά με την απομόνωση των σημαντικών πτυχών των συστημάτων από τις ασήμαντες λεπτομέρειες.

-Αδύνατα Σημεία (Weaknesses): Οι περίπλοκες τεχνικές που χρησιμοποιούνται μπορούν να κρύψουν τις ελαττωματικές υποθέσεις και να παρέχουν μια πλαστή αξιοπιστία για τις «φτωχές» προβλέψεις.

2.2.3 Ακρίβεια Πρόβλεψης (Forecasting Accuracy)

Όπως προαναφέρθηκε, στην διαδικασία της πρόβλεψης υπάρχει έντονο το στοιχείο της αβεβαιότητας. Συνεπώς, υπάρχει ένα «σφάλμα», δηλαδή η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική τιμή και στην πρόβλεψη για μια δεδομένη περίοδο.

Το σφάλμα ορίζεται ως:

$$E_t = A_t - F_t \quad (1)$$

Όπου E_t το σφάλμα για την περίοδο t , A_t η πραγματική τιμή για την περίοδο t , F_t η πρόβλεψη για την περίοδο t .

Όμως, για να έχουμε μια πληρέστερη εικόνα του συνολικού σφάλματος σε βάθος χρόνου χρησιμοποιούμε ορισμένα από τα παρακάτω μεγέθη:

i. **Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (Mean Absolute Error – MAE)**

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^N |E_t|}{N} \quad (2)$$

όπου E_t το σφάλμα για την χρονική στιγμή t

ii. **Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (Mean Squared Error – MSE)**

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N E_t^2}{N} \quad (3)$$

iii. **Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error – MAPE)**

$$MAPE = 100 * \frac{\sum_{t=1}^N \left| \frac{E_t}{A_t} \right|}{N} \quad (4)$$

Όπου E_t το σφάλμα και A_t η πραγματική τιμή την χρονική στιγμή t .

Όσο μικρότερη είναι η τιμή των μεγεθών αυτών, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια των μεθόδων πρόβλεψης, συνεπώς χρησιμοποιούμε τα μεγέθη για να συγκρίνουμε και να επιλέξουμε την βέλτιστη μέθοδο για το πρόβλημα κάθε φορά.

Τέλος, να τονίσουμε ότι τα πιο διαδεδομένα μεγέθη, το Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (MAE) και το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (MSE) είναι στην ίδια κλίμακα με τα αρχικά δεδομένα και για αυτό το λόγο δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συγκρίνουμε μοντέλα διαφορετικών κλιμάκων. Το Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (MAPE) από την άλλη, ενώ δεν αντιμετωπίζει το παραπάνω πρόβλημα διότι χρησιμοποιεί ποσοστά, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η πραγματική τιμή A_t είναι σχεδόν ή ίσο με μηδέν, διότι τότε το κλάσμα δεν ορίζεται.

2.3 Μοντέλα Διάχυσης

2.3.1 Εισαγωγή

Η διάδοση νέων τεχνολογιών και προϊόντων απασχόλησε αρκετά την επιστημονική κοινότητα, ειδικά τις τελευταίες δεκαετίες, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια μεγάλη βιβλιογραφία γύρω από το αντικείμενο. Τα πρώτα μοντέλα που αναπτύχθηκαν ήταν κυρίως αιτιοκρατικά, δηλαδή δεν λάμβαναν υπόψη μη ελεγχόμενους παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την διάχυση σε μία αγορά. Όμως, τα τελευταία χρόνια η έρευνα έχει κατευθυνθεί προς τα στοχαστικά μοντέλα πρόβλεψης τα οποία εφαρμόζονται σε πραγματικά δεδομένα και των οποίων τα αποτελέσματα προσαρμογής και πρόβλεψης χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την διάδοση ενός προϊόντος ή τεχνολογίας αλλά και για την πρόβλεψη της ζήτησής τους στο μέλλον.

Η σημαντικότερη διαφορά των στοχαστικών μοντέλων είναι ότι θεωρούν ότι σε κάθε χρονική στιγμή ο αριθμός των καταναλωτών ενός προϊόντος (ή χρηστών μιας τεχνολογίας) δεν είναι γνωστός αλλά μεταβάλλεται δυναμικά. Εισάγεται λοιπόν, στον αντίστοιχο όρο των αιτιοκρατικών μοντέλων, μια τυχαία ποσότητα επιτρέποντας στο μοντέλο να λάβει υπόψη μη ελεγχόμενους παράγοντες η οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στη διάχυση.

2.3.2 Κατηγορίες Μοντέλων Διάχυσης

Οι μεγαλύτερες κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται τα μοντέλα διάχυσης είναι [4]:

- **Αποσυνθετικά Στοχαστικά Μοντέλα Διάδοσης (Choice-Based Models)**

Τα συγκεκριμένα μοντέλα επικεντρώνονται σε χαρακτηριστικά του καταναλωτή ή χρήστη μιας τεχνολογίας, που επηρεάζουν τη διάδοση αυτής. Ενδεικτικά αναφέρουμε την δομή των προτιμήσεων, τη στάση του καταναλωτή ή χρήστη απέναντι στο ρίσκο και τις αρχικές εκτιμήσεις των καταναλωτών για την αποδοτικότητα της καινοτομίας. Σύμφωνα με τους Eliashberg και Chatterjee [5], το βασικό πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι η δυνατότητα της να παράγει προβλέψεις για την πορεία του προϊόντος πριν αυτό εισαχθεί στην αγορά, με βάση τα αποτελέσματα ερευνών αγοράς για κάθε ομάδα δυνητικών χρηστών (ιδιώτες, επιχειρήσεις).

- **Συνθετικά Στοχαστικά Μοντέλα Διάδοσης (Aggregate Models)**

Η φιλοσοφία των συγκεκριμένων μοντέλων επικεντρώνεται στη διεξόδυση της τεχνολογίας (ή προϊόντος) στο σύνολο του πληθυσμού που μελετάται, συναρτήσει του χρόνου. Οι πιθανοί καταναλωτές χωρίζονται σε υποομάδες και στη συνέχεια διατυπώνονται πιθανοτικές εκφράσεις σχετικά με τη σύνθεση κάθε υποομάδας σε κάθε χρονική στιγμή [4][5].

- **Μοντέλα Παράλληλης Ζήτησης ανάμεσα στα έθνη (Multinational demand models)**

Όταν ένα προϊόν ή υπηρεσία εισάγεται στην αγοράς μερικών περιοχών, και όχι μόνο σε μία, και εμφανίζεται ζήτηση για αυτό σε περιοχές, χώρες ή ηπείρους που αλληλοεπηρεάζονται, τότε παρουσιάζεται το φαινόμενο της παράλληλης ζήτησης. Αν οι περιοχές αναφέρονται σε έθνη τότε λέμε ότι έχουμε «multinational» ή «crossnational» ζήτηση.

Όταν, λοιπόν, ένα προϊόν ή υπηρεσία διαχέεται παράλληλα στις αγορές δύο διαφορετικών περιοχών-χωρών τότε η διαδικασία διεξόδυσης διαφέρει σημαντικά και παρατηρείται μεγάλη επιρροή της μίας χώρας στην άλλη [4]. Οι δύο σημαντικότερες παράμετροι του συγκεκριμένου είδους διάδοσης είναι:

- Η επιρροή της «lead» χώρας-περιοχής (η πρώτη χώρα στην οποία εισήχθηκε το προϊόν) στην «lag» χώρα-περιοχή (η χώρα στην οποία εισήχθηκε χρονικά αργότερα το προϊόν)
- Η διαφορά των κοινωνικών, οικονομικών, δημογραφικών και μορφωτικών χαρακτηριστικών ανάμεσα στις χώρες-περιοχές

- **Μοντέλα Αντικατάστασης Γενεών (Generation Substitution Models)**

Γνωρίζουμε ότι γενικά, αλλά και ειδικά στον τομέα της τεχνολογίας, σχεδόν κάθε προϊόν ή υπηρεσία αντικαθίσταται από επόμενες γενιές. Έτσι, και στον τομέα των τηλεπικοινωνιών αλλά και της ευρυζωνικής σύνδεσης στο Internet, υπάρχουν μεταβάσεις, όπως π.χ. από το δίκτυο 3G στο 4G ή από την τεχνολογία ISDN στην ADSL.

Γενικά, η καινούρια γενιά συνήθως εμφανίζεται πριν να διαδοθεί πλήρως η προγενέστερη και το διάστημα μεταξύ δύο συνεχόμενων γενεών γίνεται όλο και πιο μικρό. Για αυτό το λόγο, και επειδή η εισαγωγή μιας νέας γενιάς ενός προϊόντος ή υπηρεσίας κοστίζει ένα σημαντικό ποσό χρημάτων, τόσο για έρευνα και ανάπτυξη αλλά και για λόγους μαρκετινγκ, είναι κρίσιμο για τις επιχειρήσεις

να υπάρχει σωστή εκτίμηση της διάχυσης αλλά και πρόβλεψη της πορείας και των δύο γενεών.

Για τη μελέτη του φαινομένου της αντικατάστασης μιας γενιάς ενός προϊόντος από την επόμενη, συνήθως χρησιμοποιούνται μεθοδολογίες βασισμένες κυρίως σε αθροιστικά μοντέλα, όπου μερικές φορές ο ρυθμός αντικατάστασης της παλιάς τεχνολογίας είναι ανάλογος του ρυθμού διείσδυσης της νέας. Επίσης υπάρχουν και μεθοδολογίες που συνδυάζουν τα μοντέλα διάχυσης και των δύο γενεών, σε ένα μόνο μοντέλο το οποίο απεικονίζει την επιρροή της μίας γενιάς στην άλλη, όπως αναφέρεται και στο άρθρο [2].

2.3.3 Σιγμοειδής Καμπύλη (S-shaped Curve)

Η σιγμοειδής καμπύλη χρησιμοποιείται κυρίως για να απεικονίσουμε την υιοθέτηση μιας τεχνολογίας ή ενός προϊόντος από τον αθροιστικό (συνολικό) αριθμό χρηστών, χρησιμοποιώντας τα διάφορα στοχαστικά μοντέλα. Χρησιμοποιείται λόγω της ιδιότητάς της να περιγράφει τη διαδικασία με ικανοποιητικό τρόπο, και να δείχνει τις φάσεις της, δηλαδή την ανάπτυξη, την κάμψη και τον κορεσμό.

Όπως αναφέραμε και νωρίτερα, στα πρώτα στάδια που εισάγεται η καινοτομία (καινούργια τεχνολογία ή προϊόν ή υπηρεσία) ο ρυθμός διείσδυσης είναι χαμηλός. Ακολουθεί το επόμενο στάδιο, όπου ο ρυθμός «εκτοξεύεται» μέχρις ότου φτάσουμε στην κορυφή της καμπύλης που αντιστοιχεί στο σημείο καμπής. Από εκεί και πέρα, στο τρίτο στάδιο, ο ρυθμός διείσδυσης είναι και πάλι πολύ μικρός μέχρι να φτάσουμε ασυμπτωτικά στο σημείο κορεσμού της αγοράς όπου ο αριθμός των χρηστών-καταναλωτών είναι ο μέγιστος για την περίοδο που εξετάζουμε.

Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει την σιγμοειδή καμπύλη είναι:

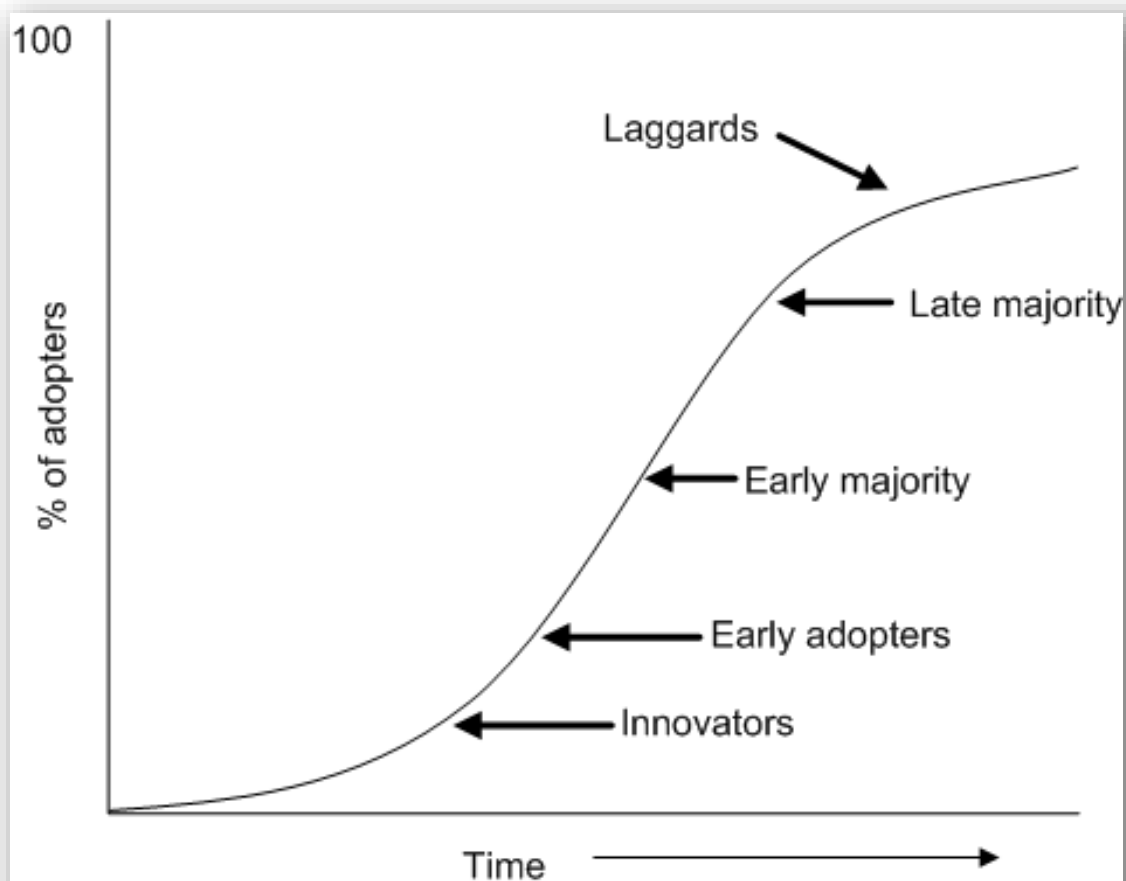
$$\frac{dY(t)}{dt} = \delta * Y(t) * [S - Y(t)] \quad (5)$$

Όπου:

- Το $Y(t)$ αντιστοιχεί στην συνολική διείσδυση μέχρι τη χρονική στιγμή t
- Το S αντιστοιχεί στο επίπεδο κορεσμού (saturation level) του εκάστοτε προϊόντος ή υπηρεσίας
- Το δ είναι σταθερά της αναλογίας (coefficient of diffusion)

Τέλος, η διείδυση ορίζεται ως το ποσοστό του υπό εξέταση πληθυσμού που χρησιμοποιεί το εκάστοτε προϊόν ή υπηρεσία που εξετάζεται.

Η καμπύλη είναι της μορφής:



Σχήμα 2: Η σιγμοειδής καμπύλη υιοθέτησης μιας τεχνολογίας ως προς το χρόνο

2.3.4 Θεμελιώδες Μοντέλο Διάχυσης (fundamental diffusion model)

Για να εφαρμόσουμε και να ερμηνεύσουμε τα αποτελέσματα οποιουδήποτε μοντέλου διάχυσης, πρέπει να κατανοήσουμε τις αρχές και την δομή των μαθηματικών εννοιών που απαιτούνται. Για να γίνει κάτι τέτοιο όμως, πρέπει να εξεταστούν οι δεδομένες υποθέσεις που δίνονται ξεκάθαρα αλλά και αυτές που υπονοούνται. Για αυτό το λόγο, καθιερώνεται το θεμελιώδες μοντέλο διάχυσης, εξάγεται η απαιτούμενη μαθηματική πληροφορία και στη συνέχεια εξετάζονται τόσο τα βασικά όσο και τα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του.

Το Θεμελιώδες Μοντέλο Διάχυσης εκφράζεται από την διαφορική εξίσωση [3][6][8]:

$$\frac{d N(t)}{dt} = g(t)[\bar{N} - N(t)] \quad (6)$$

με τη συνθήκη: $N(t = t_0) = N_0$

Όπου:

- $N(t)$: Ο αθροιστικός αριθμός των μελών που υιοθετούν τη χρονική στιγμή t και δίνεται από: $N(t) = \int_{t_0}^t n(t)dt$, και το $n(t)$ είναι ο μη-αθροιστικός αριθμός μελών

- $\bar{N}$: Συνολικός αριθμός δυνητικών μελών που υιοθετούν στο κοινωνικό σύστημα τη χρονική στιγμή t

- $\frac{dN(t)}{dt}$: ο ρυθμός της διάχυσης τη χρονική στιγμή t

- $g(t)$: συντελεστής διάχυσης (coefficient of diffusion)

- N_0 : ο αθροιστικός αριθμός των μελών που έχουν υιοθετήσει τη χρονική στιγμή t_0

Το μοντέλο αυτό εκφράζεται από μια ντετερμινιστική εξίσωση ρυθμού και δείχνει:

- i. Τη διάχυση μιας καινοτομίας σε κάθε χρονική στιγμή t
- ii. Ότι ο ρυθμός διάχυσης κάθε χρονική στιγμή t είναι μια εξίσωση (δηλαδή είναι αναλογικός) της διαφοράς ανάμεσα στο συνολικό αριθμό των πιθανών χρηστών-καταναλωτών που υπάρχουν εκείνη τη χρονική στιγμή και στον αριθμό των προϋπάρχοντων χρηστών-καταναλωτών εκείνη τη στιγμή $[\bar{N} - N(t)]$.

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι όσο ο αθροιστικός αριθμός των μελών που έχουν αφομοιώσει την καινοτομία προηγουμένως, $N(t)$, πλησιάζει το συνολικό αριθμό δυνητικών μελών σε όλο το κοινωνικό σύστημα, $\bar{N}$, ο ρυθμός της διάχυσης ελαττώνεται. Η σχέση μεταξύ του ρυθμού διάχυσης και του αριθμού δυνητικών μελών-αφομοιωτών που υπάρχουν τη χρονική στιγμή t , $[\bar{N} - N(t)]$, εξαρτάται από το συντελεστή διάχυσης, $g(t)$.

Δύο διαφορετικές προσεγγίσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για να δείξουν και να ερμηνεύσουν το $g(t)$. Η πρώτη, θεωρεί το $g(t)$ σαν συνάρτηση του χρόνου ενώ η δεύτερη ως συνάρτηση του αριθμού των προηγούμενων μελών που υιοθετούν, η οποία είναι και η πιο κοινή για αυτό την παίρνουμε ως βάση.

Επομένως, το $g(t)$ μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$g(t) = a + b[N(t)] + c[N(t)]^2 + \dots \quad (7)$$

Για λόγους ευκολίας και για να διατηρηθεί η αναλυτική και εύκολη ερμηνεία, μπορούμε να θεωρήσουμε το $g(t)$ με τρεις τρόπους ως εξής:

- i. $g(t) = a$
- ii. $g(t) = b[N(t)]$
- iii. $g(t) = a + b[N(t)]$

Όπου a και b είναι και συμπεριφέρονται σαν παράμετροι ή συντελεστές του μοντέλου.

Δημιουργούνται λοιπόν, τρεις βασικές κατηγορίες ως επεκτάσεις του Θεμελιώδους Μοντέλου Διάχυσης οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

2.3.4.1 Το εξωτερικής επιρροής μοντέλο διάχυσης (External – influence diffusion model)

Αν $g(t) = \alpha$ τότε το μοντέλο είναι:

$$\frac{dN(t)}{dt} = a [\bar{N} - N(t)] \quad (8)$$

Ο σταθερός όρος a ορίζεται ως ένας δείκτης ή καλύτερα ένας συντελεστής της εξωτερικής επιρροής που προέρχεται από το κοινωνικό σύστημα. Γενικά, το a αντιπροσωπεύει την επιρροή ενός “συμβάντος αλλαγής” στη διαδικασία διάχυσης και είναι μια οποιαδήποτε επιρροή που αλλάζει τον προγενέστερο ρυθμό αφομοίωσης της καινοτομίας στο κοινωνικό σύστημα. Επίσης συχνά ο συντελεστής a έχει χρησιμοποιηθεί για να δείξει την επίδραση της καινοτομίας (και γενικά της πληροφορίας για τη καινοτομία στη διαδικασία διάχυσης) ευρύτερα στο κοινωνικό σύστημα (όπως τα ΜΜΕ) καθώς επίσης έχει χρησιμοποιηθεί για να δείξει και την επιρροή κυβερνητικών αντιπροσωπειών, πωλητών και άλλων που επηρεάζουν τη διαδικασία διάχυσης. Εννοιολογικά ο συντελεστής a μπορεί να θεωρηθεί ως ο συντελεστής που δείχνει την επίδραση ενός άμεσου ή συγκεντρωμένου ή δομημένου καναλιού επικοινωνίας στη διαδικασία διάχυσης.

Μέσω της στοιχειώδους ολοκλήρωσης της εξίσωσης της βασικής σχέσης είναι δυνατό να παραχθεί η εξίσωση του $N(t)$ δηλαδή ο αθροιστικός αριθμός των αφομοιώσεων, η οποία είναι:

$$N(t) = N[1 - e^{-at}] \quad (9)$$

αλλιώς, όταν $N(t = t_0 = 0) = 0$:

$$\ln \frac{1}{1 - \frac{N(t)}{\bar{N}}} = at \quad (10)$$

Ένα μεγάλο μέρος της δημοτικότητας του μοντέλου εξωτερικής επιρροής οφείλεται στην εργασία του Coleman (1966) [9], ο οποίος το χρησιμοποίησε για να ερευνήσει τη διάχυση ενός νέου φαρμάκου από τους παθολόγους σε τέσσερις κοινότητες. Το μοντέλο οδηγεί σε μια τροποποιημένη εκθετική καμπύλη διάχυσης, δηλαδή ο εκθέτης είναι αρνητικός.

Οι διαδικασίες διάχυσης με μια τέτοια συναρτησιακή – λειτουργική μορφή υποτίθεται ότι υπάρχουν και οδηγούνται μόνο από τις πληροφορίες που αντλούν από μια πηγή επικοινωνίας η οποία είναι εξωτερική στο κοινωνικό σύστημα. Επομένως, η εφαρμογή αυτού του μοντέλου διάχυσης απαιτεί την υπόθεση ότι το ποσοστό διάχυσης τη χρονική στιγμή t εξαρτάται μόνο από τον πιθανό αυτό αριθμό των αφομοιώσεων στο κοινωνικό σύστημα τη χρονική στιγμή t και από την πληροφορία (δηλαδή σε αυτή τη περίπτωση τον συντελεστή a). Με άλλα λόγια, το μοντέλο δεν αποδίδει οποιαδήποτε διάχυση στην αλληλεπίδραση μεταξύ των προγενέστερων μελών που αφομοίωσαν και των πιθανών μελών προς υιοθέτηση σε χρόνο t .

Η εφαρμογή του μοντέλου εξωτερικής επιρροής είχε εμφανιστεί από τον Hamblin (1973) [10], ο οποίος το χρησιμοποίησε για να αναλύσει τα στοιχεία «καινοτομίας» που αντιπροσωπεύουν, αντίστοιχα, τον αριθμό απεργιών εργασίας και πολιτικών δολοφονιών σε 64 αναπτυσσόμενα έθνη κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 20 ετών. Επειδή αυτά τα έθνη ήταν ευρέως γεωγραφικά, και οι «καινοτομίες» ήταν χωρισμένες χρονικά, υπήρξαν λίγα στοιχεία της επικοινωνίας ή της συνωμοσίας μεταξύ των απεργών ή των δολοφόνων και, επομένως, καμία αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών

του κοινωνικού συστήματος δεν υποτέθηκε. Υποτέθηκε ότι τα μαζικά μέσα, δηλαδή εφημερίδες, ραδιόφωνο και περιοδικά ήταν τα μόνα κοινά κανάλια επικοινωνίας.

