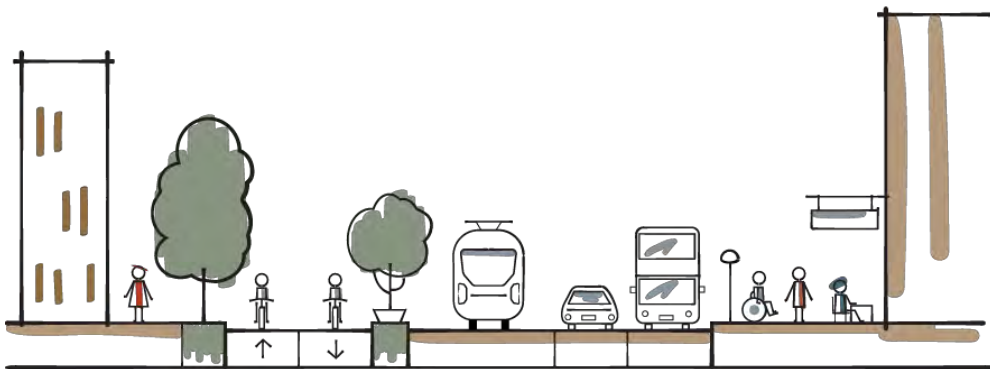


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ
ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**



υπό

ΖΑΦΕΙΡΙΑ ΠΑΠΑΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

2019

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ
ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

υπό

ΖΑΦΕΙΡΙΑ ΠΑΠΑΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

2019

© 2019 Ζαφειρία Παπασακελλαρίου

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς
(Επιβλέπων) Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Ιωάννης Αδάμος
(Συν-επιβλέπων) Εντεταλμένος Λέκτορας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Νικόλαος Ηλιού
Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πολλές ευχαριστίες απευθύνω στον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Δρα. Παντελεήμονα Κοπελιά, καθώς και στον συνεπιβλέποντα καθηγητή Δρα. Ιωάννη Αδάμο για την ολοκληρωμένη και εμπειριστατωμένη καθοδήγησή τους στην προσπάθεια συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας. Συγχρόνως οφείλω να μνημονεύσω τον καθηγητή Δρα. Νικόλαο Ηλιού που μελέτησε την εργασία μου και συνέβαλε με την εμπειρία του στην ολοκλήρωσή της.

Σ' αυτόν τον χαιρετισμό δεν μπορώ να ξεχάσω τη συμβολή της παρέας μου σε αυτά τα πέντε χρόνια των σπουδών μου, με την οποία ζήσαμε αξέχαστες στιγμές που πάντα θα μείνουν εντυπωμένες στη ψυχή μου.

Τέλος, θα πρέπει να εξάρω τη συμβολή της οικογένειας μου που στάθηκε με μεγάλη υπομονή αρωγός κατά τη διάρκεια τόσο των σπουδών μου, όσο και κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Εξαιρετικά αφιερωμένη είναι η παρούσα εργασία στον εκλιπόντα παππού μου Ιερέα Ευθύμιο Καψάλη, καθώς και στην εκλιπούσα γιαγιά μου Ζαφειρία Παπασακελλαρίου, το όνομα της οποίας φέρω.

Ζαφειρία Παπασακελλαρίου

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Ζαφειρία Παπασακελλαρίου

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2019

Επιβλέπων Καθηγητής: Παντελεήμων Κοπελιάς, Επίκουρος Καθηγητής

Συν-επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Αδάμος, Εντεταλμένος Λέκτορας

Περίληψη

Η αλληλεπίδραση χρήσεων γης και μεταφορών είναι ένα περίπλοκο ζήτημα, το οποίο ερευνάται εδώ και πολλά χρόνια, ιδιαίτερα όμως την τελευταία εικοσαετία. Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η λειτουργικότητα των πόλεων, οι οποίες αποτελούν πολύπλοκα συστήματα, επηρεάζονται αρνητικά όταν ο συγκοινωνιακός και πολεοδομικός σχεδιασμός μελετώνται ξεχωριστά. Αντίθετα, έχει αποδειχθεί ότι η σωστή διαχείριση των δύο συστημάτων έχει θετικά αποτελέσματα στο περιβάλλον και την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων. Είναι αναγκαίο, όμως, να λαμβάνονται υπόψη και τα χαρακτηριστικά των ατόμων, τα οποία διαμορφώνουν τις επιλογές τους για τον τρόπο μετακίνησής τους μέσα σε ένα αστικό δίκτυο για την εκπλήρωση των καθημερινών τους δραστηριοτήτων. Γι' αυτόν τον λόγο κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μοντέλων μεταφορών με βάση τις δραστηριότητες που είναι ικανά να εκτιμούν τις επιπτώσεις που επιφέρουν οι αλλαγές στα συστήματα χρήσεων γης και μεταφορών.

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και των ευφύων συστημάτων μεταφορών διευκολύνει την ανάπτυξη ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών, τα οποία με το πέρασμα των χρόνων, τείνουν να μην περιορίζονται σε συνθετικά πρότυπα ανάλυσης (ανάλυση μακρο-κλίμακας), αλλά εντάσσουν μια πιο λεπτομερή ανάλυση που βασίζεται στη μικρο-κλίμακα, δηλαδή ξεκινώντας από τη μελέτη συμπεριφοράς μεμονωμένων ατόμων και καταλήγοντας στη μελέτη ενός μεγαλύτερου συνόλου.

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο εντοπισμός και η αξιολόγηση αυτών των μοντέλων, ώστε να αποδειχθεί εάν και κατά πόσο είναι αποτελεσματικά, να παρουσιαστούν ορισμένες ελλείψεις και αδυναμίες τους και να τεθούν οι βάσεις για την ανάπτυξη μιας νέας γενιάς μοντέλων, η οποία θα λαμβάνει υπόψη νέα δεδομένα που σχετίζονται με την εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα της αστικής δομής και του συστήματος των μεταφορών.

IDENTIFICATION AND EVALUATION OF INTEGRATED LAND USE AND TRANSPORT MODELS

Zafeiria Papasakellariou

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2019

Thesis supervisor: Panteleimon Kopelias, Assistant Professor

Thesis co-supervisor: Giannis Adamos, Adjunct Lecturer

Abstract

The interaction between land use and transportation is a complicated concept, which has been studied for many years and especially during the last two decades. It is remarkable that cities are complicated systems, the functionality of which is affected negatively when transportation and urban planning are separately approached. On the other hand, it has been proved that the coherent management of these systems has positive impacts in environment and social interaction. It is necessary to consider travellers' characteristics, which formulate route or modal choices in daily transportation routine. That's why, the development of activity-based travel models is crucial, since they can incorporate any changes in the system of land use and transportation.

The constant evolvement of technology and intelligent transport systems facilitates the development of integrated land use-transport models, enabling at the same time, the transition from macro-scale to micro-scale analyses.

The aim of this thesis is to indicate and assess integrated land use and transport models, reveal whether the current models are efficient enough, recognize any weaknesses or barriers, and set the grounds for the development of new models, addressing the emerging trends and needs in transport and land use strategic planning.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	11
1.1	Ερευνητική περιοχή	11
1.2	Αντικείμενο – Στόχος.....	13
1.3	Δομή διπλωματικής εργασίας	14
Κεφάλαιο 2	Μεθοδολογία.....	15
Κεφάλαιο 3	Επισκόπηση επιλεγθείσας βιβλιογραφίας.....	18
Κεφάλαιο 4	Αλληλεπίδραση χρήσεων γης και μεταφορών.....	29
4.1	Επίδραση χρήσεων γης στις μεταφορές	29
4.1.1	Πυκνότητα	29
4.1.2	Μεικτή χρήση γης.....	32
4.1.3	Σχεδιασμός δικτύου και υποδομών.....	35
4.1.4	Ενεργή μετακίνηση	37
4.1.5	Πρόσβαση στα μέσα διαμετακόμισης.....	38
4.2	Επίδραση μεταφορών στις χρήσεις γης.....	41
4.2.1	Σχεδιασμός μεταφορών.....	41
4.2.2	Μέσα Μαζικής Μεταφοράς	44
4.2.3	Επίδραση σιδηροδρομικών έργων στην απασχόληση και την οικονομία.....	45
4.2.4	Τερματικοί σταθμοί.....	48
4.3	Σύνοψη Κεφαλαίου 4.....	49
Κεφάλαιο 5	Οικοδομημένο περιβάλλον, μεταφορές και συμπεριφορά μετακινούμενων	52
5.1	Συμπεριφορά μετακινούμενων.....	53
5.1.1	Χαρακτηριστικά χρηστών.....	53
5.1.2	Χαρακτηριστικά μετακινήσεων	59
5.1.3	Χαρακτηριστικά δικτύου μεταφορών	62
5.2	Επίδραση του οικοδομημένου περιβάλλοντος και της συμπεριφοράς των μετακινούμενων στις μεταφορές.....	66
5.2.1	Δραστηριότητες	66
5.2.2	Κοινωνικά δίκτυα.....	73
5.3	Σύνοψη Κεφαλαίου 5.....	78
Κεφάλαιο 6	Ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών.....	80
6.1	Ιστορική εξέλιξη.....	81
6.2	Προσβασιμότητα και βασικά χαρακτηριστικά μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών	87
6.3	Ανάλυση μοντέλων.....	90
6.3.1	Μοντέλο 4-βημάτων	90

6.3.2	Μοντέλα βασισμένα στις τεχνικές μεγιστοποίησης της εντροπίας και τυχαίας μεγιστοποίησης χρησιμότητας.....	91
6.3.3	Μοντέλο βαρύτητας.....	93
6.3.4	Τεχνική οικονομικής βάσης εισόδου-εξόδου.....	95
6.4	Ταξινόμηση ολοκληρωμένων μοντέλων.....	96
6.4.1	Μοντέλα 1 ^{ης} γενιάς.....	97
6.4.2	Μοντέλα 2 ^{ης} γενιάς.....	104
6.4.3	Μοντέλα 3 ^{ης} γενιάς.....	110
6.5	Ελλείψεις και αδυναμίες μοντέλων.....	119
6.6	Παράγοντες επιλογής ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών.....	119
6.7	Σύνοψη Κεφαλαίου 6.....	121
Κεφάλαιο 7 Προκλήσεις και μελλοντική έρευνα.....		123
7.1	Μεγάλα δεδομένα.....	124
7.2	Κινητικότητα ως υπηρεσία.....	126
7.3	Αυτόνομα οχήματα.....	129
7.4	Συνδυασμένη μεταφορά.....	131
7.5	Σύνοψη Κεφαλαίου 6.....	133
Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα.....		135
Βιβλιογραφία.....		138

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Κριτήρια επιλογής των άρθρων.....	16
Πίνακας 3-1: Σύνοψη άρθρων – Αλληλοσυσχέτιση χρήσεων γης και μεταφορών.	20
Πίνακας 3-2: Σύνοψη άρθρων – Οικοδομημένο περιβάλλον, μεταφορές και συμπεριφορά μετακινούμενων.....	21
Πίνακας 3-3: Σύνοψη άρθρων – Ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών.	24
Πίνακας 3-4: Σύνοψη άρθρων – Αναδυόμενες τάσεις και προκλήσεις.....	26
Πίνακας 3-5: Κατηγοριοποίηση άρθρων σύμφωνα με τις θεματικές ενότητες.....	28
Πίνακας 4-1: Παράγοντες χρήσεων γης και επίδραση στη συμπεριφορά των μετακινούμενων.	51
Πίνακας 4-2: Επίδραση των μεταφορών στις χρήσεις γης.....	51
Πίνακας 6-1: Ταξινόμηση ολοκληρωμένων μοντέλων (Πηγή: Timmermans, 2003).	97
Πίνακας 6-2: Σύνοψη 1 ^{ης} γενιάς μοντέλων – Χωροταξικά μοντέλα.	103
Πίνακας 6-3: Σύνοψη 2 ^{ης} γενιάς μοντέλων – Οικονομικά μοντέλα.....	110
Πίνακας 6-4: Σύνοψη 3 ^{ης} γενιάς μοντέλων – Μοντέλα με βάση τις δραστηριότητες.....	118
Πίνακας 6-5: Παράγοντες επιλογής ολοκληρωμένου μοντέλου χρήσεων γης και μεταφορών.	120

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2-1: Μεθοδολογική προσέγγιση διπλωματικής εργασίας.	15
Εικόνα 2-2: Αποτελέσματα συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης σύμφωνα με το πρωτόκολλο επιλογής.....	17

Εικόνα 3-1: Κατανομή άρθρων σε χρονικές περιόδους των 5 ετών.	19
Εικόνα 4-1: Παράδειγμα οδικής συνδεσιμότητας (Πηγή: Neighborhood Streets Project Stakeholder, 2001 in Lamanes, 2016).	32
Εικόνα 4-2: Παράδειγμα μη μεικτής και μεικτής χρήσης γης (Πηγή: Nabil & Abd Eldayem, 2015).....	35
Εικόνα 4-3: Μεταβλητές χρήσεων γης που επηρεάζουν το σύστημα μεταφορών.....	39
Εικόνα 4-4: Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στις αποφάσεις στον σχεδιασμό των μεταφορών (Πηγή: Litman, 2019).....	42
Εικόνα 4-5: Κύκλος εξάρτησης από το αυτοκίνητο (Πηγή: Litman, 2004).....	44
Σχήμα 5-1: Σχηματικό διάγραμμα της αλυσίδας ταξιδιού μιας ημέρας (Πηγή: Zhang et al., 2008).....	54
Σχήμα 5-2: Παράδειγμα μοντέλου με βάση τις δραστηριότητες των ατόμων.	72
Σχήμα 6-1: Χρονολογική ανάπτυξη μοντέλων χρήσης γης και μεταφοράς (Πηγή: Iacono et al., 2008).....	87
Σχήμα 6-2: Κυκλική σχέση μεταξύ χρήσεων γης, μεταφορών, προσβασιμότητας και δραστηριοτήτων (Πηγή: Iacono et al., 2008).	88

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Το 1^ο κεφάλαιο συνοψίζει την περιοχή έρευνας, το κίνητρο και τον στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και περιγράφονται οι βασικές της ενότητες.

1.1 Ερευνητική περιοχή

Η δυνατότητα για μετακίνηση αποτελεί προϋπόθεση για τη διεξαγωγή των καθημερινών δραστηριοτήτων των ανθρώπων που τους εντάσσουν στο κοινωνικό σύνολο. Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες, οι οποίες είναι πιθανόν να αφορούν σε εργασία, αγορές, κοινωνικούς, ψυχαγωγικούς ή άλλους σκοπούς, τα άτομα συναναστρέφονται καθημερινά με τους συνανθρώπους τους και κοινωνικοποιούνται. Οι δραστηριότητες γεννούν μετακινήσεις μέσα στην πόλη και συνδέονται με τις χρήσεις γης και το σύστημα των μεταφορών. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του συγκοινωνιακού και του πολεοδομικού συστήματος διαμορφώνει το δομημένο περιβάλλον και τη μορφή της πόλης. Είναι σύνηθες η μελέτη αυτών των δύο συστημάτων να πραγματοποιείται ξεχωριστά, ωστόσο με δεδομένο ότι αυτά τα δύο συστήματα είναι αλληλένδετα, είναι αναγκαίο να ερευνώνται ταυτόχρονα και να εξετάζονται οι επιπτώσεις που επιφέρει το ένα στο άλλο. Στόχο αποτελεί η επίτευξη κατάλληλου σχεδιασμού χρήσεων γης και μεταφορών που θα θέσει τις βάσεις για τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων. Η βιωσιμότητα επέρχεται με τη συνύπαρξη ολοκληρωμένης αστικής δομής και σύγχρονου συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών και η εναρμόνισή τους επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα για την πόλη και το σύστημα μεταφορών της.

Η ζήτηση για μετακινήσεις αυξάνεται συνεχώς, ενώ οι δραστηριότητες των ανθρώπων γίνονται ολοένα και πιο περίπλοκες, γεγονός το οποίο αποτέλεσε τη βάση για τη δημιουργία διευρυμένων μοντέλων σχεδιασμού των μεταφορών, τα οποία είναι ικανά να ενσωματώσουν, για παράδειγμα, αλλαγές στις συγκοινωνιακές υποδομές και να προβλέψουν ικανοποιητικά τις μελλοντικές μετακινήσεις των ανθρώπων. Η βαθύτερη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης χρήσεων γης και μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας, καθώς η ανάγκη για μετακίνηση και η συμμετοχή των ανθρώπων σε καθημερινές δραστηριότητες γίνεται όλο και μεγαλύτερη, ενώ οι μετακινήσεις τους εξελίσσονται σε ένα περίπλοκο σύστημα, το οποίο πρέπει να μελετηθεί λαμβάνοντας υπόψη τη συμπεριφορά του κάθε μετακινούμενου.

Μέχρι σήμερα, οι υπεύθυνοι σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων είχαν ως στόχο την αστική εξάπλωση, δηλαδή τη δημιουργία πόλεων με μεγάλες αποστάσεις μεταξύ κέντρων (εργασία, αγορά, σπίτια) εξαρτώμενων από τα αυτοκίνητα. Ωστόσο τις τελευταίες δεκαετίες διαπιστώθηκε ότι υπάρχει η τάση για δημιουργία και ανάπτυξη πιο συμπαγών πόλεων, δηλαδή πόλεων που συγκεντρώνουν διάφορες δραστηριότητες και υπηρεσίες σε γειτονιές, των οποίων οι αποστάσεις είναι μικρές, έτσι ώστε οι άνθρωποι να μπορούν να χρησιμοποιήσουν και άλλους τρόπους μεταφοράς, όπως την ποδηλασία και το περπάτημα.

Ωστόσο, οι πόλεις θεωρούνται αστικά συστήματα, τα οποία, εκτός από την άμεση σύνδεση που έχουν με τα συστήματα χρήσεων γης και μεταφορών, εξαρτώνται από ένα βασικό χαρακτηριστικό, δηλαδή τη συμπεριφορά των ανθρώπων. Η συμπεριφορά με τη σειρά της αποτελεί τη βάση για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Κοινωνικοί, οικονομικοί ή άλλοι δημογραφικοί λόγοι, οδηγούν τους ανθρώπους στην επιλογή των δραστηριοτήτων που θα λάβουν μέρος και του μέσου μεταφοράς που θα τους μεταφέρει στην τοποθεσία των δραστηριοτήτων. Οι δραστηριότητες είναι η πηγή γένεσης των μετακινήσεων και η πραγματοποίησή τους εξαρτάται από τη δομή του οδικού δικτύου και την προσβασιμότητα. Η

κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, αλλά και της αλληλεπίδρασης χρήσεων γης και μεταφορών οδήγησε στην ανάπτυξη διάφορων μοντέλων.

Τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών παρέχουν το «εργαλείο» διερεύνησης αυτής της αλληλεπίδρασης και ο κύριος στόχος τους είναι να ποσοτικοποιήσουν και να αναπαραστήσουν τη σχέση αυτή.

1.2 Αντικείμενο – Στόχος

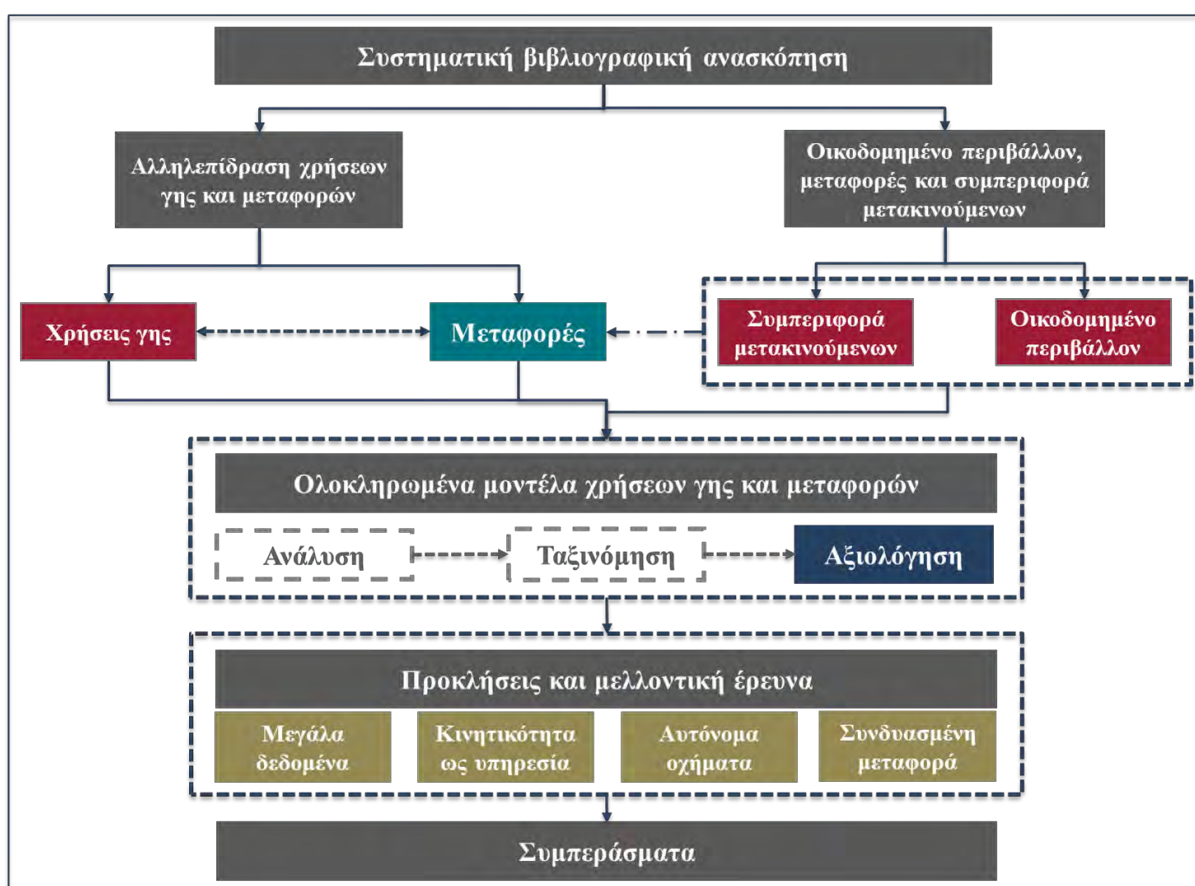
Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση της σχέσης μεταξύ των χρήσεων γης και των μεταφορών, η διερεύνηση του βαθμού που τα χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος επηρεάζουν το ένα το άλλο, και τέλος, ο εντοπισμός και η αξιολόγηση ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών. Πολλά χαρακτηριστικά των χρήσεων γης επιδρούν στο σύστημα των μεταφορών και αντίστοιχα μια αλλαγή στις συγκοινωνιακές υποδομές μπορεί να επηρεάσει τη διαμόρφωση της πόλης. Στόχος της εργασίας είναι να εντοπίσει και να αναλύσει τα χαρακτηριστικά των δύο συστημάτων, καθώς και να παρουσιάσει τις επιπτώσεις που θα έχουν στον συγκοινωνιακό και πολεοδομικό σχεδιασμό της πόλης. Η εργασία εστιάζει επίσης, στη συμπεριφορά των μετακινούμενων και αναλύει τους λόγους με τους οποίους επιλέγουν τις διάφορες δραστηριότητες και κυρίως τον τρόπο μετακίνησής τους. Γίνεται προσπάθεια να εξακριβωθεί πώς τα κοινωνικά δίκτυα και η συναναστροφή των ανθρώπων συνδέονται με τις καθημερινές τους δραστηριότητες και κατ' επέκταση με τη ζήτηση των μετακινήσεων. Τέλος, η εργασία στοχεύει στην εισαγωγή επιλεγμένων ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών, τον εντοπισμό πιθανών αδυναμιών στην εφαρμογή τους και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των προκλήσεων στην ανάπτυξη αυτών των μοντέλων λόγω των νέων τεχνολογικών εξελίξεων.

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία διαχωρίζεται σε οκτώ κεφάλαια, το πρώτο από τα οποία αποτελεί η παρούσα εισαγωγή. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, και στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται επισκόπηση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε για τη συγγραφή της εργασίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι παράμετροι των χρήσεων γης και των μεταφορών και πώς αυτές επηρεάζουν το σύστημα των μεταφορών και τις χρήσεις γης, αντίστοιχα. Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετάται η συμπεριφορά των μετακινούμενων σε συνάρτηση με το οικοδομημένο περιβάλλον και τις μεταφορές. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 6, γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη των ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών, αναλύονται τα υπάρχοντα μοντέλα και γίνεται αξιολόγησή τους. Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναδυόμενες τάσεις και ζητήματα στον συγκεκριμένο τομέα, τα οποία κρίνεται σκόπιμο να διερευνηθούν στο μέλλον, και στο κεφάλαιο 8, δίνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία. Τέλος, γίνεται παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών.

Κεφάλαιο 2 Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας, η οποία αφορά στη σχέση μεταξύ των χρήσεων γης, των μεταφορών και της συμπεριφοράς των μετακινούμενων. Η μεθοδολογική προσέγγιση απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2-1: Μεθοδολογική προσέγγιση διπλωματικής εργασίας.

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Συστηματικής Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης, και αναπτύχθηκε πρωτόκολλο τριών σταδίων, για να γίνει εφικτή η αυτοματοποιημένη έρευνα. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τα κριτήρια επιλογής-απόρριψης. Αρχικά συντάχθηκε μια προκαταρκτική λίστα με λέξεις-κλειδιά και αναγνωρίστηκαν τα κριτήρια επιλογής των άρθρων (Πίνακας 2-1). Τα άρθρα βάση των κριτηρίων επιλογής είναι 365.

Πίνακας 2-1: Κριτήρια επιλογής των άρθρων.

Κριτήρια επιλογής	Περιγραφή
Λέξεις-κλειδιά	Urban environment, transport, integrated models, urban sprawl
Γλώσσα	Αγγλική
Είδος εγγράφων	Άρθρα
Είδος πηγών	Επιστημονικά περιοδικά, πρακτικά συνεδρίων

Στο δεύτερο στάδιο έγινε η επιλογή των άρθρων με βάση τη σχετικότητα του τίτλου με το θέμα της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκαν οι τίτλοι και οι περιλήψεις, αποκλείστηκαν εργασίες που ήταν εκτός θέματος και ενδιαφέροντος, και τα συνολικά 365 άρθρα, περιορίστηκαν στα 195.

Στο τρίτο στάδιο έγινε η ανάγνωση και ανάλυση των κειμένων και των βιβλιογραφικών αναφορών που προέκυψαν από το δεύτερο στάδιο, ώστε τελικά επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν 124 άρθρα για τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.



Εικόνα 2-2: Αποτελέσματα συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης σύμφωνα με το πρωτόκολλο επιλογής.

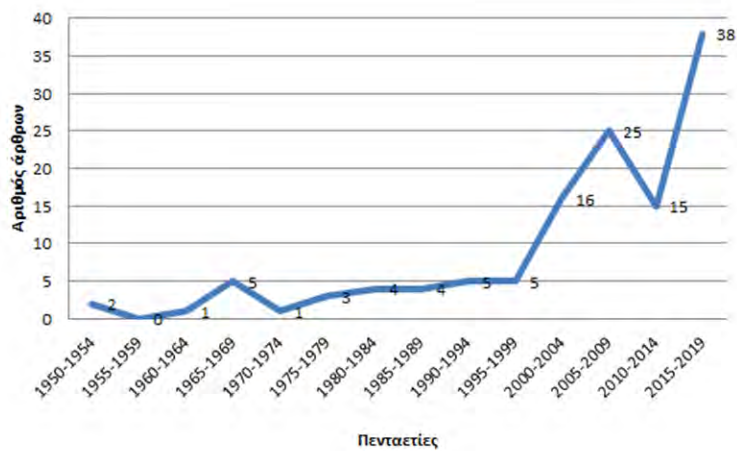
Για να επιτευχθούν οι στόχοι της εργασίας, τέθηκαν ερωτήματα που σχετίζονται με τον σχεδιασμό της αστικής δομής και των συγκοινωνιακών υποδομών, την αλληλεπίδραση μεταξύ τους και τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών και συμπεριφοράς μετακινούμενων.

Αρχικά, μελετήθηκε η σχέση των χρήσεων γης και των μεταφορών και ο βαθμός στον οποίο αλληλοεπηρεάζονται τα δύο συστήματα. Έπειτα, έγινε έρευνα για τη συμπεριφορά των μετακινούμενων και βρέθηκαν οι λόγοι για τους οποίους τα άτομα επιλέγουν τον τρόπο μετακίνησής τους, αλλά και πώς αυτή η ανθρώπινη συμπεριφορά σε συνδυασμό με το οικοδομημένο περιβάλλον επιδρούν στις μεταφορές. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε εκτενέστερη μελέτη για τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών, και έπειτα από ανασκόπηση μεγάλου αριθμού επιστημονικών άρθρων εντοπίστηκαν ορισμένες αδυναμίες και ελλείψεις αυτών των μοντέλων. Τέλος, έγινε η αξιολόγησή τους και διαπιστώθηκε ποια από αυτά είναι αποτελεσματικά και χρήσιμα για την ανάπτυξη μιας νέας γενιάς μοντέλων.

Κεφάλαιο 3 Επισκόπηση επιλεγθείσας βιβλιογραφίας

Στο παρόν κεφάλαιο, γίνεται επισκόπηση της επιλεγθείσας βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε για τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας. Στην Εικόνα 3-1, απεικονίζεται ο αριθμός των άρθρων που αντιστοιχεί σε κάθε πενταετία κατά το διάστημα 1950-2019.

Στο σύνολο των 124 άρθρων περιλαμβάνονται ελάχιστα άρθρα που ανήκουν στην δεκαετία του 1950, ενώ τα περισσότερα ανήκουν στην τελευταία πενταετία, 2015-2019. Η μελέτη της σχέσης χρήσης γης και μεταφοράς απασχολεί πολλά χρόνια τους ερευνητές, ενώ τα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών μελετώνται από τη δεκαετία του 1950. Είναι λοιπόν αναγκαία η μελέτη ορισμένων άρθρων εκείνης της εποχής για την καλύτερη ανάλυση της εξέλιξης αυτών των μοντέλων. Με το πέρασμα των χρόνων η ανάπτυξη της τεχνολογίας επέφερε τη δημιουργία νέων μοντέλων και καινοτομιών που απασχολούν την τωρινή κατάσταση του συστήματος των μεταφορών. Τα 38 άρθρα της τελευταίας πενταετίας αφορούν κυρίως στη μελέτη της τρίτης γενιάς μοντέλων, καθώς και της ανάλυσης αυτής της νέας προσέγγισης.



Εικόνα 3-1: Κατανομή άρθρων σε χρονικές περιόδους των 5 ετών.

Οι Πίνακες 3-1 έως 3-4 περιέχουν ανά θεματική ενότητα τη συνοπτική απεικόνιση των 124 άρθρων, η οποία περιλαμβάνει τον τίτλο, τον συγγραφέα ή τους συγγραφείς, καθώς και το έτος δημοσίευσης του άρθρου. Οι θεματικές ενότητες είναι: 1) αλληλοσυσχέτιση χρήσεων γης και μεταφορών, 2) οικοδομημένο περιβάλλον, μεταφορές και συμπεριφορά μετακινούμενων, 3) ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών, και 4) αναδυόμενες τάσεις και προκλήσεις.

Πίνακας 3-1: Σύνοψη άρθρων – Αλληλοσυσχέτιση χρήσεων γης και μεταφορών.

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
1	Land Use Impacts on Transport: How Land Use Factors Affect Travel Behavior.	Litman, T.	2018
2	Regional versus local accessibility: Implications for non-work travel.	Handy, S. L.	1993
3	Traffic and Sprawl: Evidence from U.S. Commuting, 1985 To 1997.	Crane, R., Chatman, D.G.	2003
4	The built environment, transportation policy, and population health: a comparison of two cities.	Peacock-McLaughlin, C., Largo-Wight, E., Wlyudka, P.S., Johnson T.M., Merten, J.W.	2017
5	Declining Rates of Physical Activity in the United States: What are the Contributors?	Brownson, R., Boehmer T., Luke D.	2002
6	Planning TOD with land use and transport integration: a review.	Taki H.M, Maatouk, M.M.H., Qurnfulah, E.M., Aljoufie, M.O.,	2017
7	The next American metropolis: ecology, community and the American dream.	Calthorpe, P.	1993
8	An empirical study on transit-oriented low-carbon urban land use planning: Exploratory Spatial Data Analysis ESDA on Shanghai, China.	Dou, Y., Luo, X., Dong, L. Wu, C., Liang H., Ren, J.	2016
9	Travel behaviors, sustainable mobility, and transit-oriented developments: a travel counts analysis of older adults in the Denver, Colorado metropolitan area.	Boschmann, E., Brady, S.	2013
10	Compact City and Smart Growth as Policy guiding models for achieving Sustainable City Development: The case for Mumbai metropolis.	Nallathiga, R.	2007
11	Land Use and Traffic Congestion.	Kuzmyak J.R.	2012
12	The interaction of spatial planning and transport policy: A regional perspective on sprawl.	Kulmer, V., Koland, O., Steininger, K.W., Fürst, B., Käfer, A.	2014
13	Evaluating Transportation Land Use Impacts.	Litman, T.	2004
14	Evaluating Transportation Land Use Impacts: Considering the Impacts, Benefits and Costs of Different Land Use Development Patterns.	Litman, T.	2019
15	Demographic response to transportation innovation: The case of the interstate highway.	Lichter, D.T., Fuguitt, G.V.	1980
16	Intercity Passenger Rails: Facilitating the Spatial Spillover Effects of Population and Employment Growth in the United States, 2000–2010.	Kasu, B.B. & Chi, G.	2018

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
17	What Density Doesn't Tell Us About Sprawl.	Eidlin, E.	2010
18	Neighborhood Nodes: Priority Setting, Economic Factors and Best Practices Review.	Lamanes, T.	2016
19	Quantification of Land Use diversity in the context of mixed land use.	Bordoloi, R., Motea, A., Sarkar, P.P., Mallikarjuna, C.	2013
20	Changes in urban density: it's implications on the sustainable development of Australian cities.	Roberts B.H.	2007
21	Travel and the built environment: a meta-analysis.	Ewing, R., Cervero, R.	2010
22	Whose Roads? Evaluating Bicyclists' and Pedestrians' Right to Use Public Roadways.	Litman, T.	2013
23	Cities, mobility and climate change.	Banister, D.	2011
24	Cultural Theory and Individual Perceptions of Environmental Risks.	Steg, L., Sievers, I.	2000
25	Economic and Demographic Impacts of Passenger Rail Systems: The Impact of Intercity Passenger Rails on Population and Employment Change in the United States, 2000–2010	Chi, G., Kasu, B.	2015

Πίνακας 3-2: Σύνοψη άρθρων – Οικοδομημένο περιβάλλον, μεταφορές και συμπεριφορά μετακινούμενων.

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
26	Travel Behavior Analysis of the Females in Beijing.	Zhang M., Sun, Q., Chen J., Guo, J.	2008
27	Factors Influencing to Travel Behavior on Transport Mode Choice: A Case of Colombo Metropolitan Area in Sri Lanka.	Madhuwanthi, R.A.M., Marasinghe, A., Rajapakse, R.P.C.J., Dharmawansa, A.D., Nomura, S.	2015
28	Subjective well-being and activity-travel behavior analysis: applying day reconstruction method to explore affective experience during travel.	Zhang, J.	2009
29	Urban Transportation Systems: Choices for Communities	Grava, S.	2003
30	Self Selection: a key to a better understanding of location choices, travel behaviour and transport externalities?	van Wee, B.	2009
31	Gender and Age Differences in the Travel Behavior—A Novi Sad Case Study.	Basarić, V., Simić, A.V., J.M., Bogdanović, V., Saulić, N.	2016

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
32	Active travel, public transportation use, and daily transport among older adults: The association of built environment.	Yang, Y., Xu, Y., Rodriguez D.A., Michael, Y., Zhang, H.	2018
33	Understanding Transport Demands and Elasticities: How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior.	Litman, T.	2018
34	Advanced trip generation/attraction models.	Amavi, A.A., Romero, J.P., Dominguez, A., dell'Olio, L., Ibeas, A.	2014
35	Pro-environmental travel behavior: The importance of attitudinal factors, habits, and transport policy measures.	Eriksson, L.	2008
36	A Brief History of Urban Form Street Layout Through the Ages.	Crawford, J.H.	2005
37	The impact of urban form on automobile travel: disentangling causation from correlation.	Hedel, R., Vance, C.	2007
38	Comparing the influence of land use on nonwork trip generation and vehicle distance traveled: An analysis using travel diary data'.	Boarnet, M.G., Nesamani, K.S., Smith, C.S.	2004
39	Measuring network connectivity for walking and biking.	Dill, J.	2004
40	Traditional Neighborhood Development: Will the Traffic Work?	Kulash, W., Anglin, J., Marks, D.	1990
41	Analysis of The Effects of Local Street Connectivity on Arterial Traffic.	Alba, C. A., Beimborn, E.	2005
42	Mobility and Competitiveness.	TeMA	2012
43	Mixed land- uses and commuting: Evidence from the American Housing Survey.	Cervero, R.	1996
44	Using Residential Patterns and Transit to Decrease Auto Dependence and Costs.	Holtzclaw, J.	1994
45	Transportation--Land-Use Interaction: Empirical Findings in North America, And Their Implications for Modeling.	Badoe, D.A., Miller, E.J.	2000
46	Activity-Based Travel Demand Models: A Primer.	Castiglione, J., Mark, B., Gliebe, J.	2015
47	The Role of Urban Green Spaces in Improving Social Inclusion.	Kazmierczak, A.E., James, P.	2007
48	Random graph models of social networks.	Newman, M.E.J., Watts, D. & Strogatz, S.H.	2002
49	The Impact of Social Interactions in Urban Spaces through Approach of Improving Urban Vitality: A Case Study in Julfa district of Isfahan.	Akbari, M.A.	2015

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
50	Social interactions in urban public places.	Holland C., Clark, A., Katz, J., Peace, S.	2007
51	Social networks, social interactions, and activity-travel behavior: a framework for microsimulation.	Arentze, T., Timmermans, H.	2008
52	Morphology of travel routes and the organization of cities.	Lee, M., Barbosa, H., Youn, H., Holme, P., Ghoshal, G.,	2017
53	Third Places for Social Sustainability: A Planning Framework Based on Local and International Comparisons.	Goosen, Z., Cilliers, E.J.	2018
54	The great good place: Cafes, coffee shops, community centers, beauty parlors, general stores, bars, handouts, and how they get you through the day.	Oldenburg, R.	1989
55	Challenges for Quality of Life in the Contemporary World.	Walker, A.C., L.J.G. van der Maesen	2004
56	The Social Quality of Europe.	Beck, W., van der Maesen L., Walker A.	1998
57	Social Sustainability: A Comparison of Case Studies in UK, USA and Australia.	Mak M., Peacock C.	2011
58	Social Sustainability, Sustainable Development and Housing Development: The experience of Hong Kong.	Chiu, R. L. H.	2003
59	Social Sustainability Towards some Definitions.	McKenzie S.	2004
60	The Connection Between the Quality of Life and Sustainable Ecological Development.	Gazzola P., Querci, E.	2017
61	Our Vanishing “Third Places”.	Oldenburg, R.	1997

Πίνακας 3-3: Σύνοψη άρθρων – Ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών.

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
62	Urban Traffic: a Function of Land Use.	Mitchell, R.B., Chester R.	1954
63	Progress, success and failure in urban modeling.	Batty, M.	1979
64	A matrix formulation of the Lowry model for intra-metropolitan activity.	Garin, Robert A.	1966
65	Urban dynamics.	Forrester, J. W.	1969
66	Trends in integrated land-use/transport modeling: An evaluation of the state of the art.	Moeckel, R., Garcia, C.L., Chou, A.T.M, Okrah, M.B.	2018
67	Modelling Land Use and Transportation Dynamics: Methodological Issues, State-of-Art, and Applications in Developing Countries.	Timmermans, H.	2006
68	A spatial model of urban stock and activity.	Echenique, Marcial H., Crowther, D., Lindsay, W.	1969
69	Integrated transport and land use modeling: Decision chains and hierarchies.	De la Barra, T.	1989
70	Modeling urban decline: A multi-level economic-demographic model of the Dortmund region.	Wegener, M.	1982
71	Integrated Urban Models, Pion Limited, London. England.	Putman, S.H.	1983
72	Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory.	Iacono, M., Levinson, D., El-Geneidy, A.	2008
73	Modelling the choice of residential location.	McFadden, Daniel L.	1978
74	Applications of Integrated Models of Land Use and Transport: A Comparison of ITLUP and Urbansim Land Use Models.	Duthie, J., Kockelman, K., Valsaraj, V., Zhou, B.B.	2007
75	The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many More Dreams Before We Wake Up?	Timmermans, H.	2003
76	Urban and Regional Research.	Spiekermann, Wegener	2011
77	The Lowry model of land use simulation and its derivatives.	Gross, M.	1982
78	Time-Oriented Metropolitan Model for Spatial Location.	Crecine J.P.A	1964
79	The Multi-Agent Transport Simulation MATSim.	Ziepke, D.	2016
80	Land Use-Transportation Modeling with UrbanSim: Experiences and Progress.	Felsenstein, D., Axhausen, K., Waddell, P.	2010
81	Urban traffic-A Function of Land Use.	Mitchell, R.B. Rapkin, C.	1954

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
82	UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning	Waddell, P.	2002
83	Transportation and spatial development: An overview and a future direction.	Kii, M., Nakanishi H., Nakamura K., Doi K.	2016
84	Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions.	Geurs, K.T., Wee, B.	2004
85	Land use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions.	Acheampong, R.A., Silva, E.	2015
86	A statistical theory of spatial distribution models.	Wilson, A.G.	1967
87	Review of Existing Land-Use Transport Models,	Clement, L.,	1996
88	Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review.	Hunt, J.D., Kriger, D.S., Miller E.J.	2005
89	A spatial model of urban stock and activity.	Echenique, M.H., Crowther, D., Lindsay, W.	1969
90	Design and implementation of PECAS: A generalised system for allocating economic production, exchange and consumption quantities: Behavioural Foundations.	Hunt, J.D., Abraham, J.E.	2005
91	The Chicago prototype housing market model, with tenure choice and its policy implications.	Anas, A., Arnott, R.J.	1994
92	ILUTE: An operational prototype of a comprehensive microsimulation model of urban systems.	Salvani, P., Miller, E.J.	2005
93	Disaggregate models with aggregate data: Two UrbanSim applications.	Patterson, Z., Kryvobokov, M., Marchal, F., Bierlaire, M.	2010
94	Urban land use, transport and environment models: experiences with an integrated microscopic approach.	Wagner, P., Wegener, M.	2007
95	Urban Land Use, Transport and Environment Models.	Peter Wagner, P., Wegener M.	2007
96	Ramblas: A regional planning model based on the microsimulation of daily travel patterns.	Veldhuisen, K.J., Timmermans, H.J.P., Kapoen, L.L.	2000
97	A family of spatial interaction models, and associated developments.	Wilson, A.G.,	1970
98	The Game of Life and Other Cellular Automata.	Yu, M., Reevesman, A.	2015
99	How Land-Use transportation Models Work.	Torrens, P.M.	2000
100	Evolution in Land Use and Transportation Research.	van Lierop D., Boisjoly, G., Grise, E., El-Geneidy, A.	2017

Πίνακας 3-4: Σύνοψη άρθρων – Αναδυόμενες τάσεις και προκλήσεις.

