



**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ «ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ», ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD ΣΕ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ
«ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ
ΠΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (ΑΗΡ)» ΚΑΙ «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ (ΑΝΡ)»**

**Δ.Π.Μ.Σ. ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ, ΠΑ.ΜΑΚ.
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗΣ Δ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
Δ.Π.Μ.Σ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗΣ Δ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΣ ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ «ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ» ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD ΣΕ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ
ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (AHP)» ΚΑΙ «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ (ANP)»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2021
ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
ΤΟΥ
ΑΓΡΟΝΟΜΟΥ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗ Δ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΜΕ ΘΕΜΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ «ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ» ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD ΣΕ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ
ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (AHP)» ΚΑΙ «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ (ANP)»**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων στα πλαίσια του Διατμηματικού
Προγράμματος Μεταπτυχιακού Σπουδών «Διοίκηση Επιχειρήσεων»

Υπό την επίβλεψη του:

ΤΣΙΡΩΝΗ ΛΟΥΚΑ, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων
του ΠΑ.ΜΑΚ.

Και της συμβουλευτικής επιτροπής

ΓΚΟΤΖΑΜΑΝΗΣ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗΣ, Καθηγητή του Τμήματος Οργάνωσης και Διοίκησης
Επιχειρήσεων του ΠΑ.ΜΑΚ.

ΤΣΙΟΤΡΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ, Καθηγητή του Τμήματος Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων του
ΠΑ.ΜΑΚ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2021

© Γεώργιος Δ. Εμμανουηλίδης, 2021
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ «ΕΞΥΠΙΝΗΣ ΠΟΛΗΣ» ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (AHP)» ΚΑΙ «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ (ANP)»

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του ΠΑ.ΜΑΚ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διατριβή Ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος του τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων του αντίστοιχου τμήματος του Πανεπιστημίου Μακεδονίας κατά το ακαδημαϊκό έτος 2018-2019. Πρόκειται για μια συνθετική βιβλιογραφική εργασία η οποία αναφέρεται στο φαινόμενο της υφαλμύρισης και στη δυνατότητα αξιοποίησης των παράκτιων πηγών που αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα.

Η ανάθεση της διπλωματικής εργασίας έγινε από τον κο. Τσιρώνη Λουκά, Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, που είναι και ο επιβλέπων της παρούσας εργασίας. Έπειτα από εκτεταμένο ερευνητικό κομμάτι και βιβλιογραφική ανασκόπηση έντυπη και ηλεκτρονική, συλλέχθηκε υλικό κατάλληλο για την αξιολόγηση και σύνταξη της παρούσας εργασίας. Η εργασία εξετάστηκε και αξιολογήθηκε από την τριμελή επιτροπή επίβλεψης και συμβουλής αποτελούμενη από τον Αναπληρωτή Καθηγητή κο. Τσιρώνη Λουκά, την κα. Γκοτζαμάνη Αικατερίνη Καθηγήτρια και τον Καθηγητή κο. Τσιότρα Γεώργιο.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, θεωρώ καθήκον μου και θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που συνέβαλαν στην τελική διαμόρφωσή και συγγραφή αυτής.

Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κο. Τσιρώνη Λουκά για την ουσιαστική συνεργασία, την επιστημονική καθοδήγηση που μου παρείχε τόσο σε θεωρητικό όσο και σε ερευνητικό επίπεδο, καθώς και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, τις πολύτιμες γνώσεις και τον χρόνο που αφιέρωσε.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω και στα υπόλοιπα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής: στα μέλη της τριμελούς επιτροπής, την Καθηγήτρια του Τμήματος Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων και συντονιστή του Δ.Π.Μ.Σ. κα. Αικατερίνη Γκοτζαμάνη και στον Καθηγητή κο. Τσιότρα Γεώργιο, για τις βοηθητικές τους υποδείξεις, τις χρήσιμες διδακτικές συμβουλές που μου παρείχαν και την άψογη συνεργασία μας κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης της διατριβής.

Ομοίως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Καθηγητές, Αναπληρωτές Καθηγητές, Επίκουρους Καθηγητές και το υπόλοιπο Διδακτικό και Διδακτωρικό προσωπικό, για τις εργαστηριακές και θεωρητικές γνώσεις που μου προσέφεραν, καθώς και την ηθική υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, την ενθάρρυνση, και τις εξαιρετικά χρήσιμες πληροφορίες που χρησιμοποίησα μέσα από τα βιβλία και τις δημοσιεύσεις τους.

Τέλος, οι θερμότερες ευχαριστίες ανήκουν στην οικογένειά μου που με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια στις σπουδές μου, υποστηρίζοντας και βοηθώντας με να ξεπεράσω όλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισα και μου δίνει μεγάλη υποστήριξη σε ότι και αν αποφασίζω να κάνω. Η υπομονή, η πίστη τους και η υλική και ηθική τους υποστήριξη συνέβαλε ουσιαστικά στην εκπόνηση της διατριβής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάπτυξη πρωτοβουλιών έξυπνων πόλεων απαιτεί εξειδικευμένες και συμφραζόμενες πολιτικές που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες και τα συμφέροντα των ενδιαφερομένων πόλεων. Δεδομένου ότι η ανάπτυξη τέτοιων πολιτικών είναι δύσκολη, υπάρχει ανάγκη να μάθουμε από την εμπειρία πολλών πόλεων σε όλο τον κόσμο που προσφέρουν αποτελεσματικές και επιτυχημένες έξυπνες υπηρεσίες. Ωστόσο, στην πράξη, οι πληροφορίες που παρέχονται σχετικά με τέτοιες πρωτοβουλίες είναι ρηχές και αδόμητες. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, μελετάμε την τελευταία λέξη της τεχνολογίας στις υπηρεσίες, εξετάζοντας επιστημονικές δημοσιεύσεις και υπηρεσίες που παρέχονται από έξυπνες πόλεις σε όλο τον κόσμο. Κατά τη διαδικασία δημιουργίας ενός έργου έξυπνου δικτύου, μία από τις κύριες προκλήσεις που αντιμετωπίζεται, είναι το να αναπτυχθούν εργαλεία για να στηριχθεί η διαδικασία λήψης αποφάσεων. Γι' αυτό κρίνεται απαραίτητο να γίνει χρήση ποιοτικών προσεγγίσεων που να επιτρέπουν την εξειδίκευση της ανθρώπινης κρίσης, σε μαθηματικές αναπαραστάσεις ως διαδικασία αναλυτικής ιεραρχίας (AHP), διαδικασία αναλυτικής δικτύωσης ή ανάπτυξη λειτουργίας ποιότητας (QFD), οι οποίες επεξεργάζονται αβέβαιες ή διάχυτες πληροφορίες στο πεδίο του έξυπνου πλέγματος.

ABSTRACT

The development of smart cities initiatives requires specialized and contextualized policies addressing the needs and interests of many cities concerned. As such policies are difficult to develop, there is a need to learn from the experience of many cities around the world that offer effective and successful smart services. In practice, however, the information provided on such initiatives is shallow and unstructured. To address this issue, we study the latest technology in services by reviewing scientific publications and services provided by smart cities around the world. In the process of creating a smart grid project, one of the main challenges faced is to develop tools to support the decision-making process. It is therefore necessary to use qualitative approaches that allow the specialization of the human crisis, in mathematical representations as a process of analytical hierarchy (AHP), process of analytical networking or development of quality function (QFD), which process uncertain or diffuse information in the field. of smart grid.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ SMART CITIES.....	3
1.2.1 INTERNET OF THINGS & BLOCKCHAIN	3
1.2.2 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ.....	4
1.2.3 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ.....	5
1.2.4 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	6
1.2.5 ΓΕΩΧΩΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	7
2.1 SMART CITIES	7
2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	9
2.2.1 ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΟΛΗ – DIGITAL CITY	9
2.2.2 ΕΥΦΥΗΣ ΠΟΛΗ – INTELLIGENT CITY.....	10
2.2.3 ΠΑΝΤΑΧΟΥ ΠΑΡΟΥΣΑ ΠΟΛΗ – UBIQUITOYS CITY	10
2.3 ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	11
2.3.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΠΟΛΗ – CREATIVE CITY	11
2.3.2 ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ – KNOWLEDGE CITY	11
2.3.3 ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ – LEARNING CITY	11
2.4 ΘΕΣΜΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ.....	12
2.4.1 ΕΞΥΠΝΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ – SMART COMMUNITIES	12
2.5 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΞΥΠΙΝΗΣ ΠΟΛΗΣ (SMART CITY)	13
2.5.1 ΕΞΥΠΙΝΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ – SMART ECONOMY (EUROPEAN UNION, 2014)	16
2.5.2 ΕΞΥΠΙΝΗ ΑΝΘΡΩΠΟΙ – SMART PEOPLE (EUROPEAN UNION, 2014)	17
2.5.3 ΕΞΥΠΙΝΗ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΥΣΗ – SMART GOVERNANCE (EUROPEAN UNION, 2014)	18
2.5.4 ΕΞΥΠΙΝΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ – SMART MOBILITY (EUROPEAN UNION, 2014).....	19
2.5.5 ΕΞΥΠΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ – SMART ENVIRONMENT (EUROPEAN UNION, 2014)	21
2.5.6 ΕΞΥΠΙΝΗ ΔΙΑΒΙΩΣΗ – SMART LIVING (EUROPEAN UNION, 2014).....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	29
3.1 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	29
3.2.1 ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ QFD ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ.	29

3.2.2	ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΝΡ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ	31
3.2.3	ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΗΡ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ	34
3.3	ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD	37
3.3.1	ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	37
3.3.2	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD.....	39
3.3.3	ΤΟ ΣΠΙΤΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (THE HOUSE OF QUALITY – HoQ)	41
3.4	ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΗΡ	43
3.5	ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΡ	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	56
4.1	Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ QFD ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΙΣ.....	56
	ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ - ΑΝΡ	56
4.2	ΟΙΚΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	59
4.2.1	ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΣΕΩΝ (RELATIONSHIP MATRIX)	59
4.2.2	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΦΗΣ	65
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	78

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Βασικά συστατικά στοιχεία των "Έξυπνων Πόλεων"	13
Εικόνα 2: Τα έξι χαρακτηριστικά της "έξυπνης πόλης"	14
Εικόνα 3: Οι 4 φάσεις της μεθόδου QFD	39
Εικόνα 4: Το Σπίτι της Ποιότητας – The House of Quality (HoQ)	43
Εικόνα 5: Ενδεικτική Απεικόνιση μιας Ιεραρχίας σύμφωνα με την Μέθοδο AHP	44
Εικόνα 6: Σύγκριση των Απεικονίσεων μεταξύ των μεθόδων AHP και ANP	51
Εικόνα 7: Το φύλο των ερωτηθέντων	56
Εικόνα 8: Η ηλικία των ερωτηθέντων	57
Εικόνα 9: Το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων	57
Εικόνα 10: Κλίμακα σύγκρισης των κριτηρίων	58

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Σχετικοί όροι των έξυπνων πόλεων (Smart Cities)	9
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά και παράγοντες των "έξυπνων πόλεων"	15
Πίνακας 3: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης οικονομίας"	17
Πίνακας 4: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνων ανθρώπων"	18
Πίνακας 5: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης διακυβέρνησης"	19
Πίνακας 6: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης κινητικότητας"	20
Πίνακας 7: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνου περιβάλλοντος"	22
Πίνακας 8: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης διαβίωσης"	23
Πίνακας 9: Θεμελιώδης Κλίμακα της Μεθόδου AHP	47
Πίνακας 10: Πίνακας Τιμών του Δείκτη Τυχαίας Συνέπειας	49
Πίνακας 11: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη διακυβέρνηση.	59
Πίνακας 12: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη οικονομία.	60
Πίνακας 13: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνο περιβάλλον.	60
Πίνακας 14: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη κινητικότητα.	61
Πίνακας 15: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη διαβίωση.	61
Πίνακας 16: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνων ανθρώπων.	62
Πίνακας 17: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη διακυβέρνηση.	63
Πίνακας 18: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη οικονομία.	63
Πίνακας 19: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνο περιβάλλον.	63
Πίνακας 20: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη κινητικότητα.	64

Πίνακας 21: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη διαβίωση.	64
Πίνακας 22: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνων ανθρώπων.	64
Πίνακας 23: Τελικά αποτελέσματα επεξεργασίας στο λογισμικό.	65
Πίνακας 24: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Internet of things & Block-chain.	66
Πίνακας 25: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Τεχνητή νοημοσύνη.	66
Πίνακας 26: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Ψηφιακές πλατφόρμες.	67
Πίνακας 27: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.	67
Πίνακας 28: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Γεωχωρική τεχνολογία.	68
Πίνακας 29: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Internet of Things & Blockchain.	69
Πίνακας 30: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Τεχνητή νοημοσύνη.	69
Πίνακας 31: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Ψηφιακές τεχνολογίες.	69
Πίνακας 32: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.	70
Πίνακας 33: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Γεωργικές τεχνολογίες.	70
Πίνακας 34: Τελικά αποτελέσματα επεξεργασίας στο λογισμικό.	70
Πίνακας 35: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για τις σημαντικότερες των κριτηρίων της έξυπνης πόλης.	71
Πίνακας 36: Βαθμοί βαρύτητας για τις σημαντικότερες.	71
Πίνακας 37: Βάρη για κάθε κριτήριο της έξυπνης πόλης.	72
Πίνακας 38: Πρώτος οίκος ποιότητας.	72
Πίνακας 39: Ολοκληρωμένος πρώτος πίνακας ποιότητας.	73
Πίνακας 40: Κατάταξη κριτηρίων Smart city.	74
Πίνακας 41: Συμπλήρωση οίκου ποιότητας.	75
Πίνακας 42: Υπερπίνακας.	76
Πίνακας 43: Οριακός υπερπίνακας.	76
Πίνακας 44: Ολοκληρωμένος οίκος ποιότητας.	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πόλεις μεταβάλλονται συνεχώς. Οι πόλεις διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών πτυχών σε παγκόσμιο επίπεδο (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015). Η υποδομή της πόλης προσελκύει αυξανόμενο αριθμό ατόμων που αναζητούν τα οφέλη της αστικοποίησης σε σχέση με τον παραδοσιακό αγροτικό τρόπο ζωής σε πολλά πολιτιστικά περιβάλλοντα. Λόγω της συγκέντρωσης όλο και μεγαλύτερου όγκου ατόμων στα λεγόμενα αστικά κέντρα, γίνεται αναζήτηση ώστε το βιοτικό επίπεδο να βελτιωθεί. Όμως ο αυξανόμενος όγκος ατόμων δεν είναι ο μοναδικός λόγος αλλαγών σε μια πόλη. Άλλα φαινόμενα όπως κλιματική αλλαγή, οικονομική κρίση, μετανάστευση και διακρίσεις στα άτομα είναι λόγοι αλλαγών σε μια πόλη. Αυτές οι συνεχόμενες αλλαγές φέρνουν την ανάγκη για αναζήτηση μελλοντικών τρόπων βιωσιμότητας και των πόλεων αλλά και του πληθυσμού. Οι πόλεις με τον τρόπο που είναι σχεδιασμένες και δομημένες δεν έχουν την δυνατότητα να παρέχουν στους πολίτες τις απαραίτητες συνθήκες ευημερίας (Κελαϊδής Ε., 2020).

Σύμφωνα με τα Ηνωμένα έθνη, DESAP (Department of economic and social affairs of the united nations), στη δεκαετία του 1950 περίπου το 30% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικούσε σε αστικές περιοχές. Το 2014, αυτή η τιμή αυξήθηκε στο 55% και αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται τις επόμενες δύο δεκαετίες (www.unfpa.org/migration), φτάνοντας το 68% έως το έτος 2050 (www.population.un.org).

Επιπλέον, παράλληλα με την εξέλιξη της κοινωνίας, υπήρξε μια εκθετική ανάπτυξη των Τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ). Τεχνολογίες όπως Big Data, Internet, Internet of Things (IoT), Cloud Computing αποκτά ιδιαίτερη σημασία τα τελευταία χρόνια, παίζοντας σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των πόλεων. Η αστικοποίηση και οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών οδήγησαν στη σύλληψη του παραδείγματος Smart City (SC). Μια

ιδέα που όλο και περισσότερες πόλεις προσπαθούν να υιοθετήσουν με την ανάπτυξη νέες τεχνολογιών έξυπνων πόλεων (Sánchez-Corcuera, R., et al, 2019).

Για μεγάλο μέρος του 20ού αιώνα, η ιδέα ότι μια πόλη θα μπορούσε να είναι έξυπνη ήταν μια επιστημονική φαντασία που απεικονιζόταν σε διάφορα μέσα μαζικής ενημέρωσης αλλά ξαφνικά με τον μαζικό πολλαπλασιασμό των υπολογιστικών συσκευών σε πολλές κλίμακες και με ένα μικρό αριθμό πληροφοριών να μπορούν να ενσωματωθούν σε τέτοιες συσκευές, η προοπτική μιας πόλης να γίνει έξυπνη, έγινε γρήγορα η νέα πραγματικότητα. Η σύγκλιση των πληροφοριών και οι τεχνολογίες επικοινωνίας παράγουν αστικά περιβάλλοντα που είναι αρκετά διαφορετικά από οτιδήποτε έχουμε βιώσει μέχρι τώρα. Οι πόλεις γίνονται έξυπνες όχι μόνο όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να αυτοματοποιούμε τις συνήθειες λειτουργίες που εξυπηρετούν μεμονωμένα άτομα, κτίρια, συστήματα κυκλοφορίας αλλά με τρόπους που μας επιτρέπουν να παρακολουθούμε, να κατανοούμε, να αναλύουμε

και σχεδιάστε την πόλη για να βελτιώσετε την αποτελεσματικότητα, την ισότητα και την ποιότητα ζωής για τους πολίτες της σε πραγματικό χρόνο. Αυτό αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο είμαστε σε θέση να σχεδιάσουμε σε πολλές κλίμακες χρόνου, αυξάνοντας την προοπτική ότι οι πόλεις μπορούν να γίνουν έξυπνότερες μακροπρόθεσμα (Batty M., et al., 2012).

Οι έξυπνες πόλεις συχνά απεικονίζονται ως αστερισμοί οργάνων σε πολλές κλίμακες που συνδέονται μέσω πολλαπλών δικτύων που παρέχουν συνεχή δεδομένα σχετικά με τις κινήσεις ανθρώπων και υλικών όσον αφορά τη ροή των αποφάσεων για τη φυσική και κοινωνική μορφή της πόλης. Ωστόσο, οι πόλεις μπορούν να είναι έξυπνες μόνο αν υπάρχουν είναι λειτουργίες νοημοσύνης που μπορούν να ενσωματώσουν και να συνθέσουν αυτά τα δεδομένα με ορισμένο σκοπό, τρόπους βελτίωσης της αποτελεσματικότητας, της δικαιοσύνης, της βιωσιμότητας και της ποιότητας ζωής στις πόλεις (Batty M. et al., 2012).

Λόγω της συνάφειας των έξυπνων πόλεων με διάφορους ενδιαφερόμενους τομείς και τα οφέλη και τις προκλήσεις που συνδέονται με την εφαρμογή της, η ιδέα της έξυπνης πόλης προσελκύει σημαντική προσοχή από ερευνητές σε μελέτες πολλαπλών ειδών, όπως Internet of Things (IoT), Information Systems (IS) και άλλα κύριες επιστήμες των υπολογιστών και της μηχανικής. Αυτό αποδεικνύεται από το αυξανόμενο σώμα της έρευνας σε ακαδημαϊκά περιοδικά καθώς και από βιβλία και πρακτικά συνεδρίων. Σε αυτό το πλαίσιο, ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να εξετάσουμε τις τεχνολογίες της έξυπνης πόλης σε συνδυασμό με τα

χαρακτηριστικά του έξυπνου περιβάλλοντος. Για το σκοπό αυτό, η παρούσα διπλωματική διαρθρώνεται σε τρία μέρη, ξεκινώντας από το θεωρητικό υπόβαθρο των στοιχείων που την περιγράφουν, συνεχίζοντας με την μεθοδολογία, και καταλήγοντας στην ανάλυση, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της ερευνάς.

1.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ SMART CITIES

1.2.1 INTERNET OF THINGS & BLOCKCHAIN

Οι έξυπνες πόλεις έχουν υιοθετήσει το IoT ως μέσο για την ενθάρρυνση της αποδοτικότητας και της απόδοσης των αστικών υφασμάτων. Οι Bhadani (2016) και Batty (2016) υποστηρίζουν ότι η αυξημένη συνδεσιμότητα οδήγησε σε μια άνευ προηγουμένου δημιουργία δεδομένων, η οποία δημιούργησε τη δυνατότητα για μια πλατφόρμα που επιτρέπει τη συλλογή, ανάλυση και διανομή δεδομένων που είναι χρήσιμα σε διαφορετικούς τομείς της ζωής (Evans, 2011).

Το Internet of things (IoT) είναι ένα σημαντικό θέμα στη βιομηχανία τεχνολογίας, την πολιτική και τους κύκλους μηχανικής. Αυτή η τεχνολογία είναι ενσωματωμένη σε ένα ευρύ φάσμα δικτύων προϊόντων, συστημάτων και αισθητήρων, που εκμεταλλεύονται τις εξελίξεις στην υπολογιστική ισχύς, μικρογραφία ηλεκτρονικών συσκευών και διασυνδέσεις δικτύου για να προσφέρουν νέες δυνατότητες που προηγουμένως δεν ήταν δυνατές.

Ο όρος «Internet of things» (IoT) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1999 από τον βρετανικό πρωτοπόρο τεχνολογίας Kevin Ashton που περιέγραψε ένα σύστημα στο οποίο αντικείμενα στον φυσικό κόσμο θα μπορούσαν να συνδεθούν στο Διαδίκτυο με αισθητήρες. Ο Ashton επινόησε τον όρο για να δείξει τη δύναμη της σύνδεσης ετικετών αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID) χρησιμοποιείται σε εταιρικές αλυσίδες εφοδιασμού στο Διαδίκτυο για να μετράει και να παρακολουθεί αγαθά χωρίς την ανάγκη για ανθρώπινης παρέμβασης. Σήμερα, το Internet of things έχει γίνει ένας δημοφιλής όρος για την περιγραφή σεναρίων στα οποία η δυνατότητα σύνδεσης στο Διαδίκτυο και η υπολογιστική ικανότητα επεκτείνονται σε διάφορα αντικείμενα, συσκευές, αισθητήρες και καθημερινά αντικείμενα (Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L., 2015).

To Internet of Things (IoT) επεκτείνεται με γρήγορο ρυθμό (Middleton, P., Kjeldsen, P., & Tully, J., 2013). Προκειμένου να επιτευχθεί μια τόσο μεγάλη ανάπτυξη, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί μια στοίβα IoT, να τυποποιηθούν τα πρωτόκολλα και να δημιουργηθούν τα κατάλληλα επίπεδα για μια αρχιτεκτονική που θα παρέχει υπηρεσίες σε συσκευές IoT. Σε αυτές τις τεχνολογίες ανήκουν και οι συνεχώς αναπτυσσόμενες τεχνολογίες Blockchain που είναι σε θέση να παρακολουθούν, να συντονίζουν, να πραγματοποιούν συναλλαγές και να αποθηκεύουν πληροφορίες από μεγάλο αριθμό συσκευών, επιτρέποντας τη δημιουργία εφαρμογών που δεν απαιτούν κεντρικό cloud. Η τεχνολογία Blockchain αναπτύσσεται με εκπληκτικό ρυθμό τα τελευταία χρόνια (Christidis, K., & Devetsikiotis, M., 2016).

1.2.2 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) θεωρείται γενικά ότι ξεκίνησε με την εφεύρεση ρομπότ. Η λέξη ρομπότ εισήχθη στη βιβλιογραφία από τον συγγραφέα Karel Capek στο έργο του 1921, «R.U. R» (Universal Robots του Rossum). Σηματοδότησε ένα εργοστάσιο όπου οι βιοσυνθετικές μηχανές. Στα μέσα του περασμένου αιώνα, ο Isaac Asimov αθάνασε τη λέξη «ρομπότ» σε μια συλλογή διηγήσεων της σύγχρονης επιστημονικής φαντασίας. Η πρώτη αναφορά ενός ανθρωποειδούς αυτόματου, ωστόσο, μπορεί να εντοπιστεί στον τρίτο αιώνα στην Κίνα, όταν ένας μηχανικός μηχανικός, ο Γιαν Σι, παρουσίασε στον Αυτοκράτορα Μου του Ζου, μια ανθρώπινη μορφή μηχανικής χειροτεχνίας κατασκευασμένη με δέρμα, ξύλο και τεχνητό όργανο (Needham, J., 1976). Τον 12ο αιώνα, ένας μουσουλμάνος μελετητής της χρυσής εποχής, ο Πολμάθ, ο εφευρέτης και ο μηχανικός μηχανικός που ονομάζεται al-Jazari δημιούργησαν ένα ανθρωποειδές ρομπότ ικανό να χτυπήσει κύμβαλα. Κατά την περίοδο της Αναγέννησης, ο Λεονάρντο ντα Βίντσι έκανε μια λεπτομερή μελέτη της ανθρώπινης ανατομίας για να σχεδιάσει το ανθρωποειδές ρομπότ του. Τα σκίτσα του που σχεδιάστηκαν το 1495, ανακαλύφθηκαν μόνο τη δεκαετία του 1950. Το ρομπότ του Leonardo ήταν ένα ρομπότ ιππότης που ήταν σε θέση να σηκωθεί, να καθίσει, να κουνήσει τα χέρια και να κινήσει το κεφάλι και το σαγόκι. Λειτουργούσε με τροχαλίες και καλώδια. Πιο σημαντικό από τα επιτεύγματά του σε αυτόν τον τομέα, τα βιβλία του da Vinci αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης για μια γενιά ρομποτικών ερευνητών, μερικοί από τους οποίους εργάστηκαν στη NASA.

Η ανάλυση των Big Data που προκύπτουν λόγω της τεχνολογίας μπορεί να γίνει μέσω της Τεχνητής Νοημοσύνης, που μπορεί να ερμηνευθεί ως ο τρόπος εκπαίδευσης των υπολογιστών για να μιμηθούν τα πρότυπα σκέψης και μπορεί ακόμη και να γίνει για την προσομοίωση των ανθρώπινων συμπεριφορών (Tecuci, 2012). Η ακρίβεια των επιτευχθέντων αποτελεσμάτων θεωρείται ότι αυξάνεται με περισσότερα δεδομένα και επεξεργασία καθώς πραγματοποιείται μηχανική μάθηση. Εξ ου και η πρωταρχική ανάγκη για Big Data και η επιθυμία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

1.2.3 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ

Οι ψηφιακές πλατφόρμες προσφέρουν καινοτόμες και δημοφιλείς υπηρεσίες σε καταναλωτές που, σε πολλές περιπτώσεις, έχουν φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι καταναλωτές επικοινωνούν μεταξύ τους, έχουν πρόσβαση σε ειδήσεις και πληροφορίες και αλληλεπιδρούν με τις επιχειρήσεις. Πολλές από τις υπηρεσίες που προσφέρονται από ψηφιακές πλατφόρμες παρέχουν σημαντικά οφέλη τόσο στους καταναλωτές όσο και στις επιχειρήσεις. Ο αντίκτυπος των ψηφιακών πλατφορμών στην παροχή ειδήσεων και δημοσιογραφίας είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Οι ειδήσεις και η δημοσιογραφία δημιουργούν ευρεία οφέλη για την κοινωνία μέσω της παραγωγής και της διάδοσης των γνώσεων, της έκθεσης της διαφθοράς και της υποχρέωσης των κυβερνήσεων και άλλων υπευθύνων λήψης αποφάσεων. Είναι σημαντικό οι κυβερνήσεις και το κοινό να γνωρίζουν και να κατανοούν τις συνέπειες της λειτουργίας αυτών των ψηφιακών πλατφορμών, των επιχειρηματικών τους μοντέλων και της ισχύος τους στην αγορά (Competition, A., & Consumer Commission. (2019).

