



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**Ανάπτυξη Εργαλείου Μοντελοποίησης Προβλημάτων  
Αξιολόγησης Κλιματικής Πολιτικής με τη Χρήση Ασαφών  
Γνωστικών Χαρτών**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της

**ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ Μ. ΚΑΡΑΚΩΝΣΤΑΝΤΗ**

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2017





# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## **Ανάπτυξη Εργαλείου Μοντελοποίησης Προβλημάτων Αξιολόγησης Κλιματικής Πολιτικής με τη Χρήση Ασαφών Γνωστικών Χαρτών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ Μ. ΚΑΡΑΚΩΝΣΤΑΝΤΗ

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 23<sup>η</sup> Μαρτίου 2017.

.....  
Ι. Ψαρράς  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Δ. Ασκούνης  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Χ. Δούκας  
Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2017

.....  
**ΚΑΡΑΚΩΝΣΤΑΝΤΗ Μ. ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Βασιλική Μ. Καρακωνσταντή, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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 τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π., στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Με την ευκαιρία που μου δίνεται μέσω αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Ιωάννη Ψαρρά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την ανάληψη της συγκεκριμένης διπλωματικής και την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Στη συνέχεια, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω τον Υποψήφιο Διδάκτορα Αλέξανδρο Νίκα, για τη συνεχή καθοδήγηση και την αδιάκοπη υποστήριξή τους κατά την υλοποίηση του διαδικτυακού εργαλείου και τη συγγραφή του παρόντος τόμου. Η ευστοχία των υποδείξεων και των συμβουλών τους υπήρξε καταλυτικής σημασίας για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στον Υποψήφιο Διδάκτορα Εμμανουήλ Ντάνο για την ενεργό συνεισφορά του στο προγραμματιστικό μέρος της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για όλη την αγάπη, την υποστήριξη και την υπομονή που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και όλους εκείνους που συνέβαλαν με τον τρόπο τους στην επιτυχή ολοκλήρωση της προσπάθειάς μου.



## Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στην οικονομία και στο φυσικό περιβάλλον είναι πλέον επιστημονικά αδιαμφισβήτητες. Απειλούν όλους τους τομείς της ανθρώπινης ζωής και δραστηριότητας αλλά και την επιβίωση όλων των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη. Η Ελλάδα γεωγραφικά ανήκει σε μια από τις πιο ευπαθείς περιοχές της Μεσογείου και η προσαρμογή της στην κλιματική αλλαγή αποτελεί αναγκαιότητα και απόλυτη προτεραιότητα. Η εξάρτηση της χώρας μας από το φυσικό περιβάλλον είναι εξαιρετικά μεγάλη για να αγνοηθεί, ακόμα και σε συνθήκες οικονομικής κρίσης. Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την αξιοποίηση, σε αυτό το επιστημονικό πεδίο, μίας ευρέως διαδεδομένης τεχνικής λήψης αποφάσεων, αυτής των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών, οι οποίοι αποτελούν ένα τρόπο σχεδίασης, αναπαράστασης και μοντελοποίησης ενός συστήματος, αποκλειστικά μέσω της γνώσης κι εμπειρίας εμπειρογνομόνων και με σκοπό την εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά του συστήματος αυτού υπό διαφορετικές συνθήκες.

Έτσι, σε πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται μία εμπειρισταωμένη και αναλυτική βιβλιογραφική ανασκόπηση εφαρμογών της μεθόδου στον ευρύτερο χώρο της κλιματικής και περιβαλλοντικής πολιτικής, ώστε να διερευνηθεί η καταλληλότητά της στην αξιολόγηση στρατηγικών κλιματικής πολιτικής. Στη συνέχεια, επιχειρείται η ανάπτυξη ενός εργαλείου στο περιβάλλον του λογισμικού Matlab, με σκοπό τη διευκόλυνση της διαδικασίας σχεδιασμού και προσομοίωσης ενός Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη, αλλά και την ενσωμάτωση καινοτόμων στοιχείων που το διαφοροποιούν από τις υφιστάμενες προγραμματιστικές εφαρμογές.

Προκειμένου να αξιολογηθεί το εργαλείο αλλά και η καταλληλότητα της μεθόδου των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών στο πεδίο της σύγκρισης πολιτικών στρατηγικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, καταρτίζεται ένα πρόβλημα ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού τομέα στην Ελλάδα, με απώτερο στόχο την επιλογή της βέλτιστης στρατηγικής, δηλαδή εκείνης που επιτυγχάνει μεγιστοποίηση της μείωσης εκπομπών άνθρακα καθώς και ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών των μέτρων πολιτικής. Συγκεκριμένα, με αφετηρία εννέα συγκεκριμένα μέτρα προς αυτήν την κατεύθυνση καθώς και τέσσερις μεταβλητές που αφενός εκφράζουν την υφιστάμενη αβεβαιότητα και τους κινδύνους και αφετέρου συνδιαμορφώνουν διαφορετικά σενάρια μελλοντικής εξέλιξης, εφαρμόζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών με τη βοήθεια εμπειρογνομόνων. Το μοντέλο που προκύπτει από τη διαδικασία προσομοιώνεται για κάθε διαφορετικό μείγμα πολιτικών μέτρων και για κάθε σενάριο. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης, ενώ εξάγονται συμπεράσματα και προτείνονται προοπτικές τόσο για την πράσινη μετάβαση του κτιριακού τομέα στην Ελλάδα όσο και για τη μεθοδολογία και το εργαλείο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας.

**Λέξεις-κλειδιά:** κλιματική πολιτική, κτιριακός τομέας, Ασαφής Γνωστικός Χάρτης, ΑΓΧ, ανάπτυξη εργαλείου, υποστήριξη αποφάσεων, Matlab, αξιολόγηση πολιτικών στρατηγικών





## Abstract

Climate change and its impacts on the economy and the natural environment are scientifically indisputable. They not only threaten the sustainability of all sectors of human life and activity, but also endanger all living organisms on the planet. Greece, geographically, belongs to one of the most vulnerable regions of the Mediterranean and adaptation to climate change is a necessity and absolute priority. The dependence of our country on the natural environment is too prominent to be ignored, even in the conditions of economic recession that the country has been facing. The present dissertation discusses, in this scientific domain, the employment of a widespread decision-making technique, this of Fuzzy Cognitive Maps, which constitute a way of drawing, modelling and simulating a system, drawing exclusively from the knowledge and experience of stakeholders, the aim of which is to export valuable deductions for the behavior of this system under varying conditions.

Hence, at first, a comprehensive and analytical literature review of applications of the method in the wider domain of climate and environmental policy takes place, in order to investigate its suitability for the assessment of climate change policy strategies. Based on the findings of the review, a software application is developed in the Matlab environment, so as to facilitate the design and simulation process of a Fuzzy Cognitive Map, as well as to integrate innovative elements that distinguish the proposed framework and tool from existing solutions.

In order to evaluate the tool and the applicability of the method in the field of comparing policy strategies that confront climate change, a case study regarding the transition of the building sector in Greece is discussed, with a view to selecting the optimal strategy, that is the one that achieves maximization of reducing carbon emissions, while minimizing potential adverse effects associated with policy measures, from the stakeholders' perspective. Specifically, by starting with nine concrete measures in this direction and four variables that not only express the current uncertainty and risks, but also compose different future socio-economic scenarios, the methodological framework of Fuzzy Cognitive Maps is applied with the help of experts. The model resulting from the process is simulated for each different mix of policy measures and for each scenario. Finally, the results of the case study are presented, conclusions are drawn and prospects are proposed for both the green transition of the building sector in Greece and the methodology and the tool developed in the framework of this thesis.

**Keywords:** climate policy, building sector, Fuzzy Cognitive Maps, FCM, software development, decision support tool, Matlab, policy strategy evaluation



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Εισαγωγικές Έννοιες και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....</b>	<b>5</b>
2.1	Εισαγωγικές έννοιες των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών .....	5
2.1.1	Εισαγωγή στην έννοια των Γνωστικών Χαρτών .....	5
2.1.2	Ασαφής λογική και Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες .....	7
2.1.3	Σημαντικές έννοιες και δείκτες των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών .....	8
2.2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση εφαρμογών των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών σε προβλήματα κλιματικής πολιτικής .....	10
2.2.1	Περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού και προσομοίωσης των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών .....	10
2.2.2	Συναρτήσεις ενεργοποίησης .....	15
2.2.3	Συναρτήσεις κατωφλίου .....	18
2.2.4	Ενσωμάτωση των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών με άλλες τεχνικές.....	21
2.2.5	Εφαρμογές των Ασαφών Χαρτών Γνωστικών .....	24
2.2.6	Τεχνικές εκμάθησης των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών.....	27
2.2.7	Λογισμικά για προσομοίωση των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών .....	30
<b>3</b>	<b>Παρουσίαση του Εργαλείου Matlab για Επεξεργασία των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών.....</b>	<b>33</b>
3.1	Περιγραφή του εργαλείου Matlab.....	33
3.1.1	Ανάλυση χρονικών καθυστερήσεων (time lags) .....	53
<b>4</b>	<b>Μελέτη Περίπτωσης .....</b>	<b>57</b>
4.1	Ενεργειακή αναβάθμιση του ελληνικού κτιριακού τομέα .....	57
4.1.1	Διαδικασία σχεδιασμού του χάρτη για τη μελέτη περίπτωσης.....	58
4.1.2	Επιλογή των βαρών που αντιστοιχούν στις έννοιες του Χάρτη .....	62
4.2	Παρουσίαση των Πολιτικών .....	64
4.2.1	Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων .....	64
4.2.2	Ανάπτυξη δικτύων Τηλεθέρμανσης.....	71

4.2.3	«Εξοικονομώ κατ' οίκον».....	72
4.2.4	Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια 73	
4.2.5	Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης «έξυπνων» μετρητών .....	77
4.2.6	Επιδότησεις για την κατασκευή NZEB (Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας) .....	77
4.2.7	Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή .....	78
4.2.8	Χρηματοδότηση για E&A (Ερευνα & Ανάπτυξη) στην εξοικονόμηση ενέργειας 78	
4.2.9	FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά.....	79
4.3	Σύνοψη προϋπολογισμών για τις πολιτικές .....	80
4.4	Περιγραφή των στρατηγικών.....	81
4.5	Ανάλυση σεναρίων .....	83
4.5.1	Παρουσίαση εξεταζόμενων σεναρίων .....	83
4.5.2	Υπολογισμός των συντελεστών ανά σενάριο για τα σενάρια εισόδου.....	87
<b>5</b>	<b>Αποτελέσματα.....</b>	<b>95</b>
5.1.1	Εισαγωγή δεδομένων μελέτης περίπτωσης στο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων.....	95
5.1.2	Αποτελέσματα προσομοιώσεων .....	105
5.1.3	Εξαγωγή συμπερασμάτων για την εξεταζόμενη μελέτη περίπτωσης.....	110
<b>6</b>	<b>Συμπεράσματα &amp; Προοπτικές.....</b>	<b>113</b>
6.1	Συμπεράσματα .....	113
6.2	Προοπτικές.....	115
<b>7</b>	<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>117</b>
<b>Παράρτημα Α</b>	<b>Εισαγωγή αρχείου GML.....</b>	<b>123</b>
<b>Παράρτημα Β</b>	<b>Παραγωγή και αποθήκευση αρχείου GML.....</b>	<b>127</b>
<b>Παράρτημα C</b>	<b>Εκτέλεση προσομοίωσης .....</b>	<b>135</b>
<b>Παράρτημα D</b>	<b>Έλεγχος ορθότητας μοντέλου .....</b>	<b>140</b>
<b>Παράρτημα E</b>	<b>Συνάρτηση μετασχηματισμού .....</b>	<b>145</b>

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.1 Πίνακας γειτνίασης του γνωστικού χάρτη της Εικόνας 2.1.....	6
Πίνακας 2.2 Πίνακας βαρών του ασαφούς γνωστικού χάρτη της Εικόνας 2.2. ....	8
Πίνακας 2.3 Ανασκόπηση μελετών στη βιβλιογραφία των ΑΓΧ, βάσει του πεδίου εφαρμογής, της συμμετέχουσας προσέγγισης και της χρήσης της μεθόδου αποασαφοποίησης. ....	14
Πίνακας 2.4 Παραδείγματα μελετών συνδυασμού των ΑΓΧ με άλλες μεθοδολογίες. ....	21
Πίνακας 2.5 Πεδία εφαρμογής και γεωγραφική διάσταση μελετών περίπτωσης των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών. ....	25
Πίνακας 2.6 Τεχνικές εκμάθησης των ΑΓΧ.....	27
Πίνακας 2.7 Χρησιμοποιούμενα λογισμικά για την προσομοίωση των ΑΓΧ.....	30
Πίνακας 4.1 Το σύνολο των πολιτικών που επιλέχθηκαν. ....	58
Πίνακας 4.2 Παρουσίαση ανά κατηγορία των εννοιών που συντάσσουν τον Ασαφή Γνωστικό Χάρτη. ....	60
Πίνακας 4.3 Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη.....	62
Πίνακας 4.4 Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη (Συνέχεια). ....	63
Πίνακας 4.5 Απαιτούμενοι προϋπολογισμοί για τις πολιτικές. ....	80
Πίνακας 4.6 Παρουσίαση στρατηγικών. ....	81
Πίνακας 4.7 Συντελεστές συμμετοχής των πολιτικών στις στρατηγικές. ....	82
Πίνακας 4.8 Σύνοψη των υποθέσεων ανά σενάριο για επιμέρους σημαντικές κατηγορίες. ....	87
Πίνακας 4.9 Συντελεστές εισόδων σεναρίων ανά σενάριο. ....	94
Πίνακας 5.1 Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη.....	96
Πίνακας 5.2 Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη (Συνέχεια). ....	97
Πίνακας 5.3 Συντελεστές συμμετοχής των πολιτικών στις στρατηγικές. ....	99
Πίνακας 5.4 Συντελεστές εισόδων σεναρίου ανά σενάριο. ....	99
Πίνακας 5.5 Στατιστικές τιμές του Χάρτη. ....	103
Πίνακας 5.6 Κεντρικότητα για τις έννοιες του Χάρτη. ....	104
Πίνακας 5.7 Οι 5 πιο κεντρικές έννοιες του Χάρτη. ....	105
Πίνακας 5.8 Αποτελέσματα για τη μείωση εκπομπών με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης. ....	106

Πίνακας 5.9 Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της μείωσης εκπομπών με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης. ....	106
Πίνακας 5.10 Αποτελέσματα για τη μείωση εκπομπών με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης. ....	107
Πίνακας 5.11 Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της μείωσης εκπομπών με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης. ....	107
Πίνακας 5.12 Αποτελέσματα για τη «Συνολική» μεταβλητή με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης. ....	108
Πίνακας 5.13 Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της «Συνολικής» μεταβλητής με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης. ....	109
Πίνακας 5.14 Αποτελέσματα για τη «Συνολική» μεταβλητή με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης. ....	109
Πίνακας 5.15 Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της «Συνολικής» μεταβλητής με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης. ....	110

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 2.1 Παράδειγμα γνωστικού χάρτη. ....	6
Εικόνα 2.2 Παράδειγμα ασαφούς γνωστικού χάρτη. ....	7
Εικόνα 2.3 Διαγράμματα σιγμοειδούς συνάρτησης και υπερβολικής εφαπτομένης. ....	19
Εικόνα 3.1 Χάρτης των Lopolito et al. (2011). ....	34
Εικόνα 3.2 Πλατφόρμα εργασίας. ....	37
Εικόνα 3.3 Δυνατότητες εισαγωγής και εξαγωγής των δεδομένων. ....	37
Εικόνα 3.4 Εισαγωγή δεδομένων από αρχείο Excel. ....	38
Εικόνα 3.5 Παρουσίαση των εννοιών (concepts). ....	38
Εικόνα 3.6 Επεξεργασία των εννοιών. ....	39
Εικόνα 3.7 Παρουσίαση ομάδων (groups). ....	39
Εικόνα 3.8 Αρχικές τιμές των εννοιών και δυνατότητα επεξεργασίας τους. ....	40
Εικόνα 3.9 Επιλογή εννοιών σε «μεταβλητές» ή «σταθερές». ....	41
Εικόνα 3.10 Πίνακας εισαγωγής και επεξεργασίας των βαρών των σχέσεων μεταξύ των εννοιών. ....	42
Εικόνα 3.11 Πίνακας εισαγωγής και επεξεργασίας των χρονικών καθυστερήσεων (timelags) μεταξύ των εννοιών. ....	43
Εικόνα 3.12 Ειδοποίηση για αυτόματη εισαγωγή μοναδιαίας χρονικής καθυστέρησης στη θέση των μηδενικών στον πίνακα των χρονικών καθυστερήσεων σε περίπτωση που αυτές δεν έχουν εισαχθεί ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. ....	43
Εικόνα 3.13 Επιλογή συνάρτησης ενεργοποίησης. ....	44
Εικόνα 3.14 Επιλογή συνάρτησης καταφλίου. ....	44
Εικόνα 3.15 Επιλογή παρουσίασης του Γνωστικού Χάρτη με τα δεδομένα που έχουμε, με ή χωρίς τα βάρη, καθώς και στατιστικών δεδομένων. ....	45
Εικόνα 3.16 Παρουσίαση του Γνωστικού Χάρτη από τα δεδομένα που έχουμε. ....	45
Εικόνα 3.17 Παρουσίαση χρήσιμων στατιστικών δεδομένων. ....	46
Εικόνα 3.18 Εισαγωγή του αριθμού των επαναλήψεων μέχρι τον οποίο επιτρέπεται να φτάσει το σύστημα. ....	47
Εικόνα 3.19 Επιλογή για εκτέλεση προσομοίωσης. ....	47
Εικόνα 3.20 Ενεργοποίηση συνάρτησης ελέγχου για τις τιμές των εννοιών. ....	47
Εικόνα 3.21 Ενεργοποίηση συνάρτησης ελέγχου για τις τιμές των βαρών. ....	48

Εικόνα 3.22 Ενεργοποίηση συνάρτησης ελέγχου για τις τιμές των χρονικών καθυστερήσεων. .....	48
Εικόνα 3.23 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.....	49
Εικόνα 3.24 Χρήσιμες πληροφορίες για τις συνθήκες της προσομοίωσης.....	50
Εικόνα 3.25 Τελικές τιμές των εννοιών στο τέλος της προσομοίωσης.....	50
Εικόνα 3.26 Γραφικές παραστάσεις των τιμών των εννοιών συναρτήσει των επαναλήψεων που έγιναν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.....	51
Εικόνα 3.27 Γραφική αναπαράσταση μιας τυχαίας πεντάδας εννοιών.....	52
Εικόνα 3.28 Ιστορικό προσομοιώσεων και διάφορες επιλογές.....	52
Εικόνα 3.29 Πρόσθετη βοήθεια που εξηγεί τη λειτουργία του «Createsubgraph».....	53
Εικόνα 3.30 Παρουσίαση του Γνωστικού Χάρτη παραλείποντας τις έννοιες με μηδενικές αρχικές και τελικές τιμές.....	53
Εικόνα 3.31 Τιμές των εννοιών συναρτήσει των επαναλήψεων χωρίς χρονικές καθυστερήσεις.....	54
Εικόνα 3.32 Τιμές των εννοιών συναρτήσει των επαναλήψεων με εισαγωγή χρονικών καθυστερήσεων.....	54
Εικόνα 3.33 Τιμές εννοιών με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης ως συνάρτηση κατωφλίου για τρεις περιπτώσεις χρονικών καθυστερήσεων: χωρίς time lags, με χαμηλές τιμές time lags, με ελαφρώς υψηλότερες τιμές time lags.....	55
Εικόνα 4.1 Ασαφής Γνωστικός Χάρτης για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων.....	61
Εικόνα 4.2 Τα πέντε σενάρια παρουσιάζοντας διαφορετικούς συνδυασμούς προκλήσεων για τον μετριασμό και την προσαρμογή.....	86
Εικόνα 5.1 Ασαφής Γνωστικός Χάρτης της μελέτης περίπτωσης.....	96
Εικόνα 5.2 Κατηγορίες εννοιών.....	100
Εικόνα 5.3 Όλες οι πολιτικές και οι είσοδοι σεναρίων τίθενται ως «σταθερές».....	100
Εικόνα 5.4 Εισαγωγή δεδομένων για την 1 <sup>η</sup> στρατηγική όσον αφορά το 1 <sup>ο</sup> σενάριο.....	101
Εικόνα 5.5 Επιλογή συνάρτησης ενεργοποίησης.....	102
Εικόνα 5.6 Χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης ως συνάρτηση κατωφλίου.....	102
Εικόνα 5.7 Χρήση της σιγμοειδούς ως συνάρτηση κατωφλίου.....	102
Εικόνα 5.8 Στατιστικά δεδομένα του Ασαφής Γνωστικού Χάρτη.....	103