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
101	Activity-based approaches to travel analysis: conceptual frameworks, models and research problems.	Axhausen, K.W., Gärling, T.	1992
102	Social factors in future travel: A qualitative assessment.	Axhausen, K.W.	2006
103	An Overview of Multimodal Transport Design and Challenges Underlined by a Carsharing Case Study.	Carlier, A., Tschirhart, F., Da Silva, F., Stephan, F., Thoni, O., Munier-Kordon, A., Abid, M., Scremin, L., Couturier, L.,	2015
104	Collecting social network data to study social activity-travel behavior: an egocentric approach.	Carrasco, J.A., Hogan, B., Wellman, B., Miller, E.J.	2008
105	A model for the layout of bike stations in public bike-sharing systems.	Chen, Q., Sun, T.	2016
106	Smart, Green and integrated transport work programme.	European Commission	2016
107	Autonomous driving, the built environment and policy implications.	Fraedrich, E., Heinrichs, D., Bahamonde-Birke, F.J., Cyganski R.	2018
108	Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations.	Fagnant, D.J., Kockelman, K.	2015
109	Behavioral travel demand modelling.	Hensher, D.A., Stopher, P.R.	1979
110	Regional planning methodology: the first and only annotated picture primer on regional planning.	Heidemann, C.	1988
111	Autonomous Driving and Urban Land Use.	Heinrichs, D.	2016
112	The Future of Paratransit and DRT: Introducing Cars on Demand.	Kent, J., Dowling, R.	2016
113	An evaluation of activity-based travel analysis.	Kitamura, R.	1988
114	Autonomous Vehicle: Implementation Predictions Implications for Transport Planning.	Litman, T.	2019
115	Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research.	Milakis, D., van Arem, B., van Wee, B.	2017
116	Big data and understanding change in the context of planning transport systems.	Milne, D., Watling, D.	2019
117	On the potential for one-way electric vehicle car-sharing in future mobility systems.	Mounce, R., Nelson, J.D.	2019

A/A	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Έτος
118	Community transport meets mobility as a service: On the road to a new a flexible future.	Mulley, C., Nelson, J.D., Wright, S.	2008
119	Social Networks, Big Data and Transport Planning.	Ruiz, T., Mars, L., Arroyo, R., Serna, A.	2016
120	Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future.	Shaheen, S.A., Guzman, S., Zhang, H.	2010
121	A short history of carsharing in the 90's.	Shaheen, S.A., Sperling, D., Wagner, C.	1999
122	Size and composition of ego-centered social networks and their effect on travel distance and contact frequency.	Van den Berg, P.E.W., Arentze T.A. Timmermans H.J.P.	2009
123	A multi-level path analysis of social networks and social interaction in the neighborhood.	Van den Berg, P. and Timmermans, H.	2015
124	MaaS in Bike-Sharing: Smart Phone GPS Data Based Layout Optimization and Emission Reduction Potential Analysis.	Zhang, H., Song, X., Xia, T., Zheng, J., Haung, D., Shibasaki, R., Yan, Y., Liang Y.	2018

Στον πίνακα 3-5, τα άρθρα καταχωρήθηκαν με βάση τη θεματική ενότητα στην οποία ανήκουν, και δίνεται μια σύντομη περιγραφή του περιεχομένου της κάθε ενότητας. Τα περισσότερα άρθρα ανήκουν στη θεματική ενότητα των ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφοράς που αποτελεί και το βασικό ερευνητικό θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πίνακας 3-5: Κατηγοριοποίηση άρθρων σύμφωνα με τις θεματικές ενότητες.

Θεματική ενότητα	Περιγραφή	Άρθρα
Αλληλοσυσχέτιση χρήσεων γης και μεταφορών	Οι χρήσεις γης και οι μεταφορές είναι αλληλένδετα συστήματα, δηλαδή επηρεάζουν το ένα το άλλο. Γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να εξετάζεται ο συνδυασμός τους και οι επιπτώσεις που πιθανόν να έχουν στο σύστημα των μεταφορών.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
Οικοδομημένο περιβάλλον, μεταφορές και συμπεριφορά μετακινούμενων	Η ανθρώπινη συμπεριφορά αποτελεί κύριο στοιχείο στην επιλογή του μέσου μεταφοράς. Η γένεση των μετακινήσεων προκύπτει από την ανάγκη των ανθρώπων για συμμετοχή σε διάφορες δραστηριότητες και η μορφή της πόλης παίζει βασικό ρόλο στη διευκόλυνση αυτών των μετακινήσεων.	1, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61
Ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφοράς	Μέσα από τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών γίνεται η πρόβλεψη των διάφορων επιπτώσεων που μπορεί να έχει μια αλλαγή πολιτικής στο σύστημα των μεταφορών. Η εξέλιξη της τεχνολογίας βοήθησε στην ανάπτυξη μοντέλων μικροπροσομοίωσης που βασίζονται στην ανάλυση της συμπεριφοράς των μετακινούμενων σε ατομικό επίπεδο.	62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100
Αναδυόμενες τάσεις και προκλήσεις	Τα μεγάλα δεδομένα, τα αυτόνομα οχήματα, η συνδυασμένη μεταφορά και η κινητικότητα ως υπηρεσία διαμορφώνουν νέες προκλήσεις και επηρεάζουν τη ζήτηση των μεταφορών. Ταυτόχρονα απαιτείται η ανάπτυξη και η δημιουργία κατάλληλου οικοδομημένου περιβάλλοντος που θα στηρίζει την λειτουργία αυτών των νέων εφαρμογών.	101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124

Κεφάλαιο 4 Αλληλεπίδραση χρήσεων γης και μεταφορών

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζονται διάφοροι παράγοντες χρήσης γης (πυκνότητα, μεικτή χρήση γης, συνδεσιμότητα δρόμων, σχεδιασμός οδικού δικτύου, κτλ.) που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι μετακινούνται σε μια περιοχή ή πόλη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό ενός αποτελεσματικού συστήματος μεταφορών, καθώς και για την επίτευξη διάφορων στόχων, όπως είναι η μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων και η εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης, δίνεται έμφαση και στην αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή πώς ο σχεδιασμός των μεταφορών επηρεάζει την ανάπτυξη της γης και τις επιπτώσεις που έχει, τόσο στο περιβάλλον, όσο και σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Η σχέση μεταξύ χρήσεων γης και σχεδιασμού των μεταφορών είναι περίπλοκη, το ένα εξαρτάται από το άλλο, και γι' αυτόν τον λόγο είναι αναγκαίο να εξετάζεται ο συνδυασμός τους και όχι μεμονωμένα το κάθε σύστημα.

4.1 Επίδραση χρήσεων γης στις μεταφορές

4.1.1 Πυκνότητα

Η πυκνότητα αναφέρεται στον αριθμό κατοικιών, ατόμων ή απασχόλησης (θέσεων εργασίας) ανά μονάδα επιφάνειας (στρέμμα, εκτάριο, τετραγωνικό χιλιόμετρο ή τετραγωνικό μίλι) σε μια συγκεκριμένη περιοχή με τον πληθυσμό και την απασχόληση μερικές φορές να αθροίζονται για να υπολογιστεί η συνολική πυκνότητα δραστηριότητας ανά μονάδα επιφάνειας (Ewing & Cervero, 2010). Το μέγεθός της δείχνει τη δραστηριότητα που έχει η

περιοχή, και μάλιστα οι ανεπτυγμένες περιοχές έχουν συνήθως μεγαλύτερη πυκνότητα σε σχέση με τις πιο αραιοκατοικημένες. Η πυκνότητα αποτελεί το χαρακτηριστικό του δομημένου περιβάλλοντος που μπορεί να μετρηθεί σχετικά εύκολα και γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιείται ευρέως.

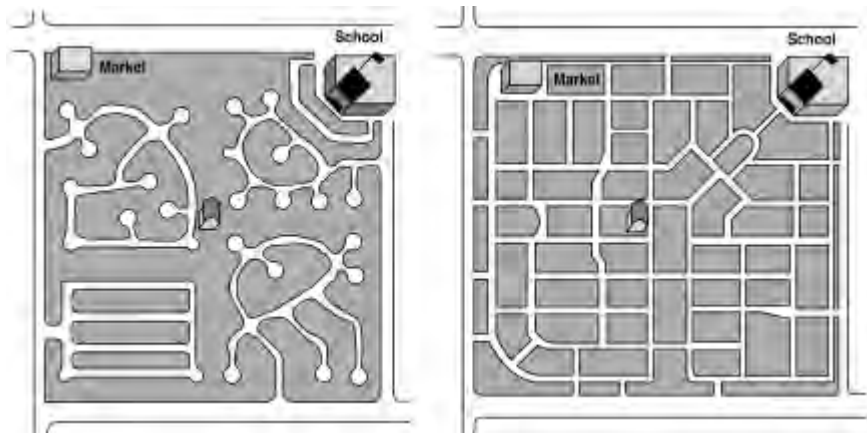
Η πυκνότητα σχετίζεται με τη συμπεριφορά των μετακινούμενων και μπορεί να την επηρεάσει με διάφορους τρόπους. Συγκεκριμένα, όταν αυξάνεται η πυκνότητα, μειώνεται η χρήση του αυτοκινήτου, αφού μειώνεται η απόσταση ταξιδιού, δηλαδή η διαδρομή μέχρι τον προορισμό, ενώ παράλληλα παρουσιάζεται η δυνατότητα πρόσβασης στον προορισμό με τα πόδια ή το ποδήλατο. Όσον αφορά στο οδικό δίκτυο, επέρχεται μείωση της ταχύτητας κυκλοφορίας, αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και μείωση της προσφοράς στάθμευσης και αύξηση του σχετικού κόστους, λόγω έλλειψης χώρου, καθιστώντας έτσι την οδήγηση λιγότερο ελκυστική (Litman, 2018). Επίσης, περιοχές με μεγαλύτερη πυκνότητα τείνουν να έχουν καλύτερα πεζοδρόμια και υπηρεσίες διαμετακόμισης με χαμηλότερο κόστος διαδρομής. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη ζήτηση για μετακίνηση με άλλα μέσα μεταφοράς εκτός του αυτοκινήτου, όπως οι δημόσιες συγκοινωνίες και το ποδήλατο.

Η πυκνότητα συνδέεται συχνά και με άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τις μετακινήσεις, όπως είναι η πρόσβαση στον προορισμό, η κεντρικότητα και η συνδεσιμότητα (Litman, 2018). Η πρόσβαση στον προορισμό μπορεί να είναι τοπική (δηλαδή η απόσταση από την οικία στο κοντινότερο κατάστημα) ή περιφερειακή (Handy, 1993), η οποία αναφέρεται, είτε στην απόσταση από μια κεντρική επιχειρηματική και εμπορική περιοχή, είτε στον αριθμό των θέσεων εργασίας και των δημόσιων υπηρεσιών σε μια δεδομένη διάρκεια ταξιδιού. Όσον αφορά στην περιφερειακή προσβασιμότητα, επιδρά ελάχιστα στον συνολικό αριθμό ταξιδιών, αλλά επηρεάζει σημαντικά το μήκος διαδρομής, διότι οι άνθρωποι που ζουν μακριά από αυτήν την περιοχή, τείνουν να οδηγούν περισσότερη ώρα για να φτάσουν στους

χώρους εργασίας τους ή για να εξυπηρετηθούν από υπηρεσίες, σε σχέση με το εάν βρίσκονταν πιο κοντά στην κεντρική περιοχή (Litman, 2018). Η ύπαρξη υψηλής πυκνότητας σε κάθε περιοχή ή γειτονιά δεν θα ανάγκαζε τους ανθρώπους να μετακινούνται σε μακρινές αποστάσεις και κεντρικές περιοχές, ώστε να εξυπηρετηθούν. Η κεντρικότητα έχει να κάνει με θέσεις εργασίας, εμπορικές ή ψυχαγωγικές και άλλες σημαντικές δραστηριότητες, οι οποίες βρίσκονται σε μεγάλα αστικά κέντρα. Αυτά τα κέντρα μειώνουν την απαιτούμενη μετακίνηση μεταξύ των προορισμών και αυξάνουν τις πιθανότητες για εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς (Litman, 2018). Πράγματι, υπάρχει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στην πυκνότητα απασχόλησης και τη χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, αφού οι άνθρωποι που ζουν ή εργάζονται σε μεγάλα κέντρα δραστηριοτήτων θεωρούν λιγότερο ελκυστική την οδήγηση, ενώ τείνουν να βασίζονται περισσότερο σε άλλους τρόπους μεταφοράς, όπως για παράδειγμα στη μοιρασμένη χρήση αυτοκινήτων (car-sharing). Ωστόσο, μπορεί μια πόλη να έχει υψηλή πυκνότητα, αλλά μικρό κέντρο δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα η πόλη του Los Angeles, η οποία θεωρείται μια πόλη με μεγάλη πυκνότητα, αλλά στερείται ισχυρών κέντρων και είναι σχετικά εξαρτημένη από τα αυτοκίνητα, με μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση σε σχέση με πόλεις με παρόμοια πυκνότητα, αλλά που λειτουργούν ως οι ισχυρά κέντρα (Eidlin, 2010).

Σημαντικό ρόλο στις μετακινήσεις και πιο συγκεκριμένα στη μείωση της απόστασης του ταξιδιού παίζει η συνδεσιμότητα η οποία αναφέρεται στο κατά πόσο συνδέεται ένα σύστημα οδού ή διαδρομής για την κίνηση σε έναν ή περισσότερους προορισμούς. Ένα καλά συνδεδεμένο σύστημα, προσφέρει τη δυνατότητα πρόσβασης στον προορισμό μέσω περπατήματος ή ποδηλασίας, ιδιαίτερα στην περίπτωση που υπάρχουν πάρκα, ποδηλατοδρόμοι, πεζοδρόμια και γενικά η διαδρομή παρέχει σύντομους δρόμους που ενισχύουν την ενεργή μετακίνηση, με αποτέλεσμα να μειώνεται η χρήση του αυτοκινήτου.

Αντίθετα, εάν οι δρόμοι οδηγούν σε αδιέξοδο και γενικότερα το οδικό δίκτυο δεν είναι καλά συνδεδεμένο, η πρόσβαση στον προορισμό είναι μειωμένη και ταυτόχρονα κυριαρχεί υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος που θα μπορούσε να αποφευχθεί (Εικόνα 3-1).



Εικόνα 4-1: Παράδειγμα οδικής συνδεσιμότητας (Πηγή: Neighborhood Streets Project Stakeholder, 2001 in Lamanes, 2016).

4.1.2 Μεικτή χρήση γης

Η μεικτή χρήση γης αναφέρεται στην ύπαρξη διαφορετικών τύπων χρήσεων γης (οικιστικών, εμπορικών, θεσμικών, ψυχαγωγικών, κτλ.) σε μια συγκεκριμένη περιοχή και στον βαθμό στον οποίο εκπροσωπούνται σε έκταση, επιφάνεια ή απασχόληση (Ewing & Cervero, 2010). Μπορεί να περιλαμβάνει την ανάμειξη εντός κτιρίων (όπως να υπάρχει κατάστημα στο ισόγειο, με γραφεία και κατοικίες στους πάνω ορόφους), κατά μήκος οδών και εντός γειτονιών. Μια γειτονιά μεικτής χρήσης μπορεί να περιλαμβάνει όχι μόνο σπίτια, αλλά και γραφεία, πάρκα, καταστήματα, σχολεία, ιατρικά κέντρα, κτλ., ενώ μια φυσιολογική ανάμειξη στις πόλεις αφορά στον τύπο στέγασης, όπως και στο εύρος τιμών που εξυπηρετούν ανθρώπους σύμφωνα με τις δημογραφικές και εισοδηματικές κατηγορίες στις οποίες ανήκουν. Η μείξη αυτή αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του νέου αστικού σχεδιασμού (New Urbanism), στόχος του οποίου είναι η μείωση της ιδιοκτησίας οχημάτων και η προώθηση

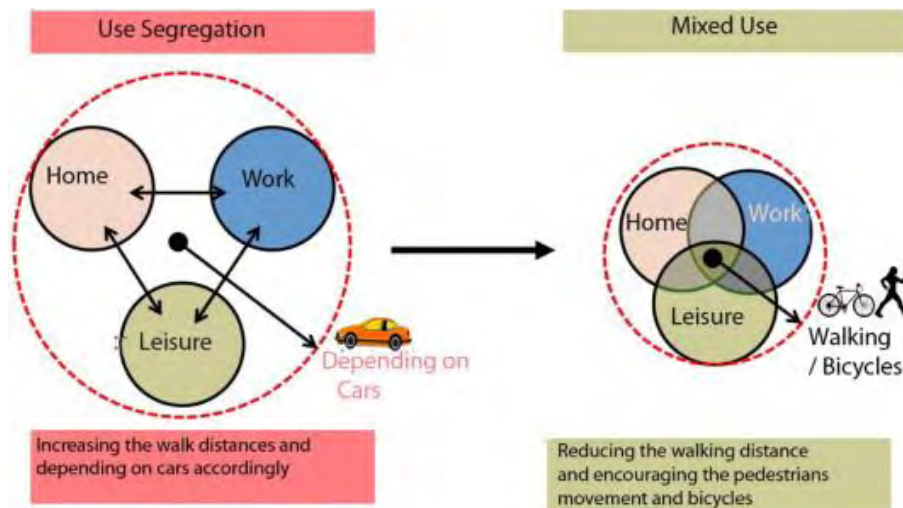
φιλικών προς το περιβάλλον και την υγεία μέσω μεταφοράς. Η μεικτή χρήση γης θεωρείται σημαντικός παράγοντας στη μείωση της οδήγησης και την ανάπτυξη των δημόσιων μεταφορών, του περπατήματος και της ποδηλασίας (Bordoloi et.al., 2013), καθώς μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των προορισμών και υπάρχει μεγαλύτερη πρόσβαση στη δημόσια διαμετακόμιση. Αυτό οδηγεί στην ενίσχυση της ενεργούς μετακίνησης, η οποία συμβάλλει θετικά στην υγεία του ανθρώπου, αφού ακόμη και μια μικρή αύξηση της φυσικής δραστηριότητας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη για τους ανθρώπους και την κοινωνία γενικότερα.

Όσον αφορά στην εργασία των ανθρώπων, στην περίπτωση που η θέση εργασίας βρίσκεται εκτός του κέντρου, η ύπαρξη καταστημάτων, εστιατορίων, τραπεζών και άλλων υπηρεσιών ή δραστηριοτήτων, εντός του κτηρίου εργασίας ή σε κοντινή απόσταση από αυτό μπορεί να αυξήσει τη χρήση της δημόσιας συγκοινωνίας, όπως και των εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς των υπαλλήλων (Litman, 2018). Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται, τόσο η χρήση αυτοκινήτου, όσο και ο συνολικός αριθμός των καθημερινών ταξιδιών που πραγματοποιούνται. Αυτό συμβαίνει διότι η ύπαρξη όλων αυτών των δραστηριοτήτων κοντά στον χώρο εργασίας δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να πραγματοποιήσει τις αγορές που χρειάζεται στην επιστροφή από τη δουλειά, ελαχιστοποιώντας έτσι τις μετακινήσεις του.

Ένας τρόπος μέτρησης της μεικτής χρήσης γης είναι χρησιμοποιώντας δείκτες εντροπίας (ποικιλία διαφορετικών χρήσεων σε γειτονιά), μέθοδος η οποία μετρά οκτώ διαφορετικούς τύπους απασχόλησης (γραφείο, λιανική πώληση, βιομηχανία, υπηρεσίες, ψυχαγωγία, εκπαίδευση, υγεία και δημόσιος τομέας) που καταλήγει σε βαθμολογίες από το 0 (καθόλου ανάμειξη ή το λιγότερο μεικτό) έως το 1 (το πιο μεικτό). Ένας άλλος τρόπος μέτρησης είναι ο λόγος ισορροπίας εργασίας/κατοικίας. Το ισοζύγιο θέσεων εργασίας/στέγασης που ισούται περίπου με 1 τείνει να ελαχιστοποιεί τη μέση απόσταση

μετακίνησης και κατ' επέκταση τον αριθμό οχημάτων για τον κάθε κάτοικο (Kuzmyak & Pratt, 2003). Μια αύξηση κατά 5% στην εργασία που βρίσκεται περιφερειακά της πόλης μειώνει κατά 1,5% τη μέση απόσταση μετακίνησης, αλλά αυξάνει τα χιλιόμετρα που αφορούν σε μετακινήσεις εκτός της εργασίας (Crane & Chatman, 2003; Litman, 2018).

Οι Ewing & Cervero (2010), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μεικτή χρήση γης σχετίζεται θετικά με τη σωματική δραστηριότητα, καθώς μειώνει τις ροές των οχημάτων και αυξάνεται σημαντικά το περπάτημα. Ωστόσο, για να επιτευχθεί ο σκοπός της μεικτής χρήσης γης είναι απαραίτητο να υπάρχει υψηλή πυκνότητα πληθυσμού, καθώς χωρίς αυτήν πολλές χρήσεις δεν μπορούν να επιβιώσουν οικονομικά, ενώ γειτονιές χαμηλής πυκνότητας καταλήγουν σε εξάπλωση των δραστηριοτήτων έχοντας ως συνέπεια την εξάρτηση από τα αυτοκίνητα και τον διαχωρισμό του πληθυσμού ανάλογα με την εισοδηματική κατηγορία στην οποία ανήκουν (οι πιο εύποροι άνθρωποι μετακινούνται σε τοποθεσίες που ελαχιστοποιούν τις μετακινήσεις τους). Αντίθετα, η αύξηση του πληθυσμού και της πυκνότητας απασχόλησης σε ένα κέντρο μπορεί να αυξήσει την οικονομική δραστηριότητα και βιωσιμότητά του (Roberts, 2007). Τέλος, για τη συνεχόμενη ανάπτυξη της μεικτής χρήσης γης είναι σημαντικό να υπάρχει διαθεσιμότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς και της ποδηλασίας για να διευκολυνθεί η πρόσβαση στο κέντρο της πόλης και μελλοντικά είναι αναγκαίο να μειωθεί σημαντικά ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων, έτσι ώστε οι άνθρωποι να διαπιστώσουν την ευκολία και τη χρησιμότητα του περπατήματος προς το κέντρο. Ένα παράδειγμα μη μεικτής και μεικτής χρήσης γης παρουσιάζεται στην Εικόνα 3-2.



Εικόνα 4-2: Παράδειγμα μη μεικτής και μεικτής χρήσης γης (Πηγή: Nabil & Abd Eldayem, 2015).

4.1.3 Σχεδιασμός δικτύου και υποδομών

Ο αστικός σχεδιασμός αναφέρεται στον σχεδιασμό της πόλης και τα φυσικά στοιχεία μέσα σε αυτήν και ασχολείται με τη καλή λειτουργία των δημόσιων χώρων. Ο σχεδιασμός του οδικού δικτύου περιλαμβάνει τη διατομή του δρόμου (αριθμός λωρίδων, πλάτος, θέσεις στάθμευσης, πεζοδρόμια), τις ταχύτητες σχεδιασμού, τα αντικείμενα που είναι τοποθετημένα ή στερεωμένα στον δρόμο για δημόσια χρήση (γραμματοκιβώτια, οδικές πινακίδες και κάδοι απορριμμάτων), και τον αριθμό και το μέγεθος των δρόμων (Ewing & Cervero, 2010). Ο σχεδιασμός επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι η ταχύτητα κυκλοφορίας, η συνδεσιμότητα του δρόμου και η ποιότητα των υποδομών. Πιο συγκεκριμένα, κύριος στόχος ενός σχεδίου οδικού δικτύου είναι η μείωση της ταχύτητας κυκλοφορίας των οχημάτων, η βελτίωση της συνδεσιμότητας, η δημιουργία υποδομών για την εύκολη πρόσβαση στον προορισμό με τα πόδια ή το ποδήλατο και η εύρεση εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης.

Τα περισσότερα ταξίδια πραγματοποιούνται με το αυτοκίνητο, καθώς είναι συχνά ο ταχύτερος τρόπος μετακίνησης και θεωρείται περισσότερο άνετο και προσιτό μέσο σε σχέση

με τα άλλα, εάν και το κόστος είναι υψηλό. Ωστόσο, για διάφορους λόγους οι μετακινούμενοι συχνά χρειάζεται ή προτιμούν να ταξιδεύουν με εναλλακτικούς τρόπους, διότι πολλοί δεν μπορούν να οδηγήσουν λόγω κάποιας αναπηρίας ή προβλημάτων υγείας ή και οικονομικών (το υψηλό κόστος συντήρησης των αυτοκινήτων θέτει σημαντικό οικονομικό βάρος σε πολλούς ανθρώπους με χαμηλότερο εισόδημα) ή ηλικιακών περιορισμών (παιδιά, ηλικιωμένοι), με αποτέλεσμα να μειώνεται η δυνατότητα πρόσβασης σε δραστηριότητες λόγω των ελάχιστων επιλογών μεταφοράς που έχουν, ενώ παράλληλα είναι υποχρεωμένοι να εξαρτάται η μετακίνησή τους από κάποιον άλλον οδηγό (γονείς, φίλοι, ταξί). Οι μετακινούμενοι πολλές φορές προτιμούν το περπάτημα και την ποδηλασία, καθώς είναι πιο ευχάριστοι και υγιείς τρόποι μετακίνησης, ή και τη χρήση δημόσιων συγκοινωνιών που τους προσδίδει λιγότερο άγχος, ενώ ταυτόχρονα τους επιτρέπει να διαβάζουν, να εργάζονται ή να ξεκουράζονται.

Η κοινωνία θα μπορούσε να επωφεληθεί από τη μείωση της χρήσης μηχανοκίνητων μέσων και την αποτελεσματικότερη διαχείριση του δημόσιου χώρου που θα ευνοεί πιο αποδοτικούς τρόπους μετακίνησης. Για παράδειγμα, εάν οι συνθήκες περπατήματος και ποδηλασίας και η ποιότητα των δημόσιων συγκοινωνιών ήταν καλύτερες, είναι πιθανόν μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων να βασίζονταν σε αυτούς τους τρόπους, ειδικά σε περιοχές ή πόλεις στις οποίες υπάρχει καλύτερη συνδεσιμότητα μεταξύ των δρόμων και περιλαμβάνονται δρόμοι και πάρκα που προωθούν την ενεργή μετακίνηση (Litman, 2013). Αυτό δεν σημαίνει ότι σε ένα βέλτιστο σύστημα μεταφορών οι άνθρωποι θα καταργούσαν την οδήγηση, αλλά δείχνει ότι εάν υπήρχαν οι κατάλληλες συνθήκες, οι μετακινούμενοι θα μπορούσαν να βασίζονται περισσότερο σε εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης.

Η επιλογή των διαφορετικών τρόπων μετακίνησης γίνεται πιο ελκυστική, όταν ο σχεδιασμός του αστικού δικτύου εστιάζει στη δημιουργία μιας πόλης, στην οποία οι

άνθρωποι μπορούν να επιλέξουν διαφορετικά μέσα μετακίνησης για λόγους υγείας, χαλάρωσης ή οικονομίας. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου τρόπου σκέψης επιτυγχάνεται με τη δημιουργία διάφορων υπηρεσιών, όπως είναι για παράδειγμα το σύστημα μοιρασμένης χρήσης ποδηλάτων (bike-sharing), τα οποία διατίθενται στους πολίτες για την καθημερινή τους μετακίνηση και μπορούν να τα δανείζονται καταβάλλοντας ένα μικρό ποσό, ενώ σε πολλές περιπτώσεις είναι δωρεάν. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελεί σοβαρό κίνητρο για τον χρήστη του οδικού δικτύου να χρησιμοποιεί διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς ειδικά για τους ανθρώπους με χαμηλότερο εισόδημα ή για την καθημερινή εξυπηρέτηση πολλών παιδιών και την ασφαλή μετακίνησή τους στο σχολείο.

4.1.4 Ενεργή μετακίνηση

Η ενεργή μετακίνηση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της υγείας με την αύξηση της σωματικής δραστηριότητας και την αποφυγή των αρνητικών επιδράσεων των μηχανοκίνητων μέσων. Η ανησυχητική αύξηση της παχυσαρκίας που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, αλλά και άλλων παθήσεων που οφείλονται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη της φυσικής δραστηριότητας θα πρέπει να οδηγήσει τους ανθρώπους ή τουλάχιστον να τους ευαισθητοποιήσει να εντάξουν στο πρόγραμμα της καθημερινότητάς τους, έστω και μία μικρή δραστηριότητα που θα έχει θετική επίδραση στην υγεία τους. Μια από τις βασικές αιτίες που οι άνθρωποι δεν ασκούνται είναι η έλλειψη χρόνου, γι' αυτό τον λόγο μια αποτελεσματική λύση θα ήταν να συνδυάσουν την άσκηση με την καθημερινή τους μετακίνηση. Αυτό μπορεί να συμβεί πολύ εύκολα εάν επιλέξουν να μετακινούνται για να καλύψουν τις ανάγκες τους (εργασία, εκπαίδευση, κτλ.) με τα πόδια ή το ποδήλατο. Τόσο το περπάτημα όσο και η ποδηλασία είναι δύο τρόποι μετακίνησης που επιφέρουν θετικά αποτελέσματα, τόσο στη σωματική υγεία (απώλεια βάρους και αποφυγή διάφορων ασθενειών

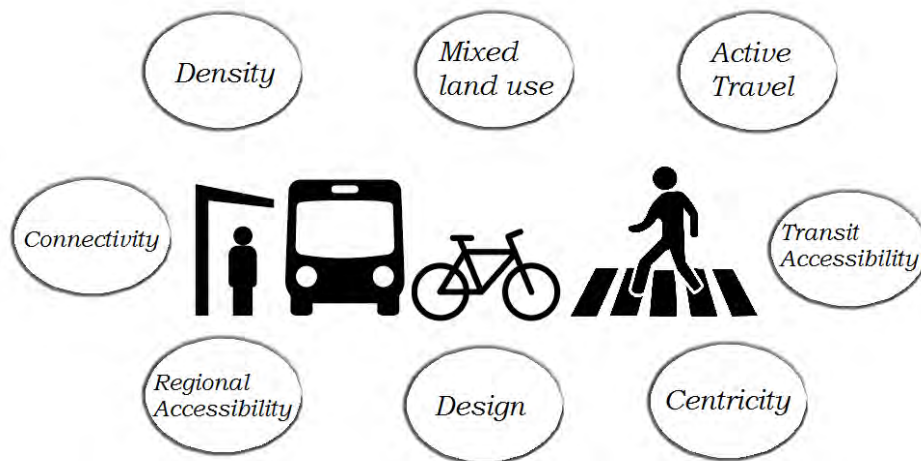
που σχετίζονται με την καθιστική ζωή), όσο και τη ψυχική, καθώς προσφέρουν στον άνθρωπο ηρεμία, χαλάρωση και αποφυγή του άγχους από την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Το οικοδομημένο περιβάλλον κάθε πόλης παίζει βασικό ρόλο στην επιλογή του μέσου μεταφοράς, καθώς και στις δυνατότητες που έχουν οι άνθρωποι για ενεργή μετακίνηση. Από τη δεκαετία του 1950, το ταξίδι με το αυτοκίνητο αυξήθηκε σταθερά, ενώ η μεταφορά με το περπάτημα ή το ποδήλατο μειώθηκε (Brownson et al., 2002), απειλώντας έτσι τη δημόσια υγεία. Η αύξηση της οδήγησης και η εξάρτηση των μετακινούμενων από αυτή έχει συσχετιστεί με αυξημένα ποσοστά παχυσαρκίας, διαβήτη, καρδιακές παθήσεις, υψηλή αρτηριακή πίεση και απώλεια κοινωνικής συναναστροφής. Η υγεία του ανθρώπου όμως, επηρεάζεται και από τους αέριους ρύπους που παράγονται από τα μηχανοκίνητα μέσα, γι' αυτόν τον λόγο ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός της πόλης είναι απαραίτητο θεμέλιο για τη δημόσια υγεία. Είναι αναγκαίο μελλοντικά να κατασκευαστούν υποδομές (πάρκα, μονοπάτια) που θα διευκολύνουν το περπάτημα και την ποδηλασία και θα προσφέρουν ασφάλεια στους ανθρώπους καθιστώντας έτσι την ενεργή μετακίνηση πιο ελκυστική σε σχέση με την οδήγηση. Βασική είναι επίσης, η εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στον προορισμό, δηλαδή η καλή συνδεσιμότητα μεταξύ διαδρομών, πεζοδρομιών και μονοπατιών, καθώς και η ποιότητα του αστικού σχεδιασμού (Peacock-McLaughlin et al., 2017).

4.1.5 Πρόσβαση στα μέσα διαμετακόμισης

Η χρήση της δημόσιας διαμετακόμισης (λεωφορεία, τρένα) συνδέεται άμεσα με την ενεργή μετακίνηση, καθώς είναι ένας τρόπος μέσω του οποίου τα άτομα μπορούν να ενσωματώνουν την σωματική δραστηριότητα στη ρουτίνα τους. Η πρόσβαση στα μέσα διαμετακόμισης σχετίζεται με την απόσταση μέχρι τις στάσεις της δημόσιας συγκοινωνίας (Ewing & Cervero, 2010), την ποιότητα του μέσου που εξυπηρετεί μια περιοχή και την

ευκολία πρόσβασης στην υπηρεσία αυτή μέσω περπατήματος, ποδηλασίας και του αυτοκινήτου. Η απόσταση από τα σημεία διαμετακόμισης συνήθως μετριέται ως ο μέσος όρος των διαδρομών από τις κατοικίες ή τους χώρους εργασίας μιας περιοχής μέχρι τον κοντινότερο σιδηροδρομικό σταθμό ή τη στάση λεωφορείου (Ewing & Cervero, 2010).



Εικόνα 4-3: Μεταβλητές χρήσεων γης που επηρεάζουν το σύστημα μεταφορών.

Η μεγιστοποίηση της πρόσβασης στις δημόσιες συγκοινωνίες επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη της διαμετακόμισης (Transit-Oriented Development - TOD) (Taki et al., 2017), μια μορφή αστικής ανάπτυξης, η οποία αναφέρεται σε οικιστικούς και εμπορικούς χώρους που έχουν σχεδιαστεί σε κοντινή απόσταση από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, μειώνοντας την οδήγηση και προωθώντας έτσι τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη. Το TOD, το οποίο αναπτύχθηκε από τον Αμερικανό αρχιτέκτονα Peter Calthorpe, προωθεί τη μεικτή ανάπτυξη της περιοχής που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από τη στάση διέλευσης, η οποία είναι επίσης μια κεντρική εμπορική περιοχή (Calthorpe, 1993). Το TOD εστιάζει στη δημόσια και ιδιωτική ανάπτυξη γύρω από τους σταθμούς διαμετακόμισης για να δημιουργήσει γειτονιές, στις οποίες, οι άνθρωποι μπορούν με ασφάλεια να περπατούν, να ζουν, να εργάζονται, να ψωνίζουν και να ψυχαγωγούνται. Ένα επιτυχημένο TOD έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη

ποιότητα ζωής, τη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων (Dou et al., 2016), την αύξηση της κινητικότητας μέσω των πολλαπλών επιλογών στο περπάτημα και τα μέσα μαζικής μεταφοράς και την αποτελεσματικότερη επένδυση στο σύστημα διαμετακόμισης ως προς το κόστος και τη λειτουργία του (Boschmann & Brady, 2013).

Στη σημερινή εποχή, οι επιπτώσεις της συνεχούς χρήσης του αυτοκινήτου, μεταξύ των οποίων είναι η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η υψηλή κατανάλωση καυσίμων και η ρύπανση του περιβάλλοντος καθιστούν το σύστημα των μεταφορών μη βιώσιμο (Banister, 2011). Γι' αυτόν τον λόγο είναι σημαντική η ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων (π.χ. ηλεκτρικά αυτοκίνητα), αλλά και η αλλαγή στον τρόπο σκέψης και τη συμπεριφορά των ανθρώπων όσον αφορά στις μετακινήσεις τους. Ωστόσο κάτι τέτοιο, δεν συνάδει με τους σκοπούς της αστικής ανάπτυξης, η οποία στοχεύει μεν στη μείωση της χρήσης αυτοκινήτου, αλλά δεν επιδιώκει τον «εξαναγκασμό» των ανθρώπων. Η αλλαγή της συμπεριφοράς συχνά θεωρείται ότι οδηγεί σε σημαντική μείωση της ελευθερίας μετακίνησης των ανθρώπων.

Οι τεχνολογικές λύσεις απαιτούν λιγότερες αλλαγές στη συμπεριφορά των μετακινούμενων, αλλά δεν ικανοποιούν τους στόχους του βιώσιμου συστήματος μεταφορών, ενώ παραμένουν σημαντικά προβλήματα, όπως είναι η κάλυψη των μετακινήσεων μεγάλων αποστάσεων με τεχνολογικά μέσα (Steg & Sievers, 2000). Έτσι, είναι αναγκαίο να καταβληθούν μεγάλες προσπάθειες για να πειστεί η κοινωνία και να αλλάξουν τα άτομα τη συμπεριφορά τους ως προς τις μετακινήσεις, καθώς ο συνδυασμός της αλλαγής της νοοτροπίας με την αξιοποίηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων μπορεί να επιφέρει το επιδιωκόμενο βιώσιμο σύστημα μεταφορών.

4.2 Επίδραση μεταφορών στις χρήσεις γης

Οι υποδομές των μεταφορών, όπως οι αστικές, περιαστικές και υπεραστικές οδοί, οι σιδηρόδρομοι, τα αεροδρόμια, οι λιμένες και οι τερματικοί σταθμοί διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά εμπορευμάτων και τη μετακίνηση του πληθυσμού. Οι αποφάσεις για τον σχεδιασμό των μεταφορών επηρεάζουν άμεσα τις χρήσεις γης, διαμορφώνοντας την έκταση της γης που χρησιμοποιείται για τις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης των μεταφορών και έμμεσα, επηρεάζοντας την ευρύτερη ανάπτυξη της περιοχής. Η επίδραση της υποδομής των μεταφορών στη βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί ένα βασικό ζήτημα και γι' αυτόν τον λόγο είναι σημαντικό να εντοπιστούν οι πολλαπλές επιπτώσεις της. Η υποδομή των μεταφορών, ως σύνθετο δίκτυο, συνδέει τις πόλεις, διευκολύνει την πραγματοποίηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και αποτελεί βασικό στοιχείο της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Από την άλλη πλευρά, η υπέρμετρη κατασκευή υποδομής είναι πιθανό να οδηγήσει σε σημαντική επιβάρυνση στο φυσικό περιβάλλον στην προσπάθεια των ανθρώπων να ικανοποιήσουν τις ανάγκες για οικονομική ανάπτυξη και κοινωνική εξύψωση.

4.2.1 Σχεδιασμός μεταφορών

Με την πάροδο των χρόνων και την ανάπτυξη των δημόσιων μέσων μεταφοράς διαπιστώθηκε ότι η ορθή λειτουργία τους και οι απαραίτητες υποδομές κατέχουν κύριο ρόλο στη διαμόρφωση και την εξέλιξη της αστικής δομής. Υπάρχουν πολλά βήματα που πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις κατά τον σχεδιασμό των μεταφορών, καθώς πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις των μεταφορών στις χρήσεις γης, τη συμπεριφορά των μετακινούμενων, την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον (Εικόνα 3-4).

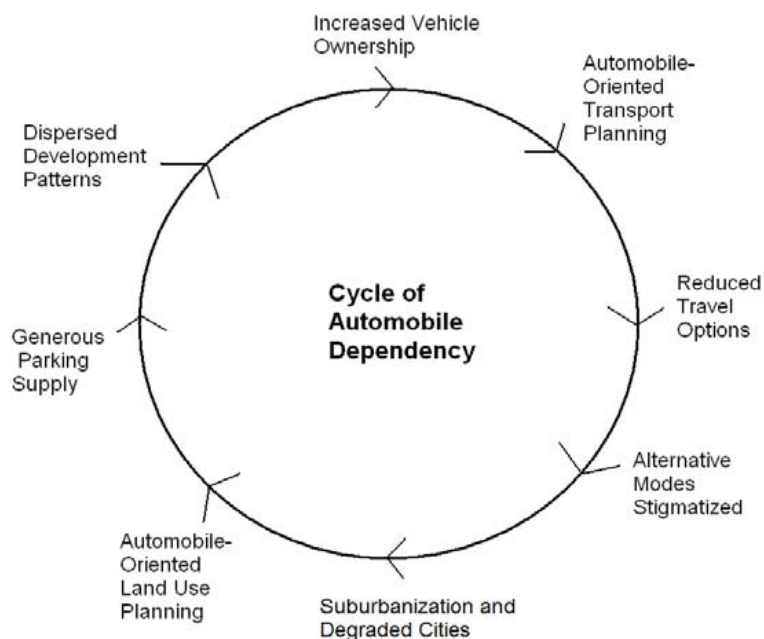


Εικόνα 4-4: Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στις αποφάσεις στον σχεδιασμό των μεταφορών (Πηγή: Litman, 2019).

Κατά τον σχεδιασμό μιας αστικής περιοχής, οι κύριες επιλογές για τη μορφή της είναι μια συμπαγής πόλη η οποία θεωρείται βιώσιμη ή μια πιο διασκορπισμένη μορφή πόλης εξαρτώμενη από τα αυτοκίνητα. Η βιώσιμη ανάπτυξη ή αλλιώς «έξυπνη» ανάπτυξη, απαιτεί τη σύνδεση των μεταφορών με τη μορφή αστικής ανάπτυξης και στοχεύει στην αποτροπή της χρήσης των αυτοκινήτων και την προώθηση εναλλακτικών μορφών μετακίνησης (Nallathiga, 2007). Η σύνδεση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τον κατάλληλο πολεοδομικό σχεδιασμό και την οργάνωσή του που θα ενισχύει τη σύνθεση και μείξη των χρήσεων γης στον χώρο της πόλης. Οι συμπαγείς αστικές περιοχές με μεικτή χρήση γης τείνουν να μειώνουν σημαντικά το μήκος διαδρομής και την κυκλοφορία οχημάτων (Kuzmyak, 2012). Επίσης, αυτός ο τρόπος αστικής ανάπτυξης θεωρείται ως μια σημαντική στρατηγική, καθώς η μείωση της χρήσης των αυτοκινήτων δεν έχει οφέλη μόνο για το περιβάλλον, αλλά και για την οικονομία, και κατ' επέκταση την κοινωνία γενικότερα, αφού περιορίζονται οι δαπάνες μετακίνησης και παράλληλα μπορεί να επιτευχθεί μια αποδοτικότερη επένδυση στο δημόσιο σύστημα μεταφοράς. Αντίθετα, η εξάπλωση των πόλεων υποστηρίζει τις επεκτεινόμενες αστικές οδικές αρτηρίες, οι οποίες αυξάνουν τις μετακινήσεις σε μήκος, πλήθος και σε ποικιλία κατευθύνσεων και ως εκ τούτου δεν αποτελεί «συμφέρουσα» πρακτική, καθώς το κόστος

μετακίνησης για την εξυπηρέτηση μιας οικογένειας είναι αυξημένο και η επιβάρυνση για επέκταση των υποδομών μεγάλη. Αυτή η μορφή πόλης δηλαδή ενθαρρύνει μια πιο διασκορπισμένη ανάπτυξη η οποία στηρίζεται στο αυτοκίνητο (Nallathiga, 2007), δημιουργώντας ανησυχίες και για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται (Kulmer et al., 2014).

Κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα, διάφορες πρακτικές σχεδιασμού των μεταφορών και της αστικής ανάπτυξης ενίσχυσαν έναν κύκλο που απεικονίζει την εξάρτηση από το αυτοκίνητο και την εξάπλωση των πόλεων (Εικόνα 3-5) (Litman, 2004). Ο κύκλος και η κατάσταση που διαμορφώνεται αντικατοπτρίζουν την έλλειψη γνώσης των επιπτώσεων αυτών των αποφάσεων. Οι αποφάσεις σχεδιασμού που επηρεάζουν την προσφορά οδικής κυκλοφορίας, την ποιότητα των υπηρεσιών διαμετακόμισης ή τα τέλη χρήσης του οδοστρώματος συχνά παραβλέπουν τις διάφορες επιπτώσεις στις χρήσεις γης. Ωστόσο, οι επιπτώσεις μιας διασκορπισμένης αστικής μορφής πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, καθώς μπορούν να προκαλέσουν ανεπανόρθωτη βλάβη σε χώρους (π.χ., μείωση χώρων πρασίνου ή αναψυχής) και την οικονομία της κοινωνίας (κόστος ζημιών και μετακίνησης).



Εικόνα 4-5: Κύκλος εξάρτησης από το αυτοκίνητο (Πηγή: Litman, 2004).

4.2.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Αναπόσπαστο κομμάτι του αστικού περιβάλλοντος και της δημιουργίας μιας συνεκτικής αστικής δομής αποτελούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς (λεωφορεία, τραμ, τρόλεϊ, μετρό, σιδηρόδρομος) η απόδοση των οποίων εξαρτάται από την αστική περιοχή, τον αριθμό των επιβατών που πρόκειται να εξυπηρετηθεί και από πολλούς άλλους παράγοντες. Η χρήση αυτού του τρόπου μετακίνησης έχει θετικές επιπτώσεις, τόσο σε συγκοινωνιακό όσο και σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Καταρχάς, η χρήση δημόσιων μέσων μεταφοράς συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης των αστικών κέντρων, καθώς η μεταφορική ικανότητα των δημόσιων μέσων εξυπηρετεί μεγαλύτερο αριθμό επιβατών μειώνοντας έτσι τον συνολικό αριθμό των αυτοκινήτων που χρησιμοποιούνται. Ένας άλλος κύριος παράγοντας για την επιλογή του μέσου μεταφοράς είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει το κάθε μέσο από τη χρήση του. Έχει παρατηρηθεί ότι στις πόλεις, οι οποίες εξαρτώνται από το αυτοκίνητο, οι μετακινούμενοι διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις

σε αντίθεση με τις πόλεις που βασίζονται σε εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς (Litman, 2019), με αποτέλεσμα η εκπομπή αέριων ρύπων να είναι μεγαλύτερη και κατά συνέπεια τα επίπεδα μόλυνσης από αυτούς τους ρύπους υψηλότερα. Από άποψη οικονομίας, οι εναλλακτικοί τρόποι μεταφοράς έχουν μικρότερο κόστος έναντι των μηχανοκίνητων μέσων και η αύξηση της χρήσης τους μειώνει σημαντικά το κόστος. Όσον αφορά στα λεωφορεία, παρόλο που κατέχουν σχετικά υψηλά επίπεδα προσπελασιμότητας, η επιρροή τους στις χρήσεις της γης περιορίζεται αρκετά λόγω της μικρής μεταφορικής τους ικανότητας. Εντούτοις, η μεταβολή του δικτύου λεωφορείων με αλλαγές που περιλαμβάνουν νέες και περισσότερες στάσεις και πιο πυκνά δρομολόγια μπορούν να επηρεάσουν σε κάποιο βαθμό τις αποφάσεις που έχουν να κάνουν με τις εγκαταστάσεις και τις μετακινήσεις μέσα στην αστική περιοχή.

4.2.3 Επίδραση σιδηροδρομικών έργων στην απασχόληση και την οικονομία

Η οικονομία μιας περιοχής, καθώς και ο πληθυσμός της συνδέονται μέσω του μεταφορικού συστήματος το οποίο παρέχει πρόσβαση σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (Thompson & Bawden 1992; van den Heuvel et al., 2014). Οι μελετητές Lichter και Fuguitt (1980) θεωρούν ότι βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη της οικονομίας και κατ' επέκταση της κοινωνικής ευημερίας των πόλεων είναι η μεταφορά. Μάλιστα πολλές έρευνες δείχνουν ότι οι περιοχές με μεγαλύτερη πρόσβαση στις υποδομές μεταφορών έχουν υψηλότερο μέσο ρυθμό οικονομικής ανάπτυξης (Briggs, 1981; Ozbay et al., 2006; van den Heuvel et al., 2014), ενώ παράλληλα αυξάνεται η απασχόληση και η προσφορά εργασίας. Τα αυξημένα επίπεδα προσβασιμότητας ωφελούν και τις γειτονικές περιοχές ή πόλεις, καθώς ο οικονομικός αντίκτυπος δεν περιορίζεται αναγκαστικά στις περιοχές που βρίσκονται δίπλα σε σιδηροδρομικό σταθμό (Kasu & Chi, 2018). Διάφορα μοντέλα, όπως το συχνά

χρησιμοποιούμενο μοντέλο παλινδρόμησης και το μοντέλο χωρικών σφαλμάτων εφαρμόζονται σε μελέτες, ώστε να αναλυθεί το αντίκτυπο των υπεραστικών σιδηροδρομικών επιβατικών γραμμών στον πληθυσμό και τις πιθανές μεταβολές στην απασχόληση. Τα σιδηροδρομικά έργα επηρεάζουν την εξέλιξη των εταιρειών, την ανάπτυξη της γεωργίας, της βιομηχανίας και του εμπορίου. Από τα πρώτα χρόνια και κυρίως στην ακμή του, ο σιδηρόδρομος διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στη μεταφορά, καθώς ήταν ο κύριος τρόπος μετακίνησης για μεγάλες αποστάσεις μεταφέροντας αγαθά κι ανθρώπους. Ωστόσο διάφοροι παράγοντες όπως ο ανταγωνισμός, η άνιση κατανομή δημόσιων κονδυλίων, τα ιδιωτικής χρήσης οχήματα, τα υπεραστικά λεωφορεία, το αεροπορικό δίκτυο και το υψηλό κόστος μεταφοράς οδήγησαν στην κατάρρευση των σιδηροδρομικών επιβατικών μεταφορών (Kasu & Chi, 2018).

Οι υπεραστικές σιδηροδρομικές επιβατικές γραμμές έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στον πληθυσμό και την αλλαγή της απασχόλησης, και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ενσωμάτωση μιας τοπικής κοινότητας σε ένα μεγαλύτερο περιφερειακό κέντρο. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της σχέσης μεταξύ μεταφορών και πληθυσμιακής ανάπτυξης, και η διερεύνηση των επιπτώσεων στη μεταβολή του πληθυσμού. Μερικές μελέτες εξέτασαν τον αντίκτυπο των σιδηροδρόμων στον πληθυσμό και την αλλαγή της απασχόλησης και τα αποτελέσματα δείχνουν μεγάλη διακύμανση στην επίδραση των σιδηροδρόμων στην τοπική οικονομική ανάπτυξη. Παράλληλα, η εμπορική ανάπτυξη αυξάνει την αξία της γης, καθιστώντας το κέντρο της πόλης ένα πολύ ακριβό μέρος για να ζήσουν οι άνθρωποι και γι' αυτόν τον λόγο φαίνεται ότι οι μετανάστες επιλέγουν την περιφέρεια ή τις προαστιακές περιοχές. Φαίνεται λοιπόν ότι η διαδρομή με τρένο διευκολύνει τον πληθυσμό των προαστιακών περιοχών και τους μετακινούμενους που εργάζονται στο κέντρο της πόλης και προσφέρει έναν άνετο και οικονομικό τρόπο μετακίνησης. Οι υπεραστικές

σιδηροδρομικές επιβατικές γραμμές λοιπόν, λειτουργούν ως καταλύτες στη ροή του πληθυσμού και της απασχόλησης. Οικονομικά ισχυρές πόλεις προσελκύουν κατοίκους από άλλες περιοχές αυξάνοντας τον πληθυσμό τους, ενώ πόλεις με αδύναμη οικονομία αδυνατούν να διατηρήσουν τη βάση του πληθυσμού τους (Kasu & Chi, 2018).

Όσον αφορά στα τρένα υψηλής ταχύτητας για την εξυπηρέτηση επιβατών, φαίνεται ότι είναι ενεργειακά αποδοτικά και φιλικά προς το περιβάλλον, καθώς εκπέμπουν λιγότερο επιβλαβή καυσαέρια (Okada, 1994). Σύμφωνα με τον Ryder (2012), οι σιδηροδρομικές επιβατικές γραμμές υψηλής ταχύτητας αποτελούν μέρος του ευρύτερου περιφερειακού προγραμματισμού οικονομικής ανάπτυξης για πολλές χώρες και περιλαμβάνονται στην εθνική βιομηχανική πολιτική για την τόνωση της οικονομίας πολλών αδύναμων οικονομικά πόλεων. Επομένως, η κατανόηση των επιπτώσεων των επιβατικών μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας. Σημαντική βιβλιογραφία σχετικά με τις σιδηροτροχιές υψηλών ταχυτήτων επιβατικών γραμμών παρουσιάζει την επιρροή των σιδηροδρόμων στην τοπική και περιφερειακή ανάπτυξη (Chen, 2012). Για παράδειγμα, η ανάπτυξη του σιδηρόδρομου βοήθησε στην οικονομική ανάπτυξη της Κοπεγχάγης οδηγώντας σε σημαντικές επενδύσεις σε εγκαταστάσεις στέγασης, λιανικού εμπορίου, εκπαίδευσης και ψυχαγωγίας, καθώς και δημιουργώντας χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας (Knowles, 2012). Ομοίως, οι Mejía-Dorantes et al. (2012) παρουσίασαν τον οικονομικό αντίκτυπο της γραμμής του μετρό της Μαδρίτης, το οποίο επηρέασε θετικά την οικονομική δραστηριότητα. Επίσης, σύμφωνα με τους Kotavaara et al. (2011), η πρόσβαση στις μεταφορικές υποδομές στη Φινλανδία, προκάλεσε τη μεταβολή του πληθυσμού. Ακόμη, ο Chen το 2012 διαπίστωσε ότι η ανάπτυξη τρένων μεγάλης ταχύτητας στην Κίνα, μείωσε τον χρόνο ταξιδιού μεταξύ πόλεων για εκατομμύρια μετακινούμενους συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη της περιφερειακής οικονομίας. Αυτές οι οικονομικές επιπτώσεις των σιδηροτροχιών υψηλής ταχύτητας μεταβάλλουν τελικά τη

σύνθεση της απασχόλησης και του πληθυσμού, τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο (Kasu & Chi, 2018).

4.2.4 Τερματικοί σταθμοί

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις έχει οδηγήσει στην ανάγκη για συνδυασμένη μεταφορά και σχετική ανάπτυξη στον τομέα των υποδομών. Οι διατροπικές μεταφορές διευκολύνουν τη μεταφορά εμπορευμάτων και τη μετακίνηση των ανθρώπων συνδυάζοντας τουλάχιστον δύο τρόπους μεταφοράς. Για να εξασφαλιστεί ο σχεδιασμός ενός τέτοιου συστήματος αστικών επιβατικών μετακινήσεων είναι αναγκαίο να υπάρχει πρόσβαση σε όλα τα μέσα μεταφοράς και να αναβαθμιστούν τα εναλλακτικά μέσα, όπως τα αστικά λεωφορεία και το ποδήλατο. Έτσι, απαιτείται προσεκτικός και συνεκτικός σχεδιασμός των συστημάτων χρήσεων γης και μεταφορών. Ο σχεδιασμός ενός διατροπικού δικτύου για να θεωρηθεί επιτυχημένος πρέπει να περιλαμβάνει κάποια στοιχεία, όπως η χρήση νέων τεχνολογιών, έτσι ώστε για παράδειγμα οι μετακινούμενοι να λαμβάνουν πληροφορίες για τις εναλλακτικές λύσεις που προσφέρονται στις μετακινήσεις τους, η εφαρμογή σύγχρονων και εύχρηστων συστημάτων έκδοσης εισιτηρίων, η εξασφάλιση μιας υψηλής στάθμης εξυπηρέτησης των εναλλακτικών δικτύων για τις μετακινήσεις με τα πόδια, το ποδήλατο και τις δημόσιες συγκοινωνίες, η ενημέρωση των πολιτών για τη χρήση των εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς και πολλά ακόμα στοιχεία, τα οποία είναι σημαντικά για την αποτελεσματικότητα του συστήματος. Ο σχεδιασμός ενός τέτοιου δικτύου μεταβάλλει την περιοχή, η οποία για να χαρακτηριστεί ως περιοχή ενός συνδυασμένου δικτύου πρέπει να παρέχει ένα άνετο και ασφαλές περιβάλλον για τους πεζούς και τους ποδηλάτες και να προσφέρει μια καλή συνδεσιμότητα με τα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Σημαντικό κομμάτι για την καλή διαμόρφωση της περιοχής είναι η μεικτή χρήση γης, καθώς γειτονιές με καλή ανάμειξη των χρήσεων γης παρουσιάζουν μείωση στη χρήση των αυτοκινήτων (κατά 5-15% λιγότερα οχηματοχιλιόμετρα) σε σχέση με γειτονιές με αμιγείς χρήσεις γης (Litman, 2018). Οι τερματικοί σταθμοί και γενικότερα ο συνδυασμός των μεταφορών καταλαμβάνουν σημαντικό μερίδιο στις μεταβολές στις υποδομές και συνεπώς στις διάφορες επιπτώσεις που δημιουργούνται λόγω της ανάπτυξης των υποδομών και της χρήσης της γης. Γι' αυτόν τον λόγο, η κατασκευή και στη συνέχεια η λειτουργία ενός διατροφικού δικτύου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον στρατηγικό σχεδιασμό των μεταφορών, ώστε να προβλέπονται επαρκώς τα διάφορα κόστη και να εκτιμώνται οι σχετικές επιπτώσεις.

4.3 Σύνοψη Κεφαλαίου 4

Η σχέση χρήσεων γης και μεταφορών είναι αμφίδρομη. Πιο συγκεκριμένα, η αποτελεσματική λειτουργία των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται σε μια περιοχή εξαρτάται από τις συνδέσεις και τα δίκτυα των μεταφορών και αντίστροφα ένα σύστημα μεταφορών είναι αποδοτικό, όταν οι χρήσεις γης συναρτώνται ομαλά με αυτό. Μια πόλη χρειάζεται ένα καλό σύστημα μεταφορών, καθώς αποδεικνύεται από πολλές μελέτες ότι οι δημόσιες συγκοινωνίες, σε συνδυασμό με το περπάτημα και το ποδήλατο, είναι περισσότερο αποδοτικοί τρόποι μετακίνησης και ότι οι επιτυχημένες δημόσιες συγκοινωνίες συνδέονται με τη βιωσιμότητα και την οικονομική ανάπτυξη των αστικών περιοχών. Με τη σειρά τους, οι δημόσιες συγκοινωνίες επηρεάζονται έντονα από την αστική δομή. Έτσι, όταν τα μέσα μαζικής μεταφοράς και η πόλη είναι εναρμονισμένα, τότε επέρχεται συντονισμός που επιδρά θετικά στη λειτουργία μιας αστικής περιοχής. Αντίθετα, η έλλειψη συντονισμού αποδεικνύεται ότι καθιστά το σύστημα μεταφορών και χρήσεων γης μη αποδοτικό.

Η παρέμβαση στις χρήσεις γης μιας αστικής περιοχής μπορεί να καθορίσει τις μετακινήσεις και τον σχεδιασμό του κατάλληλου δικτύου μεταφορών. Το ενδιαφέρον για τον καθορισμό των χρήσεων γης δημιουργήθηκε με την ανάπτυξη των μηχανοκίνητων οχημάτων και τον προβληματισμό που επέφεραν οι επιπτώσεις της χρήσης τους σχετικά με τη μορφή που πρέπει να έχει μία πόλη για να ανταπεξέλθει στις ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες για μετακίνηση. Αντίστοιχα, οι υποδομές των μεταφορών προσφέρουν συγκεκριμένα οφέλη τα οποία διαμορφώνουν τις χρήσεις γης και τις εγκαταστάσεις λειτουργίας των συστημάτων μεταφορών. Στον Πίνακα 4-1 παρουσιάζονται οι παράγοντες που διαμορφώνουν τις χρήσεις γης και η επίδραση που έχουν στη συμπεριφορά των μετακινούμενων και στον Πίνακα 4-2 συνοψίζονται οι επιπτώσεις του συστήματος μεταφορών και των αντίστοιχων υποδομών στις χρήσεις γης.

Πίνακας 4-1: Παράγοντες χρήσεων γης και επίδραση στη συμπεριφορά των μετακινούμενων.

Παράγοντας	Χαρακτηριστικά	Επίδραση
Πυκνότητα	Αριθμός κατοικιών, ατόμων ή θέσεων εργασίας ανά μονάδα επιφάνειας	Μείωση απόστασης ταξιδιού και κυκλοφοριακής συμφόρησης, αυξημένη ζήτηση μετακίνησης με εναλλακτικά μέσα μεταφοράς
Περιφερειακή προσβασιμότητα	Απόσταση από μια κεντρική επιχειρηματική περιοχή	Οι κάτοικοι που ζουν στο κέντρο της πόλης οδηγούν λιγότερο σε σχέση με αυτούς που βρίσκονται στην περιφέρεια
Κεντρικότητα	Δραστηριότητες που συγκεντρώνονται σε μεγάλα αστικά κέντρα	Ανάπτυξη εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης (συστήματα μοιρασμένης μετακίνησης, μέσα μαζικής μεταφοράς)
Συνδεσιμότητα	Βαθμός σύνδεσης του οδικού δικτύου (δρόμοι, πεζόδρομοι)	Μείωση των μετακινήσεων με αυτοκίνητο και εύκολη πρόσβαση στον προορισμό με τα πόδια ή το ποδήλατο
Μεικτή χρήση γης	Διαφορετικοί τύποι χρήσης γης σε μια περιοχή (εμπορικοί, ψυχαγωγικοί, οικιστικοί)	Μείωση χρήσης αυτοκινήτου, αύξηση περπατήματος και ποδηλασίας
Σχεδιασμός δικτύου/υποδομών	Σχεδιασμός οδικού δικτύου και διαχείριση δημόσιων χώρων	Ο κατάλληλος σχεδιασμός του οδικού δικτύου οδηγεί στην καλύτερη συνδεσιμότητα των δρόμων και την αύξηση της ενεργούς μετακίνησης
Προσβασιμότητα στα μέσα διαμετακόμισης	Απόσταση από τη δημόσια συγκοινωνία, ποιότητα και ανάπτυξη διαμετακόμισης	Αύξηση της χρήσης δημόσιας συγκοινωνίας και ανάπτυξη της περιοχής κοντά στα μέσα διαμετακόμισης
Ενεργή μετακίνηση	Ποιότητα πάρκων, πεζοδρομίων και ποδηλατοδρόμων	Οι άνθρωποι τείνουν να περπατάνε και να ποδηλατούν περισσότερο βελτιώνοντας στην υγεία τους

Πίνακας 4-2: Επίδραση των μεταφορών στις χρήσεις γης.

Παράγοντας	Επίδραση
Σιδηροδρομική υποδομή	Μείωση κυκλοφοριακής συμφόρησης, ανάπτυξη οικονομίας και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, αύξηση θέσεων εργασίας.
Μέσα μαζικής μεταφοράς	Μείωση χρήσης αυτοκινήτων και εκπομπής αέριων ρύπων
Σχεδιασμός των μεταφορών	Συμπαγείς πόλεις: Μείωση κυκλοφοριακής συμφόρησης, καλή λειτουργία συστημάτων μεταφοράς και χρήσεων γης. Εξάπλωση πόλεων: Εξάρτηση από το αυτοκίνητο, δυσμενείς επιπτώσεις στην κοινωνία και το περιβάλλον.
Τερματικοί σταθμοί – συνδυασμένη μεταφορά	Βελτιστοποίηση μεταφορών, εσωτερικά και εξωτερικά κόστη.

Κεφάλαιο 5 Οικοδομημένο περιβάλλον, μεταφορές και συμπεριφορά μετακινούμενων

Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο το οικοδομημένο περιβάλλον αλληλοεπιδρά με τις μεταφορές και τη συμπεριφορά των μετακινούμενων. Η επιθυμία των ανθρώπων για συμμετοχή σε δραστηριότητες αυξάνει τη ζήτηση για μετακινήσεις και απαιτεί τη βελτίωση του δικτύου και τη σωστή διαχείριση των χρήσεων γης, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν τον συνολικό αριθμό των μετακινήσεων. Γι' αυτό τον λόγο, οι χρήσεις γης και το σύστημα των μεταφορών είναι αλληλένδετα και η σωστή διαχείρισή τους μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση σοβαρών κυκλοφοριακών και περιβαλλοντικών προβλημάτων. Επίσης, η ομαλή λειτουργία του συστήματος μεταφορών, η μεικτή χρήση γης και γενικότερα η ανάπτυξη μιας πιο συμπαγούς πόλης έχει θετικά αποτελέσματα στην κοινωνική αλληλεπίδραση των ανθρώπων και στις μεταξύ τους σχέσεις. Έτσι, με τον κατάλληλο προγραμματισμό και σχεδιασμό χρήσεων γης και συγκοινωνιακής υποδομής μπορεί να ενισχυθεί η χρήση των δημοσίων συγκοινωνιών, και οι ενεργές μετακινήσεις (ποδηλασία, περπάτημα). Ωστόσο, οι μετακινήσεις των ανθρώπων δεν εξαρτώνται μόνο από το δίκτυο, αλλά και από τον ίδιο τον χρήστη. Οι άνθρωποι τείνουν να έχουν διαφορετικό τρόπο σκέψης ως προς την επιλογή του μέσου μεταφοράς, ο οποίος βασίζεται στα δημογραφικά χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου, καθώς και στον σκοπό μετακίνησής του. Επίσης, μέσα από τις δραστηριότητες των ανθρώπων και την πολυπλοκότητα των καθημερινών του μετακινήσεων παρουσιάζεται η ανάγκη για την εφαρμογή μοντέλων μεταφορών με βάση τις

δραστηριότητες, ώστε να γίνεται όσον το δυνατόν καλύτερη εκτίμηση των επιπτώσεων που είναι πιθανόν να επιφέρουν οι αλλαγές του συστήματος μεταφορών.

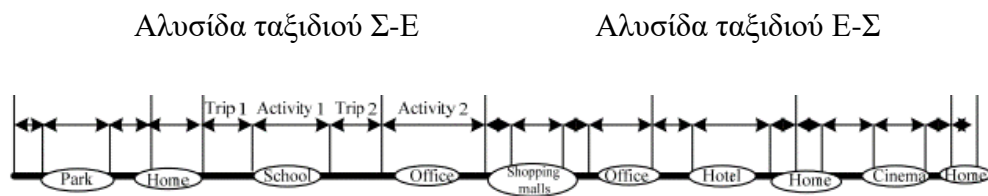
5.1 Συμπεριφορά μετακινούμενων

Οι μεταφορές αποτελούν μια από τις σημαντικότερες πτυχές της καθημερινής ζωής των ανθρώπων, καθώς εξυπηρετούν σε μεγάλο βαθμό την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων τους. Οι μετακινήσεις συνδέονται στενά με τα κοινωνικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων, όπως είναι το φύλο, η ηλικία, η οικογενειακή κατάσταση, το επάγγελμα, το μορφωτικό επίπεδο και οι δραστηριότητες των μελών της οικογένειας. Οι δραστηριότητες αναπτύσσονται για διάφορους σκοπούς, οι οποίοι μπορεί να αφορούν στην εργασία, την εκπαίδευση ή να γίνονται για κοινωνικούς και ψυχαγωγικούς λόγους. Με το πέρασμα των χρόνων, οι δραστηριότητες των ανθρώπων γίνονται πιο περίπλοκες, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται ο αριθμός τους, οξύνοντας έτσι την ανάγκη για μετακίνηση.

5.1.1 Χαρακτηριστικά χρηστών

Η συμπεριφορά των μετακινούμενων διαμορφώνεται με βάση τον σκοπό, την απόσταση, τη συχνότητα του ταξιδιού και την επιλογή της διαδρομής (Litman, 2018). Η αστική κινητικότητα είναι η συσσώρευση της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς όλων των μετακινούμενων που αποτελούν το σύστημα αστικών μεταφορών. Ο ρόλος των κοινωνικό-δημογραφικών παραγόντων είναι περίπλοκος, έχει σημαντικό αντίκτυπο στην επιλογή των διαδρομών και αφορά στο φύλο, το εισόδημα των νοικοκυριών, την ιδιοκτησία αυτοκινήτων, την ηλικία κτλ. (Madhuwanthi et al., 2015). Πολλές μελέτες έχουν διερευνήσει τις σχέσεις μεταξύ των τύπων εργασίας, της χρήσης του χρόνου και της συμπεριφοράς των μετακινούμενων και έχουν δημιουργήσει μια ταξιδιωτική αλυσίδα που περιλαμβάνει τις

μετακινήσεις μέσα στην ημέρα. Η ταξιδιωτική αλυσίδα είναι το σύνολο των ταξιδιών που συνδέουν μια σειρά ταξινομημένων μετακινήσεων με βάση την αναχώρηση ενός ατόμου από κάποιο μέρος και τέλος την επιστροφή του σε αυτό το μέρος μετά από μια σειρά ταξιδιών. Η αλυσίδα ταξιδιού Σ-Ε (Σπίτι-Εργασία) δείχνει όλα τα ταξίδια από τη στιγμή που τα άτομα εγκαταλείπουν τα σπίτια τους και φθάνουν στους χώρους εργασίας και αποτελείται από δύο διαδρομές. Αντίθετα, η αλυσίδα ταξιδιού Ε-Σ (Εργασία-Σπίτι) δείχνει όλα τα ταξίδια από τη στιγμή που το άτομο βγαίνει από τον χώρο εργασίας και φτάνει στο σπίτι, και περιλαμβάνει μια αλυσίδα ταξιδιού (Σχήμα 5-1).



Σχήμα 5-1: Σχηματικό διάγραμμα της αλυσίδας ταξιδιού μιας ημέρας (Πηγή: Zhang et al., 2008).

Για παράδειγμα, η αλυσίδα ταξιδιού των γυναικών υψηλού εισοδήματος είναι περίπλοκη. Η αναλογία για τις γυναίκες που μετακινούνται και επιλέγουν μια περίπλοκη αλυσίδα ταξιδιών με παιδιά ηλικίας 0 έως 6 ετών είναι 17,9 φορές μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών χωρίς ανήλικα παιδιά, ενώ η αύξηση των μελών της οικογένειας απλοποιεί σχετικά την αλυσίδα ταξιδιού Σ-Ε των γυναικών που μετακινούνται (Zhang, et.al. 2008).

Σε αστικό περιβάλλον και συγκρίνοντας την ίδια ηλικιακή ομάδα ανδρών, οι στατιστικοί δείκτες της γυναικείας ταξιδιωτικής συμπεριφοράς παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Η συμπεριφορά των γυναικών για την επιλογή των μετακινήσεων εξαρτάται από τα οικογενειακά και κοινωνικοοικονομικά υπόβαθρα και οι ανάγκες μετακίνησης διαφέρουν αισθητά από αυτές των ανδρών (Basarić et al., 2016). Ο κύριος τρόπος ταξιδιού της γυναίκας

είναι το περπάτημα, σε αντίθεση με τους άνδρες οι οποίοι μετακινούνται κυρίως με το αυτοκίνητο, ενώ το ποσοστό ταξιδιού των ηλικιωμένων γυναικών είναι πολύ χαμηλότερο από αυτό των ηλικιωμένων ανδρών. Οι ηλικιωμένοι έχουν μεγαλύτερο φόβο για μετακίνηση, ειδικά αν είναι μόνοι τους, διότι θεωρούν ότι υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες να δεχτούν κάποια επίθεση. Ιδιαίτερα οι ηλικιωμένες γυναίκες γίνονται πιο συχνά στόχος, με αποτέλεσμα να φοβούνται να μετακινηθούν στην πόλη περιορίζοντας έτσι τις μετακινήσεις τους. Σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται και στη συμπεριφορά μετακίνησης για την εργασία, καθώς τα δύο φύλα φαίνεται να προτιμούν διαφορετικά μέσα μεταφοράς για να φτάσουν στον χώρο εργασίας τους. Οι αιτίες των διαφορών μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά στη συμπεριφορά των μετακινήσεων αποτέλεσαν αντικείμενο ποικίλων ερευνών. Οι γυναίκες εξαρτώνται κυρίως από τις δημόσιες συγκοινωνίες, καθώς το ποσοστό χρήσης και ιδιοκτησίας αυτοκινήτου από το γυναικείο φύλο είναι πολύ χαμηλότερο από το ποσοστό των ανδρών που οδηγούν. Αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, ένας από τους οποίους είναι ο φόβος των γυναικών για την οδήγηση, αλλά και το άγχος της αποδοκιμασίας σε περίπτωση λάθους από τους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου. Οι άνδρες χρησιμοποιούν περισσότερο ιδιωτικά οχήματα παρά δημόσια μέσα μεταφοράς σε σύγκριση με τις γυναίκες (Basarić et al., 2016) σε όλες τις ομάδες εισοδήματος, εκτός από την ομάδα χαμηλού εισοδήματος. Όσον αφορά στο μήκος του ταξιδιού προς την εργασία, οι επιλογές που κάνουν τα δύο φύλα εξαρτώνται από τις παράλληλες υποχρεώσεις που έχουν μέσα στη μέρα. Πιο συγκεκριμένα, οι γυναίκες τείνουν να επιλέγουν κατοικία σε γειτονιά που βρίσκεται πιο κοντά στην εργασία τους (van Wee, 2009), καθώς προσπαθούν παράλληλα να διαχειριστούν εσωτερικές και εξωτερικές δουλειές που σχετίζονται με το νοικοκυριό. Κατ' επέκταση, η αναλογία των γυναικών στον τομέα των αγορών και των κοινωνικών δραστηριοτήτων είναι υψηλότερη από εκείνη των ανδρών και οι δουλειές που σχετίζονται με τη δομή των

οικογενειών δημιουργούν σημαντικούς περιορισμούς στη μέση κατανάλωση του χρόνου ταξιδιού.

Θεωρείται ότι το μέσο εισόδημα για τις γυναίκες είναι χαμηλότερο σε σχέση με αυτό των ανδρών (van Wee, 2009) λόγω των θέσεων που κατέχουν στο εργασιακό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, πολλές φορές το χαμηλό εισόδημα των γυναικών προέρχεται από την ανισότητα των δύο φύλων και την προκατάληψη που κατέχει η κοινωνία προς το πρόσωπο των γυναικών. Οι στερεότυπες αντιλήψεις της κοινωνίας έχουν αρνητικό αντίκτυπο στον εργασιακό χώρο των γυναικών και δεν τους δίνει τη δυνατότητα να εργαστούν σε θέσεις με μεγάλη αυτονομία, ενώ σε σύγκριση με τους άνδρες η πλειοψηφία των γυναικών δεν κατέχει θέσεις εργασίας που έχουν να κάνουν με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι γυναίκες να έχουν λιγότερες ευκαιρίες να εργαστούν σε τομείς, οι οποίοι θα μπορούσαν να τους εξασφαλίσουν ένα μεγαλύτερο εισόδημα. Γι' αυτόν τον λόγο, η συμπεριφορά των γυναικών στις μετακινήσεις πρέπει να λαμβάνεται ως μια σημαντική βάση για τον προγραμματισμό του μελλοντικού συστήματος μεταφοράς και την οικοδόμηση ενός αρμονικού κυκλοφοριακού περιβάλλοντος (Zhang, et.al., 2008).

Η ηλικία είναι επίσης ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν τις μετακινήσεις, εάν και συχνά είναι δύσκολο να απομονωθεί αυτός ο παράγοντας, καθώς και άλλες παράμετροι διαδραματίζουν ταυτόχρονα σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των μετακινούμενων. Οι μεγαλύτεροι σε ηλικία άνθρωποι φαίνεται να προσελκύονται περισσότερο από τα δημόσια μέσα μεταφοράς, καθώς μπορούν να τους εξασφαλίσουν ένα άνετο, χαλαρό και ήρεμο ταξίδι (Yang et al., 2018). Προτιμούν και έχουν ανάγκη τον συγκεκριμένο τρόπο μετακίνησης, καθώς τους φέρνει σε επαφή με τους άλλους ανθρώπους, μπορούν να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν κοινωνικά με τους υπόλοιπους, γεγονός που επιδρά θετικά στη ψυχική τους υγεία και την καταπολέμηση της κατάθλιψης. Επιπλέον, από

τη μελέτη των Basaric et al. (2016) απεδείχθη ότι τα άτομα ηλικίας 19 έως 35 ετών πραγματοποιούν τον μεγαλύτερο αριθμό ημερήσιων ταξιδιών, κυρίως για εργασία και είναι φανερό ότι στηρίζονται κατά κύριο λόγο στο αυτοκίνητο, καθώς προτιμούν να έχουν την ελευθερία μετακίνησης και να καθορίζουν τον χρόνο οι ίδιοι, χωρίς να φοβούνται για πιθανές καθυστερήσεις. Αντίθετα, η έρευνα έδειξε ότι οι έφηβοι ηλικίας 16-18 ετών δεν ασχολούνται τακτικά με εξωσχολικές δραστηριότητες, ενώ όταν μετακινούνται προτιμούν το περπάτημα ή το ποδήλατο. Επίσης, λόγω των δύσκολων κοινωνικοοικονομικών συνθηκών που οδήγησαν σε υψηλό ποσοστό ανεργίας, ένα σημαντικό ποσοστό των ατόμων ηλικίας 26 έως 35 ετών δεν κατέχει θέσεις εργασίας πλήρους απασχόλησης και συνεπώς δεν ταξιδεύουν τακτικά προς και από την εργασία.

Σημαντικός παράγοντας στη συμπεριφορά των μετακινούμενων είναι και το εισόδημα της οικογένειας. Τα νοικοκυριά με γενικά υψηλό εισόδημα τείνουν να έχουν περισσότερες επιλογές στις μετακινήσεις τους, αφού μπορούν να ξοδέψουν περισσότερα χρήματα για την καθημερινή τους μετακίνηση. Για παράδειγμα, η ιδιοκτησία οχημάτων είναι γενικά υψηλή μεταξύ των ομάδων υψηλού εισοδήματος (Litman, 2018) και έτσι, η χρήση ιδιωτικού οχήματος είναι μεγαλύτερη σ' αυτά τα νοικοκυριά, ενώ τα μέλη αυτών των νοικοκυριών εξαρτώνται λιγότερο από τις δημόσιες μεταφορές. Επίσης, τα νοικοκυριά με υψηλό εισόδημα διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με τις ομάδες μεσαίου και χαμηλού εισοδήματος. Το μήκος του ταξιδιού όμως, είναι ένας βασικός λόγος για τον οποίο τα άτομα με υψηλότερο εισόδημα προτιμούν τη χρήση ιδιωτικού οχήματος. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στον χρόνο ταξιδιού, καθώς τα δημόσια μέσα συνήθως κινούνται με μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με τα αυτοκίνητα. Τα μέσα μαζικής μεταφοράς, από την άλλη πλευρά, είναι περισσότερο ελκυστικά για τις οικογένειες με χαμηλότερο εισόδημα, οι οποίες είναι αναγκασμένες να χρησιμοποιήσουν εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς με χαμηλότερο κόστος για τις

μετακινήσεις τους, καθώς δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να αποκτήσουν κάποιο αυτοκίνητο (Litman, 2018). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι μετανάστες οι οποίοι, λόγω του χαμηλού εισοδήματός τους, αναγκάζονται να επιλέξουν τρόπους μεταφοράς με χαμηλό κόστος, όπως είναι η χρήση λεωφορείου ή και το περπάτημα.

Υπάρχουν όμως και άνθρωποι, οι οποίοι πέρα από το εισόδημα, το φύλο και την ηλικία τους, επιλέγουν οι ίδιοι την ενεργή μετακίνηση ως μέσο βελτίωσης, τόσο της ψυχικής, όσο και της σωματικής τους υγείας. Έχουν διαμορφώσει τη ζωή και το πρόγραμμά τους, ώστε η καθημερινή σωματική δραστηριότητα να περιλαμβάνεται στη μετακίνησή τους. Το περπάτημα, η ποδηλασία και οι δημόσιες συγκοινωνίες είναι τρόποι μετακίνησης που τους χαλαρώνουν και τους ηρεμούν πριν ή μετά από μια δύσκολη και απαιτητική ημέρα στο σπίτι ή τη δουλειά. Ωστόσο, πολλές φορές το άγχος της καθημερινής ζωής και οι γρήγοροι ρυθμοί, δεν επιτρέπουν στους ανθρώπους να σκεφτούν τι πραγματικά τους ωφελεί με αποτέλεσμα να επιλέγουν το μέσο μεταφοράς που ελαχιστοποιεί τον χρόνο μετακίνησης κι όχι αυτό που είναι καλύτερο για την υγεία τους.

Συμπερασματικά, παράμετροι όπως η ηλικία, το φύλο, το μηνιαίο εισόδημα, ο αριθμός των μελών της οικογένειας, η κατοχή άδειας οδήγησης, ο αριθμός των οχημάτων ιδιωτικής χρήσης και η απόσταση, επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά των μετακινούμενων. Σε γενικές γραμμές, οι μετακινήσεις, ιδίως οι μετακινήσεις με αυτοκίνητο τείνουν να αυξάνονται με την απασχόληση και το υψηλότερο εισόδημα και η ζήτηση για περπάτημα, ποδηλασία και δημόσια συγκοινωνία τείνει να είναι υψηλότερη για τους νέους ανθρώπους, τους ηλικιωμένους, τα άτομα με χαμηλότερο εισόδημα, τους μετανάστες και αυτούς που απολαμβάνουν την άσκηση (Litman, 2018).

5.1.2 Χαρακτηριστικά μετακινήσεων

Ένα ταξίδι δημιουργείται από την ανάγκη των ανθρώπων για συμμετοχή σε κοινωνικές δραστηριότητες που διεξάγονται σε διαφορετικά μέρη. Ως εκ τούτου, ο σκοπός ταξιδιού για κάθε άτομο είναι διαφορετικός. Βασική αρχή του συγκοινωνιακού σχεδιασμού, πρέπει να είναι η σύντομη, ασφαλής και εύκολη μετακίνηση στον προορισμό. Ωστόσο, οι πόλεις σήμερα δομούνται και αναπτύσσονται με βάση τις γενικευμένες ανάγκες των μηχανοκίνητων οχημάτων κι όχι με κριτήρια περιβαλλοντικά, αισθητικά, οικονομικά ή βιωσιμότητας.

Οι μετακινήσεις με βάση το σπίτι μπορεί να περιλαμβάνουν μεταφορά στον χώρο εργασίας (γραφείο, εργοστάσιο), το σχολείο (εκπαιδευτικά ταξίδια), την εμπορική περιοχή (αγορά), τους χώρους αναψυχής (όπως ο κινηματογράφος, αθλητικά κέντρα), κτλ. Το ταξίδι που πραγματοποιείται με σκοπό την εργασία είναι το πιο συχνό ταξίδι και πραγματοποιείται συνήθως καθημερινά (Amavi et al., 2014).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των μετακινούμενων είναι ο χρόνος της διαδρομής, το κόστος, η συχνότητα και το επίπεδο εξυπηρέτησης. Κάθε μέσο μεταφοράς επιλέγεται από τους χρήστες με βάση τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχει. Πιο συγκεκριμένα, μέσα όπως το αυτοκίνητο, το ποδήλατο, η μοτοσυκλέτα και η δημόσια συγκοινωνία (λεωφορεία) μπορούν να μεταφέρουν τους ανθρώπους στους διάφορους προορισμούς τους μέσα στην πόλη, αλλά το καθένα από αυτά έχει τα δικά του χαρακτηριστικά τα οποία ανταποκρίνονται καλύτερα σε διάφορες καταστάσεις.

Το αυτοκίνητο είναι ένα γρήγορο και άνετο μέσο μεταφοράς (Eriksson, 2008). Ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να μετακινηθεί οποιαδήποτε ώρα της ημέρας επιθυμεί χωρίς το άγχος των καθυστερήσεων και μπορεί να πραγματοποιήσει ενδιάμεσες στάσεις σε διάφορους

προορισμούς που επιθυμεί. Ωστόσο, η αναρίθμητη χρήση των αυτοκινήτων απειλεί την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος και την υγεία των ανθρώπων. Οι ρύποι που εκπέμπουν, ο θόρυβος που δημιουργείται από την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα αυξημένα ποσοστά ατυχημάτων είναι κάποια από τα μειονεκτήματα της χρήσης των αυτοκινήτων που απειλούν την ανάπτυξη των κοινωνιών σε πόλεις που προωθούν φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους μετακίνησης.

Από την άλλη πλευρά, η ποδηλασία είναι ένας φιλικός προς το περιβάλλον τρόπος μετακίνησης που προσφέρει πολλά οφέλη στον άνθρωπο. Η χρήση του ποδηλάτου μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από τα μηχανοκίνητα οχήματα. Επιπλέον, η ποδηλασία είναι ένας οικονομικός τρόπος μετακίνησης, καθώς η μοναδική επιβάρυνση είναι ουσιαστικά το κόστος αγοράς ενός ποδηλάτου. Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν το ποδήλατο ως μέσο μεταφοράς υποστηρίζουν επίσης ότι είναι άνετο, διασκεδαστικό και γρήγορο για να μετακινηθεί κάποιος σε πυκνές περιοχές. Σημαντικό είναι ακόμη το γεγονός ότι η ποδηλασία κάνει καλό στη ψυχική και σωματική υγεία των ανθρώπων. Η βόλτα μέσα στην πόλη, ιδιαίτερα όταν οι καιρικές συνθήκες είναι καλές, αναζωογονεί τον άνθρωπο και του δίνει μια αίσθηση ευχαρίστησης. Βέβαια, το ποδήλατο αν και είναι ένα σύγχρονο μέσο μεταφοράς είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί ως ένας απλός τρόπος μετακίνησης, καθώς έχει κάποια μειονεκτήματα όπως ο φόβος της κλοπής ή του ατυχήματος. Μερικοί άνθρωποι το βρίσκουν αγχωτικό, ειδικά σε δρόμους με μεγάλη κυκλοφορία, ενώ οι καιρικές συνθήκες είναι άλλος ένας παράγοντας που τους δημιουργεί δισταγμούς για το αν θα το χρησιμοποιήσουν ή όχι.