1.2.4 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ένας από τους δρόμους που πρέπει να ακολουθήσετε για την επίτευξη των στόχων της αειφόρου ανάπτυξης είναι αυξημένη εξάρτηση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τεχνολογίες μετατροπής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας («Ανανεώσιμες πηγές») γενικά εξαρτώνται από τις ροές ενέργειας μέσω του οικοσυστήματος της γης που τροφοδοτείται από ηλιακή ακτινοβολία και η γεωθερμική ενέργεια της γης (Turkenburg, 2000). Ένα κύριο πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να εξαχθούν σε «ανανεώσιμη» λειτουργία, δηλαδή ο ρυθμός εξαγωγής τους είναι χαμηλότερο από το ρυθμό με τον οποίο φτάνει ή ρέει νέα ενέργεια στις δεξαμενές (Sørensen, 2000). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναμένεται να είναι κατάλληλες εναλλακτικές λύσεις σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον για διάφορους λόγους (Turkenburg, 2000).

1.2.5 ΓΕΩΧΩΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η γεωχωρική τεχνολογία αναφέρεται ευρέως σε μια σειρά εργαλείων και δυνατοτήτων που συμβάλλουν στη γεωγραφική χαρτογράφηση και ανάλυση, όπως τηλεανίχνευση, αεροφωτογράφιση, φασματικές δορυφορικές εικόνες, συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης και εθελοντικές γεωγραφικές πληροφορίες. Ως παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο η γεωχωρική τεχνολογία θεωρείται «χαμηλής τεχνολογίας», έχει περιγραφεί ως «πρόληψη συγκρούσεων 2ης γενιάς» σε σύγκριση με τις τεχνολογίες «3ης γενιάς» και «4ης γενιάς» όπως το crowdsourcing και τα κινητά τηλέφωνα ανοιχτού κώδικα (Francesco Mancini, n.d.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 SMART CITIES

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αστική ανάπτυξη βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα με τις επιπτώσεις της να είναι εμφανείς τόσο στην κοινωνία όσο και στο περιβάλλον (Arbolino et al., 2017). Σήμερα, όλος ο πλανήτης, βρίσκεται αντιμέτωπος με σοβαρές περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές κρίσεις (Kamruzzaman et al., 2015).

Αυτή τη στιγμή, το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού είναι εγκατεστημένο στις πόλεις και μέχρι το τέλος του 2050 το ποσοστό προβλέπεται να φτάσει στο 70% (UN World Urbanization Prospects, 2011). Ταυτόχρονα, το 80% των Ευρωπαίων πολιτών εργάζονται σε πόλεις (Correia & Wunstel, 2011).

Αναμφίβολα, οι πόλεις αναπτύσσονται σε επίκεντρα οικονομικής ανάπτυξης και υπολογίζεται πως το 2025, οι 600 μεγαλύτερες πόλεις παγκοσμίως, θα παράγουν το 60% του παγκόσμιου Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (McKinsey Global Institute, 2011). Ωστόσο, το γεγονός ότι το 80% της παγκόσμιας εκπομπής αερίων θερμοκηπίου παράγεται από τις πόλεις, τις καθιστά κύριο φορέα της κλιματικής αλλαγής (Lazaoiu and Roscia, 2012).

Το ασυνήθιστα υψηλό επίπεδο αστικής ανάπτυξης έχει δημιουργήσει την επείγουσα ανάγκη να βρεθούν τρόποι διαχείρισης των επακόλουθων προκλήσεων (Nam and Pardo, 2011), ενώ η συγκέντρωση τόσο μεγάλου αριθμού ανθρώπων τείνει να οδηγήσει σε αναταραχή (Johnson, 2008).

Επιπλέον, παρατηρείται εξίσου σημαντική αύξηση του μέσου μεγέθους των αστικών περιοχών. Αυτό κατέστη δυνατό με την ταυτόχρονη διεύρυνση των αστικών τεχνολογικών συνόρων, έτσι ώστε μια πόλη να έχει την ικανότητα και την δυνατότητα να φιλοξενήσει περισσότερους κατοίκους. Τα προβλήματα που σχετίζονται με τους αστικούς οικισμούς συνήθως επιλύονται μέσω της δημιουργικότητας, του ανθρώπινου κεφαλαίου, της συνεργασίας μεταξύ των

ενδιαφερόμενων μερών και των φωτεινών επιστημονικών ιδεών. Με άλλα λόγια, μέσω «έξυπνων» λύσεων (Caragliu et al., 2009).

Η έννοια των «έξυπνων πόλεων» (smart cities) είναι δύσκολο να οριστεί διότι, αρχικά, υπάρχει πληθώρα τρόπων ώστε κάτι να χαρακτηριστεί «έξυπνο» ενώ, επιπλέον, υπάρχει η τάση να χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη έννοια για προωθητικούς λόγους και όχι ως μια στρατηγική για την επίτευξη στόχων. Επομένως, είναι ευκολότερο να διατυπωθούν τα στοιχεία που δηλώνουν πως μια πόλη δεν είναι «έξυπνη» και μία πόλη δεν είναι «έξυπνη» όταν:

- 1) Υπάρχουν πάρα πολλά από όλα, όπως την υπερβολική κατανάλωση οχημάτων, τροφίμων, νερού και ενέργειας
- 2) τα διάφορα δίκτυα της πόλης δεν είναι σε θέση να επικοινωνούν και να λειτουργούν ως ένα ενιαίο σύστημα.
- 3) τα δίκτυα της πόλης δεν είναι δυναμικά και ευέλικτα και
- 4) τα ενδιαφερόμενα μέρη σε μια πόλη δεν συμμετέχουν σε όλα τα επίπεδα λήψης αποφάσεων και σχεδιασμού που αναπτύσσουν και εξελίσσουν μια πόλη προς το όραμά της (Copenhagen Cleantech Cluster, 2012).

Ενώ σχεδόν όλες οι πόλεις θέλουν να είναι «έξυπνες», δεν υπάρχει κάποιος απόλυτος ορισμός του εκφρασμένος σε όρους τεχνολογικούς, αναπτυξιακούς ή διοικητικούς. Η εντύπωση πως το να γίνει μια πόλη «έξυπνη» απαιτεί απλά περισσότερες επενδύσεις στις Τεχνολογίες των Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ICT-Information and Communication Technologies) είναι λανθασμένη. Το πιο σημαντικό ζήτημα δεν είναι η ανάπτυξη κατάλληλων τεχνολογιών αλλά η αποτελεσματική αντιμετώπιση της δυσκολίας της αλλαγής τρόπου λειτουργίας των οργανισμών ώστε με την χρήση των τεχνολογιών να προσφέρονται υπηρεσίες «έξυπνης» πόλης (Correia και Wunstel, 2011).

Ο σχεδιασμός μίας «έξυπνης» πόλης, απαιτεί μια ολιστική οπτική. Επομένως θα πρέπει να εμπλέκονται όλα τα τμήματά της (πολίτες, επιχειρήσεις, μεταφορές, ενέργεια, νερό, επικοινωνίες, αστικές υπηρεσίες και οι τεχνολογίες πληροφοριών) (Harrison et al., 2011). Για να αναλύσουμε ορθά την έννοια της «έξυπνης πόλης», θα πρέπει να μελετήσουμε τους παρεμφερείς όρους που εμπλέκονται στις έξι διαστάσεις (Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovi N. & Meijers E., 2011), οι οποίοι είναι η Οικονομία, οι Άνθρωποι, η Διακυβέρνηση, η

Κινητικότητα, το Περιβάλλον και η Διαβίωση και να εντοπίσουμε τις ρίζες των όρων που χρησιμοποιούνται ευρέως οι οποίοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατευθύνσεις: την τεχνολογική, την ανθρώπινη και την θεσμική (Πίνακας 1) (Nam et al., 2011). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένοι παρεμφερείς όροι της «έξυπνης πόλης».

Κατεύθυνση	Παρεμφερείς όροι
Τεχνολογική	<ul style="list-style-type: none"> Ψηφιακή πόλη – Digital City (Yovanof et al. 2009) Ευφυής Πόλη – Intelligent City (Komninos, 2008), (Malek, 2009) Πανταχού Παρούσα Πόλη – Ubiquitous City (Anthopoulos et al. 2010), (Lee, 2008)
Ανθρώπινη	<ul style="list-style-type: none"> Δημιουργική Πόλη – Creative City (Boulton et al. 2011), (Florida, 2002) Πόλη της Γνώσης – Knowledge City (Carrillo, 2009) Πόλη της Μάθησης – Learning City (Jucevience, 2010)
Θεσμική	<ul style="list-style-type: none"> Έξυπνες Κοινότητες – Smart Communities (Kanter et al. 2009)

Πίνακας 1: Σχετικοί όροι των έξυπνων πόλεων (Smart Cities) (Nam et al. 2011).

2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

2.2.1 ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΟΛΗ – DIGITAL CITY

Η ψηφιακή πόλη αναφέρεται «σε μια συνδεδεμένη κοινότητα που συνδυάζει υποδομές ευρυζωνικών επικοινωνιών, ευέλικτη υπολογιστική υποδομή προσανατολισμένη στις υπηρεσίες που βασίζεται σε ανοιχτά βιομηχανικά πρότυπα και, καινοτόμες υπηρεσίες για την κάλυψη των αναγκών των κυβερνήσεων και των υπαλλήλων τους, των πολιτών και των επιχειρήσεων» (Yovanof & Hazapis, 2009). Στόχος μίας τέτοια πόλης είναι να δημιουργήσει ένα ικανό περιβάλλον για ανταλλαγή πληροφοριών, συνεργασία, δια λειτουργικότητα και συνεχείς εμπειρίες για όλους τους κατοίκους οπουδήποτε στην πόλη (Nam et al., 2011).

2.2.2 ΕΥΦΥΗΣ ΠΟΛΗ – INTELLIGENT CITY

Ευφυής πόλη είναι εκείνη η οποία διαθέτει τόσο δομή πληροφοριών όσο και υποδομή των τεχνολογιών πληροφοριών, την τελευταία τεχνολογία στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, της ηλεκτρονικής και της μηχανολογικής (Malek, 2009).

Οι πρωτοβουλίες για σχεδιασμό ευφυών πόλεων καταβάλλουν σημαντικές προσπάθειες ώστε η χρήση της τεχνολογίας των πληροφοριών να μεταμορφώσει το επίπεδο ζωής και εργασίας στην περιοχή με σημαντικούς και θεμελιώδεις και όχι σταδιακούς τρόπους (Komninos & Sefertzi, 2009).

Μεταξύ των όρων «ψηφιακή» και «ευφυής» πόλη υφίσταται διάκριση, τόσο εννοιολογική όσο και πρακτική. Ο όρος «ευφυής», συνήθως, χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει μία πόλη η οποία υποστηρίζει και ενθαρρύνει διαδικασίες μάθησης, τεχνολογικής ανάπτυξης και καινοτομίας. Υπό αυτή την οπτική, η διατύπωση ότι κάθε «ψηφιακή» πόλη είναι και ευφυής, είναι λανθασμένη. Ωστόσο, κάθε «ευφυής» πόλη έχει πολλά στοιχεία μιας «ψηφιακής» πόλης (Komninos & Sefertzi, 2009).

2.2.3 ΠΑΝΤΑΧΟΥ ΠΑΡΟΥΣΑ ΠΟΛΗ – UBIQUITOYS CITY

Η «πανταχού παρούσα» πόλη (U-city) είναι μια περαιτέρω επέκταση της έννοιας της «ψηφιακής» πόλης όσον αφορά την «πανταχού παρούσα» προσβασιμότητα και υποδομή (Anthopoulos & Fitsilis, 2010). Αυτή η πόλη καθιστά τις υπολογιστικές λειτουργίες διαθέσιμες σε όλα τα στοιχεία του αστικού περιβάλλοντος όπως τους πολίτες, τα κτίρια, τις υποδομές και τους ανοιχτούς χώρους. Η δημιουργία μιας τέτοιας πόλης έχει σκοπό είναι να δημιουργήσει ένα δομημένο περιβάλλον όπου κάθε πολίτης μπορεί να λάβει οποιαδήποτε υπηρεσία επιθυμεί σε οποιοδήποτε μέρος οποτεδήποτε το θελήσει μέσω συσκευών (Lee, 2008).

2.3 ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

2.3.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΠΟΛΗ – CREATIVE CITY

Ως βασικός παράγοντας μια «έξυπνης» πόλης ορίζεται η δημιουργικότητα. Επομένως οι άνθρωποι, η εκπαίδευση, η μάθηση και η γνώση είναι στοιχεία μείζονος σημασίας για αυτήν. Η διευρυμένη έννοια της «έξυπνης» πόλης περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός πλαισίου κατάλληλου για μια αναδύομενη δημιουργική τάξη (Boulton et. al, 2011).

Ο σχεδιασμός μιας «δημιουργικής» πόλης είναι ένα από τα βασικά οράματα της «έξυπνης» πόλης καθώς η ανθρώπινη υποδομή (δηλ. δημιουργικά επαγγέλματα και εργατικό δυναμικό, δίκτυα γνώσης κ.λπ.) είναι ένας κρίσιμος άξονας για την ανάπτυξη της πόλης. Στόχος της είναι να αναπτύξει τη δημιουργικότητα και να δημιουργήσει ένα περιβάλλον που προσελκύει περισσότερους δημιουργικούς ανθρώπους, επιχειρήσεις και κεφάλαια (Florida, 2002).

2.3.2 ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ – KNOWLEDGE CITY

Οι «πόλεις της γνώσης» είναι πόλεις που μέσω της έρευνας, της τεχνολογίας και πνευματικού δυναμικού δημιουργούν μια οικονομία που κατευθύνεται από εξαγωγές υψηλής προστιθέμενης αξίας. Με άλλα λόγια, πρόκειται για πόλεις όπου τόσο ο ιδιωτικός όσο και ο δημόσιος τομέας αποτιμούν τη γνώση, καλλιεργούν γνώσεις, δαπανούν χρήματα για την στήριξη της διάδοσης και της ανακάλυψης της γνώσης και αξιοποιούν τις γνώσεις για την δημιουργία προϊόντων και υπηρεσιών οι οποίες προσδίδουν αξία και δημιουργούν πλούτο (Carrillo, 2009).

2.3.3 ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ – LEARNING CITY

Η «πόλη μάθησης» είναι συνήθως μια πυκνοκατοικημένη, αστική, τοπική κοινότητα που διαθέτει δίκτυα μάθησης (Jucevience, 2010). Με αυτό τον τρόπο τροφοδοτεί και υποστηρίζει την ανάπτυξη των πολιτών της ενώ οι ίδιοι μαθαίνουν τόσο ο ένας από τον άλλο όσο και έξω από την συγκεκριμένη κοινότητα. Σε μια τέτοια πόλη, δημιουργούνται αποδοτικά περιβάλλοντα που διασφαλίζουν τη μάθηση και την καινοτομία τόσο από κάθε άτομο, κάθε οργανισμό, κάθε τοπική

κοινότητα όσο και από την πόλη και τη διοίκησή της στο σύνολό της. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται βελτίωση σωματικής και πνευματικής ποιότητας ενώ αναπτύσσονται σύγχρονες εργασιακές ικανότητες που επιτρέπουν την ανταγωνιστικότητα και τη βιώσιμη ανάπτυξη εντός της πόλης και των οργανισμών της.

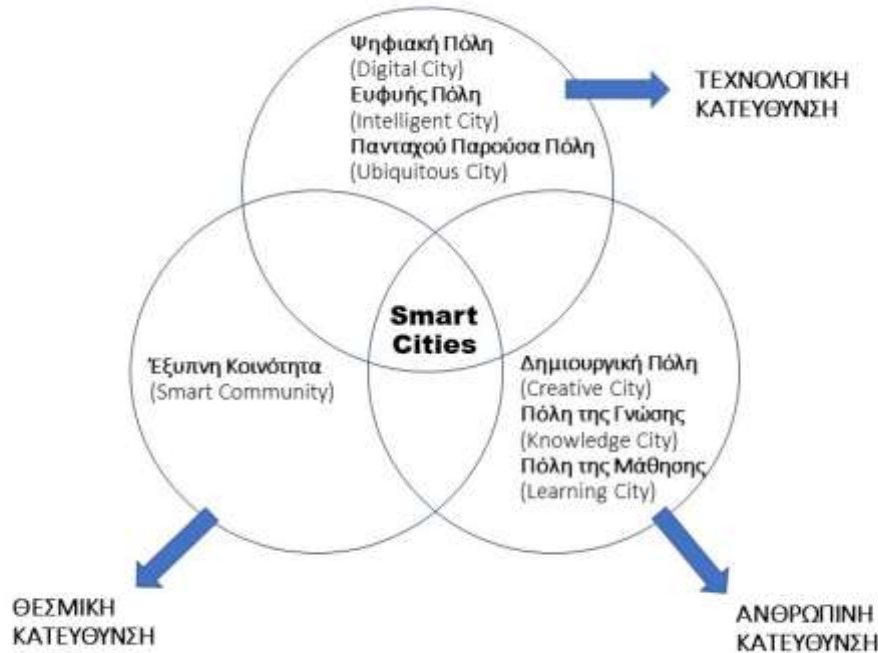
2.4 ΘΕΣΜΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

2.4.1 ΕΞΥΠΝΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ – SMART COMMUNITIES

Η «έξυπνη κοινότητα», ορίζεται ως μια κοινότητα της οποίας το εύρος ξεκινάει από μια μικρή γειτονιά και μπορεί να φτάσει έως ολόκληρο έθνος. Χαρακτηριστικό αυτών των κοινοτήτων είναι ότι τα μέλη της, οι οργανισμοί και οι κυβερνητικοί θεσμοί της συνεργάζονται ώστε με τη χρήση των πληροφοριακών τεχνολογιών (IT) να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των διαδικασιών τους σε σημαντικό βαθμό (Industry Canada, “Report of the Panel on Smart Communities”, 1998).

Μία «έξυπνη κοινότητα» έχει ως συνειδητή και κοινώς αποδεκτή πολιτική την ανάπτυξη της τεχνολογίας ως καταλύτη για την επίλυση των κοινωνικών και επιχειρηματικών της αναγκών. Η τεχνολογική ανάπτυξη και η διάδοσή της δεν είναι αυτοσκοπός αλλά ένα μέσο για τον επανασχεδιασμό πόλεων και την δημιουργία νέων οικονομιών και κοινωνιών. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο σκέψης, η θεσμική προετοιμασία και η διακυβέρνηση των κοινοτήτων είναι απαραίτητα για την επιτυχία των «έξυπνων κοινοτήτων» (Eger, 2009).

Στην εικόνα 1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλοι οι όροι που αναφέρθηκαν παραπάνω για την καλύτερη κατανόηση του όρου «έξυπνη πόλη».



Εικόνα 1: Βασικά συστατικά στοιχεία των "Έξυπνων Πόλεων" (Nam et al., 2011) (Ίδια επεξεργασία).

2.5 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ (SMART CITY)

Οι «έξυπνες πόλεις» απέκτησαν σημασία ως ο τρόπος διάθεσης υπηρεσιών και εφαρμογών που στηρίζονται στην Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας στους πολίτες, τις εταιρείες και τις αρχές, στα αναπόσπαστα, δηλαδή, μέρη του συστήματός της. Ο σχεδιασμός τέτοιων πόλεων έχει ως στόχο την αύξηση της ποιότητας ζωής των πολιτών και την βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ποιότητας των υπηρεσιών που παρέχονται από κυβερνητικούς φορείς και επιχειρήσεις (Correia & Wunstel, 2011).

Η έννοια της «έξυπνης πόλης» φαίνεται να είναι καινούρια από την οπτική σκοπιά της άσκησης πολιτικής ενώ οι περισσότερες έρευνες και μελέτες φαίνεται να εστιάζουν κυρίως στον ρόλο των

Τεχνολογιών των Πληροφοριών και Επικοινωνίας στις πόλεις. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί, πως σημαντικό ρόλο κατέχουν και άλλες διαστάσεις της πόλης οι οποίες συνδέονται με την οικονομία, τους ανθρώπους, τη διακυβέρνηση, την κινητικότητα, το περιβάλλον και τη διαβίωση (Giffinger et al., 2007).

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση του όρου «έξυπνη πόλη» των Chuanjun Z., Jingfeng Y., Lei Z., Yajing Z. & Qiuhu S. (2020), ένα ευρέως αποδεχτό εννοιολογικό πλαίσιο του όρου είναι αυτό των Giffinger et al. (2007). Όπως αναφέρεται από τους Anthopoulos & Fitsilis (2014), οι Giffinger et al. (2007) ορίζουν ένα «έξυπνο μοντέλο» πόλης στο οποίο περιλαμβάνονται τα έξι ακόλουθα χαρακτηριστικά τα οποία εμπεριέχουν στοιχεία του αστικού περιβάλλοντος (εικ. 6):

- Έξυπνη Οικονομία (Smart Economy)
- Έξυπνοι Άνθρωποι (Smart People)
- Έξυπνη Διακυβέρνηση (Smart Government)
- Έξυπνη Κινητικότητα (Smart Mobility)
- Έξυπνο Περιβάλλον (Smart Environment)
- Έξυπνη Διαβίωση (Smart Living)



Εικόνα 2: Τα έξι χαρακτηριστικά της "έξυπνης πόλης" (Giffinger et al., 2007) (Ιδία επεξεργασία).

Το κάθε χαρακτηριστικό περιγράφεται από 31 παράγοντες και ο κάθε παράγοντας μετριέται από 1-4 κατάλληλους δείκτες. Τα χαρακτηριστικά και οι παράγοντες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

<p>SMART ECONOMY (Competitiveness)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innovative spirit • Entrepreneurship • Economic image & trademarks • Productivity • Flexibility of labour market • International embeddedness • <i>Ability to transform</i> 	<p>SMART PEOPLE (Social and Human Capital)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Level of qualification • Affinity to life long learning • Social and ethnic plurality • Flexibility • Creativity • Cosmopolitanism/Open-mindedness • Participation in public life
<p>SMART MOBILITY (Transport and ICT)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local accessibility • (Inter-)national accessibility • Availability of ICT-infrastructure • Sustainable, innovative and safe transport systems 	<p>SMART GOVERNANCE (Participation)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participation in decision-making • Public and social services • Transparent governance • <i>Political strategies & perspectives</i>
<p>SMART LIVING (Quality of life)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cultural facilities • Health conditions • Individual safety • Housing quality • Education facilities • Touristic attractivity • Social cohesion 	<p>SMART ENVIRONMENT (Natural Resources)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attractivity of natural conditions • Pollution • Environmental protection • Sustainable resource management

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά και παράγοντες των "έξυπνων πόλεων" (Giffinger, 2007) (Ιδία επεξεργασία).

Ο συνδυασμός αυτών των έξι χαρακτηριστικών και ο συντονισμός των αντίστοιχων πολιτικών που τις συνοδεύει, είναι ικανή συνθήκη για την βελτιστοποίηση τόσο της αποδοτικότητας όσο και της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών, δραστηριοτήτων και υπηρεσιών που μίας πόλης (Chuanjun Z. et al., 2020).

Η Γενική Διεύθυνση Εσωτερικής Πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης πραγματοποίησε μια μελέτη το 2014 στην οποία συνοψίζει και εξηγεί τα ανωτέρω αναφερόμενα χαρακτηριστικά και τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

2.5.1 ΕΞΥΠΝΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ – SMART ECONOMY (EUROPEAN UNION, 2014)

Με τον όρο «έξυπνη οικονομία» εννοούμε το ηλεκτρονικό «επιχειρείν» και το ηλεκτρονικό εμπόριο, την αυξημένη παραγωγικότητα, την προηγμένη παραγωγή και παροχή υπηρεσιών μέσω Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ICT) και προηγμένων τεχνολογιών, την καινοτομία μέσω Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ITC) καθώς και νέα προϊόντα, νέες υπηρεσίες και επιχειρηματικά μοντέλα. Εγκαθιστά, επίσης, «έξυπνα» συμπλέγματα και οικοσυστήματα (π.χ. ψηφιακή επιχείρηση και επιχειρηματικότητα). Επιπροσθέτως, η «έξυπνη οικονομία» συνεπάγεται τοπική και παγκόσμια διασύνδεση και διεθνή ενσωμάτωση με φυσικές και εικονικές ροές αγαθών, υπηρεσιών και γνώσης (Πίνακας 3).

Εφαρμογές	Περιγραφή
Ανάλυση κινδύνου βάσει δεδομένων (Data based risk analysis)	Οι πάροχοι χρηματοοικονομικών υπηρεσιών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητά τους να εκτιμούν τους κινδύνους. Ο αυξανόμενος όγκος δεδομένων σε συνδυασμό με νέες τεχνολογίες (ανάλυση δεδομένων, τεχνητή νοημοσύνη κλπ.) δημιουργεί ευκαιρίες για καλύτερη αξιολόγηση των κινδύνου.
Νέα ψηφιακά συστήματα πληρωμών (New digital payment systems)	Οι νέες τεχνολογίες όπως η πληρωμή μέσω τηλεφώνου σε συνδυασμό με τον βιομετρικό έλεγχο ταυτότητας αναμένεται να εξαλείψουν εντελώς τα μετρητά.
Δυναμική τιμολόγηση (Dynamic pricing)	Η συνεχής αύξηση του αστικού πληθυσμού ασκεί μεγάλη πίεση στις, συχνά, περιορισμένης χωρητικότητας υποδομές. Η ανάπτυξη καινοτομίας

	στην τεχνολογία των αισθητήρων, η ανάλυση δεδομένων και τα νέα συστήματα πληρωμών, μπορούν να προσφέρουν τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο προκειμένου να ισορροπήσουν οι προσφερόμενες υποδομές με την ζήτηση αυτών.
Peer-to-peer δανεισμός (Peer-to-peer lending)	Χρήση ψηφιακών πλατφορμών προκειμένου άνθρωποι που θέλουν να δανείσουν χρήματα να «ταιριάζουν» με ανθρώπους που επιθυμούν να πάρουν κάποιο δάνειο.