# 1 *Εισαγωγή*

Τα τελευταία χρόνια οι Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες (ΑΓΧ) έχουν αποκτήσει σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον και χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάλυση περίπλοκων συστημάτων. Η διαδικασία σχεδίασης τους μπορεί να είναι από μία πολύ απλή διεργασία έως μια πολύ δύσκολη αφού εξαρτάται από το πρόβλημα που θέλουμε να μοντελοποιήσουμε. Η εκτενής αναζήτηση στη βιβλιογραφία ανέδειξε πληθώρα τρόπων σχεδιασμού και προσομοίωσης των χαρτών και μάλιστα με τη βοήθεια διαφόρων λογισμικών συστημάτων. Παράλληλα, παρατηρήθηκε ότι είναι δυνατή η συνεργασία των ΑΓΧ με άλλες τεχνικές ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε προβλήματος και προς βελτίωση των αποτελεσμάτων, ενώ με τεχνικές βελτιστοποίησης μέσω κατάλληλων αλγορίθμων μπορούμε να επιτύχουμε τα βέλτιστα αποτελέσματα και με τεχνικές εκμάθησης εξασφαλίζεται η σύγκλιση των αποτελεσμάτων. Οι ΑΓΧ έχουν εφαρμοστεί σε διάφορα πεδία εφαρμογής, ωστόσο στα πλαίσια της εργασίας αυτής εστιάζουμε στον ευρύτερο χώρο της κλιματικής και περιβαλλοντικής πολιτικής, όπου είναι επιτακτική ανάγκη η λήψη αποτελεσματικών μέτρων για την επίλυση σοβαρών προβλημάτων που προκαλούνται κατά κύριο λόγο από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Φυσικά, όπως μπορεί να βρει κανείς ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία, ευρεία είναι η χρήση των ΑΓΧ και σε άλλους σημαντικούς τομείς, όπως στην μηχανική, στην ιατρική, στη ρομποτική, σε επιχειρήσεις, σε παραγωγικά συστήματα, στις τηλεπικοινωνίες και στην εκπαίδευση (Papageorgiou & Salmeron, 2013).

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η αναλυτική βιβλιογραφική ανασκόπηση των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών για την διερεύνηση και αξιολόγηση των δυνατοτήτων τους, καθώς επίσης και η ανάπτυξη ενός προγραμματιστικού εργαλείου για τη διευκόλυνση της διαδικασίας σχεδιασμού και προσομοίωσης τους. Παράλληλα, για την αξιολόγηση του εργαλείου αυτού και την ανάδειξη της καταλληλότητας των ασαφών γνωστικών χαρτών

εξετάζεται μια μελέτη περίπτωσης στο πεδίο ενδιαφέροντος μας, για την οποία εξάγονται συμπεράσματα για την λήψη κατάλληλων μέτρων με σκοπό την επίτευξη του τελικού στόχου που τίθεται.

Έτσι, στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αφού πρώτα γίνει η εισαγωγή στην έννοια των ΑΓΧ και η επεξήγηση σημαντικών εννοιών που χαρακτηρίζουν τους ΑΓΧ, ακολουθεί διεξοδική βιβλιογραφική ανασκόπηση των εφαρμογών τους στο πεδίο την κλιματικής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Κατόπιν αυτής της εμπειριστατωμένης έρευνας, αναδεικνύεται η ευελιξία των χαρτών όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να σχεδιαστούν, καθώς θα διαπιστώσουμε ότι μπορούν να εφαρμοστούν με διάφορους τρόπους. Επίσης, σε μερικές εφαρμογές θα δούμε τη συνεργασία των ΑΓΧ με άλλες τεχνικές και τη χρήση αλγορίθμων βελτιστοποίησης, που συντελούν στην εξαγωγή βέλτιστων αποτελεσμάτων, καθώς και τη χρήση λογισμικών, που διευκολύνει σε υψηλό βαθμό την υλοποίηση των ΑΓΧ, και τεχνικές εκμάθησης των ΑΓΧ, οι οποίες έχουν προταθεί από ερευνητές για να ενδυναμωθούν οι αιτιώδεις ζεύξεις των εννοιών προκειμένου να εξασφαλιστεί η σύγκλιση.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί μία εκτενής παρουσίαση του εργαλείου που αναπτύχθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού Matlab για το σχεδιασμό και την προσομοίωση των ασαφών γνωστικών χαρτών, ώστε να φανεί βήμα προς βήμα η διαδικασία που ακολουθούμε για την προσομοίωση των ΑΓΧ για ένα τυχαίο σύστημα και να υπογραμμισθεί η ύπαρξη συγκεκριμένων καινοτομιών που υπάρχουν σε σχέση με προγενέστερα αντίστοιχα εργαλεία.

Στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζεται αναλυτικά μια μελέτη περίπτωσης που υλοποιείται στην παρούσα εργασία και η διαδικασία που ακολουθείται για το σχεδιασμό του χάρτη με γνώμονα συγκεκριμένα μέτρα προς επίτευξη του στόχου καθώς και κάποιες μεταβλητές που εκφράζουν την υφιστάμενη αβεβαιότητα και τους κινδύνους και συνδυαστικά δημιουργούν διαφορετικά σενάρια μελλοντικής εξέλιξης. Αφού περιγραφούν αναλυτικά οι πολιτικές που επιλέχθηκαν, παρουσιάζεται μια καινοτομία που γίνεται στην προσέγγιση μας, η οποία έγκειται στη δημιουργία στρατηγικών που ανάλογα με το στόχο που εστιάζουμε κάθε φορά εμπεριέχει μια σειρά πολιτικών από τις επιλεγμένες, ενεργοποιημένες καθεμιά σε διαφορετικό βαθμό προκειμένου να ικανοποιείται ο οικονομικός προϋπολογισμός που διαθέτουμε. Στη συνέχεια, γίνεται διεξοδική περιγραφή των σεναρίων που χρησιμοποιήθηκαν, τα οποία βοηθούν ώστε να έχουμε μια εικόνα για πιθανές εκβάσεις στο μέλλον και έτσι, εφαρμόζοντας τις στρατηγικές μας ανά σενάριο, θα προκύπτουν πιο ισχυρά και ρεαλιστικά αποτελέσματα όπως θα εξηγηθεί και παρακάτω.

Έχοντας πλέον αναπτύξει πλήρως το μεθοδολογικό πλαίσιο της μελέτης περίπτωσης που έχουμε στην εργασία μας, καθώς επίσης και το εργαλείο με το οποίο σχεδιάζουμε και παροσομοιώνουμε τους ΑΓΧ, στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα προχωρήσουμε στην εφαρμογή της

μελέτης περίπτωσης στο εργαλείο αυτό ώστε να αναδείξουμε τόσο τη λειτουργικότητα του όσο και τη χρησιμότητα και καταλληλότητα των ασαφών γνωστικών χαρτών για τη μοντελοποίηση και επίλυση προβλημάτων σαν του παραδείγματος μας, αλλά και για πιο πολύπλοκα συστήματα.

Τέλος, στο 6<sup>ο</sup> θα παρουσιαστούν και θα σχολιασθούν τα χρήσιμα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας των ΑΓΧ, ενώ θα συζητηθούν και πιθανές προοπτικές τη μελέτη περίπτωσης που εξετάστηκε, καθώς επίσης και για τη μεθοδολογία και το εργαλείο που αναπτύχθηκε.



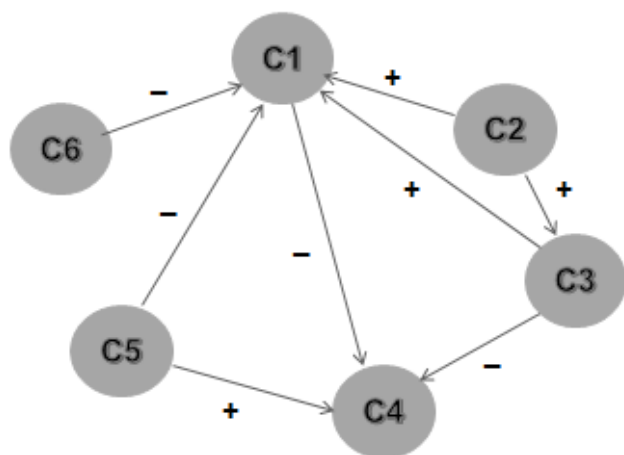
# 2 *Εισαγωγικές Έννοιες και Βιβλιογραφική*

## *Ανασκόπηση*

### *2.1 Εισαγωγικές έννοιες των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών*

#### *2.1.1 Εισαγωγή στην έννοια των Γνωστικών Χαρτών*

Οι γνωστικοί χάρτες είναι μια ποιοτική τεχνική που στοχεύει να «συλλάβει» την αντίληψη ενός ατόμου για ένα συγκεκριμένο διερευνούμενο θέμα σε διαγραμματική μορφή (Eden & Ackermann, 1988). Ο πολιτικός επιστήμονας Robert Axelrod (1976) εισήγαγε τους γνωστικούς χάρτες τη δεκαετία του '70 προκειμένου να αναπαραστήσει την κοινωνικο-επιστημονική γνώση. Στην πραγματικότητα οι γνωστικοί χάρτες είναι ένας κατευθυνόμενος γράφος, ο οποίος περιέχει ένα σύνολο κόμβων που συνδέονται με προσανατολισμένες και προσημειωμένες ακμές. Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τις έννοιες που είναι σχετικές με ένα δεδομένο τομέα που εξετάζεται. Οι αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ αυτών των εννοιών αντιπροσωπεύονται από τις ακμές οι οποίες είναι προσανατολισμένες ώστε να δείχνουν την κατεύθυνση της επιρροής και δηλώνονται ως θετικές ή αρνητικές για να δείξουν προαγωγική ή ανασταλτική δράση αντίστοιχα. Μπορούμε να δούμε ένα παράδειγμα γνωστικού χάρτη στην Εικόνα 2.1, όπου έχουμε έξι κόμβους που αντιπροσωπεύουν έννοιες ενός τυχαίου θέματος προς μελέτη και τα βέλη δείχνουν τις σχέσεις επιρροής μεταξύ τους. Σε κάθε βέλος υπάρχει μια προσημείωση «+» ή «-» που φανερώνει αν η επίδραση είναι θετική ή αρνητική.



**Εικόνα 2.1** Παράδειγμα γνωστικού χάρτη.

Κάθε γνωστικός χάρτης διαθέτει ένα μοναδικό πίνακα γειτνίασης  $A = [a_{ij}]$  που παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη δομή του, δηλαδή πως συνδέονται οι έννοιες μεταξύ τους. Ο πίνακας γειτνίασης είναι ένας τετραγωνικός πίνακας που περιλαμβάνει όλες τις έννοιες στοιχισμένες τόσο στον κάθετο όσο και στον οριζόντιο άξονα. Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1 που αναπαριστά τον πίνακα γειτνίασης, όταν μία αιτιώδη σύνδεση από την έννοια  $C_i$  στην έννοια  $C_j$  υπάρχει, τότε  $a_{ij} = 1$  ή  $a_{ij} = -1$  ανάλογα με το αν η επίδραση είναι θετική ή αρνητική, αλλιώς  $a_{ij} = 0$ . Με άλλα λόγια, αν  $a_{ij} = 1$  ή  $a_{ij} = -1$ , τότε η έννοια  $C_i$  θεωρείται η αιτία της έννοιας  $C_j$ , και η έννοια  $C_j$  θεωρείται το αποτέλεσμα της έννοιας  $C_i$ , ενώ αν η επίδραση είναι θετική ή αρνητική καθορίζεται από το πρόσημο.

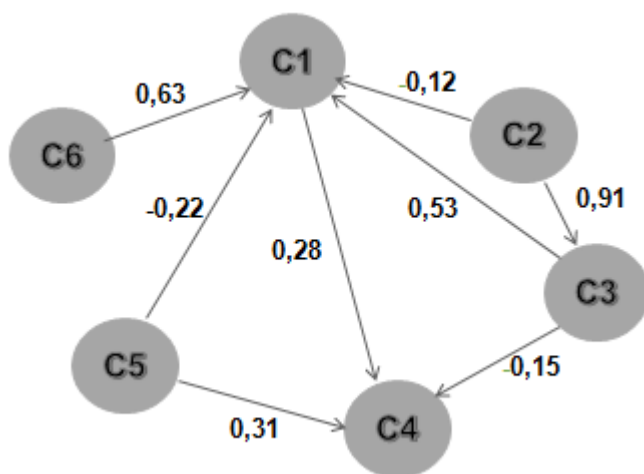
**Πίνακας 2.1** Πίνακας γειτνίασης του γνωστικού χάρτη της Εικόνας 2.1.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0	0	0	-1	0	0
C2	1	0	1	0	0	0
C3	1	0	0	-1	0	0
C4	0	0	0	0	0	0
C5	-1	0	0	1	0	0
C6	-1	0	0	0	0	0

### 2.1.2 Ασαφής λογική και Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες

Η έννοια της **ασάφειας** εισήχθηκε στους γνωστικούς χάρτες από τον Kosko (1984) ο οποίος πρότεινε τη χρησιμότητα των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών (ΑΓΧ) σε αυτούς τους τομείς γνώσεων που περιλαμβάνουν υψηλό βαθμό αβεβαιότητας. Οι ΑΓΧ είναι ασαφείς-γραφικές δομές που εκπροσωπούν έναν αιτιώδη συλλογισμό και αποτελούνται από έννοιες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, επιτρέποντας στο σχεδιαστή να δείξει τη δυναμική ενός συγκεκριμένου συστήματος (Groupros, 2010). Η κύρια διαφορά μεταξύ των ΑΓΧ και των γνωστικών χαρτών είναι ότι οι αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των κόμβων είναι «ασαφείς», δηλαδή ένας αριθμός αντιστοιχίζεται με την αιτιώδη σύνδεση ώστε να εκφραστεί ο βαθμός της σχέσης μεταξύ δύο εννοιών.

Σαν αποτέλεσμα, ένας ασαφής γνωστικός χάρτης ένα μοναδικό πίνακα γειννίασης αλλά και έναν πίνακα βαρών  $W = [w_{ij}]$  εξίσου. Οι είσοδοι στον πίνακα βαρών ενός ΑΓΧ δεν είναι δυαδικής μορφής (είτε 0 είτε 1), αλλά μπορεί να έχει οποιαδήποτε αριθμητική αξία εντός του διαστήματος  $[-1, 1]$ . Αν υπάρχει μια αιτιώδης σχέση από μια έννοια  $C_i$  σε μια έννοια  $C_j$ , τότε  $w_{ij} \in (0, 1]$  αν μια θετική αλλαγή στην έννοια  $C_i$  οδηγεί σε αύξηση της έννοιας  $C_j$ , ή  $w_{ij} \in [-1, 0)$  αν μια θετική αλλαγή στην έννοια  $C_i$  οδηγεί σε μείωση της έννοιας  $C_j$ . Αλλιώς, αν δεν υπάρχει σύνδεση μεταξύ των δύο εννοιών τότε  $w_{ij} = 0$ . Στην Εικόνα 2.2 φαίνεται το ίδιο παράδειγμα ΑΓΧ, όπου τώρα κάθε βέλος είναι προσημειωμένο με ένα βάρος που αναδεικνύει τον βαθμό επίδρασης της μιας έννοιας στην άλλη, ενώ στον Πίνακα 2.2 φαίνεται ο πίνακας βαρών του συγκεκριμένου ΑΓΧ.



Εικόνα 2.2 Παράδειγμα ασαφούς γνωστικού χάρτη.

**Πίνακας 2.2** Πίνακας βαρών του ασαφούς γνωστικού χάρτη της Εικόνας 2.2.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0	0	0	0,28	0	0
C2	-0,12	0	0,91	0	0	0
C3	0,53	0	0	-0,15	0	0
C4	0	0	0	0	0	0
C5	-0,22	0	0	0,31	0	0
C6	0,63	0	0	0	0	0

### 2.1.3 Σημαντικές έννοιες και δείκτες των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών

Ένας ασαφής γνωστικός χάρτης περιλαμβάνει έννοιες που μπορεί να είναι τριών τύπων:

- Πομποί (Senders): ανεξάρτητες μεταβλητές που δεν έχουν εισερχόμενες ροές και κατά συνέπεια δε δέχονται καμία επίδραση από άλλες μεταβλητές, αλλά αντίθετα μόνο επιδρούν σε αυτές είτε θετικά είτε αρνητικά.
- Δέκτες (Receivers): εξαρτημένες μεταβλητές δεν έχουν εξερχόμενες ροές, δηλαδή δεν επηρεάζουν τις υπόλοιπες μεταβλητές, αλλά, αντιθέτως, μόνο δέχονται επιδράσεις από αυτές, είτε θετικές είτε αρνητικές.
- Συνήθεις κόμβοι (Ordinary concepts): μεταβλητές που έχουν τόσο εισερχόμενες όσο και εξερχόμενες ροές με αποτέλεσμα να επηρεάζουν το σύστημα και τις υπόλοιπες μεταβλητές, αλλά και να επηρεάζονται από αυτές.

Στους ασαφείς γνωστικούς χάρτες υπάρχουν δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της δομής τους. Δύο σημαντικοί δείκτες είναι ο *βαθμός εξόδου* (outdegree) και ο *βαθμός εισόδου* (indegree) μιας μεταβλητής. Ο βαθμός εισόδου δείχνει την αθροιστική δύναμη των συνδέσεων που εισέρχονται σε μια μεταβλητή από άλλες μεταβλητές, και ο βαθμός εξόδου δείχνει την αθροιστική δύναμη των συνδέσεων που εξέρχονται από μια μεταβλητή προς άλλες μεταβλητές. Έτσι, οι τύποι υπολογισμού του βαθμού εξόδου  $OD(C_i)$  και του βαθμού εισόδου  $ID(C_i)$  μιας έννοιας  $C_i$  ενός χάρτη με συνολικό αριθμό εννοιών  $N$  είναι αντίστοιχα:

$$OD(C_i) = \sum_{k=1}^N |w_{ik}|$$



$$ID(C_i) = \sum_{k=1}^N |w_{ki}|$$

όπου  $w_{ab}$  η τιμή του βάρους από την έννοια  $C_a$  στην έννοια  $C_b$ .