Η μοτοσυκλέτα είναι ένα μέσο μεταφοράς που χρησιμοποιείται καθημερινά για την εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στον προορισμό, ενώ η χρήση της έναντι του αυτοκινήτου μπορεί να οδηγήσει στην αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα,

πολλοί άνθρωποι προτιμούν τις μοτοσυκλέτες όχι μόνο για κοντινές μετακινήσεις μέσα στην πόλη και την καθημερινή τους εξυπηρέτηση, αλλά και για μακρινά ταξίδια για αναψυχή. Ωστόσο, είναι ένας τρόπος μεταφοράς, κατά τον οποίο οι χρήστες είναι περισσότερο ευάλωτοι σε ατυχήματα, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να αντιμετωπίσουν πιθανές κακές καιρικές συνθήκες ή μη ασφαλές οδικό δίκτυο.

Το λεωφορείο αποτελεί το κύριο μέσο μεταφοράς του πληθυσμού μετά το αυτοκίνητο, και μάλιστα σε πολλές πόλεις το ποσοστό χρήσης του είναι μεγαλύτερο από αυτό του αυτοκινήτου. Έχουν μεγάλη μεταφορική ικανότητα, αλλά οι υφιστάμενες δημόσιες συγκοινωνίες δεν αποδεικνύονται αρκετά ικανοποιητικές, ώστε να προσελκύσουν επαρκή αριθμό χρηστών για τις μετακινήσεις προς την εργασία τους. Ένας από τους κύριους λόγους είναι ο χρόνος διαδρομής. Οι δημόσιες συγκοινωνίες δεν παρέχουν καλές υπηρεσίες και χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να φτάσουν σε έναν προορισμό σε σύγκριση με τα ιδιωτικά οχήματα. Το σημερινό σύστημα μεταφορών πρέπει να βελτιωθεί σημαντικά και να δοθεί η απαιτούμενη προσοχή. Είναι σημαντικό να βελτιωθεί το επίπεδο εξυπηρέτησης των δημόσιων συγκοινωνιών, ώστε να είναι βολικό για όλους τους χρήστες, ιδίως για τις γυναίκες και τους ηλικιωμένους που τείνουν να τις χρησιμοποιούν περισσότερο. Οι στρατηγικές ανάπτυξης των πόλεων πρέπει να δίνουν μεγαλύτερη προτεραιότητα στις δημόσιες συγκοινωνίες, έτσι ώστε να μειωθεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση, να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας και να μειωθεί η περιβαλλοντική ρύπανση. Οι κατάλληλες εγκαταστάσεις, η έγκαιρη εξυπηρέτηση, τα άνετα ταξίδια και το χαμηλό κόστος είναι απαραίτητα, ώστε να γίνουν πιο ελκυστικές ειδικά τις ώρες αιχμής, τις ώρες δηλαδή που οι εργαζόμενοι πηγαίνουν στον χώρο εργασίας τους ή επιστρέφουν στο σπίτι. Αυτό θα οδηγήσει στην αύξηση της χρήσης τους και ταυτόχρονα στη μείωση των ιδιωτικών οχημάτων, τόσο για κοντινές, όσο και για μακρινές αποστάσεις.

Πέρα από την επιλογή ενός μέσου μεταφοράς, ο τομέας των αστικών μεταφορών μπορεί να μεταβάλλει ορισμένες συμπεριφορές και να προωθήσει λύσεις που αποσκοπούν σε μια βιώσιμη αστική πόλη. Οι συνδυασμένες μεταφορές, συμβάλουν στην επιτυχή έκβαση αυτής της προοπτικής. Δεν αλλάζουν ριζικά τον τρόπο μετακίνησης των ανθρώπων, αλλά προωθούν σταδιακά τη συνδυασμένη ή και μοιρασμένη μετακίνηση. Ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το αυτοκίνητό του για ένα τμήμα της οδού, και κατόπιν μπορεί να μετεπιβιβαστεί σε ένα άλλο μέσο για να συνεχίσει το ταξίδι του. Έτσι, μαθαίνει να αλληλοεπιδρά κοινωνικά με άλλους ανθρώπους, να μοιράζεται τον ίδιο χώρο και το ίδιο όχημα. Κάθε ταξίδι μπορεί να ολοκληρωθεί με τη χρήση διαφορετικών μέσων και την εναλλαγή τους κατά τη διάρκειά του. Οι εναλλαγές των τρόπων μετακίνησης και η δυνατότητα επιλογής μέσου βάση των επιθυμιών του κάθε ατόμου, δομούν την έννοια των συνδυασμένων μεταφορών.

5.1.3 Χαρακτηριστικά δικτύου μεταφορών

Η σύνδεση μεταξύ του οικοδομημένου περιβάλλοντος και της συμπεριφοράς των μετακινούμενων αποτελεί αντικείμενο μελέτης τα τελευταία είκοσι χρόνια. Έννοιες όπως η ευφυής ανάπτυξη και οι συμπαγείς πόλεις συνδέονται με την υψηλή πυκνότητα και τη μεικτή χρήση γης, καθώς ενδέχεται να μειώσουν τη χρήση αυτοκινήτων και να προωθήσουν τη χρήση εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς (Nallathiga, 2007), ενώ το δίκτυο των δρόμων και γενικά της πόλης συνδέεται άμεσα με τη συμπεριφορά των μετακινούμενων.

Οι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις επηρεάζουν τη μορφή των πόλεων περισσότερο από άλλους παράγοντες. Το οδικό δίκτυο είναι το κύριο μέρος της αστικής δομής και γι' αυτόν τον λόγο καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά των μετακινούμενων. Το δίκτυο επηρεάζει τις μετακινήσεις σε τοπικούς προορισμούς (όπως τα καταστήματα με τρόφιμα και

τα σχολεία), σε υψηλότερο βαθμό από τα μεγαλύτερα ταξίδια, εάν και η προσβασιμότητα στις στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς μπορεί να ενθαρρύνει τη χρήση της διαμετακόμισης για μεγαλύτερα ταξίδια (όπως καθημερινές μετακινήσεις προς τους χώρους εργασίας που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το σπίτι). Επίσης, η πυκνότητα του δρόμου επηρεάζει τη συμπεριφορά των μετακινούμενων), αφού επιδρά αρνητικά στο άτομο που ταξιδεύει, όταν είναι σε υψηλά επίπεδα (Hedel & Vance, 2007). Μερικές μελέτες, όπως αυτή του Fan το 2007, έλαβαν υπόψη τους πεζούς και τις μετακινήσεις με τα πόδια. Σημαντικό μέρος της δομής του αστικού δικτύου αποτελούν οι διασταυρώσεις, η πυκνότητα των οποίων μπορεί να μειώσει τα άτομα που χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο ως μέσο μεταφοράς (Boarnet et al., 2004). Ο Dill το 2004 υποστήριξε ότι η μεγαλύτερη συνδεσιμότητα μπορεί να αυξήσει το περπάτημα και την ποδηλασία. Επίσης, η καλή σύνδεση του οδικού δικτύου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της οδήγησης (Kulash et al., 1990) και κατά συνέπεια τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης (Alba & Beimborn, 2005). Είναι γεγονός ότι όσο περισσότερες διασταυρώσεις υπάρχουν, τόσο πιο εύκολο είναι για τους ανθρώπους να έχουν πρόσβαση στον προορισμό τους. Μέσω της καλής συνδεσιμότητας των δρόμων, οι άνθρωποι μπορούν να μετακινηθούν εύκολα και γρήγορα μέσω του περπατήματος ή της ποδηλασίας σε οποιοδήποτε μέρος επιθυμούν. Έτσι επιτυγχάνεται η μείωση της χρήσης των αυτοκινήτων και η ανάπτυξη εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς. Ο Zhang (2004) ισχυρίστηκε το ίδιο, δηλαδή ότι το συνδεδεμένο δίκτυο αυξάνει τη μη μηχανοκίνητη λειτουργία και την επιλογή διαμετακόμισης τόσο για μετακινήσεις προς την εργασία όσο και για διαφορετικού τύπου ταξίδια (TeMA, 2012).

Όσον αφορά στον σχεδιασμό γειτονιάς και τη συμπεριφορά των μετακινούμενων, δίνεται μεγάλη σημασία στον σχεδιασμό της μεικτής χρήσης γης. Ο σχεδιασμός έχει βασικές επιπτώσεις στη συμπεριφορά της μετακίνησης επηρεάζοντας τις καθημερινές μετακινήσεις

των ανθρώπων. Η μεικτή χρήση γης αυξάνει το περπάτημα, τη χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών και της ποδηλασίας, αφού μια περιοχή με πολλές υπηρεσίες σε απόσταση τριακοσίων μέτρων από την κατοικία είναι πιο εύκολα προσβάσιμη με αυτούς τους τρόπους μετακίνησης (Cervero, 1996). Όσο περισσότερο μεικτή είναι η χρήση της γης, τόσες περισσότερες επιλογές έχει το άτομο κοντά στη γειτονιά του, με την απόσταση να είναι πολύ μικρή και έτσι δεν είναι απαραίτητη η κατοχή και χρήση ενός αυτοκινήτου για να καλύψει αποστάσεις που μπορεί να περπατήσει. Σε μια μελέτη περίπτωσης του χώρου του San Francisco, διαπιστώθηκε ότι η σχεδίαση της γειτονιάς επηρέασε τη συμπεριφορά των ατόμων για μετακινήσεις που δεν αφορούν στην εργασία, καθώς οι λύσεις, οι οποίες διατήρησαν τους προορισμούς σε κοντινή απόσταση δημιούργησαν υψηλή προσβασιμότητα κι έτσι οδήγησαν σε μικρότερη απόσταση μετακίνησης (Handy, 1996). Ο σχεδιασμός λοιπόν της γειτονιάς συνδέεται με τη συμπεριφορά των μετακινούμενων, αλλά η επίδρασή του έχει ισχύ μόνο όταν ελέγχονται και οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες, καθώς η αλλαγή μόνο των χαρακτηριστικών της αστικής μορφής μπορεί να μην επαρκεί για να αλλάξει σημαντικά η συμπεριφορά των μετακινούμενων.

Η σημασία της πληθυσμιακής πυκνότητας και της πυκνότητας απασχόλησης ως παράγοντες της συμπεριφοράς των μετακινούμενων είναι σημαντική. Πολλές μελέτες που ασχολούνται με τον αντίκτυπο της αστικής μορφής στα ταξίδια έχουν βρει ότι το μέτρο πυκνότητας είναι ο ισχυρότερος προγνωστικός παράγοντας της συμπεριφοράς των μετακινούμενων μεταξύ όλων των άλλων μέτρων για το δομημένο περιβάλλον. Οι Pushkarev & Zupan (1977) επιβεβαιώνουν ότι η πυκνότητα του πληθυσμού αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αιτιολόγηση των επενδύσεων στα βαρέα συστήματα σιδηροδρομικής διαμετακόμισης. Μια άλλη μελέτη εξέτασε τις επιδράσεις των χαρακτηριστικών της γειτονιάς στην απόσταση ταξιδιού και τη χρήση των αυτοκινήτων σε 28 κοινότητες από τέσσερις

γειτονιές της Καλιφόρνιας (Holtzclaw, 1994). Το αποτέλεσμα έδειξε ότι όταν η πυκνότητα κατοικιών διπλασιάστηκε, η οδήγηση μειώθηκε κατά 25-30%. Ωστόσο, η μείωση μπορεί να οφείλεται και σε άλλες παραμέτρους, όπως η καλύτερη διέλευση, ο σχεδιασμός δικτύου φιλικού προς τους πεζούς και η αύξηση των τοπικών καταστημάτων. Παρόλο που πολλές μελέτες έχουν δείξει την ουσιαστική επίδραση της πυκνότητας κατοικιών στην ταξιδιωτική συμπεριφορά, άλλες μελέτες έδειξαν ότι ο αντίκτυπος της πυκνότητας στα ταξίδια είναι αρκετά αδύναμος. Μια μελέτη του Schimek (1996), η οποία χρησιμοποίησε στοιχεία από την έρευνα Nationwide Personal Transportation Survey 1990, καταδεικνύει ότι η πυκνότητα έχει σημασία, αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό. Η αύξηση της πυκνότητας κατά 10% αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση μόνο κατά 0,7% των μετακινήσεων με αυτοκίνητο, ενώ η αύξηση του εισοδήματος των νοικοκυριών κατά 10% αναμένεται να συμβάλει στην αύξηση κατά 3% των αυτοκινήτων.

Η αυξημένη συγκέντρωση της απασχόλησης διαπιστώθηκε ότι συνδέεται με την αύξηση της χρήσης διαμετακόμισης και το περπάτημα (Badoe & Miller, 2000). Οι Cervero & Landis (1991) μελέτησαν τις επιπτώσεις της αποκέντρωσης των θέσεων εργασίας στη συμπεριφορά των μετακινούμενων με τη χρήση μιας έρευνας 320 εργαζομένων στο κέντρο της πόλης του Σαν Φρανσίσκο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μετεγκατάσταση θέσεων εργασίας προκάλεσε τη μετάβαση από τις δημόσιες συγκοινωνίες στα ιδιωτικά αυτοκίνητα. Ακόμη, οι Badoe & Miller το 2000 διαπίστωσαν ότι η υψηλότερη πυκνότητα απασχόλησης στην περιοχή των σταθμών σχετίζεται με μεγαλύτερο αριθμό επιβιβάσεων σε σιδηροδρομικούς σταθμούς.

5.2 Επίδραση του οικοδομημένου περιβάλλοντος και της συμπεριφοράς των μετακινούμενων στις μεταφορές

Οι αλλαγές στη χρήση της γης και η συμπεριφορά των μετακινούμενων επηρεάζουν το σύστημα μεταφορών, καθώς οι άνθρωποι καθημερινά ενσωματώνουν στο πρόγραμμά τους διάφορες και νέες δραστηριότητες. Για την πραγματοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων αναγκάζονται να προσαρμόζουν τον τρόπο με τον οποίο μετακινούνται και να αναζητούν τρόπους μετακίνησης που θα διευκολύνουν την πρόσβαση στον προορισμό τους. Οι αλλαγές στο οικοδομημένο περιβάλλον είναι απαραίτητο να ανταπεξέρχονται και να διευκολύνουν τις μετακινήσεις των ανθρώπων. Μέσα από τις δραστηριότητες και τις αλλαγές στις χρήσεις γης, οι άνθρωποι έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα για κοινωνική αλληλεπίδραση και δημιουργία κοινωνικών δικτύων τα οποία συμβάλλουν στην κοινωνική συνοχή της πόλης.

5.2.1 Δραστηριότητες

Οι μεταφορές μπορούν να θεωρηθούν ως μια από τις βασικές δραστηριότητες που αφορούν σχεδόν σε όλους τους ανθρώπους σε καθημερινή βάση. Η πολυπλοκότητα της συμπεριφοράς των μετακινούμενων έχει γίνει πιο έντονη, ως αποτέλεσμα της διαρκούς αστικής ανάπτυξης και της ταχείας τεχνολογικής προόδου. Καθώς η ταξιδιωτική συμπεριφορά γίνεται όλο και πιο περίπλοκη, η πρόβλεψη της ταξιδιωτικής ζήτησης απαιτεί πιο λεπτομερείς πληροφορίες, σε σχέση με τη λειτουργία του συστήματος μεταφορών στο μέλλον σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο, την επίδραση των οικονομικών, δημογραφικών ή γεωγραφικών αλλαγών στις επιδόσεις του συστήματος μεταφορών, τη συμβολή των ευφυών συστημάτων στη διαχείριση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, κτλ. Έτσι, οι εμπλεκόμενοι φορείς λήψης αποφάσεων πρέπει να προσδιορίσουν τις επενδύσεις και τις πολιτικές στις μεταφορές και τις χρήσεις γης, ώστε να επιτύχουν αυτούς τους στόχους.

Τα μοντέλα ζήτησης μετακινήσεων με βάση τις δραστηριότητες αναπτύσσονται για να στηρίζουν τη λήψη αποφάσεων παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις των εναλλακτικών επενδύσεων και πολιτικών στις μεταφορές και τις χρήσεις γης, καθώς και τις δημογραφικές και οικονομικές τάσεις. Με την εφαρμογή των μοντέλων αυτών, οι αναλυτές μπορούν να αξιολογήσουν τις διαφορές μεταξύ εναλλακτικών λύσεων χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα μετρήσεων και συλλογής δεδομένων, και μπορούν να συνεισφέρουν στο να απαντηθούν πολλά βασικά ερωτήματα που θέτουν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων. Τα μοντέλα ζήτησης των μετακινήσεων μπορούν να έχουν διάφορες μορφές. Ορισμένα δίνουν πληροφορίες σχετικά με την πορεία του ταξιδιού και την απόδοση του συστήματος μεταφορών, ενώ άλλα αντιπροσωπεύουν δραστηριότητες, στις οποίες εμπλέκονται οι άνθρωποι, ο χρόνος και ο τόπος που συμβαίνουν αυτές οι δραστηριότητες και το μέσο με το οποίο οι άνθρωποι μετακινούνται σε αυτές. Ωστόσο, κάποια μοντέλα είναι πιο περιορισμένα καλύπτοντας μικρότερη κλίμακα, είτε σε επίπεδο συγκεκριμένου τερματικού σταθμού, π.χ. αεροδρόμιο, είτε συγκεκριμένης περιοχής μιας πόλης. Ο τύπος του μοντέλου που είναι κατάλληλος για χρήση κάθε φορά, εξαρτάται από τα ζητήματα που θέτουν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων (Castiglione et al., 2015).

Μέχρι σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμα μοντέλα ζήτησης των μετακινήσεων, με τη χρήση, τόσο συγκεντρωτικών, όσο και αναλυτικών προσεγγίσεων για τον προγραμματισμό των μεταφορών (συμμετοχή στη δραστηριότητα, χρονοδιάγραμμα, τρόπος μεταφοράς, θέση δραστηριότητας, επιλογή διαδρομής). Παράδειγμα μοντέλου ζήτησης είναι το μοντέλο στρατηγικού σχεδιασμού, το οποίο έχει συχνά περιορισμένο πεδίο εφαρμογής, αλλά παρέχει σημαντικές λεπτομέρειες σε συγκεκριμένους τομείς ανάλυσης. Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται συχνά όταν υπάρχει η επιθυμία να αναλύονται γρήγορα πολλά σενάρια και να υλοποιούνται χρησιμοποιώντας βασικά εργαλεία λογισμικού. Είναι λιγότερο δαπανηρό για

την ανάπτυξη και εφαρμογή του και είναι χρήσιμο για τη δοκιμή ενός ευρέος φάσματος εναλλακτικών λύσεων πολιτικής και επενδύσεων, αλλά μπορεί να μην είναι τόσο κατάλληλο για την ανάλυση λεπτομερών εναλλακτικών λύσεων. Ένα άλλο μοντέλο ζήτησης των μετακινήσεων είναι το μοντέλο σχεδιασμού σκίτσου. Είναι ο απλούστερος τύπος μοντέλου και έχει σχεδιαστεί για να προσφέρει εκτιμήσεις για τη ζήτηση των ταξιδιών. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι απλό και εύκολα υλοποιήσιμο, απαιτεί λιγότερα δεδομένα και συχνά υλοποιείται χρησιμοποιώντας υπολογιστικά φύλλα και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS). Ωστόσο, παρόλο που αυτά τα εργαλεία είναι λιγότερο δαπανηρά για την ανάπτυξη και την εφαρμογή του μοντέλου, μπορεί να μην παρέχουν το επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται για την ανάλυση ορισμένων τύπων αποφάσεων πολιτικής και επενδύσεων. Ως εκ τούτου, τα μοντέλα σχεδιασμού σκίτσου μπορεί να είναι κατάλληλα για συγκεκριμένες αναλύσεις, αλλά δεν μπορούν να ενημερώσουν τη μακροπρόθεσμη διαδικασία λήψης αποφάσεων μεγάλης κλίμακας και τη λήψη αποφάσεων για επενδύσεις. Ένα από τα πρώτα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το μοντέλο με βάση τα ταξίδια, το οποίο χρησιμοποιεί το ατομικό ταξίδι ως βασική μονάδα ανάλυσης και χρησιμοποιείται ευρέως στην πράξη για να υποστηρίξει την ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων σε περιφερειακό επίπεδο. Τα μοντέλα με βάση τα ταξίδια είναι γνωστά και ως μοντέλα τεσσάρων βημάτων τα οποία αναπτύχθηκαν για να αξιολογήσουν τις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις των επενδύσεων υποδομής στον τομέα των μεταφορών. Ωστόσο, η πολιτική μεταφορών και τα επενδυτικά ερωτήματα έχουν γίνει πιο περίπλοκα. Οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων δεν αντιμετωπίζουν πλέον μόνο ερωτήματα σχετικά με το πώς και πού να επεκτείνουν τη χωρητικότητα του συστήματος μεταφορών, αλλά πρέπει επίσης να εξετάσουν ερωτήματα σχετικά με τον καλύτερο τρόπο διαχείρισης του υπάρχοντος συστήματος μεταφορών. Τα μοντέλα που βασίζονται σε ταξίδια δεν είναι σε θέση να παρέχουν πληροφορίες για την

αντιμετώπιση αυτών των ερωτημάτων πολιτικής επειδή υποθέτουν ότι όλα τα ταξίδια γίνονται ανεξάρτητα, δηλαδή ορίζονται ως μονόδρομες κινήσεις, ενώ παράλληλα δεν αναγνωρίζουν ότι οι τοποθεσίες, οι τρόποι μετακίνησης και ο χρόνος ταξιδιού που πραγματοποιείται από ένα άτομο είναι αλληλένδετα. Τα ταξίδια αυτά ονομάζονται σύμφωνα με το σκοπό ή τον προορισμό τους και ταξινομούνται με βάση την προέλευση του ταξιδιού (όπως ταξίδια εργασίας, ταξίδια αγορών, ψυχαγωγίας και άλλα που έχουν ή όχι ως βάση το σπίτι).

Τα μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτερα στην πράξη είναι αυτά που βασίζονται στις δραστηριότητες. Τα μοντέλα αυτά έχουν ορισμένες ομοιότητες με τα παραδοσιακά μοντέλα τεσσάρων βημάτων, αλλά απεικονίζουν πιο ρεαλιστικά την επίδραση των συνθηκών ταξιδιού στη δραστηριότητα και τις επιλογές ταξιδιού. Έχουν επίσης τη δυνατότητα να δείχνουν την επίδραση πολύ λεπτομερών χαρακτηριστικών σε επίπεδο ατόμου και επίπεδο νοικοκυριού και τη δυνατότητα παραγωγής λεπτομερών πληροφοριών για ένα ευρύτερο σύνολο μετρήσεων. Αυτές οι δυνατότητες είναι εφικτές επειδή τα μοντέλα που βασίζονται σε δραστηριότητες λειτουργούν σε επίπεδο ατόμου και όχι σε ένα πιο συγκεντρωτικό επίπεδο ζώνης, όπως τα περισσότερα μοντέλα με βάση τη μετακίνηση. Τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση εναλλακτικών επενδύσεων και πολιτικών που είναι δύσκολο να δοκιμαστούν χρησιμοποιώντας παραδοσιακά μοντέλα σχεδιασμού ταξιδιού ή σκίτσου. Για παράδειγμα, τα συγκεκριμένα μοντέλα παρέχουν πολύ πιο ισχυρές δυνατότητες για την αξιολόγηση σεναρίων τιμολόγησης, γιατί συνήθως λειτουργούν σε επίπεδο μεμονωμένων ατόμων και αντιπροσωπεύουν τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα αυτά ταξιδεύουν καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (Castiglione et al., 2015).

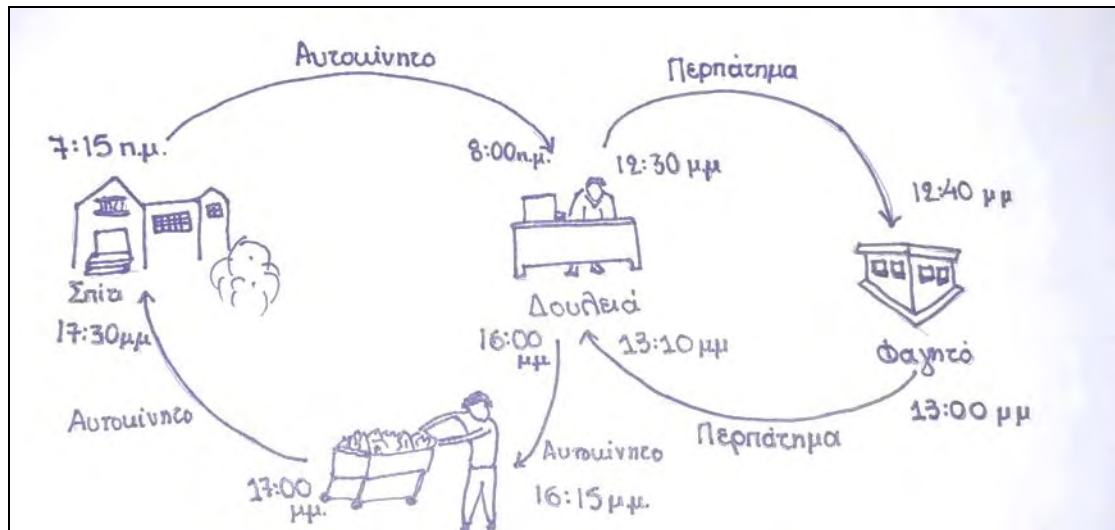
Μια θεμελιώδης προϋπόθεση των μοντέλων ταξιδιών που βασίζονται σε δραστηριότητες είναι ότι η ζήτηση για ταξίδια προέρχεται από τις ανάγκες και τις επιθυμίες των ανθρώπων να συμμετέχουν σε δραστηριότητες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτές οι δραστηριότητες μπορεί να εμφανιστούν μέσα στα σπίτια τους, αλλά στις περισσότερες των περιπτώσεων οι δραστηριότητες βρίσκονται έξω από τα σπίτια τους, με αποτέλεσμα να γεννιέται η ανάγκη των ανθρώπων να μετακινηθούν, ώστε να φτάσουν στον χώρο της δραστηριότητας. Αυτά τα μοντέλα βασίζονται στη συμπεριφορά του μετακινούμενου δηλαδή έχουν να κάνουν με τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τη συμμετοχή τους στη δραστηριότητα (με την παρουσία περιορισμών, συμπεριλαμβανομένων των αποφάσεων σχετικά με το που και το πότε θα συμμετάσχουν σε δραστηριότητες και πώς θα φτάσουν σε αυτές). Γι' αυτό, τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες είναι καλύτερο να αντιπροσωπεύουν τον τρόπο με τον οποίο οι επενδύσεις, οι πολιτικές ή άλλες αλλαγές θα επηρεάσουν τη συμπεριφορά των ταξιδιωτών. Τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες διαφέρουν από τα μοντέλα που βασίζονται σε ταξίδια καθώς, σε αντίθεση με τα δεύτερα, αντιπροσωπεύουν τις δραστηριότητες και τις επιλογές ταξιδιών του κάθε ατόμου καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, λαμβάνοντας υπόψη τους τύπους δραστηριοτήτων στις οποίες πρέπει να συμμετέχει το άτομο και ορίζοντας τις προτεραιότητες για τον προγραμματισμό αυτών των δραστηριοτήτων (ιεράρχηση δραστηριοτήτων) (Castiglione et al., 2015).

Το μοντέλο που βασίζεται σε δραστηριότητες παρέχει μια πιο ρεαλιστική αναπαράσταση στη συμπεριφορά των ταξιδιών από τα μοντέλα με βάση το ταξίδι. Δεν αντιπροσωπεύει κάθε ταξίδι ως ανεξάρτητο αλλά, για κάθε μεμονωμένο άτομο οι αλυσίδες ταξιδιών διαμορφώνονται με βάση τη δημιουργία γενικών ημερήσιων προτύπων δραστηριότητας. Με τον συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας, τα μοντέλα που βασίζονται στις

δραστηριότητες είναι σε θέση να αντιπροσωπεύουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις σε ολόκληρο τον πληθυσμό από τα μοντέλα που βασίζονται σε ταξίδια. Οι τύποι πολιτικών και επενδύσεων που ενδιαφέρουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Ένα βασικό πλεονέκτημα αυτών των μοντέλων είναι ότι μπορούν να ενσωματώσουν νέες μεταβλητές και νέες ευαισθησίες πολύ πιο εύκολα. Για παράδειγμα, μια περιοχή μπορεί να θελήσει να εξετάσει μια νέα εναλλακτική λύση τιμολόγησης, στην οποία οι χρήστες πληρώνουν μόνο μία φορά κατά την είσοδο σε μια περιοχή και μπορούν στη συνέχεια να φύγουν και να επιστρέψουν χωρίς να πληρώσουν ξανά. Ένα μοντέλο που βασίζεται σε δραστηριότητες μπορεί να τροποποιηθεί για να αντιπροσωπεύει αυτόν τον τύπο πολιτικής, κάτι που θα ήταν αδύνατο σε ένα μοντέλο βασισμένο σε ταξίδια (Castiglione et al., 2015).

Τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες αντιπροσωπεύουν τις αλληλένδετες πτυχές της δραστηριότητας και των επιλογών ταξιδιού για όλες τις μετακινήσεις ενός ατόμου ή ενός νοικοκυριού κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, συμπεριλαμβανομένου του προορισμού, της θέσης, του χρόνου και του τρόπου μετακίνησης, έχοντας ως αποτέλεσμα μια πιο λεπτομερή αναπαράσταση του πώς μπορούν να ανταποκριθούν οι μετακινούμενοι στις εναλλακτικές λύσεις, καθώς και στις αλλαγές των χρήσης γης και τις κοινωνικοοικονομικές αλλαγές. Τα μοντέλα βάσει δραστηριοτήτων αντιμετωπίζουν τις περιηγήσεις και τα ταξίδια που πραγματοποιούνται από ένα άτομο ως αλληλένδετα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτές οι σχέσεις εμφανίζονται με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες αντιπροσωπεύουν ρητά τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα μετακινούνται από μια γεωγραφική τοποθεσία στην άλλη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επίσης, η συνέπεια στην αναπαράσταση της ώρας της ημέρας διακρίνει επίσης τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες από τα μοντέλα με βάση το ταξίδι. Οι δραστηριότητες

και τα ταξίδια συνήθως προγραμματίζονται στο πλαίσιο των χρονικών περιορισμών μιας ημέρας (24 ώρες) (Σχήμα 5-2).



Σχήμα 5-2: Παράδειγμα μοντέλου με βάση τις δραστηριότητες των ατόμων.

Η συμμετοχή σε διαφορετικές δραστηριότητες καθορίζεται από μια ποικιλία πιθανών σκοπών, ανάλογα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά, όπως η κατάσταση των εργαζομένων, καθώς και οι χρόνοι ταξιδιού του δικτύου και η προσβασιμότητα. Στο μοντέλο αυτό, καθώς προγραμματίζονται περισσότερες δραστηριότητες, ο διαθέσιμος χρόνος για τη συμμετοχή σε πρόσθετες δραστηριότητες μειώνεται. Οι χρόνοι άφιξης και αναχώρησης στους προορισμούς περιορίζουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης πρόσθετων στάσεων, γεγονός που συμβάλλει επίσης στην εξασφάλιση συνεκτικού και συνεπούς χρονοδιαγράμματος για κάθε μετακινούμενο. Τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες χρησιμοποιούν επίσης πληροφορίες σχετικά με τις περιηγήσεις και τα ταξίδια για να επιβάλλουν εύλογους περιορισμούς στους τρόπους ταξιδιού που είναι διαθέσιμοι στους μετακινούμενους. Για παράδειγμα, είναι απίθανο ένας μετακινούμενος που έχει χρησιμοποιήσει τη διαμετακόμιση για να φτάσει στην εργασία του να γυρίσει στο σπίτι οδηγώντας διότι δεν έχει όχημα για χρήση.

Οι αναλύσεις βάσει δραστηριοτήτων έχουν λάβει μεγάλο ενδιαφέρον και έχουν οδηγήσει σε μια συσσώρευση εμπειρικών στοιχείων και νέων γνώσεων και έχει συμβάλει ουσιαστικά στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των μετακινήσεων. Η ανάλυση βάσει δραστηριοτήτων επικεντρώνεται στη συμπεριφορά συμμετοχής των ατόμων σε δραστηριότητες. Σήμερα, η υιοθέτηση αυτής της προσέγγισης στην ανάλυση συμπεριφοράς ταξιδιών επικρατεί λόγω της γνώσης ότι το ταξίδι προέρχεται από τη συμμετοχή του ατόμου σε δραστηριότητες που διανέμονται σε χρόνο και χώρο (Castiglione et al., 2015).

5.2.2 Κοινωνικά δίκτυα

Η γένεση των μετακινήσεων ξεκινάει από τις δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχει ο άνθρωπος, συνήθως με σκοπό την κοινωνική αλληλεπίδραση με άλλα άτομα. Η κοινωνική αλληλεπίδραση ορίζεται ως η σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων ατόμων, η οποία προκαλεί αντίδραση μεταξύ τους (Akbari, 2015) και περιλαμβάνει τη φυσική παρουσία των ατόμων (πρόσωπο με πρόσωπο), στην ανταλλαγή ιδεών ή πράξεων. Αυτή η αλληλεπίδραση εμφανίζεται με διάφορους τρόπους μέσω της απασχόλησης, της εκπαίδευσης, αλλά και δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν οι άνθρωποι προκειμένου να συναντήσουν άλλους ανθρώπους και να αποκτήσουν την αίσθηση ότι ανήκουν στο κοινωνικό σύνολο. Οι προσωπικές σχέσεις και η αλληλεπίδραση των ατόμων που δημιουργούνται και καλλιεργούνται μέσω των δραστηριοτήτων εμφανίζουν σημαντικά οφέλη όσον αφορά στην ευημερία των ανθρώπων. Η κοινωνική αλληλεπίδραση σχεδόν κάθε είδους τείνει να κάνει τους ανθρώπους ευτυχισμένους, ενώ φαίνεται ότι το αποτέλεσμα αυτό δεν προκύπτει μόνο από την ποιότητα της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, αλλά και την ποσότητα. Η ανάγκη για κοινωνική αλληλεπίδραση αποκαλύπτει τη σχέση των δραστηριοτήτων με τη μεταφορά,

καθώς η καθημερινή μετακίνηση είναι απαραίτητη για την προσέλευση στους χώρους των διάφορων δραστηριοτήτων που πραγματοποιούν οι άνθρωποι.

Τα κοινωνικά δίκτυα ορίζονται ως ένα σύνολο ατόμων ή ομάδων ατόμων που αλληλεπιδρούν ή έχουν κάποιους δεσμούς μεταξύ τους και αντιπροσωπεύουν τα άτομα και τη σχέση τους (Newman et al., 2002). Ο αστικός δημόσιος χώρος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τα κοινωνικά δίκτυα, εφόσον αποτελεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται οι δραστηριότητες και εκδηλώνονται οι συμπεριφορές των ατόμων (Holland et al., 2007). Σε αυτές τις αλληλεπιδράσεις περιλαμβάνονται οι οικογενειακές σχέσεις, οι πολιτιστικές ομάδες (όπως ομάδες νέων), και οι τοπικές κοινωνικές σχέσεις (τυχαίες ή προγραμματισμένες συναντήσεις με φίλους, γείτονες και συναδέλφους εργασίας), συμβάλλοντας έτσι στη συνοχή των κοινοτήτων. Οι άνθρωποι ανταλλάσοντας πληροφορίες, συμμετέχοντας ενεργά ή παθητικά, μεταδίδοντας κάποιο μήνυμα ή απλά με τη φυσική τους παρουσία, συμβάλλουν στη δημιουργία δεσμών. Η ανάπτυξη αυτών των δεσμών και η διατήρηση των κοινωνικών δικτύων έχουν ως αποτέλεσμα τη γένεση περισσότερων μετακινήσεων και κατά συνέπεια την απαίτηση για τα κατάλληλα χωρικά και οδικά δίκτυα (Arentze & Timmermans, 2008).

Τα οδικά δίκτυα αποτελούν ένα αποτελεσματικό πλαίσιο για την οικοδόμηση μιας κοινότητας, αφού ενισχύουν την οικονομική δραστηριότητα και παρέχουν δημόσιο χώρο για ανθρώπινη αλληλεπίδραση (Lee et al., 2017). Πολλές μελέτες έχουν ερευνήσει τη σχέση μεταξύ περιβάλλοντος και ανθρώπινης συμπεριφοράς εδώ και δεκαετίες, προκειμένου να καταλάβουν τι προσελκύει τους ανθρώπους στους δημόσιους χώρους. Πιο συγκεκριμένα, χαρακτηριστικά όπως η πυκνότητα, η μεικτή χρήση γης, η προσβασιμότητα στους προορισμούς και η συνδεσιμότητα των δρόμων είναι παράγοντες που ενθαρρύνουν την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων, αφού τέτοια χαρακτηριστικά προσφέρουν στην πόλη την ποικιλομορφία που πρέπει να έχει έτσι ώστε να παρέχεται στους ανθρώπους η

δυνατότητα πρόσβασης σε όλες τις δραστηριότητες (Akbari, 2015). Για παράδειγμα, η υψηλή πυκνότητα πληθυσμού έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση πολλαπλών δραστηριοτήτων και τη δημιουργία νέων. Επίσης, περιοχές με υψηλά επίπεδα μεικτής χρήσης γης, συνδεσιμότητας, απασχόλησης, κατοικίας και πράσινων χώρων αναψυχής συνδέονται με υψηλότερο επίπεδο περπατήματος (Litman, 2018), το οποίο αποτελεί τη βάση για την κοινωνική αλληλεπίδραση της περιοχής. Το οικοδομημένο περιβάλλον λοιπόν παίζει μεγάλο ρόλο στην κοινωνική ευημερία της πόλης.

Η κοινωνική βιωσιμότητα βασίζεται στη συμμετοχή, την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής του πληθυσμού. Η κοινωνική βιωσιμότητα στις αστικές περιοχές πόλεων μπορεί να ενισχυθεί με δημόσιους χώρους υψηλής ποιότητας μέσω της εφαρμογής της θεωρίας των τρίτων περιοχών (Goosen & Cilliers, 2018). Τρίτη περιοχή είναι ένα μέρος εκτός του σπιτιού ή του χώρου εργασίας, το οποίο οι άνθρωποι μπορούν να επισκέπτονται τακτικά, να επικοινωνούν με φίλους, γείτονες, συνεργάτες ακόμη και αγνώστους (Oldenburg, 1989). Οι κατοικίες θεωρούνται πρώτες περιοχές και οι χώροι εργασίας δεύτερες περιοχές. Οι τρίτες περιοχές εξυπηρετούν πολλές λειτουργίες, σημαντικές τόσο για τα άτομα όσο και για τις κοινότητες στις οποίες ζουν, καθώς η κοινωνική ευημερία και η ψυχική υγεία των ανθρώπων εξαρτώνται από αυτά τα μέρη (Goosen & Cilliers, 2018), τα οποία αν δεν υπήρχαν οι άνθρωποι θα ζούσαν στην ίδια περιοχή για χρόνια δίχως να γνωρίσουν ή να επισκεφτούν άλλα μέρη. Επίσης, όσο περνάνε τα χρόνια και με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ο χρόνος που περνάει το παιδί με τους γονείς του έχει μειωθεί σε μεγάλο ποσοστό, οπότε μέρη όπως οι οικογενειακές ταβέρνες ή τα εμπορικά κέντρα βοηθούν στη διάθεση χρόνου και τη βελτίωση των σχέσεων τους (Oldenburg, 1997). Ακόμη, είναι σημαντικές αυτές οι περιοχές για τους ηλικιωμένους οι οποίοι διατηρούν επαφή με τους άλλους ανθρώπους και συνεχίζουν να απολαμβάνουν τη ζωή τους μέσα από τις παροχές που

τους προσφέρουν οι γειτονιές τους. Είναι εμφανής λοιπόν οι σχέσεις μεταξύ της κοινωνικής βιωσιμότητας και των ευκαιριών που παρέχει το φυσικό περιβάλλον.

Η βιώσιμη ανάπτυξη συνδέεται με τη βελτίωση της ποιότητας ζωής (Beck et al., 1998) μέσω της εκπαίδευσης, της δικαιοσύνης, της συμμετοχής της κοινότητας και της αναψυχής. Η κοινωνική βιωσιμότητα αποτελεί θεμελιώδη συνιστώσα της βιώσιμης ανάπτυξης που περιλαμβάνει τα ανθρώπινα και τα εργασιακά δικαιώματα (Walker & van der Maesen, 2004). Στόχοι της κοινωνικής βιωσιμότητας είναι οι μελλοντικές γενιές να έχουν την ίδια ή μεγαλύτερη πρόσβαση στους κοινωνικούς πόρους με τη σημερινή γενιά (Mak & Peacock, 2011). Η αειφορία συνδέεται με την ποιότητα ζωής σε μια κοινότητα, καθώς αφορά στο εάν τα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά συστήματα παρέχουν μια υγιή, παραγωγική και ουσιαστική ζωή για όλους τους κατοίκους της κοινότητας. Η κοινωνική βιωσιμότητα είναι μια κατάσταση που βελτιώνει τη ζωή μέσα στις κοινότητες και μπορεί επίσης να οριστεί ως συντήρηση και βελτίωση της ευημερίας των σημερινών και των μελλοντικών γενεών (Chiu, 2003). Σκοπεύει στην ισότητα πρόσβασης σε βασικές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένης της υγείας, της εκπαίδευσης, της στέγασης των μεταφορών και της αναψυχής, καθώς και την ισότητα μεταξύ των γενεών, πράγμα που σημαίνει ότι οι μελλοντικές γενιές δεν θα μειονεκτούν σε σχέση με τις δραστηριότητες της τρέχουσας γενιάς (McKenzie, 2004). Η ποιότητα ζωής δημιουργείται από μια συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών παραμέτρων. Μια βιώσιμη κοινότητα δεν μπορεί να επιτευχθεί επικεντρώνοντας μόνο σε μία από αυτές τις τρεις (οικονομικές, κοινωνικές ή περιβαλλοντικές) πτυχές του τόπου. Αντίθετα, πρέπει να προγραμματιστούν και να σχεδιαστούν κατάλληλες εγκαταστάσεις για την ισορροπία μεταξύ των οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής (Gazzola & Querci, 2017).