Πίνακας 3: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης οικονομίας" (Deloitte, 2018).

2.5.2 ΕΞΥΠΙΝΗ ΑΝΘΡΩΠΟΙ – SMART PEOPLE (EUROPEAN UNION, 2014)

Με τον όρο «έξυπνοι άνθρωποι» εννοούμε ανθρώπους με ηλεκτρονικές δεξιότητες, που εργάζονται με την χρήση των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ICT), έχουν πρόσβαση στην εκπαίδευση και την κατάρτιση, στην διαχείριση των ικανοτήτων και των ανθρώπινων πόρων, μέσα σε μία κοινωνία που αναπτύσσει την δημιουργικότητα και προωθεί την καινοτομία. Επιπλέον, μπορεί να επιτρέψει στους ανθρώπους και τις κοινότητες να εισάγουν, να χρησιμοποιούν, να χειρίζονται και να εξατομικεύουν δεδομένα μέσω κατάλληλων εργαλείων επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, να λαμβάνουν αποφάσεις και να δημιουργούν προϊόντα και υπηρεσίες (Πίνακας 3).

Εφαρμογές	Περιγραφή
Πλατφόρμα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (e-Education Platform)	Παροχή υπηρεσιών τηλε-εκπαίδευσης στους χρήστες μέσω διαδικτυακής πλατφόρμας.
Διαχείριση εκπαιδευτικών χώρων (Campus Management)	Δημιουργία ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης χώρων εκπαίδευσης μέσω της χρήσης έξυπνων τεχνολογιών.
Εκπαίδευση περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης (Environmental Awareness Education)	Παροχή εκπαίδευσης και γνώσης περί περιβαλλοντικής προστασίας με σκοπό την ενδυνάμωση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Πολιτική εξοικονόμησης

ενέργειας και μείωσης εκπομπών Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του προγραμματισμού και της εφαρμογής (Power Conservation and Emission Reduction Policy) πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης εκπομπών.

Πίνακας 4: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνων ανθρώπων" (Hsi-Peng Lu, Chiao-Shan Chen & Hueiju Yu, 2019).

2.5.3 ΕΞΥΠΝΗ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΥΣΗ – SMART GOVERNANCE (EUROPEAN UNION, 2014)

Με τον όρο «έξυπνη διακυβέρνηση» εννοούμε την διακυβέρνηση εντός και εκτός πόλης, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών και των αλληλεπιδράσεων που συνδέουν και, κατά περίπτωση ενσωματώνουν δημόσιους, ιδιωτικούς, αστικούς και ευρωπαϊκούς οργανισμούς, έτσι ώστε η πόλη να μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως ένας οργανισμός. Το κύριο εργαλείο για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι οι Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ICT) (υποδομές, υλικό και λογισμικό) που λειτουργούν με έξυπνες διαδικασίες και τροφοδοτούνται από δεδομένα. Οι διεθνείς, εθνικές και ενδοχώριες συνδέσεις είναι, επίσης, σημαντικές δεδομένου ότι μια «έξυπνη πόλη» θα μπορούσε να περιγράψει ως ένας παγκόσμιος δικτυωμένος κόμβος. Αυτό συνεπάγεται δημόσιες, ιδιωτικές και αστικές εταιρικές σχέσεις και συνεργασία με διάφορους φορείς που συνεργάζονται για την επιδίωξη ευφυών στόχων σε επίπεδο πόλεων. Οι «έξυπνοι στόχοι» περιλαμβάνουν διαφάνεια και ανοιχτά δεδομένα με την χρήση των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ICT) και της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σε συμμετοχικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων και συν παραγόμενες ηλεκτρονικές υπηρεσίες, για παράδειγμα, ηλεκτρονικές εφαρμογές (apps). Επιπλέον, η «έξυπνη διακυβέρνηση» μπορεί να λειτουργήσει ως ο παράγοντας που θα συγχρονίσει και θα ενσωματώσει ορισμένα ή όλα από τα υπόλοιπα «έξυπνα» χαρακτηριστικά (Πίνακας 5).

Εφαρμογές	Περιγραφή
Ηλεκτρονική Δημοκρατία (e-Democracy)	Ο όρος «ηλεκτρονική δημοκρατία» αναφέρεται στις διαδικασίες και τις δομές που περιλαμβάνουν όλες τις μορφές ηλεκτρονικής αλληλεπίδρασης μεταξύ της κυβέρνησης και των πολιτών. Η «ηλεκτρονική δημοκρατία» περιλαμβάνει την πρόσβαση σε εκλεγμένους αξιωματούχους από όλα τα εκλογικά σώματα, τη διαθεσιμότητα και τη χρήση των φόρουμ συζήτησης, πρόσβαση σε συσκέψεις και έγγραφα τεκμηρίωσης.
Ηλεκτρονική Συμμετοχή (e-Participation)	Τα εργαλεία ηλεκτρονικής συμμετοχής χρησιμοποιούνται για τη συλλογή και τη συζήτηση των απόψεων των πολιτών και των επιχειρήσεων, έτσι ώστε οι ανησυχίες και οι ανάγκες τους να εκπροσωπούνται καλύτερα στα κυβερνητικά προγράμματα και τις διαδικασίες. Τα εργαλεία περιλαμβάνουν διαδικτυακές έρευνες και δημοσκοπήσεις, ηλεκτρονικά ενημερωτικά δελτία, φόρμες σχολίων και φόρουμ διαδικτύου όπου οι πολίτες μπορούν να εκφράσουν τις απόψεις τους.
Ηλεκτρονική Διαβούλευση (e-Consultation)	Η ηλεκτρονική διαβούλευση προχωρά τη διαδικασία ένα της ηλεκτρονικής συμμετοχής ένα βήμα παραπέρα διευκολύνοντας τα διαδικτυακά σχόλια για συγκεκριμένα θέματα πολιτικής ή κανονιστικά θέματα την στιγμή που αυτά βρίσκονται υπό ενεργό εξέταση από την κυβέρνηση.
Ηλεκτρονική Ψηφοφορία (e-Voting)	Η διαδικτυακή ψηφοφορία επιτρέπει στους ψηφοφόρους να ψηφίζουν ιδιωτικά και εύκολα από οποιαδήποτε τοποθεσία και σε οποιαδήποτε συσκευή με πρόσβαση στο διαδίκτυο (PC, tablet, smartphone κλπ.), εξασφαλίζοντας τη μέγιστη συμμετοχή στις εκλογές επιτρέποντας στους απομακρυσμένους και άτομα με ειδικές ανάγκες ψηφοφόρους να συμμετέχουν με ίσους όρους.

Πίνακας 5: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης διακυβέρνησης" (Vinod Kumar, 2014).

2.5.4 ΕΞΥΠΝΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ – SMART MOBILITY (EUROPEAN UNION, 2014)

Με τον όρο «έξυπνη κινητικότητα» εννοούμε τα υποστηριζόμενα από Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ICT) και ολοκληρωμένα συστήματα μεταφορών και εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, τα βιώσιμα, ασφαλή και διασυνδεδεμένα συστήματα μεταφορών μπορούν να περιλαμβάνουν τραμ, λεωφορεία, τρένα, μετρό, αυτοκίνητα, ποδήλατα και πεζούς σε καταστάσεις που χρησιμοποιούν ένα ή περισσότερα μέσα μεταφοράς. Η «έξυπνη κινητικότητα» δίνει προτεραιότητα σε «καθαρές» και συχνά μη-μηχανοκίνητες επιλογές. Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν

να έχουν πρόσβαση σε σχετικές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να εξοικονομήσουν χρόνο και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των μετακινήσεων, να εξοικονομήσουν κόστος και να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Οι χρήστες του συστήματος κινητικότητας ενδέχεται, επίσης, να παρέχουν τα δικά τους δεδομένα σε πραγματικό χρόνο ή να συμβάλλουν στον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό του συστήματος (Πίνακας 6).

Εφαρμογές	Περιγραφή
Παρακολούθηση Κυκλοφορίας (Monitoring Traffic)	Επιτρέπει στις αρχές να παρακολουθούν, να αναλύουν και να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφορία και τους πεζούς, όπως ανίχνευση συμφόρησης, εκτίμηση των χρόνων ταξιδιού και ανίχνευση της παράνομης συμπεριφοράς των αυτοκινήτων. Μπορεί να βασιστεί στην παρακολούθηση των δεδομένων, π.χ., για να αξιολογήσει τον αντίκτυπο των διαφόρων συμβάντων όπως, καιρός, κλείσιμο δρόμου και προσαρμογές στους χρόνους των φαναριών, στην κυκλοφορία. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα μπορούν να χρησιμεύσουν ως απόδειξη συμβάντων για τις αρχές.
Ηλεκτρονική Στάθμευση (e-Parking)	Επιτρέπει στους χρήστες να αναζητούν, να κάνουν κράτηση και να πληρώνουν για θέσεις στάθμευσης. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνει λειτουργικότητα για τη διαχείριση των χώρων στάθμευσης, την προσφορά θέσεων στάθμευσης και τη διαχείριση αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παρόχων χώρων στάθμευσης και των χρηστών.
Μοιραζόμενη Κινητικότητα (Sharing mobility)	Επιτρέπει την κοινή χρήση οχημάτων (car-sharing) και διαδρομών (car-pooling), καθώς και την ανακοίνωση, αναζήτηση, κράτηση και πληρωμή αυτοκινήτων και κοινόχρηστων παγίων όπως και την πρόσβαση σε οχήματα.
Βελτιστοποίηση χρόνων φωτεινών σηματοδοτών (Traffic light optimization)	Προσαρμογή των χρόνων των φωτεινών σηματοδοτών βάσει διαφορετικών παραγόντων, όπως τρέχουσα ροή κυκλοφορίας, ιστορικά δεδομένα και προσέγγιση ειδικών τύπων οχημάτων, όπως οχήματα έκτακτης ανάγκης και δημόσια λεωφορεία. Ο κύριος στόχος αυτού του τύπου υπηρεσίας είναι να ανταποκριθεί στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις στη ροή της κυκλοφορίας και να δώσει προτεραιότητα στην κίνηση ειδικών οχημάτων.

Πίνακας 6: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης κινητικότητας" (Cledou, G., Estevez, E., & Soares Barbosa, L., 2018).

2.5.5 ΕΞΥΠΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ – SMART ENVIRONMENT (EUROPEAN UNION, 2014)

Με τον όρο «έξυπνο περιβάλλον» συμπεριλαμβάνουμε την «έξυπνη ενέργεια» συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα υποστηριζόμενα από Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ICT) ενεργειακά δίκτυα, την μέτρηση, τον έλεγχο και την παρακολούθηση της ρύπανσης, την ανακαίνιση των κτιρίων, τα πράσινα κτίρια, τον πράσινο πολεοδομικό σχεδιασμό καθώς και την αποδοτικότητα της χρήσης των πόρων, την επαναχρησιμοποίηση και την αντικατάσταση των πόρων που εξυπηρετούν τους παραπάνω στόχους. Οι αστικές υπηρεσίες, όπως ο φωτισμός του δρόμου, η διαχείριση των αποβλήτων, τα συστήματα αποστράγγισης και τα συστήματα υδάτινων πόρων που παρακολουθούνται για την αξιολόγηση του συστήματος, τη μείωση της ρύπανσης και τη βελτίωση της ποιότητας του νερού, είναι επίσης παραδείγματα «έξυπνου περιβάλλοντος» (Πίνακας 7).

Εφαρμογές	Περιγραφή
Συστήματα ενεργειακού αυτοματισμού (Energy automation systems)	Συστήματα που βελτιστοποιούν τη χρήση ενέργειας και νερού σε εμπορικά και δημόσια κτίρια, αξιοποιώντας αισθητήρες και στοιχεία μέσω ανάλυσης δεδομένων για να εξαλείψουν τις ανεπάρκειες.
Έξυπνοι φωτεινοί σηματοδότες (Smart streetlights)	Συνδεδεμένοι και εξοπλισμένοι με αισθητήρα ενεργειακά αποδοτικοί φωτεινοί σηματοδότες (συμπεριλαμβανομένων των LED) που βελτιστοποιούν τη φωτεινότητα και μειώνουν τις ανάγκες συντήρησης. Οι έξυπνοι φωτεινοί σηματοδότες μπορούν να εξοπλιστούν με ηχεία, αισθητήρες ανίχνευσης πυροβολισμών και άλλες λειτουργίες για τη βελτίωση της λειτουργικότητας.
Έξυπνη άρδευση (Smart irrigation)	Βελτιστοποίηση της άρδευσης χρησιμοποιώντας ανάλυση πληροφοριών όπως τοπικός καιρός, συνθήκες εδάφους, τύπος φυτού και ούτω καθεξής για την εξάλειψη του περιττού ποτίσματος.
Ανίχνευση διαρροής και έλεγχος (Leakage detection and control)	Απομακρυσμένη παρακολούθηση των συνθηκών των σωλήνων με χρήση αισθητήρων και έλεγχος της πίεσης της αντλίας για μείωση ή αποτροπή διαρροής νερού. Ο έγκαιρος εντοπισμός διαρροών θα οδηγήσει στις κατάλληλες ενέργειες από τα αρμόδια κρατικά τμήματα και τις εταιρείες κοινής ωφέλειας.

Βελτιστοποίηση**διαδρομής συλλογής
απορριμμάτων**

(Waste collection route optimization)

Χρήση αισθητήρων μέσα στους κάδους απορριμμάτων για τη μέτρηση του όγκου απορριμμάτων και του ορισμού των διαδρομών των απορριμματοφόρων. Αυτή η εφαρμογή αποσκοπεί στην βελτιστοποίηση των δρομολογίων των απορριμματοφόρων μίας πόλης.

Πίνακας 7: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνου περιβάλλοντος" (McKinsey Global Institute, 2018).

2.5.6 ΕΞΥΠΝΗ ΔΙΑΒΙΩΣΗ – SMART LIVING (EUROPEAN UNION, 2014)

Ο όρος «έξυπνη διαβίωση», περιλαμβάνει ιδέες και υποστηριζόμενους από τεχνολογικούς τρόπους ζωής, συμπεριφοράς και κατανάλωσης, που επιτρέπουν την αύξηση της κατανόησης για την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και τεχνολογίας, σε συνδυασμό με την ανάλυση της κοινωνικής συμπεριφοράς, την μηχανική, την επικοινωνία, τη λήψη αποφάσεων και την ανάλυση δεδομένων. Οι τεχνολογίες της «έξυπνης διαβίωσης», σχετίζονται με τον σχεδιασμό συστημάτων που θα γίνουν χρήση από ανθρώπους, ανεξαρτήτως από τα περιβάλλοντα στα οποία ζουν ή εργάζονται. Επιπλέον, αποτελεί έναν υγιή και ασφαλή τρόπο διαβίωσης, σε μια ζωντανή πολιτιστικά πόλη, με ποικιλία πολιτιστικών εγκαταστάσεων που ενσωματώνουν ποιοτική στέγαση και διαμονή, ενώ συνδέεται με υψηλά επίπεδα κοινωνικής συνοχής και κοινωνικού κεφαλαίου (Πίνακας 8).

Εφαρμογές	Περιγραφή
Ιδιωτικότητα και ασφάλεια (Energy automation systems)	Υπάλληλοι ασφαλείας, φώτα ασφαλείας και αστυνομικοί, σε περιοχές που δεν υπάρχει ασφάλεια, καθώς θα μπορεί πλέον να γίνει πιο εύκολα και γρήγορα η δουλειά, αφού οι άνθρωποι θα αισθάνονται ασφαλείς. Μια έξυπνη πόλη θα πρέπει να παρέχει ιδιωτικό απόρρητο και ασφάλεια, για να θεωρηθεί μια τέτοια πόλη (Kong et al., 2019).
Κινητά Πορτοφόλια (Mobile Wallets)	Πορτοφόλια ψηφιακής έκδοσης μέσω κινητών κτλ., στα οποία απαιτείται η εγκατάσταση σχετικών εφαρμογών για να γίνει η υποστήριξή τους. Μπορεί να γίνει συσχέτιση αυτών με άλλες ηλεκτρονικές υπηρεσίες, όπως πιστωτικές κάρτες και octopus κάρτες.

Έξυπνη παρακολούθηση δρομολογίων λεωφορείων (Smart Buses Tracking)	<p>Σύνδεση της ταχολογίας και των υπηρεσιών των λεωφορείων. Παρακολούθηση μέσω GPS των λεωφορείων και άλεση ενημέρωση για την πραγματική ώρα άφιξής τους σε σημεία που ενδιαφέρουν, με εξαιρετική ακρίβεια. Ο πολίτης ελέγχει και ενημερώνεται μέσω του κινητού του. Αυτό βοηθάει στην μείωση του χρόνου αναμονής και στον καλύτερο σχεδιασμό των δρομολογίων.</p>
Λήψη αποφάσεων και διακυβέρνηση (Decision-making and Governance)	<p>Η «έξυπνη διαβίωση» απαιτεί περισσότερα από απλά δεδομένα και αναλύσεις στοιχείων. Πρέπει να κατανοείται ο τρόπος που ο άνθρωπος θα επεξεργάζεται, θα αντιδρά και θα αλληλοεπιδρά με το κομμάτι των πληροφοριών και της τεχνολογίας, οδηγώντας έτσι σε μια βιώσιμη διακυβέρνηση των πόρων.</p>
Έξυπνα οικοδομικά υλικά (Smart building materials)	<p>Τα κτίρια μετατρέπονται σε «ζωντανά εργαστήρια» και μέσω σύγχρονων αναλυτικών στοιχείων, προσαρμόζονται στην ανθρώπινη συμπεριφορά και ενημερώνουν. Έτσι βελτιώνονται οι υποδεμές, τα χημικά και βιολογικά περιβάλλοντα καθώς και η λήψη αποφάσεων. Μέσω αισθητήρων γίνεται η παρακολούθηση της ενέργειας, του νερού και της ευρυζωνικότητας του κτίσματος, και έτσι δίνεται η δυνατότητα στον άνθρωπο να τεκμηριώσει τις αποφάσεις του σχετικά με την διαδικασία σωστής χρήσης πόρων.</p>

Πίνακας 8: Παραδείγματα εφαρμογών "έξυπνης διαβίωσης".

2.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ

2.6.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗΣ

Η Σιγκαπούρη θέλοντας να είναι πρωτοπόρος, σχετικά με τις πρωτοβουλίες που αφορούν την έξυπνη πόλη, επιδιώκει να είναι και παράλληλα το πρώτο έξυπνο έθνος παγκοσμίως. Έτσι έγιναν εκτεταμένες προσπάθειες με σκοπό την συλλογή δεδομένων για την καθημερινότητα. Οι πρωτοβουλίες στις οποίες δόθηκε ιδιαίτερη σημασία είναι:

- Η ανάπτυξη συστημάτων για γνώση παραβιάσεων που σχετίζονται με το κάπνισμα,
- Η ανάπτυξη συστημάτων που καταλαβαίνουν πότε υπάρχει ρίψη απορριμμάτων από πολυώροφα κτίρια,
- Η ανάπτυξη αισθητήρων που θα παρακολουθούν και θα ελέγχουν, την πυκνότητα του πλήθους και την κίνηση των εγγεγραμμένων αυτοκινήτων.

Το «Singapore Smart Nation Programme» ξεκίνησε το 2014, με συλλογή όλων των δεδομένων σε έναν κέντρο ελέγχου με την ονομασία «Virtual Singapore», που αποτελεί μια πλατφόρμα η οποία δίνει την δυνατότητα στην κυβέρνηση, να έχει πρόσβαση, σε πληροφορίες που σχετίζονται με την λειτουργία της έξυπνης πόλης σε πραγματικό χρόνο, καθώς και την δυνατότητα για προσομοίωση κάποιων καταστάσεων που δεν παρατηρούνται στο παρόν, αλλά ενδέχεται να εμφανιστούν στο μέλλον. Παράδειγμα αποτελεί η δυνατότητα στους σχεδιαστές πόλεων να εκτελούν εικονικές δοκιμές - επαληθεύοντας, πώς μπορεί να εκκενωθεί πλήθος από μια γειτονιά που αντιμετωπίζει έκτακτη ανάγκη.

2.6.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΝΤΟΥΜΠΑΪ

Το Ντουμπάι αποτελεί, και αυτό, μια πόλη με πρωτοπορία και πάνω από 100 πρωτοβουλίες σχετικές με την έξυπνη πόλη, που ξεκίνησε το 2013 για να γίνει το Ντουμπάι, μια τέτοια πόλη, έως το 2030. Έχει γίνει ανάπτυξη 50 έξυπνων υπηρεσιών από 200 κυβερνητικές οντότητες, μέρος της κυβερνητικής «Smart Dubai Initiative». Τα έργα που γίνονται, έχουν ως στόχο να ενοποιήσουν τον ιδιωτικό και δημόσιο τομέα, δίνοντας την δυνατότητα στους πολίτες, να έχουν πρόσβαση σε όλους αυτούς τους τομείς, μέσω των smartphones τους. Η ζωή των πολιτών της πόλης του Ντουμπάι, διευκολύνεται, με την ύπαρξη υπηρεσιών, όπως το «mPay» και «DubaiNow», και δυνατότητες για:

- Πληρωμή εισιτηρίου ταχύτητας μέσω ενός συστήματος που εγγράφει και καταγράφει τα οχήματα,
- Βρείτε ένα ATM,
- Πληρωμή λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας, υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, προστίμων κυκλοφορίας, εκπαιδευτικών υπηρεσιών, υπηρεσιών υγείας, μεταφορών και επιχειρήσεων,
- Αναφορές παραβιάσεων,
- Παρακολούθηση της κατάστασης της βίζας του κάθε πολίτη,
- Παρακολούθηση πακέτων,
- Πάρε ταξί.

Επίσης, υπάρχουν κάποιες πρωτοβουλίες και συστήματα, όπως το Dubai Autonomous Transportation Strategy, που στοχεύουν να δημιουργηθούν συγκοινωνίες χωρίς οδηγούς, να ψηφιοποιηθούν πλήρως κυβερνητικές, επιχειρηματικές και πελατειακές πληροφορίες και συναλλαγές, καθώς και παροχή hotspots για πρόσβαση σε αυτές.

Υπάρχει ακόμη, η πρωτοβουλία «Digital City», η οποία εκχωρεί σε κάθε κτίριο έναν μοναδικό κωδικό QR και μέσω αυτού οι πολίτες μπορούν να σαρώσουν και να περιέχουν πληροφορίες σχετικά με το κτίριο, το οικόπεδο και την τοποθεσία.

Τέλος, η «Smart Nol Card», αποτελεί μια ενοποιημένη επαναφορτιζόμενη κάρτα, που δίνει την δυνατότητα και επιτρέπει στους πολίτες να πληρώνουν για όλες τις υπηρεσίες μεταφοράς όπως το μετρό, τα λεωφορεία, τα θαλάσσια λεωφορεία και τα ταξί.

2.6.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΒΑΡΚΕΛΩΝΗΣ

Στην Βαρκελώνη, με την εγκατάσταση μιας σειράς έξυπνων ενεργειακών συστημάτων, στο πλαίσιο της στρατηγικής «CityOS», όπως αυτά που θα αναφερθούν παρακάτω, γίνεται εξοικονόμηση δισεκατομμυρίων δολαρίων ετησίως. Τέτοια συστήματα είναι:

- Έξυπνοι φωτεινοί σηματοδότες και φωτισμός που προσαρμόζεται, ανάλογα με τη δραστηριότητα του κάθε δρόμου,
- Εγκατάσταση αισθητήρων στάθμευσης που δίνουν δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, που σχετίζονται, με την ύπαρξη κενών θέσεων στάθμευσης και την εύρεση αυτών στο ακριβές σημείο,
- Εγκατάσταση αισθητήρων σε κάδους απορριμμάτων, δίνοντας την δυνατότητα για ευκολότερη και αυτόματη συλλογή αυτών,
- Εγκατάσταση αισθητήρων στο σύστημα άρδευσης στο Parc del Center de Poblenou, που δίνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, για κηπουρικά θέματα και ενημερώνουν σχετικά με το επίπεδο του νερού που υπάρχει και αυτό που απαιτείται,
- Έγινε σχεδίαση και ανάπτυξη ενός νέου δικτύου λεωφορείων, που βασίζεται στην ανάλυση δεδομένων των πιο κοινών ροών κυκλοφορίας, με χρήση κυρίως κατακόρυφων, οριζόντιων και διαγώνιων διαδρομών με αρκετές εναλλαγές,

- Επιπλέον, όταν αναφέρεται έκτακτη ανάγκη, η προσεγγιστική διαδρομή που θα ακολουθήσει το όχημα έκτακτης ανάγκης, εισάγεται στο σύστημα φωτεινών σηματοδοτών, ρυθμίζοντας έτσι, όλους τους φωτεινούς σηματοδότες σε πράσινο, καθώς το όχημα πλησιάζει μέσω ενός συνδυασμού λογισμικού GPS και διαχείρισης κυκλοφορίας, επιτρέποντας στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης να φτάσουν στο συμβάν χωρίς καθυστέρηση.

2.6.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΜΣΤΕΡΝΤΑΜ

Η πρωτοβουλία «Amsterdam Smart City», ξεκίνησε το 2009 περιλαμβάνοντας πάνω από 170 έργα και συστήματα, που αναπτύχθηκαν και βελτιώθηκαν, από κοινού, από κατοίκους, κυβερνήσεις και επιχειρήσεις. Αυτά τα έργα λειτουργούν σε πλατφόρμα για να βελτίωση των δυνατοτήτων λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Ο Δήμος του Άμστερνταμ, ισχυρίζεται ότι, σκοπός των έργων είναι μειωθεί η κυκλοφορία, να εξοικονομηθεί ενέργεια και να βελτιωθεί η δημόσια ασφάλεια, κινητοποιώντας παράλληλα τους πολίτες.

Για να προωθηθούν οι προσπάθειες των κατοίκων της περιοχής, διοργανώνεται ετησίως το «Amsterdam Smart City Challenge», με παρουσίαση προτάσεων, εφαρμογών και εξελίξεων που εντάσσονται στο πλαίσιο της έξυπνης πόλης. Ένα παράδειγμα μιας ανεπτυγμένης εφαρμογής κατοίκου είναι το «MobyPark», η οποία παρέχει την δυνατότητα στους ιδιοκτήτες χώρων στάθμευσης, να ενοικιάζουν τις ιδιοκτησίες τους σε άτομα έναντι αμοιβής. Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που δημιουργούνται από αυτήν την εφαρμογή μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν από την Πόλη, για να προσδιοριστεί η ζήτηση στάθμευσης και οι ροές κυκλοφορίας. Ορισμένα σπίτια έχουν εφοδιαστεί με έξυπνους μετρητές ενέργειας, με σκοπό να μειωθεί ενεργά η κατανάλωση ενέργειας.