Όταν ο βαθμός εξόδου είναι θετικός και ο βαθμός εισόδου είναι μηδενικός, τότε η μεταβλητή είναι πομπός. Όταν ο βαθμός εξόδου είναι μηδενικός και ο βαθμός εισόδου είναι θετικός, τότε η μεταβλητή είναι δέκτης. Αν και οι δύο βαθμοί είναι θετικοί, τότε η μεταβλητή είναι συνήθης. Ένας μεγάλος αριθμός δεκτών δείχνει τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις των γνωστικών χαρτών. Ενώ, ένας μεγάλος αριθμός πομπών δείχνει ένα τυπικό-ιεραρχικό σύστημα. Σημαντική είναι και η έννοια της *πολυπλοκότητας* (complexity) ενός γνωστικού χάρτη που ορίζεται ως η αναλογία του αριθμού των δεκτών προς τον αριθμό των πομπών. Μεγαλύτερες αναλογίες υποδεικνύουν πιο περίπλοκους χάρτες. Επίσης, στους ΑΓΧ ενδιαφερόμαστε και για την έννοια της *κεντρικότητας* (centrality), η οποία είναι το άθροισμα του βαθμού εισόδου και του βαθμού εξόδου της έννοιας και δείχνει τη συνεισφορά μιας μεταβλητής στο χάρτη. Τέλος, η *πυκνότητα* (density) περιγράφει πόσο καλά είναι συνδεδεμένες οι κατηγορίες εντός του χάρτη και υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των συνδέσεων μέσα στο χάρτη με τον μέγιστο δυνατό αριθμό συνδέσεων (δηλαδή με το τετράγωνο του πλήθους όλων των εννοιών του χάρτη). Ένας πυκνός χάρτης δείχνει πως ένας συνεντευξιαζόμενος (ή μια ομάδα ενδιαφερόμενων) αντιλαμβάνεται έναν αριθμό πιθανών μονοπατιών για να επηρεάσουν μια μεταβλητή στο χάρτη. Οι παραπάνω έννοιες και δείκτες θα μας απασχολήσουν στη συνέχεια όταν θα παρουσιάσουμε ένα εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δημιουργημένο στο περιβάλλον του Λογισμικού Matlab, το οποίο έχει τη δυνατότητα να διαχωρίζει τους τύπους των εννοιών και να υπολογίζει τους προαναφερθέντες δείκτες.

Στην επόμενη ενότητα θα περιγραφεί αναλυτικά η διαδικασία, μέσα από ποικίλα μονοπάτια, η οποία ακολουθείται για τη δημιουργία ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη. Δεν είναι μια εύκολη διαδικασία καθώς απαιτείται εμπειρία και αντικειμενικότητα από το σχεδιαστή, καθώς επίσης και να διαθέτει τα κατάλληλα εργαλεία προκειμένου να μη χρονοτριβεί και τους κατάλληλους συνεργάτες που θα του παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα χωρίς να τον παραπλανούν. Επίσης, όπως θα δούμε παρακάτω, η συνεργασία των ασαφών γνωστικών χαρτών με άλλες διαδικασίες μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να παρέχει καλύτερα αποτελέσματα αλλά, ταυτόχρονα, μπορεί να μας αποπροσανατολίζει για το ποια ακριβώς είναι η διαδικασία σχεδιασμού των ΑΓΧ. Η απάντηση είναι απλή: δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη διαδικασία αλλά, ενώ υπάρχει ένα βασικό «καλούπι», κάθε φορά προσαρμόζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις και τα διαθέσιμα μέσα του εκάστοτε

διερευνούμενου προβλήματος. Αυτή η ευελιξία που παρέχει ένας ασαφής γνωστικός χάρτης είναι που τον έχει κάνει ευρέως χρησιμοποιούμενο σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές.

## ***2.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση εφαρμογών των Ασαφών***

### ***Γνωστικών Χαρτών σε προβλήματα κλιματικής πολιτικής***

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε διεξοδική αναζήτηση στην βιβλιογραφία για εφαρμογές των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών τα τελευταία χρόνια. Διαπιστώθηκε ότι το πεδίο εφαρμογής τους περιλαμβάνει πολλούς διαφορετικούς τομείς. Ωστόσο, εμείς εστίασαμε σε προβλήματα κλιματικής και περιβαλλοντικής πολιτικής και βρήκαμε διάφορες ενδιαφέρουσες εφαρμογές, όπως σε πολιτικές για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, στο σχεδιασμό σεναρίων, στην περιβαλλοντική διαχείριση, στη γεωργία, στη κτηνοτρόφια, στη χρήση της γης, στη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας, στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στις μεταφορές. Τα προαναφερθέντα περικλείουν το πεδίο του ενδιαφέροντος μας στην παρούσα διπλωματική εργασία και όλες οι εφαρμογές, στις οποίες θα γίνεται αναφορά παρακάτω, είναι σχετικές με αυτούς τους τομείς.

Ο σκοπός της ενότητας αυτής είναι να δημιουργήσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα της διαδικασίας σχεδιασμού και προσομοίωσης των ΑΓΧ, η οποία ποικίλει ανά εφαρμογή, και έγινε η προσπάθεια να συγκεντρωθούν πολλοί διαφορετικοί τρόποι και παραλλαγές σχεδίασης των ΑΓΧ, τυχόν συνεργασίες με άλλες τεχνικές, χρησιμοποιούμενα λογισμικά και χρήση τεχνικών εκμάθησης των ΑΓΧ, ώστε τελικά να αξιολογηθούν οι ΑΓΧ και να διαπιστωθεί η καταλληλότητα και η ευελιξία τους. Επίσης, γίνεται και μια σύγκριση των μελετών περίπτωσης που έχουν διεξαχθεί για τους ΑΓΧ όσον αφορά το πεδίο εφαρμογής τους σε σχέση με την τοποθεσία στην οποία έλαβαν χώρα προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα ως προς ποιο πεδίο είναι ευρύτερα χρησιμοποιούμενο μέχρι στιγμής και σε ποιες χώρες έχουν γίνει οι περισσότερες μελέτες.

#### ***2.2.1 Περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού και προσομοίωσης των Ασαφών***

##### ***Γνωστικών Χαρτών***

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και την σχεδίαση των ΑΓΧ είναι πολύ σημαντική χάρη στην ικανότητα τους να μοντελοποιούν ένα σύστημα. Η κατασκευή τους απαιτεί την ανθρώπινη εμπειρία και γνώση όσον αφορά το σύστημα που είναι υπό κατασκευή. Ο πιο συνήθης τρόπος για την κατασκευή των ασαφών γνωστικών χαρτών είναι

προσωπικές συνεντεύξεις (ή και σε ομάδες) από ενδιαφερόμενους φορείς ή εμπειρογνώμονες, όπως διαπιστώσαμε και από την αναζήτησή μας σε σχετικές δημοσιεύσεις (π.χ. Hobbs et al., 2002; Lopolito et al., 2011; Jetter & Schweinfart, 2011; Kontogianni et al., 2013; Reckien, 2014; Vassilides & Jensen, 2016). Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων οι συμμετέχοντες αναπτύσσουν έναν ΑΓΧ με τις κρίσιμες μεταβλητές σχεδιάζοντας και τονίζοντας όσα πιστεύουν ότι είναι σημαντικά σε σχέση με το ενδιαφερόμενο θέμα. Η μέθοδος αυτή, λόγω της προσωπικής επαφής, προσφέρει αμεσότητα και οι συνεντευξιζόμενοι αισθάνονται πιο σίγουροι για να εκφράσουν τις ιδέες τους και τις απόψεις τους. Επίσης, άλλος τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι τα workshops (π.χ. van Vliet et al., 2010; Shiaua & Liu, 2013; Amer et al., 2016), τα οποία συνιστούν μια χρονοβόρα διαδικασία που απαιτεί εξειδικευμένους ανθρώπους και εργαστηριακές μελέτες, αλλά συμβάλλουν σημαντικά στην ανάπτυξη του συλλογικού ΑΓΧ κατευθείαν χωρίς να απαιτούνται σημαντικές προσπάθειες από τους αναλυτές για τη συγκέντρωση των δεδομένων πριν από τη διαδικασία προσομοίωσης. Παράλληλα, ερωτηματολόγια-έρευνες (π.χ. Ghaderi et al., 2012; Kayikci & Stix, 2014; Mallampalli et al., 2016) έχουν χρησιμοποιηθεί για τον ίδιο σκοπό, τα οποία, ωστόσο, είναι πιο απρόσωπα και χρειάζεται πολύ δουλειά από τους αναλυτές προκειμένου να σχεδιάσουν και τους ατομικούς χάρτες, βασισμένοι στις εισόδους, και τον συλλεκτικό χάρτη. Για αυτό το λόγο συνήθως οι έρευνες χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές (π.χ. Biloslavo & Grebenc, 2012; Gray et al., 2014). Με αναζήτηση στη βιβλιογραφία μπορεί να βρει κανείς και κάποιους πιο σπάνιους τρόπους, όπως χρήση των μέσων μαζικής ενημέρωσης για άντληση πληροφοριών (Olazabal & Pascual, 2016), καθώς επίσης και έναν ΑΓΧ βασισμένο πλήρως σε ιστορικά δεδομένα χωρίς τη συμμετοχή εμπειρογνομόνων/ενδιαφερόμενων φορέων (Anezakis et al., 2016).

Στη συνέχεια, όσον αφορά τις συνεντεύξεις, καθώς οι λεπτομέρειες της συλλογής δεδομένων ποικίλουν από περίπτωση σε περίπτωση, ένα πρώτο βήμα είναι να αποφασιστεί ο αριθμός και το είδος των εννοιών που χαρακτηρίζουν το πρόβλημα που ερευνείται. Τότε, ο συνεντευξιζόμενος περιγράφει κάθε αιτιώδη σχέση μεταξύ των εννοιών καθορίζοντας την επίδραση της μίας έννοιας σε μία άλλη ως «αρνητική» ή «θετική» και αξιολογώντας το βαθμό επίδρασης χρησιμοποιώντας μία γλωσσική μεταβλητή, όπως για παράδειγμα «υψηλή επίδραση», «μέτρια επίδραση», «χαμηλή επίδραση» κλπ (Stylios & Groumpos, 2004). Έπειτα, οι γλωσσικές αυτές μεταβλητές ποσοτικοποιούνται με ένα αντιπροσωπευτικό αριθμητικό βάρος εντός του εύρους [-1, 1] είτε απευθείας μεταφράζοντάς τις σε αριθμητικές τιμές (π.χ. Nikas & Doukas, 2016) είτε μετά από μεθόδους αποασαφοποίησης (defuzzification). Η πιο συχνή μέθοδος για αποασαφοποίηση είναι η Centre of Gravity ή COG (π.χ. Papageorgiou & Kontogianni, 2012; Kyriakarakos et al., 2014; Natarajan et al., 2016). Οι Kottas et al. (2006) συνδύασαν την μέθοδο αυτή με μια πιο σπάνια

χρησιμοποιούμενη μέθοδο αποασαφοποίησης, την Max Criterion Method (MCM). Η πρώτη μεθοδολογία έχει το πλεονέκτημα ότι οι συνεντευξιαζόμενοι δεν είναι υποχρεωμένοι να θέσουν κατευθείαν αριθμητικές αξίες στις σχέσεις αιτιότητας, αλλά μπορούν να περιγράψουν, όπως αναφέραμε, ποιοτικά το βαθμό αιτιότητας μεταξύ των εννοιών. Οι Rajaram και Das (2010) χρησιμοποίησαν Weighted Area αποασαφοποίηση, που είναι ανάλογη του προηγούμενου τρόπου, εκτός από το γεγονός ότι οι περιοχές που είναι κοινές σε δύο ασαφή σύνολα υπολογίζονται δύο φορές.

Ενώ οι ατομικοί χάρτες έχουν σχεδιαστεί, συγκεντρώνονται ποιοτικά ομαδοποιώντας τις έννοιες προκειμένου να παράγουν έναν συλλογικό ΑΓΧ. Η δημιουργία του συλλογικού χάρτη δεν είναι μια εύκολη διαδικασία εάν σκεφτεί κανείς ότι τα άτομα που μπορεί να συμμετέχουν σε κάποια μελέτη να είναι πολύ μεγάλος. Όταν έρχεται η ώρα να συνδυαστούν όλοι οι ατομικοί χάρτες και καλούμαστε να αποφασίσουμε ποιες μεταβλητές θεωρούμε σημαντικές και ποιες μπορούν να παραληφθούν, καθώς επίσης και τελικά ποιες θα είναι οι αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ τους, προκείμενου να δημιουργηθεί ένας συλλογικός χάρτης κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο με τόσες έννοιες και διασυνδέσεις ώστε ούτε να υπάρξει σύγχυση αλλά ούτε και να είναι ελλιπής, είναι προφανές ότι η διαδικασία αυτή χρειάζεται τόσο εμπειρία όσο και σωστή και αντικειμενική κρίση.

Ύστερα, η δυναμική του μπορεί να εντοπιστεί αναλυτικά μέσα από συγκεκριμένα τεκμήρια και μια διαδικασία προσομοίωσης (Parageorgiou & Kontogianni, 2012). Χρησιμοποιώντας μια *συνάρτηση ενεργοποίησης προσομοίωσης* (simulation activation function), η τιμή μιας έννοιας κατά τη διάρκεια κάθε επανάληψης εξαρτάται από την τιμή της στην αρχή του τρέχοντος βήματος και τις τιμές των εννοιών που επιδρούν σε αυτή, καθώς και τα αιτιολογικά βάρη των αντίστοιχων διασυνδέσεων. Στο τέλος κάθε επανάληψης, οι νέες αξίες κανονικοποιούνται εντός του εύρους [-1, 1] χρησιμοποιώντας μια *συνάρτηση κατωφλίου* (threshold function). Οι δύο προαναφερόμενες κατηγορίες συναρτήσεων θα περιγραφούν αναλυτικά παρακάτω. Η νέα κατάσταση στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με τον πίνακα γειννίας και μετατρέπεται από τη συνάρτηση κατωφλίου. Αυτό συνεχίζεται έως ότου το σύστημα σταθεροποιηθεί, πέσει σε μια ταλάντωση ή πάει στο «χάος» (Dickerson and Kosko 1994).

Η υπολογιζόμενη έξοδος του μοντέλου ΑΓΧ δείχνει πως το σύστημα αντιδρά κάτω από υποθέσεις δοθείσες από τους ενδιαφερόμενους φορείς ή από σχετικούς χρήστες. Συγκρίσεις μεταξύ της τελικής κατάστασης των εναλλακτικών πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να γίνει μια εκτίμηση σε ποιο βαθμό έχει προωθηθεί η επιθυμητή μετάβαση ενεργοποιώντας κάθε σειρά πολιτικών. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της στοχευόμενης έννοιας στο τέλος της προσομοίωσης, τόσο το καλύτερο για τις επιλεγμένες πολιτικές από τους συμμετέχοντες.

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε τον Πίνακα 2.1 στον οποίο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση όλων των εφαρμογών που εντοπίστηκαν για το πεδίο ενδιαφέροντος μας. Όπως φαίνεται, είναι χωρισμένες ανά κατηγορία και μάλιστα κάποιες συγκαταλέγονται σε περισσότερες από μία κατηγορίες (π.χ. Ortolani et al., 2010; Amer et al., 2016). Επίσης, στον πίνακα μπορούμε να δούμε ποια μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί σε κάθε εφαρμογή για τη συγκέντρωση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό του χάρτη. Όσον αφορά την επιλογή «Άλλη» αναφερόμαστε σε προσεγγίσεις που δεν είναι τόσο συνηθισμένες όσο οι συνεντεύξεις, τα workshops και τα ερωτηματολόγια-έρευνες, ή δε διευκρινίζεται στη δημοσίευση. Για παράδειγμα, ήδη αναφέραμε τη χρήση των μέσων μαζικής ενημέρωσης (Olazabal & Pascual, 2016) και τα ιστορικά δεδομένα (Anezakis et al., 2016) για άντληση πληροφοριών. Τέλος, στον πίνακα φαίνεται και η χρήση της μεθόδου αποασαφοποίησης όπου υπάρχει σχετική πληροφόρηση.

**Πίνακας 2.3** Ανασκόπηση μελετών στη βιβλιογραφία των ΑΓΧ, βάσει του πεδίου εφαρμογής, της συμμετέχουσας προσέγγισης και της χρήσης της μεθόδου αποασαφοποίησης.

Μελέτη	Πεδίο εφαρμογής						Προσέγγιση <sup>1</sup>	Αποασαφοποίηση
	Προσαρμοστική πολιτική	Γεωργία, Κτηνοτροφία, Χρήση γης	Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας	Περιβαλλοντική πολιτική	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Ανάλυση σεναρίων		
(Amer et al., 2011)					✓	✓	Σ, E	
(Amer et al., 2016)					✓	✓	W	
(Anezakis et al., 2016)						✓	A	
(Biloslavo & Dolinšek, 2010)						✓	E, A	
(Biloslavo & Grebenc, 2012)						✓	E, Σ	
(Ceccato, 2012)				✓			Σ, E, W	
(Celik et al., 2005)				✓			Σ	
(Christen et al., 2015)		✓					Σ, W	
(Ghaderi et al., 2012)			✓				E	
(Giordano et al., 2010)				✓			Σ	
(Gray et al., 2013)				✓			Σ, W	
(Gray et al., 2014)	✓			✓		✓	Σ, E, A	
(Gray et al., 2015)				✓			W	
(Hobbs et al., 2002)				✓			Σ	
(Hsueh, 2015)				✓	✓		Σ, A	Ναι, απροσδιόριστη
(Huang et al., 2013)					✓		A	
(Jetter & Schweinfart, 2011)					✓		Σ	
(Kafetzis et al., 2010)				✓			Σ	
(Karavas et al., 2015)			✓				A	
(Kayikci & Stix, 2014)						✓	E	Center of Gravity
(Kontogianni et al., 2012)				✓			Σ	
(Kontogianni et al., 2013)						✓	Σ	
(Kottas et al., 2006)					✓		A	Center of Gravity; Max Criterion Method
(Kyriakarakos et al., 2012)			✓				A	
(Kyriakarakos et al., 2014)					✓	✓	Σ	Center of Gravity
(Lopolito et al., 2011)		✓			✓		Σ	
(Mallampalli et al., 2016)			✓			✓	E	

<sup>1</sup>Σ = Συνεντεύξεις, E = Έρευνα, W = Workshop, A = Άλλο

Μελέτη	Πεδίο εφαρμογής						Προσέγγιση <sup>1</sup>	Αποασαφοποίηση
	Προσαρμοστική πολιτική	Γεωργία, Κτηνοτροφία, Χρήση γης	Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας	Περιβαλλοντική πολιτική	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Ανάλυση σεναρίων		
(Meliadou et al., 2012)			✓				Σ	
(Mourhir et al., 2016)			✓				W, E	Center of Gravity
(Nair & Singh, 2012)		✓					Σ	
(Natarajan et al., 2016)		✓					E, A	Center of Gravity
(Nikas & Doukas, 2016)							Σ	
(Olazabal & Pascual, 2016)			✓				Σ, E, A	
(Ortolani et al., 2010)		✓		✓			E, Σ	
(Özesmi & Özesmi, 2003)				✓			Σ	
(Özesmi, 2006)				✓			Σ	
(Özesmi, 2006b)				✓			E, Σ	
(Papageorgiou & Kontogianni, 2012)				✓			Σ	Center of Gravity
(Papageorgiou et al., 2011)		✓					A	Center of Gravity
(Peng et al., 2016)				✓			A	
(Rajaram & Das, 2010)		✓		✓			E	Weighted Area
(Reckien, 2014)	✓					✓	Σ	
(Sacchelli, 2014)		✓			✓		Σ, E	
(Samarasinghe & Strickert, 2013)				✓			Σ	
(Shiaua & Liu, 2013)						✓	W	
(Singh & Nair, 2014)						✓	Σ	
(Solera et al., 2010)		✓				✓	Σ, A	
(van Vliet et al., 2010)				✓		✓	W	
(Vanwindekens et al., 2013)		✓		✓			Σ, E	
(Vassilides & Jensen, 2016)				✓			Σ	
(Wildenberg et al., 2010)				✓		✓	Σ, W	
(Zhang et al., 2013)				✓			Σ, E, A	
(Zhao et al., 2014)					✓		E, Σ	

### 2.2.2 Συναρτήσεις ενεργοποίησης

Μια συνάρτηση ενεργοποίησης προσομοίωσης που είχε προταθεί από τον Kosko (1996) και έχει σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιηθεί στις εφαρμογές των FCMs (π.χ. Kyriakarakos et

al., 2012; Gray et al., 2014; Olazabal & Pascual, 2016), υπολογίζει την τιμή  $A_j$  μιας έννοιας  $C_j$  στο τέλος μιας επανάληψης ως το άθροισμα των συνεισφορών των αιτιολογικών εννοιών της στην αρχή της επανάληψης:

$$A_j^{(t)} = f\left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n A_i^{(t-1)} w_{ij} + A_j^{(t-1)}\right)$$

όπου  $A_j^{(t)}$  είναι η τιμή της έννοιας  $C_j$  στο τέλος της επανάληψης,  $A_j^{(t-1)}$  είναι η τιμή της έννοιας  $C_j$  στην αρχή της επανάληψης,  $w_{ij}$  είναι το βάρος της σχέσης μεταξύ των  $C_i$  και  $C_j$  και  $f$  είναι μία συνάρτηση κατωφλίου, η οποία χρησιμοποιείται, όπως αναφέραμε, για να κανονικοποιήσει τις τιμές σε κάθε βήμα.