Οι δημόσιοι χώροι αποτελούν βασικό συστατικό για τη βιωσιμότητα των πόλεων, τόσο για πολιτικούς, κοινωνικοοικονομικούς λόγους όσο και για τη δημόσια υγεία (Goosen & Cilliers, 2018). Στον αστικό σχεδιασμό, ο δημόσιος χώρος περιγράφεται ως «ανοιχτός χώρος», δηλαδή οι δρόμοι, τα πάρκα, οι χώροι αναψυχής, οι πλατείες και άλλοι εξωτερικοί χώροι. Η κοινωνική συγκέντρωση και αλληλεπίδραση είναι μία από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του αστικού ανοικτού χώρου. Ο ανοιχτός αστικός χώρος σχεδιάζεται έτσι ώστε το κοινό να το χρησιμοποιεί για κοινωνική συμμετοχή, δημιουργείται δηλαδή έτσι ώστε να το χρησιμοποιήσουν οι άνθρωποι (Kazmierczak & James, 2007). Οι περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί, πολιτιστικοί και οικονομικοί παράγοντες αποτελούν τις παραμέτρους που καθορίζουν την ποιότητα κάθε αστικού χώρου για να καταστεί κατάλληλο για κοινωνική αλληλεπίδραση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Σημαντικές παράμετροι που καθορίζουν τις επιλογές των ατόμων στην επιλογή ενός δημόσιου χώρου είναι η ασφάλεια, η άνεση και η ψυχαγωγία. Όσον αφορά στην άνεση, έχει να κάνει με τον χώρο και τις υπηρεσίες που παρέχει έτσι ώστε οι άνθρωποι να νιώθουν άνετα (Holland et al., 2007). Για παράδειγμα ο αριθμός και η ποιότητα των καθισμάτων σε μια εγκατάσταση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με την πυκνότητα του πληθυσμού του τόπου. Παράλληλα, οι δημόσιοι χώροι που προσφέρουν εκδηλώσεις όπως συναυλίες, εκθέσεις, φεστιβάλ, παιχνίδια αθλητισμό και άλλες κοινωνικές εκδηλώσεις είναι πιο πιθανό να επιλεγούν από τους ανθρώπους, καθώς είναι χώροι αναψυχής οι οποίοι τους διασκεδάζουν και μέσα από αυτές τις δραστηριότητες, στις οποίες οι άνθρωποι συμμετέχουν ενεργά, επιτυγχάνεται ανανέωση του τόπου.

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι οι δημόσιοι χώροι είναι το κύριο κομμάτι της κοινωνικής αλληλεπίδρασης των ανθρώπων. Υπάρχουν πάρα πολλές κατηγορίες τέτοιων χώρων, αλλά οι πιο σημαντικοί είναι οι χώροι πρασίνου όπως τα πάρκα (Holland et al., 2017). Για παράδειγμα, τα αστικά πάρκα μπορούν να θεωρηθούν ευνοϊκοί χώροι για κοινωνική

αλληλεπίδραση. Μέσω αυτών των χώρων άγνωστοι άνθρωποι αλληλεπιδρούν καθημερινά, ηρεμούν, χαλαρώνουν, έχουν χρόνο να σκεφτούν και να πάρουν σημαντικές αποφάσεις που τους απασχολούν, ενώ ταυτόχρονα επικοινωνούν με άλλους ανθρώπους, μοιράζονται τους προβληματισμούς τους και ξεφεύγουν από τους γρήγορους και πιεστικούς ρυθμούς της ζωής συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνική συνοχή.

5.3 Σύνοψη Κεφαλαίου 5

Όσο περνάνε τα χρόνια, η ζήτηση για μετακινήσεις αυξάνεται συνεχώς και οι δραστηριότητες των ανθρώπων γίνονται πιο περίπλοκες. Ο κάθε άνθρωπος έχει διαφορετικές προτιμήσεις στην επιλογή του μέσου μεταφοράς και γενικότερα στον τρόπο μετακίνησής του. Η συμπεριφορά του εξαρτάται άμεσα από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, τα οποία καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο το άτομο θα φτάσει στον προορισμό του. Τόσο το εισόδημα όσο και άλλες παράμετροι όπως η ηλικία, το φύλο, η ιδιοκτησία ή όχι αυτοκινήτου και ο αριθμός των μελών κάθε νοικοκυριού επηρεάζουν την αλυσίδα ταξιδιού του κάθε ατόμου. Οι άνδρες για παράδειγμα χρησιμοποιούν περισσότερο το αυτοκίνητο σε σχέση με τις γυναίκες, οι οποίες μαζί με τους ηλικιωμένους προτιμούν τη χρήση της δημόσιας συγκοινωνίας. Βέβαια, η συμπεριφορά του μετακινούμενου εξαρτάται και από τον σκοπό και το μέσο μετακίνησης. Ο άνθρωπος συνήθως επιλέγει γρήγορα μέσα μεταφοράς για να φτάσει στην εργασία του, αλλά αυτό δεν ισχύει για το ταξίδι αναψυχής του, το οποίο προτιμάει να είναι πιο άνετο. Οι πολλαπλές δραστηριότητες της καθημερινότητάς του, έχουν οδηγήσει και στη συνδυασμένη μεταφορά. Μέσα απ' αυτή το ταξίδι γίνεται ευχάριστο, ενώ είναι ένας φιλικός τρόπος μεταφοράς προς το περιβάλλον, αφού ελαττώνει τη χρήση των μηχανοκίνητων οχημάτων και έτσι μειώνονται οι εκπομπές αέριων ρύπων. Η συμπεριφορά των μετακινούμενων και οι αυξημένες μετακινήσεις των ανθρώπων έχουν οδηγήσει και στην

ανάπτυξη πολλών μοντέλων τα οποία έχουν ως στόχο τη μελέτη των ταξιδιών των ανθρώπων. Το πιο αποτελεσματικό μοντέλο είναι αυτό που βασίζεται στις δραστηριότητες των ατόμων. Είναι σε θέση να μελετάει τα ταξίδια των μετακινούμενων και να συνδυάζει τις πολλαπλές μετακινήσεις που έχει να κάνει. Η ανάπτυξη αυτού του μοντέλου είναι βασική, καθώς οι δραστηριότητες δεν θα πάψουν να υπάρχουν. Αντιθέτως, θα αυξάνονται συνεχώς, γεγονός που έχει θετικά αποτελέσματα για την κοινωνία μιας πόλης. Ο άνθρωπος έχει ανάγκη από κοινωνική συναναστροφή, είτε με τους δικούς τους ανθρώπους, είτε με αγνώστους. Ο συνδυασμός των πολλαπλών δραστηριοτήτων και της ανάπτυξης των χρήσεων γης έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κοινωνικών δικτύων και δεσμών μεταξύ των ανθρώπων, τα οποία συμβάλλουν στη δημόσια υγεία (σωματική, ψυχολογική) και κατ' επέκταση στη δημόσια ζωή.

Κεφάλαιο 6 Ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών

Τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών είναι μοντέλα που προβλέπουν τις επιδράσεις των αλλαγών του οδικού δικτύου και των μεταφορών στις μελλοντικές θέσεις των δραστηριοτήτων και στη συνέχεια προβλέπουν την επίδραση αυτών των νέων θέσεων στη ζήτηση των μεταφορών. Αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύουν τον κύκλο ανάδρασης χρήσης γης και μεταφοράς σε ένα μοντέλο. Τα δίκτυα μεταφορών και τα χωρικά πρότυπα της χρήσης γης που εξυπηρετούν θεωρείται ότι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με την πάροδο του χρόνου. Οι αλλαγές στα δίκτυα μεταφοράς, όπως η κατασκευή μιας νέας υποδομής, επηρεάζουν τελικά τη τοποθεσία των επενδύσεων, γεγονός που με τη σειρά του επηρεάζει τη ζήτηση για ταξίδια από και προς τη συγκεκριμένη τοποθεσία. Η πολυπλοκότητα που παρουσιάζουν οι αστικές περιοχές και η ανάγκη για τη βελτίωση του σχεδιασμού των χρήσεων γης και του συστήματος των μεταφορών οδήγησε στη δημιουργία κατάλληλων μοντέλων που αναπαριστούν την αλληλεπίδραση των χρήσεων γης και των μεταφορών. Στο κεφάλαιο, αρχικά παρουσιάζεται μια ιστορική εξέλιξη των μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών, τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Έπειτα αναλύονται βασικά χαρακτηριστικά και τεχνικές (τεχνική τυχαίας μεγιστοποίησης χρησιμότητας, τεχνική μεγιστοποίησης εντροπίας) που χρησιμοποιήσαν πολλά από τα πρώτα μοντέλα. Τα πρώτα μοντέλα ήταν σύνθετα, χωρικά μοντέλα αλληλεπίδρασης που στηρίζονταν κυρίως στο μοντέλο βαρύτητας, καθώς και στο μοντέλο του Lowry. Η εξέλιξη της τεχνολογίας και των υπολογιστικών μεθόδων είχε ως συνέπεια την ανάπτυξη νέων

μοντέλων ενώ αργότερα, δημιουργήθηκαν μοντέλα μικροπροσομοίωσης, αποσυνθετικά (disaggregate) μοντέλα τα οποία βασίζονται στην ανάλυση της συμπεριφοράς σε ατομικό επίπεδο. Τέλος, παρουσιάζονται ορισμένες αδυναμίες των υπαρχόντων μοντέλων και γίνεται μια εισαγωγή στα μοντέλα της επόμενης γενιάς.

6.1 Ιστορική εξέλιξη

Η ανάγκη για μοντέλα ζήτησης των μετακινήσεων αναγνωρίστηκε από εταιρείες αστικού και μεταφορικού ενδιαφέροντος και ερευνητές ήδη από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Για σχεδόν έναν αιώνα, οι υπεύθυνοι σχεδιασμού των μεταφορών βασίστηκαν σε διάφορες προσεγγίσεις, όπως τα μοντέλα με βάση την εντροπία και τη βαρύτητα. Στο μέσο του 20^{ου} αιώνα εμφανίστηκε η ανάπτυξη μιας διαδοχικής διαδικασίας εκτίμησης της ζήτησης για ταξίδια, με βάση τις συνολικές προσεγγίσεις, το μοντέλο τεσσάρων βημάτων (Mitchell & Rapkin, 1954), μια σχετικά αναλυτική έκδοση, η οποία χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα σε όλο τον κόσμο. Παράλληλα με την ανάπτυξη του μοντέλου τεσσάρων βημάτων της ζήτησης για μετακινήσεις, αναγνωρίστηκαν επίσης οι περίπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ του δικτύου μεταφορών και του υπόλοιπου αστικού συστήματος. Ένας τρόπος με τον οποίο οι ερευνητές έχουν επισημοποιήσει τη μελέτη της σχέσης μεταξύ χρήσεων γης και μεταφορών είναι η ανάπτυξη μαθηματικών και στατιστικών μεθόδων που αναλύουν τη σύνθετη σχέση μεταξύ αλλαγών στη χρήση γης, την οικονομική δραστηριότητα και τις μεταφορές. Η ιστορία των μοντέλων προσομοίωσης της μεταφοράς και της χρήσης γης ξεκινάει στα τέλη της δεκαετίας του 1950 (Batty, 1979), ενώ από τη δεκαετία του 1960 αναπτύχθηκαν πολλά επιχειρηματικά μοντέλα για την καλύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ χρήσης γης και μεταφοράς. Ο Lowry το 1964 ανέπτυξε το πρώτο επιχειρηματικό μοντέλο προσομοίωσης που ενσωμάτωσε τη χρήση γης και τη μεταφορά και είχε το όνομα «Model of Metropolis». Το μοντέλο αυτό

αναπτύχθηκε για την περιοχή του Πίτσμπουργκ και χρησιμοποίησε διάφορες τεχνικές προσομοίωσης, όπως η σύνθετη οικονομετρική ανάλυση καθώς και η μοντελοποίηση της βαρύτητας. Επίσης, ανέπτυξε μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την προσομοίωση της χωρικής αλληλεπίδρασης μεταξύ κατοικιών, απασχόλησης και πληθυσμού, γεγονός που σηματοδοτεί μια σημαντική αρχή για τη μοντελοποίηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ χρήσης γης και μεταφοράς. Τα αρχικά μοντέλα αλληλεπίδρασης χρήσης γης και μεταφορών (LUTI) βασίστηκαν στο συνδυασμό του μοντέλου Lowry και των μοντέλων τεσσάρων βημάτων που αντιπροσωπεύουν τη χωρική αλληλεπίδραση χρήσης γης και μεταφοράς. Το μοντέλο του Lowry αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Garin (1966) για να βελτιώσει την αναπαράσταση αυτής της αλληλεπίδρασης.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων πέντε δεκαετιών, το μοντέλο χωρικής αλληλεπίδρασης του Lowry έχει εφαρμοστεί πολλές φορές (Batty, 1976; Wang, 1998). Εξίσου σημαντική ήταν η θεωρία των αστικών αλληλεπιδράσεων του Forrester (1969) που αν και αποτελούσε ένα μη χωρικό μοντέλο, η έρευνά του σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ πληθυσμού, απασχόλησης και κατοικίας επηρέασε τον σχεδιασμό πολλών μοντέλων χρήσεων γης που αναπτύχθηκαν από τότε (Moeckel et al., 2018).

Μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 1970, το μοντέλο του Lowry τροποποιήθηκε προσθέτοντας στη βάση του πολλά νέα στοιχεία. Μοντέλα που αποτελούν μετεξέλιξη του είναι τα μοντέλα TOMM (Time Oriented Metropolitan Model), το 1964 και PLUM (Projective Land Use Model) το 1968. Τα μοντέλα αυτά έφεραν νέες καινοτομίες στη δομή του μοντέλου Lowry, όπως την έννοια του χρόνου. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, οι ερευνητές συνέχισαν να αναπτύσσουν μοντέλα βασισμένα σε ένα πλαίσιο χωρικής αλληλεπίδρασης για να προβλέψουν πώς οι αλλαγές πολιτικής στη χρήση γης και στις μεταφορές θα επηρέαζαν το ένα το άλλο (Timmermans, 2006).

Το μοντέλο MEPLAN που αναπτύχθηκε από τους Echenique et al. (1969) είναι ένα ολοκληρωμένο μοντέλο μεταφοράς χρήσεων γης που χρησιμοποίησε ως αφετηρία τη βασική ιδέα του μοντέλου Lowry και μπορεί να προσομοιώνει διάφορα σενάρια χρήσης γης και μεταφοράς. Μια άλλη προσέγγιση μοντελοποίησης που χρησιμοποιεί το μοντέλο Lowry είναι το μοντέλο TRANUS (de la Barra & Rickaby, 1982) το οποίο προσομοιώνει τη χρήση γης, τις μεταφορές και τις αλληλεπιδράσεις τους σε αστικό και περιφερειακό επίπεδο.

Ο Wegener (1982) ανέπτυξε το μοντέλο IRPUD ως πλήρως ολοκληρωμένο μοντέλο μεταφοράς χρήσεων γης. Η επιλογή της θέσης του νοικοκυριού είναι μικροσκοπική και προσομοιώνει κάθε νοικοκυριό μεμονωμένα. Το μοντέλο IRPUD ήταν μία από τις λίγες πρώιμες προσεγγίσεις που έρχονταν σε αντίθεση με την κοινή υπόθεση ότι τα μοντέλα χρήσης γης πρέπει να φτάσουν σε ισορροπία στο τέλος της προσομοίωσης. Η ανάπτυξη της χρήσης γης στοχεύει σε σταθερή ισορροπία, αλλά δεδομένου του συνεχώς μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος και των αργών χρόνων αντίδρασης των νοικοκυριών, των επιχειρήσεων, των προγραμματιστών και των σχεδιαστών, δεν επιτυγχάνεται ποτέ αυτό το στάδιο ισορροπίας (Moeckel et al., 2018).

Το πρώτο πλήρες πακέτο λογισμικού που περιλαμβάνει τη χρήση γης και τη μεταφορά αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 από τον Putman (1983). Το πακέτο ολοκληρωμένων μεταφορών και χρήσης γης με βάση τη βαρύτητα (ITLUP) οδήγησε στα συχνά εφαρμοζόμενα μοντέλα DRAM και EMPAL που αναπτύχθηκαν από τον Putman το 1983 και εντέλει αποτέλεσαν ίσως τα πρώτα επιχειρηματικά μοντέλα, αποτελώντας κατά βάση μια επαναδιατύπωση του μοντέλου PLUM (Iacono, 2008). Τα μοντέλα αυτά, χρησιμοποιούνταν για να προβλέψουν την κατοικημένη περιοχή και τη θέση της απασχόλησης αντίστοιχα. Ο Putman το 2013, διαπίστωσε ότι το ITLUP αντιπροσώπευε τον

χρόνο ταξιδιού και ήταν το πρώτο μοντέλο που αντιπροσώπευε τη συμμόρφωση σε διαφορετικές ώρες της ημέρας (van Lierop, 2017).

Στα μέσα της δεκαετίας του '80, η τυχαία θεωρία χρησιμότητας (McFadden, 1978) και οι οικονομικές μέθοδοι άνοιξαν τον δρόμο για τη χρήση της αστικής οικονομικής θεωρίας για την ανάπτυξη των εμπειρικών μοντέλων LUTI και έγιναν ολοένα και πιο δημοφιλείς, καθώς οι ερευνητές αναζητούσαν τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να συλλέξουν πληροφορίες για τις επιλογές των ατόμων (για παράδειγμα, συμπεριφορά ταξιδιού και προτιμήσεις τοποθεσίας) στις μεθόδους μοντελοποίησης. Τα νέα μοντέλα χρήσης γης και μεταφοράς βασίστηκαν σε θεωρίες που είχαν χρησιμοποιηθεί προηγουμένως για περιφερειακά οικονομικά μοντέλα και μοντέλα αγοράς γης.

Για παράδειγμα, το μοντέλο TRANUS αναπτύχθηκε για να προσομοιώσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της χρήσης γης, των μεταφορών, των δραστηριοτήτων και της αγοράς ακινήτων χρησιμοποιώντας μοντέλα διακριτικής επιλογής (De la Barra, 1989). Αυτό το οικονομετρικό μοντέλο ακολουθεί την ιδέα της προσέγγισης του Lowry, αλλά χρησιμοποιεί ένα πολυεθνικό μοντέλο logit, το οποίο βασιζόταν στην τυχαία θεωρία χρησιμότητας και όχι σε μοντέλο βαρύτητας για τη χωρική κατανομή των δραστηριοτήτων. Αυτή η προσέγγιση βελτιώνει την αναλυτική απόδοση, επειδή η τυχαία θεωρία χρησιμότητας επιτρέπει την ενσωμάτωση διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν τις δραστηριότητες ενός νοικοκυριού ή μιας επιχείρησης. Τη δεκαετία του 1990 και με την εξέλιξη της τεχνολογίας αναπτύχθηκε αυτή η έρευνα, όταν δηλαδή τα δυναμικά μοντέλα ήταν σε θέση να ενσωματώσουν πολλαπλά υπομοντέλα που περιελάμβαναν πληροφορίες σχετικά με θέματα όπως η αγορά κατοικιών, η απασχόληση, οι κενές εκτάσεις, τα νοικοκυριά και η ταξιδιωτική συμπεριφορά (Anas & Arnott, 1994; Iacono et al., 2008; Martinez, 1996 σε van Lierop, 2017).

Με λίγα λόγια, τα οικονομετρικά μοντέλα κατάφεραν να ενσωματώσουν τη θεωρία συμπεριφοράς στην αστική μοντελοποίηση, η οποία δεν ελήφθη υπόψη από μοντέλα προηγούμενης γενιάς. Αυτή η προσπάθεια κατέστησε τα αστικά μοντέλα θεωρητικά υγιή και η ευέλικτη δομή της θεωρίας κατέστησε δυνατή την ενσωμάτωση διαφόρων μεταβλητών που έχουν σχέση με τις αστικές δραστηριότητες. Τα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα εφαρμόστηκαν σε διάφορες χώρες, ειδικά στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ) και την Ευρώπη, και εξακολουθούν να αναβαθμίζονται.

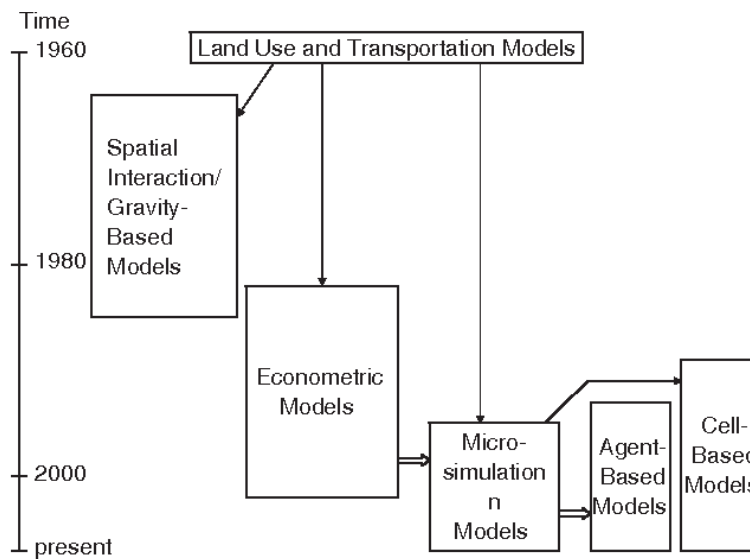
Ορισμένα δυναμικά οικονομετρικά μοντέλα έχουν μερικά στοιχεία που χρησιμοποιούν τεχνικές μικροπροσομοίωσης. Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, ο Waddell ανέπτυξε το UrbanSim για να βοηθήσει τους πολεοδόμους στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη χρήση της γης, τη μεταφορά και τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό (Brail & Klosterman 2001; Waddell et al., 2002). Το συγκεκριμένο μοντέλο συμβόλιζε μια πρόοδο στη μοντελοποίηση της χρήσης γης, καθώς μπορούσε να συσχετιστεί με πολύπλοκα μοντέλα μεταφοράς (Waddell et al., 2002). Το UrbanSim σχεδιάστηκε για να ενσωματωθεί στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) (Iacono et al., 2008), αναπτύχθηκε για περισσότερες από δύο δεκαετίες και ανακατασκευάστηκε με σχεδιασμό μικροπροσομοίωσης (van Lierop, 2017).

Η μικροπροσομοίωση είναι μια διαδικασία η οποία μπορεί να αναπαριστά τη συμπεριφορά ενός μεγάλου δείγματος μέσω μιας ανάλυσης μικρότερων δειγμάτων. Τα μοντέλα μικροπροσομοίωσης έχουν ως σκοπό την αναπαράσταση της συμπεριφοράς των ανθρώπων σε ατομικό επίπεδο, δηλαδή τις επιλογές που κάνουν τα άτομα σύμφωνα με τις απόψεις και τις προτιμήσεις τους. Η ευρεία τάξη των μοντέλων μεταφοράς και χρήσης της γης που θα μπορούσαν να εμπίπτουν στον τίτλο «μικροπροσομοίωση» άρχισε να αναπτύσσεται στις αρχές της δεκαετίας του 1990, παράλληλα με σημαντικές βελτιώσεις στην

υπολογιστική ισχύ που επέτρεψαν τη λειτουργία τους. Το ILUTE και το ILUMASS είναι επίσης ολοκληρωμένα μοντέλα μικροπροσομοίωσης, από τα οποία το πρώτο θεωρεί ρητά ότι υπάρχει ανισορροπία στην αγορά κατοικίας και το δεύτερο είναι διάδοχος του μοντέλου IRPUD.

Τα μοντέλα μικροπροσομοίωσης περιλάμβαναν πρωτότυπα μοντέλα ταξιδιού που βασίζονταν στις δραστηριότητες, μοντέλα βασισμένα σε κυψέλες και μοντέλα πολλαπλών πρακτόρων για αστική προσομοίωση (Iacono et al., 2008).

Πιο πρόσφατα, ορισμένοι ερευνητές έχουν αρχίσει να καταβάλλουν προσπάθειες για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων μοντέλων αστικής μικροπροσομοίωσης που αντικατοπτρίζουν πλήρως τη δυναμική των μεταβολών του πληθυσμού και του αστικού περιβάλλοντος. Επίσης, προσδιορίστηκαν νέες προκλήσεις για τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσης γης και μεταφοράς όπως η άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής, της έλλειψης ενέργειας και των κοινωνικών συγκρούσεων καθώς και νέες τεχνολογίες, όπως αυτόνομα οχήματα ή υπηρεσίες (Kii et al., 2016). Τα πιο πρόσφατα μοντέλα απαιτούν λεπτομέρειες, όπως η διαθεσιμότητα της τηλεργασίας ή οι δυνατότητες των αυτόνομων αυτοκινήτων. Ταυτόχρονα, οι χρόνοι εκτέλεσης πρέπει να περιοριστούν σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα. Αυτές οι νέες απαιτήσεις των ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσης γης μεταφοράς απαιτούν βελτιωμένες μεθόδους ενσωμάτωσης.



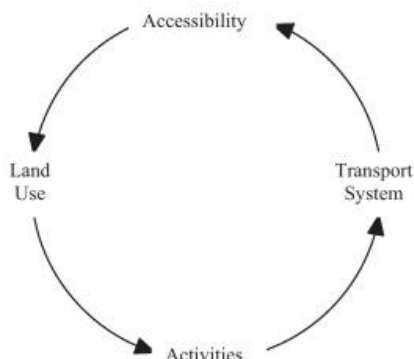
Σχήμα 6-1: Χρονολογική ανάπτυξη μοντέλων χρήσης γης και μεταφοράς (Πηγή: Iacono et al., 2008).

6.2 Προσβασιμότητα και βασικά χαρακτηριστικά μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών

Η προσβασιμότητα αποτελεί βασικό στοιχείο στη σύνδεση των χρήσεων γης με το σύστημα μεταφορών. Τα συστήματα χρήσεων γης και μεταφοράς αλληλεπιδρούν και η σύνδεση με αυτή την αλληλεπίδραση είναι μέσω της έννοιας της προσβασιμότητας, η οποία ορίζεται ως ο βαθμός στον οποίο τα συστήματα χρήσης γης και μεταφορών επιτρέπουν σε ομάδες ατόμων να φτάσουν σε δραστηριότητες ή προορισμούς μέσω ενός συνδυασμού τρόπων μεταφοράς (Geurs & van Wee, 2004 σε Ziemke, 2016).

Το Σχήμα 6-2 απεικονίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ χρήσης γης, δραστηριοτήτων, μεταφοράς και προσβασιμότητας. Από αυτό προκύπτει ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ της

χρήσης γης, της προσβασιμότητας και των μεταφορών είναι κυκλική (Geurs & van Wee, 2004).



Σχήμα 6-2: Κυκλική σχέση μεταξύ χρήσεων γης, μεταφορών, προσβασιμότητας και δραστηριοτήτων (Πηγή: Iacono et al., 2008).

Το σύστημα μεταφορών έχει αντίκτυπο στην προσβασιμότητα και αυτή επηρεάζει με τη σειρά της το σύστημα χρήσης γης επηρεάζοντας την επιλογή θέσης. Η χρήση γης παράγει δραστηριότητες όπως η κατοικία, η εργασία, οι αγορές και ο ελεύθερος χρόνος. Η ανάγκη συμμετοχής των ατόμων σε αυτές τις δραστηριότητες και η χωρική κατανομή αυτών των δραστηριοτήτων δημιουργεί την ανάγκη για ταξίδια που έχουν αντίκτυπο στη ζήτηση των μετακινήσεων και έχουν σημαντική επίδραση στο σύστημα μεταφορών. Ισχύει βέβαια και το αντίστροφο, καθώς η χρήση γης έχει αντίκτυπο στην προσβασιμότητα και αυτό οδηγεί σε αλλαγές στο σύστημα μεταφορών (Geurs & van Wee, 2004). Συνεπώς, η χρήση γης και η αστική ανάπτυξη επηρεάζουν τις μεταφορές, ενώ τα μέτρα προσβασιμότητας έχουν πρωταρχική σημασία για τους υπεύθυνους της χρήσης γης και για τους φορείς σχεδιασμού των μεταφορών. Γι' αυτόν τον λόγο, η βελτίωση της προσβασιμότητας θεωρείται κεντρικός στόχος των συστημάτων μεταφορών ή υποδομών (Geurs et al., 2012). Η έννοια της προσβασιμότητας είναι μια ενδεχόμενη μεθοδολογία για την αξιολόγηση των συστημάτων μεταφοράς, δεδομένου ότι αποτελεί έναν ολοκληρωμένο τρόπο αξιολόγησης του τρόπου, του

τόπου μετακίνησης, καθώς και του λόγου για τον οποίο μετακινούνται οι άνθρωποι. Ο Hansen (1959) ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε μια διαδικασία για την ποσοτική διερεύνηση της προσβασιμότητας ενώ σήμερα, οι μέθοδοι αξιολόγησης της ποιότητας προσβασιμότητας χρησιμοποιούνται συχνά σε διαδικασίες, όπως ο προγραμματισμός περιφερειακών μεταφορών, στις οποίες ο κεντρικός στόχος είναι να παρέχεται στους πολίτες ένα ορισμένο επίπεδο πρόσβασης σε διάφορες υπηρεσίες. Τα αποτελέσματα που συνήθως εμφανίζονται με πολύχρωμους χάρτες, παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την πρόσβαση του πληθυσμού σε ορισμένες υπηρεσίες, βοηθώντας έτσι στον προγραμματισμό της υποδομής των μεταφορών,

Τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών αποτελούνται από βασικά στοιχεία τα οποία δίνουν μια ταυτότητα στο μοντέλο, δείχνουν δηλαδή εάν το μοντέλο έχει σχεδιαστεί για πρόβλεψη ή βελτιστοποίηση μιας κατάστασης, εάν είναι δυναμικό ή στατικό, συνθετικό ή αποσυνθετικό.

Πιο συγκεκριμένα, ένα μοντέλο πρόβλεψης έχει τη δυνατότητα να προβλέψει εάν ένα σύστημα θα είναι μελλοντικά αποδοτικό, ενώ τα μοντέλα βελτιστοποίησης είναι σε θέση να ανακαλύψουν τα πλεονεκτήματα που έχει ένα σύστημα κατά την εφαρμογή του και να προσδιορίσουν τη χρησιμότητά του. Τα δυναμικά μοντέλα συχνά περιλαμβάνουν τον παράγοντα χρόνο, ενώ τα στατικά όχι. Τα στατικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση παραγόντων που οδηγούν στην αλλαγή των χρήσεων γης, ενώ τα δυναμικά μοντέλα είναι απαραίτητα, όταν απαιτούνται προβλέψεις για τη μελλοντική αλλαγή των χρήσεων γης. Τέλος, ένα μοντέλο θεωρείται συνθετικό (aggregate) όταν το επίπεδο ανάλυσης των παραμέτρων είναι μικρό, δηλαδή εξετάζονται οι παράμετροι σε συνολικό επίπεδο, αντιθέτως ένα αποσυνθετικό (disaggregate) μοντέλο περιλαμβάνει μια πιο λεπτομερή

ανάλυση των παραμέτρων του μοντέλου (Iacono et al., 2008). Έχει να κάνει δηλαδή με τον βαθμό στον οποίο αναλύονται τα δεδομένα κάθε μοντέλου.

6.3 Ανάλυση μοντέλων

6.3.1 Μοντέλο 4-βημάτων

Τα μοντέλα πρόβλεψης μετακινήσεων είναι συγκοινωνιακά μοντέλα και χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη αλλαγών και την αξιοποίηση του συστήματος μεταφορών σύμφωνα με τις αλλαγές της περιφερειακής ανάπτυξης, τα δημογραφικά στοιχεία και τη ζήτηση μεταφορών. Η μοντελοποίηση της ζήτησης μετακινήσεων είναι ένα δύσκολο έργο, αλλά απαραίτητο για τον ορθολογικό σχεδιασμό και την αξιολόγηση των συστημάτων μεταφοράς τα οποία περιλαμβάνουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη βελτίωση της οδικής υποδομής μιας κοινότητας. Στα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και συστημάτων μεταφορών το συγκοινωνιακό μοντέλο αναπτύσσεται στο πρώτο βήμα ξεχωριστά. Η γένεση των μετακινήσεων, η οποία εκφράζεται από την εκτίμηση του φόρτου, υπολογίζεται όπως ακριβώς γίνεται στο κλασικό μοντέλο των τεσσάρων βημάτων (Acheampong & Silva, 2015):

1. Γένεση Μετακινήσεων. Στο πρώτο βήμα εκτιμάται ο αριθμός των ακραίων μετακινήσεων, δηλαδή οι μετακινήσεις που παράγονται και έλκονται στις διάφορες ζώνες της περιοχής μελέτης.
2. Κατανομή μετακινήσεων. Η κατανομή μετακινήσεων είναι το δεύτερο στάδιο του μοντέλου και σ' αυτό το βήμα συνδέονται τα άκρα των μετακινήσεων του προηγούμενου βήματος με γραμμές επιθυμίας μετακινήσεων από ζώνη σε ζώνη. Οι επιθυμίες μετακινήσεων συναρτώνται με την υπάρχουσα συγκοινωνιακή υποδομή και το επίπεδο της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται ως ζήτηση των

μετακινήσεων η οποία αποτυπώνεται αριθμητικά στα μητρώα Προέλευσης Προορισμού (Π-Π).

3. Επιλογή μέσου. Στο βήμα αυτό γίνεται καταμερισμός των μητρώων Π-Π ανάλογα με τα μέσα μεταφοράς.
4. Καταμερισμός της ζήτησης. Στο τελευταίο βήμα η ζήτηση των μετακινήσεων καταμερίζεται στο οδικό δίκτυο και κατά τη διαδικασία αυτή, που είναι γνωστή και ως φόρτιση του δικτύου, γίνεται η εκτίμηση του μεγέθους των μέσων μεταφοράς.

6.3.2 Μοντέλα βασισμένα στις τεχνικές μεγιστοποίησης της εντροπίας και τυχαίας μεγιστοποίησης χρησιμότητας

Οι βασικότερες αναλύσεις και θεωρήσεις που είχαν σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό συστημάτων μεταφορών είναι η θεωρία μεγιστοποίησης της εντροπίας (Entropy Maximization Theory) και η ανάλυση διακριτής επιλογής (Discrete Choice Analysis). Η θεωρία μεγιστοποίησης της εντροπίας (Wilson, 1967) δημιούργησε μια ισορροπία, μεγιστοποιώντας την εντροπία των μετακινήσεων, της ροής αγαθών ή της κατανομής του πληθυσμού. Η μεθοδολογία της μεγιστοποίησης είχε ως αποτέλεσμα τη μετατροπή του μοντέλου βαρύτητας από Νευτώνιο σε στατιστικό (Wilson, 1970). Ο Wilson πρότεινε μια προσέγγιση η οποία λαμβάνει υπόψη τη θέση των υπηρεσιών. Το μοντέλο του επιτρέπει τον υπολογισμό ροών (αριθμός καταναλωτών) μεταξύ ζώνης i (προέλευσης, κατοικημένης ζώνης) και ζώνης j (προορισμός στον οποίο βρίσκεται η υπηρεσία):

$$F_{ij} = \frac{P_i W_j^\alpha e^{-\beta c_{ij}}}{\sum_i W_i^\alpha e^{-\beta c_{ij}}}$$

όπου το W_j αντιπροσωπεύει την εμπορική ελκυστικότητα της ζώνης j , το P_i είναι ο αριθμός των καταναλωτών που ζουν στη ζώνη i και το c_{ij} είναι το κόστος μεταφοράς από τη ζώνη i στη ζώνη j .

Τα μοντέλα τυχαίας χρησιμότητας (Random Utility Models) είναι μέθοδοι με τις οποίες πραγματοποιείται η περιγραφή της συμπεριφοράς των διακριτών επιλογών. Η ανάλυση διακριτής επιλογής αποτέλεσε έργο του McFadden το 1978 και έπαιξε σημαντικό ρόλο στα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών. Σύμφωνα με αυτήν την ανάλυση ένας μεμονωμένος πράκτορας (άτομο) κάνει μία μόνο επιλογή μεταξύ ενός συνόλου εναλλακτικών λύσεων. Ένα απλό παράδειγμα είναι ένας καταναλωτής που αποφασίζει ποια μάρκα προϊόντος θα αγοράσει. Στόχος της διαδικασίας λήψης αποφάσεων αποτελεί η μεγιστοποίηση της χρησιμότητας δηλαδή η επιλογή της εναλλακτικής λύσης για την οποία η χρησιμότητα είναι μέγιστη. Η μορφή της εξίσωσης της μεθόδου τυχαίας χρησιμότητας είναι:

$$U_{sk} = U_s(X_k, a)$$

όπου το U_{sk} είναι η χρησιμότητα που λαμβάνεται από το άτομο s , ο οποίος παίρνει την επιλογή k , το U_s είναι η συνολική συνάρτηση χρησιμότητας, το X_k είναι τα χαρακτηριστικά της επιλογής k και a είναι μια στοχαστική παράμετρος της συνάρτησης χρησιμότητας. Η πιθανότητα να επιλεγεί η επιλογή k , είναι ίση με την πιθανότητα ότι η χρησιμότητα της επιλογής k , είναι πιο σημαντική από τη χρησιμότητα άλλων επιλογών:

$$p_{sk} = \Pr(U_s(X_k, a) > U_s(X_q, a), \forall q \in E)$$

όπου το E είναι το σύνολο των επιλογών, το p_{sk} είναι η πιθανότητα ότι η επιλογή k είναι η επιλογή από το άτομο s . Μετά την υπόθεση ανεξαρτησίας (κατανομή Gumbel)

προκύπτει μια μορφή logit, όπου V_{sq} είναι το αβέβαιο στοιχείο της συνάρτησης χρησιμότητας (Clement, 1996).

$$p_{sk} = \frac{\exp(\beta * V_{sk})}{\sum_q \exp(\beta * V_{sq})}$$

6.3.3 Μοντέλο βαρύτητας

Η πρώτη γενιά μοντέλων περιελάμβανε συνολικά μοντέλα χωρικής αλληλεπίδρασης. Αυτά τα πρώτα μοντέλα βασίστηκαν στη μεγιστοποίηση της βαρύτητας και της εντροπίας για να περιγράψουν την κατανομή του πληθυσμού, της απασχόλησης και κατά συνέπεια των χρήσεων γης στον αστικό χώρο και τα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα ήταν παράγωγα του μοντέλου Lowry. Αν και υπήρχαν πολλές διαφορετικές μορφές αυτού του τύπου μοντέλου, οι περισσότερες περιστράφηκαν γύρω από τις παραλλαγές του μοντέλου βαρύτητας το οποίο ήταν βασισμένο στη θεωρία της βαρύτητας του Νεύτωνα και χρονολογείται από τα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Το μοντέλο βαρύτητας της χωρικής αλληλεπίδρασης και η μορφή μεγιστοποίησης της εντροπίας αυτού του μοντέλου έχουν σημαντικό θεωρητικό ενδιαφέρον και ενσωματώνονται στα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα που αναπτύχθηκαν για έρευνα και σχεδιασμό.

Μια μορφή του μοντέλου βαρύτητας είναι: $T_{ij} = k \frac{W_i W_j}{c_{ij}^n}$ (1)

όπου το T_{ij} είναι ένα μέτρο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ζωνών i και j , το W_i είναι η προέλευση που συνδέεται με τη ζώνη i , το W_j είναι ο προορισμός που συνδέεται με τη ζώνη j και το c_{ij} είναι ένα μέτρο της απόστασης μεταξύ ζώνης i και ζώνης j . Το k είναι ένας

συντελεστής προσαρμογής και το n μία παράμετρος που πρέπει να υπολογιστεί (Wilson, 1970).

Τα μοντέλα βαρύτητας χρησιμοποιήθηκαν ευρέως, ενώ το 1967 ο Wilson παρείχε την πρώτη θεωρητικά έγκυρη εξάρτηση του μοντέλου βαρύτητας από την τεχνική μεγιστοποίησης της εντροπίας. Μετά το έργο του Wilson οι μεταφορές ενισχύθηκαν με νέα μοντέλα βαρύτητας. Μια γενική μορφή της εξίσωσης (1) είναι:

$$T_{ij} = kW_i W_j f(c_{ij}) \quad (2)$$

όπου το $1/c_{ij}^n$ αντικαταστάθηκε από το $f(c_{ij})$

Έτσι, εάν γνωρίζουμε για παράδειγμα τη συνολική ροή O_i που προέρχεται από κάθε ζώνη i , τότε ισχύει:

$$\sum_j T_{ij} = O_i \quad (3)$$

Ομοίως, αν η συνολική ροή D_j που καταλήγει στη ζώνη j , τότε:

$$\sum_i T_{ij} = D_j \quad (4)$$

Το μοντέλο χωρίς περιορισμούς περιγράφεται με την εξίσωση (2). Για να δημιουργηθούν τα νέα εναλλακτικά μοντέλα σύμφωνα με τις πρόσθετες γνώσεις ως περιορισμούς, πρέπει να αντικατασταθεί η σταθερά αναλογικότητας, k , με ένα σύνολο τέτοιων σταθερών (ή «συντελεστές εξισορρόπησης»), οι οποίοι είναι κατάλληλοι για τους πιθανούς περιορισμούς: Το k αντικαθίσταται από ένα σύνολο A_i , αν ισχύει η εξίσωση (3), από ένα σύνολο B_j εάν ισχύει η εξίσωση (4) και από το σύνολο $A_i B_j$ εάν οι εξισώσεις (3) και

(4) ισχύουν ταυτόχρονα. Στην περίπτωση που το O_i είναι γνωστό, αυτό ενεργεί ως μαζικός όρος και αντικαθιστά το W_i και στην περίπτωση που είναι γνωστό το D_j , αυτό μπορεί να λειτουργήσει ως μαζικός όρος και να αντικαταστήσει το W_j . Εάν αυτές οι αλλαγές γίνουν στα σημεία που χρειάζεται, θα έχει δημιουργηθεί μια οικογένεια τεσσάρων μοντέλων.

6.3.4 Τεχνική οικονομικής βάσης εισόδου-εξόδου

Η διαδικασία εισόδου-εξόδου καθορίζεται από τους οικονομικούς τομείς και μαζί με τη διαδικασία περιγραφής της σχέσης μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης αποτελούν τα κεντρικά στοιχεία ενός μοντέλου χρήσης γης. Κύρια στοιχεία ενός μοντέλου εισόδου-εξόδου είναι η τελική ζήτηση, η ενδιάμεση ζήτηση και οι βασικές εισροές (συμπεριλαμβανομένων των μισθών, των κερδών, των φόρων). Ο φορέας της τελικής ζήτησης (συμπεριλαμβανομένης της ιδιωτικής κατανάλωσης, των εξαγωγών και των επενδύσεων) αντιπροσωπεύει τον τελικό προορισμό της παραγωγής. Το οικονομικό σύστημα πρέπει να παράγει τις ποσότητες που απαιτούνται σε κάθε τομέα. Για τον σκοπό αυτό, χρειάζονται ενδιάμεσες εισροές, δημιουργώντας μια αλυσίδα παραγωγής και κατανάλωσης. Το άθροισμα της τελικής ζήτησης και της ενδιάμεσης ζήτησης ισούται με τη συνολική παραγωγή του συστήματος. Το άθροισμα της ενδιάμεσης παραγωγής και της πρωτογενούς παραγωγής είναι ίσο με τη συνολική παραγωγή (Clement, 1996).

Το σύστημα εισόδου-εξόδου περιγράφεται ως εξής. Για να παραχθεί ένα άθροισμα X^n στον τομέα n , στη διαδικασία παραγωγής απαιτούνται εισροές x^{mn} του κάθε τομέα m . Γίνεται η υπόθεση ότι η λειτουργία παραγωγής είναι γραμμική, ώστε: $X^{mn} = a^{mn} X^n$.