Επίσης, μοιράζονται δεδομένα κίνησης και μεταφοράς, με προγράμματα που δημιουργούν εφαρμογές χαρτογράφησης, που συνδέονται με συστήματα μεταφοράς. Άλλες πρωτοβουλίες περιλαμβάνουν έξυπνο φωτισμό δρόμου, επιτρέποντας στους δήμους να ελέγχουν τη φωτεινότητα των φωτεινών σηματοδοτών και την έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας, όπου η κίνηση παρακολουθείται σε πραγματικό χρόνο και μεταδίδονται πληροφορίες, σχετιζόμενες με τον

τρέχοντα χρόνο ταξιδιού σε συγκεκριμένους δρόμους, ώστε να καθορίζονται οι βέλτιστες διαδρομές.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί και η δημιουργία αυτόνομων σκαφών με την ονομασία «Roboats», καθώς και πλωτών χωριών-σπιτιών, που λύνουν τον υπερπληθυσμό της πόλης, προσδίδοντας βιώσιμη και ενεργειακά αποδοτική λύση.

2.6.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΣΛΟ

Η πρωτεύουσα μιας από τις πλουσιότερες χώρες του κόσμου, το Όσλο, αναφέρεται συνήθως σε λίστες με τις πιο έξυπνες πόλεις του κόσμου. Η πόλη έχει δείξει μεγάλα σημάδια προόδου στο κομμάτι της τεχνολογίας των πληροφοριών, με σκοπό να περιοριστεί η κατανάλωση ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Όπως και άλλες έξυπνες πόλεις, το Όσλο έχει εγκαταστήσει αισθητήρες για παρακολούθηση της στάθμευσης. Έχει εγκατασταθεί ένα δίκτυο αισθητήρων για βελτίωση της φροντίδας ασθενών και ηλικιωμένων ασθενών. Έχει γίνει και δημιουργία ενός δικτύου έξυπνου φωτισμού των δρόμων, το οποίο μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κατά σχεδόν τα δύο τρίτα.

Η προσέγγιση έξυπνης πόλης του Όσλο, είναι χαρακτηριστική και προοδευτική με έμφαση στην αειφόρο ενέργεια, διαθέτοντας ένα ολοκληρωμένο δίκτυο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων E.V. και δημιουργία ευκαιριών για ηλεκτρικά οχήματα και απαλλαγή από πληρωμή φόρων επί των πωλήσεων και δικαιοδοσία δωρεάν στάθμευσης, χρέωσης και μεταφοράς με πλοία. Ήδη, υπάρχουν περισσότεροι από 2.000 σταθμοί φόρτισης. Η πόλη προσελκύει επίσης τα δυναμικά της σχέδια για μείωση των εκπομπών άνθρακα από τα αυτοκίνητα, εξετάζοντας να απαγορευθούν τα ιδιωτικά οχήματα μέχρι το τέλος της δεκαετίας.

Το Όσλο άρχισε, επίσης, να κυκλοφορεί έξυπνο φωτισμό LED και έχει ξεκινήσει ένα ευρύ δίκτυο ανίχνευσης για την παρακολούθηση των επιπέδων κυκλοφορίας, με υπηρεσίες και τεχνολογία αναγνώρισης πινακίδας κυκλοφορίας, που συνδέεται με το σχήμα φόρτισης συμφόρησης. Υπάρχουν, επίσης, διαθέσιμες εφαρμογές για έξυπνο χώρο στάθμευσης, το οποίο προσφέρει πληρωμή μέσω κινητού. Τέλος, γίνονται προσπάθειες για αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή και αυτή σχετίζεται και με τα κτίρια, τα οποία αντιπροσωπεύουν περίπου το 40% της κατανάλωσης

ενέργειας παγκοσμίως. Στο Όσλο, χρησιμοποιείται ευρέως η χρήση αισθητήρων για τον έλεγχο του φωτισμού, της θέρμανσης και της ψύξης. Η κυβέρνηση της Νορβηγίας, έχει ανακοινώσει σχέδια για να οικοδομηθεί μια βιώσιμη έξυπνη πόλη, σε έκταση 260 στρεμμάτων κοντά στο αεροδρόμιο του Όσλο, με σκοπό αναπτυχθούν κοινότητες με γνώμονα την τεχνολογία. Έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να υφίσταται τροφοδοσία μόνο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ η περίσσεια θα πωλείται ξανά στο δίκτυο, με παράλληλη ασφαλή διαχείριση των αποβλήτων. Θα επιτρέπονται μόνο ηλεκτρικά οχήματα, με θέληση των σχεδιαστών να υπάρχουν μόνο αυτοκινούμενα οχήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Το παρόν κεφάλαιο αφιερώνεται στην παρουσίαση των επιστημονικών δημοσιεύσεων που σχετίζονται με την χρησιμοποίηση των τριών μεθόδων (QFD, AHP και ANP) ως προς τον σχεδιασμό και την υλοποίηση προγραμμάτων που αφορούν την διαμόρφωση των «έξυπνων πόλεων» (Smart Cities). Επιπροσθέτως, παρατίθενται συνοπτικές περιγραφές ως προς το θεωρητικό πλαίσιο που διέπει τις τρεις αυτές μεθοδολογίες, προκειμένου έτσι ο αναγνώστης να αποκτήσει μια, όσο το δυνατόν, πιο ολιστική εικόνα αναφορικά με το εννοιολογικό αλλά και ιστορικό τους υπόβαθρο.

3.2 ΑΡΘΟΓΡΑΦΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ QFD, AHP ΚΑΙ ANP

3.2.1 ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ QFD ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Βασισμένοι στην πεποίθηση ότι η εφαρμογή της μεθοδολογίας QFD μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα ως προς τον έγκυρο προσδιορισμό των αναγκών των πολιτών αλλά και στην αποτελεσματική ικανοποίησή τους, οι Zawati και Dweiri (2016), παρουσίασαν τις θέσεις τους μέσα από την μελέτη της περίπτωσης (case study) του Ιδρύματος Πληροφοριακής Τεχνολογίας του Ντουμπάι. Επί της ουσίας, οι ερευνητές ασχολήθηκαν με την περιγραφή του τρόπου με τον οποίο οι οντότητες του δημόσιου τομέα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το μοντέλο QFD για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των χαρακτηριστικών των εφαρμογών έξυπνων υπηρεσιών, τη χαρτογράφηση τους στις ανάγκες των πολιτών και την αύξηση της χρησιμότητάς τους για αυτούς, ενώ σύμφωνα με τα όσα υποστηρίζουν, η διαδικασία αυτή μπορεί να επιφέρει πλήθος θετικών επιδράσεων ως προς την βελτίωση της δημόσιας διοίκησης.

Οι Alsaadi et al. (2018), επιχειρήσαν να εξετάσουν τις προοπτικές βελτίωσης των κινητών κυβερνητικών υπηρεσιών (mobile government services), μέσα από την διερεύνηση των απόψεων των πολιτών από τις χώρες της Σαουδικής Αραβίας, των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων και του Ομάν, εφαρμόζοντάς τες σε ένα μοντέλο QFD. Η συλλογή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε μέσα από την διενέργεια συνεντεύξεων και ερωτηματολογίων, ενώ για το σκοπό της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν παρεμφερείς κυβερνητικές υπηρεσίες και από τα τρία ανωτέρω κράτη. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν οι ερευνητές, το πρώτο σε βαρύτητα στοιχείο που οι πολίτες επιθυμούν να βελτιωθεί είναι η απεικόνιση των πληροφοριών που αναζητάνε σε «πραγματικό χρόνο» (real time), ενώ έκπληξη προκάλεσε το γεγονός ότι το στοιχείο της φυσικής εξυπηρέτησής τους κατετάχθη τελευταίο στις προτιμήσεις τους.

Οι Deveci et al. (2019), ασχολήθηκαν στην δημοσίευσή τους με το θέμα της αξιολόγησης της ποιότητας εξυπηρέτησης στις δημόσιες συγκοινωνίες, επιχειρώντας να διερευνήσουν αλλά και να ερμηνεύσουν τις γνώμες αλλά και τα παράπονα των πολιτών της Κωνσταντινούπολης, δίχως ωστόσο να λαμβάνουν υπόψη τους τα επιμέρους δημογραφικά κριτήρια των συμμετεχόντων στην έρευνα. Η αξιολόγηση των πρωτογενών δεδομένων έγινε σε δύο στάδια. Το πρώτο αποσκοπούσε στην μείωση των κριτηρίων περί της ικανοποίησης των πολιτών μέσω της εφαρμογής της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA), ενώ στο δεύτερο οι προσδιορίστηκαν οι βασικοί παράγοντες αξιολόγησης μέσω της εφαρμογής της μεθόδου QFD (Quality Function Deployment). Σύμφωνα με τους ερευνητές, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η προτεινόμενη μέθοδος αξιολόγησης μπορεί να βοηθήσει τους υπευθύνους λήψης αποφάσεων επί των θεμάτων διαχείρισης των δημοσίων συγκοινωνιών έτσι ώστε να επικεντρωθούν σε τομείς υψηλής προτεραιότητας, προκειμένου έτσι να είναι σε θέση να αναπτύξουν αποτελεσματικά τους διαθέσιμους πόρους για την αντιμετώπιση των αναγκών μετακίνησης των πολιτών.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι σε μια προγενέστερή τους δημοσίευση, οι Deveci et al. (2016), είχαν επίσης ασχοληθεί με το συγκεκριμένο θέμα, δηλαδή με την εφαρμογή της μεθόδου QFD προκειμένου να διαπιστωθούν οι ανάγκες των πολιτών αναφορικά με το θέμα των δημόσιων συγκοινωνιών στην Κωνσταντινούπολη, με απώτερο σκοπό να βελτιωθεί η ικανοποίησή τους μέσω της διάδρασής τους με αυτές. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν στην δημοσίευσή τους, η μεθοδολογία QFD είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να καταστεί δυνατή η σωστή συνεκτίμηση των προσδοκιών των επιβατών κατά την παροχή υπηρεσιών δημόσιας μεταφοράς,

δεδομένου ότι παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού των προτεραιοτήτων στις οποίες θα πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή, εξασφαλίζοντας παράλληλα την διακράτηση του συνολικού κόστους σε χαμηλά επίπεδα αλλά και ικανοποιώντας τις απαιτήσεις των πολιτών.

Τέλος, οι Han et al. (2019), εστίασαν στην βελτίωση της εμπειρίας των τουριστών στις πόλεις μέσα από την χρησιμοποίηση των εφαρμογών της επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality – AR). Προκειμένου να διερευνηθούν οι γνώμες των τουριστών αλλά και να εξεταστούν παράλληλα με τις απόψεις των ειδικών του κλάδου του τουρισμού στην περιοχή του Δουβλίνου, διενεργήθηκε έρευνα μέσω προσωπικών συνεντεύξεων αλλά και ερωτηματολογίων έτσι ώστε να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα στοιχεία τα οποία και αποτέλεσαν τις εισροές του μοντέλου QFD που χρησιμοποιήθηκε ακολούθως. Τα αποτελέσματα της ανωτέρω έρευνας οδήγησαν στην περιγραφή των απαιτήσεων των τουριστών βάσει δεικτών συμπεριφοράς και ψυχολογίας, ενώ παράλληλα οι συγγραφείς προτείνουν μια μέθοδο για τη μετάφρασή τους σε στοιχεία τεχνικού σχεδιασμού για εφαρμογές τουριστικών εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας.

3.2.2 ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ANP ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΞΥΠΙΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Η αποτελεσματικότερη διαχείριση της περιορισμένης χωροταξίας των αστικών κέντρων, καθώς και της υδροδότησης των περισσότερο αποκεντρωμένων περιοχών τους, κέντρισαν το ενδιαφέρον των Grimaldi et al. (2017). Σύμφωνα με τους ερευνητές, η υλοποίηση προσεκτικών εκτιμήσεων ως την επιλογή των εγκαταστάσεων των επενδυτικών υποδομών, μπορεί να επιφέρει σημαντικές εξοικονομήσεις αλλά και να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των επιχειρήσεων στα αστικά κέντρα. Προκειμένου να παρουσιάσουν τις θέσεις τους, χρησιμοποίησαν το υφιστάμενο δίκτυο μιας πόλης στη νότια Ιταλία, όπου και εφάρμοσαν την προσέγγιση της μεθόδου ANP προκειμένου να κατασκευάσουν έναν χάρτη μέσω του οποίου δύναται να αυξηθεί η δυναμικότητα και αποτελεσματικότητα του υφιστάμενου (πολεοδομικού και υδροτικού) συστήματος της πόλης, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν ότι θα πρέπει να δοθεί και η δέουσα προσοχή στην αξιοποίηση των πιο αποκεντρωμένων και αγροτικών περιοχών προκειμένου να ανακουφιστούν τα υφιστάμενα δίκτυα των μεγάλων αστικών κέντρων.

Η υλοποίηση των ολοκληρωμένων αστικών συστημάτων ως προς τις ενεργειακές, τις πληροφοριακές αλλά μεταφορικές τους υποδομές προβληματίσαν τους Wu et al. (2018), οι οποίοι μελέτησαν αυτοτελώς κάθε μία επιμέρους μεταβλητή του ανωτέρω τρίπτυχου, εφαρμόζοντας την μέθοδο ANP προκειμένου να καταλήξουν σε χρήσιμα συμπεράσματα. Σύμφωνα με τους αρθρογράφους, τα τρία αυτά στοιχεία αποτελούν την βάση επί της οποίας μπορούν να οικοδομηθούν πραγματικά έξυπνες πόλεις, καθώς να προσφέρουν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις προκειμένου να αυξηθούν οι δείκτες συνολικής αποδοτικότητας (τόσο ως προς την κατανάλωση των πόρων, όσο και ως προς την αύξηση της ικανοποίησης των πολιτών). Επιπλέον, υπογραμμίζουν την σημασία της σύμπραξης των μεγάλων ιδιωτικών κεφαλαίων, με τις πολιτείες και τα κράτη προκειμένου να επιταχυνθούν οι διαδικασίες που θα μπορέσουν να οδηγήσουν στην πραγμάτωση των μελετών που θα εστιάζουν στην συνδυαστική μελέτη των όσων αναφέρουν.

Στην δημοσίευση των Rad et al. (2018), επισκοπούμε τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθηθούν προκειμένου να οικοδομηθούν οι απαραίτητες υποδομές, οι οποίες με την σειρά τους θα οδηγήσουν στην δημιουργία των έξυπνων πόλεων του μέλλοντος, οι οποίες σύμφωνα με τους αρθρογράφους αποτελούν, πλέον, έναν αναπόφευκτο στόχο. Για το λόγο αυτό ανέπτυξαν ένα πλαίσιο διερεύνησης των κύριων στοιχείων μιας έξυπνης πόλης (π.χ. οι πολίτες της, το περιβάλλον, οι βασικές της υποδομές), καθώς και των επιμέρους κριτηρίων για τη μέτρηση του κάθε στοιχείου. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των συνιστωσών και των κριτηρίων τους, καθορίστηκε χρησιμοποιώντας τις μεθόδους ANP και DEMATEL. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν, μια έξυπνη πόλη συνίσταται από δύο βασικά στοιχεία, τους έξυπνους πολίτες (smart citizens) και της έξυπνη διακυβέρνηση (smart governance). Μια έξυπνη πόλη είναι μια πόλη που διαθέτει μια υποδομή έξυπνου δικτύου και αποτελείται από έξυπνους πολίτες που ζουν σε έξυπνα σπίτια, τα οποία βρίσκονται σε ένα έξυπνο περιβάλλον κάτω από ένα έξυπνο σύστημα επιτήρησης και ασφάλειας, οι οποίοι επωφελούνται από ένα έξυπνο σύστημα εκπαίδευσης και έξυπνης υγειονομικής περίθαλψης. Από την άλλη πλευρά, ένα έξυπνο σύστημα διακυβέρνησης και διαχείρισης οφείλει να προβαίνει στην υλοποίηση έξυπνων πολιτικών, εξασφαλίζοντας έξυπνες χρηματοδοτήσεις και δρώντας στο πλαίσιο μιας έξυπνης οικονομίας.

Οι Wey και Ching (2018), επιχείρησαν να προσδιορίσουν τους παράγοντες εκείνους που μπορούν να συνδράμουν στην οικοδόμηση των «βιώσιμα έξυπνων πόλεων» (smart sustainable cities). Αιτιολογούν την απόφασή τους αυτή αναφέροντας ότι ενώ τα ερευνητικά εγχειρήματα εστιάζουν τόσο στην δημιουργία των έξυπνων πόλεων, όσο και στην εξασφάλιση της βιωσιμότητας των μελλοντικών αστικών κέντρων, εντούτοις οι προσπάθειες σύνδεσης των δύο αυτών εννοιών είναι ισχνή. Για τους αρθρογράφους, το κλειδί που μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ των δύο αυτών στόχων, αλλά και να οδηγήσει στον προσδιορισμό των παραγόντων που δύναται να φέρουν το μεγαλύτερο ειδικό βάρος ως προς την υλοποίηση των μελλοντικών βιώσιμα έξυπνων πόλεων, είναι η εκμετάλλευση των «μεγάλων δεδομένων» (big data). Το συμπέρασμά τους συνίσταται στο ότι η ενεργειακή κατανάλωση των πόλεων, οι κτιριακές της υποδομές, η εκμετάλλευση των νέων τεχνολογιών, η απρόσκοπτη λειτουργία του μεταφορικού δικτύου, καθώς και η εξασφάλιση της ασφάλειας και της υγειονομικής κάλυψης των πολιτών, αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει να εξασφαλίζονται σε συνεχόμενη βάση και με αποτελεσματικό τρόπο, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της δημιουργία βιώσιμα έξυπνων πόλεων.

Ολοκληρώνοντας, οι Ardabili et al. (2020), αναφέρουν ότι ο αποτελεσματικός προσδιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιριακών υποδομών των πόλεων διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο για την επίτευξη της επιθυμητής αστικής αειφορίας. Η πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης έχει επίσης ιδιαίτερη σημασία για την ανάπτυξη των μελλοντικών έξυπνων πόλεων και του αστικού τους σχεδιασμού. Σύμφωνα με τους ερευνητές η μηχανική εκμάθηση (machine learning) μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση των μεθόδων και των τεχνολογιών για την πρόβλεψη της ζήτησης και της κατανάλωσης των υποδομών των σύγχρονων αστικών κέντρων. Επιπροσθέτως, τα μοντέλα βαθιάς εκμάθησης (deep learning models) μπορούν να επιφέρουν σημαντικές τομές ως προς τον δημιουργία αποτελεσματικότερων μοντέλων σχηματισμού προβλέψεων, κάτι που όπως αναφέρουν έχει ήδη εφαρμοστεί σε διάφορους άλλους παραγωγικούς τομείς.

3.2.3 ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΗΡ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Η αξιολόγηση των μεθόδων κατασκευής και διαμόρφωσης των έξυπνων πόλεων αποτέλεσε το επίκεντρο της εργασίας των Shi et al. (2017), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι είναι αναγκαία η ανάπτυξη ενός συνόλου επιστημονικών, λογικών και αποτελεσματικών δεικτών και μοντέλων προκειμένου να επιτευχθεί ο ανωτέρω στόχος και να μπορέσει έτσι να διερευνηθεί ο βαθμός της «ευφυΐας» των έξυπνων πόλεων. Συνδυάζοντας πλήθος δεδομένων που συνέλεξαν από 151 πόλεις της Κίνας, προχώρησαν στην περαιτέρω αξιολόγησή τους μέσω διαφόρων μοντέλων ΑΗΡ με στόχο να διαπιστώσουν ποιο εξ αυτών μπορούσε να αποτυπώσει με μεγαλύτερη πιστότητα τον δείκτη της τρέχουσας «ευφυΐας» των πόλεων αυτών. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν οι αρθρογράφοι, το μοντέλο ΑΗΡ-ELM (Extreme Learning Machine) παρήγαγε τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Σε παρόμοιο μήκος κύματος κινήθηκαν και οι Anand et al. (2017), οι οποίοι επιχείρησαν να εξετάσουν τους δείκτες βιωσιμότητας των έξυπνων πόλεων στην Ινδία. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν, η διαχείριση των πόρων των έξυπνων πόλεων - και ιδίως της ενέργειας - είναι ένας πολύ κρίσιμος παράγοντας που χαρακτηρίζει την πολυπλοκότητα διαφόρων αλληλοσυνδεδεμένων παραμέτρων αξιολόγησης των συνολικών επιδόσεων βιωσιμότητάς τους. Το βασικό ερευνητικό τους συμπέρασμα συνίσταται στο ότι οι υπεύθυνοι λήψης πολιτικών αποφάσεων θα πρέπει να λειτουργούν με γνώμονα την συνεχιζόμενη οικονομική και ενεργειακή ανάπτυξη των αστικών κέντρων προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά επίπεδα της μακρόπνοης βιωσιμότητάς τους.

Οι Milosevic et al. (2017), επιχείρησαν να διερευνήσουν την βαρύτητα 35 επιμέρους κριτηρίων (από ποικίλους τομείς όπως της διακυβέρνησης, των οικονομικών, της διαβίωσης, των μετακινήσεων, κλπ.) που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των έξυπνων πόλεων (στη βιβλιογραφία συναντώνται ως οι παράγοντες εκείνου που παρέχουν στους ανθρώπους επαρκείς συνθήκες διαβίωσης, ενισχύοντας παράλληλα την αειφόρο ανάπτυξη σε όλους τους τομείς). Βάσει των ευρημάτων τους, φαίνεται ότι οι παράγοντες των στρατηγικών αποφάσεων που είναι προσανατολισμένες προς την μακρόπνοη υλοποίηση των έξυπνων πόλεων, καθώς και οι επαρκείς υποδομές πληροφοριακής τεχνολογίας, κατατάσσονται στα υψηλότερα επίπεδα μεταξύ των λοιπών κριτηρίων, ενώ από την άλλη πλευρά, η διαχείριση των φυσικών πόρων λαμβάνει σημαντικά χαμηλή θέση μεταξύ των υπό εξέταση κριτηρίων.

Με την διερεύνηση των εμποδίων που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων, στην Ινδία, στην προσπάθειά τους να οικοδομήσουν τις έξυπνες πόλεις του μέλλοντος, ασχολήθηκαν στην δημοσίευσή τους οι Rana et al. (2018). Κατόπιν της έρευνας που διενήργησαν, κατέληξαν στο εντοπισμό 31 επιμέρους εμποδίων τα οποία και χώρισαν σε έξι βασικές κατηγορίες – Διακυβέρνησης, Οικονομικά, Τεχνολογικά, Κοινωνικά, Περιβαλλοντολογικά και Νομικά / Ηθικά. Η κατηγοριοποίηση των εμποδίων έγινε με την μέθοδο AHP, ενώ οι αρθρογράφοι διαπίστωσαν ότι η σημαντικότερη κατηγορία εμποδίων που φαίνεται να καθυστερεί περισσότερο την δημιουργία των έξυπνων πόλεων είναι αυτή της διακυβέρνησης, με τους ερευνητές να υπογραμμίζουν την σημασία των ξεκάθαρων και γενναίων πολιτικών κατευθύνσεων ως προς την υλοποίηση των έξυπνων πόλεων.

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν οι Myeong et al. (2018), οι πολιτικές περί της υλοποίησης των έξυπνων πόλεων που εστιάζουν, αμιγώς, στην τεχνολογία έχουν επικριθεί για την εξάλειψη (ή την υποεκτίμηση) των διαφόρων λοιπών παραγόντων που επιδρούν στην διαδικασία αυτή. Επισημαίνουν, δε, το γεγονός πως όταν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων αποτυγχάνουν να διερευνήσουν επαρκώς την πλειοψηφία (ή και το σύνολο) των παραγόντων που επηρεάζουν την εφαρμογή των έξυπνων πολιτικών, ενδέχεται το τελικό αποτέλεσμα να μην είναι προσανατολισμένο προς την παροχή αποτελεσματικών και ποιοτικών υπηρεσιών προς τους πολίτες, μιας και οι έξυπνες πόλεις δεν περιλαμβάνουν μόνο τεχνικά στοιχεία, αλλά και πλήθος άλλων παραγόντων που τους περιβάλλουν (π.χ. το οικοσύστημα πολιτικής και τις αστικές υποδομές). Για το λόγο αυτό – και μέσα από την εφαρμογή της μεθόδου AHP – οι ερευνητές επιχείρησαν να εξετάσουν τους εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες που δύναται να έχουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο κατά τη διαδικασία οικοδόμησης των έξυπνων πόλεων. Τα ευρήματά τους φανερώνουν ότι η ενεργός εμπλοκή των πολιτών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, καθώς και η ρηξικέλευθες πολιτικές παρεμβάσεις είναι δύο από τους σημαντικότερους παράγοντες που μπορούν να επιδράσουν θετικά προς το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Κεντρικός άξονας της εργασίας των Salvia et al. (2019), αποτέλεσε η αποτελεσματικότερη και πιο βιώσιμη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας που προορίζεται για την δημόσια φωταγώγηση των πόλεων της Βραζιλίας. Μεταξύ του πλήθους των παραγόντων που εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας το μοντέλο AHP, διαπιστώθηκε ότι η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αλλά και η πυγμή των κυβερνώντων προς την υλοποίηση πολιτικών που να είναι

εμπροσθοβαρείς προς την κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης, μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές εξοικονομήσεις ενεργειακών πόρων, κάτι το οποίο επιβεβαίωσαν και μέσα από μια αναλυτική χρηματοοικονομική ανάλυση της μελλοντικής κατανάλωσης για τον σκοπό αυτό.

Οι Rizvi et al. (2019), παρουσίασαν στην δημοσίευσή τους ένα σύστημα έξυπνης στάθμευσης με γνώμονα τον πράκτορα (Agent-oriented Smart Parking Recommendation System – ASPIRE), το οποίο θα μπορούσε να βρει άμεση εφαρμογή κατά τον σχεδιασμό των έξυπνων πόλεων. Επί της ουσίας, το πρόγραμμα αυτό αναλύει πλήθος παραγόντων, όπως π.χ. τις προτιμήσεις στάθμευσης του οδηγού, τον τύπο στάθμευσης που συνήθως αναζητεί, τη μέγιστη τιμή που είναι διατεθειμένος να πληρώσει και το μέγιστο χρόνο που θα χρειαστεί να περπατήσει από τον χώρο στάθμευσης προς τον προορισμό του, και προτείνει τη βέλτιστη θέση στάθμευσης, δεδομένης της ανάλυσής τους. Η ανάλυση των ανωτέρω μεταβλητών γίνεται με βάση τη μεθοδολογία AHP, ενώ σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν οι ερευνητές, η συμβολή της εν λόγω εφαρμογής προς τους υπευθύνους λήψης αποφάσεων στα αστικά κέντρα μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθότι μπορεί να προσφέρει χρήσιμα στατιστικά στοιχεία για την διαμόρφωση μελλοντικών χώρων στάθμευσης (κάτι το οποίο είναι αμοιβαία επωφελές τόσο για την πολιτεία αφού θα εισπράξει το χρηματικό αντίτιμο, όσο και για τους ίδιους τους πολίτες αφού θα μπορούν να εξυπηρετηθούν πιο άμεσα και με μεγαλύτερη άνεση).