Η προηγούμενη συνάρτηση υποθέτει ότι ο πίνακας βάρους περιλαμβάνει αυτοσυσχέτιση θέτοντας τιμή μονάδα στην κύρια διαγώνιο του πίνακα (η νέα τιμή της έννοιας ισούται απαραίτητα με την προηγούμενη τιμή συν (ή πλην) τη συνεισφορά των άλλων εννοιών που συνδέονται με αυτή). Ωστόσο, υπάρχει και μια άλλη μορφή που έχει προαιρετική αυτοσυσχέτιση καθώς εξαρτάται αποκλειστικά από τις αξίες της κύριας διαγωνίου του πίνακα βάρους και, σαν αποτέλεσμα, η αυτοσυσχέτιση υπονοείται και περιλαμβάνεται στον πρώτο όρο της εξίσωσης και ο δεύτερος όρος παραλείπεται:

$$A_j^{(t)} = f\left(\sum_{i=1}^n A_i^{(t-1)} w_{ij}\right)$$

Πιο συγκεκριμένα, εάν για  $i=j$  το βάρος είναι 0, τότε το  $A_j^{(t)}$  εξαρτάται μόνο από τη συνεισφορά των άλλων εννοιών και όχι από την τιμή που είχε πριν από τη συγκεκριμένη επανάληψη. Συναρτήσεις αυτής της μορφής που υποθέτουν μηδενική αυτοσυσχέτιση έχουν χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία (π.χ. Mourhir et al., 2016). Αν το βάρος είναι μονάδα, τότε έχουμε ξανά την πρώτη συνάρτηση. Τέλος, αν το βάρος είναι ένας αριθμός μεταξύ 0 και 1, τότε έχουμε σχετική αυτοσυσχέτιση επειδή η συνεισφορά της τιμής πριν την επανάληψη είναι μικρότερη της μονάδας (π.χ. Hobbs et al., 2002; Sacchelli, 2014; Zhao et al., 2014).

Οι Papageorgiou et al. (2011), σε μια εφαρμογή για την γεωργία, και οι Papageorgiou και Kontogianni (2012), σε μια εφαρμογή για τα ρίσκα του θαλάσσιου περιβάλλοντος της Μαύρης Θάλασσας, πρότειναν μία άλλη προσέγγιση που χρησιμοποιείται ειδικά για τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει καμία πληροφορία σχετικά με ορισμένες έννοιες/καταστάσεις



ή οι εμπειρογνώμονες/ενδιαφερόμενοι δεν μπορούν να περιγράψουν επαρκώς την αρχική κατάσταση μιας μεταβλητής. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, ένας τροποποιημένος αλγόριθμος εφαρμόζεται ώστε ξεπεραστούν οι περιορισμοί που παρουσιάζει η σιγμοειδής (sigmoid) συνάρτηση καταφλίου, η οποία θα αναλυθεί παρακάτω, όταν οι αρχικές αξίες είναι 0 ή 0.5 ή η αρχική κατάσταση δεν μπορεί να περιγραφεί επαρκώς. Συγκεκριμένα έχει τη μορφή:

$$A_j^{(t)} = f \left( \sum_{i=1}^n (2A_i^{(t-1)} - 1)w_{ij} + 2A_j^{(t-1)} - 1 \right)$$

Το μεθοδολογικό πλαίσιο βασιζόμενο στους ΑΓΧs για τη μοντελοποίηση πολιτικών δράσεων για το κλίμα των Nikas και Doukas (2016) πρότεινε μια διαφορετική συνάρτηση ενεργοποίησης προσομοίωσης, η οποία βασίζεται στη αρχικά παρουσιαζόμενη και πιο συχνά χρησιμοποιούμενη, ώστε να ενσωματώσει την έννοια της χρονοκαθυστερήσης. Αυτό επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας το βάρος μιας σχέσης μεταξύ του αιτιολογικού κόμβου  $i$  και του κόμβου επίδρασης  $j$  με την τιμή της έννοιας  $i$  τη χρονική στιγμή  $t$  μείον τη χρονοκαθυστερήση  $lag_{ij}$  της αντίστοιχης επίπτωσης:

$$A_j^{(t)} = f \left( \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n A_i^{(t-lag_{ij})} w_{ij} + A_j^{(t-1)} \right)$$

Επιπλέον, οι Biloslavo και Dolinšek (2010) πρότειναν μία μέθοδο που είναι διαφορετική από άλλες προσεγγίσεις για τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες επειδή μπορεί να θεωρήσει τη χρονοκαθυστερήση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος σαν συνάρτηση χρόνου. Η τιμή του κόμβου  $j$  τη χρονική στιγμή  $t$  υπολογίζεται ως εξής:

$$A_j(t_{n+1}) = f \left( \sum_{i=1}^N \mu_{ij}(t_n) \cdot A_i(t_n) \right)$$

όπου  $\mu_{ij}(t_n)$  είναι η τιμή του αποτελέσματος του κόμβου  $i$  στον κόμβο  $j$  τη στιγμή  $t_n$ . Η τιμή της συνάρτησης χρόνου  $\mu_{ij}(t)$  εξαρτάται από τον τύπο της συνάρτησης. Οι πιο χρησιμοποιούμενοι τύποι συνάρτησης είναι: βηματική, γραμμική, σιγμοειδής, κοίλη και κυρτή.

Τέλος, οι Mourhir et al. (2016), σε μια εφαρμογή για την μόλυνση του αέρα στο Μαρόκο, χρησιμοποίησαν έναν Dynamic Rule-Based Fuzzy Cognitive Map (DRBFCM). Η βασική διαφορά μεταξύ του παραδοσιακού ΑΓΧ και του DRBFCM είναι ότι τα βάρη δεν έχουν καθοριστεί πριν από την έναρξη της προσομοίωσης, αλλά προσαρμόζονται δυναμικά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Έτσι, ένας αλγόριθμος για DRBFCMs εφαρμόζεται, στον οποίο η συνάρτηση ενεργοποίησης για τον υπολογισμό της τιμής μιας έννοιας έχει την ακόλουθη φόρμα:

$$A_j^{(t+1)} = A_j^{(t)} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n A_{i,scaled}^{(t)} w_{ij}$$

Η παραπάνω συνάρτηση είναι παρεμφερής με την αρχική συνηθισμένη συνάρτηση αλλά τώρα, προκειμένου να κλιμακώσει μία τιμή μέσα σε ένα διάστημα, μια συγκεκριμένη συνάρτηση χρησιμοποιείται για τον όρο  $A_{i,scaled}$  που παρουσιάζεται αναλυτικά στην αναφερόμενη δημοσίευση. Με αυτόν τον τρόπο, αυτή η μέθοδος δεν χρησιμοποιεί συνάρτηση κατωφλίου σε αντίθεση με τις συνηθισμένες προσεγγίσεις για ΑΓΧ.

### 2.2.3 Συναρτήσεις κατωφλίου

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, μια συνάρτηση κατωφλίου πρέπει να επιλεγεί και να εφαρμοστεί, προκειμένου να κανονικοποιήσει τις νέες τιμές των εννοιών εντός του διαστήματος  $[-1, 1]$  στο τέλος κάθε επανάληψης. Βασικά, υπάρχουν τέσσερις συναρτήσεις ενεργοποίησης: (α) σιγμοειδής (sigmoid) συνάρτηση, (β) συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης (hyperbolic tangent), (γ) βηματική (step) συνάρτηση και (δ) γραμμική (linear) συνάρτηση. Ωστόσο, οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες στη βιβλιογραφία είναι η σιγμοειδής συνάρτηση και η συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης.

Όταν οι τιμές των εννοιών μπορούν να είναι μόνο θετικές, δηλαδή να ανήκουν στο διάστημα  $[0, 1]$ , η μονοπολική σιγμοειδής συνάρτηση εφαρμόζεται συνήθως σαν συνάρτηση κατωφλίου (π.χ. Lopolito et al., 2011; Papageorgiou et al., 2011; Olazabal & Pascual, 2016) και έχει την παρακάτω μορφή:

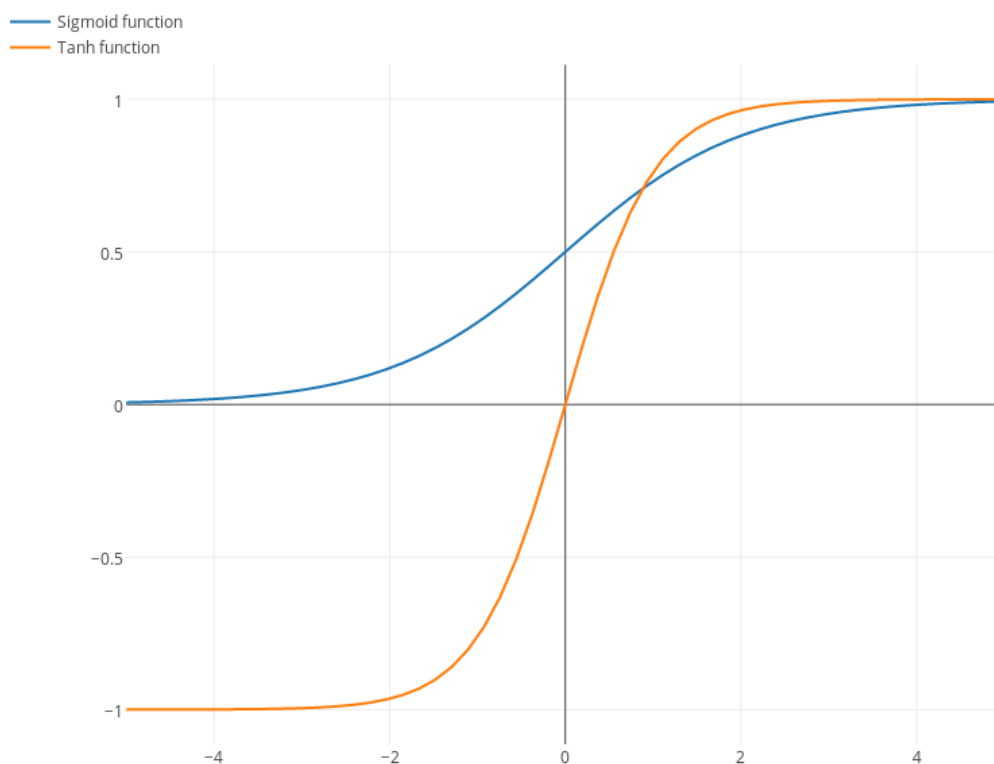
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}$$

όπου η μεταβλητή  $\lambda > 0$  καθορίζει τον βηματισμό της συνεχούς συνάρτησης  $f$ . Η τιμή του  $\lambda$  προσδιορίζεται από τον εκάστοτε σχεδιαστή του ΑΓΧ.

Αν οι τιμές των εννοιών μπορούν να είναι και αρνητικές, εννοώντας ότι μπορούν να πάρουν τιμές εντός του διαστήματος  $[-1, 1]$ , η συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της σιγμοειδούς (π.χ. Amer et al., 2016):

$$f(x) = \tanh(x)$$

Αλλά σε πολλά σενάρια η αρνητική τιμή δεν έχει νόημα, και η ερμηνεία της είναι δύσκολη σε έναν ΑΓΧ. Η σύγκριση των δύο αυτών συναρτήσεων φαίνεται στην Εικόνα 2.1.



**Εικόνα 2.3** Διαγράμματα σιγμοειδούς συνάρτησης και υπερβολικής εφαπτομένης.

Σε μικρότερη συχνότητα, οι βηματικές συναρτήσεις χρησιμοποιούνται για την απλούστευση του φορέα εξομάλυνσης, όπως η δισθενής (bivalent) συνάρτηση κατωφλίου και η τρισθενής (trivalent) συνάρτηση κατωφλίου. Η πρώτη, η οποία εκπροσωπεί την αύξηση μιας έννοιας, έχει την ακόλουθη μορφή:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & , \text{αν } x \leq T \\ 1 & , \text{αν } x > T \end{cases}$$

όπου η τιμή  $T$  είναι ένας αριθμός μέσα στο διάστημα  $[0, 1]$  και καθορίζεται από τον σχεδιαστή του ΑΓΧ. Οι ZhenPeng et al. (2016), για παράδειγμα, χρησιμοποίησε αυτόν τον τύπο σε μια εφαρμογή για το οικοσύστημα των Three-Rivers στην Κίνα. Η δεύτερη, η οποία είναι παρόμοια με την δισθενή αλλά μπορεί να εκπροσωπήσει μια αύξηση ή μείωση μιας έννοιας, καθορίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μορφή:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & , αν x \geq T \\ 0 & , αν -T < x < T \\ -1 & , αν x \leq -T \end{cases}$$

Για παράδειγμα, οι Biloslavo και Dolinšek (2010) χρησιμοποίησαν την τρισθενή συνάρτηση ως διαφορετική εμπειρική έρευνα που δείχνει ότι σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει μια μικρή πιθανότητα σύγκλισης σε μία χαοτική κατάσταση και την ίδια στιγμή η δυναμική του συστήματος είναι υψηλότερη από την περίπτωση της δισθενούς συναρτήσεως. Επιπλέον, μία ασυνήθιστη συνάρτηση κατωφλίου είναι μια συνάρτηση διακλάδωσης που χρησιμοποιήθηκε από τους Hobbs et al. (2002) για την ανάπτυξη του οικοσυστήματος της λίμνης Erie στην Βόρεια Αμερική.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η σιγμοειδής συνάρτηση παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα καθώς μπορεί να θεωρηθεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για την υποστήριξη αποφάσεων σε οποιοδήποτε πεδίο. Ο μη-αρνητικός μετασχηματισμός της σιγμοειδούς συνάρτησης επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των επιπέδων ενεργοποίησης μιας έννοιας (Özesmi & Özesmi, 2004). Επιπρόσθετα, εξαιτίας του γεγονότος ότι κανονικοποιεί τις τιμές σε ένα «αυστηρότερο» διάστημα, συνήθως συγκλίνει πιο γρήγορα από τη συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης. Παρόλα αυτά, υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα σε σύγκριση τις άλλες συναρτήσεις. Η συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης βοηθά για μια πιο ρεαλιστική εκπροσώπηση των αιτιολογικών εξόδων και δεν απαιτεί βαθμονόμηση (Nikas & Doukas, 2016). Για παράδειγμα, αν η τιμή μια συγκεκριμένης έννοιας μπορεί μόνο να μειωθεί, η σιγμοειδής συνάρτηση θα εξακολουθήσει να παράγει θετικό αποτέλεσμα στην τελική κατάσταση, που πρέπει τότε να συγκριθεί με το αδρανές μοντέλο ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για ένα σενάριο: φυσικά, όταν ασχολούμαστε με έναν αριθμό εναλλακτικών, οι συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών μπορούν ακόμη να σχεδιαστούν χωρίς να γίνει σύγκριση με το αδρανές σενάριο, χρησιμοποιώντας την σιγμοειδή συνάρτηση.

Επίσης, σύμφωνα με τους Bueno και Salmeron (2009), υπάρχουν δύο ακόμη μειονεκτήματα για την σιγμοειδή συνάρτηση. Πρώτον, οι φορείς λήψης αποφάσεων χρειάζονται έναν εκτεταμένο αριθμό αλληλεπιδράσεων με τη χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης ώστε να

φτάνει σε σταθερό σενάριο, ενώ με τις άλλες συναρτήσεις χρειάζονται λίγες αλληλεπιδράσεις. Δεύτερον, η σιγμοειδής συνάρτηση καθορίζει φορείς (σενάρια) με μεσαία βάρη. Η ανάλυση των αναφερόμενων δείχνει ότι οι άλλες συναρτήσεις κατοφλίου τείνουν να απλουστεύουν τους φορείς σε κάθε επανάληψη.

#### 2.2.4 Ενσωμάτωση των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών με άλλες τεχνικές

Η μεθοδολογία που περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα αναφέρεται σε έναν συμβατικό-παραδοσιακό ΑΓΧ ακολουθώντας τα συνήθη βήματα χωρίς κάποια ενσωμάτωση (integration) με άλλες μεθόδους. Ωστόσο, όπως μπορεί κανείς να βρει στη βιβλιογραφία για την περιοχή του ενδιαφέροντός μας, τα περισσότερα μεθοδολογικά πλαίσια προτιμούν να συνδυάσουν τους ΑΓΧ με άλλες τεχνικές ώστε να ικανοποιήσουν τις ανάγκες κάθε προβλήματος που ερευνείται και να έχουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Μπορούμε να δούμε παραδείγματα στον Πίνακα 2.4, όπου οι ενσωματώσεις είναι χωρισμένες σε κατηγορίες με βάση τη φύση τους.