Η τελική ζήτηση (Y_m) για κάθε τομέα m διαιρείται σε 4 εξωτερικούς τομείς: επενδύσεις, εγχώρια κατανάλωση, δημόσια κατανάλωση και εξαγωγές. Αν το X_n είναι η

συνολική παραγωγή του τομέα n, το σύνολο της ζήτησης για τον τομέα m είναι το άθροισμα της τελικής ζήτησης συν τις ενδιάμεσες απαιτήσεις των άλλων τομέων, δηλαδή:

$$D^m = Y^m + \sum_n a^{mn} * X^n$$

Σε μια μορφή μήτρας, η εξίσωση της αγοράς αντιστάθμισης ($X_m=D_m$) δίνει: $X=Y+A*X$, όπου: $X=(1-A)^{-1}Y$ με Y =πρόβλεψη της ζήτησης και A : τεχνικός συντελεστής (Clement, 1996).

6.4 Ταξινόμηση ολοκληρωμένων μοντέλων

Μια από τις πιο γνωστές προσπάθειες ταξινόμησης των ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσης γης και μεταφοράς είναι αυτή του Timmermans (2003), στην οποία ομαδοποιεί τα μοντέλα σε γενιές. Στην πρώτη γενιά, κατατάσσονται τα μοντέλα τα οποία στηρίζονται στην χωρική αλληλεπίδραση και στο μοντέλο βαρύτητας, είναι δηλαδή συνθετικά μοντέλα. Στην δεύτερη γενιά, ανήκουν τα οικονομικά μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούν την τεχνική μεγιστοποίησης της χρησιμότητας και δεν είναι τόσο συνθετικά όσο αυτά της πρώτης γενιάς. Τέλος στην τρίτη γενιά ανήκουν πιο εξελιγμένα μοντέλα που στηρίζονται στην μικροπροσομοίωση, είναι αποσυνθετικά και βασίζονται στις δραστηριότητες (Πίνακας 6-1).

Πίνακας 6-1: Ταξινόμηση ολοκληρωμένων μοντέλων (Πηγή: Timmermans, 2003).

Μοντέλα πρώτης γενιάς: Μοντέλα χωρικής αλληλεπίδρασης/μοντέλα βαρύτητας	Μοντέλα δεύτερης γενιάς: Οικονομετρικά μοντέλα	Μοντέλα τρίτης γενιάς: μοντέλα μικροπροσομοίωσης (μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες)
Model of Metropolis	MEPLAN	ILUTE
TOMM	TRANUS	ILUMASS
PLUM	MUSSA	RAMBLAS
ITLUP	METROSIM	UrbanSim
LILT	DELTA	
IRPUD	PECAS	

6.4.1 Μοντέλα 1^{ης} γενιάς

Η παλαιότερη κατηγορία μοντέλων προσομοίωσης χρήσης γης και μεταφοράς είναι ένα σύνολο μοντέλων βασισμένα στις αρχές της χωρικής αλληλεπίδρασης που ήταν δημοφιλή στους περιφερειακούς τομείς της επιστήμης και της ποσοτικής γεωγραφίας τη δεκαετία του 1950 και του 1960 (Iacono, 2008).

Lowry/Lowry-Garin Models

Ο Lowry (1964) ανέπτυξε ένα απλό μοντέλο χωρικής αλληλεπίδρασης, το «Model of Metropolis», το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως από πολλούς οργανισμούς στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Η.Π.Α.) κυρίως λόγω της απλότητάς του. Το μοντέλο Lowry έχει δημιουργήσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον από οποιοδήποτε άλλο αστικό μοντέλο, καθώς έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές και έχει εισαγάγει δύο σημαντικές καινοτομίες στην έρευνα της αστικής μοντελοποίησης. Πρώτον, ενσωμάτωσε στη δομή του, τόσο μια διαδικασία πρόβλεψης, όσο και μια διαδικασία κατανομής, και δεύτερον, συνέδεσε τρία στοιχεία του αστικού συστήματος σε ένα ενιαίο γενικό πρότυπο πλαίσιο εργασίας. Το μοντέλο χρήσης γης που αναπτύχθηκε από τον Lowry ήταν σχεδιασμένο να προσομοιώνει μοντέλα κατοικιών και υπηρεσιών σε περιοχές του Πίτσμπουργκ (Πενσυλβανία),

σχεδιάστηκε δηλαδή για να αξιολογήσει τις μελλοντικές αλλαγές της απασχόλησης, του πληθυσμού, των κατοικιών και της χρήσης γης στην ευρύτερη περιοχή του Πίτσμπουργκ. Ο Garin το 1966 έδωσε μια βελτιωμένη έκδοση της δομής του μοντέλου του Lowry που βασίζεται σ' αυτό το μοντέλο, αποτελώντας το μοντέλο Garin-Lowry. Το μοντέλο Lowry μπορεί επίσης να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των μελλοντικών πολιτικών που σχετίζονται με τον προγραμματισμό των μεταφορών και την ανάπτυξη των χρήσεων γης. Το μοντέλο παίρνει τρία κύρια στοιχεία μιας πόλης, δηλαδή τον πληθυσμό, την απασχόληση και τα μεταφορικά μέσα και περιγράφει την αλληλεπίδραση μεταξύ τους και πως αυτές οι αλληλεπιδράσεις καθορίζουν την αστική αλλαγή με την κατανομή πληθυσμού και την απασχόληση στις διάφορες ζώνες της πόλης. Τα επίπεδα δραστηριοτήτων στο μοντέλο Lowry καθορίζονται από τη μέθοδο της οικονομικής βάσης, όλες οι δραστηριότητες στην πόλη χωρίζονται σε τρεις ομάδες, στον βασικό τομέα, τον τομέα υπηρεσιών και τον τομέα των νοικοκυριών. Στον βασικό τομέα ανήκουν οι βιομηχανικές, επιχειρηματικές και διοικητικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τους μη τοπικούς πελάτες, ενώ στον τομέα υπηρεσιών ανήκουν οι βιομηχανικές, επιχειρηματικές και διοικητικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τοπικούς πελάτες. Ο τομέας των νοικοκυριών αποτελείται από τους κατοίκους της πόλης και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διανομή και το επίπεδο απασχόλησης ανά πάσα στιγμή. Ο οικιστικός πληθυσμός και η ανάπτυξη των χώρων του, επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις θέσεις των χώρων εργασίας των κατοίκων. Η απασχόληση χωρίζεται σε βασικές και μη βασικές υπηρεσίες και ένα περιορισμένο μοντέλο Lowry καθορίζει χωρικά τη βασική απασχόληση. Η διάκριση μεταξύ του πληθυσμού που εξαρτάται από τη βασική απασχόληση και την απασχόληση στον τομέα των υπηρεσιών είναι σημαντική στον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν, τόσο τα τμήματα πρόβλεψης, όσο και τα γεωγραφικά τμήματα του μοντέλου και είναι χρήσιμη η αναπαράσταση των αναλογιών της οικονομικής μεθόδου σε

μορφή εξίσωσης. Εάν η οικονομική δραστηριότητα σε μια αστική περιοχή μπορεί να μετρηθεί από τον αριθμό των απασχολούμενων, τότε η συνολική απασχόληση αποτελείται από τα άτομα που απασχολούνται στον βασικό τομέα και από τα άτομα που απασχολούνται στον τομέα των υπηρεσιών.

Το μοντέλο του Lowry υποθέτει ότι η θέση των βασικών βιομηχανιών έχει καθοριστεί. Αυτό απαιτούσε την αρχική κατανομή της βασικής απασχόλησης στις ζώνες της περιοχής. Στη συνέχεια, τα νοικοκυριά κατανεμήθηκαν σε ζώνες από τις αρχικές θέσεις βασικής απασχόλησης, χρησιμοποιώντας μια λειτουργία παρόμοια με τη συνάρτηση αποτροπής που χρησιμοποιήθηκε στο βήμα κατανομής ταξιδιού των περισσότερων μοντέλων πρόβλεψης ταξιδιού (Horowitz, 2004):

$$f(t_{ij}) = \exp(-\beta t_{ij})$$

όπου το $f(t_{ij})$ είναι μια τιμή συνάρτησης αποτροπής που αντιπροσωπεύει το αντίστροφο της πιθανότητας των εργαζομένων που εργάζονται στη ζώνη i και ζουν στη ζώνη j , και το t_{ij} είναι το μέτρο της ακαταλληλότητας των μετακινήσεων μεταξύ των ζωνών που τυπικά ορίζεται ως χρόνος ταξιδιού. Αυτή η λειτουργική μορφή δείχνει ότι οι εργαζόμενοι επιλέγουν να κατοικήσουν κοντά στον χώρο εργασίας τους και ότι μόνο ένα μέλος του νοικοκυριού εργάζεται εκτός του σπιτιού. Ο Lowry επέλεξε να ορίσει αυτό το μέτρο της ακαταλληλότητας ως απόσταση αεροπορικών γραμμών μεταξύ των ζωνών. Το έκανε εν μέρει λόγω της δυσκολίας δημιουργίας μητρώων μετακινήσεων μεταξύ ζωνών χρησιμοποιώντας τα μοντέλα μεταφορών που υπήρχαν εκείνη την εποχή και επειδή διαπίστωσε υψηλό βαθμό συσχέτισης μεταξύ των παρατηρούμενων αποστάσεων αερογραμμών και δικτύου στην περιοχή μελέτης του (Lowry, 1964). Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση αποτροπής, $f(t_{ij})$, ο αριθμός των εργαζομένων (T_{ij}), που εργάζονται στη ζώνη i και ζουν στη ζώνη j , θα μπορούσε

να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας μια τροποποιημένη έκφραση που περιλάμβανε τιμή ελκυστικότητας για κάθε κατοικημένη ζώνη w_j :

$$T_{ij} = \frac{e_i w_j f(t_{ij})}{\sum_j w_j f(t_{ij})}$$

όπου e_i είναι η απασχόληση στη ζώνη i . Το μέτρο της ελκυστικότητας κατοικίας, όπως χρησιμοποιείται σε αυτή τη διατύπωση, απλώς σχετίζεται με την ποσότητα διαθέσιμης γης για οικιστική ανάπτυξη σε μια συγκεκριμένη ζώνη. Αυτή η σχέση είναι σημαντική, αφού χρησιμοποιείται εκτενώς σε μοντέλα μεταφοράς και χρήσης γης που προέρχονται από την τυχαία θεωρία χρησιμότητας. Η διαδικασία της κατανομής εργαζομένων/νοικοκυριών ακολουθείται από μια παρόμοια διαδικασία στην οποία κατανέμονται οι θέσεις των μη βασικών βιομηχανιών που εξυπηρετούν νοικοκυριά και άλλες (βασικές) βιομηχανίες, υποθέτοντας σταθερές θέσεις για αυτές τις ποσότητες. Μόλις κατανεμηθούν αυτές οι δραστηριότητες, είναι δυνατόν να συζευχθεί το μοντέλο χρήσης γης με ένα συμβατικό μοντέλο πρόβλεψης μετακινήσεων με βάση το ταξίδι για την παραγωγή ενός συνόλου ροών δικτύου. Αυτές οι νέες ροές και οι χρόνοι ταξιδιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τροποποιήσουν την αποτρεπτική λειτουργία και να παράγουν μια νέα κατανομή των νοικοκυριών και της μη βασικής απασχόλησης (Iacopo, 2008).

TOMM

Αρκετά μοντέλα επέκτειναν το βασικό πλαίσιο Lowry σε νέες κατευθύνσεις όπως για παράδειγμα, το μητροπολιτικό μοντέλο TOMM (Time Oriented Metropolitan Model) με βάση τον χρόνο, το οποίο σχεδιάστηκε από τον Crecine (1964). Αυτό το μοντέλο διατηρούσε τη βασική δομή του μοντέλου Lowry, αλλά διαφέρει από αυτό καθώς προέβλεπε τις διαδοχικές και όχι τις μονοετείς λύσεις, εισάγοντας επομένως το χρονικό στοιχείο στην

πρόβλεψη, το οποίο αντιπροσωπεύει το γεγονός ότι όλες οι αλλαγές που προβλέπονται από το μοντέλο δεν πραγματοποιούνται το προβλεπόμενο έτος, αλλά ένα ορισμένο ποσοστό δραστηριότητας παραμένει σταθερό και δεύτερον αποσυνθέτει τον πληθυσμό σε διαφορετικές κοινωνικοοικονομικές ομάδες, με την ελπίδα να βελτιωθεί η δυναμική του μοντέλου (Gross, 1982).

PLUM

Το μοντέλο πληθυσμού και χρήσης γης (The Population and Land Use Model) είναι μια ισχυρή, ολοκληρωμένη πλατφόρμα για την προβολή και χωρική κατανομή πληθυσμού, μονάδων κατοικίας και απασχόλησης σε μια δεδομένη περιοχή. Οι περιφερειακοί οργανισμοί σχεδιασμού χρησιμοποιούν το PLUM για να διατυπώσουν επίσημα σχέδια και στρατηγικές διαχείρισης της ανάπτυξης. Το PLUM περιέχει ένα λεπτομερές μοντέλο πληθυσμιακής προβολής σε ολόκληρη την περιοχή, το οποίο σε συνδυασμό με δεδομένα κτιρίων βάσει του χρόνου, δημιουργεί προβλέψεις για μελλοντική, νέα οικιστική και εμπορική ανάπτυξη. Οι χρήστες καθορίζουν εναλλακτικά γεωγραφικά λεπτομερή σχέδια χρήσης γης τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τη διανομή της περιφερειακής ανάπτυξης.

IRPUD

Το μοντέλο IRPUD αναπτύχθηκε από τον Wegener και τους συνεργάτες του στο πανεπιστήμιο του Ντόρτμουντ στη Γερμανία το 1982. Το μοντέλο προβλέπει, για κάθε περίοδο προσομοίωσης, τις αποφάσεις για ενδοπεριφερειακές χωροθετήσεις της βιομηχανίας, των κατασκευών κατοικιών και των νοικοκυριών, τα αναμενόμενα πρότυπα μετανάστευσης και ταξιδιού, την κατασκευαστική δραστηριότητα και την ανάπτυξη της χρήσης γης και τις επιπτώσεις των δημόσιων πολιτικών στους τομείς της βιομηχανικής ανάπτυξης, της στέγασης, των δημόσιων εγκαταστάσεων και των μεταφορών (Wegener, 1998). Το IRPUD

είναι αρκετά περίπλοκο και περιέχει έξι αλληλοσυνδεδεμένα υπομοντέλα που λειτουργούν με αναδρομικό τρόπο σε μια κοινή χωροχρονική βάση δεδομένων. Αυτά είναι τα υπομοντέλα γήρανσης, μεταφοράς, δημόσιων προγραμμάτων, ιδιωτικής κατασκευής, αγοράς εργασίας και αγοράς κατοικιών (Spiekermann & Wegener, 2011).

LILT

Το μοντέλο LILT (Leeds Integrated Land use–Transport model) (Mackett, 1983) αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στο πανεπιστήμιο του Λιντς και στη συνέχεια εφαρμόστηκε και σε άλλες περιοχές. Το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξέταση πολλών προβλημάτων, όπως η επίδραση της μεταφοράς στις διάφορες περιοχές των πόλεων, οι επιπτώσεις της αύξησης του κόστους των καυσίμων στην πόλη και η μακροπρόθεσμη σχέση μεταξύ μεταφορών και χρήσης γης. Η κύρια χρήση του μοντέλου είναι να εξετάσει τον αντίκτυπο της πολιτικής μεταφορών στην χωρική κατανομή των αστικών δραστηριοτήτων.

ITLUP

Με βάση το πλαίσιο Lowry-Garin, αναπτύχθηκε το ITLUP (Integrated Transportation and Land Use Package) από τον Putman στο Πανεπιστήμιο της Πενσυλβανία, το οποίο θεωρείται ευρέως το πρώτο πλήρως λειτουργικό πακέτο λογισμικού για τη χρήση μοντέλων μεταφοράς (Duthie et al., 2007). Το ITLUP είναι το πλέον διαδεδομένο μοντέλο χωροθέτησης εντός και εκτός Αμερικής, έχει εφαρμοστεί σε περισσότερες από δώδεκα τοποθεσίες εντός των Ηνωμένων Πολιτειών και έχει εφαρμοστεί πάνω από 40 φορές γενικά (Hunt et al., 2005). Το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει υπομοντέλα όπως τα DRAM (Disaggregate Residential Allocation Model) και EMPAL (Employment Allocation Model), τα οποία βασίζονται στο μοντέλο Lowry. Το DRAM λειτουργεί με την κατανομή των νοικοκυριών (Timmermans, 2003) βάσει της ελκυστικότητας των ζωνών λαμβάνοντας υπόψη

την τρέχουσα οικιστική ανάπτυξη, τη χωρητικότητα που προέρχεται από κενές και αναπτυσσόμενες εκτάσεις και άλλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της ζώνης. Το EMPAL λειτουργεί επίσης με τον ίδιο τρόπο της κατανομής της απασχόλησης με βάση την ελκυστικότητα των ζωνών. Οι λειτουργίες γένεσης και κατανομής ταξιδιού για το μοντέλο πρόβλεψης ταξιδιών αναπτύσσονται στο DRAM, ταυτόχρονα με τη χωροθέτηση των νοικοκυριών. Το DRAM/EMPAL έχει λιγότερες απαιτήσεις δεδομένων σε σύγκριση με το αρχικό μοντέλο Lowry και μπορεί να προβλέψει τις αλλαγές στη βασική απασχόληση και σε άλλες επενδύσεις που ενδέχεται να αλλάξουν την οικονομία της περιοχής. Το ITLUP τις περισσότερες φορές έχει εστιάσει στη βελτίωση της οδικής υποδομής, ενώ έχει εφαρμοστεί και για την άλλες καταστάσεις, όπως ο σχεδιασμός του συγκοινωνιακού δικτύου και η εκτίμηση περιβαλλοντικών σε τοπικό επίπεδο.

Στον Πίνακα 6-2 συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της 1^{ης} γενιάς μοντέλων που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

Πίνακας 6-2: Σύνοψη 1^{ης} γενιάς μοντέλων – Χωροταξικά μοντέλα.

Μοντέλο	Δημιουργός	Χαρακτηριστικά
Model of Metropolis	Lowry (1964), Garin (1966)	Το πρώτο επιχειρησιακό μοντέλο χρήσης γης.
TOMM	Crecine (1964)	Εξέλιξη μοντέλου Lowry, εισαγωγή χρόνου στην πρόβλεψη.
PLUM	Goldner (1968)	Εξέλιξη του μοντέλου του Lowry, ισχυρή, ολοκληρωμένη πλατφόρμα για την προβολή και χωρική κατανομή πληθυσμού, μονάδων κατοικίας και απασχόλησης σε μια δεδομένη περιοχή.
IRPUD	Wegener (1982)	Περίπλοκο σύστημα, μικροπροσομοίωση χρήσης γης, 6 υπο-μοντέλα.
LITL	Mackett (1983)	Πρόβλεψη αντίκτυπου πολιτικής μεταφορών στη χωρική κατανομή των αστικών δραστηριοτήτων.
ITLUP	Putman (1983)	Πρώτο πλήρες πακέτο λογισμικού για ολοκληρωμένη μοντελοποίηση, ενσωμάτωση των επιπτώσεων συμφόρησης στην κατανομή δραστηριοτήτων.

6.4.2 Μοντέλα 2^{ης} γενιάς

Τα οικονομικά μοντέλα είναι ένα σύνολο μοντέλων που αναπτύχθηκαν αρχικά σε ερευνητική μορφή κατά το 1960 και 1970 στο Martin Centre στο πανεπιστήμιο του Κέιμπριτζ. Οι εξελίξεις στη χρήση της τυχαίας θεωρίας χρησιμότητας, για να περιγράψουν τις επιλογές μεταξύ διακριτών εναλλακτικών λύσεων, όπως η επιλογή του τρόπου μετακίνησης ήταν η αιτία για τη δημιουργία μιας νέας γενιάς μοντέλων με βάση τη μελέτη της αποσυνθετικής συμπεριφοράς. Όταν αποδείχτηκε ότι τα μοντέλα διακριτών επιλογών μπορούσαν να εφαρμοστούν σε προβλήματα όπως η επιλογή θέσης κατοικίας (McFadden 1978), οι ερευνητές άρχισαν να αναζητούν τρόπους για να μοντελοποιήσουν τις αλληλένδετες επιλογές των ατόμων. Τα μοντέλα χρήσης γης και μεταφοράς που ακολουθούν τα οικονομετρικά πλαίσια μπορούν να θεωρηθούν ότι περιλαμβάνουν δύο τύπους μοντέλων: τα περιφερειακά οικονομικά μοντέλα και τα μοντέλα γοράς γης. Σε αυτά τα δύο μοντέλα προσομοίωσης, το οικονομικό μοντέλο και το μοντέλο αγοράς γης, διαμορφώνεται ο πυρήνας ενός συστήματος προσομοίωσης που περιλαμβάνει την πρόβλεψη των μεταφορικών ροών. (Iacono, 2008).

MEPLAN

Το MEPLAN (Echenique et al., 1990, Echenique 2004) είναι ένα μαθηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε μέσω μιας σειράς μελετών σε διάφορες χώρες του κόσμου. Αυτό το μοντέλο ήταν αρχικά ένα απλό μοντέλο αστικών δραστηριοτήτων (Echenique et al., 1969) και στη συνέχεια επεκτάθηκε σε ένα πιο ολοκληρωμένο μοντέλο αστικής προσομοίωσης. Η δομή του είναι βασισμένη σε ζώνες και σε αντίθεση με άλλα μοντέλα, οι δραστηριότητες στις ζώνες καθορίζονται από ένα χωρικό μοντέλο εισροών-εκροών (εισόδου-εξόδου) που προβλέπει τις ροές εμπορίου ανά τομέα μεταξύ των ζωνών μιας περιοχής. Η παραγωγή και η

κατανάλωση συνδέονται στο μοντέλο εισόδου-εξόδου, αντικαθιστώντας τα βήματα γένεσης και κατανομής των μετακινήσεων σε μοντέλα πρόβλεψης μετακίνησης με βάση το ταξίδι (Iacono, 2008).

TRANUS

Το μοντέλο TRANUS (de la Barra, 1989) αναπτύσσεται συνεχώς από το 1982, έχει χρησιμοποιηθεί για διάφορες μελέτες (πολεοδομικές και χωροταξικές μελέτες, μελέτες σχεδιασμού των μεταφορών κ.α.) και χρησιμοποιεί σχέσεις δυναμικής ισορροπίας ανάμεσα στο αστικό σύστημα μεταφορών και τις χρήσεις γης που μοντελοποιούνται. Το μοντέλο TRANUS είναι παρόμοιο με το MEPLAN, καθώς ενσωματώνει ένα χωρικό μοντέλο εισροών-εκροών ως βάση για τη δημιουργία και την κατανομή των δραστηριοτήτων (Iacono, 2008). Το ολοκληρωμένο σύστημα μοντελοποίησης χρήσης γης και μεταφορών TRANUS αναπτύχθηκε για την προσομοίωση των πιθανών επιπτώσεων από την εφαρμογή συγκεκριμένων πολιτικών και έργων χρήσης γης και μεταφοράς και την αξιολόγηση των κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεών τους. Οι δραστηριότητες χωρίζονται σε τομείς όπως οι τομείς παραγωγής (γεωργία, μεταλλεία, βιομηχανία, υπηρεσίες κ.α.), και τα νοικοκυριά χωρίζονται ανά εισόδημα, μέγεθος ή άλλη κατηγορία. Η ζήτηση για κάθε τομέα ή χρήση γης καθορίζεται με ευέλικτο τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, μόλις προσδιοριστεί η συνολική ζήτηση για κάθε ζώνη και τομέα, διανέμεται σε ζώνες και τομείς παραγωγής, σύμφωνα με ένα πολυεθνικό μοντέλο logit (Iacono, 2008), υπό την επιφύλαξη πιθανών περιορισμών, αφού εάν η συνολική παραγωγή σε έναν τομέα και μια ζώνη είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη, αυξάνεται η τιμή ισορροπίας ενώ εάν είναι μικρότερη από την ελάχιστη, η τιμή ισορροπίας μειώνεται.

PECAS

Το σύστημα PECAS (Production, Exchange and Consumption Allocation System) το οποίο αναπτύχθηκε από τους Hunt & Abraham (2005) είναι ένα μοντέλο που βασίζεται στο περιφερειακό οικονομικό μοντέλο και αποτελεί μια γενίκευση της προσέγγισης μοντελοποίησης εισόδου-εξόδου. Το μοντέλο στηρίζεται σε μια δυναμική δομή ισορροπίας που βασίζεται στη ροή της ανταλλαγής, συμπεριλαμβανομένων των αγαθών, των υπηρεσιών και της εργασίας, από την παραγωγή έως την κατανάλωση. Οι ροές των ανταλλαγών από την παραγωγή στις ζώνες ανταλλαγής και από τις ζώνες ανταλλαγής έως την κατανάλωση βασίζονται σε μοντέλα logit που λαμβάνουν υπόψη τις τιμές συναλλάγματος. Παρόμοια με άλλα χωρικά μοντέλα εισροών-εκροών, οι εμπορικές ροές μετατρέπονται σε απαιτήσεις μεταφοράς και φορτώνονται σε δίκτυα για τον υπολογισμό των χρόνων μετακίνησης. Το μοντέλο του συστήματος PECAS λειτουργεί σε χρονικά βήματα ενός έτους και διαθέτει τώρα λειτουργικές μονάδες ταξιδιού, καθώς και μικροπροσομοιώσεις ανάπτυξης χρήσης γης, με αγροτεμάχια ως μονάδα ανάλυσης. Αν και το PECAS λειτουργεί σε κλίμακα μιας μητροπολιτικής περιοχής, μπορεί, όπως και άλλα μοντέλα εισόδου-εξόδου, να προσαρμοστεί σε εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας (Iacono, 2008).

MUSSA

Το σύστημα MUSSA αναπτύχθηκε από τον Martinez (1996) για την πόλη του Σαντιάγκο της Χιλής και περιλαμβάνει ένα αρκετά εξελιγμένο μοντέλο πρόβλεψης μετακινήσεων τεσσάρων βημάτων, το οποίο συνδέεται με τη συνιστώσα χρήσης γης. Σχεδιάστηκε για να προβλέπει την αναμενόμενη θέση των «πρακτόρων», κατοίκων και επιχειρήσεων στην αστική περιοχή. Το μοντέλο διαθέτει λεπτομερή αναπαράσταση του δικτύου διαμετακόμισης και δυνατότητα πρόβλεψης ζήτησης για έντεκα διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις, συμπεριλαμβανομένων των οδικών, διαμετακομιστικών και

συνδυασμένων τρόπων μεταφοράς. Τα συνδυασμένα μοντέλα χρήσης γης και μεταφοράς αναφέρονται ως 5-LUT (που υποδεικνύουν μια διαδικασία πρόβλεψης σε πέντε βήματα) και είναι σε θέση να παρέχουν ισορροπημένες προβλέψεις για τη χρήση γης και τη ζήτηση για μετακινήσεις. Ακόμη, το μοντέλο προσδιορίζεται από διακριτές μονάδες: γη κατά ζώνες, κατοικίες ανά τύπο και νοικοκυριά και επιχειρήσεις ανά κατηγορίες, ενώ ο αριθμός αυτών των διακριτών μονάδων ορίζεται από το μοντέλο. Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του MUSSA είναι ότι το μοντέλο χρησιμοποιεί μικρότερες ζώνες ως μονάδες ανάλυσης για την επίτευξη υψηλότερου επιπέδου χωρικής ανάλυσης, ενώ παράλληλα υπάρχει προσπάθεια να διαχωριστεί η επεξεργασία των νοικοκυριών στο μοντέλο. Πρόκειται για ένα σημαντικό βήμα στην ανάπτυξη μοντέλων μεταφοράς και χρήσης γης και αυτό που αναπαράγεται στην τρέχουσα γενιά αυτών των μοντέλων δίνει τις βάσεις για τις τεχνικές μικροπροσομοίωσης της επόμενης γενιάς.

DELTA

Το μοντέλο DELTA αναπτύχθηκε από τον Simmonds (1999) και είναι ένα μοντέλο χρήσης γης που σχεδιάστηκε για να αποτελέσει τη βάση ενός μοντέλου δυναμικού συστήματος αλληλεπίδρασης χρήσης γης και μεταφοράς. Το μοντέλο του συστήματος χωρίζεται σε διαδικασίες που αντιπροσωπεύουν χώρους οι οποίοι αντιπροσωπεύουν δραστηριότητες. Οι διαδικασίες που ασχολούνται με δραστηριότητες περιλαμβάνουν τον σχηματισμό και τη διάλυση των νοικοκυριών, την ανάπτυξη ή την παρακμή της απασχόλησης, την αγορά τοποθεσιών και ακινήτων και το καθεστώς απασχόλησης των ατόμων. Οι διαδικασίες που αντιπροσωπεύουν την αλλαγή στους χώρους προβλέπουν την ποσότητα και την ποιότητα του διαθέσιμου χώρου. Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε μια σειρά από σύντομα βήματα που δεν υπερβαίνουν το ένα ή τα δύο χρόνια και αρχικά συνδυάστηκε με το START, ένα μοντέλο μεταφοράς που αναπτύχθηκε για την

πόλη Λιντς του Ηνωμένου Βασιλείου. Ένα χαρακτηριστικό του DELTA είναι οι προσπάθειες προσθήκης μιας μεταβλητής ποιότητας στην πρόβλεψη των επιλογών θέσης. Στην περίπτωση κατοικίας, η μεταβλητή ποιότητας σχετίζεται με το τοπικό εισόδημα και τα ποσοστά κενών θέσεων. Ως εκ τούτου, η ποιότητα της ανάπτυξης μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου. Το μοντέλο DELTA έχει εφαρμοστεί πολλές φορές στο Ηνωμένο Βασίλειο και σε τμήματα της Δυτικής Ευρώπης και αναπτύσσεται επί του παρόντος ως μοντέλο μικροπροσομοίωσης (Iacono, 2008).

CATLAS

Το Σύστημα Ανάλυσης της Χρήσης Γης (Catlas) αναπτύχθηκε από τον Anas (1982, 1983) για τη μελέτη της σχέσης μεταξύ χρήσης γης και μεταφοράς. Διαφέρει από τα προηγούμενα μοντέλα, καθώς το σύστημα αποτελείται από τέσσερα υπομοντέλα που προέρχονται από τη θεωρία των διακριτών επιλογών και τη συμπεριφορά μεγιστοποίησης χρησιμότητας (υπομοντέλο ζήτησης, κατοχής, κατασκευής και κατεδάφισης). Το μοντέλο προβλέπει την πιθανότητα ότι ένας εργαζόμενος που απασχολείται σε ένα χώρο εργασίας θα ζει σε κάποια κατοικημένη ζώνη και τη πιθανότητα ότι θα μετακινηθεί με κάποιον τρόπο μεταφοράς. Το υπομοντέλο στέγασης υπολογίζει την πιθανότητα να προσφέρεται προς ενοικίαση σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο η μέση κατοικία σε κάθε ζώνη ως συνάρτηση των μέσων ενοικίων στη ζώνη αυτή και των διαφόρων χαρακτηριστικών ζώνης. Οι νέες κατασκευές και οι κατεδαφίσεις εξαρτώνται από το κόστος κατασκευής, τις αναμενόμενες μελλοντικές αξίες μεταπώλησης, τους τρέχοντες και μελλοντικούς φόρους, το λειτουργικό κόστος και τις τιμές της γης. Η συνιστώσα της οικονομικής αξιολόγησης του μοντέλου εκτιμά τις μεταβολές της οικονομικής ευημερίας λόγω των αλλαγών στη χρησιμότητα των τρόπων μεταφοράς που προκύπτουν από τις επενδύσεις σε διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς. Οι αλλαγές στις χρησιμότητες καταγράφονται σε ένα μέτρο

προσβασιμότητας με βάση τη συνολική αξία (logsum) και κεφαλαιοποιούνται στις τιμές κατοικιών ή στα ενοίκια (Iacono, 2008).

METROSIM

Το αρχικό πλαίσιο CATLAS τροποποιήθηκε σε ένα ενισχυμένο μοντέλο που ονομάζεται METROSIM (Anas & Arnott 1994), σχεδιασμένο για τη μητροπολιτική περιοχή της Νέας Υόρκης. Το METROSIM αποτελεί ένα ολοκληρωμένο οικονομικό μοντέλο μεταφοράς και χρήσης γης, το οποίο ενσωμάτωσε ένα δυναμικό μοντέλο μητροπολιτικών στεγαστικών αγορών (Anas & Arnott 1994), μαζί με ένα μοντέλο εμπορικών χώρων. Το πλήρες σύστημα αποτελείται από 7 επιμέρους μοντέλα, συνδυάζει μοντέλα απασχόλησης, οικιστικά και εμπορικά ακίνητα, κενές εκτάσεις γης, νοικοκυριά, μετακίνηση με σκοπό την εργασία και άλλου είδους μετακίνησης (εκτός εργασίας) και κατανομή κυκλοφορίας, η οποία απουσίαζε στο σύστημα CATLAS. Επέκταση αυτού του συστήματος είναι το μοντέλο NYMTC-LUM, μια απλούστευση του METROSIM που σχεδιάστηκε για να διευκολύνει την αξιολόγηση των αλλαγών στις πολιτικές διαμετακόμισης για το σύστημα διαμετακόμισης της Νέας Υόρκης. Το μοντέλο είναι ελαφρώς βελτιωμένο, προσθέτοντας ένα τοπικό υπομοντέλο αγοράς εργασίας και χρησιμοποιώντας πολύ μικρές ζώνες. Το συνδυασμένο μοντέλο καθορίζει ενδογενώς τις τιμές των κατοικιών και του χώρου (εντός του μοντέλου) και χρησιμοποιεί τα βοηθητικά προγράμματα από το μοντέλο επιλογής τρόπου λειτουργίας, ως εισόδους προσβασιμότητας στο μοντέλο χρήσης γης.

Ο Πίνακας 6-3 παρουσιάζει μια σύνοψη των βασικών χαρακτηριστικών της 2^{ης} γενιάς μοντέλων.

Πίνακας 6-3: Σύνοψη 2^{ης} γενιάς μοντέλων – Οικονομετρικά μοντέλα.

Μοντέλο	Δημιουργός	Χαρακτηριστικά
MEPLAN	Echenique et al. (1969), Echenique et al. (1990)	Μαθηματικό μοντέλο, απλό μοντέλο αστικών δραστηριοτήτων, επέκταση σε ένα πιο ολοκληρωμένο μοντέλο αστικής προσομοίωσης.
CATLAS	Anas (1982)	4 υπο-μοντέλα
TRANUS	de la Barra (1989)	Πρόβλεψη επιπτώσεων από την εφαρμογή συγκεκριμένων πολιτικών χρήσης γης και μεταφοράς, αξιολόγηση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
MUSSA	Martinez (1992)	Εξελιγμένο μοντέλο ταξιδιού, λεπτομερή αναπαράσταση του δικτύου διαμετακόμισης.
METROSIM	Anas and Arnott (1994)	Ολοκληρωμένο οικονομικό μοντέλο μεταφοράς, 7 υπο-μοντέλα.
DELTA	Simmonds (1999)	Πρώτο πλήρες πακέτο λογισμικού για ολοκληρωμένη μοντελοποίηση, ενσωμάτωση των επιπτώσεων συμφοράς στην κατανομή δραστηριοτήτων.
PECAS	Hunt and Abraham (2005)	Περιφερειακό οικονομικό μοντέλο, μικροπροσομοίωση, ικανότητα συνδυασμού με μοντέλο βασισμένο σε δραστηριότητες.

6.4.3 Μοντέλα 3^{ης} γενιάς

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, οι ερευνητές άρχισαν να κατασκευάζουν μοντέλα που θα αντιμετώπιζαν τις αδυναμίες και τις ελλείψεις των προηγούμενων μοντέλων που συνδέονταν με προσπάθειες μοντελοποίησης μεγάλης κλίμακας. Η πρόοδος στην υπολογιστική ισχύ και η αποδοτικότητα της αποθήκευσης δεδομένων επέτρεψαν στους ερευνητές την ανάπτυξη αυτών των νέων μοντέλων. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες, μοντέλα πολλαπλών «πρακτόρων» αστικής χρήσης γης και μεταφοράς και «κυτταρικά» μοντέλα αστικής χρήσης γης.

Η σύγχρονη τεχνολογία στον τομέα των μεταφορών και της διαμόρφωσης των χρήσεων γης καθορίζεται από τις τρέχουσες ερευνητικές προσπάθειες που αποσκοπούν στην οικοδόμηση ολοκληρωμένων συστημάτων μικροπροσομοίωσης αστικών περιοχών. Η

μικροπροσομοίωση βασίζεται σε απλά γεγονότα μεμονωμένων παραγόντων. Τα μοντέλα αυτά στοχεύουν μέσα από τη μελέτη της ατομικής συμπεριφοράς στην προσομοίωση της συμπεριφοράς ενός μεγαλύτερου συνόλου (προσέγγιση bottom-up), ενώ αντιθέτως τα παλαιότερα μοντέλα προσομοιώνουν συλλογικές συμπεριφορές ενός συνόλου, έτσι ώστε να ερμηνεύσουν αλλαγές που συμβαίνουν σε ατομικό επίπεδο (προσέγγιση top-down). Η μικροπροσομοίωση δεν επιχειρεί να μοντελοποιήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ των μονάδων ούτε να προσπαθήσει να περιορίσει τα κίνητρα ή τις προθέσεις τους.

Η ιδέα των ολοκληρωμένων μοντέλων μικροπροσομοίωσης υπήρχε σε αρκετά παλαιότερα μοντέλα αφού ένα ή περισσότερα στοιχεία του συστήματος διέπονταν από μια διαδικασία μικροπροσομοίωσης. Για παράδειγμα, το μοντέλο IRPUD του Wegener περιείχε μικροπροσομοιώσεις του πληθυσμού και του κτιρίου, ενώ τα MUSSA και UrbanSim κατακερματίζουν νοικοκυριά σε ένα επαρκές επίπεδο, ώστε να τα λειτουργούν σε μια στατική μορφή μικροπροσομοίωσης, στην οποία ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα χρησιμοποιείται σε ένα μικροαναλυτικό πλαίσιο για βραχυχρόνιες εφαρμογές. Ωστόσο, για μακροπρόθεσμες προβλέψεις, για τις οποίες έχουν σχεδιαστεί τα περισσότερα μοντέλα μεταφοράς και χρήσης γης, ο πληθυσμός πρέπει να συντίθεται ή να αναπροσαρμόζεται ώστε να αντιπροσωπεύει τη δυναμική των ατόμων και το περιβάλλον μέσα στο οποίο κάνουν επιλογές (Iacono, 2008).

➤ **Μοντέλα μικροπροσομοίωσης βασισμένα σε πράκτορα**

Τα μοντέλα βασισμένα σε πράκτορα αποτελούν υπολογιστικά μοντέλα που χρησιμοποιούν πράκτορες, οι οποίοι λειτουργούν αυτόνομα και αναπαριστούν μονάδες ή ομάδες ατόμων (οικογένειες, εταιρείες κ.α.), στις οποίες επιτρέπεται η αλληλεπίδραση μεταξύ τους, έτσι ώστε οι πράκτορες να μπορούν να αξιολογήσουν τις πληροφορίες. Η πρακτική

αυτή βοηθάει στη λειτουργία του μοντέλου και παράλληλα συντελεί στην ενσωμάτωση τυχαίων και μεμονωμένων γεγονότων.

Τα μοντέλα πολλαπλών πρακτόρων έχουν χρησιμοποιηθεί στην αστική μοντελοποίηση (Torrens & Benenson, 2005) και έχουν σχεδιαστεί ως μια συλλογή της αλληλεπίδρασης των αυτόνομων πρακτόρων, οι οποίοι αλληλεπιδρούν σε ένα κοινό περιβάλλον. Τα μοντέλα πολλαπλών πρακτόρων λειτουργούν παρόμοια με τα κυψελοειδή μοντέλα (απλά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση πολύπλοκων συστημάτων) με τη διαφορά ότι τα πρώτα αποτελούνται από αυτόνομους πράκτορες, δηλαδή πράκτορες που έχουν τη δυνατότητα να δρουν ανεξάρτητα.

ILUTE

Ένα συνεχιζόμενο ερευνητικό πρόγραμμα που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσης γης και μεταφοράς που βασίζονται στις δραστηριότητες είναι το σύστημα μοντελοποίησης ολοκληρωμένης χρήσης γης, μεταφορών και περιβάλλοντος (ILUTE). Το μοντέλο ILUTE (Salvani & Miller, 2005), το οποίο αναπτύχθηκε από ερευνητές σε διάφορα πανεπιστήμια του Καναδά, κυρίως στο πανεπιστήμιο του Τορόντο, αποτελεί το πιο ολοκληρωμένο μοντέλο μικροπροσομοίωσης μέχρι σήμερα. Αυτό το σύστημα αντιπροσωπεύει ένα πείραμα στην ανάπτυξη ενός πλαισίου μοντελοποίησης μικροπροσομοίωσης για την ολοκληρωμένη μοντελοποίηση αλληλεπίδρασης χρήσης γης και συστήματος μεταφορών και για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των αλληλεπιδράσεων. Το ILUTE διαφέρει από τα προηγούμενα συστήματα με διάφορους σημαντικούς τρόπους. Πρώτον, διαφοροποιεί τα άτομα και τα νοικοκυριά. Δεύτερον, η κατάσταση του αστικού συστήματος εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου από ένα υποτιθέμενο γνωστό έτος βάσης και δεν απαιτούνται συγκεκριμένες υποθέσεις σχετικά με την ισορροπία του συστήματος και τρίτον, διαφοροποιεί τις επιχειρήσεις, οι οποίες λαμβάνονται

ως πράκτορες. Το ILUTE επικεντρώνεται σε έναν πυρήνα συμπεριφοράς που αποτελείται από τέσσερα αλληλένδετα στοιχεία: τη χρήση της γης, την επιλογή κατοικίας, την ιδιοκτησία του αυτοκινήτου και τα πρότυπα δραστηριότητας/ταξιδιού.