Τέλος, οι Porro et al. (2020), επιχείρησαν να διερευνήσουν τους παράγοντες που οδηγούν στην επιλογή της τοποθεσίας των εγκαταστάσεων των ενεργειακών πολυεθνικών εταιριών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, υπό το πρίσμα της διαμόρφωσης των έξυπνων πόλεων του μέλλοντος. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν, οι κυβερνώντες των ευρωπαϊκών κρατών οφείλουν να έχουν μια ξεκάθαρη εικόνα ως προς τους παράγοντες που μπορούν να δελεάσουν την εγκατάσταση των ενεργειακών πολυεθνικών εταιριών στην χώρα τους, αλλά και να στοχεύουν παράλληλα προς την διαμόρφωση των προϋποθέσεων εκείνων που θα επιτρέψουν στις χώρες τους να οικοδομήσουν τις έξυπνες πόλεις του μέλλοντος. Βάσει των ανωτέρω, οι αρθρογράφοι παρατηρούν ότι οι ισχυρές κυβερνητικές πολιτικές που αποσκοπούν στην αειφόρο ανάπτυξη μέσω της αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και το υψηλό επίπεδο διαφανών διαδικασιών, αλλά και η μειωμένη γραφειοκρατία συγκαταλέγονται μεταξύ των πιο σημαντικών παραγόντων προσέλκυσης των ενεργειακών πολυεθνικών εταιριών.

3.3 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD

Εάν κανείς επιχειρούσε να συνοψίσει την έννοια της μεθόδου QFD σε μία πρόταση, τότε αυτή θα ήταν: «η μετάφραση των επιθυμιών των καταναλωτών σε χρήσιμη πληροφόρηση για τους κατασκευαστές». Σύμφωνα με το Ινστιτούτο QFD, η μέθοδος Quality Function Deployment αναπτύχθηκε για να ενισχύσει την προσωπική διεπαφή μεταξύ των καταναλωτών και των επιχειρήσεων. Στη σημερινή βιομηχανική κοινωνία, όπου οι αυξανόμενες αποκλίσεις μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών είναι μπορούν να δημιουργήσουν ουσιώδη χάσματα επικοινωνίας, η μέθοδος QFD συνδέει τις ανάγκες του πελάτη (ποιότητα στόχου) με το σχεδιασμό, την ανάπτυξη, τη μηχανική, το μάρκετινγκ, την κατασκευή, την εξυπηρέτηση και άλλες οργανωτικές λειτουργίες μέσω της συστηματικής της ανάπτυξης.

Εν ολίγοις, η μέθοδος QFD αποσκοπεί στο: α) Να αφουγκραστεί τις επιθυμίες (την φωνή) των καταναλωτών (Voice of Customer – VOC), β) Εντοπίζει τις πραγματικές ανάγκες των πελατών, γ) Προσφέρει στις επιχειρήσεις έναν σχεδιαστικό οδηγό προκειμένου να ενσωματώσουν τις ανωτέρω αυτές ανάγκες των πελατών στα προϊόντα ή/και τις υπηρεσίες τους και τέλος δ) Οδηγήσει στην παραγωγή και την παροχή ποιοτικών προϊόντων ή/και υπηρεσιών, δίδοντας παράλληλα την δέουσα προσοχή στις διάφορες επιχειρησιακές λειτουργίες προς την επίτευξη ενός κοινού στόχου, ο οποίος δεν είναι άλλος από την ικανοποίηση των πελατών.

3.3.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στην ιστορική επισκόπηση της μεθόδου QFD που διενεργήθηκε από τον Wolniak (2017), αναφέρεται ότι μετά το πέρας του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου – και δεδομένων των τεράστιων οικονομικών απωλειών που υπέστη η ιαπωνική οικονομία - η παραγωγή των εγχώριων βιομηχανιών της βασίστηκε κυρίως στην αντιγραφή αμερικανικών προϊόντων χαμηλής ποιότητας. Σύντομα ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι μόνο καινοτόμα προϊόντα, υψηλής ποιότητας, μπορούν να εξασφαλίσουν την επιτυχία των Ιαπωνικών επιχειρήσεων, μια απαίτηση που ήδη φαίνονταν να κάνει αισθητή την παρουσία της σε παγκόσμια κλίμακα, ειδικά αν συνυπολογιστεί και η επικείμενη άνθιση της αυτοκινητοβιομηχανίας που λάμβανε χώρα κατά την ίδια περίοδο.

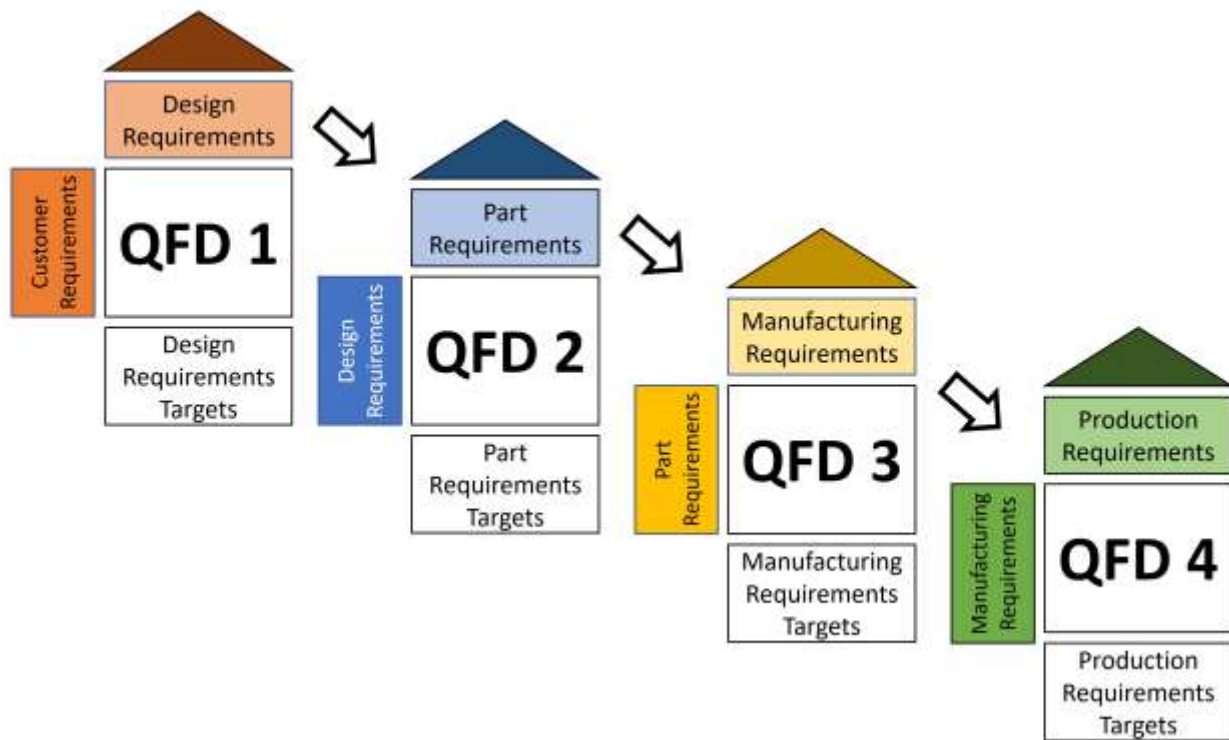
Βάσει των όσων παρατίθενται στον ιστότοπο του Ινστιτούτου QFD, η μέθοδος Quality Function Deployment αναπτύχθηκε περί τα τέλη της δεκαετίας του 1960, από τους καθηγητές Shigeru Mizuno και Yoji Aka. Σκοπός των δύο αυτών επιστημόνων ήταν να αναπτύξουν μια μέθοδο διασφάλισης της ποιότητας, η οποία εφόσον θα εφαρμόζονταν με τη δέουσα προσοχή και ωριμότητα, θα κατάφερνε να ενσωματώσει στη σχεδιαστική φάση του προϊόντος (δηλαδή προτού καν αυτό κατασκευαστεί) πολλά από τα χαρακτηριστικά που θα οδηγήσουν στην δυνητική ικανοποίηση των πελατών. Μέχρι τότε, οι υφιστάμενες μέθοδοι ποιοτικού ελέγχου στόχευαν, κυρίως, στην επίλυση των όποιων συναφών προβλημάτων (δηλαδή περί της μη ικανοποίησης των επιθυμιών των πελατών) κατά τη διάρκεια της παραγωγής των προϊόντων ή μετά το πέρας της κατασκευής τους. Η πρώτη απόπειρα εφαρμογής της μεθόδου πραγματοποιήθηκε το 1966, από την εταιρία Bridgestone Tire στην Ιαπωνία, όπου χρησιμοποιήθηκε ένα διάγραμμα τύπου «ψαροκόκκαλο» (fishbone diagram) στο οποίο επιχειρήθηκαν να αποτυπωθούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των προϊόντων που θα ενσωματώνονταν στην παραγωγική διαδικασία, καθώς και οι διεργασίες που απαιτούνταν προκειμένου να διασφαλιστεί ο ποιοτικός τους έλεγχος.

Η μετέπειτα εφαρμογή της μεθόδου από την εταιρία Mitsubishi, το 1972, ήταν που οδήγησε στην έκρηξη της δημοφιλίας της, καθώς και στην αναδιαμόρφωση του διαγράμματος τύπου «ψαροκόκκαλου» που εφαρμόζονταν έως και εκείνη τη στιγμή. Δεδομένου ότι πλήθος παραγόντων μπορεί να επηρεάσουν τόσο την επιλογή των χαρακτηριστικών που θα ενσωματωθούν στο τελικό προϊόν, όσο και τις διαδικασίες παραγωγής αλλά και ελέγχου του, διαπιστώθηκε ότι θα ήταν προτιμότερη η χρήση ενός υπολογιστικού φύλλου (ή πίνακα ή μήτρας) όπου οι σειρές θα συμβολίζουν τα επιθυμητά αποτελέσματα αναφορικά με την ικανοποίηση των πελατών και οι στήλες τις διαδικασίες ελέγχου και αξιολόγησης των απαιτούμενων βημάτων παραγωγής και ελέγχου.

Έκτοτε, και δεδομένης της τάσης των βιομηχανιών να στρέφονται σταδιακά προς την αύξηση της διασφάλισης της ποιότητας της παραγωγής τους – η μέθοδος QFD γνώρισε τεράστια αποδοχή παγκοσμίως, τόσο στην Αμερική, όσο και στην Ευρώπη. Μέχρι και σήμερα, έχουν δημοσιευθεί πολλές παραλλαγές της υπολογιστικής μήτρας που είχε αρχικά προταθεί (προκειμένου να ανταποκρίνεται αποτελεσματικότερα στις ιδιαίτερες ανάγκες της κάθε επιχείρησης), με την αποστολή της μεθόδου φυσικά να έχει μείνει αναλλοίωτη στο πέρασμα του χρόνου.

3.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ QFD

Η μέθοδος QFD συνίσταται στην εφαρμογή τεσσάρων βασικών βημάτων (φάσεων) τα οποία περιγράφουν-παρουσιάζουν τις απαιτούμενες δραστηριότητες καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ανάπτυξης προϊόντων. Σε κάθε φάση χρησιμοποιείται μια σειρά από πίνακες για τη μετάφραση της «φωνής των πελατών» (VOC) για τη σχεδίαση απαιτήσεων για κάθε σύστημα, υποσύστημα και στοιχείο του εφαρμοστέου μοντέλου (Gupta και Srivastava, 2011).



Εικόνα 3: Οι 4 φάσεις της μεθόδου QFD (Gupta και Srivastava, 2011) (Ιδία επεξεργασία).

Πιο αναλυτικά, οι τέσσερις φάσεις της μεθόδου QFD συνοψίζονται ως εξής (Chan και Wu, 2007, Moubachir και Bouami, 2015, Erdil και Arani, 2018):

1^η Φάση – Προσδιορισμός-Σχεδιασμός του Προϊόντος

Η πρώτη φάση της μεθόδου ξεκινάει με τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών που σχετίζονται με την «φωνή των καταναλωτών», καθώς και με τη μετάφραση των επιθυμιών τους στις προδιαγραφές του προϊόντος που έπεται να παραχθεί. Στην φάση αυτή μπορεί κανείς να συναντήσει και μια επισκόπηση του ανταγωνισμού προκειμένου να διαπιστωθούν οι ενέργειες των ανταγωνιστών στην αγορά των συναφών προϊόντων. Η αρχική σχεδίαση βασίζεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις των πελατών, καθώς και στις προδιαγραφές απόδοσης του προϊόντος.

2^η Φάση – Ανάπτυξη του Προϊόντος

Κατά τη δεύτερη φάση της μεθόδου προσδιορίζονται και ιεραρχούνται τα κρίσιμα στοιχεία που προέκυψαν από την ανάλυση της πρώτης φάσης (δηλαδή της καταγραφής της «φωνής των πελατών»). Τα σημαντικά αυτά χαρακτηριστικά του προϊόντος μεταφέρονται και μεταφράζονται σε κρίσιμα ή βασικά μέρη και χαρακτηριστικά συναρμολόγησης του προϊόντος (ή εξαρτήματα των γενικότερών του κατασκευαστικών προδιαγραφών). Στη συνέχεια, οι λειτουργικές απαιτήσεις ή προδιαγραφές καθορίζονται για κάθε λειτουργικό επίπεδο.

3^η Φάση – Σχεδιασμός των Διαδικασιών

Κατά τη τρίτη φάση της μεθόδου αναπτύσσονται και εξετάζονται όλες οι απαιτούμενες διαδικασίες κατασκευής του προϊόντος, οι οποίες, φυσικά, σχεδιάζονται με βάση τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί στην προηγούμενη φάση.

4^η Φάση – Παραγωγή του Προϊόντος και Ποιοτικός Έλεγχος των Διαδικασιών

Στο τελευταίο στάδιο της μεθόδου προβλέπονται όλες οι απαραίτητες ενέργειες που σχετίζονται με την αποτύπωση όλων των ανωτέρω φάσεων στο τελικό σχέδιο παραγωγής. Επιπλέον, προβλέπεται η εξασφάλιση της εύρυθμης παραγωγικής διαδικασίας, καθώς και ο έλεγχος διασφάλισης της ποιότητας των προϊόντων σε όλο το μήκος της γραμμής παραγωγής. Σε αυτό το τελευταίο στάδιο αναπτύσσονται επίσης τυχόν απαιτήσεις επιθεώρησης και αυξημένων δοκιμών των προϊόντων. Η πλήρης παραγωγή ξεκινά με την ολοκλήρωση των μελετών περί της επάρκειας

των εφαρμοστέων διαδικασιών, καθώς και μετά το πέρας της πιλοτικής κατασκευής ορισμένων προϊόντων προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το πλάνο είναι λειτουργικό.

3.3.3 ΤΟ ΣΠΙΤΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (THE HOUSE OF QUALITY – HoQ)

Το Σπίτι της Ποιότητας (HoQ) είναι, ίσως, το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα της μεθόδου QFD και συμβολίζεται με έναν πίνακα (ή μια μήτρα) ο οποίος θυμίζει το σχήμα ενός σπιτιού (εξ' ου και το συναφές όνομα). Το HoQ είναι το πιο βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στη μέθοδο QFD και αποσκοπεί στο να ενώσει τις ανάγκες των πελατών (δηλαδή την «φωνή των καταναλωτών») με τις τεχνικές προδιαγραφές του προϊόντος. Η επεξηγηματική βιβλιογραφία επί του HoQ είναι ιδιαίτερα πλούσια και κατόπιν της επισκόπησής της παρατηρήθηκε ότι ορισμένοι συγγραφείς αναλύουν το «Σπίτι της Ποιότητας» ερμηνεύοντας έξι σημεία αυτού, ενώ άλλοι προχωράνε στην ανάλυση εννέα γνωρισμάτων του (που επί της ουσίας πρόκειται για μια πιο πλήρη περιγραφή, προσθετικά των έξι βασικών γνωρισμάτων του HoQ).

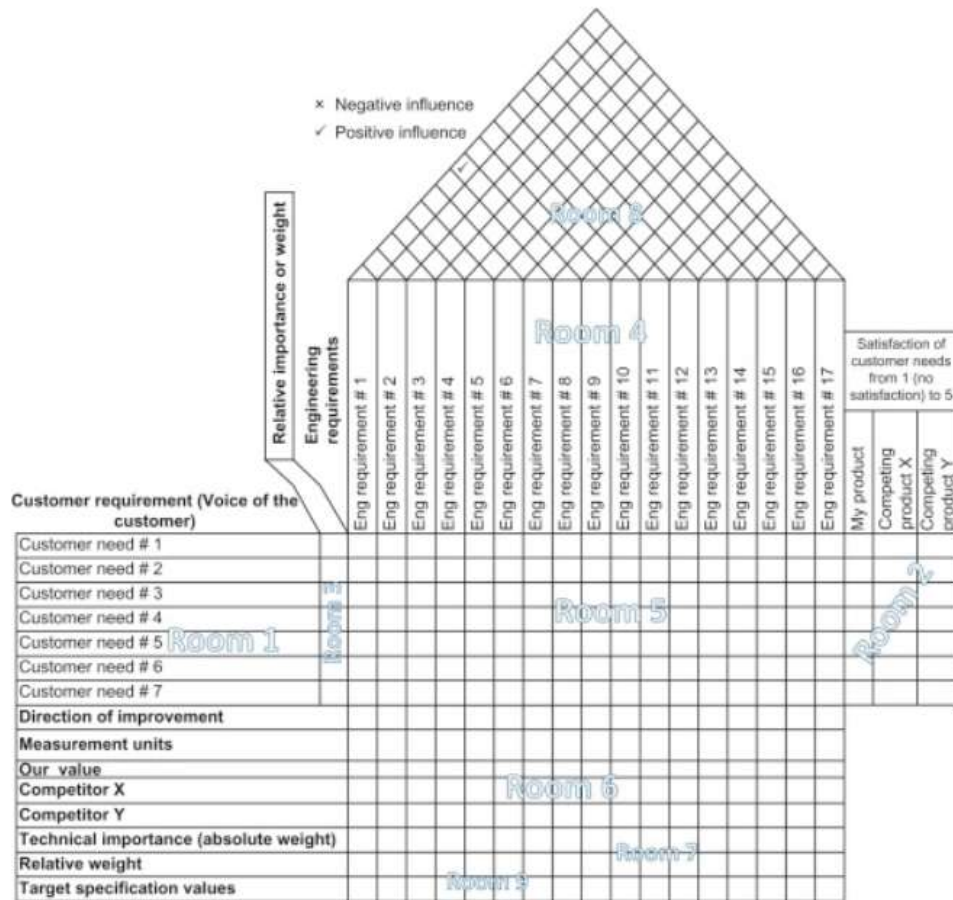
Στο σχήμα που ακολουθεί, ο αναγνώστης μπορεί να παρατηρήσει μια ενδεικτική απεικόνιση του HoQ, έτσι όπως συναντάται στην δημοσίευση των Jahan et al. (2016), σύμφωνα με την οποία ο τυπικός πίνακας HoQ διαχωρίζεται σε εννέα δωμάτια (rooms). Το Δωμάτιο 1 περιέχει τις απαιτήσεις των πελατών (οι οποίες συμβολίζονται, ως επί το πλείστον, στην βιβλιογραφία ως CR), ή αλλιώς το «Τι» (the What's). Το Δωμάτιο 2 χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή αναλύσεων επί των πεπραγμένων των ανταγωνιστών της εταιρίας σε σχέση με το CR. Εδώ, υπάρχει η δυνατότητα εμπλουτισμού των δεδομένων κατόπιν της συνεργασίας με το τμήμα μάρκετινγκ της εταιρίας, ενώ προκειμένου να συμπληρωθούν αμφότερα τα δύο πρώτα αυτά δωμάτια απαιτείται βαθιά και ξεκάθαρη γνώση της αγοράς.

Το Δωμάτιο 3 περιλαμβάνει τη σχετική βαρύτητα των CR οι οποίες δύναται να προσδιοριστούν σύμφωνα με μια κλίμακα προτεραιότητας (π.χ. 1 - όχι σημαντικό, 2 - σημαντικό, 3 - ουδέτερο, 4 - πολύ σημαντικό και 5 - το πιο σημαντικό). Σε αυτό το δωμάτιο, οι CR προσδιορίζονται ποσοτικά και ταξινομούνται κατά σειρά σπουδαιότητας. Οι απαιτήσεις των πελατών ενδέχεται να είναι επωφελείς (απαιτούνται υψηλότερες τιμές) ή μη επωφελείς (προτιμώνται οι χαμηλότερες τιμές). Ακολούθως, οι μηχανικοί παραγωγής καταγράφουν τη δική τους «φωνή» (Voice of Engineers)

στο Δωμάτιο 4 με τη μορφή τεχνικών των απαιτήσεων (Hows) για την παραγωγή του προϊόντος. Οι τεχνικοί όροι μπορεί επίσης να ταξινομηθούν ως επωφελείς ή μη επωφελείς ή να προσδιορίζονται βάσει στόχων.

Το Δωμάτιο 5 είναι ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα του HoQ. Σε αυτό καταγράφεται, σε κάθε κελί, η επίδραση που έχει μια τεχνική απαίτηση στην ικανοποίηση του αντίστοιχου CR. Προκειμένου να συμπληρωθεί η συγκεκριμένη μήτρα του HoQ, θα πρέπει να καταρτιστεί ο πίνακας αλληλεξάρτησης που να δείχνει τις σχέσεις μεταξύ των αναγκών των πελατών και των τεχνικών απαιτήσεων (δηλαδή που να ενώνει τα «Τι» και «Πως» των προηγούμενων δωματίων), ακολουθώντας μια συγκεκριμένη (συνήθως ποσοτική) κλίμακα.

Στο Δωμάτιο 6 πραγματοποιείται μια τεχνική σύγκριση μεταξύ των προϊόντων της εταιρείας και των ανταγωνιστών, ενώ στο Δωμάτιο 7, οι τεχνικές απαιτήσεις ποσοτικοποιούνται και ταξινομούνται κατά σειρά σπουδαιότητας. Η σχέση μεταξύ των τεχνικών απαιτήσεων παρουσιάζεται στο Δωμάτιο 8, το οποίο υποστηρίζει το σχεδιασμό του προϊόντος. Είναι επίσης γνωστό ως μήτρα οροφής. Η ανάλυση που σχετίζεται με την οροφή της ποιότητας βελτιώνεται όταν τα τεχνικά/μηχανικά χαρακτηριστικά αλληλοεπηρεάζονται με ασύμμετρο τρόπο και η αμοιβαία επιρροή τους ποικίλλει σε σχέση με τα διαφορετικά CR. Το τελικό αποτέλεσμα του HoQ είναι το Δωμάτιο 9, το οποίο καταγράφει τον στόχο που έχει τεθεί από την ομάδα παραγωγής του προϊόντος, αφού λάβει υπόψη τις σταθμίσεις των αποτελεσμάτων, το κόστος και τις τεχνικές δυσκολίες παραγωγής του (εικ. 4).



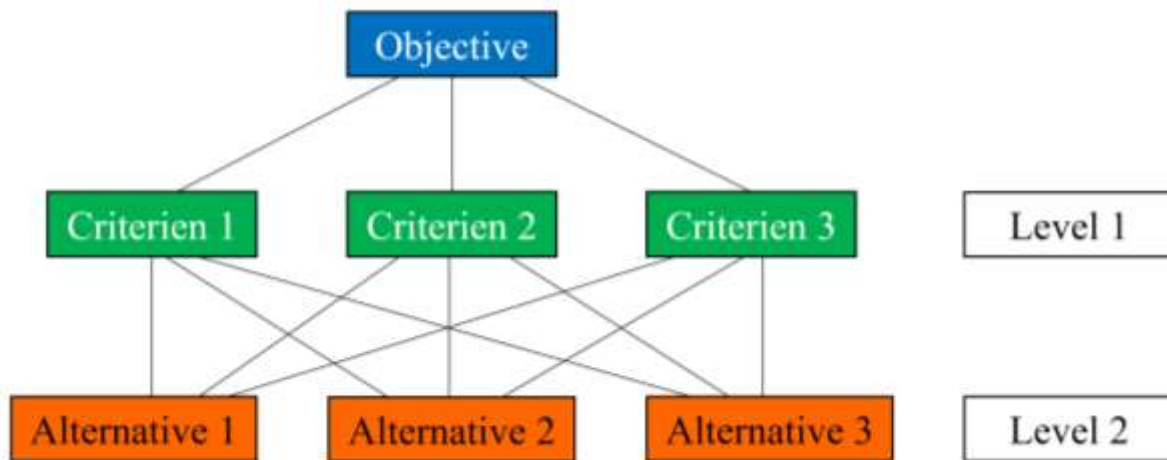
Εικόνα 4: Το Σπίτι της Ποιότητας – The House of Quality (HoQ) (Jahan et al., 2016).

3.4 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΗΡ

Η Μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process – AHP), προτάθηκε από τον Saaty κατά τη δεκαετία του 1970 και είναι μια δομημένη τεχνική για την οργάνωση και ανάλυση πολύπλοκων αποφάσεων, με βάση τα μαθηματικά και την ψυχολογία, ενώ και γνώρισε πολύ μεγάλη εξάπλωση και αποδοχή, τόσο ως προς την χρησιμότητά της κατά την επίλυση πολυκριτηριακών προβλημάτων, όσο και για την ευκολία εφαρμογής της. Εάν επιχειρούσαμε να απλοποιήσουμε τη συλλογιστική της μεθόδου σε τρία βασικά βήματα, αυτά θα ήταν τα εξής:

- Δημιουργία μιας ιεραρχικής δομής στην οποία θα διατάσσονται τα κριτήρια, τα υποκριτήρια, καθώς και οι εναλλακτικές προτάσεις επιλογών του προβλήματος για το οποίο καλείται να αποφασίσει ο λήπτης της απόφασης.

- Καθορισμός δεικτών για κάθε κριτήριο και σύγκριση, κατά ζεύγη, των στοιχείων της ιεραρχικής δομής, αναλόγως του επιπέδου που βρίσκονται.
- Αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών με χρήση ποσοτικών μεθόδων προκειμένου ο λήπτης της απόφασης να καταλήξει στην βέλτιστη επιλογή (εικ. 5).



Εικόνα 5: Ενδεικτική Απεικόνιση μιας Ιεραρχίας σύμφωνα με την Μέθοδο AHP

(Pachemska et al, 2014) (Ιδία επεξεργασία).