**Πίνακας 2.4** Παραδείγματα μελετών συνδυασμού των ΑΓΧ με άλλες μεθοδολογίες.

Κατηγορία	Προσέγγιση	Μελέτη
Επικοινωνία	Building Block Methodology	(Ceccato, 2012)
	Delphi	(Biloslavo & Dolinšek, 2010)
		(Amer et al., 2011)
		(Biloslavo & Grebenc, 2012)
		(Kayikci & Stix, 2014)
		(Hsueh, 2015)
(Amer et al., 2016)		
	Geomorphic Assessments	(Samarasinghe & Strickert, 2013)
Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων	Analytic Hierarchy Process	(Biloslavo & Dolinšek, 2010)
		(Biloslavo & Grebenc, 2012)
		(Shiaua & Liu, 2013)
	TOPSIS	(Mourhir et al., 2016)

Κατηγορία	Προσέγγιση	Μελέτη
Υπολογιστική Μοντελοποίηση	Agent-Based Models	(Ortolani et al., 2010)
	Multi-Agent Systems	(Karavas et al., 2015)
Στατιστική Ανάλυση	Principal Component Analysis	(Hobbs et al., 2002) (Shiaua & Liu, 2013) (Zhao et al., 2014)
	Structural Equation Modelling	(Huang et al., 2013)
	Climate Models	(Anezakis et al., 2016)
Ποσοτική Μοντελοποίηση	Environmental Models	(van Vliet et al., 2010)
	Integrated Assessment Models	(Mallampalli et al., 2016) (Nikas & Doukas, 2016)
	Driving forces - Pressures - State - Impact - Response (DPSIR) Framework	(Mourhir et al., 2016)
Άλλα	Integrated Coastal Zone Management (ICZM)	(Meliadou et al., 2012)
	Sustainable Livelihoods Framework (SLF)	(Singh & Nair, 2014)
	Technology Roadmapping (TRM)	(Amer et al., 2011) (Amer et al., 2016)

Ξεκινώντας από την πρώτη κατηγορία («Επικοινωνία»), μια δημοφιλής τεχνική επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των ΑΓΧ είναι η μέθοδος Delphi. Η Delphi είναι μια πολύ γνωστή μεθοδολογία η οποία δομεί την διαδικασία επικοινωνίας των φορέων λήψης αποφάσεων για να φτάσουν σε συμφωνία σχετικά με ένα σύνθετο πρόβλημα. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου Delphi είναι ότι οι εμπειρογνώμονες έχουν την ευκαιρία να αλλάξουν τη γνώμη τους σχετικά με αναφορές ανατροφοδότησης. Για παράδειγμα, οι Biloslavo και Dolinšek (2010) και οι Biloslavo και Grebenc (2012) εφάρμοσαν αυτή τη μέθοδο για να βοηθήσουν τις ομάδες των ειδικών να προσδιορίσουν ποιες παγκόσμιες δυνάμεις έχουν μείζον επιρροή σε θέματα σχετικά με το κλίμα και πως αλληλεπιδρούν μαζί. Και οι δύο δημοσιεύσεις χρησιμοποίησαν επίσης μία μέθοδο που ανήκει στην κατηγορία «Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων», όπου το πρόβλημα απόφασης είναι

ιεραρχικά δομημένο σε σχέση με τον κύριο στόχο, την AHP (Analytic Hierarchy Process), για την εκτίμηση της επίπτωσης που διαφορετικές μεταβλητές έχουν μεταξύ τους. Οι Kayikci και Stix (2014) επίσης εφάρμοσαν την μέθοδο Delphi δημιουργώντας μία νέα προσέγγιση, την Fuzzy Delphi Method (FDM), η οποία χρησιμοποιείται και ενσωματώνεται με τον ΑΓΧ ώστε να θέσει τα αιτιώδη βάρη ανάμεσα σε δύο έννοιες μέσα από ομαδική λήψη αποφάσεων. Επιπλέον, οι Amer et al. (2011) και Amer et al. (2016) σε μια μελέτη περίπτωσης στο Πακιστάν για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας ενσωμάτωσαν με τους ΑΓΧ μία άλλη τεχνική, την λεγόμενη Technology Roadmapping (TRM), όπως βλέπουμε και στον Πίνακα 2.4, η οποία αποτελεί ένα υψηλού επιπέδου εργαλείο σχεδιασμού που χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει την ανάπτυξη και την εφαρμογή στρατηγικών.

Ο Ceccato (2012) πρότεινε μια ενσωμάτωση των ΑΓΧ με την Building Block Methodology (BBM), που επίσης ανήκει στην πρώτη κατηγορία, με την προοπτική να βελτιώσει τη διαδικασία της BBM για περιβαλλοντικά ζητήματα ενός ποταμού στην Βραζιλία. Επιπρόσθετα, μία άλλη κατηγορία για ενσωματώσεις που βρήκαμε στη βιβλιογραφία είναι τα «Υπολογιστικά Μοντέλα». Τα Agent-Based Models (ABMs), για παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκαν από τους Ortolani et al. (2010), οι οποίοι συνδύασαν τους ΑΓΧ με τα ABMs στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης για την πρόσληψη γεωργο-περιβαλλοντικών μέτρων από Βέλγους αγρότες. Ουσιαστικά, εφάρμοσαν τα ABMs για να προσομοιώσουν τις απαντήσεις των αγροτών σε πιθανές πολιτικές με την βοήθεια των ΑΓΧ προκειμένου να γνωρίζουν τους κανόνες συμπεριφοράς μέσα στο μοντέλο.

Αξίζει να αναφέρουμε και την κατηγορία «Ποσοτική Μοντελοποίηση», και συγκεκριμένα τα Integrated Assessment Models, τα οποία είναι μοντέλα που βασίζονται στη γνώση διεπιστημονικής έρευνας (π.χ. Mallampalli et al., 2016; Nikas & Doukas, 2016). Επιπλέον, μια προσέγγιση για την τέταρτη κατηγορία «Στατιστική Ανάλυση», η Principal Component Analysis (PCA), εφαρμόστηκε για τη μέτρηση της βιωσιμότητας των μεταφορών στην Ταϊβάν (Shiaua & Liu, 2013) σε μία μελέτη που συνδύασε επίσης και ΑΓΧ και AHP. Οι Zhao et al. (2014), επίσης, χρησιμοποίησαν την PCA για να καθορίσουν τις κύριες δυνάμεις που καθοδηγούν την ευελιξία της βιομηχανικής αλυσίδας αιολικής ενέργειας σε μια μελέτη περίπτωσης στην Κίνα, και οι Hobbs et al. (2002) στη Βόρεια Αμερική χρησιμοποίησαν την PCA για να αναλύσουν ποιες δράσεις επηρέασαν περισσότερο τις ενδογενείς μεταβλητές του οικοσυστήματος της λίμνης Erie.

Τέλος, παραδείγματα από άλλες προσεγγίσεις είναι το Driving forces-Pressures-State-Impact-Response (DPSIR) Framework, που εφαρμόστηκε από τους Mourhir et al. (2016) ώστε να επιλέξουν τους σχετικούς δείκτες προς μελέτη περιβαλλοντικών θεμάτων στο Μαρόκο σε συνεργασία με έναν Dynamic Rule-Based FCM και την τεχνική TOPSIS, ένα «Πολυκριτηριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων», προκειμένου να κατατάξουν σενάρια,

και, επίσης, το Integrated Coastal Zone Management (ICZM) που χρησιμοποιήθηκε από τους Meliadou et al. (2012). Στόχος του ICZM ήταν να πετύχει αειφόρο ανάπτυξη των παράκτιων και θαλάσσιων περιοχών του Βόρειου Λίβανου, δηλαδή να διατηρήσουν ουσιαστικές οικολογικές διαδικασίες, να προωθήσουν την οικονομική ανάπτυξη και να λύσουν εμπλοκές που προκύπτουν από τις πολλαπλές χρήσεις των παράκτιων περιοχών. Η χρήση των ΑΓΧ εδώ έγκειται στη διαλεύκανση των στόχων των παράκτιων παραγωγικών τομέων του Βόρειου Λιβάνου και στην επισημοποίηση της γνώσης στην παράκτια ζώνη στο πλαίσιο του ICZM.

### ***2.2.5 Εφαρμογές των Ασαφών Χαρτών Γνωστικών***

Σε αυτή τη μελέτη υπενθυμίζουμε ότι ενδιαφερόμαστε για εφαρμογές στο χώρο της κλιματικής και περιβαλλοντικής πολιτικής, και συγκεκριμένα έγινε διαχωρισμός στους εξής κλάδους: διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας, περιβαλλοντική πολιτική, γεωργία, κτηνοτροφία, χρήση της γης, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανάλυση σεναρίων, πολιτικές προσαρμογής και μεταφορά. Στον Πίνακα 2.5 φαίνεται μια παρουσίαση των περιοχών όπου πραγματοποιήθηκαν μελέτες περίπτωσης για τους ΑΓΧ που εντοπίσαμε στη βιβλιογραφία για κάθε πεδίο του ενδιαφέροντός μας, χωρισμένες στις πέντε ηπείρους (η Αμερική είναι διαχωρισμένη σε Βόρεια και Νότια)



**Πίνακας 2.5** Πεδία εφαρμογής και γεωγραφική διάσταση μελετών περίπτωσης των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών.

Πεδίο Εφαρμογής	Γεωγραφική διάσταση των μελετών περίπτωσης <sup>2</sup>					
	Αφρική	Β.Αμερική	Ν.Αμερική	Ασία	Ευρώπη	Ωκεανία
Προσαρμοστική πολιτική				(Reckien, 2014)	(Gray et al., 2014)	
Γεωργία, Κτηνοτροφία, Χρήση γης			(Solera et al., 2010)	(Rajaram & Das, 2010) (Nair & Singh, 2012)	(Ortolani et al., 2010) (Lopolito et al., 2011) (Papageorgiou et al., 2011) (Vanwindekens et al., 2013) (Sacchelli, 2014) (Christen et al., 2015)	
Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας				(Ghaderi et al., 2012)	(Olazabal&Pascual, 2016) (Karavas et al., 2015)	
Περιβαλλοντική Πολιτική	(Gray et al., 2015) (Mourhir et al., 2016)	(Hobbs et al., 2002) (Vassilides& Jensen, 2016) (Samarasinghe& Strickert, 2013)	(Ceccato, 2012)	(Özesmi & Özesmi, 2003) (Celik et al., 2005) (Özesmi, 2006a) (Özesmi, 2006b) (Rajaram & Das, 2010) (Kontogianni et al., 2012) (Meliadou et al., 2012) (Papageorgiou & Kontogianni, 2012) (Zhang et al., 2013) (Hsueh, 2015) (Peng et al., 2016)	(Giordano et al., 2010) (Kafetzis et al., 2010) (Ortolani et al., 2010) (van Vliet et al., 2010) (Wildenberg et al., 2010) (Papageorgiou&Kontogianni, 2012) (Gray et al., 2013) (Vanwindekens et al., 2013) (Gray et al., 2014) (Kontogianni et al., 2012)	(Samarasinghe & Strickert, 2013)

<sup>2</sup>Οι μελέτες με πλάγια γράμματα αναφέρονται σε μελέτες περίπτωσης που αντιστοιχούν σε παραπάνω από ένα πεδίο εφαρμογής και/ή περιοχές.

Πεδίο Εφαρμογής	Γεωγραφική διάσταση των μελετών περίπτωσης <sup>2</sup>					
	Αφρική	Β.Αμερική	Ν.Αμερική	Ασία	Ευρώπη	Ωκεανία
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας				(Amer et al., 2011) (Zhao et al., 2014) (Hsueh, 2015) (Amer et al., 2016)	(Lopolito et al., 2011) (Kyriakarakos et al., 2014) (Sacchelli, 2014)	
Ανάλυση Σεναρίων			(Solera et al., 2010)	(Amer et al., 2011) (Reckien, 2014) (Singh & Nair, 2014) (Amer et al., 2016)	(van Vliet et al., 2010) (Wildenberg et al., 2010) (Kyriakarakos et al., 2014) (Gray et al., 2014) (Anezakis et al., 2016)	
Μεταφορά				(Shiaua & Liu, 2013)	(Kontogianni et al., 2013)	

Όπως είναι εμφανές, για τις εφαρμογές του ενδιαφέροντός μας οι περισσότερες μελέτες περίπτωσης έλαβαν χώρα σε Ευρώπη και Ασία. Πράγματι, μόνο η Περιβαλλοντική Πολιτική έχει λίγες εφαρμογές στις υπόλοιπες ηπείρους και υπάρχει μόνο μία μελέτη περίπτωσης (Solera et al., 2010) για την Γεωργία και την Ανάλυση Σεναρίων στην Νότια Αμερική. Επίσης, μερικές εφαρμογές (όπως η τελευταία προαναφερθείσα) ανήκουν σε παραπάνω από ένα πεδίο εφαρμογής (π.χ. Gray et al., 2014) ή σε παραπάνω από μία κατηγορίες της γεωγραφικής διάστασης των μελετών περίπτωσης (π.χ. Papageorgiou & Kontogianni, 2012).

Επιπρόσθετα, η πλειοψηφία των εφαρμογών που βρήκαμε στη βιβλιογραφία ήταν σχετικές με την Περιβαλλοντική Πολιτική. Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς το συγκεκριμένο πεδίο έχει ένα εκτενές εύρος έρευνας εξαιτίας του γεγονότος ότι περιλαμβάνει μία ποικιλία θεμάτων για μελέτη, όπως επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (π.χ. Gray et al., 2014), διαχείριση του νερού (π.χ. Kafetzis et al., 2010; Ceccato, 2012), ανάπτυξη της βιομηχανίας (π.χ. Lopolito et al., 2011; Zhang et al., 2013), φυσικά φαινόμενα (π.χ. Giordano et al., 2010; Samarasinghe & Strickert, 2013) και διαχείριση των οικοσυστημάτων (π.χ. Özesmi & Özesmi, 2003; Vassilides & Jensen, 2016; Peng et al., 2016).

Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουμε πολλές μελέτες περίπτωσης για Ανάλυση Σεναρίων (π.χ. Biloslavo & Dolinšek, 2010; Singh & Nair, 2014; Anezakis et al., 2016) καθώς οι ΑΓΧ παρέχουν εμπλουτισμό των σεναρίων με ταυτόχρονη ανάπτυξη των αφηγήσεων και των FCMs τους με τους ενδιαφερόμενους. Επίσης, ήταν υψίστης σημασίας να ερευνήσουμε

εφαρμογές για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (π.χ. Huang et al., 2013; Zhao et al., 2014) αφού η διαχείριση της ενέργειας είναι ένα τρέχον ζήτημα για το οποίο όλοι μας πρέπει να δώσουμε προσοχή και να εκμεταλλευτούμε βιώσιμες πηγές προκειμένου να επιβιώσουμε. Τέλος, λιγότερες εφαρμογές συναντήσαμε για Διαχείριση Ηλεκτρικής Ενέργειας, Προσαρμοστικές Πολιτικές και Μεταφορά χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι λιγότερο σημαντικά.

### 2.2.6 Τεχνικές εκμάθησης των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών

Η επιτυχία του μοντέλου του ΑΓΧ εξαρτάται σημαντικά από την μέθοδο με την οποία κατασκευάζεται. Διάφορες μέθοδοι για χειροκίνητο υπολογισμό του ΑΓΧ μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία. Λόγω του γεγονότος ότι οι ΑΓΧ προέρχονται από τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, πολλοί ερευνητές επιχειρούν την αυτόματη κατασκευή του πίνακα βάρους του ΑΓΧ με τον ακόλουθο τρόπο: όπως και στα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, χρησιμοποιούνται σύνολα εκπαιδευτικών δεδομένων για την εκτίμηση των βαρών μεταξύ των εννοιών του ΑΓΧ, και, ως εκ τούτου, ο πίνακας βαρών δημιουργείται αυτόματα. Με άλλα λόγια, οι τεχνικές εκμάθησης των ΑΓΧ έχουν αναπτυχθεί με σκοπό να επικαιροποιήσουν την αρχική γνώση των εμπειρογνομόνων που σχεδιάζουν το χάρτη και να συμπεριλάβουν οποιαδήποτε γνώση από ιστορικά δεδομένα ώστε τελικά να παραχθούν τα βάρη μεταξύ των εννοιών. Στον Πίνακα 2.6 φαίνονται οι κύριες κατηγορίες των τεχνικών εκμάθησης.

**Πίνακας 2.6** Τεχνικές εκμάθησης των ΑΓΧ.

Κατηγορία Εκμάθησης	Προσέγγιση Εκμάθησης	Μελέτη
Hebbian-based Learning	Nonlinear Hebbian Learning (NHL)	(Natarajan et al., 2016) (Peng et al., 2016)
	Petri Nets (PN)	(Kyriakarakos et al., 2012)
Population-based Learning	Genetic Algorithms (GA)	(Natarajan et al., 2016)
	Particle Swarm Optimization (PSO)	(Karavas et al., 2015) (Kyriakarakos et al., 2012)
	Social Cognitive Optimisation (SCO)	(Sacchelli, 2014)
Άλλα	Decision Tree Learning	(Papageorgiou et al., 2011)

Κατηγορία Εκμάθησης	Προσέγγιση Εκμάθησης	Μελέτη
	Self Organizing Maps (SOM)	(Samarasinghe & Strickert, 2013)

Οι «Hebbian-based» και «Population-Based» είναι μέθοδοι που είναι οι πιο αποτελεσματικοί και εκτενέστερα χρησιμοποιούμενοι για την εκμάθηση των ΑΓΧ. Οι προτεινόμενες τεχνικές εκμάθησης έχουν επικεντρωθεί κυρίως σε τρεις κατευθύνσεις: στην παραγωγή των πινάκων βάρους βάσει ιστορικών δεδομένων, στην προσαρμογή των σχέσεων αιτίας-αποτελέσματος του ΑΓΧ βάσει της παρέμβασης των ειδικών και στην παραγωγή των πινάκων βάρους συνδυάζοντας τη γνώση των εμπειρογνομόνων και τα δεδομένα.

Όσον αφορά την πρώτη κατηγορία, οι Hebbian-based μέθοδοι χρησιμοποιούν διαθέσιμα δεδομένα και μία φόρμουλα εκμάθησης, που είναι βασισμένη σε διάφορες τροποποιήσεις του νόμου Hebbian, για να ρυθμίσουν με επαναληπτικό τρόπο τα βάρη του ΑΓΧ. Οι Natarajan et al. (2016), σε μια εφαρμογή για τη γεωργία για την πρόβλεψη των αποδόσεων ζαχαροκάλαμου, συνδύασαν την τεχνική Nonlinear Hebbian Learning (NHL), που είναι μια επέκταση του βασικού κανόνα Hebbian, τροποποιώντας τον τύπο ενημέρωσης βάρους, και Genetic Algorithms (GA), που ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία τεχνικών εκμάθησης που φαίνονται στον Πίνακα 2.6 και θα αναλυθούν παρακάτω. Η μέθοδος εκμάθησης NHL εισήχθη από τους Parageorgiou et al. (2003) ώστε να προσαρμόσουν τις σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος μεταξύ των εννοιών του ΑΓΧ και να εξαλείψουν τις ελλείψεις που εμφανίζονται στη λειτουργία των ΑΓΧ. Με αυτόν τον τρόπο, λαμβάνουμε υπόψη τα δυναμικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας εκμάθησης και του περιβάλλοντος. Οι Natarajan et al. (2016) χρησιμοποίησαν μία βελτιωμένη έκδοση της μεθόδου NHL, τη λεγόμενη Data Driven NHL (DDNHL), η οποία βασίζεται στις ίδιες αρχές εκμάθησης με την NHL, αλλά εκμεταλλεύεται ιστορικά δεδομένα και χρησιμοποιεί έννοιες εξόδου για να βελτιώσει την ποιότητα εκμάθησης. Οι Peng et al. (2016) επίσης χρησιμοποίησαν την τεχνική NHL για το οικοσύστημα των Three-Rivers στην Κίνα ώστε να προσομοιώσουν ένα συγκεκριμένο σύστημα, όπου η σχέση βαρών του ΑΓΧ χρειάζεται να καθιερωθεί από πηγές δεδομένων.