Γενικά, το μοντέλο εξωτερικής επιρροής είναι κατάλληλο όταν απομονώνονται τα μέλη ενός κοινωνικού συστήματος (δηλαδή δεν αλληλεπιδρούν), όπως ίσχυε για ορισμένους παθολόγους που μελετήθηκαν από τον Coleman [9], ή για τις καινοτομίες που δεν είναι σύνθετες και δεν αλληλεπιδρούν επικοινωνιακά, ή όταν οι επαρκείς πληροφορίες για την καινοτομία είναι μόνο διαθέσιμες από μια εξωτερική πηγή στο κοινωνικό σύστημα.

2.3.4.2 Το εσωτερικής επιρροής μοντέλο διάχυσης (Internal – influence diffusion model)

Αν $g(t) = b[N(t)]$ τότε το μοντέλο γράφεται:

$$\frac{dN(t)}{dt} = b[N(t)][\bar{N} - N(t)] \quad (11)$$

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι βασισμένο σε ένα παράδειγμα μεταδοτικής ασθένειας έτσι ώστε η διάχυση να εμφανίζεται μόνο μέσω των διαπροσωπικών επαφών. Το ποσοστό διάχυσης αντιμετωπίζεται απλώς ως συνάρτηση – λειτουργία της διαπροσωπικής επικοινωνίας ή της κοινωνικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των προγενέστερων μελών που αφομοίωσαν μελών που αφομοίωσαν και των πιθανών μελών που θα υιοθετήσουν στο κοινωνικό σύστημα.

Η διαπροσωπική επικοινωνία ή η κοινωνική αλληλεπίδραση εκφράζεται από το $[N(t)][\bar{N} - N(t)]$, το οποίο δείχνει τον αριθμό των προγενέστερων μελών που έχουν αφομοιώσει επί τον αριθμό των πιθανών μελών που θα αφομοιώσουν. Άρα η εξίσωση της βασική σχέσης μπορεί να θεωρηθεί ως η εξίσωση του μοντέλου και ολοκληρώνοντας έχουμε:

$$N(t) = \frac{\bar{N}}{1 + \frac{\bar{N} - N_0}{N_0} e^{-b\bar{N}(t - t_0)}} \quad (12)$$

ή αλλιώς:

$$\ln \frac{N(t)}{\bar{N} - N(t)} = \ln \frac{N_0}{\bar{N} - N_0} + b\bar{N}(t - t_0) \quad (13)$$

όπου $N(t = t_0) = N_0$

Ο σταθερός συντελεστής b ορίζεται ως ένας δείκτης της μίμησης ή της εσωτερικής επιρροής επειδή απεικονίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών που υιοθέτησαν πριν ($N(t)$) και των πιθανών μελών ($\bar{N} - N(t)$). Σε αντίθεση, λοιπόν, με το a , το b μπορεί να θεωρηθεί ως ο συντελεστής που αντιπροσωπεύει την επίδραση των έμμεσων, ή των αποκεντρωμένων, ή των μη δομημένων – άτυπων καναλιών της επικοινωνίας.

Μια από τις πιο εκτενείς έρευνες έκαναν οι Mansfield (1961) [11] και Griliches (1957) [12] που ερεύνησαν τη διάχυση διάφορων βιομηχανικών καινοτομιών όπως οι ατμομηχανές diesel. Ο Griliches μελέτησε τη διάχυση του υβριδικού σπόρου του καλαμποκιού σε 31 κράτη και σε 132 περιοχές συγκομιδής εκθέτοντας τις περιοχές μεταξύ των αγροτών. Μια άλλη συχνά αναφερόμενη εφαρμογή αυτού του μοντέλου

είναι η έρευνα του Gray (1973) [13] για τη διάχυση 12 καινοτομιών δημόσιας πολιτικής μεταξύ των 48 πολιτειών των Ηνωμένων Πολιτειών.

Τέλος, το συγκεκριμένο μοντέλο εσωτερικής επιρροής είναι το καταλληλότερο όταν:

- i. Μια καινοτομία είναι σύνθετη και κοινωνικά ορατή
- ii. Μη υιοθετώντας, τοποθετεί τα κοινωνικά μέλη συστημάτων σε «μειονεκτική θέση» (ανταγωνιστικό μειονέκτημα στην επιχείρηση)
- iii. Το κοινωνικό σύστημα είναι σχετικά μικρό και ομοιογενές
- iv. Υπάρχει μια ανάγκη για τις εμπειρικές πληροφορίες πριν από την υιοθέτηση

2.3.4.3 Το μεικτής επιρροής μοντέλο διάχυσης (Mixed – influence diffusion model)

Αν $g(t) = a + b [N(t)]$ τότε το μοντέλο γράφεται:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \{ a + b[N(t)] \} [\bar{N} - N(t)] \quad (14)$$

Το συγκεκριμένο μοντέλο εντάσσει μαζί τα δύο προηγούμενα μοντέλα, με την ενσωμάτωση των παραμέτρων που αντιπροσωπεύουν τις εξωτερικές αλλά και τις εσωτερικές επιρροές. Αυτή η μορφή είναι ευρύτατα χρησιμοποιούμενη γιατί η συγκεκριμένη γενικότερη έκδοση των τριών θεμελιωδών μοντέλων διάχυσης μπορεί να προσαρμόσει τις υποθέσεις των άλλων δύο αλλά και γιατί είναι σπάνιο να μπορέσουμε να έχουμε τις υποθέσεις είτε της εξωτερικής είτε της εσωτερικής επιρροής αποκλειστικά και μόνο κατά την έρευνα μιας διαδικασίας διάχυσης.

Επιλύοντας την παραπάνω διαφορική εξίσωση προκύπτει ότι η λύση για το $N(t)$, δηλαδή τον αθροιστικό αριθμό μελών που υιοθετούν, και είναι η εξής:

$$N(t) = \frac{\bar{N} - \left[\left[\frac{a(\bar{N} - N_0)}{a + b\bar{N}} \right] e^{-(a+b\bar{N})(t-t_0)} \right]}{1 + \left[\left[\frac{b(\bar{N} - N_0)}{a + b\bar{N}} \right] e^{-(a+b\bar{N})(t-t_0)} \right]} \quad (15)$$

Όπου $N(t = t_0) = N_0$

Η χάραξη της καμπύλης του $N(t)$ οδηγεί σε μια γενικευμένη λογιστική καμπύλη, η μορφή της οποίας καθορίζεται και από το a και από το b . Οι περισσότερες εφαρμογές του μοντέλου διάχυσης μεικτής επιρροής έγιναν για τη πρόβλεψη των μακροπρόθεσμων πωλήσεων των καταναλωτικών ανθεκτικών προϊόντων. Η αρχική εφαρμογή του μοντέλου διάχυσης μεικτής επιρροής σε αυτό το πλαίσιο ήταν από τον Bass(1969) [14], ο οποίος χρησιμοποίησε το μοντέλο για να προβλέψει επιτυχώς τις πωλήσεις προϊόντων όπως τα τηλεοπτικά πακέτα, τα πλυντήρια πιάτων και τα πλυντήρια ρούχων. Οι Mahajan και Muller (1979) [6] έχουν προτείνει μια αναθεώρηση και μια προοπτική της πρόβλεψης των πωλήσεων χρησιμοποιώντας τις εφαρμογές του μοντέλου μεικτής επιρροής.

Τέλος, το μοντέλο αυτό έχει τροποποιηθεί επίσης για να δείξει τη χρήση της έρευνας, του αντίκτυπου και της θέσης της καινοτομίας, έτσι ώστε να δύναται να γίνει μιμητισμός στην επίδραση ορισμένων εσωτερικών και εξωτερικών επιρροών στα σχέδια διάχυσης,

να προβλεφθεί η δυνατότητα αγοράς μιας νέας τεχνολογίας και να μελετηθεί η διάχυση των εκπαιδευτικών καινοτομιών.

2.4 Ανάπτυξη Μοντέλων Διάχυσης

2.4.1 Μοντέλο Διάχυσης Bass

Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο μαθηματικό μοντέλο διάχυσης μεικτής επιρροής για τον κλάδο του μαρκετινγκ είναι το μοντέλο του Bass. Δημοσιεύτηκε πρώτη φορά το 1969 στο περιοδικό «Management Science» στο άρθρο με τίτλο «A New Product Growth Model for Consumer Durables»[14] από τον Frank Bass, Αμερικάνο ακαδημαϊκό του τομέα του μαρκετινγκ και του μανατζμεντ. Το μοντέλο του Bass έχει τις περισσότερες αναφορές σε επιστημονικά περιοδικά και έρευνες του μαρκετινγκ από οποιαδήποτε άλλη έρευνα μέχρι τώρα και ένας από τους λόγους που χρησιμοποιείται τόσο είναι η ικανότητά του να προσαρμόζεται σε διάφορα δεδομένα και αγορές με έμφαση σε νέες τεχνολογίες [14][15][16].

Παρέχει επεξηγηματική θεωρία για τη διάδοση ενός προϊόντος περιλαμβάνοντας οικονομικούς, κοινωνικούς, διαπολιτισμικούς, πολιτικούς παράγοντες η οποία εξαρτάται από δύο παραμέτρους. Η πρώτη είναι τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και η επιρροή μέσω της επικοινωνίας μεταξύ των ατόμων (word of mouth). Η δεύτερη είναι η εγγενής τάση ενός καταναλωτή (δεδομένου ότι δεν έχει υιοθετήσει ακόμα) να αποκτήσει την καινούρια τεχνολογία ή προϊόν ή υπηρεσία, ανεξάρτητα από τον αριθμό των προηγούμενων μελών που την έχουν υιοθετήσει [3][4][18].

Σύμφωνα με το μοντέλο του Bass, οι πωλήσεις ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας σε μια περιοχή σε χρόνο t περιγράφονται από την ακόλουθη εξίσωση [4][19] :

$$S(t) = p * m + (q - p) * Y(t - 1) - q * \frac{[Y(t - 1)]^2}{m} \quad (16)$$

και ο γενικός τύπος του μοντέλου Bass είναι [4][14][15][16][17][19]:

$$S(t) = \frac{m * (p + q)^2}{p} * \frac{e^{-(p+q)t}}{\left(\frac{q}{p} * e^{-(p+q)t} + 1\right)^2} \quad (17)$$

Όπου:

- m (market potential) η δυναμική της αγοράς, δηλαδή ο μέγιστος αριθμός των ατόμων που πρόκειται να υιοθετήσουν το εν λόγω προϊόν ή υπηρεσία
- p συντελεστής της καινοτομίας, εξωτερική επιρροή (coefficient of innovation)[20]
- q συντελεστής της μίμησης, εσωτερική επιρροή (coefficient of imitation)[20]
- $S(t)$ αθροιστικές πωλήσεις μέχρι τη χρονική στιγμή t

2.4.2 Μοντέλο Gompertz

Ο άγγλος μαθηματικός Benjamin Gompertz εισήγαγε την ομώνυμη συνάρτηση που εκφράζει τη χρονική εξέλιξη της ανθρώπινης θνησιμότητας. Η καμπύλη που δίνει την κατανομή είναι ασύμμετρη σιγμοειδής με ιδιότητες που είναι χρήσιμες για την αναπαράσταση και πρόβλεψη του φαινομένου της διάδοσης. Το μοντέλο εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1975 για τη διάδοση νέων προϊόντων από τον Lakhani(1975) και αργότερα ως βάση για την αποδείξη διαφόρων υποθέσεων σχετικά με τη διάδοση καινοτομιών από τον Sahal (1977, 1981).

Υπάρχουν δύο μορφές του μοντέλου στη σύγχρονη βιβλιογραφία, με κοινό χαρακτηριστικό την διπλή εκθετική συμπεριφορά, τα Gompertz I και Gompertz II [21][22].

Το μοντέλο Gompertz I δίνεται από την εξίσωση:

$$Y(t) = S * e^{-e^{-a-b*t}} \quad (18)$$

ενώ το μοντέλο Gompertz II δίνεται από την εξίσωση:

$$Y(t) = S * e^{-a * e^{-b*t}} \quad (19)$$

Όπου:

- Η παράμετρος a σχετίζεται με τη χρονική στιγμή που η διάδοση προσεγγίζει το 37% του ανωτάτου επιπέδου
- Η παράμετρος b καθορίζει την ταχύτητα διάδοσης ή το πόσο γρήγορα προχωρά η διαδικασία υιοθέτησης
- $b > 0$
- S είναι το επίπεδο κορεσμού στην αγορά (saturation level)
- S, a, b είναι οι παράμετροι που υπολογίζονται
- $Y(t)$ είναι το επίπεδο της διάχυσης που υπολογίζεται τη χρονική στιγμή t

Το μοντέλο Gompertz περιγράφεται από συναρτήσεις που αυξάνονται μονότονα από το 0(μηδέν) μέχρι το S . Επίσης, το μοντέλο είναι ασύμμετρο με προκαθορισμένο σημείο κάμψης που παρατηρείται όταν $Y(t) = \frac{S}{e}$. Δηλαδή, το σημείο αυτό προσεγγίζεται όταν το Y φτάνει στο 37% του ανωτάτου επιπέδου.

Η συνάρτηση Gompertz II παίρνει τιμές ασυμπτωτικά από 0(μηδέν) μέχρι το S , όσο το εύρος τιμών του χρόνου t είναι από $-\infty$ ως $+\infty$. Οι παράμετροι a και b προσδιορίζουν την τοποθεσία και το σχήμα της γραφικής παράστασης αντίστοιχα. Ο μέγιστος ρυθμός αύξησης $k * \frac{b}{e}$ προσεγγίζεται όταν $Y(t) = \frac{k}{e}$ όταν και το $Y(t)$ προσεγγίζει την ανώτερη τιμή του.

2.4.3 Λογιστικό Μοντέλο (Logistic Model)

Το λογιστικό μοντέλο εισήχθηκε εμπειρικά από τον Pierre F. Verhulst το 1838 για να περιγράψει την αύξηση του μεγέθους ενός πληθυσμού [23][32]. Το 1920 επανήλθε στο προσκήνιο από τους Pearl και Reed [33] οι οποίοι το χρησιμοποίησαν για την

περιγραφή της πληθυσμιακής αύξησης εκτιμώντας ταυτόχρονα τις παραμέτρους του με τη χρήση μη γραμμικής παλινδρόμησης. Ο Mansfield (1961, 1968) [11] εισήγαγε την σιγμοειδή καμπύλη για την πρόβλεψη της διάδοσης καινοτομιών συνδέοντας στη συνέχεια το ρυθμό μεταβολής των αποδεκτών με οικονομικούς παράγοντες όπως η αποδοτικότητα του νέου προϊόντος, η δυνατότητα και η ταχύτητα επέκτασης της επιχείρησης κ.ά. στην προσπάθειά του να περιγράψει τη διάδοση μιας καινοτομίας σε ένα κλάδο επιχειρήσεων.

Επίσης αξιοσημείωτη η προσφορά του Blackman (1972) [34] στην αναλυτική παρουσίαση και καθιέρωση του μοντέλου λίγο μετά τη χρήση της λογιστικής καμπύλης από τους Fisher και Pry (1971) για την αντικατάσταση ενός προϊόντος από ένα άλλο. Λίγο αργότερα υπήρξε ένας μεγάλος αριθμός ερευνών που χρησιμοποίησαν το μοντέλο σαν μέσο περιγραφής μιας διάδοσης όπως οι Mar Molinero (1980), Stoneman (1983), Harvey (1984), Karsenas et al. (1992) κ.α.

Σύμφωνα με το μοντέλο, το εκτιμώμενο επίπεδο διάδοσης ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας δίνεται από την εξίσωση [19]:

$$Y(t) = \frac{S}{1 + e^{f(t)}} \quad (20)$$

Όπου:

- $Y(t)$ το εκτιμώμενο επίπεδο διάδοσης
- S το επίπεδο κορεσμού (saturation level)
- Η μαθηματική διατύπωση της συνάρτησης $f(t)$ είναι η εξής:

$$f(t) = -a - bt(m, k) \quad (21)$$

Όπου:

- Τα a και b διαμορφώνουν τη θέση και τη μορφή της καμπύλης αντίστοιχα
- Η $t(m, k)$ είναι μη γραμμική συνάρτηση χρόνου (εκτός από την περίπτωση του γραμμικού λογιστικού μοντέλου όπου $t(m, k) = t$) και δίνεται από μια από τις ακόλουθες μεθόδους:

i. **Linear:**

$$t(m, k) = t \quad (22)$$

ii. **Box – Cox:**

$$t(m, k) = \frac{[(1 + t)^m - 1]}{m}, k = 0 \quad (23)$$

και αν $m=1$ τότε συμπίπτει με το γραμμικό λογιστικό μοντέλο

iii. **Flog (Flexible Logistic):**

$$t(m, k) = \frac{\left\{ \left[(1 + kt)^{\frac{1}{k}} \right]^m - 1 \right\}}{m} \quad (24)$$

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ικανό να περιγράψει και το Box-Cox αλλά και το γραμμικό λογιστικό μοντέλο αν για τα m, k δίνονται

συγκεκριμένες τιμές. Έτσι, για $m=k=1$ το Flog παίρνει τη μορφή του γραμμικού λογιστικού μοντέλου ενώ για $k=1$ και $m>0$ συμπίπτει με το μοντέλο Box-Cox.

Οι παράμετροι των λογιστικών μοντέλων καθορίζουν τη θέση και το σχήμα των καμπυλών τους. Το γραμμικό λογιστικό μοντέλο περιγράφεται από συναρτήσεις που αυξάνονται μονότονα παίρνοντας τιμές από το 0(μηδέν) μέχρι και το S . Απεικονίζεται γραφικά από μια συμμετρική S-καμπύλη και παρουσιάζει ένα σημείο καμπής όταν $Y(t) = \frac{S}{2}$. Η λογιστική καμπύλη προσεγγίζει το μέγιστο αριθμό ανάπτυξης $\frac{S*b}{4}$ όταν $Y(t) = \frac{S}{2}$. Αυτό το σημείο είναι το μισό του επιπέδου κορεσμού του $Y(t)$ επομένως η καμπύλη του λογιστικού μοντέλου είναι κυκλικά συμμετρική γύρω από το σημείο καμπής [4][24]. Στο συμμετρικό γραμμικό λογιστικό μοντέλο, το σημείο καμπής είναι προκαθορισμένο, για αυτό το λόγο αναπτύχθηκε το μοντέλο Flog (Flexible Logistic Model) που παρουσιάστηκε παραπάνω, όπου το σημείο καμπής εξαρτάται από τα δεδομένα τα οποία καθορίζουν και το βαθμό της συμμετρίας.

2.4.4 Μοντέλο Fisher - Pry

Οι J.C.Fisher και R.H.Pry [25] παρουσίασαν το 1971 ένα μοντέλο απλής αντικατάστασης των τεχνολογικών αλλαγών ή αλλιώς υποκατάστασης γενεών τεχνολογιών. Η κοινή μέθοδος εκτίμησης της υιοθέτησης νέων τεχνολογιών είναι η ανάλυση της αντικατάστασης, μια τεχνική που αναφέρεται στο εκτόπισμα μιας ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας από μια νεότερη η οποία θεωρητικά παρέχει βελτιωμένες ικανότητες, επιδόσεις και χαρακτηριστικά, π.χ. από 2G σε 3G δίκτυο. Εξετάζονται μοτίβα αντικατάστασης τεχνολογιών τα οποία είναι σταθερά από την μια αντικατάσταση στην άλλη και χαρακτηρίζεται από σιγμοειδή καμπύλη όταν το μερίδιο της αγοράς της νέας τεχνολογίας παρουσιάζεται συναρτήσει του χρόνου.

Το μοντέλο Fisher-Pry βασίζεται σε τρεις παραδοχές [3][25]:

1. Πολλά τεχνολογικά επιτεύγματα μπορούν να θεωρηθούν ως ανταγωνιστικές αντικαταστάσεις μιας μεθόδου για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες μιας άλλης
2. Αν μια αντικατάσταση έχει προχωρήσει σε ένα μικρό ποσοστό, θα προχωρήσει στην ολοκλήρωση
3. Το κλασματικό ποσοστό της κλασματικής αντικατάστασης των νέων προς τα παλιά είναι ανάλογο με το υπόλοιπο ποσοστό του παλιού που βρίσκεται προς αντικατάσταση

Επίσης, είναι συμμετρικό περίπου στο 50% του σημείου διείσδυσης και ακολουθεί την εξής μαθηματική εξίσωση [25]:

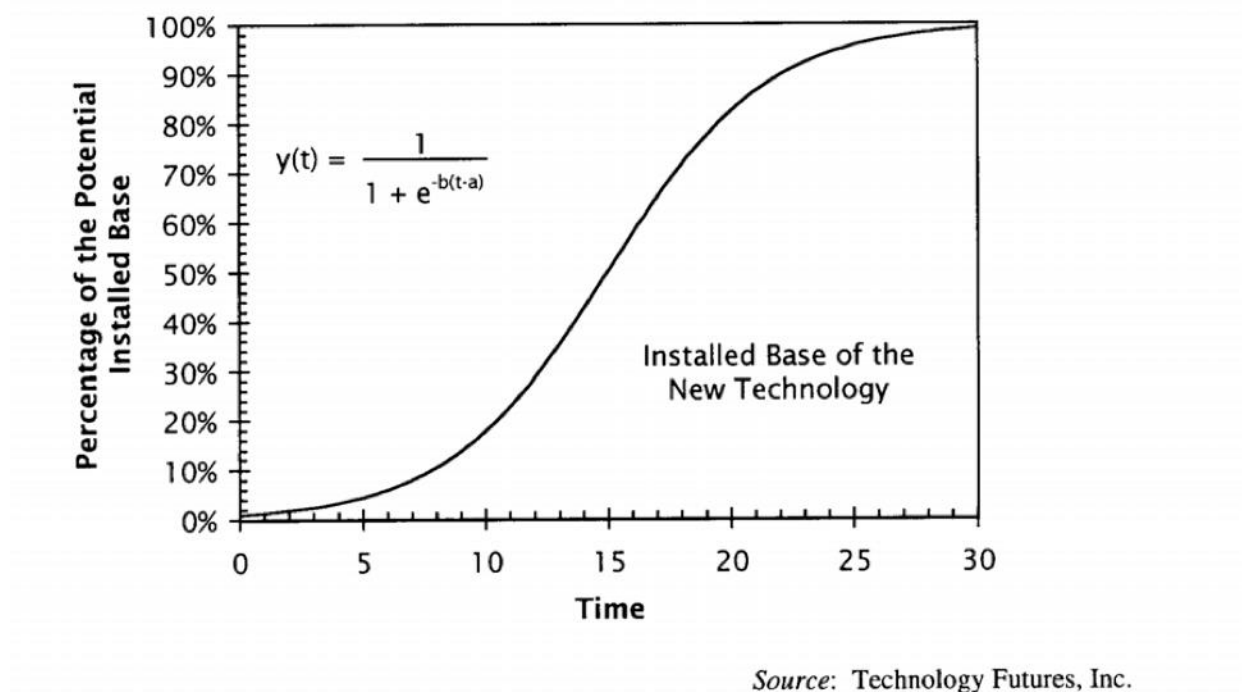
$$Y(t) = \frac{1}{(1 + e^{-b*(t-a)})} \quad (25)$$

Όπου:

- $Y(t)$ είναι τμήμα της πιθανής αγοράς που εξυπηρετείται από τη νέα τεχνολογία τη χρονική στιγμή t

- α είναι ο χρόνος μέσα στον οποίο η νέα τεχνολογία φθάνει στο 50% της συνολικής αγοράς
- b είναι το ποσοστό υιοθέτησης της νέας τεχνολογίας

Παρακάτω παρουσιάζεται η καμπύλη που ακολουθεί το μοντέλο Fisher-Pry στο χρόνο:



Σχήμα 3: Η καμπύλη του μοντέλου Fisher-Pry ως προς το χρόνο

Η υιοθέτηση μιας νέας τεχνολογίας ξεκινά αργά γιατί όταν η τεχνολογία παρουσιάζεται για πρώτη φορά είναι συνήθως ακριβή και άγνωστη. Από την άλλη μεριά, η παλιά τεχνολογία είναι γνωστή και ώριμη. Καθώς η νέα γενιά βελτιώνεται, βρίσκει όλο και περισσότερες εφαρμογές και γίνεται πιο γνωστή. Η παλιά γενιά λόγω των έμφυτων περιορισμών και της μείωσης του μεριδίου της αγοράς δεν μπορεί να συμβαδίσει με τη νέα γενιά. Το αποτέλεσμα είναι μια περίοδος γρήγορης υιοθέτησης της νέας τεχνολογίας που ξεκινάει γύρω στο 15% της διείσδυσης και αντιστοιχεί σε μία περίοδο γρήγορης εγκατάλειψης της παλιάς γενιάς. Προς το τέλος της αντικατάστασης, η υιοθέτηση της νέας τεχνολογίας επιβραδύνει ξανά έως ότου το μερίδιο αγοράς της παλιάς τεχνολογίας γίνει πολύ μικρό [2][3][4][25].