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν οι Ishizaka και Lusti (2006) και Saaty (1990), η επιτυχημένη εφαρμογή της μεθόδου AHP προϋποθέτει την συμμόρφωση με τις τέσσερις βασικές αξιωματικές της υποθέσεις:

- ❖ *Το Αξίωμα της Αμοιβαιότητας (Reciprocity Axiom):* Εάν μεταξύ δύο στοιχείων – έστω A και B - το στοιχείο A είναι n φορές πιο σημαντικό από το στοιχείο B, τότε το στοιχείο B είναι 1/n φορές πιο σημαντικό στοιχείο του A.
- ❖ *Το Αξίωμα της Ομοιογένειας (Axiom for Homogeneity):* Η σύγκριση των στοιχείων έχει νόημα μόνο εάν αυτά είναι εύλογα συγκρίσιμα μεταξύ τους δίχως μεγάλες διαφορές και αποκλίσεις. Εάν κάτι τέτοιο δεν ισχύει τότε εγκυμονεί ο κίνδυνος περί της μη ακρίβειας των κατά ζεύγους συγκρίσεων των στοιχείων.
- ❖ *Το Αξίωμα της Εξάρτησης (Axiom for Dependence):* Σύμφωνα με αυτό, επιτρέπεται η σύγκριση της ομάδας στοιχείων ενός επιπέδου, με στοιχεία ενός υψηλότερου επιπέδου της

ιεραρχικής δομής. Η σύγκριση στο χαμηλότερο επίπεδο εξαρτάται από τα στοιχεία του υψηλότερου επιπέδου.

- ❖ *Το Αξίωμα της Προσδοκίας (Axiom of Expectation)*: Οποιαδήποτε αλλαγή στη δομή της ιεραρχίας απαιτεί νέο υπολογισμό των προτεραιοτήτων στη νέα ιεραρχία.

Προκειμένου να εφαρμοστούν στην πράξη τα όσα προβλέπει η μέθοδος AHP, θα πρέπει να ακολουθηθούν τέσσερα βασικά στάδια.

Πρώτο Στάδιο

Στο πρώτο στάδιο περιλαμβάνεται, αρχικά, ο ορισμός του μη δομημένου προβλήματος, δηλαδή η διαπίστωση του «τι αφορά το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε» και του «εάν η μέθοδος AHP είναι η κατάλληλη για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος» (Cheng et al., 2002). Έπειτα, ο λήπτης της απόφασης θα πρέπει να αποσυνθέσει το αρχικό πρόβλημα σε μια συστηματική ιεραρχική δομή. Μέσω αυτής, θα αποτυπωθούν οι συσχετίσεις μεταξύ του απώτερου στόχου του προβλήματος, με τα κριτήρια και τα υποκριτήρια που το διέπουν (και τα οποία είναι στην διακριτική ευχέρεια του λήπτη της απόφασης να τα ορίσει). Η ιεραρχική αυτή δομή ακολουθεί μια συνήθη πορεία κατά την οποία στην κορυφή της συναντάμε τον γενικό στόχο του προβλήματος. Στο δεύτερο επίπεδο συναντάμε τον επιμερισμό του στόχου σε επιμέρους κριτήρια απόφασης τα οποία μπορούν πλέον να συγκριθούν μεταξύ τους και να οδηγήσουν σε χρήσιμα, για τον λήπτη της απόφασης, συμπεράσματα. Τα κριτήρια αυτά, ωστόσο, δύναται να επιμεριστούν και να αναλυθούν σε ακόμα περισσότερα υποκριτήρια, τα οποία με τη σειρά τους θα εμφανιστούν στο αμέσως επόμενο (το τρίτο κατά σειρά παρουσίασης) επίπεδο της ιεραρχίας. Το πλήθος των κριτηρίων και των υποκριτηρίων, οι ιεραρχίες της σχηματικής απεικόνισης, καθώς και ο βαθμός πολυπλοκότητάς τους καθορίζονται αποκλειστικά από τον λήπτη της απόφασης. Όλα τα ανωτέρω αποσκοπούν στο να προσφέρουν στον λήπτη της απόφασης τη δυνατότητα να επιλύσει τα επιμέρους μικρότερα προβλήματα προκειμένου να καταλήξει στην επιλογή της βέλτιστης λύσης για το αρχικό (το γενικό) πρόβλημα που κλήθηκε να αντιμετωπίσει (Pachemska et al., 2014).

Δεύτερο Στάδιο

Στο δεύτερο στάδιο της μεθόδου, ο λήπτης των αποφάσεων καλείται να προχωρήσει στην κατά ζεύγη σύγκριση των κριτηρίων και των υποκριτηρίων που έχει ορίσει στο προηγούμενο στάδιο (για κάθε επίπεδο της ιεραρχικής δομής που έχει σχεδιάσει προηγουμένως). Η ιδιαιτερότητα της μεθόδου AHP ωστόσο, έγκειται στο ότι ο λήπτης της απόφασης δεν χρησιμοποιεί κάποια «αυθαίρετη» κλίμακα προκειμένου να διενεργήσει τις κατά ζεύγη κριτηρίων συγκρίσεις, αλλά τη «θεμελιώδη κλίμακα» (fundamental scale) του Saaty (1990), μέσω της οποίας εκφράζονται τα σχετικά επίπεδα σημαντικότητας του κάθε κριτηρίου (υποκριτηρίου). Η κλίμακα περιέχει 5 βασικές σταθμίσεις και 4 επιμέρους επιμέρους σταθμίσεις, με αντίστοιχες αριθμητικές τιμές από το 1 έως το 9.

Επεξηγώντας περαιτέρω τις διμερείς συγκρίσεις με την χρήση της Θεμελιώδους κλίμακας, έστω ότι έχουμε μία ομάδα που περιέχει X στοιχεία. Ο πίνακας διμερών συγκρίσεων θα περιέχει X^2 κελιά, αλλά επειδή η διαγώνιος του πίνακα θα αποτελείται από μονάδες (αφού κάθε στοιχείο σταθμίζεται με τη μονάδα εάν συγκριθεί με τον εαυτό του) και τα υπόλοιπα μισά κελιά θα περιέχουν τις αντίστροφες τιμές των υπολοίπων, ο αριθμός των συγκρίσεων που θα πρέπει να γίνουν θα είναι: $[X*(X-1)] / 2$. Με βάση λοιπόν τον πίνακα των διμερών συγκρίσεων θα πρέπει να υπολογιστούν τα σχετικά βάρη των εναλλακτικών επιλογών. Αν και υπάρχουν πολλές μέθοδοι για να γίνουν αυτοί οι υπολογισμοί, οι δύο πιο διαδεδομένες είναι η μέθοδος της ιδιοτιμής (ιδιοδιανύσματος) και η μέθοδος του κανονικοποιημένου μέσου όρου (ένας πιο απλοποιημένος τρόπος), ενώ ακολούθως παρουσιάζουμε την πρώτη εκ των δύο (πίνακας 9).

Στάθμιση	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίση σημασία	Τα δύο στοιχεία συμβάλλουν εξίσου στο στόχο
3	Μέτρια σημασία	Η εμπειρία ή η κρίση ευνοεί ελαφρά το ένα στοιχείο σε σχέση με το άλλο
5	Ισχυρή σημασία	Η εμπειρία ή η κρίση ευνοεί καθαρά το ένα στοιχείο σε σχέση με το άλλο
7	Πολύ Ισχυρή σημασία	Η κυριαρχία του ενός στοιχείου έχει αποδειχθεί στην πράξη
9	Απόλυτη Σημασία	Έχει αποδειχθεί στον υπερθετικό βαθμό η κυριαρχία του ενός στοιχείου στην επίτευξη του στόχου
2, 4, 6, 8	Ενδιάμεσες Τιμές	Χρησιμοποιούνται εάν υπάρχει ανάγκη για υποδιαιρέσεις

Πίνακας 9: Θεμελιώδης Κλίμακα της Μεθόδου AHP (Saaty, 1990).

Τρίτο Στάδιο

Στο τρίτο στάδιο ο λήπτης της απόφασης θα πρέπει να προχωρήσει στον υπολογισμό των επιμέρους προτεραιοτήτων (βαρών) για τα στοιχεία απόφασης που έχει συλλέξει μέχρι και το προηγούμενο βήμα. Σύμφωνα με τους Brunelli (2015) και Liang et al. (2017) η μέθοδος της Ιδιοτιμής είναι ο πιο ακριβής τρόπος υπολογισμού των βαρών για έναν πίνακα διμερών συγκρίσεων.

Έστω, ο αρχικός πίνακας των διμερών συγκρίσεων - $A = (a_{ij})_{n \times n}$ - στον οποίο φαίνονται οι σημασίες του κάθε στοιχείου a_i έναντι του κάθε άλλου στοιχείου a_j και ο οποίος έχει την κάτωθι μορφή:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Όπου: $a_{ij} > 0$, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ και $i, j = 1, 2, \dots, n$

Αυτό σημαίνει ότι, εάν οι καταχωρήσεις του πίνακα αντιπροσωπεύουν τις αναλογίες μεταξύ των βαρών, τότε ο πίνακας A μπορεί να εκφραστεί με την ακόλουθη μορφή:

$$\mathbf{A} = (w_i/w_j)_{n \times n} = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix}$$

Εφόσον συνδυάσουμε τα δύο ανωτέρω, μπορούμε να καταλήξουμε στον εξής πίνακα:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Τα βάρη (priority vectors) των αντικειμένων στα οποία αναφέρεται ο πίνακας προκύπτουν από τον υπολογισμό του ιδιοδιανύσματος που αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη ιδιοτιμή για τον πίνακα A. Έστω λοιπόν ότι αυτό το ιδιοδιάνυσμα είναι της μορφής:

$$v = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$$

Έστω ότι λ_{\max} είναι η ιδιοτιμή η οποία βρίσκεται πιο κοντά στον αριθμό των αντικειμένων (n). Εάν το ιδιοδιάνυσμα δεν είναι κανονικοποιημένο (δηλαδή το άθροισμα των στοιχείων του να μας δίνει ως αποτέλεσμα τη μονάδα), τότε θα πρέπει να το κανονικοποιούμε. Ακολουθώντας, πρέπει να υπολογιστεί ο «λόγος συνέπειας» (Consistency Ratio) του πίνακα διμερών συγκρίσεων:

$$CR = CI/RI$$

Όπου, το CI ορίζεται ως ο «δείκτης συνέπειας» (Consistency Index) και υπολογίζεται ως:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

Και το RI είναι ο «δείκτης τυχαίας συνέπειας» (Random Consistency Index) και έχει υπολογιστεί από τον Saaty ανάλογα με τον αριθμό των αντικειμένων που περιέχει ο πίνακας 10, ως εξής:

Αριθμός Αντικειμένων (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Πίνακας 10: Πίνακας Τιμών του Δείκτη Τυχαίας Συνέπειας (Saaty, 1987).

Αυτό που επιθυμεί να επιτύχει ο λήπτης της απόφασης είναι ο δείκτης συνέπειας του δικού του πίνακα να είναι κατά πολύ καλύτερος (μικρότερος) από αυτόν ενός τυχαίου πίνακα (έτσι όπως έχει υπολογιστεί και παρουσιαστεί από τον Saaty). Αυτός είναι και ο σκοπός που εξυπηρετεί το CR, ενώ στην πράξη εάν αυτό είναι ίσο ή μικρότερο του 0.1, τότε οι εκτιμήσεις μας θεωρούνται εντός των φυσιολογικών ορίων συνέπειας. Εάν είναι μεγαλύτερο του 0.1 τότε ο πίνακας θα πρέπει να αναπροσαρμοστεί.

Τέταρτο Στάδιο

Στο τέταρτο (και τελευταίο) στάδιο, ο λήπτης της απόφασης θα πρέπει να συνθέσει τις επιμέρους προτεραιότητες, σε γενικές προτεραιότητες των εναλλακτικών λύσεων. Αυτό, πρακτικά, θα μπορούσε να παρομοιαστεί με την διενέργεια μιας ανάλυσης ευαισθησίας (sensitivity analysis). Σύμφωνα με τους Cheng et al. (2002), τα σχετικά βάρη που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο, μπορούν (και πρέπει) να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικούς σκοπούς. Για παράδειγμα, εάν ο λήπτης της απόφασης καλείται να επιλέξει μεταξύ διαφορετικών σεναρίων ή εναλλακτικών λύσεων, τα σταθμισμένα κριτήρια θα βαθμολογηθούν κατά τρόπο τέτοιο, έτσι ώστε να μπορεί να υπολογιστεί μια συνολική βαθμολογία, βάσει της οποίας θα εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα.

Παρά τη χρησιμότητα που μπορεί να παρέχει η μέθοδος AHP, εντούτοις η εφαρμογή της εγκυμονεί και συγκεκριμένα προβλήματα. Δεδομένου ότι τα αρχικά της στάδια (τα δύο πρώτα) στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό στην αυξημένη κριτική και αντικειμενική ικανότητα του λήπτη της

απόφασης να ορίσει την σημαντικότητα των στοιχείων που περιλαμβάνονται στον πίνακα, αυτό μπορεί να συνεπάγεται και τη δημιουργία συγκεκριμένων αστοχιών. Το πιο απλό παράδειγμα που θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί είναι ότι ο καθένας αποδίδει διαφορετική σημασία στα διαφορετικά ποσά που καλείται να διαχειριστεί, ενώ οι αποφάσεις του επηρεάζονται και από τον βαθμό των πιέσεων που δέχεται τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Επιπλέον, για πλήθος κριτηρίων δεν υπάρχει μια παγκόσμια αποδεκτή κλίμακα μετρήσεώς τους. Για παράδειγμα, μπορεί να μην κάποια μεγέθη να μην επιδέχονται αμφισβήτησης ως προς τον προσδιορισμό τους (π.χ. το βάρος μιας παρτίδας φορτίου ή ο όγκος του), όμως για κάποια άλλα μεγέθη (π.χ. η αισθητική ενός έξυπνου πάρκου σε μια έξυπνη πόλη) δεν υπάρχει κάποιος αντικειμενικός τρόπος για να μετρηθούν. Η έλλειψη πληροφοριών είναι ένας ακόμα συνήθης παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει στην κατάστρωση ελλιπών ιεραρχικών δομών, καθώς και αποτελεσματικού προσδιορισμού των κριτηρίων και των υποκριτηρίων του μοντέλου που καλείται να διαχειριστεί ο λήπτης της απόφασης. Τέλος, η αβεβαιότητα και το ρίσκο του πραγματικού περιβάλλοντος προσδίδουν μια μορφή ασυνέπειας ως προς την εκτιμώμενη έκβαση των καταστάσεων της φύσης που προσδοκά ο λήπτης της απόφασης και κατά συνέπεια θα πρέπει να συνεκτιμούνται κατά τη διαδικασία κατάστρωσης της ιεραρχικής δομής του προβλήματος.

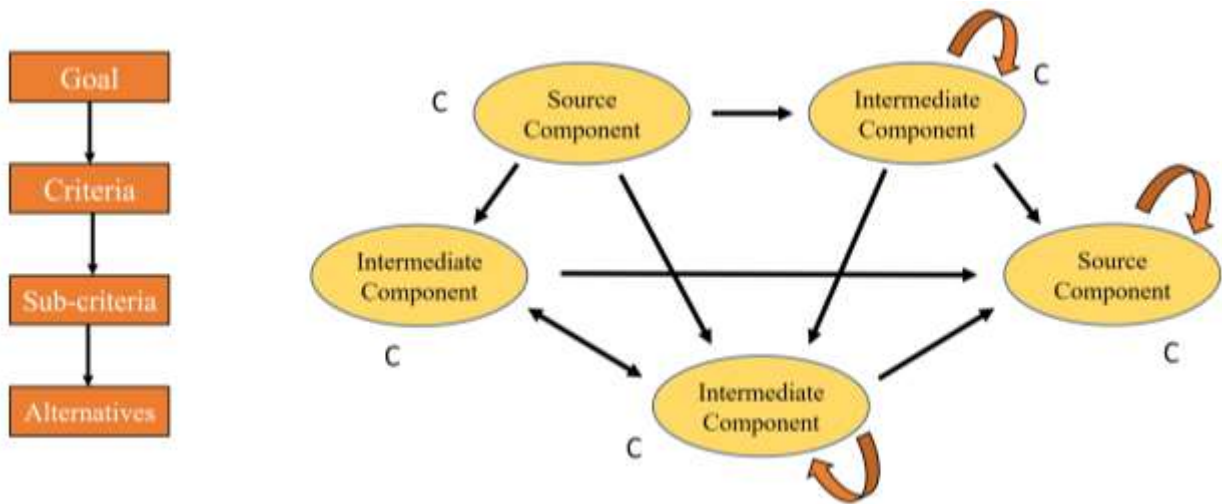
3.5 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ANP

Η Διαδικασία Δικτυακής Ανάλυσης (Analytic Network Process, ANP), είναι, επί της ουσίας, μια πιο γενικευμένη μορφή της μεθόδου της Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP) και χρησιμοποιείται στα προβλήματα της πολύ-κριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων (multi-criteria decision analysis). Προτάθηκε επίσης από τον Saaty (τον ίδιο άνθρωπο που πρότεινε και την μέθοδο AHP), ενώ ένας από τους στόχους της είναι να χρησιμοποιηθεί αντί της AHP, εκεί όπου αυτή ειδικά χωλαίνει και δυσχεραίνει την έκβαση σωστών αποτελεσμάτων.

Πιο αναλυτικά, είδαμε ότι στην μέθοδο AHP ο λήπτης της απόφασης υποθέτει ότι σε μια ιεραρχία, οι εναλλακτικές λύσεις επηρεάζουν (εξαρτώνται από) τα κριτήρια και τα κριτήρια, με τη σειρά τους, επηρεάζουν τον τελικό στόχο του προβλήματος. Επίσης, υποτίθεται ότι τα κριτήρια δεν επηρεάζουν τις εναλλακτικές λύσεις, ενώ τόσο τα κριτήρια, όσο και οι εναλλακτικές λύσεις δεν

εξαρτώνται το ένα (η μία) από το άλλο (την άλλη). Ωστόσο, σε προβλήματα πολύπλοκων αποφάσεων μπορεί να υπάρχει ισχυρή εξάρτηση μεταξύ των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων, κάτι το οποίο δεν λαμβάνεται υπόψη στη μέθοδο AHP. Αυτό είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της μεθόδου που καλείται να αντιμετωπίσει το μοντέλο ANP, το οποίο λαμβάνει υπόψη του τις τυχόν εξαρτήσεις και ανατροφοδοτήσεις μεταξύ των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων και βελτιώνει τις προτεραιότητες που απορρέουν από τις κρίσεις κάνοντας έτσι τις προβλέψεις πολύ πιο ακριβείς σε ορισμένες περιπτώσεις (Gorener, 2012).

Η επίλυση ενός προβλήματος λήψης απόφασης με την μέθοδο ANP, απαιτεί τη μοντελοποίησή του, συνήθως, μέσα σε ένα δίκτυο (ενίοτε χρησιμοποιείται και το μοντέλο της ελεγχόμενης ιεραρχίας). Το δίκτυο αυτό αποτελείται από συστάδες (clusters), στοιχεία (elements) και συνδέσεις (links). Κάθε συλλογή σχετικών μεταξύ τους στοιχείων μέσα σε ένα δίκτυο ή υποδίκτυο, καλείται ως συστάδα. Όλες οι αλληλεπιδράσεις και οι αναδράσεις μέσα σε μία συστάδα ονομάζονται εσωτερικές (inner) εξαρτήσεις, ενώ αυτές που υπάρχουν μεταξύ των συστάδων του δικτύου ονομάζονται εξωτερικές (outer) εξαρτήσεις (Saaty και Vargas, 2006).



Εικόνα 6: Σύγκριση των Απεικονίσεων μεταξύ των μεθόδων AHP και ANP (Kadoic et al., 2017) (Ιδία επεξεργασία).

Στην αριστερή πλευρά του σχήματος απεικονίζεται μια τυπική ιεραρχική δομή σύμφωνα με την μέθοδο AHP στην οποία στοιχεία από το κατώτερο επίπεδο του δικτύου επηρεάζουν ένα υψηλότερο επίπεδο, π.χ. τα κριτήρια επηρεάζουν τον στόχο, πράγμα που σημαίνει ότι ο στόχος

εξαρτάται από τα κριτήρια. Στη δεξιά πλευρά του σχήματος, παρατηρούμε ένα δίκτυο συστάδων και μερικές πιθανές εξαρτήσεις μεταξύ τους. Σε αυτήν την περίπτωση, είναι πιθανό μια συστάδα να εξαρτάται από μία άλλη, αλλά ταυτόχρονα, μπορεί να υπάρχει αλληλεξάρτηση μεταξύ τους, ενώ δεν αποκλείεται μια συστάδα να «αυτοεπηρεάζεται» (εξαιτίας των εσωτερικών εξαρτήσεων που μπορεί να υπάρχουν στα συστατικά της στοιχεία).

Όσον αφορά τις εξαρτήσεις των συστάδων, οι Saaty και Vergas (2006), αναφέρουν ότι κατόπιν προσεκτικής εξέταση, κάθε τι στον κόσμο δύναται να επηρεάζει ένα (μικρό ή μεγάλο) πλήθος στοιχείων, συμπεριλαμβανομένου του εαυτού του και σύμφωνα με πολλά και διαφορετικά κριτήρια. Δεδομένου ότι τα στοιχεία που συνθέτουν την καθημερινότητά μας είναι ιδιαίτερα αλληλεξαρτώμενα, η μέθοδος ANP είναι ο λογικός τρόπος μας για την αντιμετώπιση και την μελέτη αυτών των εξαρτήσεων (σημειώνεται ότι προς αιτιολόγηση της θέσης τους αναφέρουν δύο σύντομα παραδείγματα, ένα εκ των οποίων αφορά την εξέταση των σχέσεων εξάρτησης-επιβίωσης μεταξύ μιας μητέρας και του παιδιού της, καθώς και της ίδιας με τον εαυτό της).

Σύμφωνα με τους Chung et al. (2005), Gorener (2012) και Kadoic et al. (2017), τα βασικά βήματα της μεθόδου ANP είναι τέσσερα και αναλύονται ως εξής:

Βήμα 1^ο – Κατασκευή του Μοντέλου και Δόμηση του Προβλήματος

Ο λήπτης της απόφασης θα πρέπει να έχει μια αποκρυσταλλωμένη εικόνα για το πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει, ενώ θα πρέπει παράλληλα να το αποσυνθέσει με έναν εύλογο και λογικό τρόπο σε ένα δίκτυο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι θα πρέπει να υπάρχει μια ακριβής καταγραφή των επιμέρους στοιχείων του προβλήματος, των κριτηρίων και των στόχων. Ακολούθως, τα κριτήρια που έχουν προσδιοριστεί θα πρέπει να κατηγοριοποιηθούν στις συστάδες του δικτύου με γνώμονα τα κοινά τους χαρακτηριστικά. Επιπλέον, θα πρέπει να καθοριστούν λεπτομερώς οι αλληλοεξαρτήσεις τόσο μεταξύ των στοιχείων του δικτύου (δηλαδή μεταξύ των συστάδων) όσο και μεταξύ των συστατικών των ίδιων των στοιχείων μιας συστάδας.

Βήμα 2^ο – Διενέργεια Συγκρίσεων Κατά Ζεύγη μεταξύ των Συστάδων του Δικτύου

Εφαρμόζοντας έναν παρόμοιο τρόπο εργασίας με αυτόν που παρουσιάστηκε κατά την επισκόπηση των βημάτων της μεθόδου AHP, έτσι και εδώ τα ζεύγη των συστάδων συγκρίνονται σε σχέση με τη σημασία τους ως προς τα κριτήρια ελέγχου που έχει ορίσει ο λήπτης της απόφασης. Επιπλέον, οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των κριτηρίων της κάθε συστάδας θα πρέπει επίσης να εξεταστούν κατά ζεύγη. Η επιρροή κάθε στοιχείου σε άλλα στοιχεία μπορεί να αναπαρασταθεί από πίνακα ιδιοτιμών, ενώ οι τιμές των σχετικών βαρών καθορίζονται σύμφωνα με την κλίμακα του Saaty (την οποία παρουσιάσαμε προηγουμένως).

Μετά την ολοκλήρωση της ανωτέρω διαδικασίας ο λήπτης της απόφασης θα πρέπει να σχηματίσει τον πίνακα των προτεραιοτήτων των συστάδων. Ο πίνακας αυτός θα οδηγήσει στον υπολογισμό των σχετικών προτεραιοτήτων – ή αλλιώς των σχετικών βαρών (συνήθως συμβολίζονται με w) των στοιχείων που επηρεάζουν την διαμόρφωση των συμπερασμάτων του λήπτη της απόφασης. Η αντίστοιχη διαδικασία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για τον υπολογισμό των βαρών των επιμέρους στοιχείων των συστάδων προκειμένου να διαπιστωθούν οι βαρύτητές τους ως προς τα κριτήρια ελέγχου που έχει ορίσει ο λήπτης της απόφασης.

Βήμα 3^ο – Σχηματισμός Υπερπίνακα (Supermatrix)

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρουν οι Saaty και Vargas (2006), οι προτεραιότητες που προκύπτουν από πίνακες σύγκρισης που κατασκευάστηκαν στα δύο ανωτέρω βήματα, εισάγονται ως μέρη των στηλών ενός υπερπίνακα (supermatrix). Το supermatrix αντιπροσωπεύει την προτεραιότητα επιρροής ενός στοιχείου στα αριστερά της μήτρας σε ένα στοιχείο στην κορυφή της μήτρας σε σχέση με ένα συγκεκριμένο κριτήριο ελέγχου. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η τυπική μορφή ενός τέτοιου υπερπίνακα (Saaty & Vargas, 2006).

The Supermatrix of a Network

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_N \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{matrix} & \begin{bmatrix} e_{11}e_{12} \dots e_{1n_1} & e_{21}e_{22} \dots e_{2n_2} & \dots & e_{N1}e_{N2} \dots e_{Nn_N} \\ W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

W_{ij} Component of Supermatrix

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i1}^{(j_1)} & W_{i1}^{(j_2)} & \dots & W_{i1}^{(j_{n_j})} \\ W_{i2}^{(j_1)} & W_{i2}^{(j_2)} & \dots & W_{i2}^{(j_{n_j})} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{in_i}^{(j_1)} & W_{in_i}^{(j_2)} & \dots & W_{in_i}^{(j_{n_j})} \end{bmatrix}$$

Ακολούθως, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας σταθμισμένος υπερπίνακας (weighted supermatrix) στον οποίο θα πραγματοποιείται η σύγκριση των ομάδων του υπερπίνακα ως προς το κάθε κριτήριο ελέγχου που έχει ορίσει ο λήπτης της απόφασης (η διαδικασία αυτή θα πρέπει να επαναληφθεί τόσες φορές, όσα είναι και τα κριτήρια ελέγχου). Το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας είναι ο υπολογισμός ενός διανύσματος το οποίο προκύπτει από την σύγκριση των επιδράσεων των ομάδων πάνω σε κάθε ομάδα και έτσι εκφράζονται οι σταθμίσεις όλων των στοιχείων των αντίστοιχων πινάκων που έχουν καταρτιστεί μέχρι και το σημείο αυτό.