Μια άλλη προσέγγιση εκμάθησης βασισμένη στην Hebbian-based μέθοδο εφαρμόστηκε από τους Kyriakarakos et al. (2012) για τη διαχείριση ενέργειας ενός είδους μικροδικτύων, τα Autonomous Polygeneration Microgrids (APM), και συνδυάζει ΑΓΧ και PetriNets (PN). Το PN είναι ένα σταθμισμένο διμερές γράφημα, το οποίο χρησιμοποιείται ως «ενεργοποιητής» στη δομή των ΑΓΧ ώστε να καταστήσει δυνατό διαφορετικοί ΑΓΧ να ενεργοποιούνται ανάλογα με την κατάσταση του μικροδικτύου.

Από την άλλη πλευρά, στην περίπτωση των «Population-based» αλγορίθμων της δεύτερης κατηγορίας, πρόκειται για εξελικτική εκμάθηση που χρησιμοποιεί διαθέσιμα σύνολα δεδομένων εισόδου και προσανατολίζεται προς την εξεύρεση μοντέλων που μιμούνται τα

δεδομένα εισόδου. Είναι τεχνικές βελτιστοποίησης και, για αυτό το λόγο, είναι αρκετά απαιτητικές υπολογιστικά. Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι Natarajan et al. (2016) χρησιμοποίησαν Genetic Algorithms (GA), οι οποίοι ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Γενικά, οι GAs είναι προσαρμοστικές μέθοδοι, βασισμένοι στις γενετικές διαδικασίες των βιολογικών οργανισμών, που εκμεταλλεύονται τα υπάρχοντα δεδομένα που χρησιμοποιούνται κυρίως για την επίλυση προβλημάτων έρευνας και βελτιστοποίησης.

Επίσης, οι Kyriakarakos et al. (2012), εκτός από τα Petri Nets, εφάρμοσαν και μία population-based προσέγγιση, την Particle Swarm Optimization (PSO). Ο στόχος αυτής της μεθόδου είναι η εκμάθηση της δομής του ΑΓΧ με βάση ιστορικά γεγονότα που συγκλίνουν σε μια επιθυμητή τελική κατάσταση. Η τεχνική PSO, ως ένας population-based αλγόριθμος, πραγματοποιεί αναζήτηση για λύση με τη διατήρηση και τη μετατροπή ενός πλήθους ατόμων. Η εκμάθηση απαιτεί ανθρώπινη γνώση για να διευκρινίσει κατάλληλους περιορισμούς, οι οποίοι θα εγγυηθούν οι σχέσεις εντός του μοντέλου ΑΓΧ διατηρούν τη φυσική τους έννοια που ορίστηκε από τους εμπειρογνώμονες. Στην αναφερόμενη μελέτη, η τεχνική PSO έχει χρησιμοποιηθεί αρχικά ως εργαλείο σχεδιασμού για την διαστασιολόγηση των διαφόρων συνιστωσών των APM και τότε σαν εργαλείο βελτιστοποίησης των παραμέτρων μετάβασης του PN και των χρησιμοποιούμενων βαρών των ΑΓΧ. Επίσης, μια άλλη προσέγγιση για APMs προτάθηκε από τους Karavas et al. (2015), η οποία επίσης χρησιμοποίησε PSO.

Τέλος, Social Cognitive Optimization (SCO) εξελικτικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιήθηκαν από τον Sacchelli (2014) προκειμένου να λύσει programming (NLP) μοντέλα σε μία εφαρμογή για τη βιομάζα. Η τεχνική SCO είναι ένα μοντέλο βελτιστοποίησης που βασίζεται στο μηχανισμό παρατηρητικής εκμάθησης στην ανθρώπινη κοινωνική γνώση.

Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες τεχνικές εκμάθησης, τις οποίες μπορεί να τις βρει κανείς στη βιβλιογραφία, εκτός των δύο κατηγοριών που αναλύθηκαν παραπάνω, όπως η Decision Tree Learning και οι Self Organizing Maps (SOM). Η πρώτη χρησιμοποιήθηκε για παράδειγμα, από τους Papageorgiou et al. (2011) σε μία μελέτη περίπτωσης στην Κεντρική Ελλάδα για την γεωργία. Ένας συγκεκριμένος αλγόριθμος για δέντρα αποφάσεων (decision trees), που είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την εκτίμηση και την ταξινόμηση των ασαφών δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε για τον χαρακτηρισμό της απόδοσης βαμβακιού. Ως εκ τούτου, τα δέντρα αποφάσεων είναι ισχυροί αλγόριθμοι ταξινόμησης που γίνονται όλο και πιο δημοφιλή χάρη στα έξυπνα επεξηγηματικά χαρακτηριστικά τους. Όσον αφορά τη δεύτερη τεχνική εκμάθησης, τους Self Organizing Maps (SOM) δηλαδή, οι Samarasinghe και Strickert (2013) έκαναν μια καινοτόμα χρήση αυτών για να προωθήσουν την επεξεργασία των ΑΓΧ σε μια εφαρμογή για την άμβλυνση φυσικών κινδύνων.

### 2.2.7 Λογισμικά για προσομοίωση των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών

Πολύ συχνή είναι η χρήση διαφόρων λογισμικών προς διευκόλυνση της διαδικασίας παραγωγής των ΑΓΧ, όπως μπορούμε να δούμε στον Πίνακα 2.7. Συγκεκριμένα, δύο κύρια λογισμικά αναπτύχθηκαν σε αρκετές εφαρμογές του πεδίου ενδιαφέροντός μας: το FCMapper (Wildenberg et al., 2010) και το Mental Modeler (Gray et al., 2013). Επίσης, δημοφιλή είναι το Matlab (π.χ. Kontogianni et al., 2012; Karavas et al., 2015; Zhang et al., 2013) και το R Project (Solera et al., 2010; Vanwindekens et al., 2013; Kayikci & Stix, 2014).

**Πίνακας 2.7** Χρησιμοποιούμενα λογισμικά για την προσομοίωση των ΑΓΧ.

Λογισμικό	Εφαρμογές
FCMapper	(Wildenberg et al., 2010) (Ceccato, 2012) (Gray et al., 2014) (Reckien, 2014) (Christen et al., 2015) (Olazabal & Pascual, 2016)
Matlab	(Kontogianni et al., 2012) (Papageorgiou & Kontogianni, 2012) (Zhang et al., 2013) (Hsueh, 2015) (Karavas et al., 2015) (Natarajan et al., 2016) (Nikas & Doukas, 2016)
Mental Modeler	(Gray et al., 2013) (Gray et al., 2015)
R Project	(Solera et al., 2010) (Vanwindekens et al., 2013) (Kayikci & Stix, 2014)

---

Λογισμικό	Εφαρμογές
Άλλα	(Celik et al., 2005)
	(Özesmi, 2006b)
	(Rajaram & Das, 2010)
	(Solera et al., 2010)
	(Papageorgiou et al., 2011)
	(Kyriakarakos et al., 2012)
	(Meliadou et al., 2012)
	(Samarasinghe & Strickert, 2013)
	(Kyriakarakos et al., 2014)
	(Karavas et al., 2015)
	(Amer et al., 2016)
	(Mourhir et al., 2016)

---





# 3 *Παρουσίαση του Εργαλείου Matlab για*

## *Επεξεργασία των Ασαφών*

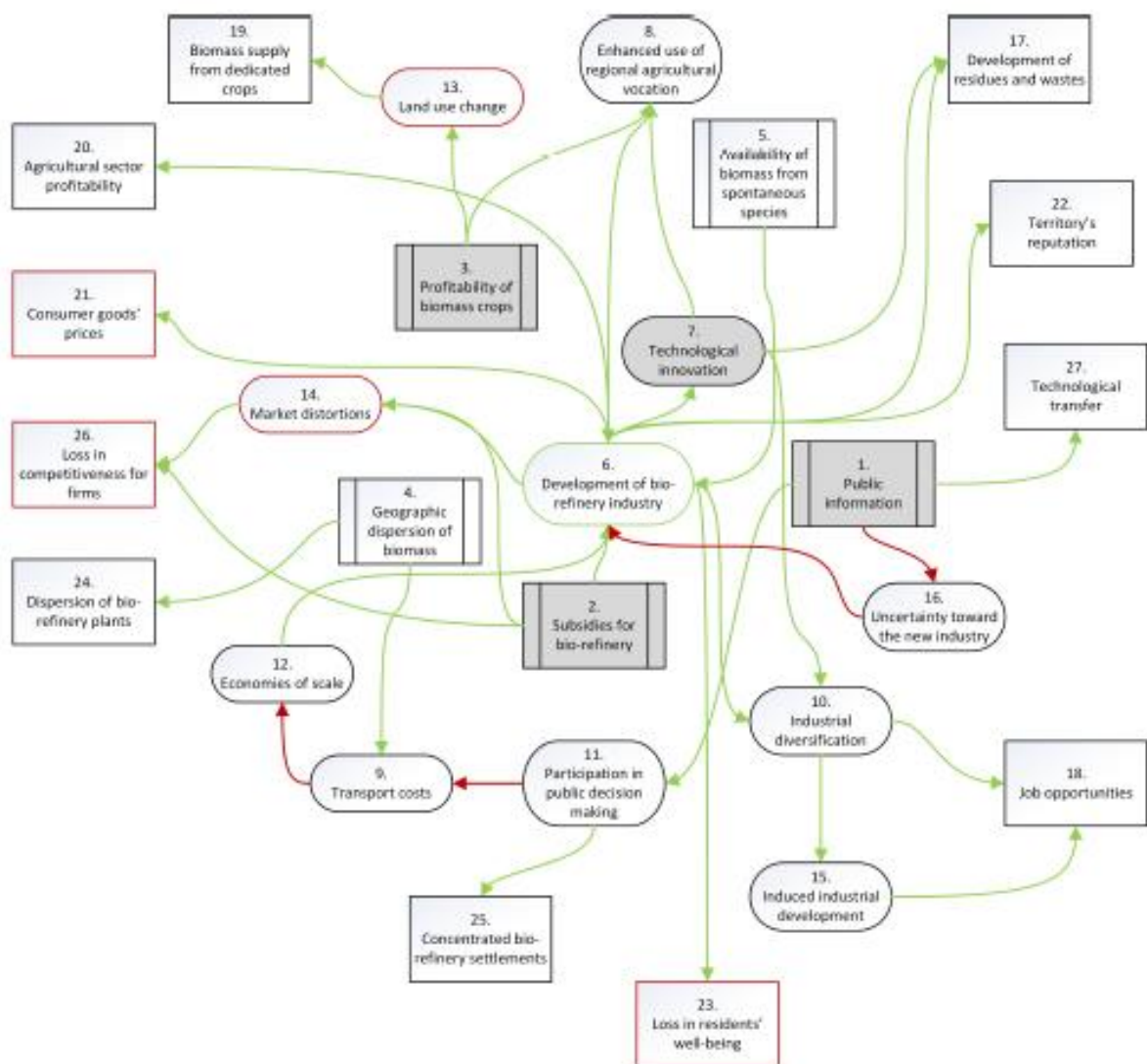
## *Γνωστικών Χαρτών*

### *3.1 Περιγραφή του εργαλείου Matlab*

Πλέον έχοντας αναλύσει όλες τις απαραίτητες έννοιες των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών, έχει γίνει η απαραίτητη προετοιμασία προκειμένου να τα χρησιμοποιήσουμε σε ένα κατάλληλο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων που έχει δημιουργηθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας για τους Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες στο περιβάλλον του λογισμικού Matlab και ονομάστηκε «Expert-driven Semi-Quantitative Analysis tool for Policy Evaluation (ESQAPE)». Στο εργαλείο αυτό εισάγοντας τα απαραίτητα δεδομένα μπορούμε να εξάγουμε προσομοιώσεις που θα μας βοηθήσουν να βγάλουμε συμπεράσματα για το πρόβλημα που διερευνούμε με τη βοήθεια των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών. Ωστόσο, πρώτα είναι επιτακτικό να παρουσιάσουμε τα βασικά σημεία λειτουργίας του εργαλείου αυτού καθώς και συγκεκριμένες καινοτομίες που έχουν δημιουργηθεί στα πλαίσια της εργασίας αυτής. Η ανάπτυξη του εργαλείου βασίστηκε σε ένα ήδη υπάρχον εργαλείο, το επονομαζόμενο «Γενικευμένο σύστημα Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη για ρεαλιστική προσομοίωση πολύπλοκων δυναμικών συστημάτων» που αναπτύχθηκε στο τμήμα Επιστήμης των Υπολογιστών του Πανεπιστημίου της Κύπρου. Έτσι, χρησιμοποιώντας ως οδηγό το εργαλείο

αυτό αναπτύχθηκε το εργαλείο της παρούσας εργασίας έχοντας ορισμένες καινοτόμες προσθήκες σε σχέση με το αρχικό.

Πρώτα από όλα, η μορφή του συγκεκριμένου εργαλείου φαίνεται στην Εικόνα 3.1. Θα δούμε αναλυτικά τις βασικές λειτουργίες μέσα από ένα παράδειγμα. Ενδιάμεσα θα γίνεται παραπομπή στα παραρτήματα όπου θα παρουσιάζονται πηγαίοι κώδικες για κάποιες χρήσιμες λειτουργίες. Θα επιλέξουμε το παράδειγμα των Lopolito et al. (2011) που αφορά μια μελέτη περίπτωσης στην Ιταλία για τα προβλήματα που απορρέουν από την ανάπτυξη των διυλιστηρίων, τα οποία τροφοδοτούνται από βιομάζα που προέρχεται από τις γεωργικές καλλιέργειες. Ο Ασαφής Γνωστικός Χάρτης φαίνεται στην Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1 Χάρτης των Lopolito et al. (2011).

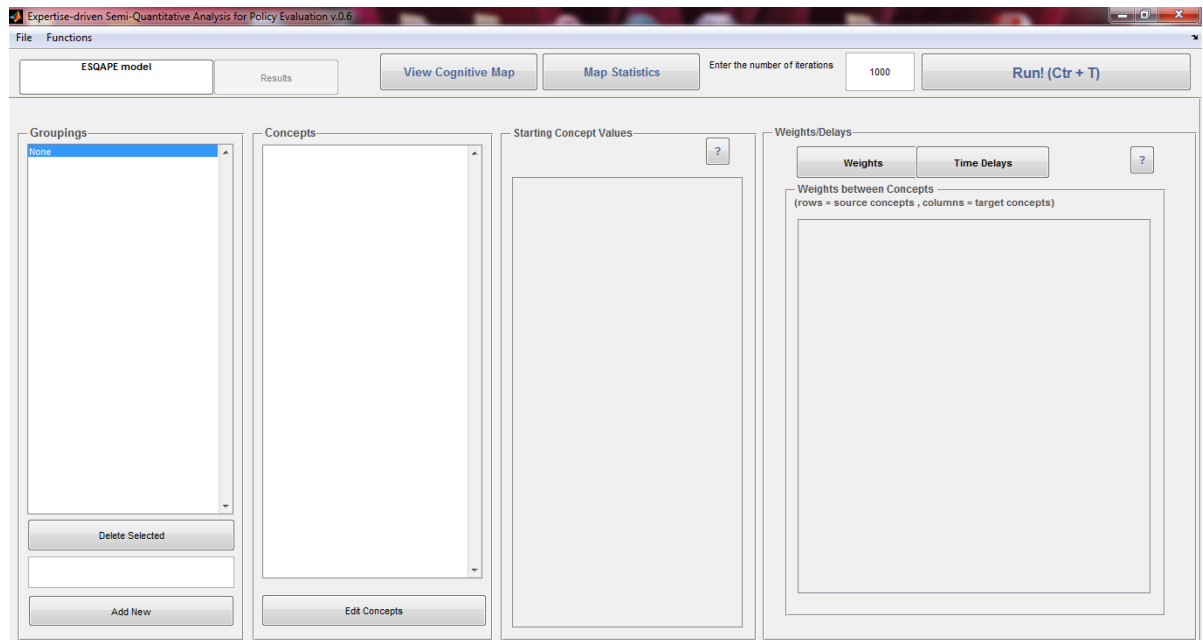
*Επεξήγηση των εννοιών του χάρτη της Εικόνας 3.1:*

- Ενημέρωση του κοινού
- Επιδοτήσεις για τα διυλιστήρια βιομάζας
- Αποδοτικότητα των καλλιεργειών βιομάζας
- Γεωγραφική διασπορά της βιομάζας
- Διαθεσιμότητα βιομάζας από εναλλακτικά είδη
- Ανάπτυξη των διυλιστηρίων βιομάζας
- Καινοτομία της τεχνολογίας
- Βελτιωμένη χρήση των περιφερειακών γεωργικών επαγγελμάτων
- Κόστη μεταφοράς
- Βιομηχανική διαφοροποίηση
- Συμμετοχή στη δημόσια λήψη αποφάσεων
- Οικονομίες κλίμακας
- Αλλαγή της χρήσης της γης
- Στρεβλώσεις της αγοράς
- Επαγόμενη βιομηχανική ανάπτυξη
- Αβεβαιότητα προς τη νέα βιομηχανία
- Ανάπτυξη υπολειμμάτων και αποβλήτων
- Ευκαιρίες για εργασία
- Προμήθεια βιομάζας από ειδικές καλλιέργειες
- Κερδοφορία αγροτικού τομέα
- Τιμές καταναλωτικών προϊόντων
- Υπόληψη του εδάφους
- Απώλεια της ευημερίας των κατοίκων
- Διασπορά φυτών των διυλιστηρίων βιομάζας
- Πυκνοί οικισμοί διυλιστηρίων βιομάζας
- Απώλεια ανταγωνιστικότητας για τις επιχειρήσεις