2.4.5 Ευέλικτα μοντέλα διάχυσης

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το θεμελιώδες μοντέλο διάχυσης στις διάφορες μορφές του, έχει εφαρμογή σε διάφορα είδη, όμως η ικανότητά του για πρόβλεψη αμφισβητείται όλο και περισσότερο. Υπάρχουν πολλές αναφορές στη βιβλιογραφία όπου το θεμελιώδες μοντέλο διάχυσης ορισμένες φορές λειτούργησε σωστά ενώ άλλες τα αποτελέσματα ήταν απογοητευτικά, συμπεραινόντας ότι η επιτυχία του εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η σωστή επιλογή πλαισίου κατάστασης, πληθυσμών κ.ά.

Επομένως, χρειάζεται να επανεξεταστεί το θεμελιώδες μοντέλο ως προς δύο ιδιότητές του: α) το σημείο καμπής (inflection point) και β) της συμμετρίας. Τα μοντέλα εσωτερικής και μεικτής επιρροής παρέχουν περιορισμένη ευελιξία ενώ το εξωτερικής επιρροής δεν έχει μόνο ένα σημείο καμπής οπότε δεν μπορεί να προσαρμόσει πολλά σχέδια διάχυσης. Γι'αυτό, διάφορα μοντέλα παρουσιάζονται με το σκεπτικό της μεγαλύτερης ευελιξίας, δηλαδή το μέγιστο ποσοστό διάχυσης να είναι σε θέση να εμφανιστεί οποιαδήποτε στιγμή και τα σχέδια διάχυσης να είναι είτε συμμετρικά είτε μη-συμμετρικά [3][6][8][26].

Υπενθυμίζουμε ότι αν το σχέδιο διάχυσης μετά το σημείο καμπής (έχει επιτευχθεί το μέγιστο ποσοστό διάχυσης) είναι ακριβώς το ίδιο με το σχέδιο διάχυσης πριν από το σημείο καμπής, τότε λέμε ότι η καμπύλη διάχυσης είναι συμμετρική. Έστω $F(t) = \frac{N(t)}{\bar{N}}$, το σύνολο των πιθανών μελών που υιοθετούν (adopters), που έχει υιοθετήσει την καινοτομία μέχρι τη χρονική στιγμή t . Τότε η εξίσωση (11):

$$\frac{dN(t)}{dt} = b [N(t)][\bar{N} - N(t)]$$

του (λογιστικού) μοντέλου εσωτερικής επιρροής, μπορεί να γραφτεί ως:

$$\frac{dF}{dt} = b * F(1 - F) \quad (26)$$

και επομένως η εξίσωση (13):

$$\ln \frac{N(t)}{\bar{N} - N(t)} = \ln \frac{N_0}{\bar{N} - N_0} + b\bar{N}(t - t_0)$$

γίνεται:

$$\ln \frac{F}{1-F} = c + b * t \quad (27)$$

Όπου c σταθερός όρος ίσος με:

$$c = \ln \frac{F_0}{1-F_0} - b * t_0, \text{ για } F_0 = F(t=t_0) \quad (28)$$

Για το μοντέλο εσωτερικής επιρροής μπορούμε να βρούμε το σημείο καμπής με τη διαφοροποίηση της εξίσωσης $\frac{dF}{dt} = b * F(1 - F)$ ως προς F , την εξίσωσή της με 0(μηδέν) και την επίλυση για F^* . Δηλαδή:

$$\frac{d}{dF} [(b * F(1 - F))] = 0 \quad (29)$$

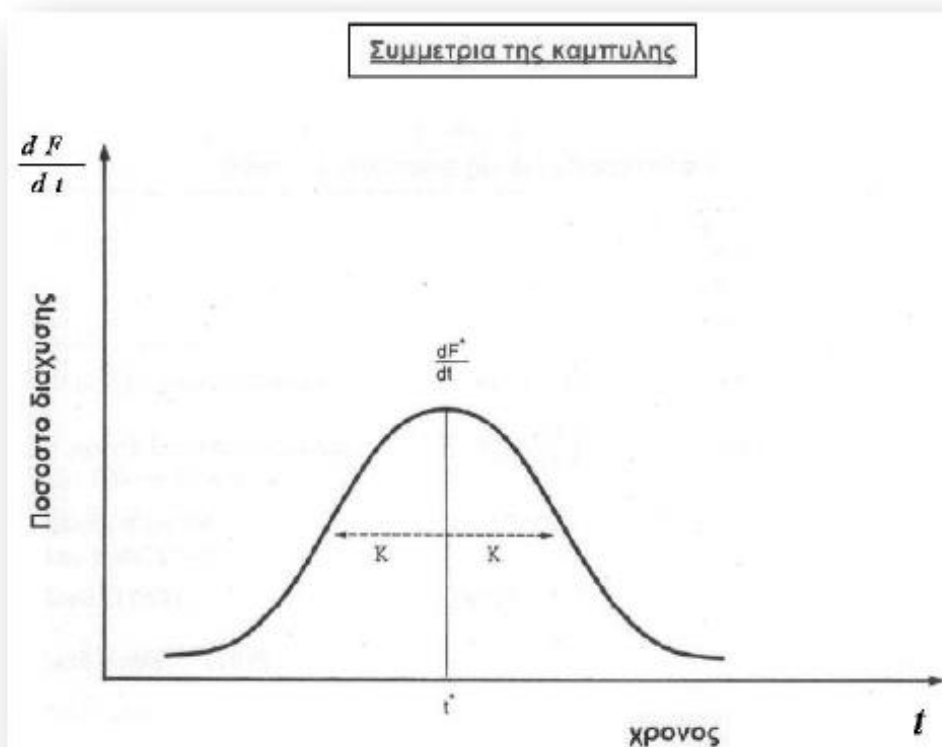
$$\text{ή } b * (1 - 2F) = 0 \quad \text{ή } F^* = 0,5.$$

Επομένως, για το (λογιστικό) μοντέλο εσωτερικής επιρροής, το μέγιστο ποσοστό διάχυσης είναι μια σταθερά που εμφανίζεται όταν το 50% των πιθανών μελών που θα υιοθετήσουν την καινοτομία, πράγματι την υιοθετήσει.

Επίσης, η καμπύλη του μοντέλου είναι συμμετρική διότι:

$$\frac{dF}{dt} = b\left(\frac{1}{4} - K^2\right) \text{ όπου } F = F^* + K \text{ ή } F = F^* - K.$$

και το K είναι ένα σταθερό μέρος, το οποίο φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



Σχήμα 4: Η συμμετρία της καμπύλης του μοντέλου εσωτερικής επιρροής ως προς το χρόνο

Ομοίως, και η διατύπωση Gompertz για το μοντέλο εσωτερικής επιρροής έχει ένα σταθερό σημείο καμπής ($F^* = 0,37$). Όμως, η καμπύλη διάχυσης είναι μη-συμμετρική.

Τέλος, το μοντέλο μεικτής επιρροής έχει μια συμμετρική καμπύλη διάχυσης και το σημείο καμπής εμφανίζεται όταν το ποσοστό των πιθανών μελών που θα υιοθετήσουν την καινοτομία (adopters), που όντως την υιοθέτησαν είναι μικρότερο ή ίσο του 50%. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν με σκοπό να έχουν μεγαλύτερη ευελιξία από το θεμελιώδες μοντέλο.

2.4.5.1 Το μοντέλο Floyd

Το 1968 ο A.Floyd πρότεινε το ακόλουθο ευέλικτο μοντέλο διάχυσης προσπαθώντας να ταιριάξει εμπειρικά ορισμένα μοντέλα διάχυσης [29]:

$$\ln \frac{F}{1-F} + \frac{1}{1-F} = c + bt, \text{ c είναι η σταθερά} \quad (30)$$

και ολοκληρώνοντας έχουμε την εξίσωση του μοντέλου Floyd:

$$\frac{dF}{dt} = bF(1 - F)^2 \quad (31)$$

το οποίο είναι μη-συμμετρικό και έχει σταθερό σημείο καμπής για $F^* = 0,33$ και είναι παρόμοιο με τη διατύπωση Gompertz του μοντέλου εσωτερικής επιρροής, με αυτές τις προϋποθέσεις.

2.4.5.2 Το μοντέλο Sharif-Karib

Οι M.N.Sharif και C.A.Kabir υποστήριξαν ότι με συνδυασμό του λογιστικού μοντέλου εσωτερικής επιρροής και του μοντέλου Floyd, μπορούμε να πάρουμε μια ομαλή σιγμοειδή καμπύλη μέσα σε μια περιοχή της οποίας τα όρια δίνονται από τα 2 αυτά μοντέλα [30]. Συγκεκριμένα:

$$(1 - \sigma) \ln \frac{F}{1 - F} + \sigma \left[\ln \frac{F}{1 - F} + \frac{1}{1 - F} \right] = c + bt \quad (32)$$

ή

$$\ln \frac{F}{1 - F} + \sigma \left[\frac{1}{1 - F} \right] = c + bt \quad (33)$$

όπου σ σταθερά και $0 \leq \sigma \leq 1$.

Για $\sigma=0$ η εξίσωση ισοδυναμεί με το λογιστικό μοντέλο εσωτερικής επιρροής και για $\sigma=1$ ισοδυναμεί με το μοντέλο Floyd.

Ολοκληρώνοντας ως προς F :

$$\frac{dF}{dt} = \frac{bF(1 - F)^2}{1 - F(1 - \sigma)} \quad (34)$$

Το μοντέλο Sharif-Kabir μπορεί να προσαρμόσει και συμμετρικά και μη-συμμετρικά σχέδια διάχυσης και έχει σημείο καμπής τέτοιο ώστε [3][6][8]: $0.33 \leq F \leq 0.5$.

2.4.5.3 Το μοντέλο Jeuland

Ο A.P.Jeuland, το 1981, υποστήριξε ότι μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα πιθανά μέλη που θα υιοθετήσουν (adopters), είναι ομογενή όσον αφορά στη τάση τους να υιοθετήσουν την επόμενη χρονική στιγμή [31]. Πρότεινε, λοιπόν, μια γενίκευση του μοντέλου Bass που βασίστηκε στις παρακάτω υποθέσεις:

- Η εξωτερική επιρροή στη διαδικασία διάχυσης αφορά την πιθανή τάση του adopter να υιοθετήσει την καινοτομία
- Ο πληθυσμός των πιθανών adopters είναι ετερογενής όσον αφορά στη τάση προς υιοθέτηση
- Η τάση προς υιοθέτηση ποικίλει σύμφωνα με μια κατανομή γ (γάμμα)

Οι οποίες οδήγησαν στο παρακάτω μοντέλο:

$$\frac{dF}{dt} = (a + bF)(1 - F)^{1+\gamma} \quad (35)$$

Όταν το $\gamma=0$ το μοντέλο ισοδυναμεί με το μοντέλο του Bass.

Όταν το $a=0$ και το $\gamma=1$, το μοντέλο Jeuland ισοδυναμεί με το μοντέλο του Floyd.

Τέλος, το μοντέλο Jeuland προσαρμόζει συμμετρικά και μη-συμμετρικά σχέδια διάχυσης, και δεν μπορεί να παραγάγει ένα σημείο καμπής πέρα από ένα επίπεδο υιοθέτησης του 50% [3][6][8].

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα, τα μοντέλα, τα εργαλεία και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκαν για την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία καθώς και οι αποφάσεις που ελήφθησαν.

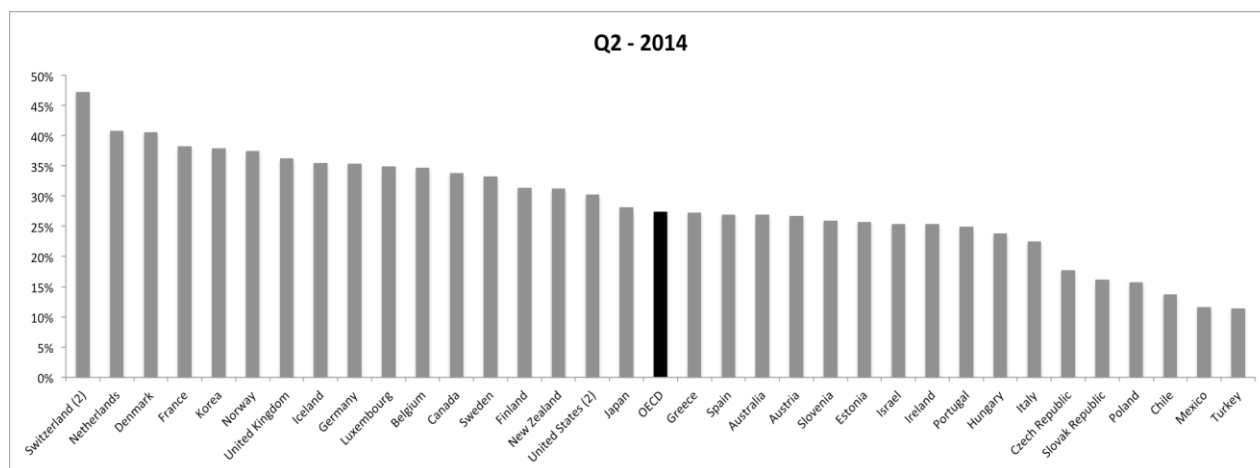
Για να υπολογίσουμε και να προβλέψουμε το ρυθμό διείσδυσης της ενσύρματης και της ασύρματης πρόσβασης στο διαδίκτυο, θα πρέπει να εφαρμόσουμε ορισμένα από τα μοντέλα διάχυσης που αναφέραμε παραπάνω. Συγκεκριμένα, θα εφαρμόσουμε το Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο και τις δύο εκδοχές του μοντέλου Gompertz στα πραγματικά δεδομένα και θα μετρήσουμε κατά πόσο τα αποτελέσματα είναι κοντά στα πραγματικά. Το βασικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Microsoft Excel σε συνδυασμό με το επιπρόσθετο εργαλείο «Solver Add-in» για τον υπολογισμό παραμέτρων.

3.2 Συλλογή Δεδομένων (Data Set)

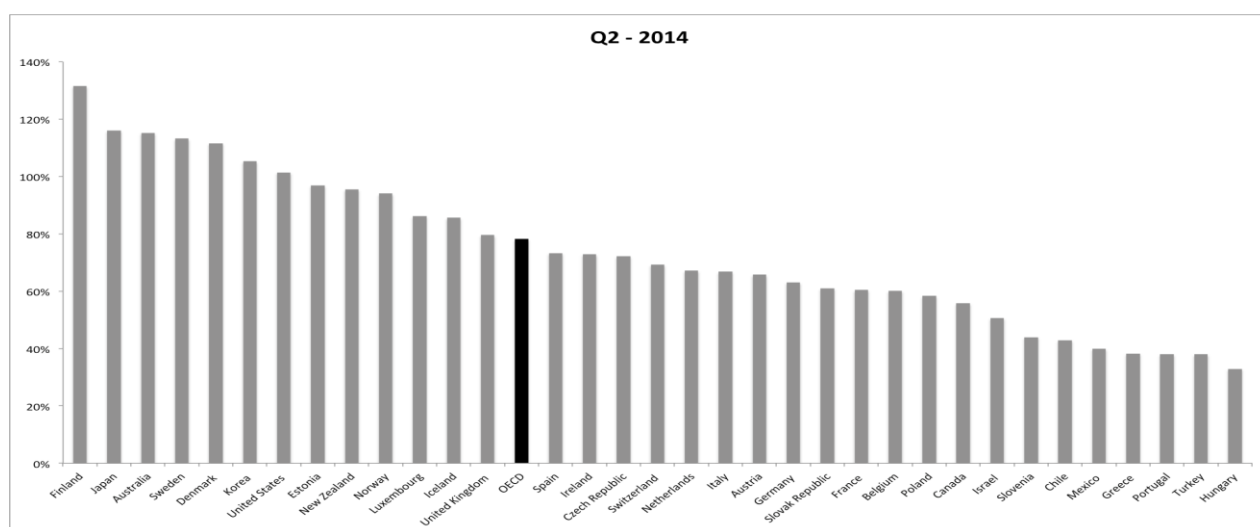
Για τις ανάγκες της πτυχιακής εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τον Ο.Ο.Σ.Α. (Όργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης), αφορούν σε στατιστικά δεδομένα σχετικά με τις ευρυζωνικές υπηρεσίες και βρίσκονται στην επίσημη ιστοσελίδα [7].

Η συλλογή αυτή (set) περιλαμβάνει 22 μετρήσεις ρυθμού διείσδυσης για την ενσύρματη πρόσβαση ανά 6 μήνες (2 τρίμηνα), συγκεκριμένα από το τέταρτο τρίμηνο του 2003 ως το δεύτερο τρίμηνο του 2014 (Q4 2003 – Q2 2014), καθώς και 10 μετρήσεις για την ασύρματη πρόσβαση ανά 6 μήνες (2 τρίμηνα), από το τέταρτο τρίμηνο του 2009 ως το δεύτερο τρίμηνο του 2014 (Q2 2009 – Q4 2014). Οι μετρήσεις αυτές προέρχονται από 34 χώρες-μέλη του Ο.Ο.Σ.Α. συν το συνολικό ρυθμό διάχυσης της τεχνολογίας για όλες τις χώρες.

Να τονίσουμε εδώ ότι, σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του Ο.Ο.Σ.Α. στις παραπάνω μετρήσεις για την ενσύρματη πρόσβαση εφαρμόστηκαν κριτήρια για το ποιά τεχνολογία μετρήθηκε. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία περιλαμβάνουν όλες τις γραμμές DSL με συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο (εξαιρούνται οι γραμμές για leasing), όλες τις συνδρομές με καλώδιο modem, όλες τις συνδρομές με οπτικές ίνες εκτός τις «fiber to the cabinet», όλες τις δορυφορικές συνδρομές, όλες τις ασύρματες συνδρομές που συνδέονται με καλώδιο σύνδεσης εδάφους (κομμάτι ενός LAN δικτύου κ.ά.) και άλλες καλωδιωμένες συνδέσεις όπως τις BPL. Επίσης, οι παραπάνω συνδρομές πρέπει να έχουν ταχύτητες κατεβάσματος (download speed) τουλάχιστον 256 kbit/s για να μετρηθούν.



Σχήμα 5: Ρυθμοί διάχυσης Ενσύρματης πρόσβασης στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. το Q2 του 2014 (πηγή Ο.Ο.Σ.Α.)



Σχήμα 6: Ρυθμοί διάχυσης Ασύρματης πρόσβασης στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. το Q2 του 2014 (πηγή Ο.Ο.Σ.Α.)

Αντίστοιχα, για την ασύρματη πρόσβαση, μετρήθηκαν οι απλές συνδρομές κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιήθηκαν για πρόσβαση στο διαδίκτυο με ταχύτητα τουλάχιστον 256 kbit/s τους προηγούμενους 3 μήνες. Επίσης, η συνδρομή πρέπει να επιτρέπει πρόσβαση στο «γενικότερο διαδίκτυο» μέσω του πρωτοκόλλου HTTP και να χρησιμοποιήθηκε για σύνδεση δεδομένων με το πρωτόκολλο διαδικτύου (IP- Internet Protocol). Δηλαδή, η απλή ανταλλαγή μηνυμάτων με τις τεχνολογίες SMS και MMS δεν μετρήθηκε ακόμα και αν έγινε με το πρωτόκολλο IP. Επίσης, μετρήθηκαν οι συνδρομές σε συγκεκριμένες υπηρεσίες δεδομένων που αγοράστηκαν ξεχωριστά από τις υπηρεσίες φωνής.

3.3 Εργαλεία

Τα παραπάνω δεδομένα βρίσκονται στην επίσημη ιστοσελίδα του Ο.Ο.Σ.Α. και είναι διαθέσιμα προς κατέβασμα σε αρχείο τύπου «.xls». Συνεπώς, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Microsoft Excel της σουίτας Microsoft Office. Το Excel παρέχει δυνατότητα υπολογισμών, γραφικών παραστάσεων, πινάκων κ.ά. με σκοπό την επεξεργασία, διαχείριση και απεικόνιση δεδομένων σε μορφή υπολογιστικών φύλλων (spreadsheet). Επιλέχθηκε για την φιλικότητα που παρέχει στο χρήστη σε συνδυασμό με την υπολογιστική ισχύ που παρέχει και την πληθώρα πρόσθετων εργαλείων. Έτσι,

μπορέσαμε να ενσωματώσουμε μαθηματικά μοντέλα και συναρτήσεις σε συγκεκριμένα κελιά (cells), να υπολογίσουμε παραμέτρους και να εμφανίσουμε αποτελέσματα.

Ένα από τα εργαλεία που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι και το «Solver Add-in». Το συγκεκριμένο πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα να θέσουμε ένα επιθυμητό αποτέλεσμα για μια μεταβλητή (ελάχιστη, μέγιστη ή συγκεκριμένη τιμή) ορίζοντας ποιές άλλες μεταβλητές θα αλλάξουν και με ποιούς περιορισμούς, για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα. Επίσης, παρέχει 3 μεθόδους «επίλυσης» (solving methods): i) GRG Nonlinear , ii) Simplex LP και iii) Evolutionary . Δηλαδή, για παράδειγμα, χρησιμοποιούμε το Solver διότι θέλουμε η μεταβλητή X να πάρει την ελάχιστη τιμή που μπορεί, μεταβάλλοντας τις παραμέτρους A και B, για μια εξίσωση που περιλαμβάνει και τις 3. Έτσι μπορούμε να βρούμε προσεγγιστικά τιμές για τις παραμέτρους A και B και να τις εκμεταλευτούμε αλλού. Τέλος, επισημαίνουμε ότι το Solver είναι απαραίτητο, διότι υπολογίζει τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας τις 3 μεθόδους επίλυσης που αναφέραμε, σε αντίθεση με την προεπιλεγμένη μέθοδο του Excel η οποία είναι γραμμική και δεν αποδίδει τα επιθυμητά αποτελέσματα για την περίπτωσή μας.

3.4 Σχεδιασμός Μεθοδολογίας

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, σε αυτήν την πτυχιακή εργασία, χρησιμοποιήσαμε μόνο τρία από τα μοντέλα διάχυσης που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτά είναι το Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο και οι δύο παραλλαγές του μοντέλου Gompertz. Ακολουθεί η περιγραφή και η ανάλυση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε.