Η επόμενη εργασία σχετίζεται με την δημιουργία της μήτρας ορίων (limit matrix), ο οποίος προκύπτει από την ύψωση του σταθμισμένου υπερπίνακα στην κατάλληλη δύναμη προκειμένου τα στοιχεία του να κανονικοποιηθούν.

Βήμα 4^ο – Διενέργεια Ανάλυσης Ευαισθησίας

Το τελευταίο βήμα της μεθόδου ANP προτάσσει την διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας (sensitivity analysis), μέσω της οποίας ο λήπτης της απόφασης μπορεί να ελέγξει το πόσο σταθερό είναι το αποτέλεσμα που έχει προκύψει ως προς τις υποθετικές αλλαγές των εισόδων του συστήματος (ή την επίδραση που μπορεί να έχουν άλλες εναλλακτικές επιλογές).

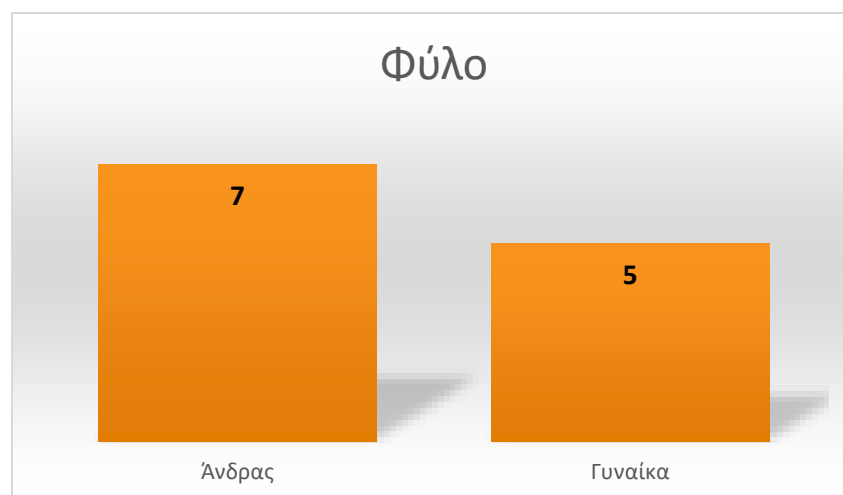
Η ανάλυση ευαισθησίας ομοιάζει με την ανάλυση «What If» ως προς το ότι ο λήπτης της απόφασης καλείται να διερωτηθεί ως προς την καταλληλότητα της λύσης που προέκυψε από την ανωτέρω ανάλυση, καθώς και ως προς την γενικότερη σταθερότητα του συστήματος απέναντι σε επικείμενες διαφοροποιήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

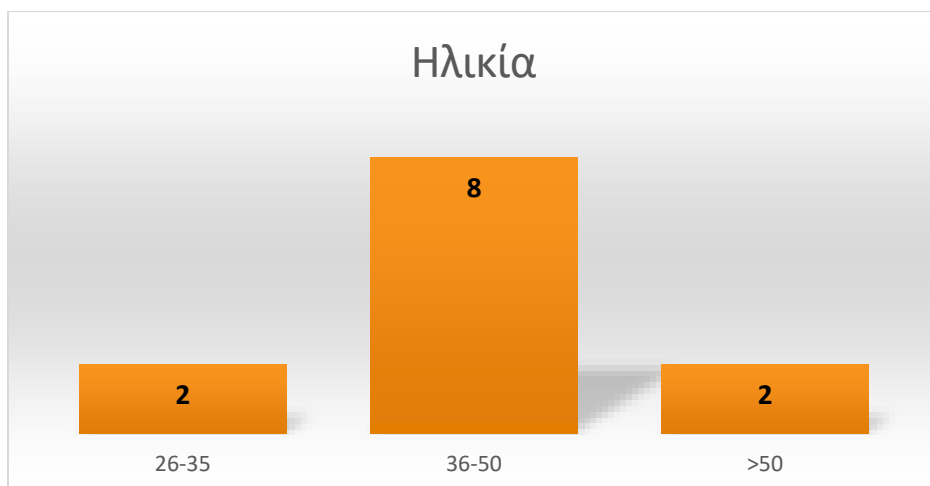
4.1 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ QFD ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP - ANP

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναλυτική παρουσίαση της εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου QFD. Απώτερος στόχος της διαδικασίας είναι να γίνει συνδυασμός των μεθόδων QFD-AHP-ANP, με στόχο να γίνει μια ιεράρχηση των στοιχείων που συνθέτουν μία έξυπνη πόλη. Για την συμπλήρωση του πρώτου οίκου διενεργήθηκε ερευνά σε 12 άτομα, με την χρήση τριών δομημένων ερωτηματολογίων (Παράρτημα).

Τα ερωτηματολόγια της ερευνάς ήταν δομημένα με βάση τη μέθοδο AHP. Υπήρχε διαχωρισμός σε δύο τμήματα. Στο πρώτο τμήμα υπήρχε μια σειρά δημογραφικών ερωτήσεων και τα αποτελέσματα τους παρουσιάζονται παρακάτω. Από το δείγμα των 12 ερωτηθέντων, το 58,3% είναι άνδρες ενώ το υπόλοιπο 41,7% είναι γυναίκες (εικ. 1). Όσο αφορά την ηλικία τους, το 66,7% ανήκουν στην ηλικία των 36-50 ενώ οι υπόλοιποι με ποσοστό 16,7% (κάθε κατηγορία) ανήκουν στο ηλικιακό τμήμα των 26-35 και >50 (εικ. 2). Τέλος το 58,3% κατέχει διδακτορικό δίπλωμα ενώ το 41,7% κατέχει μεταπτυχιακό δίπλωμα (εικ. 3).



Εικόνα 7: Το φύλο των ερωτηθέντων.

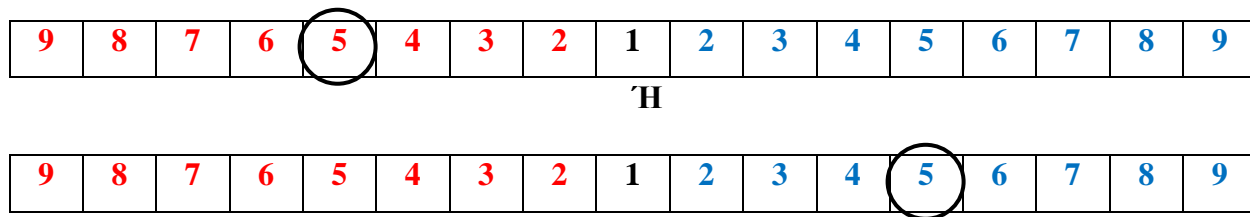


Εικόνα 8: Η ηλικία των ερωτηθέντων.



Εικόνα 9: Το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων.

Το δεύτερο τμήμα ήταν χωρισμένο σε έξι κατηγορίες που αποτελούν και τις κατηγορίες μιας έξυπνης πόλης. Για κάθε κατηγορία υπήρχαν διάφορες συγκρίσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με την εννιαβάθμια κλίμακα ΑΗΡ.



Εικόνα 10: Κλίμακα σύγκρισης των κριτηρίων.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων υπέστησαν επεξεργασία με την βοήθεια του λογισμικού “Super Decision”.

Για να μπορέσει να γίνει ξεκινήσει η διαδικασία χρειάζεται να γίνει ορισμός των What’s και How’s, όσον αφορά την δημιουργία του Οίκου.

Επομένως, τα What’s είναι:

- Έξυπνη Διακυβέρνηση (Smart Government)
- Έξυπνη Οικονομία (Smart Economy)
- Έξυπνο Περιβάλλον (Smart Environment)
- Έξυπνη Κινητικότητα (Smart Mobility)
- Έξυπνη Διαβίωση (Smart Living)
- Έξυπνοι Άνθρωποι (Smart People)

Αντίστοιχα, τα How’s που βρίσκονται και στη βάση της οροφής είναι:

- Internet of Things & Block-chain
- Τεχνητή Νοημοσύνη
- Ψηφιακές πλατφόρμες
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Γεωχωρική τεχνολογία

Αφού έχουμε ορίσει τα What’s και τα How’s θα γίνει χρήση των μεθόδων AHP και ANP ώστε να συμπληρωθεί ο πίνακας σχέσεων και ο πίνακας οροφής. Ο πίνακας σχέσεων συμπληρώνεται μέσα από την εύρεσή του σχετικού βαθμού βαρύτητας κάθε κομμάτι κάποιας έξυπνης πόλης, αναφορικά με την ικανοποίηση κάθε τεχνολογίας. Ο πίνακας οροφής συμπληρώνεται μέσα από

την εύρεση του σχετικού βαθμού βαρύτητας κάθε τεχνολογίας αναφορικά με την ικανοποίηση κάθε μία από τις υπόλοιπες τεχνολογίες.

4.2 ΟΙΚΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

4.2.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΣΕΩΝ (RELATIONSHIP MATRIX)

Εδώ υπάρχει μια περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για να συμπληρωθεί ο πίνακας σχέσεων, ο πίνακας της οροφής αλλά και οι σημαντικότητες.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό, δημιουργήθηκαν έξι πίνακες (5X5), μέσα από τους οποίους αποτυπώνονται δυαδικές συγκρίσεις των 5 τεχνολογιών αναφορικά με την ικανοποίηση ενός κάθε φορά από τα 6 κριτήρια μιας smart city. Ουσιαστικά για κάθε ζευγαρωτή σύγκριση των τεχνολογιών βρέθηκε μέσω του Excel ο γεωμετρικός μέσος όρος των προτιμήσεων των 12 ερωτηθέντων που απάντησαν σε αυτή την ερευνά. Έπειτα τα παραπάνω δεδομένα εισήχθησαν στο λογισμικό Super Decision για να βγουν οι αντίστοιχοι βαθμοί βαρύτητας.

Έξυπνη Διακυβέρνηση (Smart Government)	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of Things & Block-chain	1	1,5843	1,1041	2,7701	2,8653
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,6312	1	1,0243	3,7823	1,3986
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,9057	0,9763	1	4,2041	3,1956
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,3610	0,2644	0,2379	1	0,5207
Γεωχωρική τεχνολογία	0,3490	0,7150	0,3130	1,920	1

Πίνακας 11: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη διακυβέρνηση.

Έξυπνη Οικονομία (Smart Economy)	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of Things & Block-chain	1	0,8059	1,6331	2,4578	3,0967
Τεχνητή Νοημοσύνη	1,2408	1	1,5741	2,9229	2,5891
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,6123	0,6353	1	2,5310	2,6287
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,4069	0,3421	0,39951	1	0,9372
Γεωχωρική τεχνολογία	0,3229	0,3862	0,3804	1,0670	1

Πίνακας 12: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη οικονομία.

Έξυπνου Περιβάλλοντος (Smart Environment)	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of Things & Block-chain	1	1,4355	2,1683	1,5540	2,1169
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,6966	1	1,6531	1,7782	1,9799
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,4612	0,6049	1	1,3480	1,6486
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,6435	0,5624	0,7418	1	1,0146
Γεωχωρική τεχνολογία	0,4723	0,5051	0,6066	0,9856	1

Πίνακας 13: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνο περιβάλλον.

Έξυπνης Κινητικότητας (Smart Mobility)	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of Things & Block-chain	1	1,0212	1,3434	3,1677	1,7639
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,9792	1	2,5089	3,0489	2,3066
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,7444	0,3986	1	1,9613	1,2050
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,3157	0,3280	0,5099	1	0,6567
Γεωχωρική τεχνολογία	0,5670	0,4335	0,8299	1,5228	1

Πίνακας 14: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη κινητικότητα.

Έξυπνης Διαβίωσης (Smart Living)	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of Things & Block-chain	1	1,5945	1,8688	3,6432	2,4913
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,6271	1	2,1771	4,0782	2,6057
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,5351	0,4593	1	3,4796	2,6040
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,2745	0,2452	0,2874	1	0,7786
Γεωχωρική τεχνολογία	0,4014	0,3838	0,3840	1,2843	1

Πίνακας 15: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνη διαβίωση.

Έξυπνων Ανθρώπων (Smart People)	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of Things & Block-chain	1	1,3535	1,3480	4,3839	2,7766
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,7390	1	1,1501	3,5435	3,0760
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,7418	0,8695	1	3,0194	3,4527
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,2281	0,2822	0,3312	1	0,6227
Γεωχωρική τεχνολογία	0,3605	0,3251	0,2896	1,6059	1

Πίνακας 16: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των κριτηρίων για την κατηγορία Έξυπνων ανθρώπων.

Στους παραπάνω πίνακες βλέπουμε ότι στις διαγώνιους η τιμή είναι ίση με 1 διότι οι συγκρίσεις αυτές αφορούν την σύγκριση ενός στοιχείου με τον εαυτό του. Όλες οι τιμές που βρίσκονται στο πάνω μέρος και δεξιά της διαγώνιου αποτελούν τους γεωμετρικούς όρους των απαντήσεων των 12 ερωτηθέντων για τα 10 ζεύγη συγκρίσεων ενώ στο κάτω μέρος βρίσκουμε τις αντίστροφες τιμές των γεωμετρικών όρων.

Έπειτα προχωρήσαμε στην εισαγωγή των δεδομένων των συγκρίσεων στο λογισμικό Super Decisions ώστε να βρεθούν οι βαθμοί βαρύτητας για κάθε τεχνολογία για την ικανοποίηση κάθε κριτηρίου.

Οι πίνακες και οι τιμές που προκύπτουν φαίνονται παρακάτω για κάθε ένα από τα παραπάνω κριτήρια.

Inconsistency	Ανανεώσιμη ~	Γεωχωρική ~	Τεχνητή N~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 2.7701	← 2.8653	← 1.5843	← 1.1041
Ανανεώσιμη~		↑ 1.920492	↑ 3.782148	↑ 4.203447
Γεωχωρική ~			↑ .398601	↑ 3.194888
Τεχνητή N~				← 1.0243

Πίνακας 17: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη διακυβέρνηση.

Inconsistency	Ανανεώσιμη~	Γεωχωρική ~	Τεχνητή N~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 2.4578	← 3.0967	↑ 1.240849	← 1.6331
Ανανεώσιμη~		↑ 1.067008	↑ 2.923122	↑ 2.503066
Γεωχωρική ~			↑ 2.589332	↑ 2.628812
Τεχνητή N~				← 1.5741

Πίνακας 18: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη οικονομία.

Inconsistency	Ανανεώσιμη~	Γεωχωρική ~	Τεχνητή N~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 1.554	← 2.1169	← 1.4355	← 2.1683
Ανανεώσιμη~		← 1.0146	↑ 1.778094	↑ 1.348072
Γεωχωρική ~			↑ 1.979806	↑ 1.648533
Τεχνητή N~				← 0

Πίνακας 19: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνο περιβάλλον.

Inconsistency	Ανανεώσιμη~	Γεωχωρική ~	Τεχνητή N~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 3.1677	← 1.7639	← 1.0212	← 1.3434
Ανανεώσιμη~		↑ 1.522765	↑ 3.04878	↑ 1.961169
Γεωχωρική ~			↑ 2.306805	↑ 1.204964
Τεχνητή N~				← 2.5089

Πίνακας 20: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη κινητικότητα.

Inconsistency	Ανανεώσιμη~	Γεωχωρική ~	Τεχνητή N~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 3.6432	← 2.4913	← 1.5945	← 1.8688
Ανανεώσιμη~		↑ 1.284357	↑ 4.078303	↑ 3.479471
Γεωχωρική ~			↑ 2.605524	↑ 2.604167
Τεχνητή N~				← 2.1771

Πίνακας 21: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνη διαβίωση.

Inconsistency	Ανανεώσιμη~	Γεωχωρική ~	Τεχνητή N~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 4.3839	← 2.7766	← 1.3535	← 1.348
Ανανεώσιμη~		↑ 1.60591	↑ 3.543586	↑ 3.019324
Γεωχωρική ~			↑ 3.075977	↑ 3.453035
Τεχνητή N~				← 1.1501

Πίνακας 22: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Έξυπνων ανθρώπων.

Για να είναι συνεπείς οι παραπάνω πίνακες χρειάζεται η ασυνέπεια να είναι μικρότερη από <0.1 κάτι που ισχύει για όλους τους πίνακες.

Έπειτα οι βαθμοί βαρύτητας για κάθε ένα από τα κριτήρια εισάγονται στον πίνακα σχέσεων του Σπιτιού ποιότητας. Ο πίνακας σχέσεων (relationship matrix) φαίνεται παρακάτω:

	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Έξυπνη διαβίωση	0,33106	0,29341	0,20149	0,07281	0,10122
Έξυπνη διακυβέρνησης	0,29644	0,22468	0,28644	0,07238	0,12006
Έξυπνη κινητικότητα	0,27281	0,32277	0,16958	0,0922	0,14264
Έξυπνη οικονομία	0,283	0,30495	0,2156	0,09839	0,09806
Έξυπνο περιβάλλον	0,30511	0,23892	0,18065	0,147	0,12832
Έξυπνοι άνθρωποι	0,31629	0,2652	0,25078	0,07173	0,09601

Πίνακας 23: Τελικά αποτελέσματα επεξεργασίας στο λογισμικό.

4.2.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΦΗΣ

Αντίστοιχα βήματα ακολουθήθηκαν και για την ανεύρεση των σχετικών βαθμών βαρύτητας για κάθε τεχνολογία ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία συμπλήρωσης του πίνακα της οροφής. Η μόνη διαφορά που παρατηρείται σε αυτή τη περίπτωση είναι ότι πλέον τα ζεύγη γίνονται μεταξύ των τεχνολογιών δεδομένου ότι ικανοποιείται κάθε φορά μία από αυτές.

Έτσι ο πίνακας συσχετίσεων από $5*5$ γίνεται $4*4$. Ομοίως και σε αυτή τη περίπτωση τα δεδομένα εισάγονται στο Super Decisions. Τα αποτελέσματα των πινάκων φαίνονται παρακάτω:

Internet of things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Τεχνητή Νοημοσύνη	1	1,204582	3,560366	1,805504
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,830163	1	3,481884	2,475341
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,28087	0,287201	1	0,42227819
Γεωχωρική τεχνολογία	0,553862	0,403985	2,36810717	1

Πίνακας 24: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Internet of things & Block-chain.

Τεχνητή νοημοσύνη	Internet of things & Block-chain	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of things & Block-chain	1	1,762734	3,480591	3,296436
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,5673	1	3,379915	2,719034
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,287307	0,295865	1	0,700926
Γεωχωρική τεχνολογία	0,303358	0,367778	1,426685	1

Πίνακας 25: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Τεχνητή νοημοσύνη.

Ψηφιακές πλατφόρμες	Internet of things & Block-chain	Τεχνητή νοημοσύνη	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of things & Block-chain	1	1,355276	3,662842	3,0274
Τεχνητή νοημοσύνη	0,737857	1	2,943693	1,629317
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,273012	0,339709	1	0,67419
Γεωχωρική τεχνολογία	0,330316	0,613754	1,483262	1

Πίνακας 26: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Ψηφιακές πλατφόρμες.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Internet of things & Block-chain	Τεχνητή νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of things & Block-chain	1	1,171276	1,547765	1,214375
Τεχνητή νοημοσύνη	0,85377	1	1,30322	0,975301
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,646093	0,76733	1	1,085169
Γεωχωρική τεχνολογία	0,823469	1,025324	0,921515	1

Πίνακας 27: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Γεωχωρική τεχνολογία	Internet of things & Block-chain	Τεχνητή νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
Internet of things & Block-chain	1	1,513086	1,716943	2,880716
Τεχνητή νοημοσύνη	0,660901	1	1,234267	2,90612
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,582431	0,810197	1	1,789721
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,347136	0,344101	0,558746	1

Πίνακας 28: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για το κριτήριο Γεωχωρική τεχνολογία.

Στους παραπάνω πίνακες βλέπουμε ότι στις διαγώνιους η τιμή είναι ίση με 1 διότι οι συγκρίσεις αυτές αφορούν την σύγκριση ενός στοιχείου με τον εαυτό του. Όλες οι τιμές που βρίσκονται στο πάνω μέρος και δεξιά της διαγώνιου αποτελούν τους γεωμετρικούς όρους των απαντήσεων των 12 ερωτηθέντων για τα 6 ζεύγη συγκρίσεων ενώ στο κάτω μέρος βρίσκουμε τις αντίστροφες τιμές των γεωμετρικών όρων.

Έπειτα προχωρήσαμε στην εισαγωγή των δεδομένων των συγκρίσεων στο λογισμικό Super Decisions ώστε να βρεθούν οι βαθμοί βαρύτητας για κάθε τεχνολογία για την ικανοποίηση κάθε κριτηρίου.

Οι πίνακες και οι τιμές που προκύπτουν φαίνονται παρακάτω για κάθε ένα από τα παραπάνω κριτήρια.

Inconsistency	Γεωχωρική ~	Τεχνητή v~	Ψηφιακές ~
Ανανεώσιμη~	↑ 2.368546	← 3.5603	← 3.4818
Γεωχωρική ~		↑ 1.805706	↑ 2.47586
Τεχνητή v~			← 1.2045

Πίνακας 29: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Internet of Things & Blockchain.

Inconsistency	Ανανεώσιμη~	Γεωχωρική ~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 3.4805	← 3.2964	← 1.7627
Ανανεώσιμη~		↑ 1.400929	↑ 3.380663
Γεωχωρική ~			↑ 2.719032

Πίνακας 30: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Τεχνητή νοημοσύνη.

Inconsistency	Ανανεώσιμη~	Γεωχωρική ~	Τεχνητή v~
Internet ο~	← 3.662842	← 3.0274	← 1.3552
Ανανεώσιμη~		↑ 1.483261	↑ 2.959377
Γεωχωρική ~			↑ 1.629317

Πίνακας 31: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Ψηφιακές τεχνολογίες.

Inconsistency	Γεωχωρική ~	Τεχνητή v~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 1.214375	← 1.171276	← 1.546775
Γεωχωρική ~		↑ 1.025324	← 1.085167
Τεχνητή v~			← 1.30322

Πίνακας 32: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Inconsistency	Ανανεώσιμε~	Τεχνητή v~	Ψηφιακές ~
Internet ο~	← 2.880716	← 1.513086	← 1.716943
Ανανεώσιμε~		↑ 2.906123	↑ 1.789722
Τεχνητή v~			← 1.234267

Πίνακας 33: Βαθμοί βαρύτητας για την κατηγορία Γεωργικές τεχνολογίες.

	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Internet of Things & Block-chain	0	0,18931	0,20717	0,35713	0,24639
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,44691	0	0,31752	0,10422	0,13135
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,42975	0,29969	0	0,10879	0,16177
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,30137	0,25573	0,20364	0	0,23927
Γεωχωρική τεχνολογία	0,37913	0,28512	0,21903	0,11672	0

Πίνακας 34: Τελικά αποτελέσματα επεξεργασίας στο λογισμικό.

Για να μπορέσουμε να έχουμε έτοιμο τον οίκο ποιότητας χρειάζεται να έχουμε και τις σημαντικότητες. Τα αποτελέσματα για τα ερωτηματολόγια φαίνονται στους παρακάτω πίνακες

	Έξυπνη διαβίωση	Έξυπνη διακυβέρνηση	Έξυπνη κινητικότητα	Έξυπνη οικονομία	Έξυπνο περιβάλλον	Έξυπνοι άνθρωποι
Έξυπνη διαβίωση	1	0,632702	0,710184	0,80966	1,280559	0,979275
Έξυπνη διακυβέρνησης	1,580522	1	0,619167	1,623784	1,551403	1,555079
Έξυπνη κινητικότητα	1,408085	1,615074	1	1,984608	1,419033	1,645388
Έξυπνη οικονομία	1,235087	0,615845	0,503878	1	0,98723627	0,976312
Έξυπνο περιβάλλον	0,780909	0,644578	0,704705	1,01292875	1	0,836076
Έξυπνοι άνθρωποι	1,021164	0,643054	0,607759	1,024263	1,196064	1

Πίνακας 35: Οι γεωμετρικοί μέσοι των κατά ζεύγη συγκρίσεων των ιδιοτήτων για τις σημαντικότητες των κριτηρίων της έξυπνης πόλης.

Inconsistency	Έξυπνη δι~	Έξυπνη κι~	Έξυπνη οι~	Έξυπνο πε~	Έξυπνοι ά~
Έξυπνη δι~	↑ 1.580522	↑ 1.408085	↑ 1.235087	↓ 1.280559	↑ 1.021
Έξυπνη δι~		↑ 1.615074	↓ 1.623784	↓ 1.551403	↓ 1.555
Έξυπνη κι~			↓ 1.984608	↓ 1.419033	↓ 1.645
Έξυπνη οι~				↑ 1.01292875	↑ 1.024
Έξυπνο πε~					↑ 1.196

Πίνακας 36: Βαθμοί βαρύτητας για τις σημαντικότητες.

Με αυτόν τον τρόπο τα κριτήρια για την έξυπνη πόλη έχουν τις ακόλουθες σημαντικότητες (Πίνακας 37).

Έξυπνη διαβίωση	0,14257
Έξυπνη διακυβέρνηση	0,20284
Έξυπνη κινητικότητα	0,24199
Έξυπνη οικονομία	0,13711
Έξυπνο περιβάλλον	0,13267
Έξυπνοι άνθρωποι	0,14282

Πίνακας 37: Βάρη για κάθε κριτήριο της έξυπνης πόλης.

Οι σημαντικότητες αποτελούν ειδικές βαρύτητες (weights) και μαζί με τον πίνακα 38 αποτελούν τον πρώτο οίκο ποιότητας.

	Σημαντικότητες	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Έξυπνη διαβίωση	0,14257	0,33106	0,29341	0,20149	0,07281	0,10122
Έξυπνη διακυβέρνησης	0,20284	0,29644	0,22468	0,28644	0,07238	0,12006
Έξυπνη κινητικότητα	0,24199	0,27281	0,32277	0,16958	0,0922	0,14264
Έξυπνη οικονομία	0,13711	0,283	0,30495	0,2156	0,09839	0,09806
Έξυπνο περιβάλλον	0,13267	0,30511	0,23892	0,18065	0,147	0,12832
Έξυπνοι άνθρωποι	0,14282	0,31629	0,2652	0,25078	0,07173	0,09601
Σημαντικότητες	1					

Πίνακας 38: Πρώτος οίκος ποιότητας.

Για να μπορέσουμε να συμπληρώσουμε τις σημαντικότητες τις οριζόντιας στήλης θα κάνουμε πρόσθεση του κάθε κριτηρίου με βάση το βάρος το οποίο έχει. Οπότε ο τελικός πίνακας είναι ο Πίνακας 39.