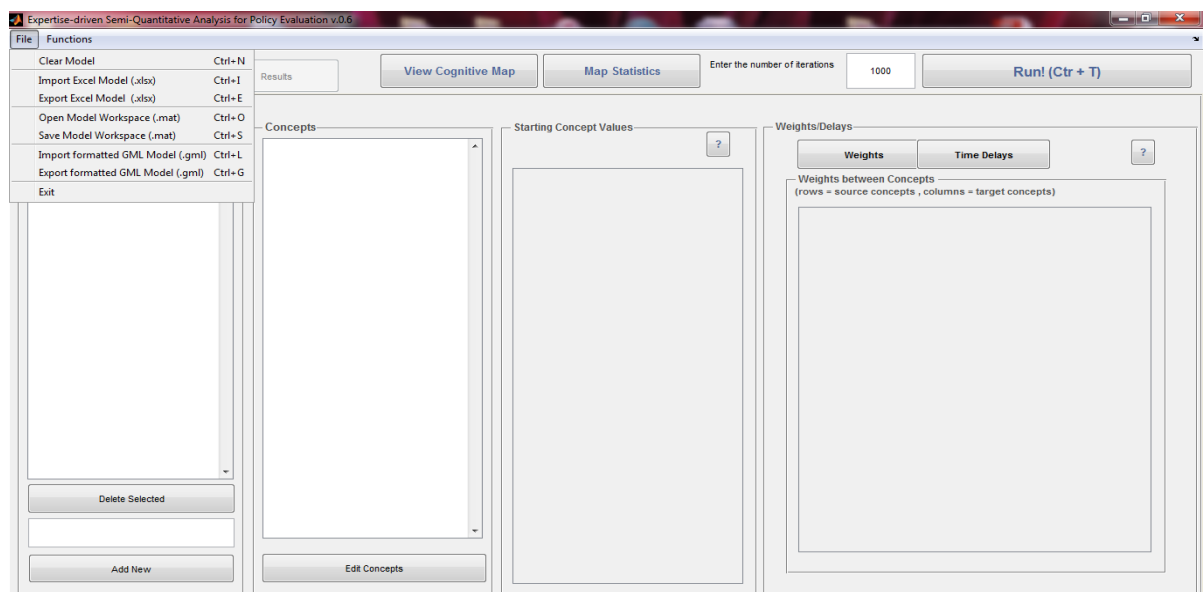
Επιλέγουμε, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2, «File» → «Import Excel Model (.xlsx)» ώστε να εισαχθούν τα δεδομένα από το παράδειγμα που επιλέξαμε, τα οποία τα έχουμε ήδη φτιάξει σε ένα αρχείο Excel αφού πήραμε τις απαραίτητες πληροφορίες από τη συγκεκριμένη μελέτη. Θα δούμε παρακάτω ότι έχουμε την επιλογή «Import formatted GML Model (.gml)» (βλ. Παράρτημα Α), δηλαδή να εισάγουμε δεδομένα και από αρχείο GML (Geography Markup Language), το οποίο χρησιμοποιείται για την περιγραφή και διαχείριση χωρικών/χαρτογραφικών δεδομένων. Έχει την έννοια του αρχείου διάταξης και δίνει τη δυνατότητα σε χρήστες και προγραμματιστές να περιγράφουν γενικά σύνολα δεδομένων που

περιλαμβάνουν κόμβους και γραμμές χρησιμοποιώντας σχήματα. Η δυνατότητα που προσφέρει το εργαλείο αυτό να εισάγουμε δεδομένα από ένα αρχείο GML στην πλατφόρμα εργασίας αποτελεί μια πολύ σημαντική καινοτομία, καθώς διευκολύνει πολύ τη διαδικασία. Συγκεκριμένα, δοθέντος ενός χάρτη, ο οποίος δείχνει αναλυτικά τις συνδέσεις μεταξύ των εννοιών και τα αντίστοιχα βάρη τους, είναι πολύ πιο εύκολο να φτιάξουμε ένα GML αρχείο που να τον αναπαριστά και αυτόματα το εργαλείο να περάσει τα δεδομένα στην πλατφόρμα, παρά να εισάγουμε εμείς χειροκίνητα τα δεδομένα βλέποντας το χάρτη καθώς είναι πολύ εύκολο να υπάρξει σύγχυση και να γίνουν λάθη. Με αυτόν τον τρόπο εργαστήκαμε και εμείς στη δικιά μας μελέτη περίπτωσης όπως θα δείξουμε στην επόμενη ενότητα. Φυσικά υπάρχει και η επιλογή «Open Model Workspace (.mat)» και «Save Model Workspace (.mat)» ώστε να μπορούμε απευθείας να δουλεύουμε και να αποθηκεύουμε πάνω στην πλατφόρμα αυτή, χωρίς να χρειαστεί να εισάγουμε δεδομένα από αρχείο Excel ή GML. Τέλος, υπάρχει και η δυνατότητα να εξάγουμε δεδομένα σε μορφή αρχείου Excel ή GML με τις εντολές «Export Excel Model (.xlsx)» και «Export formatted GML Model (.gml)» (βλ. Παράρτημα Β) αντίστοιχα, γεγονός που βοηθάει στην ανάλυση μας.

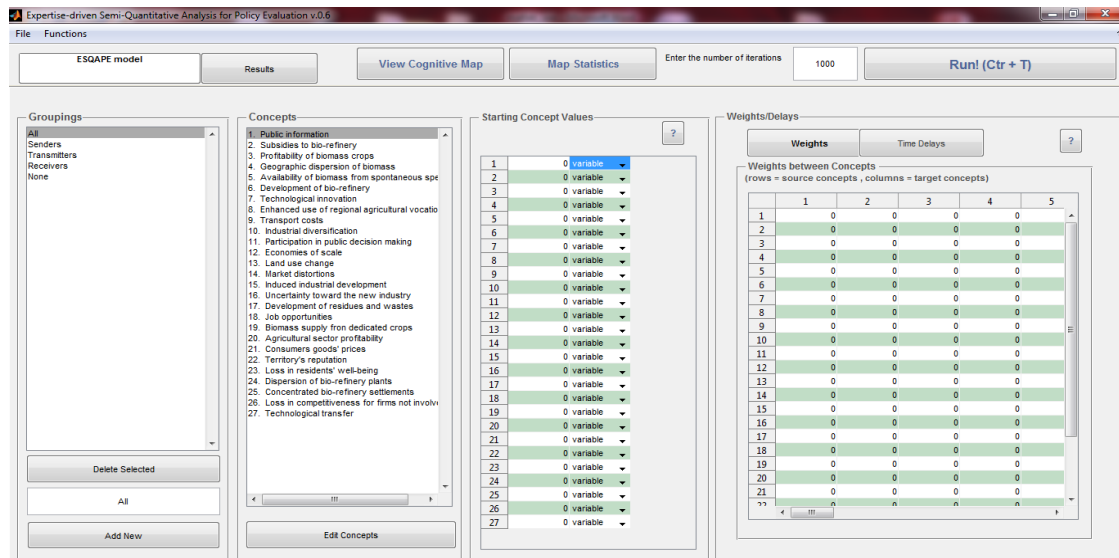
Προς το παρόν θα αναλύσουμε την περίπτωση να εισάγουμε δεδομένα από αρχείο Excel από την μελέτη των Lopolito et al.. Η διαδικασία είναι ακριβώς ίδια εισάγοντας δεδομένα από GML αρχείο. Έτσι, στην Εικόνα 3.3 μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα εισαγόμενα δεδομένα. Αρχικά, η στήλη «Concepts» (Εικόνα 3.4) περιέχει τις έννοιες του εξεταζόμενου ΑΓΧ. Επιλέγοντας «Edit Concepts» ανοίγει ένα νέο παράθυρο (Εικόνα 3.6) στο οποίο μπορούμε να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε κάποια έννοια, ή ακόμα και να την μετονομάσουμε ή να την εντάξουμε σε ομάδα (Group). Ο διαχωρισμός σε ομάδες φαίνεται στην πρώτη στήλη «Groupings» (Εικόνα 3.7), ο οποίος δεν είναι υποχρεωτικός αλλά γίνεται προς δική μας διευκόλυνση εάν ο ΑΓΧ που έχουμε περιέχει πολύ μεγάλο αριθμό εννοιών και, ως εκ τούτου, προχωράμε σε ομαδοποιήσεις ώστε να μην υπάρχει σύγχυση.



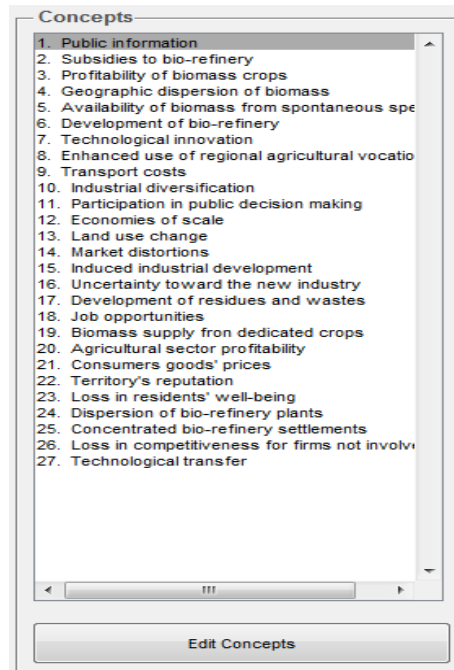
Εικόνα 3.2 Πλατφόρμα εργασίας.



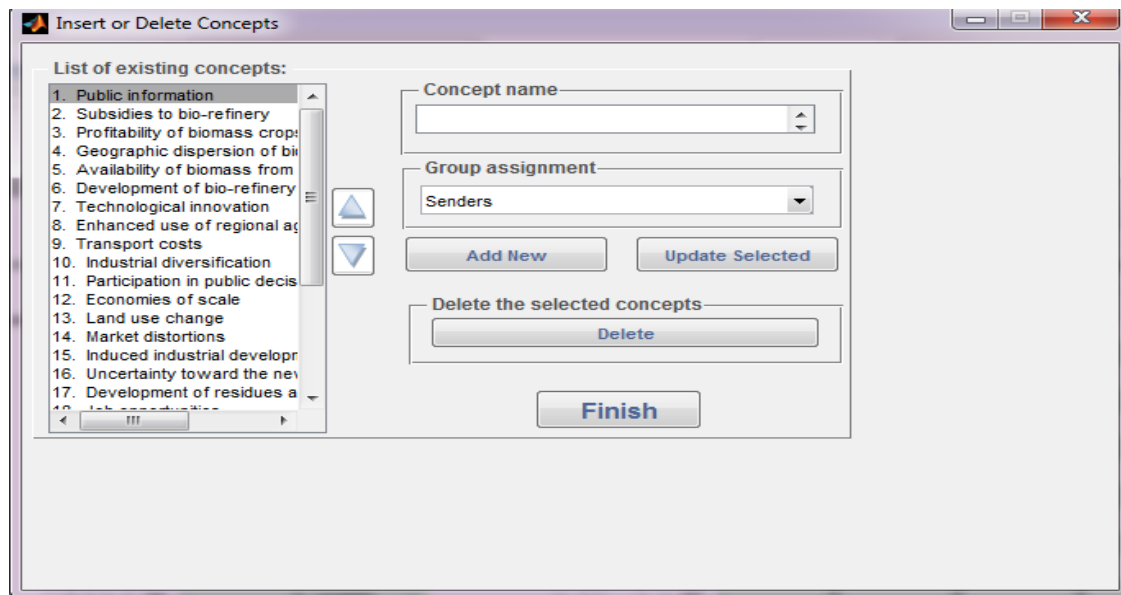
Εικόνα 3.3 Δυνατότητες εισαγωγής και εξαγωγής των δεδομένων.



Εικόνα 3.4 Εισαγωγή δεδομένων από αρχείο Excel.



Εικόνα 3.5 Παρουσίαση των εννοιών (concepts).



Εικόνα 3.6 Επεξεργασία των εννοιών.



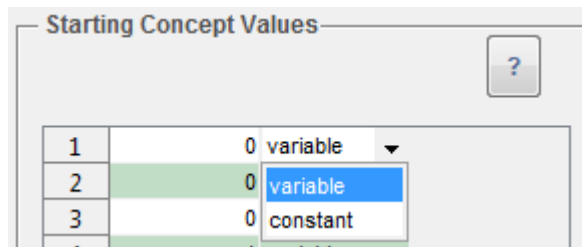
Εικόνα 3.7 Παρουσίαση ομάδων (groups).

Στη συνέχεια, έχουμε την τρίτη στήλη «Starting Concept Values» (Εικόνα 3.8) στην οποία αναγράφονται οι αρχικές τιμές των εννοιών πριν «τρέξουμε» το πρόγραμμα, δηλαδή οι τιμές πριν την πρώτη επανάληψη. Μάλιστα υπάρχει και η επιλογή (Εικόνα 3.9) να θέσει κανείς την έννοια ως μεταβλητή (variable) ή ως σταθερά (constant). Η επιλογή αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς, όπως θα δούμε παρακάτω, όποια έννοια στο χάρτη είναι πολιτική ή είσοδος σεναρίου πρέπει να τεθεί ως σταθερά διότι δεν έχει εισερχόμενες ροές αλλά μόνο εξερχόμενες. Για αυτό το λόγο, στο παράδειγμά μας οι έννοιες 1 έως 5 θα τεθούν ως σταθερές.

Concept ID	Value	Type
1	0	variable
2	0	variable
3	0	variable
4	0	variable
5	0	variable
6	0	variable
7	0	variable
8	0	variable
9	0	variable
10	0	variable
11	0	variable
12	0	variable
13	0	variable
14	0	variable
15	0	variable
16	0	variable
17	0	variable
18	0	variable
19	0	variable
20	0	variable
21	0	variable
22	0	variable
23	0	variable
24	0	variable
25	0	variable
26	0	variable
27	0	variable

**Εικόνα 3.8** Αρχικές τιμές των εννοιών και δυνατότητα επεξεργασίας τους.





**Εικόνα 3.9** Επιλογή εννοιών σε «μεταβλητές» ή «σταθερές».

Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι του εργαλείου είναι φυσικά ο πίνακας βαρών, ο οποίος, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, μας παρουσιάζει όχι μόνο τη σχέση μεταξύ των εννοιών αλλά και το βαθμό που επηρεάζει η μία την άλλη. Ο πίνακας αυτός φαίνεται στην τελευταία στήλη (Εικόνα 3.10) και συγκεκριμένα στην πρώτη καρτέλα «Weights», όπου έχουν επιλεγθεί να φανούν τυχαία κάποια από τα βάρη καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα να φανεί ολόκληρος ο πίνακας βαρών. Στον κατακόρυφο άξονα οι έννοιες εκφράζουν την «αιτία», δηλαδή από που ξεκινάει το βέλος της διασύνδεσης, ενώ στον οριζόντιο άξονα εκφράζουν το «αποτέλεσμα», δηλαδή που καταλήγει το βέλος διασύνδεσης. Ο πίνακας της δεύτερης καρτέλας «Time Delays» (Εικόνα 3.11) αφορά μία από τις καινοτομίες του εργαλείου για την έννοια της χρονοκαθυστερήσης (time lag) που εισήχθη από τους Nikas και Doukas (2016) στην συνάρτηση ενεργοποίησης όπως αναλύθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Εάν δεν έχουμε εισάγει τις χρονικές καθυστερήσεις στον πίνακα, το εργαλείο βγάζει της ένδειξη της Εικόνας 3.12 και αυτόματα εισάγει την τιμή 1 όπου αντίστοιχα στον πίνακα βαρών έχει τοποθετηθεί τιμή βάρους, προκειμένου να έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει τις προσομοιώσεις παραβλέποντας τις καθυστερήσεις αυτές. Θα δοκιμάσουμε παρακάτω να κάνουμε προσομοιώσεις με ή χωρίς χρονικές καθυστερήσεις.

Weights/Delays

Weights Time Delays ?

Weights between Concepts  
(rows = source concepts , columns = target concepts)

	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0
2	0.6700	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0
5	0.6700	0	0	0	0
6	0	0.6700	0	0	0.6700
7	0	0	1	0	0.6700
8	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	-0.6700	0
12	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	-0.3300	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0

Εικόνα 3.10 Πίνακας εισαγωγής και επεξεργασίας των βαρών των σχέσεων μεταξύ των εννοιών.

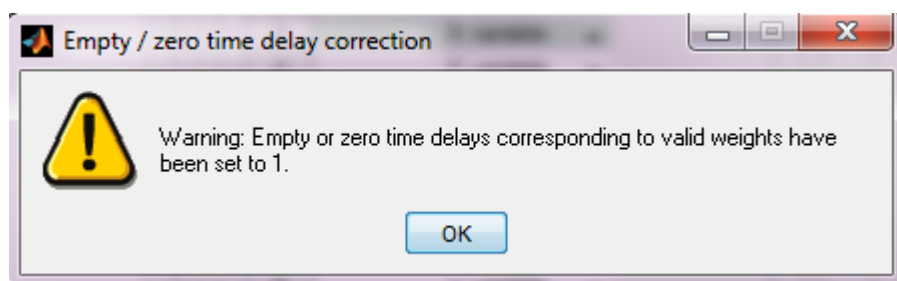
Weights/Delays

Weights Time Delays ?

Time Delays between concepts

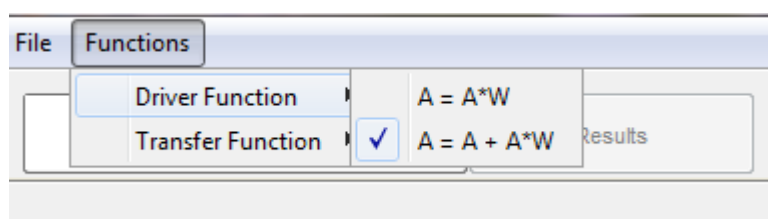
	6	7	8	9	10	
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0
5	1	0	0	0	0	0
6	0	1	0	0	0	1
7	0	0	1	0	0	1
8	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	1	0	0
12	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0

**Εικόνα 3.11** Πίνακας εισαγωγής και επεξεργασίας των χρονικών καθυστερήσεων (timelags) μεταξύ των εννοιών.

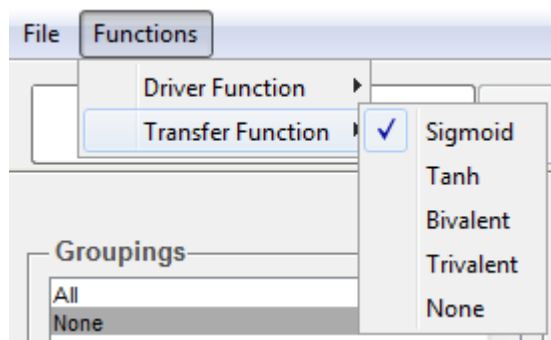


**Εικόνα 3.12** Ειδοποίηση για αυτόματη εισαγωγή μοναδιαίας χρονικής καθυστέρησης στη θέση των μηδενικών στον πίνακα των χρονικών καθυστερήσεων σε περίπτωση που αυτές δεν έχουν εισαχθεί ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία.

Το επόμενο βήμα αφού έχουν εισαχθεί τα απαραίτητα δεδομένα είναι η επιλογή συνάρτησης ενεργοποίησης (Εικόνα 3.13) και συνάρτησης κατωφλίου (Εικόνας 3.14). Για συνάρτηση ενεργοποίησης συνήθως επιλέγουμε την δεύτερη που είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη, δηλαδή η συνάρτηση στην οποία η νέα τιμή της έννοιας ισούται απαραίτητα με την προηγούμενη τιμή συν (ή πλην) τη συνεισφορά των άλλων εννοιών που συνδέονται με αυτή. Για συνάρτηση κατωφλίου, η οποία υπενθυμίζουμε ότι κανονικοποιεί τις νέες τιμές των εννοιών στο διάστημα  $[-1,1]$ , επιλέγουμε μία από τις πιο δημοφιλείς, την σιγμοειδή (sigmoid) συνάρτηση.



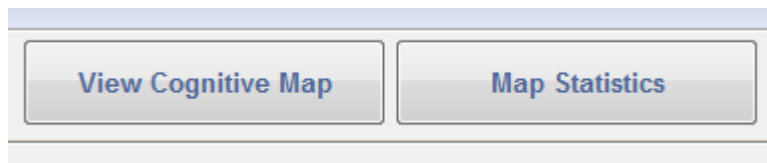
**Εικόνα 3.13** Επιλογή συνάρτησης ενεργοποίησης.