3.4.1 Φάση 1 – Προετοιμασία

1. Αντιστοιχούμε σε κάθε μέτρηση μια τιμή χρόνου. Επειδή οι μετρήσεις έγιναν ανά 6 μήνες, η πρώτη μέτρηση (Q4-2003) παίρνει την τιμή 0.5, η δεύτερη (Q2-2004) την τιμή 1 κ.ο.κ.
2. Βάζουμε σε μια στήλη όλα τα ονόματα των χωρών που υπάρχουν στο αρχείο
3. Δεσμεύουμε τόσες στήλες όσα και τα δμηνα (δηλαδή η τιμές χρόνου του βήματος 1) για κάθε χώρα. Σχηματίζεται έτσι ένας «πίνακας» A x B όπου A, το πλήθος των χωρών και B το πλήθος των τιμών χρόνου, στον οποίο θα εμφανίζονται τα αποτελέσματα του εκάστοτε μοντέλου
4. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3, ακόμη μια φορά, για τη δημιουργία «πίνακα» στον οποίο θα εμφανίζονται οι τιμές του απλού σφάλματος, δηλαδή της διαφοράς

3.4.2 Φάση 2 – Εφαρμογή Μοντέλων (Data Fitting)

1. Για κάθε μοντέλο που θα εφαρμόσουμε, δημιουργούμε έναν «πίνακα» με τις χώρες κάθετα τη μια κάτω από την άλλη και δίπλα από κάθε μια, 3 στήλες. Οι στήλες αυτές περιέχουν τυχαίες τιμές για τις παραμέτρους S, a, b
2. Στον πίνακα του βήματος 3 της φάσης 1, βάζουμε στις στήλες για κάθε χώρα, την εξίσωση του εκάστοτε μοντέλου που εξετάζουμε, εισάγοντας τις τιμές χρόνου από την προηγούμενη φάση και τις μεταβλητές S, a, b απ'το βήμα 1 της φάσης 2
3. Στον πίνακα του βήματος 4 της φάσης 1, για το απλό σφάλμα, για κάθε χώρα και χρονική στιγμή, υπολογίζουμε τη διαφορά ανάμεσα στην πραγματική τιμή και την προβλεπόμενη. Δηλαδή, τη διαφορά ανάμεσα στην τιμή που μας έδωσε το

μοντέλο του προηγούμενου βήματος με τις συγκεκριμένες τυχαίες παραμέτρους, και στην αρχική πραγματική τιμή που είχε το αρχείο .xls αρχικά.

4. Για να είναι στατιστικά ακριβής η εφαρμογή των μοντέλων, χρειαζόμαστε έναν πιο «ισχυρό» δείκτη. Για αυτό, για κάθε πίνακα μοντέλου από το βήμα 1 της φάσης 2, προσθέτουμε μια καινούργια στήλη για την τιμή του Μέσου Απόλυτου Ποσοστιαίου Σφάλματος (MAPE), του οποίου ο τύπος δίνεται στο κεφάλαιο 2 αυτής της εργασίας, και χρησιμοποιεί το απλό σφάλμα του βήματος 3
5. Συνεπώς, είμαστε στο σημείο όπου έχουμε υπολογίσει την τιμή που μας δίνει το κάθε μοντέλο, την κάθε χρονική στιγμή (6μηνο) με τυχαίες τις μεταβλητές S , a και b για κάθε χώρα. Σκοπός μας είναι να βρούμε τις τιμές των μεταβλητών S , a και b έτσι ώστε το μοντέλο να εφαρμόσει όσο το δυνατόν καλύτερα στα πραγματικά δεδομένα (data fitting). Για να γίνει αυτό, πρέπει το MAPE για κάθε έξοδο του μοντέλου να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρό. Επομένως, χρησιμοποιούμε το «Solver» που αναφέραμε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, για να υπολογίσει τις τιμές των παραμέτρων με τις οποίες το MAPE παίρνει την ελάχιστη τιμή
6. Με βάση το MAPE, επιλέγεται το μοντέλο με την μικρότερη τιμή ως το καταλληλότερο για την κάθε χώρα

3.4.3 Φάση 3 – Πρόβλεψη

1. Για να αξιολογήσουμε τη διαδικασία διάχυσης της καινοτομίας και την ικανότητα των μοντέλων να την αποδώσουν με ακρίβεια, χωρίσαμε τα δεδομένα για κάθε υπηρεσία (ενσύρματη και ασύρματη) σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος το ονομάζουμε «κρατούμενο δείγμα» (withheld sample) και αποτελείται από τα χρονικά τελευταία 3 χρόνια, δηλαδή τις τελευταίες 6 μετρήσεις (Q4 – 2011 μέχρι Q2 – 2014)
2. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από τις υπόλοιπες τιμές και ονομάζεται «δεδομένα εκπαίδευσης» (training data). Με βάση αυτά τα δεδομένα, βρίσκουμε τις καινούριες παραμέτρους S , a , b όπως ακριβώς στη φάση 2.
3. Χρησιμοποιώντας αυτές τις καινούριες παραμέτρους και δίνοντάς τις στο εκάστοτε μοντέλο που εξετάζουμε, προβλέπουμε τις τιμές που μας δίνει το μοντέλο για το διάστημα στο οποίο «κρατήσαμε» τιμές στο βήμα 1. Δηλαδή, με τις νέες (διαφορετικές από την φάση 2) μεταβλητές S , a , b και με χρόνο από Q4-2011 έως Q2-2014, παίρνουμε τις τιμές της διάχυσης που προβλέπει το μοντέλο
4. Με βασικό κριτήριο και πάλι το MAPE, το μοντέλο με την μικρότερη τιμή και άρα τη μικρότερη απόκλιση από τα πραγματικά δεδομένα, επιλέγεται ως το καταλληλότερο για να προβλέψει τα ποσοστά διάχυσης της καινοτομίας στο σύντομο μέλλον, για κάθε χώρα

4 Εφαρμογή Μεθοδολογίας – Αποτελέσματα

Όπως έχουμε αναφέρει, η διαδικασία της διάχυσης ενός προϊόντος ή υπηρεσίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Επίσης, η ικανότητα ενός μοντέλου να αποδώσει σωστά αυτή τη διάχυση εξαρτάται από παράγοντες όπως η αρχική «κρίσιμη μάζα» των χρηστών (ατόμων που υιοθετούν μια νέα τεχνολογία ή προϊόν ή υπηρεσία), τα χαρακτηριστικά του προϊόντος ή υπηρεσίας, η αρχική τιμή κ.ά. Επομένως, μπορεί να υπάρχουν διαφορετικά μοτίβα ανάπτυξης και άρα διαφορετικά μοντέλα διάχυσης να εφαρμόζουν καλύτερα σε κάθε περίπτωση και να θεωρούνται καταλληλότερα την εκάστοτε φορά. Επίσης, ακόμα και αν η ίδια καινοτομία εισαχθεί σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (χώρες), είναι πιθανό διαφορετικά μοντέλα να ανταποκρίνονται καλύτερα στην κάθε περιοχή, τόσο στην εφαρμογή δεδομένων (data fitting) όσο και στην πρόβλεψη (forecasting).

Table 1: Καταλληλότερο μοντέλο περιγραφής διάχυσης για τις ευρυζωνικές υπηρεσίες των χωρών μελών του Ο.Ο.Σ.Α. , με βάση το MAPE

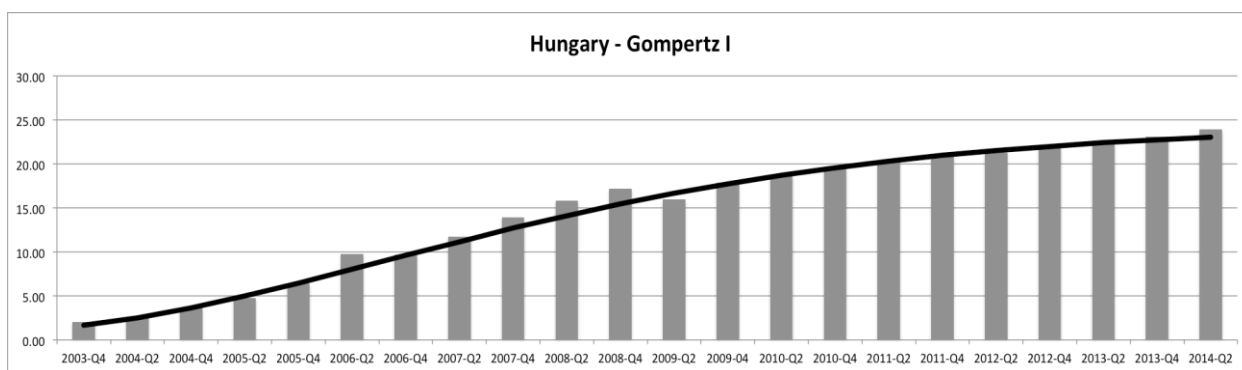
Χώρα	Ενσύρματη	MAPE	Ασύρματη	MAPE
Australia	Linear Logistic	0.025	Gompertz II	0.047
Austria	Gompertz II	0.020	Gompertz II	0.022
Belgium	Gompertz II	0.013	Linear Logistic	0.036
Canada	Linear Logistic	0.011	Gompertz I	0.117
Chile	Gompertz I	0.006	Linear Logistic	0.033
Czech Republic	Linear Logistic	0.088	Linear Logistic	0.154
Denmark	Linear Logistic	0.024	Gompertz II	0.030
Estonia	Gompertz I	0.003	Gompertz I	0.073
Finland	Linear Logistic	0.034	Linear Logistic	0.038
France	Gompertz I	0.008	Linear Logistic	0.010
Germany	Linear Logistic	0.014	Gompertz I	0.180
Greece	Gompertz II	0.082	Linear Logistic	0.120
Hungary	Gompertz I	0.042	Linear Logistic	0.083
Iceland	Linear Logistic	0.023	Gompertz I	0.027
Ireland	Linear Logistic	0.050	Linear Logistic	0.019
Israel	Gompertz I	0.002	Gompertz II	0.047
Italy	Gompertz I	0.014	Gompertz I	0.043
Japan	Gompertz I	0.012	Gompertz I	0.065
Korea	Linear Logistic	0.011	Gompertz I	0.004
Luxembourg	Gompertz II	0.029	Gompertz I	0.063
Mexico	Linear Logistic	0.072	Gompertz I	0.103
Netherlands	Gompertz II	0.012	Gompertz I	0.078
New Zealand	Gompertz I	0.036	Gompertz II	0.091
Norway	Gompertz II	0.015	Gompertz I	0.015
Poland	Gompertz II	0.073	Linear Logistic	0.028
Portugal	Gompertz II	0.043	Linear Logistic	0.035
Slovak Republic	Gompertz I	0.050	Linear Logistic	0.054
Slovenia	Gompertz I	0.008	Linear Logistic	0.139
Spain	Gompertz II	0.018	Linear Logistic	0.109
Sweden	Linear Logistic	0.020	Gompertz I	0.007
Switzerland (2)	Gompertz I	0.038	Linear Logistic	0.025
Turkey	Gompertz I	0.048	Gompertz II	0.028
United Kingdom	Gompertz I	0.018	Gompertz I	0.010
United States (2)	Linear Logistic	0.018	Linear Logistic	0.006

4.1 Φάση 2 – Εφαρμογή Μοντέλων (Data Fitting)

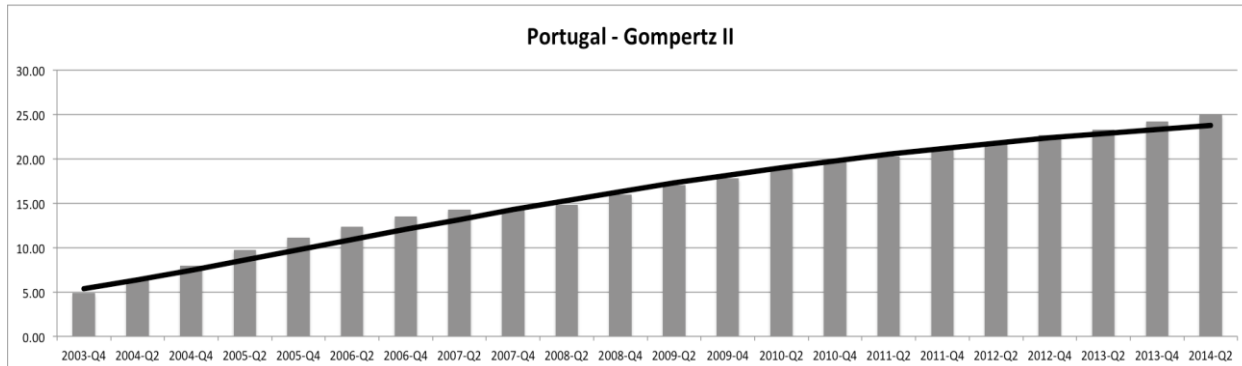
Στον πίνακα 1, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την φάση 2 της μεθοδολογίας μαζί με το αντίστοιχο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE). Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αρκετές περιπτώσεις, για την ίδια χώρα το καταλληλότερο μοντέλο για την ενσύρματη πρόσβαση είναι διαφορετικό από το καταλληλότερο μοντέλο για την ασύρματη.

4.1.1 Ενσύρματη Πρόσβαση

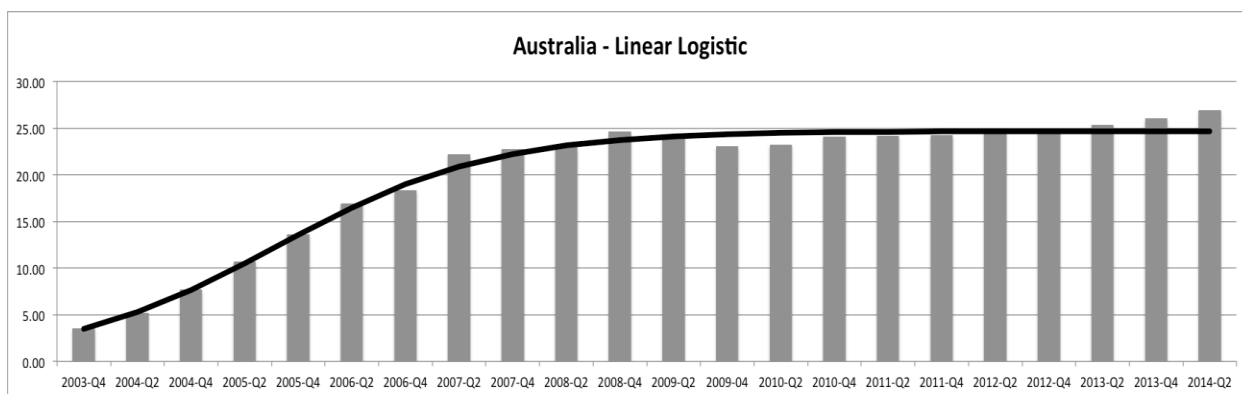
Τα σχήματα 7, 8 και 9 περιέχουν τις καμπύλες των καταλληλότερων μοντέλων, Gompertz I, Gompertz II και Linear Logistic αντίστοιχα, για 3 χώρες, ενδεικτικά, και τα πραγματικά δεδομένα με τη μορφή στηλών για την ενσύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο. Στον άξονα Υ βρίσκεται το ποσοστό διείσδυσης της υπηρεσίας και στον άξονα Χ βρίσκονται οι τιμές χρόνου (δμηνιαίες μετρήσεις).



Σχήμα 7: Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Ουγγαρία – Ενσύρματη Πρόσβαση



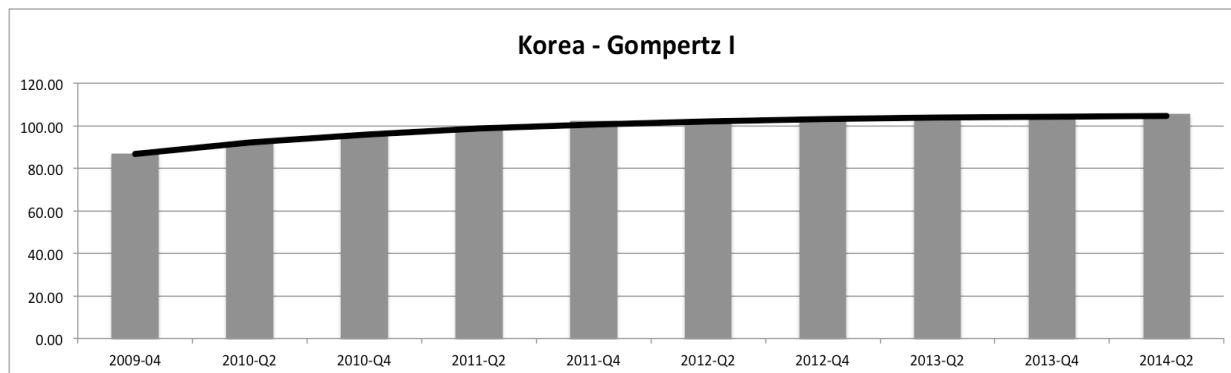
Σχήμα 8: Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Πορτογαλία – Ενσύρματη Πρόσβαση



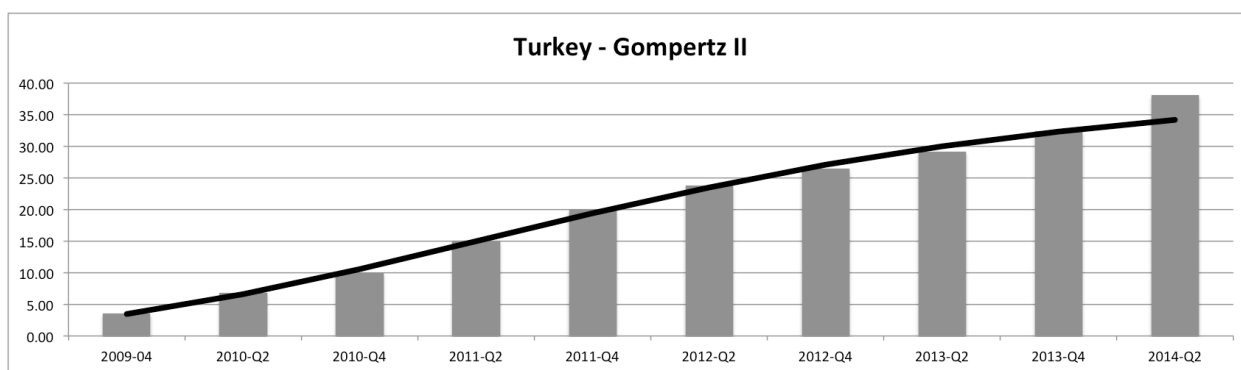
Σχήμα 9: Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Αυστραλία – Ενσύρματη Πρόσβαση

4.1.2 Ασύρματη Πρόσβαση

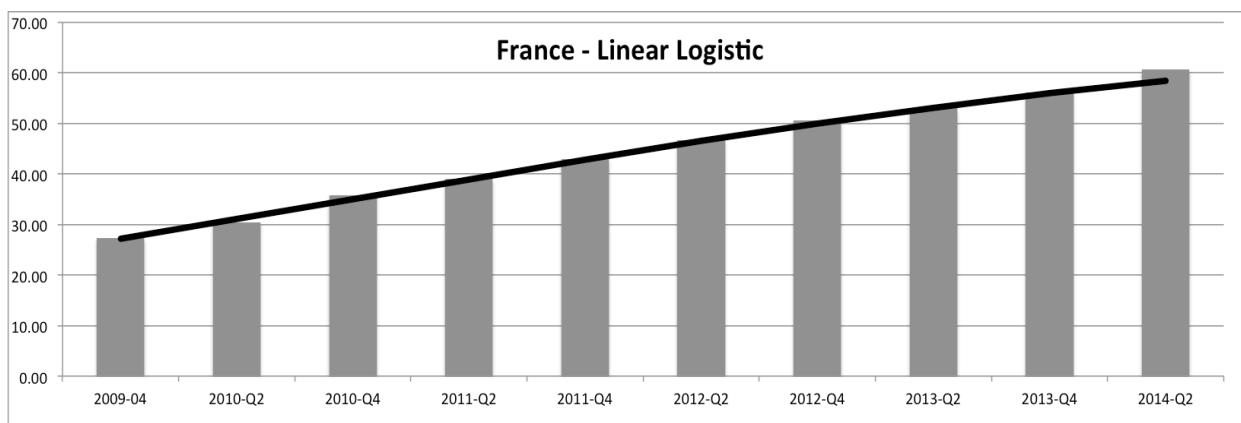
Αντίστοιχα, στα σχήματα 10, 11, 12 εμφανίζονται οι καμπύλες των καταλληλότερων μοντέλων για 3 χώρες, ενδεικτικά, για την ασύρματη πρόσβαση. Οι άξονες είναι οι ίδιοι όπως και στην ενσύρματη.



Σχήμα 10: Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Κορέα – Ασύρματη Πρόσβαση



Σχήμα 11: Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Τουρκία – Ασύρματη Πρόσβαση



Σχήμα 12: Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά δεδομένα (γκρι στήλες) για την Γαλλία – Ασύρματη Πρόσβαση

Παρατηρούμε ότι και για τις δύο τεχνολογίες, την ενσύρματη και την ασύρματη πρόσβαση, τα μοντέλα που επιλέχθηκαν ως καταλληλότερα έχουν όντως ελάχιστη απόκλιση από τα πραγματικά δεδομένα. Επίσης, είναι προφανές ότι όλες οι καμπύλες ακολουθούν την μορφή της S-καμπύλης, άλλες με μικρότερη κλίση και άλλες με μεγαλύτερη. Τέλος, στο Παράρτημα I, βρίσκονται οι δύο (ένας για κάθε τεχνολογία) αναλυτικοί πίνακες οι οποίοι περιέχουν, για κάθε μοντέλο, για όλες τις χώρες τις τιμές των παραμέτρων S , a , b και του MAPE, με βάση τους οποίους έγινε η φάση 2 και επιλέχθηκε ένα μοντέλο για κάθε χώρα.

4.2 Φάση 3 – Πρόβλεψη

Στον πίνακα 2, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την φάση 3 της μεθοδολογίας μαζί με το αντίστοιχο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE). Παρατηρούμε ότι για αρκετές χώρες, το καταλληλότερο μοντέλο είναι διαφορετικό από εκείνο που επιλέχθηκε στη φάση 2, και φαίνεται στον πίνακα 1, καθώς επίσης διαφέρει και ανάμεσα στην ενσύρματη και στην ασύρματη πρόσβαση. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν ενδεικτικά, οι καμπύλες διαφορετικών χωρών για τις δύο τεχνολογίες και φαίνονται παρακάτω.

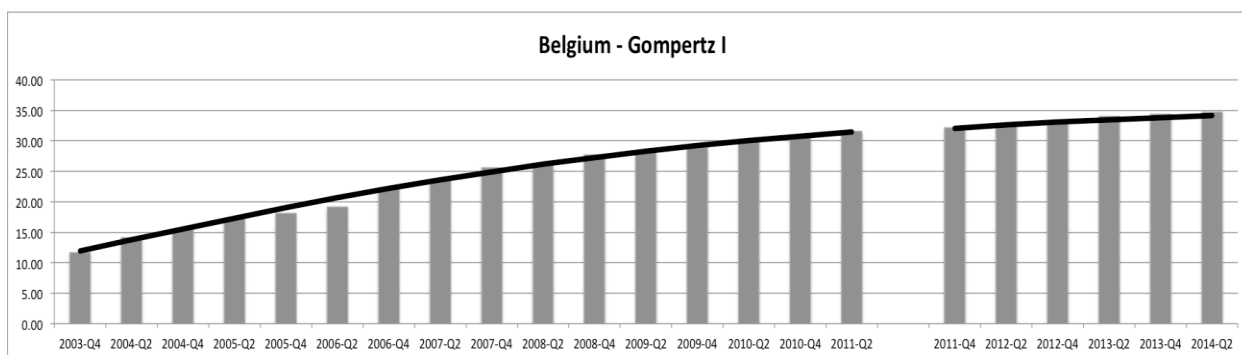
4.2.1 Ενσύρματη Πρόσβαση

Στα σχήματα 14, 15 και 16 φαίνονται οι καμπύλες των καταλληλότερων μοντέλων για 3 χώρες για την ενσύρματη πρόσβαση, μαζί με τα πραγματικά δεδομένα με τη μορφή στηλών. Τα σχήματα έχουν διαμορφωθεί έτσι, ώστε να φαίνεται η καμπύλη του μοντέλου για τις πρώτες 16 μετρήσεις, για τις οποίες υπολογίσαμε τις παραμέτρους S,a και b, δηλαδή το «κρατούμενο δείγμα» που αναφέραμε στη φάση 3 της μεθοδολογίας.