	Σημαντικότητες	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Έξυπνη διαβίωση	0,14257	0,33106	0,29341	0,20149	0,07281	0,10122
Έξυπνη διακυβέρνησης	0,20284	0,29644	0,22468	0,28644	0,07238	0,12006
Έξυπνη κινητικότητα	0,24199	0,27281	0,32277	0,16958	0,0922	0,14264
Έξυπνη οικονομία	0,13711	0,283	0,30495	0,2156	0,09839	0,09806
Έξυπνο περιβάλλον	0,13267	0,30511	0,23892	0,18065	0,147	0,12832
Έξυπνοι άνθρωποι	0,14282	0,31629	0,2652	0,25078	0,07173	0,09601
Σημαντικότητες	1	0.2978	0.27689	0.21721	0.0906	0.11748

Πίνακας 39: Ολοκληρωμένος πρώτος πίνακας ποιότητας.

Οι σημαντικότητες που πίνακα 39 δείχνουν ότι το πιο σημαντικό κριτήριο για την έξυπνη πόλη είναι το Internet of things & Block-chain με 0.2978. Η διαβάθμιση των κριτηρίων ακολουθεί στον παρακάτω πίνακα 40.

Κριτήριο	Ποσοστό (%)	Κατάταξη
Internet of things & blockchain	29,78	1
Τεχνητή νοημοσύνη	27,689	2
Ψηφιακές πλατφόρμες	21,721	3
Γεωχωρική τεχνολογία	11,748	4
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	9,06	5

Πίνακας 40: Κατάταξη κριτηρίων Smart city.

Αφού έχει ολοκληρωθεί ο πρώτος οίκος, προχωράμε στην δημιουργία του δευτέρου οίκου, ο οποίος δημιουργείται με την τοποθέτηση του πίνακα οροφής ο οποίος δημιουργήθηκε πριν (Πίνακας 41). Σε αυτόν τον πίνακα έχουμε προσδιορισμό της αλληλοσυσχέτισης των χαρακτηριστικών.

Internet of Things & Block-chain	0	0,18931	0,20717	0,35713	0,24639
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,44691	0	0,31752	0,10422	0,13135
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,42975	0,29969	0	0,10879	0,16177
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,30137	0,25573	0,20364	0	0,23927
Γεωχωρική τεχνολογία	0,37913	0,28512	0,21903	0,11672	0

	Σημαντικότητες	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Έξυπνη διαβίωση	0,14257	0,33106	0,29341	0,20149	0,07281	0,10122
Έξυπνη διακυβέρνηση	0,20284	0,29644	0,22468	0,28644	0,07238	0,12006
Έξυπνη κινητικότητα	0,24199	0,27281	0,32277	0,16958	0,0922	0,14264
Έξυπνη οικονομία	0,13711	0,283	0,30495	0,2156	0,09839	0,09806
Έξυπνο περιβάλλον	0,13267	0,30511	0,23892	0,18065	0,147	0,12832
Έξυπνοι άνθρωποι	0,14282	0,31629	0,2652	0,25078	0,07173	0,09601
Σημαντικότητες	1					

Πίνακας 41: Συμπλήρωση οίκου ποιότητας.

Το τελευταίο βήμα για να μπορέσουμε να συμπληρώσουμε το δεύτερο οίκο ποιότητας είναι ο υπολογισμός των σημαντικότητας. Για τον υπολογισμό θα χρησιμοποιήσουμε έναν υπερπίνακα (supermatrix), καθώς το δίκτυο της ANP στον οίκο θεωρείται μια ιεραρχία με εσωτερική αλληλεπίδραση και η μορφή του πίνακα είναι η παρακάτω.

$$M = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Goal} & \text{Criteria} & \text{Attributes} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Goal} \\ \text{Criteria} \\ \text{Attributes} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & w_{33} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Όπου w_{21} είναι οι σημαντικότητες που έχουμε βρει από τα ερωτηματολόγια, w_{32} ο πίνακας συχνοτήτων w_{33} ο πίνακας οροφής. Οπότε η μορφή που παίρνει ο πίνακας είναι ο παρακάτω:

	Χαρακτηριστικά έξυπνης πόλης							Κριτήρια				
Goal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.14257	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.20284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.24199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.13711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.13267	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.14282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0.33106	0.29644	0.27281	0.283	0.30511	0.31629	0	0.18931	0.20717	0.35713	0.24639
	0	0.29341	0.22468	0.32277	0.30495	0.23892	0.2652	0.44691	0	0.31752	0.10422	0.13135
	0	0.20149	0.28644	0.16958	0.2156	0.18065	0.25078	0.42975	0.29969	0	0.10879	0.16177
	0	0.07281	0.07238	0.0922	0.09839	0.147	0.07173	0.30137	0.25573	0.20364	0	0.23927
	0	0.10122	0.12006	0.14264	0.09806	0.12832	0.09601	0.37913	0.21903	0.21903	0.11672	0

Πίνακας 42: Υπερπίνακας.

Στην συνέχεια αυτός ο πίνακας μεταφέρεται στο λογισμικό Octave και υψώνεται σε συνεχείς δυνάμεις ώστε να προκύψει η οριακή τιμή του πίνακα. Η μορφή αυτή φαίνεται στον πίνακα 43.

	Χαρακτηριστικά έξυπνης πόλης							Κριτήρια				
Goal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.2978	0.1482	0.1573	0.1643	0.1617	0.1668	0.1514	0.3747	0.2237	0.1868	0.071	0.1438
	0.2769	0.2328	0.2467	0.2041	0.2181	0.2259	0.2411	0.2177	0.2439	0.1426	0.2095	0.1864
	0.2172	0.2545	0.222	0.2471	0.2396	0.2395	0.2387	0.2281	0.1553	0.2418	0.2036	0.1713
	0.0906	0.2401	0.2339	0.2334	0.2306	0.2205	0.2372	0.2925	0.1863	0.196	0.1844	0.1408
	0.1175	0.2618	0.2476	0.2434	0.2529	0.2405	0.2588	0.2567	0.1673	0.1928	0.1889	0.1942

Πίνακας 43: Οριακός υπερπίνακας.

Με αυτόν τον πίνακα (πιν. 44), μπορούμε να έχουμε και την συμπλήρωση του οίκου ποιότητας.

Internet of Things & Block-chain	0	0,18931	0,20717	0,35713	0,24639
Τεχνητή Νοημοσύνη	0,44691	0	0,31752	0,10422	0,13135
Ψηφιακές πλατφόρμες	0,42975	0,29969	0	0,10879	0,16177
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	0,30137	0,25573	0,20364	0	0,23927
Γεωχωρική τεχνολογία	0,37913	0,28512	0,21903	0,11672	0

	Σημαντικότητες	Internet of Things & Block-chain	Τεχνητή Νοημοσύνη	Ψηφιακές πλατφόρμες	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Γεωχωρική τεχνολογία
Έξυπνη διαβίωση	0,14257	0,33106	0,29341	0,20149	0,07281	0,10122
Έξυπνη διακυβέρνηση	0,20284	0,29644	0,22468	0,28644	0,07238	0,12006
Έξυπνη κινητικότητα	0,24199	0,27281	0,32277	0,16958	0,0922	0,14264
Έξυπνη οικονομία	0,13711	0,283	0,30495	0,2156	0,09839	0,09806
Έξυπνο περιβάλλον	0,13267	0,30511	0,23892	0,18065	0,147	0,12832
Έξυπνοι άνθρωποι	0,14282	0,31629	0,2652	0,25078	0,07173	0,09601
Σημαντικότητες	1	0,2978	0,2769	0,2172	0,0906	0,1175

Πίνακας 44: Ολοκληρωμένος οίκος ποιότητας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Υπάρχει η εκτίμηση ότι, έως το 2025, οι πόλεις θα εξοικονομήσουν πάνω από 20 δισεκατομμύρια δολάρια. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να γίνουν επενδύσεις για ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων και των συστημάτων των ήδη υπαρχόντων. Εκτιμάται ότι η παγκόσμια αγορά των έξυπνων πόλεων, θα προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον, σχετικά με το προγραμματιστικό κομμάτι, κατά 15 δισεκατομμύρια δολάρια, έως το 2025. Αυτό φαίνεται και από την είσοδο εταιριών, όπως η Microsoft και η Cisco.

Απαιτείται ο συνδυασμός τεχνολογιών αιχμής στο χώρο της πληροφορικής και των επικοινωνιών. Ο βαθμός ωριμότητας των τεχνολογιών ποικίλει. Η δομή και η διακυβέρνηση των πόλεων δεν προκρίνει μια ενοποιημένη καθολική αρχιτεκτονική ώστε να είναι εφικτή η εγκατάσταση ενός Λειτουργικού Συστήματος Έξυπνης Πόλης. Το κίνημα του Λογισμικού Ανοιχτού Κώδικα έχει οδηγήσει στην δημιουργία μεγάλου αριθμού εφαρμογών, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν δωρεάν από τις πόλεις για τη γρήγορη υλοποίηση υπηρεσιών ευφυών πόλεων.

Οι κυβερνήσεις και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής αναζητούν νέους τομείς επενδύσεων και πολιτικής για να κάνουν τις πόλεις τους πιο βιώσιμες και παραγωγικές και να τις κάνουν πιο ελκυστικές από την άποψη της ποιότητας ζωής. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι και δείκτες μέτρησης σύμφωνα με διάφορες έννοιες της έννοιας «έξυπνη και βιώσιμη πόλη». Τα συστήματα αξιολόγησης που αποτελούνται από ποσοτικούς δείκτες προσελκύουν μεγάλο ενδιαφέρον μεταξύ των διαχειριστών πόλεων και των πολιτικών. Έτσι, μπορούν να αποφασίσουν πού να επενδύσουν το χρόνο και τους πόρους τους.

Οι προτεινόμενες μέθοδος όχι μόνο παρέχουν τα αποτελέσματα που δεν προκαλούν έκπληξη, αλλά επίσης δείχνουν τους τομείς προτεραιότητας για τη βελτίωση της απόδοσης των πόλεων. Έτσι, τα αποτελέσματα της ανάλυσης στοχεύουν στο να βοηθήσουν ώστε να δουν τους τομείς που μπορούν να βελτιωθούν, προκειμένου να διατηρήσουν την έξυπνη ιδιότητα και βιωσιμότητά τους, και να συγκρίνουν την τρέχουσα κατάστασή τους.

Ο σχεδιασμός και η λειτουργία της Smart City, έχουν γίνει πιο περίπλοκα για ανάλυση, λόγω δομικών αλλαγών στον ενεργειακό τομέα. Η συμπερίληψη κατανεμημένων πηγών παραγωγής, η παραγωγή με ανανεώσιμες πηγές, τα συστήματα αποθήκευσης και η εξάρθρωση πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων επιπέδων οργάνωσης και φορέων, οδηγούν στην εγγενή δυσκολία καθορισμού κατάλληλων μοντέλων που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων. Σήμερα, οι αποφάσεις στο σχεδιασμό και τη λειτουργία λαμβάνονται επίπεδο προς επίπεδο και όχι ολοκληρωμένα. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, αυτή η εργασία προτείνει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο πολλαπλών επιπέδων που βασίζεται σε βασικούς δείκτες απόδοσης και έννοιες συστήματος συστημάτων, για να βοηθήσει να βρεθούν κατάλληλες λύσεις για το σχεδιασμό και τη λειτουργία έργων έξυπνου δικτύου.

Εφαρμόζεται η μέθοδος QFD για τη δημιουργία διασυνδέσεων μεταξύ υπηρεσιών και συσκευών και μεταξύ συσκευών και τεχνολογιών. Η μέθοδος απεικονίζεται από μια λεπτομερή μελέτη περίπτωσης, η οποία δείχνει πώς διαφορετικοί τύποι χάρτη πορείας μπορούν να συντονιστούν μεταξύ τους για να παράγουν μια σαφή αναπαράσταση των τεχνολογικών αλλαγών και αβεβαιοτήτων που σχετίζονται με τον στρατηγικό σχεδιασμό σύνθετων καινοτομιών. Με βάση το υπάρχον σύστημα αξιολόγησης της έξυπνης πόλης, αυτή η μελέτη έχει δημιουργήσει ένα σύστημα ευρετηρίου αξιολόγησης εισάγοντας την μεθόδου AHP για τον υπολογισμό του βάρους των δεικτών και της κατάταξής τους και την ANP για στάθμιση των έξυπνων και βιώσιμων κριτηρίων της πόλης. Η ANP εξαρτάται από ζεύγος πινάκων, οι οποίοι αποτελούνται από υποκειμενικές αξιολογήσεις, επομένως, διαφορετικές αναλύσεις ANP στον ίδιο τομέα μπορεί να έχουν ελαφρώς διαφορετικά αποτελέσματα. Επιπλέον, η διαδικασία λήψης και επεξεργασίας αυτών των πινάκων είναι αρκετά μεγάλη. Αυτοί θεωρούνται ως οι περιορισμοί αυτής της μεθόδου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κελαϊδή, Ε. (2020). Έξυπνες πόλεις, ψηφιακές συνεργασίες και επιχειρηματικότητα.

ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alsaadi, M., R., Ahmad, S., Z. and Hussain, M. (2018).** A quality function deployment strategy for improving mobile-government service quality in the Gulf cooperation council countries. *Benchmarking: An International Journal*, 25 (8), pp. 3276-3295.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015).** Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of urban technology*, 22(1), 3-21.
- Anand, A., Rufuss, D., D., W., Rajkumar, V. and Suganthi, L. (2017).** Evaluation of Sustainability Indicators in Smart Cities for India Using MCDM Approach. *Energy Procedia*, Vo. 141, pp. 211-215.
- Anthopoulos, L., & Fitsilis, P. (2010a).** From digital to ubiquitous cities: Defining a common architecture for urban development. In *Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Environments* (Kuala Lumpur, Malaysia, Jul 19-21).
- Anthopoulos, L., & Fitsilis, P. (2010b).** From online to ubiquitous cities: The technical transformation of virtual communities. In A. B. Sideridis & C. Z. Patrikakis (Eds.), *Next Generation Society: Technological and Legal Issues (Proceedings of the Third International Conference, e-Democracy 2009, Athens, Greece, Sep 23-25, 2009)* (Vol. 26, pp. 360-372). Berlin, Germany: Springer.
- Anthopoulos, L., & Fitsilis, P. (2014).** Exploring architectural and organizational features in smart cities. *16th International Conference on Advanced Communication Technology*, 16-19 Feb. 2014.
- Ardabili, S., Mosavi, A. and Varkonyi-Koczy, A., R. (2020).** Building energy information: demand and consumption prediction with machine learning models for sustainable and smart cities. *Engineering for Sustainable Future. INTER-ACADEMIA*, Vol 101, pp. 191-201.
- Arbolino, R., Carlucci, F., Cira, A., Ioppolo, G., Yigitcanlar, T., (2017).** Efficiency of the EU regulation on greenhouse gas emissions in Italy: The hierarchical cluster analysis approach. *Ecological Indicators*, pp. 115-123.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y., (2012).** Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214, pp. 481-518.
- Bhadani, A. K., & Jothimani, D. (2016).** Big data: challenges, opportunities, and realities. In *Effective big data management and opportunities for implementation* (pp. 1-24). IGI Global.
- Brunelli, M. (2015).** Introduction to the Analytic Hierarchy Process. *SpringerBriefs in Operations Research*.

- Boulton, A., Brunn, S. D., & Devriendt, L. (2011).** Cyberinfrastructures and “smart” world cities: Physical, human, and soft infrastructures. In P. Taylor, B. Derudder, M. Hoyler & F. Witlox (Eds.), *International Handbook of Globalization and World Cities*. Cheltenham, U.K.: Edward Elgar.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2009).** Smart cities in Europe. In *Proceedings of the 3rd Central European Conference in Regional Science* (Košice, Slovak Republic, Oct 7-9).
- Chan, L., K. and Wu, M., L. (2007).** Quality Function Deployment: A Comprehensive Review of Its Concepts and Methods, *Quality Engineering*, 15 (1), pp. 23-35.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016).** Blockchains and smart contracts for the internet of things. *Ieee Access*, 4, 2292-2303.
- Cheng, E., Li, H. and Ho, D. (2002).** Analytic Hierarchy Process (AHP), A Defective Tool When Used Improperly. *Measuring Business Excellence*, 6 (4), pp. 33-37.
- Chuanjun Z., Jingfeng Y., Lei Z., Yajing Z. & Qiuhu S. ,(2020).** The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*.
- Chung, S., Lee, A. H. I. and Pearn, W. L. (2005).** Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator, *International Journal of Production Economics*, Vol. 96, pp. 15-36.
- Cledou, G., Estevez, E., & Barbosa, L., (2018).** A taxonomy for planning and designing smart mobility services. Article in *Government Information Quarterly*.
- Competition, A., & Consumer Commission. (2019).** Digital Platforms Inquiry: Preliminary Report. Definition from the American Association for the Advancement of Science's Geospatial Technologies Project, 1 May 2015.
- Copenhagen Cleantech Cluster, (2012).** *Danish Smart Cities: Sustainable living in an urban world*.
- Correia, L. M., & Wüstel, K. (2011).** Smart Cities applications and requirements. White Paper of the Experts Working Group, Net!Works European Technology Platform.
- Deloitte, (2018).** Super smart cities: higher quality of social well-being.
- Deveci, M., Oner, S., G., Canitez, F. and Oner, M. (2019).** Evaluation of service quality in public bus transportation using interval-valued intuitionistic fuzzy QFD methodology. *Research in Transportation Business & Management*, Vol. 33
- Deveci, M., Canitez, F. and Demirel, N., C. (2016).** Developing a QFD Methodology to Increase Customer Satisfaction in Public Transport Companies. *International Conference on Engineering and Natural Science*, 24-28 May, Sarajevo.
- Eger, J., (2009).** Smart growth, smart cities, and the crisis at the pump a worldwide phenomenon. *I-WAYS, Digest of Electronic Commerce Policy and Regulation*, vol. 32, no. 1, pp. 47-53.
- Erdil, N., O. and Arani, O., M. (2018).** Quality Function Deployment: More than a Design Tool. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 11 (1).
- Evans, D. (2011).** The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything. *CISCO white paper*, 1(2011), 1-11.
- Florida, R. (2002).** *The Rise of the Creative Class: And How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday life*. New York: Basic Books.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007).** *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology.

- Grimaldi, M., Pellicchia, V. and Fasolino, I. (2017).** Urban Plan and Water Infrastructures Planning: A Methodology Based on Spatial ANP. *Sustainability*, 9 (5), pp. 1-23.
- Gorener, A. (2012).** Comparing AHP and ANP: An Application of Strategic Decisions Making in a Manufacturing Company. *International Journal of Business and Social Science*, 3 (11), pp. 194-208.
- Gupta, P. and Srivastava, R., K. (2011).** Customer Satisfaction for Designing Attractive Qualities of Healthcare Service in India using Kano Model and Quality Function Deployment. *MIT International Journal of Mechanical Engineering*, 1 (2), pp. 101-107.
- Han, D., D., Jung, T. and Dieck, C. (2019).** Translating Tourist Requirements into Mobile AR Application Engineering Through QFD. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35 (19), pp. 1842-1858.
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2011).** Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54(4).
- Hsi-Peng Lu, Chiao-Shan Chen & Hueiju Yu, (2019).** Technology roadmap for building a smart city: An exploring study on methodology. *Future Generation Computer Systems*, vol. 97, pp. 727-742.
- Industry Canada. (1998).** *Report of the Panel on Smart Communities*. Ottawa, Canada: Government of Canada.
- Ishizaka, A. and Lusti, M. (2006).** How to derive priorities in AHP: A comparative study. *Central European Journal of Operations Research*, 14 (4), pp. 387-400.
- Jahan, A., Edwards, K., L. and Bahraminasab, M. (2016).** Materials selection in the context of design problem-solving. *Multi-criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design (Second Edition)*, pp. 25-40.
- Johnson, B., and Lehmann, M., (2006).** Sustainability and Cities as Systems of *Innovation, DRUID Working Paper No. 06–17*.
- Juceviciene, P., & Leonaviciene, R. (2007).** The change of human resource development concepts in the process of becoming a learning organisation. *Economics and Management*, 12, 569-575.
- Kadoic, N., Redep, N., B., & Divjak, B., (2017).** Decision making with the analytic network process. [Online]. Διαθέσιμο στο: https://bib.irb.hr/datoteka/888413.anp_sor17_nk_nbr_bd_finale.pdf.
- Kamruzzaman, M., Hine, J., & Yigitcanlar, T. (2015).** Investigating the link between carbon dioxide emissions and transport-related social exclusion in rural Northern Ireland, *Islamic Azad University (IAU)*.
- Komninos, N., & Sefertzi, E. (2009).** Intelligent cities: R&D offshoring, Web 2.0 product development and globalization of innovation systems. Paper presented at the Second Knowledge Cities Summit 2009.
- Lazaroiu, G. C., & Roscia, M., (2012).** Definition methodology for the smart cities model. *Energy*, pp. 326-332.
- Lee, S., Han, J., Leem, Y., & Yigitcanlar, T. (2008).** Towards ubiquitous city: Concept, planning, and experiences in the Republic of Korea. In T. Yigitcanlar, K. Velibeyoglu & S. Baum (Eds.), *Knowledge-Based Urban Development: Planning and Applications in the Information Era* (pp. 148-169). Hershey, PA: IGI Global.
- Liang, H., Ren, J., Gao, S., Dong, L. and Gao, Z. (2017).** Comparison of Different Multicriteria Decision-Making Methodologies for Sustainability Decision Making. *Hydrogen Economy Supply Chain, Life Cycle Analysis and Energy Transition for Sustainability*, pp. 189-224.
- McKinsey Global Institute, (2011).** *India's urban awakening: Building inclusive cities, sustaining economic growth*, April.

- McKinsey Global Institute, (2009).** *Preparing for China's urban billion*, March.
- Malek, J. A. (2009).** Informative global community development index of informative smart city. In *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Education and Educational Technology* (Genova, Italy, Oct 17-19).
- Middleton, P., Kjeldsen, P., & Tully, J. (2013).** Forecast: The internet of things, worldwide, 2013. *Gartner Research*.
- Milosevic, D., Stanojevic, A. and Milosevic, M. (2017).** AHP Method in the Function of Logistic in Development of Smart Cities Model. *The Sixth International Conference, Transport and Logistics*, pp. 287-294.
- Moubachir, Y. and Bouami, D. (2015).** A New Approach for the Transition between QFD Phases. *Procedia CIRP*, Vol. 26, pp. 82-86.
- Myeong, S., Jung, Y. and Lee, E. (2018).** A Study on Determinant Factors in Smart City Development: An Analytic Hierarchy Process Analysis. *Sustainability*, 10 (8), pp. 1-17.
- Nam, T. & Pardo, T.A., (2011).** Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. Center for Technology in Government University at Albany, State University of New York, U.S.
- Needham, J. (1976).** *Science and civilisation in China* (Vol. 5, No. 3). Cambridge University Press.
- Pachemska, T., A., Lapevski, M. and Timovski, R. (2014).** Analytical Hierarchical Process (AHP) Method Application in the Process of Selection and Evaluation. *International Scientific Conference, 21-22 November, Gabrovo*.
- Porro, O., Pardo-Bosch, F., Agell, N. and Sanchez, M. (2020).** Understanding Location Decisions of Energy Multinational Enterprises within the European Smart Cities' Context: An Integrated AHP and Extended Fuzzy Linguistic TOPSIS Method. *Energies*, 13 (1), pp. 1-29.
- Portugali, Y. (2012).** Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.
- Rad, T., G., Niaraki, A., S., Abbasi, A. and Choi, S., M. (2018).** A methodological framework for assessment of ubiquitous cities using ANP and DEMATEL methods. *Sustainable Cities and Society*, Vol. 37, pp. 608-618.
- Rana, N., P., Luthra, S., Mangla, S., K., Islam, R., Roderick, S. and Dwivedi, Y., K. (2018).** Barriers to the Development of Smart Cities in Indian Context. *Information Systems Frontiers*, 21 (3), pp. 503-525.
- Rizvi, S., R., Zehra, S. and Olariu, S. (2019).** ASPIRE: An Agent-Oriented Smart Parking Recommendation System for Smart Cities. *IEEE - Intelligent Transportation Systems Magazine*, 11 (4), pp. 48-61.
- Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015).** The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*, 80, 1-50.
- Saaty, T., L. (1990).** How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48 (1), pp. 9-26.
- Saaty, R., W. (1987).** The Analytic Hierarchy Process – What is it and How it is Used. *Mathematical Modelling*, 9 (3), pp. 161-176.
- Saaty, T., L. and Vargas, L. (2006).** *Decision Making with the Analytic Network Process Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. Εκδόσεις: Springer, US.

- Salvia, A., L., Brandil, L. L., Filho, W., L. and Kalil, R., M., L. (2019).** An analysis of the applications of Analytic Hierarchy Process (AHP) for selection of energy efficiency practices in public lighting in a sample of Brazilian cities. *Energy Policy*, Vol. 132, pp. 854-864.
- Sánchez-Corcuera, R., Nuñez-Marcos, A., Sesma-Solance, J., Bilbao-Jayo, A., Mulero, R., Zulaika, U., & Almeida, A., et. Al, (2019).** Smart cities survey: Technologies, application domains and challenges for the cities of the future. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(6), 1550147719853984.
- Shi, H., Tsai, S., B., Lin, X. and Zhang, T. (2017).** How to Evaluate Smart Cities' Construction? A Comparison of Chinese Smart City Evaluation Methods Based on PSF. *Sustainability*, 10 (2), pp. 1-16.
- Sørensen, B., (2000).** Renewable Energy. 2nd edition, Academic Press.
- Turkenburg, W. C., & Faaij, A. (2000).** *Renewable energy technologies* (pp. 219-72). UNDP/UNDESA/WEC: Energy and the Challenge of Sustainability. World Energy Assessment. New York: UNDP, 219-272.
- Wey, W., M. and Ching, C., H. (2018).** The Application of Innovation and Catapult Research Techniques to Future Smart Cities Assessment Framework. *International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*.
- Wolniak, R. (2017).** The history of the QFD method. *Scientific Papers of Silesian University of Technology, Organization and Management Series*, 2017 (100), pp. 553-564.
- Wu, T., Liu, S., Ni, M., Zhao, Y., Shen, P. and Rafique, S., F. (2018).** Model design and structure research for integration system of energy, information and transportation networks based on ANP-fuzzy comprehensive evaluation. *Global Energy Interconnection*, 1 (2), pp. 137-144.
- Vinod., K. (2014).** A Comprehension on Educational Technology and ICT for Education.
- Yovanof, G. S., & Hazapis, G. N. (2009).** An architectural framework and enabling wireless technologies for digital cities & intelligent urban environments. *Wireless Personal Communications*, 49(3), 445-463.
- Zawati, O., A., L. and Dweiri, F. (2016).** Application of Quality Function Deployment to Improve Smart Services Applications, Dubai Public Entity as a Case Study. *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

www.qfdi.org
 www.sciencedirect.com
 www.researchgate.com
 www.smartcityhub.com
 www.asme.org
 www.iotworldtoday.com
 www.thalesgroup.com
 www.wikipedia.com