Το μοντέλο του συστήματος είναι ιδιαίτερα ενοποιημένο με μηχανισμούς ανάδρασης, σύμφωνα με τους οποίους μακροπρόθεσμες αποφάσεις, όπως η αλλαγή της θέσης κατοικίας, επηρεάζουν μακροπρόθεσμες αποφάσεις, όπως η συμμετοχή στη δραστηριότητα και τα ταξίδια. Το ILUTE δεν βασίζεται σε μία μόνο τεχνική μοντελοποίησης (όπως η τυχαία χρησιμότητα), αλλά χρησιμοποιεί μια ποικιλία προσεγγίσεων μοντελοποίησης για να αναπαριστά τη συμπεριφορά των πρακτόρων στο μοντέλο, όπως μοντέλα μεταβατικής κατάστασης, τυχαία μοντέλα χρησιμότητας, μοντέλα βασισμένα σε υπολογιστικά πρότυπα, μοντέλα μάθησης και υβρίδια προηγούμενων προσεγγίσεων. Η μεταχείριση των αγορών γης από το ILUTE προϋποθέτει ρητά ένα σταθερό πλαίσιο ανισορροπίας, υποδεικνύοντας ότι ένα συγκεκριμένο σπίτι θα μπορούσε να διατεθεί στην αγορά για αρκετούς μήνες χωρίς να πουληθεί, δεδομένου ότι δεν υπάρχει ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Τα χρονικά βήματα στο μοντέλο μειώνονται στο επίπεδο των μηνών, αντί των ετών, για να παρέχουν περισσότερες χρονικές λεπτομέρειες. Το πλαίσιο ανισορροπίας και η απουσία εκκαθάρισης της αγοράς σημαίνει επίσης ότι μπορούν να εξυπηρετούνται έργα με παρατεταμένες περιόδους κατασκευής (περισσότερο από ένα έτος). Το υπομοντέλο αγοράς κατοικιών στο ILUTE αναλαμβάνει μια διαδικασία τριών σταδίων για την περιγραφή της αλλαγής των κατοικιών (κινητικότητα κατοικιών), η οποία περιλαμβάνει μια απόφαση αλλαγής, μια διαδικασία αναζήτησης και τον τερματισμό υποβολής προσφορών και αναζήτησης (Iacono, 2008).

UrbanSim

Το σύστημα UrbanSim ήταν το μόνο μοντέλο προσομοίωσης το οποίο είχε τη δυνατότητα μετάβασης από μια στατική μορφή προσομοίωσης σε ένα δυναμικό μοντέλο (Moeckel, 2018). Η αρχική έκδοση του UrbanSim περιείχε έναν αριθμό υπομοντέλων μικροπροσομοίωσης εντός της δομής του, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για ριζικό επανασχεδιασμό του μοντέλου όπως θα χρειαζόταν για πολλά από τα στατικά μοντέλα ισορροπίας. Το UrbanSim είναι ένα σύστημα προσομοίωσης για την υποστήριξη του προγραμματισμού και της ανάλυσης της αστικής ανάπτυξης που μελετάει την αλληλεπίδραση μεταξύ χρήσεων γης και μεταφορών (Patterson, 2010).

Το UrbanSim συνεχίζει μια παράδοση μικροπροσομοίωσης στη μοντελοποίηση χρήσης γης και μεταφοράς, χρησιμοποιώντας εξαιρετικά μεμονωμένα δεδομένα για δυναμική προσομοίωση και λειτουργώντας ως ανοιχτό σύστημα λογισμικού. Συμβάλει στην επίτευξη της ολοκληρωμένης μοντελοποίησης της χρήσης γης (Felsenstein et al., 2010).

Έχει σχεδιαστεί για τη χρήση του από πόλεις, κομητείες, μη κυβερνητικές οργανώσεις, σχεδιαστές, ερευνητές και φοιτητές που ενδιαφέρονται να διερευνήσουν τις επιπτώσεις των υποδομών και τους αναπτυξιακούς περιορισμούς, καθώς και για άλλες πολιτικές που έχουν ως στόχο κοινοτικά αποτελέσματα όπως η μηχανοκίνητη και μη μηχανοκίνητη προσβασιμότητα, η οικονομικά προσιτή στέγαση, οι εκπομπές αέριων ρύπων και η προστασία ανοικτών χώρων και περιβαλλοντικά ευαίσθητων οικοτόπων. Το UrbanSim είναι ουσιαστικά μια υπολογιστική εκπροσώπηση των μητροπολιτικών αγορών ακινήτων που αλληλεπιδρούν με τις αγορές μεταφορών, μοντελοποιώντας τις επιλογές των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων και δείχνει πώς αυτές επηρεάζονται από κυβερνητικές πολιτικές και επενδύσεις. Το UrbanSim προσομοιώνει επίσης τις αγορές ακινήτων αντιπροσωπεύοντας τις επιλογές των μεμονωμένων νοικοκυριών και επιχειρήσεων (ή θέσεων εργασίας). Τα

νοικοκυριά και οι επιχειρήσεις (θέσεις εργασίας) επιλέγουν τη θέση τους, καθώς αυξάνεται η περιφερειακή οικονομία και οι κατασκευαστές ακινήτων προσθέτουν κτίρια κατοικιών ή άλλα κτήρια ανταποκρινόμενα στις μεταβολές της ζήτησης. Τα μοντέλα τιμών και ενοικίου προβλέπουν τα αποτελέσματα των τιμών στην αγορά ακινήτων και προσαρμόζονται με τις αλλαγές της ζήτησης και της προσφοράς.

ILUMASS

Το σύστημα προσομοίωσης ILUMASS (Moeckel et al., 2003) που αναπτύχθηκε από ερευνητική ομάδα στο πανεπιστήμιο του Ντόρτμουντ ενσωματώνει ένα μοντέλο δυναμικής προσομοίωσης μικροσκοπικών ροών των αστικών μεταφορών σε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο που ενσωματώνει τις αλλαγές στη χρήση γης, τις μεταβολές που προκύπτουν στη ζήτηση των μεταφορών και τις επιπτώσεις της χρήσης γης και των μεταφορών στο περιβάλλον. Τα δομικά στοιχεία προσομοίωσης του ILUMASS περιλαμβάνουν μοντέλα δημογραφικής εξέλιξης, σχηματισμό νοικοκυριών, κύκλους ζωής επιχειρήσεων, κατασκευές κατοικιών και άλλες κατασκευές, αλλαγές στο εργατικό δυναμικό στην περιφερειακή αγορά εργασίας και αλλαγή κατοικίας στην περιφερειακή αγορά κατοικίας (Wagner & Wegener, 2007). Το έργο ILUMASS στοχεύει στην ενσωμάτωση αυτών των ενοτήτων σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα μοντελοποίησης.

RAMBLAS

Επόμενο μοντέλο προσομοίωσης που βασίζεται σε πράκτορα είναι το μοντέλο RAMBLAS (Veldhuisen et al., 2000). Παρόλο που δεν είναι τόσο ολοκληρωμένο όσο τα υπόλοιπα μοντέλα που καταγράφηκαν, το RAMBLAS έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει τις επιπτώσεις των πολιτικών χρήσης γης και του σχεδιασμού των μεταφορών, δίνοντας έμφαση στην πρόβλεψη της συμμετοχής στη δραστηριότητα και των ροών κυκλοφορίας.

Σκοπός του είναι να αποτελεί ένα πρακτικό εργαλείο σχεδιασμού για την εκτίμηση του αντίκτυπου των διαφόρων σεναρίων μεταφοράς και χρήσης γης. Αξιοσημείωτο είναι ότι το συγκεκριμένο μοντέλο έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει τις επιπτώσεις των πολιτικών σε ολόκληρο τον ολλανδικό πληθυσμό και βασίζεται αποκλειστικά σε κανόνες, αντί να υιοθετεί ένα επίσημο θεωρητικό πλαίσιο για να καθοδηγεί τη συμπεριφορά των πρακτόρων. Τα άτομα ταξινομούνται σύμφωνα με ένα από τα εικοσιτέσσερα τμήματα του πληθυσμού, τα οποία καθορίζονται με βάση την ηλικία, το φύλο, την εκπαίδευση και την εργασία. Η ημερήσια διάταξη δραστηριοτήτων και ο τρόπος μεταφοράς είναι τυχαία, με επτά τύπους δραστηριότητας διαθέσιμους. Τα ζεύγη προέλευσης-προορισμού δημιουργούνται από την κατανομή της δραστηριότητας και οι κυκλοφοριακές ροές στη συνέχεια μικροπροσομοιώνονται, υπολογίζοντας τους χρόνους διαδρομής μέσω μιας μεθόδου ροής ταχύτητας. Η έξοδος από την μικροπροσομοίωση της κυκλοφορίας χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη αλλαγών στη χρήση γης, στις κατοικίες και την κατασκευή δρόμων (Iacono, 2008).

➤ **Μοντέλα βασισμένα σε κυψέλες**

Η τεχνική των αυτόματων κυψελοειδών (Cellular Automata) χρησιμοποιεί τις μεθόδους αστικής προσομοίωσης. Τα αυτόματα κυψελοειδή είναι δυναμικά συστήματα που είναι διακριτά στον χώρο και τον χρόνο και είναι πολύ χρήσιμα στη θεωρία υπολογισμού, τη φυσική, τα μαθηματικά και σε άλλους τομείς. Ο John Von Neumann (θεμελιωτής της θεωρίας των παιγνίων (game theory) και ο Stanislaw Ulam ήταν αυτοί που εισήγαγαν για πρώτη φορά τα αυτόματα κυψελοειδή τη δεκαετία του 1940. Σύμφωνα με τον Wolfram (1986), είναι απλά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση περίπλοκων συστημάτων. Η λογική που ακολουθείται από τα μοντέλα είναι ότι οι γειτονικές χρήσεις γης ασκούν τη μεγαλύτερη επιρροή ενώ αποτελούνται από ένα πλέγμα (grid) κελιών που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω κανόνων.

Καθένα από αυτά τα πλέγματα έχει έναν πεπερασμένο αριθμό καταστάσεων (για παράδειγμα μαύρο ή άσπρο), ενώ για κάθε κελί, ένα σύνολο κελιών ορίζεται ως η γειτονιά του. Κάθε κελί παίρνει την αρχική του τιμή τη στιγμή που επιλέγεται μια αρχική κατάσταση ($t=0$) και αυξάνοντας τον διακριτό χρόνο t κατά 1 παράγεται μια νέα γενιά με βάση συνήθως κάποια μαθηματική εξίσωση (κανόνες). Έτσι, καθορίζεται η νέα κατάσταση κάθε κελιού η οποία είναι συνάρτηση της κατάστασης του κελιού σε συνδυασμό με αυτή των γειτόνων του.

Το 1970 ο μαθηματικός John Conway επινόησε «Το Παιχνίδι Της Ζωής» ή «Life» το οποίο πρόκειται για ένα «αυτόματο κυψελοειδές» (cellular automaton). Κάθε κελί έχει δύο πιθανές καταστάσεις (μαύρο ή άσπρο) και περιλαμβάνει τρεις κανόνες, τον κανόνα γένεσης, επιβίωσης και θανάτου. Ο κανόνας γένεσης προβλέπει ότι ένα νεκρό κελί με ακριβώς 3 γείτονες έρχεται στη ζωή, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση παραμένει νεκρό. Ο κανόνας επιβίωσης έχει να κάνει με τα ζωντανά κελιά. Ένα κελί με δύο ή τρεις ζωντανούς γείτονες παραμένει ζωντανό. Αντίθετα αν οι γείτονες είναι τέσσερις ή περισσότεροι το ζωντανό κελί πεθαίνει από υπερπληθυσμό (κανόνας θανάτου) (Yu & Reevesman, 2015).

Τα αυτόματα κυψελοειδή είναι πολύ χρήσιμα στη μοντελοποίηση συγκεκριμένων φαινομένων, καθώς περιλαμβάνει κάποιες πολύ χρήσιμες ιδιότητες. Αρχικά ο χρόνος στα συγκεκριμένα μοντέλα προχωράει με διακριτό τρόπο καθιστώντας τα κατάλληλα για την περιγραφή μοντέλων όπου ο χρόνος διαιρείται σε γενεές. Ακόμη, σε κάθε μοντέλο, η κατάσταση κάθε κελιού είναι μια συνάρτηση των κελιών της γειτονιάς του, χαρακτηριστικό που το καθιστά κατάλληλο για μοντέλα, στα οποία τα κελιά της γειτονιάς επηρεάζουν τη συμπεριφορά του κελιού. Μια ακόμη σημαντική ιδιότητα των συγκεκριμένων μοντέλων είναι ότι όλα τα κελιά ακολουθούν τους ίδιους κανόνες, καθιστώντας τα κατάλληλα για την περιγραφή ομογενών συστημάτων. Ουσιαστικά, αυτά τα μοντέλα μπορούν να γίνουν ισχυρά εργαλεία σχεδιασμού όταν συνδυάζονται με γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), τα

οποία μπορούν να παρέχουν φυσικά, κοινωνικά, και οικονομικά δεδομένα για τη διαδικασία προσομοίωσης.

Ένα μοντέλο βασισμένο στα αυτόματα κυψελοειδή είναι το SLEUTH, ένα μοντέλο υπολογιστικής προσομοίωσης που αναπτύχθηκε από τον Keith Clarke το 1991 στο ερευνητικό κέντρο της NASA. Η αστικοποίηση προκαλεί αλλαγές στις χρήσεις γης, τις οποίες το SLEUTH προσομοιώνει χρησιμοποιώντας τη προσέγγιση των αυτόματων κυψελοειδών. Το μοντέλο εφαρμόστηκε πρώτη φορά για την παράκτια περιοχή του Σαν Φρανσίσκο με σκοπό την καλύτερη αναπαράσταση της πραγματικότητας. Το μοντέλο περιέχει πέντε βασικές παραμέτρους για την εφαρμογή του που εξηγούν και τα αρχικά της μεθόδου SLEUTH: Slope (κλίση), Land use (χρήσεις γης), Exclusion (αποκλεισμός κάποιων περιοχών), Urban Extend (αστική επέκταση), Transportation (μεταφορικά δίκτυα), Hillshade (ανάγλυφο της περιοχής), (Clarke & Hoppen, 1997). Η αλλαγή οποιασδήποτε παραμέτρου επηρεάζει τα δεδομένα του μοντέλου, καθώς αυτές οι παράμετροι συνδέονται μεταξύ τους. Τέλος, το γεγονός ότι το μοντέλο αυτό είναι δημόσιο ανοικτού λογισμικού έχει οδηγήσει πολλούς ερευνητές στη χρήση του, στοχεύοντας στη βελτίωσή του.

Ο Πίνακας 6-4 παρουσιάζει μια σύνοψη των βασικών χαρακτηριστικών της 3^{ης} γενιάς μοντέλων.

Πίνακας 6-4: Σύνοψη 3^{ης} γενιάς μοντέλων – Μοντέλα με βάση τις δραστηριότητες.

Μοντέλο	Δημιουργός	Χαρακτηριστικά
RAMBLAS	Veldhuisen et al. (2000)	Βασίζεται αποκλειστικά σε κανόνες, προσομοίωση μεγάλων πληθυσμών.
ILUMASS	Moeckel et al. (2003), Strauch et al. (2003)	Εξέλιξη του IRPUD, μοντέλο δυναμικής προσομοίωσης.
UrbanSim	Waddell et al. (2003)	Ανακατασκευή με σχεδιασμό μικροπροσομοίωσης λογισμικό, ανοικτού κώδικα για γενική χρήση.
ILUTE	Salvani and Miller (2005)	Ολοκληρωμένο μοντέλο μικροπροσομοίωση αστικού συστήματος, περιλαμβάνει τις αλληλεπιδράσεις των μελών του νοικοκυριού

6.5 Ελλείψεις και αδυναμίες μοντέλων

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, οι προσπάθειες για την ανάπτυξη μοντέλων μεγάλης κλίμακας χρήσης γης και μεταφορών είχαν μειωθεί σημαντικά με πολλά από τα μοντέλα αυτά να μην ολοκληρωθούν ποτέ ενώ αυτά που ολοκληρώθηκαν δεν πέτυχαν τους στόχους τους. Η αμφισβήτηση των μοντέλων ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970 και οφείλονταν κυρίως στην αποτυχία των πρώτων μοντέλων που δημιουργήθηκαν. Υπήρχαν ωστόσο κι άλλοι λόγοι που οδήγησαν στην θεωρητική τους εκείνη την εποχή παρακμή, ένας από τους οποίους είναι η επίθεση που γινόταν εκείνη την εποχή στον τομέα του ολοκληρωμένου σχεδιασμού (Torrens, 2000).

Προβλήματα και αδυναμίες όμως υπάρχουν και στην τρίτη γενιά μοντέλων, τα μοντέλα μικροπροσομοίωσης. Τα αποσυνθετικά μοντέλα μικροπροσομοίωσης αυξάνουν σημαντικά τη ζήτηση δεδομένων υψηλής ποιότητας καθιστώντας έτσι πολύ δύσκολη την ανάπτυξη των μοντέλων (Iacono et al., 2008). Παράλληλα, τα μοντέλα που βασίζονται στις δραστηριότητες απαιτούν λεπτομερή στοιχεία σχετικά με τη συμμετοχή των ατόμων και τα πρότυπα κινητικότητας σε ατομικό επίπεδο, τα οποία δεν είναι άμεσα διαθέσιμα από την εθνική απογραφή με αποτέλεσμα να αυξάνεται τόσο το κόστος όσο και ο χρόνος λειτουργίας των μοντέλων.

6.6 Παράγοντες επιλογής ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών

Συνοψίζοντας την αξιολόγηση των ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών, προκύπτει ότι τα περισσότερα μοντέλα παρουσιάζουν κάποια πολυπλοκότητα και αυξημένες απαιτήσεις στην κατάλληλη επιλογή, τη διαχείριση και εφαρμογή τους. Στον

Πίνακα 6-5 γίνεται εισαγωγή κάποιων βασικών παραγόντων που διευκολύνουν την επιλογή του κατάλληλου ολοκληρωμένου μοντέλου χρήσεων γης και μεταφορών (Moeckel et al., 2018, Moeckel, 2018).

Πίνακας 6-5: Παράγοντες επιλογής ολοκληρωμένου μοντέλου χρήσεων γης και μεταφορών.

Παράγοντας	Σύντομη περιγραφή
Ανοιχτή πηγή	Τα μοντέλα ανοιχτού κώδικα δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να εφαρμόσουν το μοντέλο, να κατανοήσουν καλύτερα τη λειτουργία του και να αλλάξουν τον κώδικα του μοντέλου. Τα περισσότερα μοντέλα χρήσεων γης και όλο και περισσότερα μοντέλα μεταφορών παρέχονται ως ανοιχτές πηγές.
Εξάρτηση από τον δημιουργό του μοντέλου	Για να πραγματοποιηθεί η σωστή λειτουργία του μοντέλου και να κατανοηθεί η πολυπλοκότητά του είναι απαραίτητη η συνεργασία με τον δημιουργό του μοντέλου ή με κάποιον που συνεργάστηκε στενά μαζί του. Η διακοπή της συνεργασίας με τον δημιουργό αποτελεί ιδιαίτερο ζήτημα, καθώς η αρχική εφαρμογή των μοντέλων σπάνια υπήρξε επιτυχής χωρίς τη συμβολή του. Σε πιθανές ενημερώσεις και βελτιώσεις των μοντέλων, οι οργανισμοί μπορεί να είναι σε θέση να εργαστούν χωρίς τον δημιουργό του μοντέλου, ιδιαίτερα εάν το προσωπικό του οργανισμού έχει τις απαραίτητες γνώσεις.
Μοντελοποίηση τεχνογνωσίας	Μια κοινή πρόκληση στην ανάπτυξη μοντέλων είναι η παροχή σχετικής αυτονομίας σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Εάν ο οργανισμός μπορεί να χειριστεί το μοντέλο χωρίς εξωτερική βοήθεια, μπορούν να εξεταστούν περισσότερα σενάρια με χαμηλότερο κόστος. Γι' αυτόν τον λόγο οι υπεύθυνοι ανάπτυξης των μοντέλων πρέπει να δημιουργούν μοντέλα τα οποία θα μπορούν να υποστηριχθούν ή και να εξελιχθούν στο μέλλον από τους οργανισμούς.
Τεχνογνωσία προγραμματισμού	Το προσωπικό των περισσότερων οργανισμών δεν διαθέτει ή έχει περιορισμένη τεχνογνωσία προγραμματισμού. Αυτή η έλλειψη της σχετικής τεχνογνωσίας αυξάνει την εξάρτηση από εξωτερικούς συμβούλους. Γι' αυτόν τον λόγο, το προσωπικό που εργάζεται για τα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών πρέπει να εκπαιδεύονται και στον προγραμματισμό, ενώ το ιδανικό είναι τα πανεπιστήμια να εκπαιδεύουν πτυχιούχους που είναι ικανοί να κατανοήσουν τα ολοκληρωμένα μοντέλα και να ενδιαφέρονται να εργαστούν πάνω σε αυτό το θέμα.
Χρόνος εκτέλεσης μοντέλου	Ο χρόνος εκτέλεσης του μοντέλου καθορίζει τον αριθμό των σεναρίων που μπορούν να εξεταστούν. Από την άποψη αυτή, προτιμώνται τα ταχύτερα μοντέλα. Τα ισχυρότερα μοντέλα συνήθως προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά είναι πιο περίπλοκα και συνήθως εκτελούνται σε περισσότερες ώρες λειτουργίας. Οι δημιουργοί μοντέλων τείνουν να επικεντρώνονται στη βελτίωση των χαρακτηριστικών και να δίνουν λιγότερη βαρύτητα στον χρόνο εκτέλεσής του. Για τους χρήστες των μοντέλων όμως, οι πολλές ώρες λειτουργίας ενδέχεται να επηρεάσουν σοβαρά τη χρηστικότητα του μοντέλου. Πριν από την

Παράγοντας	Σύντομη περιγραφή
	επιλογή ενός μοντέλου, οι οργανισμοί πρέπει να καθορίσουν έναν μέγιστο αποδεκτό χρόνο εκτέλεσης από την αρχή και να προμηθευτούν το κατάλληλο μοντέλο που θα λειτουργεί όσο το δυνατόν περισσότερο μέσα σε αυτόν τον προκαθορισμένο χρόνο.
Διαφάνεια	Οι περισσότεροι οργανισμοί που δουλεύουν πάνω στα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών διοχετεύουν τα αποτελέσματα των μοντέλων τους σε διάφορες υπηρεσίες. Προφέροντας το μοντέλο, τα αποτελέσματά του, τις μεθόδους συλλογής δεδομένων, κτλ., τα μοντέλα αποκτούν την αξιοπιστία ενός χρήσιμου εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων.
Μακροπρόθεσμο όραμα μοντελοποίησης	Η συμφωνία για ένα μακροπρόθεσμο όραμα αυξάνει την πιθανότητα συνέπειας στη χρηματοδότηση και τη μακροπρόθεσμη υποστήριξη. Τα μέλη του προσωπικού δεσμεύονται για αρκετά χρόνια δουλεύοντας πάνω στην εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου μοντέλου χρήσεων γης και μεταφορών. Το όραμα συμβάλλει επίσης στη διασφάλιση της χρηματοδότησης του προσωπικού, της αγοράς βάσεων δεδομένων και αν χρειαστεί, της παροχής συμβουλών υποστήριξης.
Ικανότητα επέκτασης	Τα μοντέλα σχεδιάζονται για διάφορα σενάρια που πρέπει να εξεταστούν. Ωστόσο, κάθε μοντέλο λειτουργεί καλύτερα για το σενάριο για το οποίο έχει σχεδιαστεί. Για παράδειγμα ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται κυρίως για περιβαλλοντική ανάλυση έχει διαφορετικές προδιαγραφές μοντέλου, διαφορετική χωρική ανάλυση και απαιτεί διαφορετικά δεδομένα εισόδου από ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται για αναλύσεις ενός αυτοκινητόδρομου. Ως εκ τούτου, ένα μοντέλο δεν θα είναι ποτέ σε θέση να χειριστεί κάθε σενάριο καλά. Η μικροπροσομοίωση μπορεί να διευκολύνει την προσαρμογή των μοντέλων στις μελλοντικές προκλήσεις. Αυτά τα μοντέλα αποτελούν μια σημαντική στρατηγική για τη διατήρηση των υπαρχόντων μοντέλων σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον.
Αποθήκευση και ανταλλαγή δεδομένων	Υπάρχουν πολλοί τρόποι αποθήκευσης και ανταλλαγής δεδομένων των ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών. Η τάση για μοντέλα μικροπροσομοίωσης έχει οδηγήσει στην ανάγκη για αποθήκευση δεδομένων μικρής κλίμακας. Ωστόσο, δεν υπάρχει πρότυπο για την αποθήκευση και την ανταλλαγή αυτού του τύπου δεδομένων.

6.7 Σύνοψη Κεφαλαίου 6

Μετά τη δημιουργία του μοντέλου του Lowry το 1964, σημειώθηκε μεγάλη πρόοδος στην ολοκληρωμένη μοντελοποίηση χρήσης γης και μεταφοράς. Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη αυτών των μοντέλων διευκολύνεται από την εξέλιξη της τεχνολογίας υπολογιστών και του προγραμματισμού. Μέχρι σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα για διαφορετικές μητροπολιτικές περιοχές, είτε για ερευνητικούς σκοπούς, είτε για χάραξη πολιτικής. Αυτά τα

μοντέλα διαφέρουν ως προς τη δομή, τη μεθοδολογία μοντελοποίησης, το περιεχόμενο, τη θεωρία, την ποσότητα των απαιτούμενων δεδομένων, κτλ. Τα μοντέλα μικροπροσομοίωσης έχουν αποδειχθεί χρήσιμα ως εργαλεία σχεδιασμού για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων, παρ' όλα αυτά είναι απαραίτητο να ερευνηθούν οι διάφορες σημαντικές προκλήσεις των ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσης γης και μεταφοράς. Αρκετά μοντέλα δεν έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία, ενώ τα οφέλη της όλο και πιο αποσυνθετικής (disaggregate) μορφής μοντέλων δεν έχουν αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη πιο επιτυχημένων τεχνικών αξιολόγησης πολιτικής.

Κεφάλαιο 7 Προκλήσεις και μελλοντική έρευνα

Η βιώσιμη αστική κινητικότητα είναι ένα από τα πιο βασικά στοιχεία μιας ανταγωνιστικής και ζωντανής πόλης. Όραμα κάθε πόλης είναι να παρέχει στους κατοίκους της ένα ασφαλές, σύγχρονο και λειτουργικό δίκτυο μεταφορών που θα αποτελέσει κινητήρια δύναμη στην ανάπτυξη της οικονομίας και των περιφερειών της. Ο σχεδιασμός των μεταφορών καλείται καθημερινά να αντιμετωπίσει τις υπάρχουσες, αλλά και τις νέες προκλήσεις, έτσι ώστε να διευκολύνεται η κινητικότητα των ανθρώπων, να εξελίσσεται το μεταφορικό σύστημα και να παραμένει ανταγωνιστική μια πόλη στον τομέα των μεταφορών. Οι υπάρχουσες προκλήσεις σχετίζονται με τη λειτουργία του μεταφορικού συστήματος, όπως είναι οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από τα διάφορα μέσα, ο κυκλοφοριακός φόρτος, κτλ., και την προσβασιμότητα σε απομακρυσμένες ή δυσπρόσιτες περιοχές.

Η αύξηση της ζήτησης για μετακίνηση αποτελεί μια πρόκληση που οδηγεί στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, στόχος των οποίων είναι να εξελίξουν το σύστημα των μεταφορών. Τέτοιες τεχνολογικές εξελίξεις αποτελούν τα αυτόνομα οχήματα, η κινητικότητα ως υπηρεσία, οι συνδυασμένες μεταφορές, τα συστήματα κοινής χρήσης οχημάτων (car-sharing, bike-sharing) κτλ., ενώ η πρόσβαση και η χρήση των Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) δίνει μια ξεκάθαρη εικόνα για το σύστημα μεταφορών και τη συμπεριφορά των μετακινούμενων σε ατομικό επίπεδο.

7.1 Μεγάλα δεδομένα

Με την πάροδο των χρόνων, οι κοινωνικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες των ανθρώπων γίνονται όλο και πιο σημαντικές και συνδέονται με τη συμπεριφορά των μετακινούμενων οι οποίες επηρεάζονται από τα διάφορα χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να εντοπιστούν από διάφορες πηγές μεγάλων δεδομένων κοινώς γνωστά ως Big Data που σχετίζονται με το κοινωνικό δίκτυο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό των μεταφορών. Αυτές οι πηγές δεδομένων μεταφοράς, χαρακτηρίζονται από τον τεράστιο όγκο των διαθέσιμων πληροφοριών, την ταχύτητα με την οποία παράγονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα και την ποικιλία στην οποία παρουσιάζονται (Milne & Watling, 2019). Η εξέλιξη της τεχνολογίας στη συλλογή και αποθήκευση δεδομένων έχει επιφέρει μεγαλύτερη ευκολία στην παρακολούθηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς και του φυσικού κόσμου.

Η έρευνα της συμπεριφοράς του μετακινούμενου αποτελεί βασικό κομμάτι στον σχεδιασμό των μεταφορών και έχει ως τελικό στόχο την πρόβλεψη του τρόπου με τον οποίο οι μετακινούμενοι ανταποκρίνονται στις αλλαγές στο περιβάλλον στο οποίο ταξιδεύουν (Kitamura, 1988). Η ζήτηση για μετακινήσεις προέρχεται από τις δραστηριότητες που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε διαφορετικούς τόπους (Hensher & Stopher, 1979; Heidemann, 1988), ενώ βασικό ρόλο παίζουν οι αποφάσεις που λαμβάνονται για κάθε δραστηριότητα, όπως το που, το πότε, για πόσο και με ποιον θα πάρει μέρος (Axhausen & Gärling, 1992). Οι δραστηριότητες που δεν είναι υποχρεωτικές έχουν μεγάλη σημασία. Για παράδειγμα, τα ταξίδια αναψυχής είναι πιο περίπλοκα και μεταβλητά, ενώ τα ταξίδια που σχετίζονται με την εργασία, είναι λιγότερο αυστηρά σε χρονικά και χωρικά πρότυπα και επηρεάζονται περισσότερο από εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι κοινωνικές επαφές ή οι καιρικές συνθήκες. Η εμβάθυνση της μελέτης του ελεύθερου χρόνου και των κοινωνικών ταξιδιών

μπορεί να γίνει μέσω της μελέτης μιας μεταβλητής των ταξιδιών αναψυχής. Αυτή η μεταβλητή είναι η κοινωνική αλληλεπίδραση και μπορεί να ερευνηθεί μέσω των κοινωνικών δικτύων (Ruiz et al., 2016).

Ένα κοινωνικό δίκτυο ορίζεται ως ένα σύνολο ατόμων που συνδέονται κατά ζεύγη, έτσι ώστε κάθε άτομο να μπορεί να προσεγγίσει οποιοδήποτε άλλο μέσω διαδικτύου (Axhausen, 2006). Τα κοινωνικά δίκτυα σχετίζονται συνήθως με ιστοσελίδες που διευκολύνουν τους ανθρώπους να μοιράζονται πληροφορίες. Τα δεδομένα κοινωνικού δικτύου συλλέγονται κυρίως προσωπικά, χρησιμοποιώντας προσεγγίσεις του κάθε ατόμου προσωπικά και συνδυάζοντας ποιοτικές ή ποσοτικές τεχνικές. Πρόκειται για μεγάλες έρευνες (διάρκειας δύο ωρών) και οι ερωτηθέντες ερωτώνται για τα χαρακτηριστικά των κοινωνικών τους δικτύων (δημογραφικά στοιχεία, χωρική τοποθεσία, συχνότητα αλληλεπιδράσεων, κτλ.) (Carrasco et al., 2008; Van den Berg et al., 2009; Van den Berg & Timmermans, 2015). Υποστηρίζεται ότι η τοποθεσία διαμονής των μελών των κοινωνικών δικτύων και η τοποθεσία των δραστηριοτήτων καθορίζει το ύφος των ταξιδιών, ιδιαίτερα για τις δραστηριότητες αναψυχής και τις κοινωνικές δραστηριότητες (Ruiz et al., 2016).

Τα Μεγάλα Δεδομένα έχουν πολλά πλεονεκτήματα και έχουν τη δυνατότητα να απαντήσουν πολλές ερωτήσεις που τίθενται από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και αφορούν στο σχεδιασμό των μεταφορών. Μέσα από τον τεράστιο όγκο δεδομένων μπορούν να εξακριβώσουν τι είδους ταξίδια προκαλούν συμφόρηση σε έναν συγκεκριμένο δρόμο, καθώς και ποια είναι η προέλευση και ο προορισμός των μετακινούμενων σε αυτόν τον δρόμο. Σε προσωπικό επίπεδο μπορούν να ανακαλύψουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων, τη διάρκεια που έχουν τα ταξίδια τους, που ζουν καθώς και που εργάζονται οι κάτοικοι. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα να βρουν πώς ποικίλλουν τα μοτίβα ταξιδιού κατά τις διαφορετικές ώρες της ημέρας. Η χρήση των Μεγάλων Δεδομένων έχει

νόημα όταν πρόκειται να γίνουν μεγάλες μελέτες (σε επίπεδο ανάλυσης) που απαιτείται η χρήση ενός μεγάλου δείγματος και η ρύθμιση ενός σύνθετου έργου. Τέτοιες μεγάλες μελέτες, πολλές φορές μελετούν στοιχεία και δείγματα του παρελθόντος τα οποία μπορούν να ληφθούν από τη συλλογή των Μεγάλων Δεδομένων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση και για τον σχεδιασμό των μεταφορών τέτοια δεδομένα έχουν να κάνουν με τη μελέτη ολοκληρωμένων ταξιδιών που έχουν γίνει στο παρελθόν, καθώς και με τη συλλογή νέων στοιχείων, έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί η όλο και αυξανόμενη ζήτηση των μεταφορών.

7.2 Κινητικότητα ως υπηρεσία

Η ανάπτυξη των «νέων υπηρεσιών κινητικότητας» θέτει προκλήσεις στις μέχρι τώρα δημόσιες μεταφορές, καθώς δημιουργούν ένα περιβάλλον, στο οποίο οι μετακινούμενοι έχουν ως απαίτηση την παροχή μιας «ολοκληρωμένης κινητικότητας, η οποία περιλαμβάνει διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς και αυξημένη προσβασιμότητα (σε πληροφορίες, κρατήσεις, κτλ.) (Mulley et al., 2018). Το γεγονός αυτό οδήγησε στη συζήτηση και δημιουργία της έννοιας «κινητικότητα ως υπηρεσία» (Mobility As A Service - MaaS). Η MaaS είναι ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης και διανομής της κινητικότητας, στο οποίο ένας ενιαίος φορέας συνδυάζει προσφορές πολλαπλών παρόχων υπηρεσιών κινητικότητας και παρέχει πρόσβαση στους τελικούς χρήστες μέσω ψηφιακής διασύνδεσης, επιτρέποντας να προγραμματίσουν και να πληρώσουν για τη μετακίνησή τους χωρίς καθυστέρηση (The MaaS Dictionary).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2016) επισημαίνει ότι η μεταβολή των μεταφορών αναμένεται να πραγματοποιηθεί μέσω της MaaS, όταν οι πάροχοι υπηρεσιών θα προσφέρουν στους μετακινούμενους εύκολες, ευέλικτες, αξιόπιστες και περιβαλλοντικά βιώσιμες καθημερινές μετακινήσεις, συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων μεταφορών, τη χρήση του

οδικού δικτύου, καθώς και πιο αποτελεσματικές δυνατότητες αποστολής και παράδοσης αγαθών. Η κινητικότητα ως υπηρεσία προσφέρει στους χρήστες προσαρμοσμένες λύσεις κινητικότητας με βάση τις ατομικές τους ανάγκες, καθώς και μια υπηρεσία συνδρομής μέσα από την οποία οι χρήστες δεν χρειάζεται να αγοράζουν εισιτήρια ή να εγγραφούν σε ξεχωριστούς λογαριασμούς μεταφορών, αφού ένας λογαριασμός MaaS παρέχει την ελευθερία επιλογής της απαιτούμενης κινητικότητας για μια συμφωνημένη περίοδο ή συνδρομή. Ένας πάροχος της MaaS μπορεί επίσης να οργανώνει τα πλέον κατάλληλα μέσα μεταφοράς, είτε πρόκειται για δημόσιες συγκοινωνίες ή ενοικιάσεις αυτοκινήτων, είτε για κοινή χρήση με αυτοκίνητο ή ποδήλατο (car-sharing, bike-sharing).

Τα συστήματα αστικών συγκοινωνιών προσπαθούν να αντιμετωπίσουν τον μεγάλο όγκο κίνησης και την κυκλοφοριακή συμφόρηση τα οποία αυξάνονται παρά τη χρήση διάφορων στρατηγικών διαχείρισης της κυκλοφορίας. Ακόμη, η συγκέντρωση της κυκλοφορίας στα κέντρα των πόλεων έχει ως αποτέλεσμα τη ρύπανση και την κακή ποιότητα του αστικού αέρα με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται η υγεία των ανθρώπων και να καταστρέφεται το περιβάλλον. Αυτοί είναι κάποιοι από τους βασικούς λόγους για τους οποίους η εμφάνιση των ηλεκτρικών οχημάτων που συμβάλλουν στη βελτίωση αυτών των επιπτώσεων είναι απαραίτητη. Η αυξανόμενη δημοτικότητα των ηλεκτρικών οχημάτων οφείλεται σε μεγάλο ποσοστό στην εμφάνιση φορέων κινητικότητας, όπως εταιρείες κοινής χρήσης αυτοκινήτων (car-sharing), οι οποίες απευθύνονται σε χρήστες που επιθυμούν να νοικιάσουν οχήματα βραχυπρόθεσμα. Η ανάπτυξη της κοινής χρήσης αυτοκινήτων είναι ταχεία καθώς δίνει τη δυνατότητα στους μετακινούμενους να χρησιμοποιήσουν το car-sharing σε συνδυασμό με άλλους τρόπους μεταφοράς, όπως τα μέσα μαζικής μεταφοράς, για τη μετακίνησή τους, εφόσον υπάρχουν οι απαραίτητες διατροφικές συνδέσεις (Mounce & Nelson, 2019).

Στην κοινή χρήση αυτοκινήτων οι πελάτες έχουν τη δυνατότητα να ενοικιάσουν αυτοκίνητα για σχετικά σύντομα χρονικά διαστήματα, συνήθως από τον διαχειριστή κοινής χρήσης αυτοκινήτων ο οποίος είναι ιδιοκτήτης πολλών οχημάτων και είναι υπεύθυνος για τη συντήρησή τους. Στη σημερινή εποχή, τα αυτοκίνητα δεν αξιοποιούνται επαρκώς καθώς χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ενός ατόμου και για λιγότερο από μία ώρα την ημέρα. Σκοπός της ανάπτυξης του car-sharing είναι η αύξηση της χρήσης των αυτοκινήτων και κατά συνέπεια η μείωση του κόστους των οδικών μετακινήσεων τόσο για τα άτομα όσο και για την κοινωνία (Shaheen et al., 1999). Ωστόσο οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων προτιμούν να κάνουν χρήση του δικού τους αυτοκινήτου, αντί να επιλέξουν ένα δίκτυο ανταλλαγής αυτοκινήτων. Παρότι τους προσφέρονται κίνητρα για να εμπορευούνται το αυτοκίνητό τους κατά την ένταξή τους στο σύστημα, οι ιδιοκτήτες είναι απρόθυμοι να δώσουν τα οχήματά τους και αυτά να διαχειρίζονται από ένα σύστημα ανταλλαγής αυτοκινήτων.

Από την άλλη μεριά, οι άνθρωποι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα αυτοκίνητο χωρίς να χρειάζεται να κατέχουν ένα όχημα, γεγονός που το καθιστά ελκυστικό για τους πελάτες που κάνουν μόνο περιστασιακή χρήση αυτοκινήτου. Η κοινή χρήση αυτοκινήτων εκτός του ότι μπορεί να συμβάλει στη μείωση του αριθμού των αυτοκινήτων, έχει τη δυνατότητα να μειώσει τη ζήτηση στάθμευσης (Kent & Dowling, 2016). Η αντικατάσταση ιδιωτικών αυτοκινήτων, πολλά από τα οποία σταθμεύουν σε χώρους στάθμευσης ή σε δημόσιους δρόμους για μεγάλα χρονικά διαστήματα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, με κοινόχρηστα αυτοκίνητα, τα οποία σταθμεύουν πολύ λιγότερο, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διαθεσιμότητας στάθμευσης. Ως εκ τούτου, η προώθηση της κοινής χρήσης αυτοκινήτων παίζει βασικό ρόλο για να καταστούν οι πόλεις πιο ζωντανές και πιο ελκυστικές ως προορισμοί. Σημαντικός είναι ο συνδυασμός κοινής χρήσης αυτοκινήτου και δημόσιων μεταφορών, καθώς οι μετακινούμενοι που έχουν την τάση να χρησιμοποιούν αυτοκίνητο

μπορούν να κάνουν χρήση του car-sharing ως υποκατάστατο των δημόσιων μεταφορών, ενώ εκείνοι που έχουν την τάση να χρησιμοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς είναι πιο πιθανό να κάνουν χρήση του car-sharing σε συνδυασμό με τις δημόσιες συγκοινωνίες παρά να κάνουν το ίδιο ταξίδι με αυτοκίνητο (Mounce & Nelson, 2019). Η πλήρης ενσωμάτωση της λειτουργίας του car-sharing στο σύστημα δημόσιων μεταφορών θα οδηγήσει σε ένα σύστημα το οποίο θα ωφελήσει τον χρήστη, την πόλη και το μεταφορικό της σύστημα.

Ένας σύγχρονος τρόπος μετακίνησης που έχει αναπτυχθεί σε πολλές χώρες είναι η κοινή χρήση ποδηλάτων (bike-sharing), το οποίο αποτελεί δημοφιλές τμήμα των αστικών συγκοινωνιών. Η ποδηλασία, όπως είναι γνωστό συμβάλλει στην ενίσχυση της δημόσιας υγείας, μειώνει τις εκπομπές αέριων ρύπων και κατά συνέπεια την ατμοσφαιρική ρύπανση, ενισχύει την ανταγωνιστικότητα της πόλης και αποτελεί έναν οικονομικό τρόπο μεταφοράς. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια διαπιστώνονται κάποια προβλήματα της χρήσης των δημόσιων ποδηλάτων, όπως η εγκατάλειψη του ποδηλάτου, η κακή διανομή και η μικρότερη αποδοχή του (Shaheen et al., 2010). Αυτά τα προβλήματα οφείλονται κυρίως στις δυσκολίες που προκαλούνται από τον όχι και τόσο καλό σχεδιασμό διάταξης του συστήματος ανταλλαγής ποδηλάτων (Chen & Sun, 2016), ενώ η βελτιστοποίηση αυτής της διάταξης αποτελεί ένα εξαιρετικά σύνθετο ζήτημα. Με την ανάπτυξη της κινητικότητας ως υπηρεσία (MaaS), τεχνολογίες, όπως η κινητή συλλογή δεδομένων, δίνουν νέες λύσεις για τη βελτιστοποίηση του συστήματος ανταλλαγής ποδηλάτων και την πρόβλεψη της μείωσης των εκπομπών (Zhang et al., 2018).

7.3 Αυτόνομα οχήματα

Τα αυτόνομα οχήματα (AVs) διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο μέλλον των μεταφορών καθώς παρέχουν έναν ασφαλή, άνετο και αποτελεσματικό τρόπο μετακίνησης.