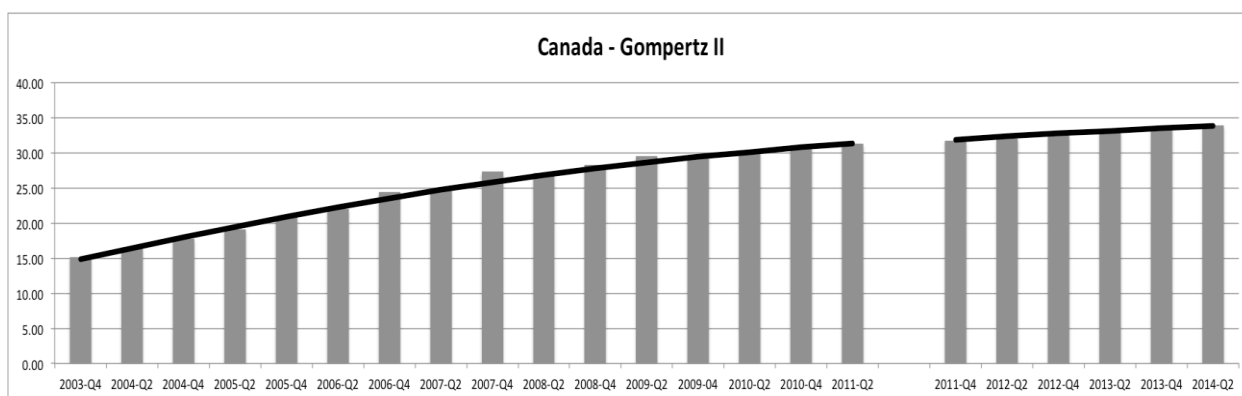
Πίνακας 1: Καταλληλότερο μοντέλο πρόβλεψης διάχυσης για τις ευρυζωνικές υπηρεσίες των χωρών μελών του Ο.Ο.Σ.Α. , με βάση το MAPE

Χώρα	Ενσύρματη	MAPE	Ασύρματη	MAPE
Australia	Gompertz I	0.034	Gompertz I	0.172
Austria	Gompertz II	0.057	Gompertz II	0.140
Belgium	Gompertz I	0.010	Linear Logistic	0.432
Canada	Gompertz II	0.007	Gompertz II	0.233
Chile	Gompertz II	0.046	Gompertz I	0.316
Czech Republic	Gompertz II	0.084	Linear Logistic	0.696
Denmark	Gompertz II	0.032	Linear Logistic	0.028
Estonia	Gompertz I	0.016	Linear Logistic	0.277
Finland	Gompertz I	0.046	Linear Logistic	0.150
France	Gompertz II	0.019	Linear Logistic	0.071
Germany	Linear Logistic	0.020	Gompertz II	0.132
Greece	Gompertz II	0.076	Linear Logistic	0.120
Hungary	Gompertz II	0.012	Linear Logistic	0.417
Iceland	Gompertz II	0.025	Gompertz I	0.147
Ireland	Gompertz II	0.050	Linear Logistic	0.071
Israel	Linear Logistic	0.006	Gompertz I	0.072
Italy	Gompertz II	0.008	Gompertz I	0.093
Japan	Gompertz I	0.059	Gompertz I	0.168
Korea	Gompertz I	0.004	Linear Logistic	0.017
Luxembourg	Gompertz II	0.029	Gompertz I	0.213
Mexico	Linear Logistic	0.065	Gompertz I	0.285
Netherlands	Gompertz I	0.021	Gompertz II	0.089
New Zealand	Gompertz II	0.042	Gompertz II	0.120
Norway	Gompertz II	0.026	Linear Logistic	0.039
Poland	Gompertz II	0.017	Linear Logistic	0.060
Portugal	Gompertz II	0.161	Linear Logistic	0.140
Slovak Republic	Gompertz I	0.031	Linear Logistic	0.283
Slovenia	Gompertz I	0.023	Linear Logistic	0.316
Spain	Gompertz II	0.020	Gompertz I	0.412
Sweden	Linear Logistic	0.011	Linear Logistic	0.096
Switzerland (2)	Gompertz II	0.125	Linear Logistic	0.046
Turkey	Gompertz I	0.019	Gompertz I	0.056
United Kingdom	Gompertz II	0.053	Linear Logistic	0.094
United States (2)	Gompertz I	0.020	Linear Logistic	0.154

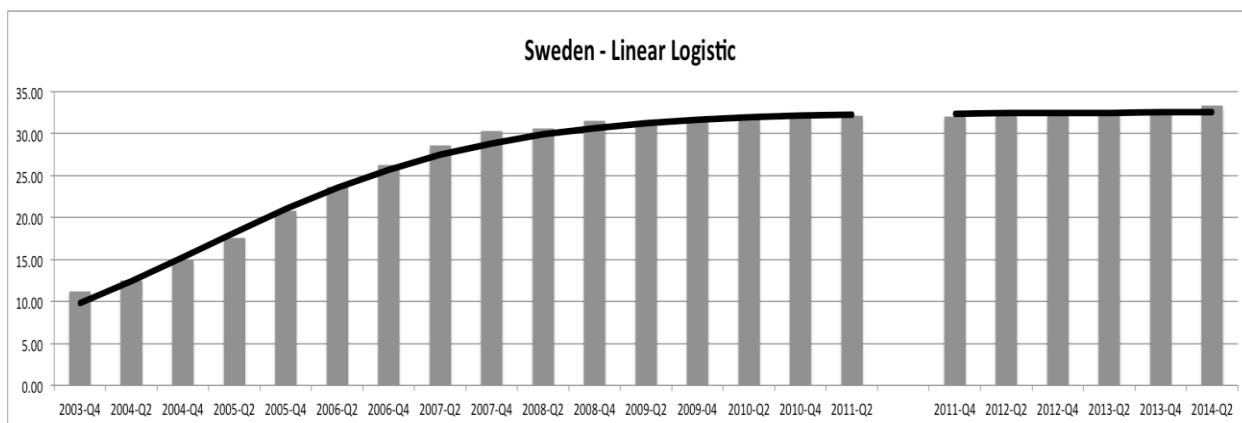
Ακολουθεί ένα κενό, και έπεται η καμπύλη που προβλέπει το μοντέλο, για τα «δεδομένα εκπαίδευσης», δηλαδή τις τελευταίες 6 μετρήσεις. Το ίδιο σκεπτικό ακολουθούν και οι στήλες με τα πραγματικά δεδομένα και έτσι βλέπουμε την ελάχιστη διαφορά που έχουν οι τιμές που προβλέπει το μοντέλο με τις πραγματικές τιμές για τις τελευταίες μετρήσεις, και γιατί επιλέχθηκε το εκάστοτε μοντέλο ως το καταλληλότερο.



Σχήμα 13: Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για το Βέλγιο – Ενσύρματη Πρόσβαση



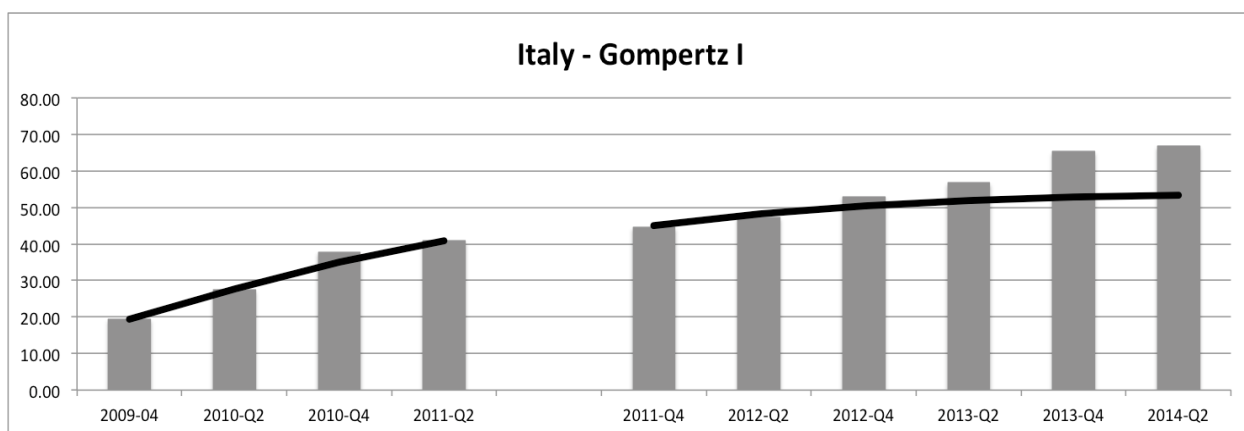
Σχήμα 14: Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για τον Καναδά – Ενσύρματη Πρόσβαση



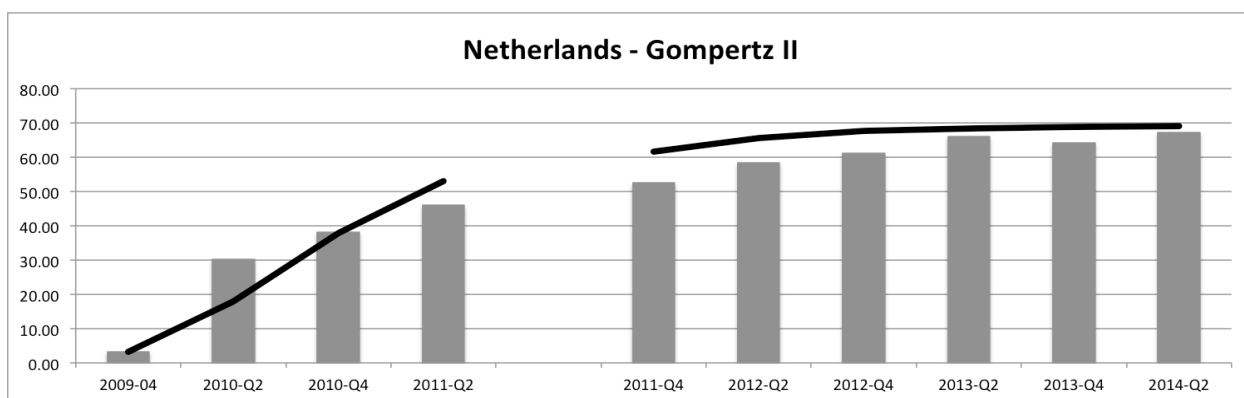
Σχήμα 15: Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για τη Σουηδία – Ενσύρματη Πρόσβαση

4.2.2 Ασύρματη Πρόσβαση

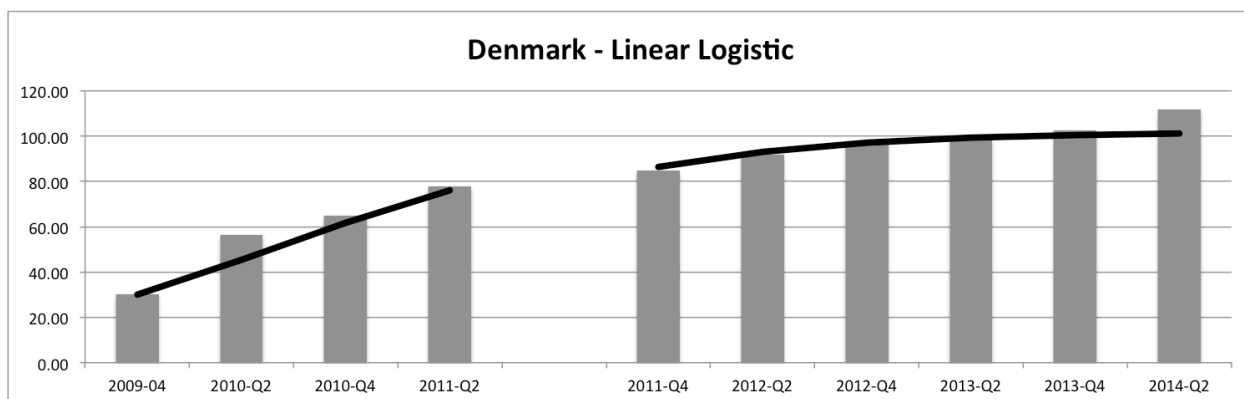
Αντίστοιχα στα σχήματα 16,17 και 18 εμφανίζονται οι καμπύλες των μοντέλων για την ασύρματη πρόσβαση. Το σκεπτικό είναι το ίδιο, με το πρώτο κομμάτι να αντιπροσωπεύει το «κρατούμενο δείγμα» και το κομμάτι μετά το κενό τα «δεδομένα εκπαίδευσης» τα οποία αντιστοιχούν στις τελευταίες 6 μετρήσεις.



Σχήμα 16: : Μοντέλο Gompertz I (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για την Ιταλία – Ενσύρματη Πρόσβαση



Σχήμα 17: : Μοντέλο Gompertz II (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για την Ολλανδία – Ενσύρματη Πρόσβαση



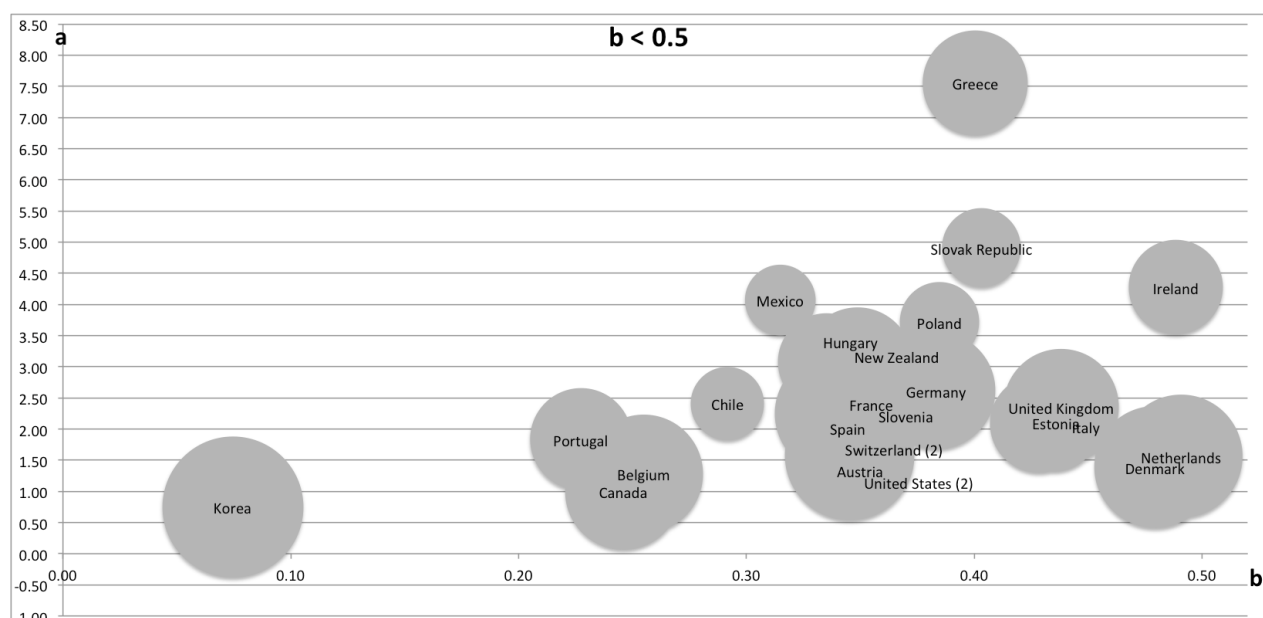
Σχήμα 18: Γραμμικό Λογιστικό Μοντέλο (μαύρη γραμμή), Πραγματικά Δεδομένα (γκρι στήλες) για τη φάση πρόβλεψης για τη Δανία – Ενσύρματη Πρόσβαση

Παρατηρούμε ότι για την ασύρματη πρόσβαση, αν και απεικονίζονται οι καμπύλες των χωρών με σχεδόν το μικρότερο MAPE στο κομμάτι της πρόβλεψης, υπάρχουν αρκετές αποκλίσεις. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες που επηρέασαν τη διάχυση της τεχνολογίας και συνεπώς την πορεία των πραγματικών

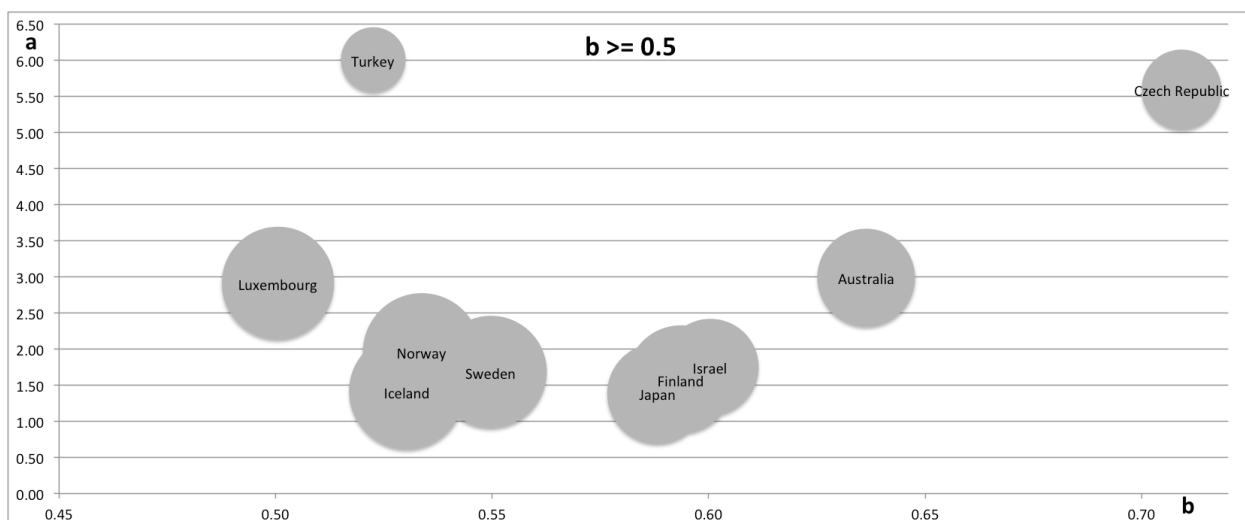
δεδομένων. Επίσης, στο Παράρτημα II φαίνονται οι πίνακες με τις παραμέτρους S , a , b και MAPE για το «κρατούμενο δείγμα», οι προβλέψεις των μοντέλων καθώς και το σφάλμα και το MAPE για αυτές τις προβλέψεις σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα, και για τις δύο τεχνολογίες.

4.3 Γενικά Αποτελέσματα

Πέρα από το πόσο καλά εφαρμόζουν τα μοντέλα στα δεδομένα και με πόση ακρίβεια προβλέπουν την μελλοντική πορεία τους, υπάρχουν και άλλες πλευρές που αξίζει να εξεταστούν. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο Gompertz II και για τα δύο είδη πρόσβασης, και παίρνοντας ως βασικό κριτήριο την παράμετρο b , δηλαδή το ρυθμό διείσδυσης της τεχνολογίας στην αγορά, μπορούμε να μελετήσουμε τις χώρες ως συστάδες. Χωρίζουμε τα αποτελέσματα σε δύο μέρη, το πρώτο αποτελείται από τις χώρες που έχουν ρυθμό διείσδυσης b μικρότερο του 0.5 για την ενσύρματη και 0.8 για την ασύρματη και το δεύτερο από τις χώρες που έχουν b μεγαλύτερο ή ίσο του 0.5 και 0.8 αντίστοιχα.

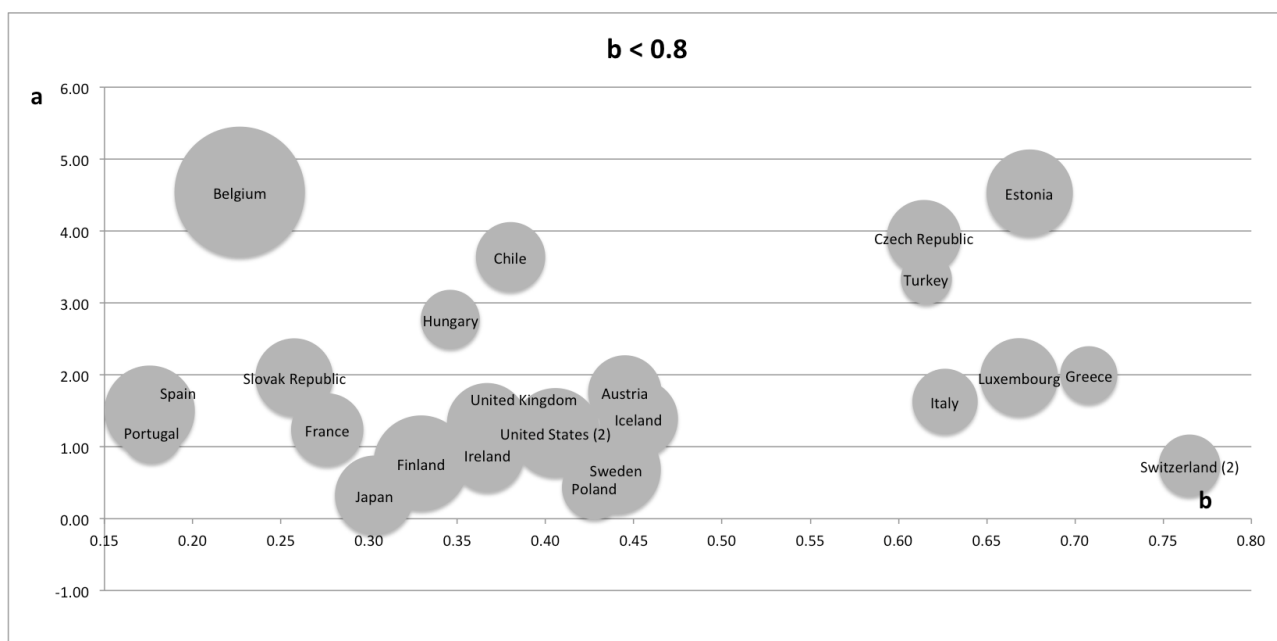


Σχήμα 19: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μικρότερο του 0.5, Ενσύρματη Πρόσβαση, Gompertz II

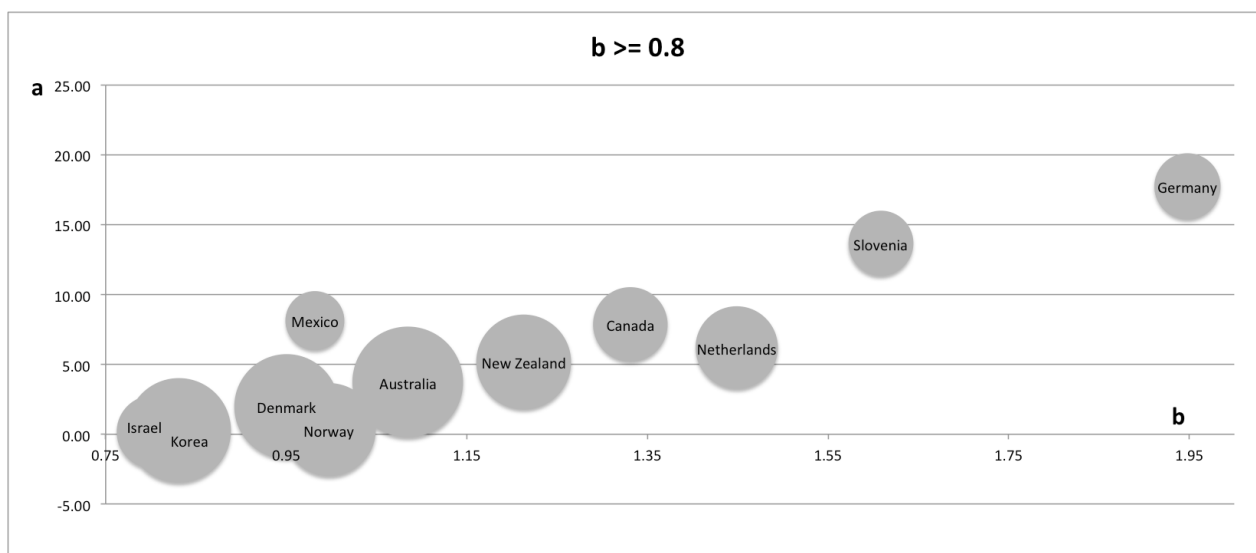


Σχήμα 20: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μεγαλύτερο και ίσο του 0.5, Ενσύρματη Πρόσβαση, Gompertz II

Στα σχήματα 19, 20, 21, 22 απεικονίζονται οι χώρες με τη μορφή φυσαλίδας. Στον οριζόντιο άξονα είναι οι τιμές του b , με βάση τις οποίες έχει γίνει και η ταξινόμηση και στον κάθετο άξονα είναι οι τιμές της παραμέτρου a . Το μέγεθος της κάθε φυσαλίδας εξαρτάται από την παράμετρο S , δηλαδή το επίπεδο κορεσμού στην αγορά.

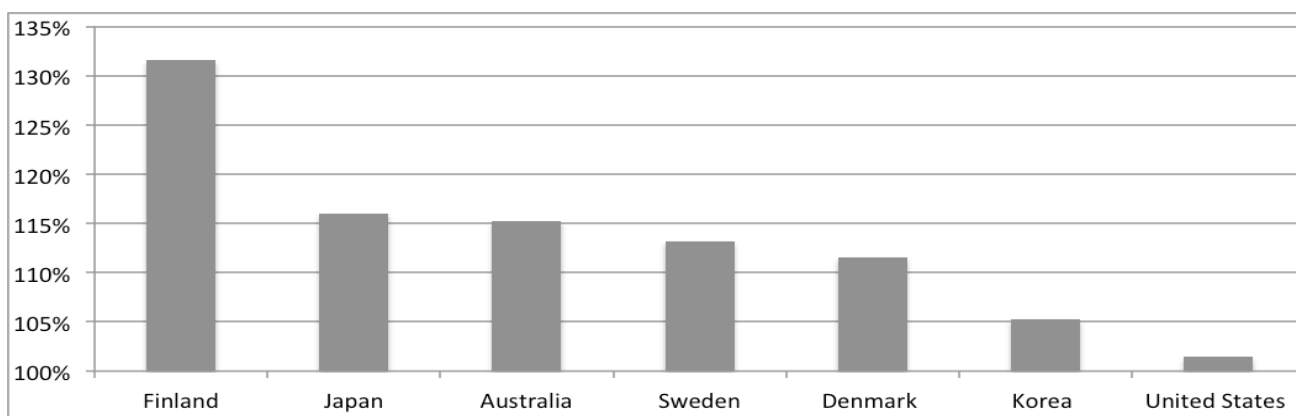


Σχήμα 21: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μικρότερο του 0.8, Ασύρματη Πρόσβαση, Gompertz II

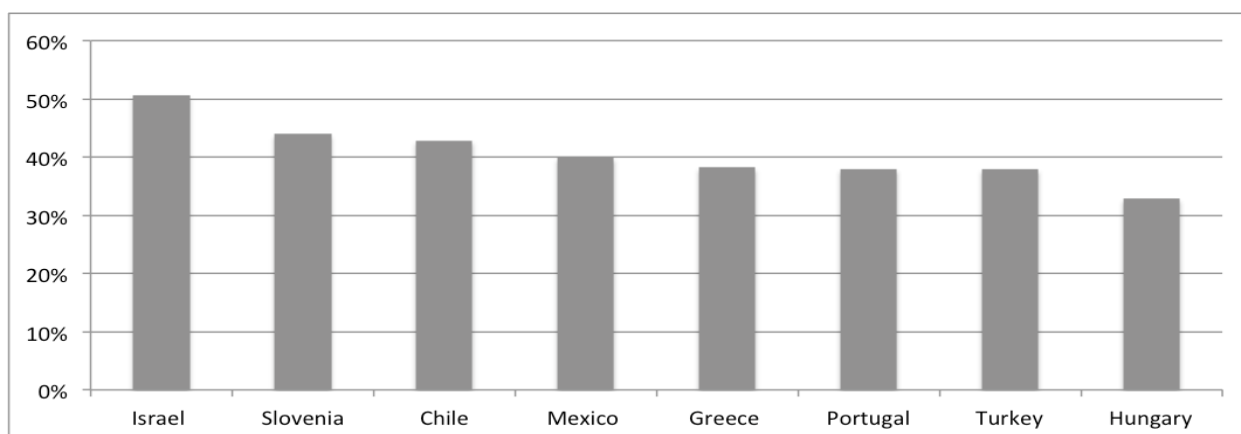


Σχήμα 22: Οι χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με ρυθμό διείσδυσης b μεγαλύτερο και ίσο του 0.8, Ασύρματη Πρόσβαση, Gompertz II

Ενδιαφέρον, επίσης, παρουσιάζουν τα δεδομένα της ασύρματης πρόσβασης όπως αυτά μετρήθηκαν το δεύτερο τρίμηνο του 2014 (Q2 – 2014). Σε αυτήν, την τελευταία, μέτρηση παρατηρούμε ότι αρκετές χώρες έχουν επίπεδα διείσδυσης μεγαλύτερα του 100% ενώ άλλες μικρότερα του 50%. Συνεπώς, εστιάζουμε την προσοχή μας σε αυτά τα δύο μέρη τα οποία απεικονίζονται στα σχήματα 23 και 24.



Σχήμα 23: Χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με επίπεδο διείσδυσης της ασύρματης πρόσβασης, μεγαλύτερο του 100%



Σχήμα 24: Χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. με επίπεδο διείσδυσης της ασύρματης πρόσβασης, μικρότερο του 50%

5 Συμπεράσματα

Με βάση προηγούμενη βιβλιογραφία, σε αυτήν την πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν, εφαρμόστηκαν και αξιολογήθηκαν τα μοντέλα συνολικής διάχυσης τεχνολογιών ή προϊόντων. Αναπτύχθηκε η κατάλληλη μεθοδολογία για την εφαρμογή των μοντέλων στα πραγματικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον Ο.Ο.Σ.Α. τόσο για την ενσύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο όσο και για την ασύρματη. Επίσης, η μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη που παρέχουν τα εν λόγω μοντέλα, για το κοντινό μέλλον. Όλα τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν και παρουσιάστηκαν και τέλος επιλέχθηκαν τα μοντέλα που λειτουργούν καλύτερα σε κάθε περίπτωση.

Όσον αφορά στην ενσύρματη πρόσβαση, βλέπουμε ότι τα μοντέλα λειτουργούν σχεδόν άψογα. Στη φάση της απλής εφαρμογής, σε όλες τις χώρες το MAPE είναι μικρότερο του 10% (0,1) ενώ στις περισσότερες είναι μικρότερο ακόμα και του 5% (0,05). Η ίδια κατάσταση επικρατεί και στη φάση της πρόβλεψης, όπου το MAPE είναι και πάλι πολύ μικρό σε γενικές γραμμές. Αυτό φαίνεται και στα αντίστοιχα σχήματα των δύο φάσεων. Συνεπώς, μπορούμε να δούμε ότι τα συγκεκριμένα μαθηματικά μοντέλα αποτελούν ένα πολύ αξιόπιστο και χρήσιμο εργαλείο όταν θέλουμε να προβλέψουμε την πορεία της διάχυσης της ενσύρματης πρόσβασης σε νέες χώρες-αγορές ή στις ήδη υπάρχουσες. Έτσι, μπορεί να γίνει καλύτερος σχεδιασμός στρατηγικής από μεγάλες εταιρείες τηλεπικοινωνιών ή επενδυτές και να αποφευχθούν λάθη τα οποία θα μπορούσαν να στοιχίσουν μεγάλο κομμάτι κεφαλαίου ή γενικότερα πόρων. Επίσης, δίνει μια εικόνα στις νομοθετικές αρχές, παρέχοντάς τους τη δυνατότητα να εφαρμόσουν καταλληλότερους, πιο σύγχρονους και πιο εξελίξιμους νόμους για την ευκολότερη ανάπτυξη του κλάδου καθώς και για την αποφυγή φοροδιαφυγής ή γενικότερων παρανομιών. Επίσης, από τα σχήματα 19 και 20 παρατηρούμε ότι οι περισσότερες χώρες με παρόμοιο ρυθμό διείσδυσης, έχουν επίσης επίπεδα κορεσμού τα οποία δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ τους. Χώρες όπως η Γαλλία, η Γερμανία, η Αυστρία και η Ελβετία έχουν περίπου το ίδιο επίπεδο κορεσμού και ρυθμό διείσδυσης αλλά βρίσκονται επίσης γεωγραφικά κοντά κάτι το οποίο ισχύει και για τις σκανδιναβικές χώρες, απλώς με μεγαλύτερο ρυθμό. Συμπεραίνουμε ότι η γεωγραφική συσχέτιση των χωρών μπορεί να επηρεάσει το ρυθμό διάχυσης της τεχνολογίας και ότι χώρες που βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη, τόσο γεωγραφικά αλλά και πολιτισμικά ή θεσμικά (όπως οι σκανδιναβικές), ακολουθούν μια παρεμφερή πορεία υιοθέτησης τεχνολογιών ή προϊόντων.

Για την ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση, τα αποτελέσματα διαφέρουν σε ακρίβεια. Στην δεύτερη φάση, τα μοντέλα εφαρμόζουν αποτελεσματικά, με τις αποκλίσεις να είναι πολύ μικρές, κυρίως στις τελευταίες μετρήσεις. Αυτό απεικονίζεται και στον πίνακα 1, όπου το MAPE και πάλι είναι σε χαμηλά επίπεδα, με μερικές εξαιρέσεις. Αντιθέτως, στη τρίτη φάση τα μοντέλα παρουσιάζουν μια αδυναμία στην ακριβή πρόβλεψη της ασύρματης πρόσβασης, σχεδόν σε όλες τις χώρες. Ακόμα και όταν επιλέγουμε χώρες με τα χαμηλότερα MAPE, όπως έγινε στα σχήματα 16,17,18, βλέπουμε ότι η καμπύλη πρόβλεψης απέχει σημαντικά από τις στήλες των πραγματικών δεδομένων, άρα συμπεραίνουμε ότι υπήρξαν επιπλέον παράγοντες που επηρέασαν την διείσδυση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στην αγορά. Πρέπει, δηλαδή, να συμπεριλάβουμε μια ευρύτερο σύνολο αιτιών και να γίνει μια πιο λεπτομερής έρευνα διότι απ'ότι φαίνεται οι τρεις παράμετροι S , a και b δεν δίνουν πλήρη εικόνα της κατάστασης. Πιθανοί παράγοντες επιρροής είναι το γεγονός ότι η ασύρματη πρόσβαση είναι μια νεότερη τεχνολογία, άρα οι αγορές ίσως να ήταν περισσότερο «έτοιμες» μιας και υπήρχε ήδη η ενσύρματη, συν το γεγονός ότι η ασύρματη πρόσβαση διευκολύνει το μεγαλύτερο μέρος το χρηστών μιας και μπορούν να συνδεθούν στο διαδίκτυο από οπουδήποτε. Επίσης, σημαντικό ρόλο έπαιξε πιθανότατα η ραγδαία ανάπτυξη σε άλλους τομείς τεχνολογίας όπως των «έξυπνων» κινητών συσκευών (smartphones), των ταμπλετών καθώς και

των ταχύτερων δικτύων 3G και 4G. Όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να συμπεριληφθούν στην πρόβλεψη για το κοντινό μέλλον διότι απ'οτι φαίνεται η διαδικασία δεν είναι τόσο απλή. Επίσης, παρατηρούμε ότι χώρες με μικρό ρυθμό διείσδυσης της ενσύρματης πρόσβασης έχουν σημαντικά μεγαλύτερο ρυθμό διείσδυσης της ασύρματης, σε σημείο να «μεταβούν» στο σύνολο με τους μεγάλους ρυθμούς, όπως φαίνεται στα σχήματα 21 και 22. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην πιθανότητα που αναφέραμε νωρίτερα, ότι δηλαδή μπορεί να δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες προϋποθέσεις και υποδομές εξαιτίας της ενσύρματης, έτσι ώστε η υιοθέτηση της ασύρματης, ως πιο καινούργιας τεχνολογίας, να ήταν ομαλότερη, ευκολότερη και συνεπώς γρηγορότερη. Τέλος, από τα δεδομένα του 2014, μπορούμε να εξάγουμε δύο συμπεράσματα. Το πρώτο είναι ότι η πλειοψηφία των χωρών έφτασε σε πολύ υψηλότερο σημείο κορεσμού της αγοράς για την ασύρματη πρόσβαση, πολύ πιο γρήγορα από την ενσύρματη προσβαση. Επίσης, από το σχήμα 23 βλέπουμε ότι αρκετές χώρες έχουν ποσοστά διείσδυσης της τεχνολογίας μεγαλύτερα του 100%. Κάτι τέτοιο δικαιολογείται από το γεγονός ότι πολλοί χρήστες έχουν δύο ή τρεις συνδέσεις κινητών τηλεφώνων, έναν προσωπικό αριθμό και έναν επαγγελματικό, καθώς και μεγάλο μέρος των μέσων χρηστών έχει μια συσκευή-ταμπλέτα (tablet) οι οποίες δέχονται κάρτες SIM και μπορούν να συνδεθούν στο διαδίκτυο. Άρα σε έναν χρήστη, μπορεί να αντιστοιχούν παραπάνω από μία συνδέσεις. Το δεύτερο συμπέρασμα είναι ότι οι χώρες αυτές με επίπεδο διείσδυσης μεγαλύτερο του 100% είτε έχουν εταιρείες κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων ή ταμπλετών (Ηνωμένες Πολιτείες, Κορέα, μέχρι πριν λίγο καιρό και η Φινλανδία) είτε είναι γειτονικές σε αυτές και υπάρχει ένα τεράστιο πλήθος συναλλαγών και συνεργασιών μεταξύ τους (Ιαπωνία, Σουηδία, Δανία). Σε αντίθεση, παρατηρούμε ότι οι χώρες με επίπεδο διείσδυσης μικρότερο του 50% είναι χώρες με μικρές οικονομίες ή αναπτυσσόμενες χώρες ή χώρες με οικονομική κρίση. Άρα είναι αναμενόμενο αυτές οι χώρες να μην έχουν την οικονομική δυνατότητα ή δύναμη να υποστηρίξουν μεγάλο πλήθος κινητών συνδέσεων, μιας και προτεραιότητα έχουν άλλες ανάγκες για τους χρήστες.

Κλείνοντας, αναφέρουμε ότι παρά το γεγονός ότι μια καινοτομία (στη συγκεκριμένη περίπτωση, τα δύο είδη πρόσβασης στο διαδίκτυο) αυτή καθαυτή παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο πως θα διαχυθεί σε μία αγορά, είδαμε ότι επιδρούν και πολλοί επιπλέον παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες συνήθως είναι η νομοθεσία της εκάστως χώρας, η ωριμότητα προηγούμενων τεχνολογιών ή γενεών της ίδια τεχνολογίας, η επιρροή ενός συνόλου χρηστών σε κάποιο άλλο με το οποίο συναναστρέφεται, η τιμή της καινοτομίας, ακόμα και οι γειτονικές χώρες και αγορές. Συνεπώς, απαιτείται μια λεπτομερής έρευνα για κάθε χώρα-αγορά σε συνδυασμό με τη χρήση των παραπάνω μαθηματικών μοντέλων, όταν πρόκειται να διαχυθεί μια καινοτομία σε μία αγορά. Η παρούσα πτυχιακή εργασία, έδειξε μια πιθανή χρήση των μαθηματικών μοντέλων και αξιολόγησε τα αποτελέσματά τους. Πιθανοί τομείς περαιτέρω έρευνας είναι η χρήση των μοντέλων που παρουσιάστηκαν με επιπλέον τροποποιήσεις για την ακριβέστερη πρόβλεψη της διείσδυσης της ασύρματης πρόσβασης. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η συσχέτιση μεταξύ χωρών που βρίσκονται κοντά γεωγραφικά καθώς και η επιρροή που ασκεί η αγορά μιας χώρας με εταιρείες κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων ή τηλεπικοινωνιακών δικτύων, στις αγορές των χωρών με τις οποίες συνεργάζονται και εμπορεύονται.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενογλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Wired	Ενσύρματη
Wireless	Ασύρματη
Broadband service	Ευρυζωνική Υπηρεσία
Diffusion	Διάχυση
Aggregate Diffusion Model	Μοντέλο Αθροιστικής Διάχυσης
Cluster	Σύμπλεγμα
Internet	Διαδίκτυο
Innovation	Καινοτομία
Critical Mass	Κρίσιμη Μάζα
Imitator	Μιμητής
Saturation Level	Επίπεδο Κορεσμού
Adopter	Αποδέκτης
Majority	Πλειοψηφία
Laggard	Τελευταίος Αποδέκτης
Forecasting	Πρόβλεψη
Forecasting Accuracy	Ακρίβεια Πρόβλεψης
Trend Analysis	Ανάλυση Τάσης
Modeling	Διαμόρφωση
Mean Absolute Error	Μέσο Απόλυτο Σφάλμα
Mean Squared Error	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα
Mean Absolute Percentage Error	Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα
Choice Based	Βασισμένο στην επιλογή
Multinational, Crossnational	Διεθνής
Demand	Ζήτηση
Generation Substitution	Αντικατάσταση Γενιάς
S-shaped Curve	Σιγμοειδής Καμπύλη
Coefficient	Σταθερά
Fundamental	Θεμελιώδης
External, Internal, Mixed Influence	Εξωτερική, Εσωτερική, Ανάμικτη Επιρροή
Word of Mouth	Από στόμα σε στόμα
Market Potential	Δυνητική Αγοράς
Logistic	Λογιστικός
Flexible Logistic	Ευέλικτος Λογιστικός
Inflection point	Σημείο Καμπής
Leasing	Χρηματοδοτική Μίσθωση
Fiber to the	Τεχνολογία οπτικών ινών
Download speed	Ταχύτητα κατεβάσματος δεδομένων
Spreadsheet	Υπολογιστικό Φύλλο
Data Fitting	Εφαρμογή Δεδομένων
Withheld Sample	Κρατούμενο Δείγμα
Training Data	Δεδομένα Εκπαίδευσης

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Ο.Ο.Σ.Α.	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
Μ.Μ.Ε.	Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης
Μ.Α.Ε.	Mean Absolute Error
Μ.Σ.Ε.	Mean Squared Error
Μ.Α.Π.Ε.	Mean Absolute Percentage Error
Ι.Σ.Δ.Ν.	Integrated Services Digital Network
Α.Δ.Σ.Λ	Asymmetric Digital Subscriber Line
FLOG	Flexible Logistic
Λ.Α.Ν.	Local Area Network
Β.Π.Λ.	Broadband over Power Line
Η.Τ.Τ.Π.	HyperText Transfer Protocol
Ι.Π.	Internet Protocol
Σ.Μ.Σ.	Short Message Service
Μ.Μ.Σ.	Multimedia Messaging Service

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας 2: Παράμετροι S, a, b και MAPE για την Ασύρματη πρόσβαση και για τα 3 μοντέλα

	Gompertz I				Gompertz II				Linear Logistic			
	S	a	b	MAPE	S	a	b	MAPE	S	a	b	MAPE
Australia	0.25	-1.09	0.62	0.040	0.25	2.99	0.64	0.040	0.25	-2.30	1.00	0.025
Austria	0.27	-0.41	0.34	0.020	0.27	1.50	0.34	0.020	0.25	-1.07	0.50	0.025
Belgium	0.37	-0.25	0.25	0.013	0.37	1.28	0.25	0.013	0.35	-0.79	0.36	0.016
Canada	0.83	-0.49	0.06	0.055	0.36	1.00	0.25	0.012	0.34	-0.43	0.34	0.011
Chile	0.12	-0.85	0.34	0.006	0.14	2.41	0.29	0.018	0.10	-1.86	0.65	0.070
Czech Republic	0.17	-1.93	0.80	0.097	0.17	5.60	0.71	0.100	0.16	-4.25	1.55	0.088
Denmark	0.39	-0.34	0.48	0.027	0.39	1.39	0.48	0.027	0.39	-1.00	0.64	0.024
Estonia	0.27	-0.50	0.34	0.003	0.26	2.09	0.43	0.008	0.26	-1.03	0.44	0.007
Finland	0.30	-0.77	0.75	0.041	0.31	1.58	0.59	0.042	0.30	-1.59	1.05	0.034
France	0.40	-0.81	0.34	0.008	0.39	2.25	0.34	0.008	0.37	-1.73	0.54	0.029
Germany	0.37	-0.97	0.39	0.033	0.37	2.62	0.38	0.033	0.35	-2.08	0.62	0.014
Greece	0.29	-2.02	0.40	0.082	0.29	7.56	0.40	0.082	0.21	-5.74	1.24	0.098
Hungary	0.25	-1.18	0.35	0.042	0.25	3.08	0.34	0.047	0.22	-2.68	0.71	0.043
Iceland	0.35	-0.25	0.47	0.024	0.35	1.41	0.53	0.024	0.35	-0.67	0.56	0.023
Ireland	0.24	-1.46	0.49	0.061	0.24	4.28	0.49	0.060	0.22	-3.64	1.11	0.050
Israel	0.25	0.18	0.38	0.002	0.25	1.75	0.60	0.008	0.26	0.12	0.34	0.004
Italy	0.23	-0.72	0.43	0.014	0.23	2.06	0.43	0.014	0.23	-1.63	0.62	0.025
Japan	0.29	-0.09	0.32	0.012	0.27	1.39	0.59	0.055	0.29	-0.58	0.42	0.015
Korea	0.45	0.51	0.11	0.014	0.53	0.75	0.07	0.011	0.49	0.03	0.11	0.011
Luxembourg	0.33	-1.07	0.50	0.029	0.33	2.91	0.50	0.029	0.32	-2.44	0.88	0.036
Mexico	0.13	-1.40	0.32	0.073	0.13	4.07	0.31	0.073	0.12	-3.39	0.67	0.072
Netherlands	0.40	-0.45	0.49	0.012	0.40	1.57	0.49	0.012	0.39	-1.14	0.70	0.016
New Zealand	0.31	-1.17	0.38	0.036	0.32	3.06	0.35	0.039	0.27	-2.63	0.72	0.047
Norway	0.37	-0.67	0.53	0.015	0.37	1.96	0.53	0.015	0.35	-1.54	0.83	0.020
Poland	0.17	-1.36	0.39	0.073	0.17	3.72	0.38	0.073	0.15	-3.28	0.76	0.074
Portugal	0.29	-0.58	0.20	0.043	0.28	1.84	0.23	0.043	0.27	-1.36	0.31	0.052
Slovak Republic	0.17	-1.58	0.38	0.050	0.17	4.91	0.40	0.050	0.14	-4.04	0.97	0.070
Slovenia	0.27	-0.92	0.38	0.008	0.27	2.27	0.35	0.012	0.26	-1.63	0.51	0.010
Spain	0.27	-0.70	0.34	0.018	0.27	2.02	0.34	0.018	0.25	-1.61	0.54	0.022
Sweden	0.33	-0.51	0.53	0.029	0.33	1.69	0.55	0.029	0.32	-1.22	0.74	0.020
Switzerland (2)	0.44	-0.44	0.34	0.038	0.45	1.58	0.35	0.039	0.45	-1.01	0.38	0.051
Turkey	0.11	-1.79	0.51	0.048	0.11	6.01	0.52	0.049	0.10	-4.04	1.03	0.070
United Kingdom	0.35	-0.86	0.44	0.018	0.35	2.36	0.44	0.018	0.33	-1.97	0.72	0.038
United States (2)	0.30	-0.36	0.34	0.020	0.30	1.44	0.35	0.020	0.29	-1.01	0.50	0.018

Πίνακας 3: Παράμετροι S, a, b και MAPE για την Ασύρματη πρόσβαση και για τα 3 μοντέλα