Διευκολύνουν επίσης τους οδηγούς καθώς μπορούν να εκμεταλλευτούν το χρόνο ταξιδιού τους και να ασχοληθούν με κάτι άλλο. Λόγω της προγραμματισμένης συμπεριφοράς οδήγησης, τα αυτόνομα οχήματα κατέχουν έναν καλύτερο χρόνο αντίδρασης από τους ανθρώπους και αποτελούμενοι από αισθητήρες, είναι σε θέση να ανιχνεύουν και να χειρίζονται πιο σοβαρές καταστάσεις ενώ μπορεί να αποφεύγουν κινδύνους που ο άνθρωπος δεν μπορεί να προβλέψει (Litman, 2019). Με αυτά και πολλά άλλα πλεονεκτήματα τα αυτόνομα οχήματα θα είναι στο μέλλον μια κυρίαρχη προσωπική επιλογή ταξιδιού. Τα αυτόνομα οχήματα θα επηρεάσουν έτσι τη γένεση των μετακινήσεων αυξάνοντας τη ζήτηση για μετακίνηση, καθώς πολλοί άνθρωποι θα επιλέγουν τον συγκεκριμένο τρόπο μετακίνησης, ιδιαίτερα αυτοί που δεν μπορούν να οδηγήσουν.

Η πλήρως αυτοματοποιημένη οδήγηση θα συνεπάγεται ένα εντελώς νέο σύστημα μεταφορών, το οποίο όχι μόνο θα προσφέρει νέες δυνατότητες και νέους τύπους μεταφορών, αλλά είναι επίσης πιθανό να αλληλεπιδράσει έντονα με το δομημένο περιβάλλον. Η αστική μορφή και η κατανομή των διαφόρων χρήσεων γης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις κινητικότητας και δείχνουν ποιες μορφές μεταφορών διαμορφώνουν τα συστήματα μεταφορών (Cervero & Kockelman, 1997). Οι συμπαγείς πόλεις με μεικτή χρήση γης και υψηλή πυκνότητα είναι ιδανικές για την ανάπτυξη του περπατήματος, της ποδηλασίας καθώς και την αποτελεσματική λειτουργία των δημόσιων συγκοινωνιών. Αντίθετα οι αραιοκατοικημένες αστικές δομές αυξάνουν τη χρήση του αυτοκινήτου, επηρεάζοντας σημαντικά τα πρότυπα χρήσης γης, την πυκνότητα των πόλεων και τις μεταφορικές υποδομές τους (Fraedrich, et al., 2018).

Η ενσωμάτωση των αυτόνομων οχημάτων στις αστικές περιοχές επικεντρώνεται κυρίως στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και στις επιπτώσεις των εναλλακτικών συστημάτων μεταφοράς στη ροή της κυκλοφορίας, την ασφάλεια, κτλ. (Fagnant & Kockelman, 2015;

Heinrichs, 2016). Υπάρχουν όμως μερικές μελέτες (όπως η μελέτη των Milakis et al., 2017), οι οποίες διερευνούν τη σχέση μεταξύ αυτόνομων οχημάτων και αστικής μορφής, της χρήσης γης των αστικών υποδομών και των επιπτώσεων στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Αυτές οι μελέτες δείχνουν πολλούς τομείς οι οποίοι είναι πολύ πιθανό να επηρεαστούν από τα αυτόνομα οχήματα. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται να φέρουν αλλαγές στον απαιτούμενο οδικό χώρο (αποκλειστικές λωρίδες ή αποκλειστικές οδοί που μεγιστοποιούν τη χρησιμότητα του οχήματος) και τις υποδομές (όπως η σήμανση), να υπάρξουν επιπτώσεις στην τοποθεσία και τη μορφή των χώρων στάθμευσης και αλληλεπιδράσεις με την κινητικότητα των ποδηλατών και των πεζών (Fraedrich et al., 2018).

7.4 Συνδυασμένη μεταφορά

Το όραμα κάθε πόλης είναι η δημιουργία μιας ασφαλούς και ζωντανής κοινότητας που επικεντρώνεται στη διατήρηση της ισχυρής οικονομικής ανταγωνιστικότητας και μιας υψηλής ποιότητας ζωής, τα οποία είναι καθοριστικής σημασίας για την επίτευξη αυτού του οράματος. Η βελτίωση της οικονομίας, της ποιότητας ζωής και η ζωτικότητα μιας πόλης μπορούν να επιτευχθούν με ένα ισχυρό πολυτροπικό σύστημα μεταφορών που υποστηρίζεται από την ανάπτυξη των χρήσεων γης και είναι το κεντρικό στοιχείο για την επίτευξη αυτού του οράματος. Τα τελευταία χρόνια, λόγω των αυξανόμενων τιμών καυσίμων αλλά και άλλων δημογραφικών λόγων όπως η γήρανση, έχει αυξηθεί η ζήτηση για τοποθεσίες με μεγαλύτερη προσβασιμότητα και με έναν συνδυασμένο τρόπο μεταφοράς για την πρόσβαση σε αυτές. Η πόλη πρέπει να αναπτύξει και να παρέχει συστήματα μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένων δρόμων, σιδηροδρομικής διαμετακόμισης, ποδηλατοδρόμων και πεζοδρόμων που θα συνδέουν τις διάφορες τοποθεσίες της πόλης και θα συντηρούνται για την ενίσχυση της κινητικότητας των κατοίκων.

Καθώς λοιπόν το κόστος οδήγησης αυξάνεται μέσω των υψηλότερων τιμών καυσίμων, διοδίων, κτλ., περισσότεροι άνθρωποι αναζητούν εναλλακτικές λύσεις μέσα από τις οποίες θα μπορούν να μεταφερθούν με έναν πιο οικονομικό τρόπο στην τοποθεσία που επιθυμούν. Ο σχεδιασμός ενός πολυτροπικού δικτύου πρέπει να επικεντρώνεται στην μετατροπή του υπάρχοντος οδικού δικτύου σε ένα δίκτυο που θα υποστηρίζει όλους τους τρόπους μεταφοράς στον συνδυασμό τους. Στόχος ενός τέτοιου σχεδιασμού πρέπει να είναι η μεταφορά των ανθρώπων ή των αγαθών από την αρχική τους θέση, στον τελικό τους προορισμό. Η αύξηση των ποδηλάτων και της διαμετακόμισης δεν έχει κανένα νόημα αν λειτουργούν ξεχωριστά. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη της σιδηροδρομικής διαμετακόμισης σε μια πόλη δεν είναι χρήσιμη και δεν μπορεί να λειτουργήσει μεμονωμένα, εάν δεν λαμβάνεται υπόψη η μεταφορά από και προς τον σιδηροδρομικό σταθμό με άλλα μέσα μεταφοράς. Γι' αυτόν τον λόγο η βασική σκέψη και ιδέα για τη δημιουργία ενός τέτοιου δικτύου πρέπει να είναι ο πολυτροπικός προγραμματισμός (King, 2014).

Οι υπεύθυνοι σχεδιασμού των μεταφορών επικεντρώνονται τα τελευταία χρόνια περισσότερο στην προσφορά πολλών τρόπων μετακίνησης και θεωρούν πως εάν και τα αυτοκίνητα εξακολουθούν να κυριαρχούν, η εποχή της αυτοκινητοβιομηχανίας φαίνεται ότι έχει κορυφωθεί. Ωστόσο, η προώθηση της συνδυασμένης μεταφοράς προϋποθέτει τη συμπερίληψη πολλών φορέων στη διαδικασία σχεδιασμού, ενώ πολλές υπηρεσίες (όπως ταξί, λεωφορεία, χώρους στάθμευσης) που συνήθως προσφέρονται από τον δημόσιο τομέα, θα διεκδικηθούν από ιδιώτες επιχειρηματίες. Αυτός ο επαναπροσδιορισμός και η ανακατανομή του οδικού χώρου σε ένα πολυτροπικό σύστημα θα οδηγήσει σε νέα πολιτικά προβλήματα, όσον αφορά στην διεκδίκηση αυτού του χώρου.

Ο πολυτροπικός σχεδιασμός έχει πολλές προκλήσεις επειδή περιλαμβάνει την παρακολούθηση και τον έλεγχο διαφόρων μέσων μεταφοράς που διαφέρουν με διάφορους

τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητάς τους, της πυκνότητας, του κόστους, κτλ. Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στον σχεδιασμό των μεταφορών έγκειται στη συνολική συνοχή μεταξύ των τρόπων μεταφοράς. Κάθε μέσο μεταφοράς έχει τον δικό του σχεδιασμό. Για παράδειγμα, η εμφάνιση προβλήματος σε ένα μέσο, μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα σε όλο το σύστημα μεταφοράς που συνδέεται με αυτό. Ως εκ τούτου, ο συντονισμός σε πραγματικό χρόνο και ο συγχρονισμός του συστήματος στο σύνολό του μπορεί εύκολα να γίνει ένα πολύ περίπλοκο έργο. Επομένως, είναι πραγματικά απαραίτητο η ανάπτυξη τρόπων (μοντέλα) με τους οποίους θα μπορεί να γίνει η πρόβλεψη προβλημάτων και η δοκιμή στρατηγικών που θα αξιοποιηθούν άμεσα στον προγραμματισμό που μελετάται (Carlier et al., 2015).

7.5 Σύνοψη Κεφαλαίου 6

Με την πάροδο των χρόνων, οι απαιτήσεις για την εξέλιξη στον σχεδιασμό των μεταφορών γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Οι νέες τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν το σύστημα των μεταφορών και να φέρουν έναν νέο τρόπο σκέψης ως προς την επιλογή του μέσου μεταφοράς. Η δημιουργία ενός πολυτροπικού δικτύου αποτελεί έναν έξυπνο τρόπο μετακίνησης, ο οποίος χρησιμοποιεί όλα τα μέσα με αποτέλεσμα να ευνοεί, τόσο το περιβάλλον, όσο και τους ανθρώπους ψυχικά και σωματικά. Όσον αφορά στην κινητικότητα ως υπηρεσία προσφέρει στους μετακινούμενους εύκολες και αξιόπιστες μετακινήσεις και σε συνδυασμό με το σύστημα λειτουργίας κοινής χρήσης οχημάτων δίνει τη δυνατότητα μεταφοράς όλων των ανθρώπων στον προορισμό τους, ακόμα κι αν δεν κατέχουν δικό τους αυτοκίνητο.

Ωστόσο, αυτά τα τεχνολογικά επιτεύγματα συνδέονται άμεσα με το δομημένο περιβάλλον το οποίο πρέπει να λειτουργεί σύμφωνα με τις ανάγκες αυτών των τεχνολογιών.

Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να διαχειριστεί και να κατανεμηθεί ο οδικός χώρος, να δημιουργηθούν νέοι δρόμοι και νέες λωρίδες (π.χ. για αυτόνομα οχήματα) και γενικότερα να προσαρμοστεί κατάλληλα, έτσι ώστε να επιτευχθεί η λειτουργία τους. Γι' αυτόν τον λόγο, είναι αναγκαίο να μελετηθούν σε βάθος και να αναπτυχθούν στρατηγικές, ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στην εμφάνιση πιθανών μελλοντικών προβλημάτων. Επίσης, καλό θα ήταν να γίνει έρευνα για την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης για να μπορεί να διαπιστωθεί αν ένας τέτοιος σχεδιασμός σύμφωνα με τις νέες τεχνολογίες θα έχει αποτέλεσμα. Όλα αυτά είναι παράμετροι που επηρεάζουν το σύστημα των μεταφορών και ως εκ τούτου είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν νέα μοντέλα ή να εξελιχθούν τα ήδη υπάρχοντα ολοκληρωμένα μοντέλα χρήσεων γης και μεταφορών, έτσι ώστε να λαμβάνουν υπόψη τους τα νέα δεδομένα.

Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα

Το σύστημα αλληλεπίδρασης χρήσεων γης και μεταφορών είναι ένα ζήτημα που πρέπει να μελετάται πολύ προσεκτικά, περιλαμβάνοντας τη μελέτη παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται το σύστημα αυτό, έτσι ώστε να επιτευχθεί η αποτελεσματική λειτουργία τους. Στόχος κάθε πόλης είναι να παρέχει στους κατοίκους της έναν ασφαλή τρόπο μετακίνησης και γενικότερα μια υψηλή ποιότητα ζωής. Η βιωσιμότητά της επέρχεται μέσω ενός καλού και αποδοτικού συστήματος μεταφορών, το οποίο προκύπτει από τη σωστή διαχείριση των χρήσεων γης. Πιο συγκεκριμένα, η καλή συνδεσιμότητα των δρόμων, η μεικτή χρήση γης που περιλαμβάνει διάφορες υπηρεσίες σε κοντινές αποστάσεις μεταξύ τους, η δημιουργία δρόμων και πάρκων κατάλληλων για την προώθηση του περπατήματος και της ποδηλασίας και η μεγάλη προσβασιμότητα είναι ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν θετικά το σύστημα των μεταφορών. Ακόμη, ο συνδυασμός των μεταφορών και η δημιουργία έξυπνων συγκοινωνιακών υποδομών οδηγεί στη βελτιστοποίηση των μεταφορών, τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, τη δημιουργία ενός συστήματος φιλικού προς το περιβάλλον (μείωση αέριων ρύπων) και τη σωστή διαχείριση της ζήτησης για μετακινήσεις.

Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για μετακίνηση όμως, σε συνδυασμό με τις πολλαπλές καθημερινές δραστηριότητες των ανθρώπων περιπλέκουν την κατάσταση. Κάθε άνθρωπος έχει διαφορετικές δραστηριότητες και διαφορετικά κριτήρια επιλογής μέσου μεταφοράς, τα οποία συνδέονται με τα δημογραφικά στοιχεία κάθε ατόμου. Διαπιστώνεται ότι οι γυναίκες οδηγούν λιγότερο από τους άντρες οι οποίοι προτιμούν το αυτοκίνητό τους για την

καθημερινή τους εξυπηρέτηση, καθώς αποτελεί έναν άνετο και γρήγορο τρόπο μεταφοράς. Αντίθετα, οι γυναίκες δείχνουν ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον προς τα μέσα μαζικής μεταφοράς, τα οποία φαίνεται να προσελκύουν και άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Οι ηλικιωμένοι ψάχνοντας για κοινωνική συναναστροφή προτιμούν να μετακινηθούν με τη δημόσια συγκοινωνία ή καταφεύγουν στο περπάτημα που τους δημιουργεί ηρεμία και έρχονται σε επαφή με τη φύση. Σημαντικό ρόλο στην επιλογή μέσου μεταφοράς παίζει και το εισόδημα. Οι οικογένειες με υψηλότερο εισόδημα φαίνεται ότι οδηγούν περισσότερο και έχουν στην κατοχή τους τουλάχιστον ένα όχημα. Αντίθετα, οι άνθρωποι με χαμηλότερο εισόδημα καταφεύγουν σε εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς.

Αυτή η συμπεριφορά των μετακινούμενων οδήγησε στη δημιουργία πολλών μοντέλων, έτσι ώστε να μελετηθούν τα ταξίδια των ανθρώπων. Το πιο αποδοτικό μοντέλο είναι αυτό που βασίζεται στις δραστηριότητες. Αποτελεί βασικό μοντέλο, καθώς έχει τη δυνατότητα να μελετάει και να συνδυάζει τις πολλαπλές μετακινήσεις που πραγματοποιεί το άτομο μέσα στην ημέρα.

Οι μετακινήσεις των ανθρώπων όμως γεννιούνται από τις δραστηριότητες που λαμβάνει μέρος ο άνθρωπος με στόχο την κοινωνικοποίησή του. Η ανάγκη του για κοινωνική αλληλεπίδραση οδηγεί στη δημιουργία κοινωνικών δικτύων τα οποία σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των χρήσεων γης (όπως η δημιουργία πάρκων, υποδομών και η καλή συνδεσιμότητα του δικτύου) έχουν θετικά αποτελέσματα για τη ψυχική και σωματική υγεία των ανθρώπων, καθώς και για την ανάπτυξη της κάθε πόλης. Έτσι, ο σχεδιασμός των μεταφορών πρέπει να λαμβάνει υπόψη διάφορες παραμέτρους και να εξετάζει τις διάφορες πολιτικές που πρόκειται να εφαρμοστούν. Αυτή η ανάγκη οδήγησε στη δημιουργία ολοκληρωμένων μοντέλων χρήσεων γης και μεταφορών. Η αρχή έγινε με το μοντέλο του Lowry το 1964, ενώ ακολούθησαν κι άλλα συνθετικά μοντέλα, ωστόσο με την πάροδο των

χρόνων και τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών δημιουργήθηκαν, επίσης, μοντέλα βασισμένα στις τεχνικές της μικροπροσομοίωσης. Αυτά τα μοντέλα είναι αποσυνθετικά, έχουν μια πιο λεπτομερή ανάλυση, η οποία στηρίζεται στο κάθε άτομο ξεχωριστά και φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικά για την πρόβλεψη και αξιολόγηση των διάφορων πολιτικών και εναλλακτικών λύσεων.

Ωστόσο, καθώς η τεχνολογία προχωράει, οι απαιτήσεις στον τομέα των μεταφορών μεγαλώνουν. Διάφορες προκλήσεις όπως η ζήτηση των μεταφορών και η κυκλοφοριακή συμφόρηση μπορούν να αντιμετωπιστούν με νέα τεχνολογικά επιτεύγματα. Πιο συγκεκριμένα, τα αυτόνομα οχήματα φαίνεται ότι θα απασχολήσουν πολύ τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για τον σχεδιασμό των μεταφορών στο μέλλον. Η αυτόνομη οδήγηση προσφέρει ένα άνετο, ασφαλές και περιβαλλοντικά φιλικό τρόπο μεταφοράς, ο οποίος μέσα από τη σωστή αναδιαμόρφωση του οδικού δικτύου μπορεί να επιφέρει έναν νέο τρόπο σκέψης, όσον αφορά στη βιωσιμότητα των μεταφορικών συστημάτων. Η αναδιαμόρφωση του οδικού δικτύου πρέπει να περιλαμβάνει και τις ανάγκες ενός πολυτροπικού δικτύου, αφού μέσα από αυτό μπορούν να αναπτυχθούν όλα τα μέσα. Ο μετακινούμενος θα έχει περισσότερες επιλογές και θα συνδυάζει πολλά μέσα έτσι ώστε να φτάσει στον προορισμό του. Ακόμη, μέσα από την ανάπτυξη της έννοιας «κινητικότητα ως υπηρεσία» και νέων τρόπων μεταφοράς, όπως η κοινή χρήση οχημάτων επιτυγχάνεται η σωστή διαχείριση των μέσων μεταφοράς συμβάλλοντας έτσι στην αντιμετώπιση των τωρινών και άλλων μελλοντικών προκλήσεων. Αυτές οι νέες τεχνολογίες πρέπει να περιληφθούν στα ήδη υπάρχοντα μοντέλα ή στα νέα που πρόκειται να δημιουργηθούν, καθώς τα νέα δεδομένα και οι παράγοντες που έχουν αυτές οι νέες τεχνολογίες επηρεάζουν τη συμπεριφορά των μετακινούμενων και διαταράσσουν το σύστημα των μεταφορών.

Βιβλιογραφία

Acheampong, R.A., Silva, E., 2015. Land use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions. *Journal of Transport and Land use*, 8, No 3.

Akbari, M.A., 2015. The Impact of Social Interactions in Urban Spaces through Approach of Improving Urban Vitality: A Case Study in Julfa district of Isfahan. *Science Journal (CSJ)* 36, (4).

Alba, C. A., Beimborn, E., 2005. Analysis of The Effects OF Local Street Connectivity on Arterial Traffic. *Transportation Research Board Annual Meeting*. Washington, DC.

Amavi, A.A., Romero, J.P., Dominguez, A., dell’ Olio, L., Ibeas, A., 2014. Advanced trip generation/attraction models. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 160, 430–439.

Anas, A., 1982. *Residential Location Markets and Urban Transportation* (Academic Press).

Anas, A., 1983. Discrete choice theory, information theory and multinomial logit and gravity models. *Transportation Research B*, 17, 13.

Anas, A., Arnott, R.J., 1994. The Chicago prototype housing market model, with tenure choice and its policy implications. *Journal of Housing Research* 5, 73-129.

Arentze, T., Timmermans, H., 2008. Social networks, social interactions, and activity-travel behavior: a framework for microsimulation. *Environment and Planning B: Planning and Design* 35, 1012-1027.

Axhausen, K.W., 2006. Social factors in future travel: A qualitative assessment. *IEE Proceedings Intelligent Transport Systems* 153(2): 156–166.

Axhausen, K.W., Gärling, T., 1992. Activity-based approaches to travel analysis: conceptual frameworks, models and research problems. *Transport Reviews* 12(4), 323-341.

Badoe, D.A., Miller, E.J., 2000. Transportation-Land-Use Interaction: Empirical Findings in North America, And Their Implications for Modeling. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 5(4), 235-263.

Banister, D., 2011. Cities, mobility and climate change. *Journal of Transport Geography* 19, 1538–1546.

Basarić, V., Simić, A.V., J.M., Bogdanović, V., Saulić, N., 2016. Gender and Age Differences in the Travel Behavior – A Novi Sad Case Study. *Transportation Research Procedia* 14, 4324-4333.

Batty, M., 1976. *Urban modelling. Algorithms, calibrations, predictions*, Vol. 3. London: Cambridge University Press.

Batty, M., 1979. Progress, success and failure in urban modeling. *Environment & Planning A* 11(8), 863-878.

Beck, W., van der Maesen L., Walker A. (eds). *The Social Quality of Europe*. Bristol: Policy Press, 1998.

Boarnet, M.G., Nesamani, K.S., Smith, C.S., 2004. Comparing the influence of land use on nonwork trip generation and vehicle distance traveled: An analysis using travel diary data. 83rd annual meeting of the Transportation Research Board. Washington, DC.

Bordoloi, R., Motea, A., Sarkar, P.P., Mallikarjuna, C., 2013. Quantification of Land Use diversity in the context of mixed land use. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 104, 563–572.

Boschmann, E., Brady, S., 2013. Travel behaviors, sustainable mobility, and transit-oriented developments: a travel counts analysis of older adults in the Denver, Colorado metropolitan area. *Journal of Transport Geography*.

Brail, R., & Klosterman, R., 2001. *Planning support systems: integrating geographic information systems, models, and visualization tools*. Redlands, CA: ESRI, Inc.

Briggs, R., 1981. Interstate highway system and development in nonmetropolitan areas. *Transp Res. Rec.* 812: 9–12.

Brownson, R., Boehmer T., Luke D., 2002. Declining Rates of Physical Activity in the United States: What are the Contributors? *Annual Reviews Publication Health* 26 (1), 421–443.

Calthorpe P., 1993. *The next American metropolis: ecology, community and the American dream*. New York: Princeton Architectural Press.

Carlier, A., Tschirhart, F., Da Silva, F., Stephan, F., Thoni, O., Munier-Kordon, A., Abid, M., Scremin, L., Couturier, L. An Overview of Multimodal Transport Design and Challenges Underlined by a Carsharing Case Study. *Complex Systems Design & Management*, pp 257-268, 2015.

Carrasco, J.A., Hogan, B., Wellman, B., Miller, E.J., 2008. Collecting social network data to study social activity-travel behavior: an egocentric approach. *Environment and Planning B: Planning and Design* 35(6), 961- 980, 2008.

Castiglione, J., Mark, B., Gliebe, J., 2015. *Activity-Based Travel Demand Models: A Primer*. The National Academies Press.

Crawford, J.H., 2005. *A Brief History of Urban Form Street Layout Through the Ages*. First published on Carfree.com.

Cervero, R., 1996. Mixed land- uses and commuting: Evidence from the American Housing Survey. *Transportation Research A: Policy and Practice* 30(5), 61-77.

Cervero, R., Landis, J., 1997. Twenty years of the Bay Area rapid transit system: land-use and development impacts. *Transportation Research A* 31 (4), 309-333.

Chen, C. L., 2012. Reshaping Chinese space-economy through high-speed trains: Opportunities and challenges. *J. Transp. Geogr.* 22 (May): 312–316.

Chen, Q., Sun, T., 2016. A model for the layout of bike stations in public bike-sharing systems. *Journal of Advanced Transportation* 49, 884- 900.

Chi, G., Kasu, B., 2015. *Economic and Demographic Impacts of Passenger Rail Systems: The Impact of Intercity Passenger Rails on Population and Employment Change in the United States, 2000–2010*, NCITEC Project No. 13-008.

Chiu, R. L. H., 2003. *Social Sustainability, Sustainable Development and Housing Development: The experience of Hong Kong*. Forrest R., Lee J. (Eds.) *Housing and social change. East-west perspectives*: Routledge, 2003.

Clement, L., 1996. Review of Existing Land-Use Transport Models. Certu, Département Mobilité.

Crane, R., Chatman, D.G., 2003. Traffic and Sprawl: Evidence from U.S. Commuting, 1985 To 1997. *Planning and Markets* 6(1).

Clarke, K.C. & Hoppen, S., 1997. A self-modifying cellular automation model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning B: Planning and Design* 1997, volume 24, pages 247-261.

Crecine J.P.A, 1964. Time-Oriented Metropolitan Model for Spatial Location, Technical Bulletin No. 6. Community Renewal Program. Pittsburgh.

de la Barra, T., & Rickaby, P. A., 1982. Modelling regional energy-use: A land-use, transport, and energy-evaluation model. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 9(4), 429–443.

de la Barra, T., 1989. Integrated transport and land use modeling: Decision chains and hierarchies. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Dill, J., 2004. Measuring network connectivity for walking and biking. 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, D.C.

Dou, Y. et al., 2016. An empirical study on transit-oriented low-carbon urban land use planning: Exploratory Spatial Data Analysis ESDA on Shanghai, China. Habitat International.

Duthie, J., Kockelman, K., Valsaraj, V., Zhou, B.B., 2007. Applications of Integrated Models of Land Use and Transport: A Comparison of ITLUP and Urbansim Land Use Models. Presented at the 54th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, held November 2007 in Savannah, Georgia.

Echenique, Marcial H., Crowther, D., Lindsay, W., 1969. A spatial model of urban stock and activity. *Regional Studies* 3, 281-312.

Echenique, Marcial H., A. D. Flowerdew, J. D. Hunt, T. R. Mayo, I. J. Skidmore, and D. C. Simmonds. 1990. The Meplan models of Bilbao, Leeds and Dortmund. *Transport Reviews* 10(4): 309-22.

Echenique, Marical H., 2004. Econometric models of land use and transportation. In *Handbook of transport geography and spatial systems*, ed. David A. Hensher, Kenneth J. Button, Kingsley E. Haynes, and Peter R. Stopher, 185-202. Amsterdam: Pergamon.

Eidlin, E., 2010. What Density Doesn't Tell Us About Sprawl. Access 37, University of California Transportation Center, pp. 2-9.

Eriksson, L., 2008. Pro-environmental travel behavior: The importance of attitudinal factors, habits, and transport policy measures. Department of Psychology Umea University.

Ewing, R., Cervero, R., 2010. Travel and the built environment: a meta-analysis. *Journal of the American Planning Association* 76 (3), 265-294.

European Commission, 2016. Smart, Green and integrated transport work programme.

Fagnant, D.J., Kockelman, K., 2015. Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transport. Res. Part A: Policy Practice* 77, 167–181.

Felsenstein, D., Axhausen, K., Waddell, 2010. Land Use-Transportation Modeling with UrbanSim: Experiences and Progress. *The Journal of Transport and Land Use* 3(2), 1-3.

Forrester, J. W., 1969. *Urban dynamics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Fraedrich, E., Heinrichs, D., Bahamonde-Birke, F.J., Cyganski R., 2018. Autonomous driving, the built environment and policy implications. *Transportation Research Part A* 122, 162-172

Garin, Robert A., 1966. A matrix formulation of the Lowry model for intra-metropolitan activity. *Journal of the American Institute of Planners* 32, 361-64.

Gazzola P., Querci, E., 2017. The Connection Between the Quality of Life and Sustainable Ecological Development. *European Scientific Journal*, April 2017, Special Edition.

Geurs, K.T., Wee, B., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography* 12(2), 127-140.

Goosen, Z., Cilliers, E.J., 2018. Third Places for Social Sustainability: A Planning Framework Based on Local and International Comparisons, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Urban and Civil Engineering* 12(3).

Grava, S., 2003. *Urban Transportation Systems: Choices for Communities*, New York: McGrawHill.

Gross, M., 1982. *Environ. Urban Systems* 7, 197-211.

Handy, S. L., 1993. Regional versus local accessibility: Implications for non-work travel. *Transportation Research Record* 1400, 58–66.

Handy, S., 1996. Urban form and pedestrian choices: study of Austin neighborhoods. *Transportation Research Record* 1552, 135-144.

Hansen, W.G., 1959. How accessibility shapes land use. *Journal of American Institute of Planners* 25 (1), 73–76.

Hedel, R., Vance, C., 2007. The impact of urban form on automobile travel: disentangling causation from correlation. *Transportation* 34, 575-588.

Heidemann, C., 1988. Regional planning methodology: the first and only annotated picture primer on regional planning. Discussion paper 16, Intitut für Regionalwissenschaft, Universität Karlsruhe, Karlsruhe.

Heinrichs, D., 2016. Autonomous Driving and Urban Land Use. In: Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Eds.), *Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects*. Springer Open, Heidelberg, pp. 213–232

Hensher, D.A., Stopher, P.R. (Editors), 1979. *Behavioral travel demand modelling*. London: Croom Helm.

Holland C., Clark, A., Katz, J., Peace, S., 2007. *Social interactions in urban public places*, Bristol, UK: Policy Press.

Holtzclaw, J., 1994. *Residential Patterns and Transit, Auto Dependence, and Costs*. Resources Defense Council, San Francisco.

Horowitz, A., 2004. Lowry-Type Land Use Models, in David A. Hensher, Kenneth J. Button, Kingsley E. Haynes, Peter R. Stopher (ed.). *Handbook of Transport Geography and Spatial Systems (Handbooks in Transport, Volume 5)* , pp.167 - 183

Hunt, J.D., J.E. Abraham, 2005. Design and implementation of PECAS: A generalised system for allocating economic production, exchange and consumption quantities. In *Integrated land-use and transportation models: Behavioural foundations*, ed. Martin Lee-Gosselin and Sean Doherty, 253-73. Amsterdam: Elsevier.

Hunt, J.D., Kriger, D.S., Miller E.J., 2005. Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review, *Transport Reviews* 25(3), 329-376.

Iacono, M., Levinson, D., El-Geneidy, A., 2008. Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory, *Journal of Planning Literature*, 22(4), page(s): 323-340

Kasu, B.B., Chi, G., 2018. Intercity Passenger Rails: Facilitating the Spatial Spillover Effects of Population and Employment Growth in the United States, 2000–2010, *Journal of Urban Planning and Development* 144(3).

Kazmierczak, A.E., James, P., 2007. The Role of Urban Green Spaces in Improving Social Inclusion. School of Environment and Life Sciences, University of Salford, Salford.

Kent, J., Dowling, R. 2016. The Future of Paratransit and DRT: Introducing Cars on Demand. In: Mulley, C., Nelson, J.D. (Eds). *Paratransit: Shaping the Flexible Transport Future*, Emerald

Kii, M., Nakanishi H., Nakamura K., Doi K., 2016. Transportation and spatial development: An overview and a future direction, *Transport Policy* 49, 148-158.

Kitamura, R., 1988. An evaluation of activity-based travel analysis. *Transportation* 15, 9-34.

Knowles, R. D., 2012. Transit oriented development in Copenhagen, Denmark: From the Finger Plan to Ørestad. *J. Transp. Geogr.* 22 (May): 251–261.

Kotavaara, O., H. Antikainen, and J. Rusanen, 2011. Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970-2007. *J. Transp. Geogr.* 19 (4): 926–935.

Kulash, W., Anglin, J., Marks, D., 1990. Traditional Neighborhood Development: Will the Traffic Work? *Development* 21, 21-24.

Kulmer, V., Koland, O., Steininger, K.W., Fürst, B., Käfer, A., 2014. The interaction of spatial planning and transport policy A regional perspective on sprawl. *Journal of Transport and Land Use* 7, No. 1, 57-77.

Kuzmyak J.R., 2012. Land Use and Traffic Congestion, Report 618, Arizona Department of Transportation.

Lichter, D.T., Fuguitt, G.V., 1980. Demographic response to transportation innovation: The case of the interstate highway. *Social Forces* 59(2), 492–512.

Lamanes, T., 2016. Neighborhood Nodes: Priority Setting, Economic Factors and Best Practices Review.

Lee, M., Barbosa, H., Youn, H., Holme, P., Ghoshal, G., 2017. Morphology of travel routes and the organization of cities. *Nature communications* 8, 2229.

Litman, T., 2004. Evaluating Transportation Land Use Impacts, VTPI.

Litman, T., 2013. Whose Roads? Evaluating Bicyclists' and Pedestrians' Right to Use Public Roadways, Victoria Transport Policy Institute

Litman, T., 2018. Land Use Impacts on Transport: How Land Use Factors Affect Travel Behavior, Victoria Transport Policy Institute.

Litman, T., 2018. Understanding Transport Demands and Elasticities: How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior. Victoria Transport Policy Institute.

Litman, T., 2019. Autonomous Vehicle: Implementation Predictions Implications for Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute

Litman, T., 2019. Evaluating Transportation Land Use Impacts: Considering the Impacts, Benefits and Costs of Different Land Use Development Patterns.

Lowry, I. S., 1964. A model of metropolis. Memorandum RM-4035-RC. Santa Monica: Rand Corporation.

McFadden, Daniel L., 1978. Modelling the choice of residential location. In *Spatial interaction theory and planning models*, ed. Anders Karlqvist, 75-96. Amsterdam: North-Holland.

Madhuwanthi, R.A.M., Marasinghe, A., Rajapakse, R.P.C.J., Dharmawansa, A.D., Nomura, S., 2015. Factors Influencing to Travel Behavior on Transport Mode Choice: A Case of Colombo Metropolitan Area in Sri Lanka, *International Journal of Affective Engineering*.

Mak M., Peacock C., 2011. Social Sustainability: A Comparison of Case Studies in UK, USA and Australia. 17th Pacific Rim Real Estate Society Conference.

Martínez, F. J., 1996. MUSSA: Land-use model for Santiago City. *Transportation Research Record*, 1552, 126–134.

McKenzie S. Social Sustainability Towards some Definitions, Hawke Research Institute Working Paper Series No 27, 2004.

Mejia-Dorantes, L., A. Paez, and J. M. Vassallo, 2012. Transportation infrastructure impacts on firm location: The effect of a new metro line in the suburbs of Madrid. *J. Transp. Geogr.* 22 (May): 236–250.

Milakis, D., van Arem, B., van Wee, B., 2017. Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *J. Intell. Transport. Syst.*

Mitchell, R.B., Chester R., 1954. *Urban Traffic: a Function of Land Use*. Columbia University Press, New York.

Moeckel, R., Garcia, C.L., Chou, A.T.M, Okrah, M.B., 2018. Trends in integrated land-use/transport modeling: An evaluation of the state of the art, *The Journal of Transport and Land Use* 11.1 No. 1, 463–476.

Moeckel, R., 2018. *Integrated Transportation and Land Use Models, A Synthesis of Highway Practice*. The National Academies Press, ISBN 978-0-309-39027-9 | DOI 10.17226/25194.

Mounce, R., Nelson, J.D, 2019. On the potential for one-way electric vehicle car-sharing in future mobility systems. *Transportation Research Part A* 120, 17-30

Mulley, C., Nelson, J.D., Wright, S, 2018. Community transport meets mobility as a service: On the road to a new a flexible future. *Research in Transportation Economics* 69, 583-591.

Nabil, N.A. & Abd Eldayem, G.E., 2015. Influence of mixed land-use on realizing the social capital. *HBRC Journal*, Volume 11, Issue, 2, pages 285-298.

Nallathiga, R., 2007. Compact City and Smart Growth as Policy guiding models for achieving Sustainable City Development: The case for Mumbai metropolis. *Journal of Urban Policy* II (1), 42-59.

Newman, M.E.J., Watts, D. & Strogatz, S.H., 2002. Random graph models of social networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 2566-2572.

Okada, H., 1994. Features and economic and social effects of the Shinkansen. *Jpn. Railway Transp. Rev.* 3: 9–16.

Oldenburg, R., 1989. *The great good place: Cafes, coffee shops, community centers, beauty parlors, general stores, bars, handouts, and how they get you through the day*. Paragon House, New York, NY.

Oldenburg, R., 1997. Our Vanishing, Third Places, *Planning Commissioners Journal* 25.

Ozbay, K., D. Ozmen, and J. Berechman, 2006. Modeling and analysis of the link between accessibility and employment growth. *J. Transp. Eng.* 132 (5): 385–393.

Patterson, Z., Kryvobokov, M., Marchal, F., Bierlaire, M., 2010. Disaggregate models with aggregate data: Two UrbanSim applications. *Journal of Transport and Land Use* 3(2), 5–37.

Peacock-McLaughlin, C., Largo-Wight, E., Wlyudka, P.S., Johnson T.M., Merten, J.W., 2017. The built environment, transportation policy, and population health: a comparison of two cities. *Urban Research & Practice* 11(3), 193-199.

Peter Wagner, P., Wegener M., 2007. Urban Land Use, Transport and Environment Models. *The Planning Review* 43(170), 45-56.

Ryder, A., 2012. High speed rail. *J. Transp. Geogr.* 22 (May): 303–305.

Pushkarev, B., and J. M. Zupan, 1977. *Public Transportation and Land use Policy*. Indiana University Press, Bloomington.

Putman, S.H., 1983. *Integrated Urban Models*. Pion Limited, London. England.

Putman, S., 2013. *Integrated Urban Models Volume 1: Policy Analysis of Transportation and Land Use (RLE: The City) (Vol. 1)*: Routledge.

Roberts B.H., 2007. Changes in urban density: it's implications on the sustainable development of Australian cities. In: *Proceedings of the State of Australian Cities National Conference (SOAC2007)*, 28-30 November 2007, Adelaide, Australia 2007.

- Ruiz, T., Mars, L., Arroyo, R., Serna, A., 2016. Social Networks, Big Data and Transport Planning, *Transportation Research Procedia* 18, 446–452.
- Ryder, A., 2012. High speed rail. *J. Transp. Geogr.* 22 (May): 303–305.
- Salvani, P., Miller, E.J., 2005. ILUTE: An operational prototype of a comprehensive microsimulation model of urban systems. *Networks and Spatial Economics* 5(2), 217-34.
- Schimek, P., 1996. Household motor vehicle ownership and use: how much does residential density matter? *Transportation Research Record* 1552, 120–125.
- Shaheen, S.A., Guzman, S., Zhang, H., 2010. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2143, 159-167.
- Shaheen, S.A., Sperling, D., Wagner, C., 1999. A short history of carsharing in the 90's. *J. World Transp. Pol. Practice* 5, No, 3.
- Simmonds, D. C., 1999. The design of the DELTA land-use modelling package. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26(5), 665–684.
- Spiekermann, Wegener, 2011. *Urban and Regional Research*.
- Steg, L., Sievers, I., 2000. Cultural Theory and Individual Perceptions of Environmental Risks, *Environment and Behavior* 32(2), 250–269.
- Taki H.M, Maatouk, M.M.H., Qurnfulah, E.M., Aljoufie, M.O., 2017. Planning TOD with land use and transport integration: a review. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology* 2, No 1.
- TeMA, 2012. Mobility and Competitiveness. *Journal of Land Use, Mobility and Environment* 5, No 3., 48-63.

Thompson, C., and T. Bawden, 1992. What are the potential economic development impacts of High-Speed Rail? *Econ. Dev. Q.* 6 (3): 297–319.

Timmermans, H., 2003. The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many More Dreams Before We Wake Up? Conference Keynote Paper. 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne.

Timmermans, H., 2006. Modelling Land Use and Transportation Dynamics: Methodological Issues, State-of-Art, and Applications in Developing Countries. Urban Planning Group, Eindhoven University of Technology.

Torrens, P.M., 2000. How Land-Use transportation Models Work. Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.

Torrens, P. M. and I. Benenson, 2005. Geographic Automata Systems. *International Journal of Geographic Information Science* 19(4): 385-412.

Van den Berg, P. and Timmermans, H., 2015. A multi-level path analysis of social networks and social interaction in the neighborhood. *Region* 2(1), 55-66.

Van den Berg, P.E.W., T.A. Arentze and H.J.P. Timmermans, 2009. Size and composition of ego-centered social networks and their effect on travel distance and contact frequency. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2135, 1-9.

van den Heuvel, F. P., L. Rivera, K. H. van Donselaar, A. de Jong, Y. Sheffi, P.W. de Langen, and J. C. Fransoo. 2014. Relationship between freight accessibility and logistics employment in US counties. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 59 (Jan): 91–105.

van Lierop D., Boisjoly, G., Grise, E., El-Geneidy, A., 2017. Evolution in Land Use and Transportation Research. In T. Sanchez (Ed), Planning Knowledge and Research. Routledge, New York, USA.

van Wee, B., 2009. Self Selection: a key to a better understanding of location choices, travel behaviour and transport externalities? *Transp. Rev.* 29 (3), 279–292.

Veldhuisen, K.J., Timmermans, H.J.P., Kapoen, L.L., 2000. Ramblas: A regional planning model based on the microsimulation of daily travel patterns. *Environment & Planning A* 32(3), 427-443.

Waddell, P., 2002. UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning. *Journal of the American Planning Association* 68(3), 297-314.

Wegener, M., 1982. Modeling urban decline: A multi-level economic-demographic model of the Dortmund region, *International Regional Science Review* 7(1), 21-41.

Wagner, P., Wegener, M., 2007. Urban land use, transport and environment models: experiences with an integrated microscopic approach. *disP* 170 (3/2007), 45-56.

Walker A.C., van der Maesen L.J.G., Social Quality and Quality of Life, in W. Glatzer, S. von Below and M. Stoffregen (eds). *Challenges for Quality of Life in the Contemporary World*. The Hague, London, Boston: Kluwer Academic Publishers, pages 13–31, 2004.

Wang, F., 1998. Urban population distribution with various road networks: A simulation approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25, 265–278.

Wegener, M., 1998. The IRPUD model: overview.

Wilson, A.G., 1967. A statistical theory of spatial distribution models, *Transpn Res.* 1, 253-270.

Wilson, A.G., 1970. A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning* 3, 1-32.

Wolfram, S., 1986. Random sequence generation by cellular automata. *Adv. Appl. Math.* 7:123.

Yang, Y., Xu, Y., Rodriguez D.A., Michael, Y., Zhang, H., 2018. Active travel, public transportation use, and daily transport among older adults: The association of built environment. *Journal of Transport & Health* 9, 288-298.

Yu, M., Reevesman, A., 2015. *The Game of Life and Other Cellular Automata.*

Zhang, H., Song, X., Xia, T., Zheng, J., Haung, D., Shibasaki, R., Yan, Y., Liang Y., 2018. MaaS in Bike-Sharing: Smart Phone GPS Data Based Layout Optimization and Emission Reduction Potential Analysis. *Energy Procedia* 152, 649–654.

Zhang, J., 2009. Subjective well-being and activity-travel behavior analysis: applying day reconstruction method to explore affective experience during travel. In: *Proceedings of the 14th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies*, 2, Hong Kong, December 10–12, pp. 439– 449.

Zhang M., Sun, Q., Chen J., Guo, J., 2008. Travel Behavior Analysis of the Females in Beijing. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 8(2).

Ziemke, D., 2016. *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim.* Ubiquity Press, Chapter 35: Accessibility.