	Gompertz I				Gompertz II				Linear Logistic			
	S	a	b	MAPE	S	a	b	MAPE	S	a	b	MAPE
Australia	1.17	-1.32	1.08	0.047	1.17	3.73	1.08	0.047	1.12	-2.84	1.69	0.090
Austria	0.85	-0.55	0.42	0.023	0.82	1.76	0.44	0.022	0.69	-1.39	0.87	0.030
Belgium	1.60	-1.46	0.29	0.076	2.59	4.55	0.23	0.055	0.95	-3.31	0.77	0.036
Canada	0.47	-2.47	2.21	0.117	0.53	7.89	1.33	0.135	0.45	-5.82	3.91	0.186
Chile	0.64	-1.26	0.41	0.038	0.73	3.64	0.38	0.037	0.43	-2.89	1.01	0.033
Czech Republic	0.90	-1.35	0.58	0.170	0.85	3.91	0.61	0.170	0.66	-3.02	1.32	0.154
Denmark	1.05	-0.70	0.95	0.030	1.05	2.01	0.95	0.030	1.01	-1.53	1.37	0.040
Estonia	1.13	-1.51	0.68	0.073	1.14	4.53	0.67	0.073	0.94	-3.79	1.59	0.107
Finland	1.85	-0.14	0.22	0.049	1.38	0.78	0.33	0.064	2.69	-1.20	0.22	0.038
France	0.79	-0.21	0.28	0.010	0.80	1.24	0.28	0.010	0.71	-0.70	0.45	0.010
Germany	0.40	-3.26	2.72	0.180	0.42	17.77	1.95	0.192	0.41	-9.22	5.06	0.255
Greece	0.48	-0.70	0.76	0.133	0.50	2.00	0.71	0.134	0.46	-1.62	1.20	0.120
Hungary	0.36	-0.99	0.53	0.093	0.53	2.78	0.35	0.086	0.40	-2.21	0.74	0.083
Iceland	1.01	-0.36	0.39	0.027	0.94	1.39	0.45	0.028	0.85	-0.91	0.73	0.029
Ireland	0.81	0.16	0.38	0.020	0.83	0.89	0.37	0.020	0.79	-0.23	0.51	0.019
Israel	0.51	1.75	0.96	0.048	0.51	0.15	0.80	0.047	0.51	1.76	0.94	0.048
Italy	0.64	-0.50	0.64	0.043	0.65	1.63	0.63	0.044	0.64	-1.11	0.81	0.053
Japan	1.12	0.75	0.17	0.065	0.96	0.33	0.30	0.070	0.82	9.26	1.57	0.118
Korea	1.05	1.27	0.73	0.004	1.04	0.28	0.83	0.006	1.02	13.62	2.02	0.045
Luxembourg	0.95	-0.69	0.65	0.063	0.93	1.97	0.67	0.063	0.89	-1.59	1.03	0.067
Mexico	0.31	-2.10	1.01	0.103	0.33	8.15	0.98	0.104	0.24	-6.23	3.17	0.182
Netherlands	0.62	-1.98	1.80	0.078	0.65	6.19	1.45	0.082	0.61	-4.55	3.38	0.114
New Zealand	0.85	-1.65	1.23	0.092	0.86	5.19	1.21	0.091	0.72	-3.96	2.77	0.125
Norway	1.08	0.70	0.20	0.015	0.82	0.32	1.00	0.042	0.77	8.12	1.50	0.076
Poland	0.58	0.52	1.14	0.044	0.63	0.44	0.43	0.029	0.64	0.59	0.47	0.028
Portugal	0.76	-0.36	0.15	0.038	0.60	1.21	0.18	0.042	0.70	-1.01	0.24	0.035
Slovak Republic	1.29	-0.80	0.19	0.056	0.92	1.97	0.26	0.063	0.95	-1.80	0.44	0.054
Slovenia	0.36	-3.16	2.73	0.159	0.40	13.66	1.61	0.192	0.32	-12.90	14.01	0.139
Spain	0.90	-0.20	0.27	0.118	1.24	1.50	0.18	0.110	0.99	-0.90	0.32	0.109
Sweden	1.21	0.38	0.44	0.007	1.22	0.69	0.44	0.007	0.97	12.44	1.86	0.136
Switzerland (2)	0.58	0.34	0.67	0.049	0.58	0.74	0.76	0.050	0.89	-0.47	0.30	0.025
Turkey	0.40	-1.20	0.62	0.028	0.40	3.34	0.62	0.028	0.31	-2.76	1.32	0.043
United Kingdom	0.99	-0.28	0.37	0.010	0.98	1.33	0.37	0.010	0.92	-0.81	0.53	0.012
United States (2)	1.21	-0.14	0.39	0.009	1.21	1.20	0.41	0.008	1.13	-0.64	0.58	0.006

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Πίνακας 4: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz I, για την Ενσύρματη πρόσβαση

Gompertz I					Estimation						Error						MAPE
	S	a	b	MAPE	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	
Australia	0.25	-1.09	0.64	0.05	24.314	24.399	24.461	24.506	24.539	24.563	0.007	0.010	0.015	0.029	0.056	0.086	0.034
Austria	0.25	-0.45	0.41	0.02	23.501	23.706	23.874	24.012	24.125	24.217	0.030	0.040	0.045	0.062	0.077	0.095	0.058
Belgium	0.36	-0.25	0.27	0.02	32.055	32.582	33.050	33.464	33.831	34.154	0.003	0.003	0.007	0.016	0.016	0.016	0.010
Canada	0.36	-0.02	0.24	0.01	31.979	32.459	32.891	33.279	33.627	33.938	0.009	0.016	0.015	0.013	0.005	0.002	0.010
Chile	0.12	-0.85	0.34	0.01	10.967	11.191	11.384	11.549	11.690	11.810	0.053	0.067	0.080	0.095	0.101	0.137	0.089
Czech Republic	0.15	-1.96	0.86	0.11	15.184	15.209	15.226	15.237	15.244	15.249	0.038	0.069	0.085	0.105	0.123	0.138	0.093
Denmark	0.38	-0.33	0.52	0.03	37.650	37.793	37.903	37.988	38.054	38.104	0.001	0.012	0.024	0.042	0.054	0.061	0.032
Estonia	0.26	-0.61	0.38	0.00	24.328	24.631	24.883	25.093	25.269	25.414	0.018	0.033	0.014	0.012	0.009	0.014	0.016
Finland	0.30	-0.79	0.80	0.04	29.456	29.480	29.496	29.507	29.514	29.519	0.021	0.028	0.047	0.054	0.064	0.060	0.046
France	0.39	-0.81	0.35	0.01	34.436	35.092	35.654	36.133	36.542	36.889	0.007	0.014	0.020	0.024	0.029	0.036	0.022
Germany	0.40	-0.92	0.33	0.04	34.443	35.242	35.934	36.530	37.043	37.483	0.036	0.041	0.055	0.058	0.063	0.059	0.052
Greece	0.39	-1.96	0.33	0.10	24.887	26.600	28.149	29.534	30.765	31.850	0.124	0.156	0.163	0.173	0.173	0.169	0.160
Hungary	0.25	-1.18	0.35	0.05	20.965	21.522	22.000	22.410	22.759	23.056	0.002	0.015	0.006	0.005	0.013	0.033	0.012
Iceland	0.34	-0.35	0.55	0.03	33.926	34.033	34.114	34.175	34.222	34.257	0.016	0.007	0.020	0.027	0.043	0.035	0.025
Ireland	0.22	-1.49	0.55	0.07	21.382	21.599	21.766	21.893	21.991	22.065	0.015	0.023	0.039	0.061	0.100	0.131	0.061
Israel	0.25	-0.11	0.48	0.00	24.187	24.283	24.359	24.418	24.465	24.502	0.001	0.013	0.014	0.022	0.026	0.036	0.019
Italy	0.23	-0.73	0.43	0.02	21.888	22.118	22.304	22.456	22.579	22.679	0.010	0.001	0.008	0.006	0.014	0.010	0.008
Japan	0.27	-0.06	0.40	0.01	25.790	25.952	26.085	26.194	26.284	26.358	0.054	0.056	0.057	0.059	0.063	0.065	0.059
Korea	0.56	0.22	0.07	0.01	35.383	35.919	36.445	36.961	37.467	37.962	0.014	0.007	0.002	0.003	0.000	0.001	0.004
Luxembourg	0.34	-1.07	0.49	0.03	32.526	32.843	33.094	33.290	33.445	33.567	0.033	0.024	0.031	0.020	0.028	0.038	0.029
Mexico	0.18	-1.46	0.26	0.08	11.298	11.980	12.614	13.199	13.736	14.227	0.093	0.150	0.188	0.239	0.218	0.224	0.185
Netherlands	0.39	-0.45	0.52	0.01	38.697	38.868	38.999	39.101	39.180	39.241	0.006	0.013	0.018	0.023	0.031	0.038	0.021
New Zealand	0.30	-1.16	0.39	0.04	26.765	27.316	27.778	28.164	28.485	28.751	0.006	0.027	0.034	0.049	0.057	0.078	0.042
Norway	0.36	-0.68	0.56	0.01	35.169	35.314	35.424	35.507	35.570	35.618	0.001	0.019	0.022	0.029	0.037	0.049	0.026
Poland	0.18	-1.32	0.36	0.09	14.855	15.285	15.654	15.969	16.237	16.463	0.003	0.050	0.003	0.034	0.038	0.044	0.029
Portugal	0.20	-0.56	0.44	0.03	18.853	19.012	19.141	19.246	19.331	19.399	0.107	0.125	0.153	0.171	0.199	0.221	0.163
Slovak Republic	0.16	-1.59	0.42	0.06	13.759	14.127	14.432	14.685	14.893	15.063	0.005	0.012	0.023	0.031	0.047	0.070	0.031
Slovenia	0.25	-1.15	0.48	0.01	23.590	23.866	24.086	24.261	24.400	24.510	0.007	0.012	0.013	0.023	0.028	0.055	0.023
Spain	0.27	-0.70	0.35	0.02	24.214	24.628	24.981	25.283	25.539	25.757	0.011	0.019	0.014	0.001	0.029	0.044	0.020
Sweden	0.33	-0.51	0.52	0.03	32.823	32.976	33.094	33.186	33.257	33.312	0.027	0.029	0.027	0.027	0.016	0.001	0.021
Switzerland (2)	0.38	-0.49	0.49	0.03	37.136	37.336	37.493	37.616	37.713	37.788	0.077	0.095	0.120	0.148	0.166	0.201	0.135
Turkey	0.11	-1.79	0.51	0.06	10.266	10.443	10.582	10.691	10.775	10.841	0.002	0.009	0.009	0.007	0.037	0.048	0.019
United Kingdom	0.33	-0.88	0.48	0.01	32.145	32.423	32.642	32.816	32.953	33.061	0.026	0.042	0.047	0.064	0.073	0.087	0.057
United States (2)	0.30	-0.35	0.35	0.02	27.720	28.036	28.304	28.530	28.721	28.882	0.001	0.006	0.015	0.021	0.033	0.044	0.020

Πίνακας 5: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz II, για την Ενσύρματη πρόσβαση

Gompertz II					Estimation						Error						MAPE
	S	a	b	MAPE	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	
Australia	0.25	2.96	0.64	0.05	24.282	24.366	24.428	24.473	24.505	24.529	0.005	0.012	0.016	0.031	0.057	0.087	0.035
Austria	0.25	1.56	0.41	0.02	23.518	23.726	23.896	24.035	24.149	24.243	0.029	0.039	0.044	0.061	0.076	0.094	0.057
Belgium	0.36	1.28	0.27	0.02	31.973	32.489	32.946	33.350	33.707	34.021	0.005	0.005	0.010	0.019	0.020	0.020	0.013
Canada	0.36	1.01	0.24	0.01	31.882	32.353	32.776	33.155	33.495	33.799	0.006	0.013	0.011	0.009	0.001	0.002	0.007
Chile	0.15	1.84	0.22	0.01	11.236	11.567	11.872	12.152	12.407	12.640	0.030	0.035	0.041	0.048	0.046	0.076	0.046
Czech Republic	0.15	7.25	0.88	0.12	15.340	15.363	15.378	15.387	15.394	15.398	0.028	0.060	0.075	0.096	0.114	0.130	0.084
Denmark	0.38	1.39	0.51	0.03	37.660	37.810	37.926	38.015	38.085	38.139	0.001	0.012	0.023	0.041	0.053	0.060	0.032
Estonia	0.27	1.65	0.34	0.00	24.467	24.815	25.112	25.365	25.580	25.763	0.012	0.040	0.023	0.023	0.004	0.000	0.017
Finland	0.29	2.36	0.87	0.04	29.234	29.248	29.258	29.264	29.268	29.270	0.028	0.036	0.055	0.061	0.072	0.068	0.053
France	0.39	2.24	0.34	0.01	34.508	35.173	35.742	36.228	36.643	36.996	0.005	0.011	0.018	0.022	0.027	0.034	0.019
Germany	0.41	2.53	0.32	0.04	34.820	35.669	36.408	37.048	37.601	38.078	0.047	0.054	0.069	0.073	0.079	0.076	0.066
Greece	0.34	7.07	0.35	0.10	23.577	24.963	26.188	27.261	28.194	29.001	0.065	0.085	0.082	0.082	0.075	0.064	0.076
Hungary	0.25	3.24	0.35	0.05	20.964	21.521	22.000	22.409	22.758	23.055	0.002	0.015	0.005	0.005	0.013	0.033	0.012
Iceland	0.34	1.42	0.55	0.03	33.939	34.045	34.125	34.186	34.233	34.268	0.016	0.007	0.020	0.027	0.043	0.035	0.025
Ireland	0.23	4.26	0.50	0.07	21.488	21.784	22.017	22.200	22.345	22.458	0.010	0.014	0.028	0.048	0.086	0.115	0.050
Israel	0.25	0.99	0.44	0.00	24.267	24.380	24.471	24.545	24.604	24.652	0.003	0.009	0.009	0.017	0.021	0.030	0.015
Italy	0.23	2.07	0.43	0.02	21.879	22.107	22.293	22.444	22.567	22.666	0.010	0.001	0.007	0.005	0.013	0.009	0.008
Japan	0.27	1.06	0.40	0.01	25.787	25.949	26.082	26.191	26.280	26.354	0.054	0.056	0.057	0.059	0.063	0.065	0.059
Korea	0.54	0.76	0.07	0.01	35.042	35.545	36.038	36.521	36.994	37.458	0.023	0.018	0.013	0.014	0.013	0.012	0.015
Luxembourg	0.34	2.93	0.49	0.03	32.523	32.839	33.088	33.284	33.438	33.559	0.032	0.024	0.031	0.019	0.028	0.038	0.029
Mexico	0.16	4.24	0.29	0.08	11.104	11.669	12.182	12.645	13.060	13.431	0.074	0.120	0.147	0.187	0.158	0.155	0.140
Netherlands	0.39	1.58	0.52	0.01	38.697	38.867	38.999	39.101	39.180	39.241	0.006	0.013	0.018	0.023	0.031	0.038	0.021
New Zealand	0.30	3.20	0.39	0.04	26.769	27.321	27.783	28.169	28.490	28.757	0.006	0.027	0.034	0.049	0.057	0.078	0.042
Norway	0.36	1.98	0.56	0.01	35.169	35.314	35.424	35.507	35.570	35.618	0.001	0.019	0.022	0.029	0.037	0.049	0.026
Poland	0.17	3.72	0.38	0.09	14.565	14.940	15.257	15.524	15.748	15.936	0.022	0.026	0.029	0.005	0.007	0.010	0.017
Portugal	0.20	1.75	0.43	0.03	18.879	19.043	19.176	19.284	19.371	19.442	0.106	0.124	0.151	0.169	0.197	0.219	0.161
Slovak Republic	0.15	4.82	0.41	0.08	13.012	13.365	13.660	13.904	14.105	14.272	0.059	0.065	0.075	0.083	0.097	0.119	0.083
Slovenia	0.31	2.02	0.26	0.01	24.885	25.572	26.192	26.749	27.248	27.694	0.048	0.059	0.073	0.077	0.085	0.068	0.068
Spain	0.27	2.02	0.35	0.02	24.214	24.628	24.982	25.283	25.540	25.758	0.011	0.019	0.014	0.001	0.029	0.044	0.020
Sweden	0.33	1.66	0.52	0.03	32.818	32.971	33.089	33.181	33.251	33.306	0.027	0.029	0.027	0.027	0.016	0.000	0.021
Switzerland (2)	0.39	1.65	0.49	0.03	37.516	37.732	37.901	38.034	38.139	38.222	0.068	0.086	0.110	0.139	0.157	0.192	0.125
Turkey	0.11	5.99	0.52	0.06	10.264	10.436	10.572	10.677	10.759	10.823	0.001	0.008	0.008	0.008	0.039	0.050	0.019
United Kingdom	0.34	2.42	0.48	0.01	32.272	32.554	32.777	32.954	33.093	33.204	0.022	0.038	0.043	0.060	0.069	0.083	0.053
United States (2)	0.30	1.43	0.36	0.02	27.718	28.033	28.299	28.524	28.714	28.874	0.001	0.007	0.015	0.021	0.033	0.045	0.020

Πίνακας 6: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο, για την Ενσύρματη πρόσβαση

Linear Logistic					Estimation						Error						MAPE
	S	a	b	MAPE	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	
Australia	0.24	-2.35	1.05	0.02	24.155	24.169	24.177	24.182	24.185	24.187	0.000	0.020	0.026	0.042	0.070	0.100	0.043
Austria	0.24	-1.04	0.56	0.02	23.309	23.446	23.551	23.630	23.691	23.737	0.038	0.050	0.058	0.077	0.094	0.113	0.072
Belgium	0.34	-0.83	0.42	0.02	31.658	32.024	32.326	32.575	32.779	32.947	0.015	0.020	0.029	0.042	0.047	0.051	0.034
Canada	0.34	-0.43	0.35	0.01	31.677	32.058	32.387	32.668	32.909	33.114	0.001	0.004	0.001	0.005	0.017	0.022	0.008
Chile	0.12	-1.61	0.48	0.01	10.908	11.091	11.238	11.357	11.452	11.528	0.058	0.075	0.092	0.110	0.119	0.157	0.102
Czech Republic	0.15	-4.20	1.62	0.09	14.560	14.560	14.560	14.560	14.561	14.561	0.077	0.109	0.125	0.145	0.162	0.177	0.133
Denmark	0.38	-0.97	0.67	0.02	37.533	37.625	37.691	37.738	37.772	37.796	0.002	0.017	0.029	0.048	0.061	0.069	0.038
Estonia	0.26	-1.03	0.44	0.00	24.438	24.744	24.995	25.200	25.367	25.503	0.013	0.037	0.019	0.016	0.005	0.010	0.017
Finland	0.29	-1.65	1.14	0.03	29.114	29.118	29.120	29.122	29.122	29.123	0.032	0.040	0.060	0.066	0.077	0.073	0.058
France	0.34	-1.82	0.63	0.02	32.859	33.116	33.307	33.447	33.550	33.626	0.053	0.069	0.085	0.097	0.109	0.122	0.089
Germany	0.34	-2.07	0.63	0.02	33.053	33.380	33.623	33.802	33.934	34.031	0.006	0.014	0.013	0.021	0.026	0.039	0.020
Greece	0.19	-5.69	1.28	0.07	19.226	19.275	19.300	19.314	19.321	19.325	0.132	0.162	0.203	0.233	0.264	0.291	0.214
Hungary	0.21	-2.66	0.73	0.04	20.166	20.345	20.472	20.562	20.624	20.668	0.036	0.041	0.064	0.078	0.106	0.133	0.076
Iceland	0.34	-0.92	0.74	0.02	33.649	33.699	33.733	33.757	33.774	33.786	0.024	0.017	0.031	0.039	0.056	0.049	0.036
Ireland	0.21	-3.67	1.15	0.04	20.781	20.802	20.813	20.820	20.824	20.826	0.043	0.059	0.081	0.107	0.148	0.180	0.103
Israel	0.26	0.10	0.35	0.00	24.533	24.708	24.857	24.983	25.090	25.181	0.014	0.004	0.006	0.001	0.001	0.009	0.006
Italy	0.22	-1.61	0.64	0.03	21.392	21.517	21.609	21.676	21.726	21.762	0.032	0.028	0.024	0.029	0.025	0.031	0.028
Japan	0.26	-0.50	0.50	0.02	25.666	25.793	25.892	25.970	26.031	26.078	0.059	0.062	0.064	0.067	0.072	0.075	0.066
Korea	0.57	-0.23	0.08	0.01	35.309	35.873	36.430	36.981	37.525	38.062	0.016	0.008	0.002	0.002	0.001	0.004	0.006
Luxembourg	0.32	-2.45	0.91	0.04	31.439	31.498	31.535	31.558	31.573	31.582	0.002	0.018	0.018	0.033	0.029	0.095	0.033
Mexico	0.12	-3.43	0.65	0.09	10.882	11.230	11.496	11.696	11.846	11.956	0.053	0.078	0.083	0.098	0.051	0.028	0.065
Netherlands	0.39	-1.14	0.73	0.01	38.307	38.381	38.433	38.469	38.494	38.512	0.016	0.025	0.032	0.038	0.048	0.056	0.036
New Zealand	0.26	-2.58	0.76	0.03	25.229	25.389	25.499	25.574	25.626	25.662	0.052	0.096	0.114	0.136	0.151	0.177	0.121
Norway	0.35	-1.55	0.86	0.01	34.607	34.646	34.671	34.688	34.699	34.706	0.017	0.038	0.043	0.052	0.061	0.073	0.047
Poland	0.15	-3.28	0.81	0.09	14.215	14.339	14.423	14.479	14.517	14.542	0.046	0.015	0.082	0.062	0.072	0.078	0.059
Portugal	0.18	-1.32	0.67	0.04	18.032	18.095	18.140	18.173	18.196	18.213	0.146	0.168	0.197	0.217	0.246	0.269	0.207
Slovak Republic	0.12	-3.99	1.03	0.05	12.390	12.432	12.457	12.471	12.480	12.486	0.104	0.130	0.157	0.177	0.201	0.229	0.167
Slovenia	0.21	-3.19	1.01	0.03	21.372	21.409	21.431	21.445	21.453	21.458	0.100	0.114	0.122	0.136	0.146	0.172	0.132
Spain	0.24	-1.57	0.59	0.02	23.324	23.510	23.649	23.755	23.834	23.893	0.047	0.028	0.040	0.061	0.094	0.113	0.064
Sweden	0.33	-1.20	0.72	0.02	32.363	32.434	32.483	32.518	32.542	32.559	0.012	0.012	0.008	0.006	0.006	0.022	0.011
Switzerland (2)	0.37	-1.08	0.64	0.03	36.737	36.860	36.950	37.015	37.062	37.097	0.087	0.107	0.132	0.162	0.181	0.215	0.147
Turkey	0.09	-3.96	1.04	0.07	9.378	9.406	9.422	9.432	9.438	9.442	0.085	0.091	0.102	0.124	0.157	0.171	0.122
United Kingdom	0.31	-1.96	0.81	0.02	30.556	30.631	30.681	30.715	30.737	30.753	0.074	0.095	0.104	0.124	0.136	0.151	0.114
United States (2)	0.28	-1.00	0.54	0.02	27.562	27.744	27.885	27.993	28.077	28.141	0.005	0.017	0.029	0.039	0.055	0.069	0.036

Πίνακας 7: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz I, για την Ασύρματη πρόσβαση

Gompertz I					Estimation						Error						MAPE
	S	a	b	MAPE	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	
Australia	0.87	-1.73	2.21	0.07	85.155	86.448	86.880	87.024	87.072	87.087	0.069	0.113	0.146	0.224	0.239	0.244	0.172
Austria	0.58	-0.27	0.58	0.01	42.372	45.783	48.520	50.680	52.363	53.662	0.084	0.114	0.167	0.197	0.191	0.184	0.156
Belgium	0.28	-0.64	0.39	0.06	13.648	15.484	17.177	18.707	20.066	21.257	0.285	0.402	0.480	0.592	0.611	0.647	0.503
Canada	0.32	-3.06	3.58	0.01	32.183	32.258	32.270	32.272	32.273	32.273	0.180	0.221	0.305	0.358	0.394	0.421	0.313
Chile	0.25	-1.00	0.67	0.03	15.133	17.484	19.384	20.866	21.995	22.838	0.162	0.238	0.318	0.325	0.386	0.468	0.316
Czech Republic	0.26	-0.07	0.21	0.19	14.034	14.960	15.844	16.683	17.474	18.217	0.696	0.696	0.705	0.720	0.721	0.748	0.714
Denmark	0.81	-0.99	2.01	0.02	79.201	80.098	80.430	80.552	80.597	80.613	0.061	0.124	0.175	0.180	0.213	0.277	0.172
Estonia	0.44	-1.62	1.58	0.15	40.111	42.286	43.310	43.783	43.999	44.097	0.095	0.330	0.415	0.509	0.515	0.545	0.402
Finland	0.83	1.70	2.77	0.05	82.711	82.722	82.725	82.726	82.726	82.726	0.084	0.157	0.236	0.277	0.329	0.371	0.242
France	0.49	0.22	0.61	0.01	41.288	43.223	44.705	45.826	46.669	47.298	0.036	0.070	0.113	0.132	0.165	0.217	0.122
Germany	0.28	-6.42	9.16	0.03	27.705	27.705	27.705	27.705	27.705	27.705	0.210	0.285	0.326	0.357	0.486	0.561	0.371
Greece	0.43	-0.62	0.81	0.17	33.388	36.228	38.252	39.662	40.629	41.287	0.101	0.101	0.165	0.157	0.122	0.080	0.121
Hungary	0.27	-0.39	0.17	0.12	10.546	11.421	12.287	13.138	13.970	14.778	0.422	0.424	0.494	0.502	0.495	0.551	0.481
Iceland	0.65	-0.16	0.83	0.05	56.026	58.907	60.891	62.239	63.146	63.753	0.041	0.089	0.155	0.167	0.175	0.255	0.147
Ireland	0.52	0.75	1.21	0.03	50.635	51.164	51.454	51.613	51.700	51.747	0.162	0.177	0.216	0.222	0.253	0.289	0.220
Israel	0.48	3.59	3.25	0.08	47.522	47.522	47.522	47.523	47.523	47.523	0.078	0.083	0.072	0.075	0.059	0.062	0.072
Italy	0.55	-0.46	0.84	0.02	45.103	48.199	50.349	51.814	52.801	53.460	0.012	0.019	0.049	0.087	0.191	0.199	0.093
Japan	0.80	1.00	2.40	0.02	79.726	79.777	79.792	79.797	79.798	79.798	0.027	0.051	0.066	0.265	0.286	0.312	0.168
Korea	0.93	1.54	2.81	0.03	93.256	93.270	93.273	93.274	93.274	93.274	0.087	0.087	0.095	0.094	0.101	0.114	0.096
Luxembourg	0.61	-0.74	1.50	0.07	57.737	59.264	60.001	60.352	60.519	60.598	0.096	0.081	0.244	0.264	0.297	0.297	0.213
Mexico	0.47	-2.14	0.93	0.09	20.474	27.842	33.762	38.101	41.101	43.103	0.241	0.321	0.433	0.416	0.222	0.079	0.285
Netherlands	0.24	-1.10	0.79	0.56	16.118	18.454	20.211	21.486	22.388	23.015	0.693	0.684	0.670	0.674	0.651	0.657	0.672
New Zealand	0.53	-2.56	3.40	0.07	53.009	53.122	53.143	53.147	53.147	53.147	0.206	0.203	0.255	0.360	0.381	0.444	0.308
Norway	0.77	1.05	2.38	0.01	77.041	77.091	77.106	77.110	77.112	77.112	0.002	0.043	0.086	0.112	0.147	0.180	0.095
Poland	0.51	0.98	2.05	0.00	50.792	50.865	50.891	50.901	50.904	50.905	0.045	0.142	0.191	0.137	0.169	0.128	0.135
Portugal	0.26	1.28	0.94	0.02	24.843	25.093	25.250	25.350	25.412	25.451	0.098	0.078	0.231	0.218	0.323	0.330	0.213
Slovak Republic	0.28	0.35	1.01	0.03	26.078	26.669	27.033	27.255	27.390	27.472	0.279	0.270	0.324	0.403	0.505	0.550	0.388
Slovenia	0.24	-10.61	17.77	0.01	24.421	24.421	24.421	24.421	24.421	24.421	0.168	0.247	0.316	0.347	0.399	0.445	0.320
Spain	0.35	9.44	3.46	0.11	35.469	35.469	35.469	35.469	35.469	35.469	0.459	0.266	0.347	0.401	0.482	0.516	0.412
Sweden	0.89	0.75	1.37	0.02	87.449	88.115	88.453	88.623	88.709	88.753	0.101	0.133	0.156	0.179	0.192	0.216	0.163
Switzerland (2)	0.48	0.09	2.11	0.01	48.096	48.243	48.295	48.313	48.319	48.321	0.057	0.097	0.128	0.195	0.244	0.302	0.170
Turkey	0.36	-1.18	0.65	0.02	19.074	22.790	25.915	28.435	30.405	31.912	0.042	0.037	0.016	0.023	0.058	0.160	0.056
United Kingdom	0.64	0.00	0.78	0.01	55.754	58.371	60.212	61.490	62.371	62.974	0.010	0.071	0.118	0.156	0.192	0.208	0.126
United States (2)	0.81	0.06	0.86	0.03	72.415	75.216	77.094	78.338	79.156	79.693	0.076	0.112	0.150	0.179	0.214	0.214	0.158

Πίνακας 8: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το μοντέλο Gompertz II, για την Ασύρματη πρόσβαση

Gompertz II					Estimation						Error						MAPE
	S	a	b	MAPE	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	
Australia	0.85	5.73	2.27	0.07	82.903	84.015	84.376	84.492	84.530	84.542	0.094	0.138	0.171	0.247	0.261	0.266	0.196
Austria	0.61	1.34	0.54	0.01	42.660	46.340	49.368	51.817	53.772	55.317	0.077	0.103	0.153	0.179	0.169	0.158	0.140
Belgium	0.29	1.97	0.39	0.06	13.845	15.798	17.612	19.262	20.737	22.036	0.275	0.390	0.467	0.580	0.598	0.634	0.491
Canada	0.60	10.32	1.81	0.20	53.630	57.291	58.840	59.477	59.736	59.841	0.367	0.384	0.267	0.184	0.121	0.074	0.233
Chile	0.22	2.57	0.71	0.03	14.152	16.135	17.693	18.877	19.756	20.398	0.216	0.297	0.377	0.389	0.448	0.524	0.375
Czech Republic	0.29	1.17	0.20	0.19	14.142	15.121	16.067	16.976	17.845	18.671	0.694	0.693	0.701	0.715	0.715	0.741	0.710
Denmark	0.87	2.23	1.48	0.03	82.356	84.756	85.926	86.489	86.759	86.888	0.024	0.073	0.119	0.120	0.153	0.221	0.118
Estonia	0.54	4.49	1.18	0.15	42.588	47.267	50.076	51.703	52.626	53.144	0.040	0.251	0.324	0.420	0.420	0.452	0.318
Finland	0.83	0.10	1.28	0.04	82.973	83.134	83.218	83.263	83.287	83.299	0.081	0.153	0.232	0.273	0.324	0.367	0.238
France	0.40	0.73	1.28	0.03	38.488	39.027	39.314	39.467	39.547	39.589	0.102	0.160	0.220	0.252	0.292	0.345	0.228
Germany	0.40	18.63	2.06	0.30	35.690	38.270	39.237	39.588	39.714	39.760	0.018	0.012	0.045	0.082	0.263	0.370	0.132
Greece	0.43	1.88	0.80	0.17	33.657	36.616	38.746	40.245	41.283	41.995	0.094	0.091	0.154	0.144	0.140	0.099	0.120
Hungary	0.26	1.42	0.19	0.12	10.556	11.428	12.286	13.122	13.934	14.716	0.422	0.424	0.494	0.503	0.497	0.553	0.482
Iceland	0.56	1.04	1.16	0.06	52.487	53.825	54.588	55.020	55.263	55.399	0.102	0.168	0.242	0.264	0.278	0.353	0.234
Ireland	0.52	0.47	1.11	0.03	50.809	51.443	51.810	52.021	52.142	52.212	0.159	0.172	0.211	0.216	0.246	0.283	0.215
Israel	0.31	-0.70	0.51	0.03	38.046	36.413	35.197	34.284	33.593	33.067	0.262	0.298	0.313	0.332	0.335	0.347	0.314
Italy	0.49	1.65	1.15	0.03	44.684	46.545	47.627	48.249	48.602	48.803	0.002	0.016	0.101	0.150	0.255	0.269	0.132
Japan	0.77	0.09	1.72	0.01	76.759	76.813	76.836	76.845	76.849	76.851	0.063	0.087	0.100	0.293	0.313	0.338	0.199
Korea	0.97	0.30	1.92	0.01	97.179	97.329	97.386	97.408	97.417	97.420	0.048	0.047	0.055	0.053	0.061	0.075	0.057
Luxembourg	0.55	2.72	2.22	0.05	54.700	55.091	55.220	55.263	55.277	55.282	0.144	0.145	0.305	0.326	0.358	0.359	0.273
Mexico	0.04	3.69	0.52	0.63	1.421	1.790	2.140	2.456	2.732	2.966	0.914	0.915	0.909	0.909	0.919	0.926	0.915
Netherlands	0.69	6.94	1.63	0.14	61.515	65.664	67.585	68.452	68.839	69.011	0.171	0.123	0.105	0.038	0.072	0.027	0.089
New Zealand	0.70	5.71	1.55	0.10	62.438	66.567	68.561	69.500	69.937	70.140	0.064	0.001	0.039	0.163	0.186	0.266	0.120
Norway	0.76	0.23	1.70	0.01	76.217	76.362	76.424	76.451	76.462	76.467	0.009	0.052	0.094	0.120	0.154	0.187	0.103
Poland	0.51	0.33	1.75	0.00	50.888	51.014	51.066	51.088	51.097	51.101	0.043	0.139	0.189	0.134	0.166	0.125	0.132
Portugal	0.26	0.28	0.92	0.02	24.848	25.104	25.266	25.368	25.433	25.474	0.098	0.078	0.231	0.218	0.322	0.330	0.213
Slovak Republic	0.28	0.69	0.91	0.03	26.089	26.774	27.218	27.503	27.685	27.801	0.279	0.267	0.320	0.397	0.499	0.544	0.384
Slovenia	0.69	12.67	1.29	0.37	41.735	53.086	60.236	64.370	66.653	67.885	0.422	0.636	0.687	0.722	0.641	0.544	0.609
Spain	0.35	-0.06	1.27	0.11	34.970	34.929	34.908	34.897	34.891	34.887	0.467	0.277	0.357	0.411	0.491	0.524	0.421
Sweden	0.98	0.49	0.77	0.02	90.923	93.014	94.463	95.461	96.146	96.615	0.065	0.085	0.099	0.116	0.125	0.146	0.106
Switzerland (2)	0.50	0.71	1.42	0.02	48.924	49.440	49.697	49.823	49.886	49.917	0.041	0.074	0.103	0.170	0.220	0.279	0.148
Turkey	0.32	3.21	0.72	0.02	18.882	22.179	24.819	26.848	28.363	29.473	0.051	0.063	0.058	0.077	0.122	0.224	0.099
United Kingdom	0.57	0.99	1.17	0.02	53.659	54.942	55.671	56.083	56.314	56.443	0.047	0.126	0.184	0.230	0.270	0.291	0.191
United States (2)	0.79	0.77	0.75	0.02	70.571	73.203	75.064	76.368	77.276	77.905	0.099	0.136	0.173	0.200	0.232	0.232	0.179

Πίνακας 9: Παράμετροι S, a, b, πρόβλεψη, απλό σφάλμα και MAPE για το Γραμμικό Λογιστικό μοντέλο, για την Ασύρματη πρόσβαση

Linear Logistic					Estimation						Error						MAPE
	S	a	b	MAPE	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	2011-Q4	2012-Q2	2012-Q4	2013-Q2	2013-Q4	2014-Q2	
Australia	0.84	-3.55	3.78	0.09	83.672	83.866	83.895	83.900	83.900	83.900	0.085	0.139	0.175	0.252	0.267	0.272	0.198
Austria	0.52	-0.80	0.90	0.01	42.423	45.569	47.836	49.407	50.466	51.166	0.082	0.118	0.179	0.217	0.220	0.222	0.173
Belgium	0.31	-1.80	0.67	0.04	14.624	17.233	19.762	22.086	24.120	25.825	0.234	0.335	0.402	0.519	0.533	0.571	0.432
Canada	0.32	-7.28	7.52	0.01	31.760	31.760	31.760	31.760	31.760	31.760	0.191	0.233	0.316	0.368	0.404	0.430	0.324
Chile	0.18	-2.11	1.47	0.03	14.793	16.260	17.072	17.491	17.699	17.801	0.181	0.291	0.399	0.434	0.506	0.585	0.399
Czech Republic	0.33	-0.99	0.28	0.19	14.360	15.524	16.700	17.875	19.039	20.180	0.689	0.685	0.689	0.700	0.696	0.720	0.696
Denmark	1.02	-1.52	1.30	0.07	86.456	93.207	97.177	99.392	100.591	101.230	0.024	0.019	0.003	0.011	0.018	0.093	0.028
Estonia	0.56	-3.45	2.00	0.14	46.418	52.195	54.702	55.687	56.058	56.196	0.047	0.173	0.262	0.375	0.383	0.420	0.277
Finland	0.96	0.30	0.90	0.08	89.152	91.550	93.145	94.190	94.868	95.305	0.012	0.067	0.140	0.177	0.230	0.276	0.150
France	0.56	-0.34	0.59	0.01	42.034	44.822	47.152	49.052	50.570	51.763	0.019	0.035	0.064	0.071	0.095	0.143	0.071
Germany	0.26	-16.80	21.13	0.03	25.999	25.999	25.999	25.999	25.999	25.999	0.258	0.329	0.367	0.397	0.517	0.588	0.409
Greece	0.51	-1.70	1.05	0.15	36.678	41.503	45.004	47.367	48.885	49.829	0.012	0.030	0.018	0.007	0.350	0.304	0.120
Hungary	0.23	-1.13	0.45	0.12	11.315	12.593	13.838	15.021	16.120	17.117	0.380	0.365	0.430	0.431	0.418	0.480	0.417
Iceland	0.63	-0.36	0.69	0.08	49.771	52.914	55.395	57.299	58.731	59.791	0.148	0.182	0.231	0.233	0.232	0.301	0.221
Ireland	0.67	0.06	0.63	0.02	56.441	59.046	61.104	62.700	63.918	64.838	0.066	0.050	0.069	0.055	0.076	0.110	0.071
Israel	0.48	7.64	-2.98	0.04	26.210	10.288	2.785	0.658	0.150	0.034	0.491	0.802	0.946	0.987	0.997	0.999	0.870
Italy	0.52	-1.12	1.21	0.02	45.138	47.928	49.599	50.559	51.099	51.398	0.013	0.013	0.064	0.109	0.217	0.230	0.108
Japan	0.79	2.31	0.61	0.01	77.719	78.155	78.481	78.723	78.902	79.035	0.052	0.071	0.081	0.275	0.294	0.319	0.182
Korea	1.03	1.22	0.94	0.00	99.861	100.901	101.564	101.983	102.248	102.414	0.022	0.012	0.014	0.009	0.015	0.027	0.017
Luxembourg	0.51	-7.57	14.67	0.02	50.971	50.971	50.971	50.971	50.971	50.971	0.202	0.209	0.358	0.379	0.408	0.409	0.327
Mexico	0.14	-6.19	4.15	0.04	13.852	14.037	14.060	14.063	14.064	14.064	0.161	0.334	0.403	0.477	0.582	0.648	0.434
Netherlands	0.44	-5.87	6.68	0.05	43.960	43.960	43.960	43.960	43.960	43.960	0.163	0.248	0.281	0.334	0.315	0.346	0.281
New Zealand	0.40	-5.78	7.74	0.07	39.515	39.515	39.515	39.515	39.515	39.515	0.408	0.407	0.446	0.524	0.540	0.586	0.485
Norway	0.94	0.96	0.28	0.01	79.224	80.910	82.433	83.804	85.032	86.128	0.030	0.005	0.023	0.035	0.059	0.084	0.039
Poland	0.61	0.79	0.42	0.01	52.483	53.884	55.079	56.088	56.935	57.642	0.013	0.091	0.125	0.049	0.071	0.013	0.060
Portugal	0.42	-0.06	0.19	0.02	25.427	26.386	27.323	28.232	29.113	29.962	0.077	0.031	0.168	0.130	0.224	0.211	0.140
Slovak Republic	0.43	-0.54	0.44	0.03	27.401	29.526	31.481	33.244	34.806	36.166	0.243	0.192	0.213	0.272	0.370	0.407	0.283
Slovenia	0.25	-16.29	21.36	0.01	24.555	24.555	24.555	24.555	24.555	24.555	0.163	0.243	0.312	0.343	0.395	0.441	0.316
Spain	0.49	1.08	-0.12	0.11	33.553	32.904	32.242	31.567	30.879	30.181	0.488	0.319	0.406	0.467	0.549	0.588	0.470
Sweden	0.99	0.47	0.84	0.01	91.674	93.968	95.541	96.607	97.321	97.797	0.058	0.076	0.088	0.105	0.114	0.136	0.096
Switzerland (2)	0.63	-0.07	0.63	0.02	51.303	53.956	56.071	57.723	58.991	59.951	0.006	0.010	0.013	0.038	0.077	0.134	0.046
Turkey	0.21	-2.48	1.72	0.03	17.889	19.451	20.197	20.530	20.674	20.735	0.101	0.178	0.233	0.295	0.360	0.454	0.270
United Kingdom	0.68	-0.50	0.85	0.00	56.661	60.110	62.608	64.360	65.563	66.376	0.006	0.043	0.083	0.116	0.151	0.166	0.094
United States (2)	0.82	-0.14	0.83	0.01	71.943	75.136	77.401	78.971	80.040	80.761	0.082	0.113	0.147	0.172	0.205	0.204	0.154

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Christos Michalakelis, Dimitris Varoutas, Thomas Sphicopoulos, "Diffusion models of mobile telephony in Greece", (2008), Elsevier Business and Management, Telecommunications policy 32, 243-245.
- [2] Christos Michalakelis, Dimitris Varoutas, Thomas Sphicopoulos, "Innovation diffusion with generation substitution effects", (2010), Elsevier Business and Management, Technological Forecasting & Social Change 77, 541-557.
- [3] Μιχαήλ Δημητρίου (2011), «Μοντέλα διείσδυσης σε ευρυζωνικά δίκτυα πρόσβασης», ΠΠΣ Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Πατρών, Διπλωματική Εργασία.
- [4] Βαρουτάς Δημήτριος, Κατσιάνης Δημήτριος, Δεδέ Γεωργία, Μιχαλακέλης Χρήστος, Σημειώσεις για το μάθημα "Τεχνοοικονομική Ανάλυση Δικτύων" (2007), ΠΜΣ "Διοίκηση και Οικονομική των Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων", Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- [5] J. a. C. Eliashberg, R., "Stochastic Issues in Innovation Diffusion Models," in Mahajan, V., and Wind, Y. (Eds), Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance: Bullinger Publishing Company, Cambridge, MA, 1986, pp. 151-199.
- [6] Dijay Mahajan, Robert A. Peterson (1985), "Models for innovation diffusion", Social Science.
- [7] "<http://www.oecd.org/internet/broadband/oecdbroadbandportal.htm>" O.E.C.D. Broadband Portal.
- [8] Διονύσης Φίλιππας (2006), "Οικονομετρικά πρότυπα διάχυσης καινοτομιών", ΠΜΣ "Οικονομικά της παραγωγής και διακλαδικές σχέσεις", Διπλωματική Εργασία.
- [9] J. S. Coleman, E. Katz, H. Menzel (1966), «Medical innovation : A diffusion study», Indianapolis, The Bobbs – Merrill company Inc.
- [10] R. L. Hamblin, R. B. Jacobsen, J. L. L. Miller (1973), « A mathematical theory of social change», New York, Wiley and sons.
- [11] E. Mansfield (1961), «Technical change and the rate of imitation», Econometrica 29, 4, 741-766.
- [12] Z. Griliches (1957), «Hybrid corn: an exploration in the economics of the technological change», Econometrica 25, 4, 501-522.
- [13] Richard D. Bingham (1977), «The diffusion of innovation among local governments». Urban Affairs Review.
- [14] Frank M. Bass (1969), «A new product of consumer durables», Management Science, 15, 215-227.
- [15] Philip Hans Franses (2003), «On the Bass diffusion theory, empirical models and out-of-sample forecasting», Econometric institute, University of Rotterdam.
- [16] Shun-Chen Niu (2002), «A stochastic formulation of the bass model of new product diffusion», Review of marketing science working papers, volume 1, issue 4.
- [17] Dragan Jukic (2011), «Total least squares fitting Bass diffusion model», Journal of mathematical and computer modeling, volume 53, issues 9-10, pages 1756-1770.
- [18] T. A. A. Kauffman Robert J., «International diffusion of digital mobile technology: A coupled-hazard approach» Forthcoming in Information Technology and Management, June 2003.
- [19] R. Bewley and D. G. Fiebig, "A Flexible Logistic Growth-Model with Applications in Telecommunications," International Journal of Forecasting, vol. 4, pp. 177-192, 1998.
- [20] T. A. A. Kauffman Robert J., "Does one standard promote faster growth? An econometric analysis of the international diffusion of wireless technology.," in INFORMS CIST Conference, 2002.
- [21] B. Gompertz, "On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies.," Philosophical Transactions of the Royal Society of London, pp. 115, pp. 513-585, 1825.
- [22] Ramon Gutierrez-Jaimez, Patricia Roman, Desiree Romero, Juan J. Serrano, Francisco Torres (2007), «A new Gompertz-type diffusion process with application to random growth», Mathematical Biosciences 208, 147-165.
- [23] David M. Bradley (1991), «Verhulst's logistic curve», Mathematics Subject Classification, Primary: 26A09, Secondary: 92D25, 34-01.
- [24] A. Botelho and L. C. Pinto, "The diffusion of cellular phones in Portugal," Telecommunications Policy, vol. 28, pp. 427-437, June-July 2004.
- [25] J. C. Fisher, R. H. Pry, "A simple substitution model of technological change.," Technology Forecasting and Social change, vol. 3, pp. 75-88, 1971.
- [26] Nigel Meade, Towhidul Islam (2006), «Modelling and forecasting the diffusion of innovation – a 25 year review», International journal of forecasting, 22, 519-545.
- [27] A. Floyd (1968), «A methodology for trend forecasting of figures of merit», Technological forecasting for industry and government: methods and applications, Prentice hall, New York, pages 95-109.
- [28] M. N. Sharif, C.A. Kabir (1976), «Generalized model for forecasting technological substitution», Technological forecasting and social change, volume 8, pages 353-364.
- [29] A. P. Jeuland (1981), «Parsimonious models of diffusion of innovation: Part A Derivation and Comparisons», working paper, Graduate School of Business, University of Chicago.

Μοντέλα Διάχυσης για την Ενσύρματη και Ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στο Διαδίκτυο σε χώρες του Ο.Ο.Σ.Α.

- [30] Εμμανουήλ Χουστουλάκης (2009), «Υιοθέτηση και διάχυση του διαδικτύου στις ελληνικές μικρομεσαίες επιχειρήσεις: κρίσιμοι παράγοντες», ΠΜΣ «Διδακτική της τεχνολογίας και ψηφιακών συστημάτων», Πανεπιστήμιο Πειραιά, Διπλωματική Εργασία
- [31] Everett M. Rogers (2003), «Diffusion of Innovations», fifth edition, The Free Press, New York.
- [32] P.F. Verhulst (1838), «A note on the law of population growth», Correspondence Mathematique et Physique Publiee par A. Quetelet (Brussels) 10, pages 113-117.
- [33] R. Pearl, L. J. Reed (1920), «On the rate of growth of the population of the United States since 1790 and its mathematical representation», P.N.A.S. Volume 6, Number 6, pages 275-288.
- [34] A. W. Blackman (1972), «A mathematical model for trend forecasts», Technological Forecasting and Social Change 3, 441-452