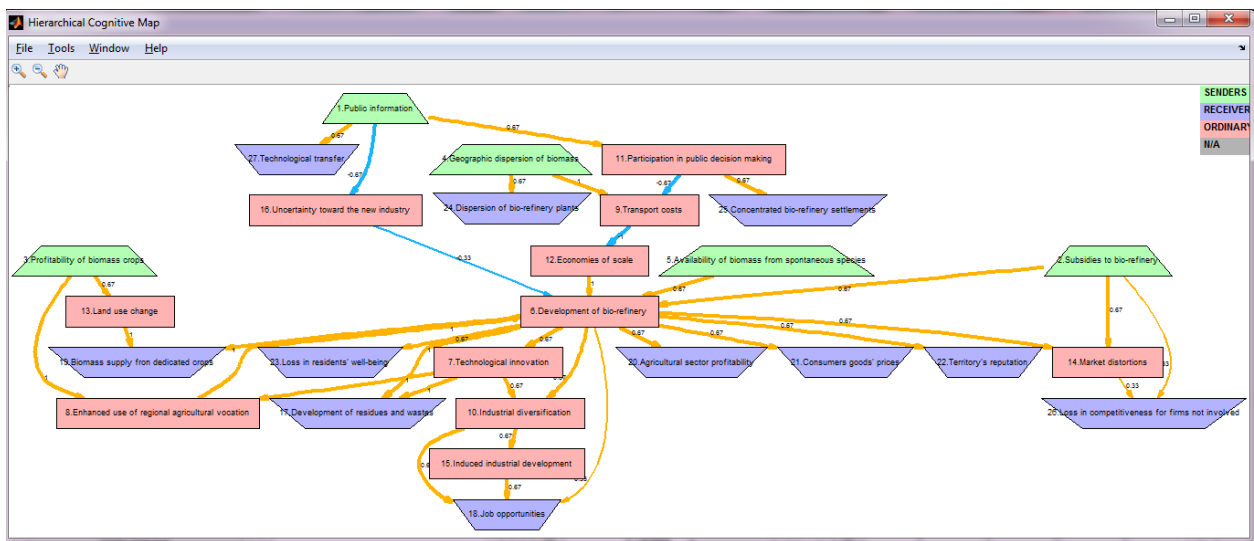
**Εικόνα 3.14** Επιλογή συνάρτησης κατωφλίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει και η επιλογή «View Cognitive Map» (Εικόνα 3.15) η οποία μας δίνει τη δυνατότητα να δούμε τον Ασαφή Γνωστικό Χάρτη (Εικόνα 3.16), επιλέγοντας πρώτα αν θα εμφανίζονται τα βάρη ή όχι, ο οποίος αυτόματα χωρίζει σε κατηγορίες τις έννοιες ανάλογα με το αν έχουν μόνο εξερχόμενες ροές (πομποί ή senders), μόνο εισερχόμενες ροές (δέκτες ή receivers) ή και τα δύο (συνήθεις κόμβοι ή ordinary concepts), ενώ τα χρώματα των βελών δείχνουν αν το βάρος που συνδέει τις δύο έννοιες είναι θετικό ή αρνητικό. Όπως βλέπουμε πάλι στην Εικόνα 3.15 υπάρχει και η επιλογή «Map Statistics» που παρέχει πληθώρα πληροφοριών (Εικόνα 3.17). Συγκεκριμένα, φαίνονται διάφορες πληροφορίες για το σύστημα όπως ο αριθμός των εννοιών και ποιες από αυτές είναι πομποί, ποιες δέκτες και ποιες συνήθεις, καθώς επίσης και ο αριθμός των συζεύξεων, η πυκνότητα (density) και η πολυπλοκότητα (complexity) του χάρτη. Παράλληλα, για κάθε έννοια έχουν

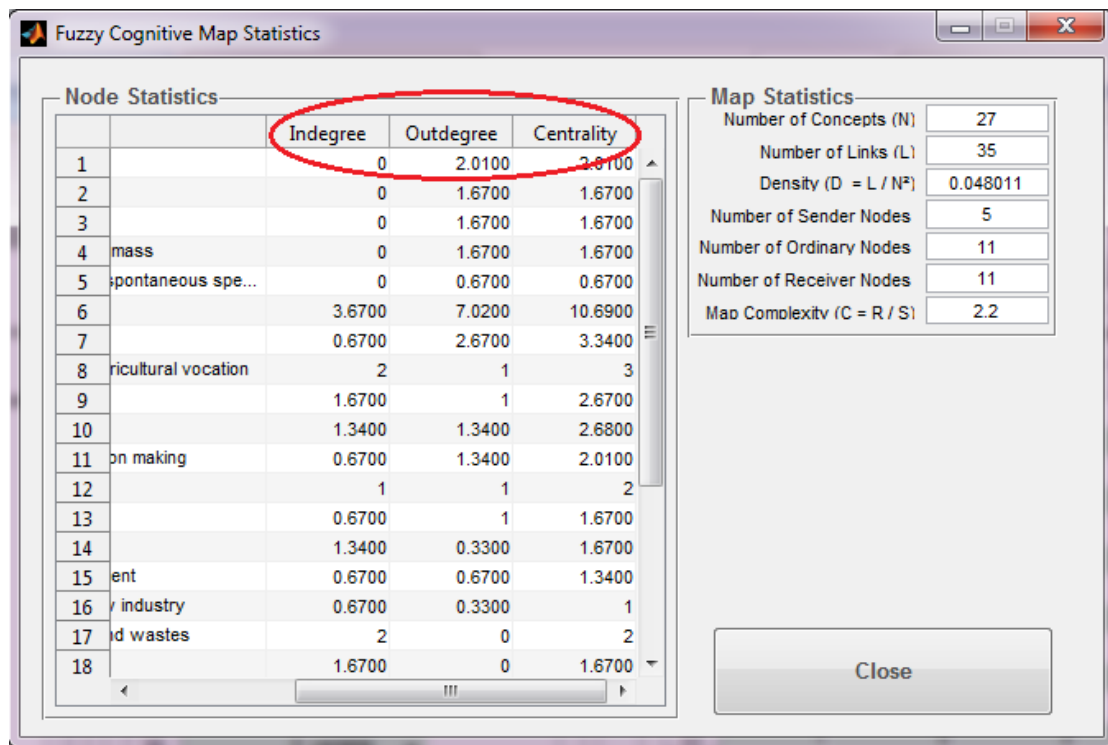
υπολογιστεί συγκεκριμένοι χρήσιμοι δείκτες: ο βαθμός εισόδου (indegree), που δείχνει την αθροιστική δύναμη των συνδέσεων που εισέρχονται σε μια μεταβλητή και προέρχονται από άλλες μεταβλητές, ο βαθμός εξόδου (outdegree), που δείχνει την αθροιστική δύναμη των συνδέσεων που εξέρχονται από μια μεταβλητή και φτάνουν σε άλλες μεταβλητές, και ο δείκτης κεντρικότητας (centrality), που δείχνει τη συνεισφορά μιας μεταβλητής σε ένα γνωστικό χάρτη δείχνοντας πόσο η μεταβλητή αυτή είναι συνδεδεμένη σε άλλες και την αθροιστική δύναμη αυτών των δεσμών, ενώ υπολογίζεται ως το άθροισμα των βαθμών εισόδου και εξόδου.



**Εικόνα 3.15** Επιλογή παρουσίασης του Γνωστικού Χάρτη με τα δεδομένα που έχουμε, με ή χωρίς τα βάρη, καθώς και στατιστικών δεδομένων.



**Εικόνα 3.16** Παρουσίαση του Γνωστικού Χάρτη από τα δεδομένα που έχουμε.



Εικόνα 3.17 Παρουσίαση χρήσιμων στατιστικών δεδομένων.

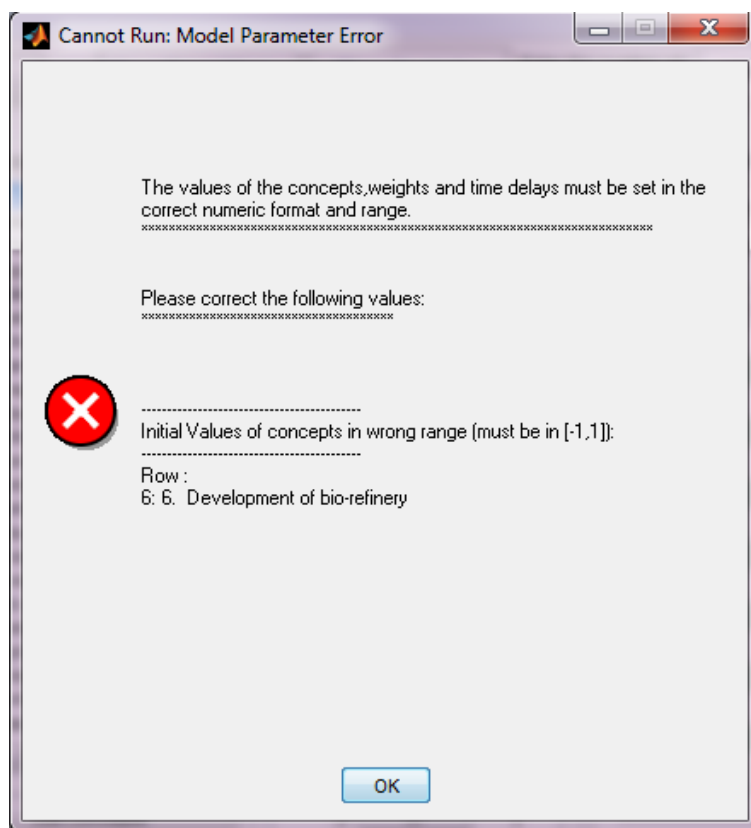
Πριν εκτελέσουμε την προσομοίωση υπάρχει στο εργαλείο και η επιλογή να εισάγουμε τον αριθμό των επαναλήψεων που επιθυμούμε (Εικόνα 3.18). Συνήθως επιλέγουμε έναν μεγάλο αριθμό (όπως εδώ 1000) ώστε να είμαστε σίγουροι ότι δε θα χρειαστούν περισσότερες επαναλήψεις για να εξαχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τέλος, αφού εισάγουμε τις κατάλληλες αρχικές τιμές στις έννοιες ανάλογα, για παράδειγμα, με πιο σύνολο πολιτικών θέλουμε να εφαρμόσουμε, είμαστε έτοιμοι για να εκτελέσουμε την προσομοίωση επιλέγοντας «Run!» (βλ. Παράρτημα C), όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.19, και μεταφερόμαστε αυτόματα στην καρτέλα «Results». Ωστόσο, πρώτα γίνεται έλεγχος της ορθότητας του μοντέλου από μια συνάρτηση που λέγεται “validate\_data” (βλ. Παράρτημα D) όσον αφορά τις επιτρεπτές τιμές των παραμέτρων. Έτσι, τη στιγμή που επιλέγεται το «Run!» και κάποια παράμετρος είναι εκτός ορίων τότε αναδύεται ένα παράθυρο προειδοποίησης. Συγκεκριμένα, για τις έννοιες οι επιτρεπτές τιμές είναι στο διάστημα  $[-1, 1]$  (Εικόνα 3.20), για τα βάρη στο ίδιο διάστημα (Εικόνα 3.21) και για τις χρονικές καθυστερήσεις οι τιμές πρέπει να είναι μεγαλύτερες ή ίσες του 1 (Εικόνα 3.22).

Enter the number of iterations

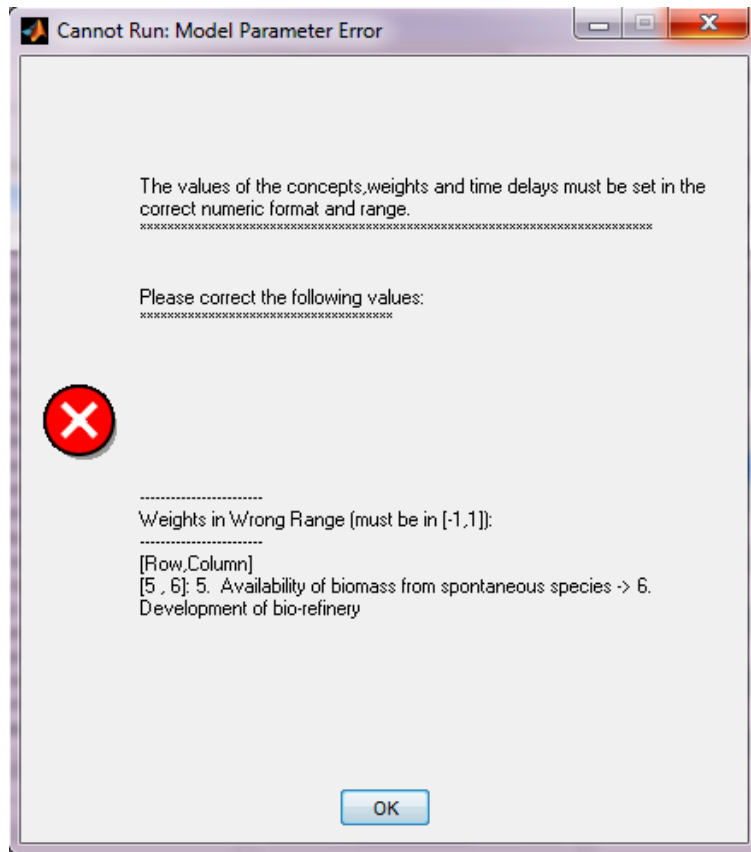
**Εικόνα 3.18** Εισαγωγή του αριθμού των επαναλήψεων μέχρι τον οποίο επιτρέπεται να φτάσει το σύστημα.



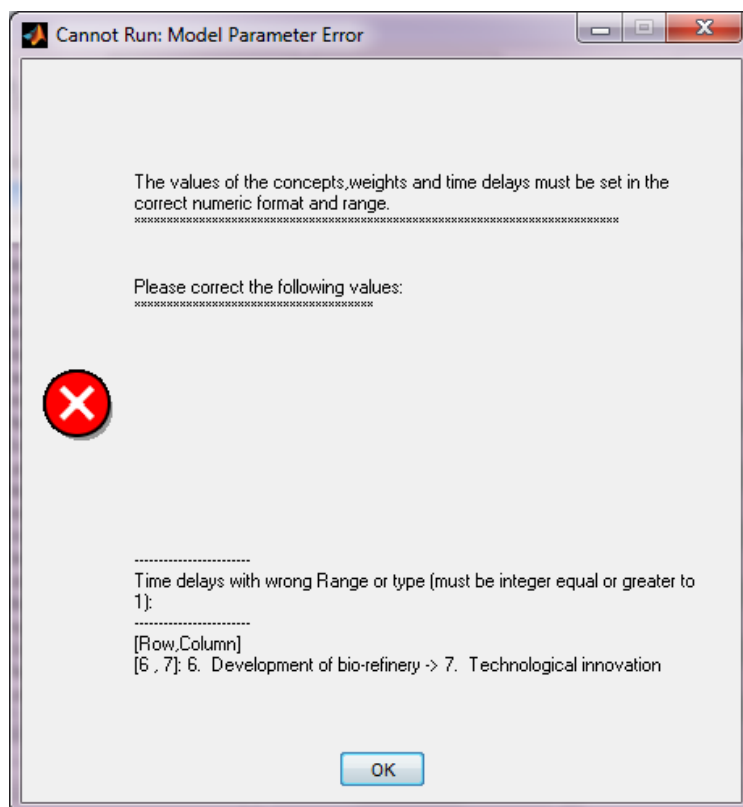
**Εικόνα 3.19** Επιλογή για εκτέλεση προσομοίωσης.



**Εικόνα 3.20** Ενεργοποίηση συνάρτησης ελέγχου για τις τιμές των εννοιών.



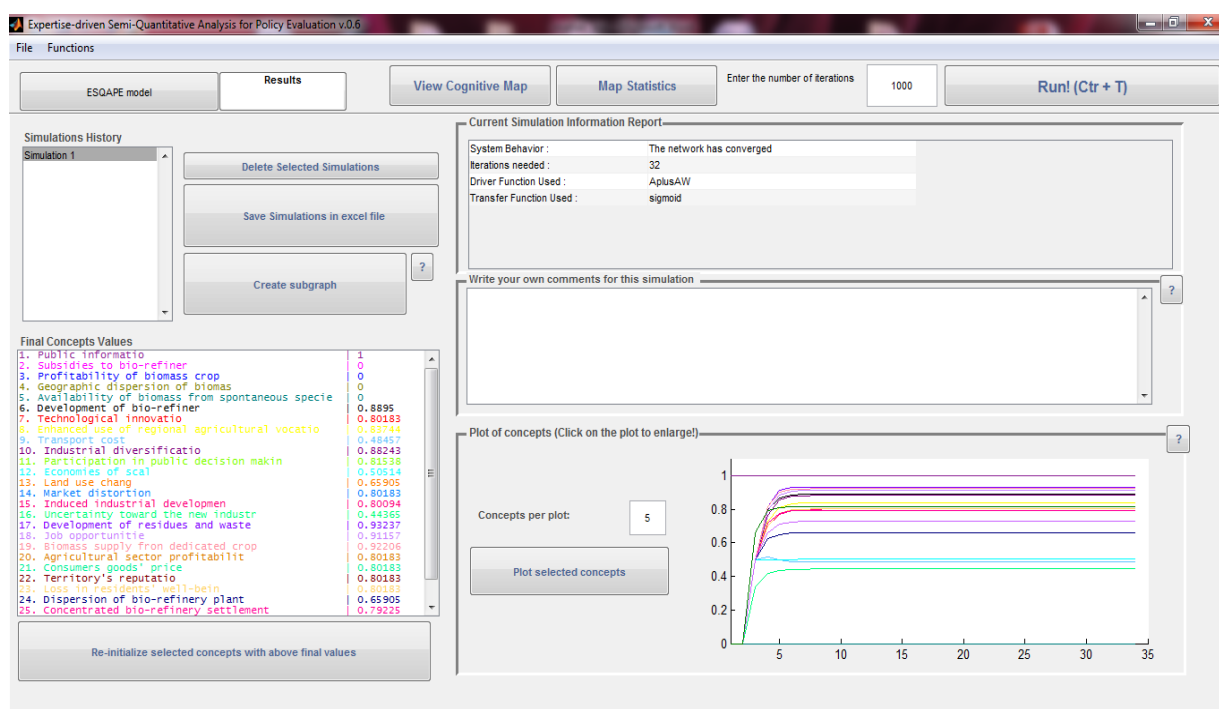
Εικόνα 3.21 Ενεργοποίηση συνάρτησης ελέγχου για τις τιμές των βαρών.



Εικόνα 3.22 Ενεργοποίηση συνάρτησης ελέγχου για τις τιμές των χρονικών καθυστερήσεων.



Μια ενδεικτική προσομοίωση του παραδείγματος μας εφαρμόζοντας την πρώτη πολιτική «Public Transformation» φαίνεται στην Εικόνα 3.23. Όπως βλέπουμε, υπάρχουν επιμέρους τμήματα τα οποία αξίζει να περιγράψουμε. Αρχικά, στην Εικόνα 3.24 δίνονται οι απαραίτητες πληροφορίες αν το σύστημα έχει συγκλίνει, πόσες επαναλήψεις χρειάστηκαν και ποιες συναρτήσεις ενεργοποίησης και κατωφλίου χρησιμοποιήθηκαν. Κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων της προσομοίωσης καλείται μία συνάρτηση μετασχηματισμού (βλ. Παράρτημα Ε) η οποία λαμβάνει τις αρχικές τιμές των εννοιών και τις αλλάζει ανάλογα με την συνάρτηση κατωφλίου που έχουμε επιλέξει. Στην Εικόνα 3.25 βλέπουμε τις τελικές τιμές των εννοιών από τις οποίες μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα όπως, για παράδειγμα, πόσο μια πολιτική μπορεί να επηρεάσει τις υπόλοιπες έννοιες καθώς και τον τελικό στόχο. Επίσης, υπάρχει επιλογή «Re-initialize selected concepts with above final values» με την οποία μπορούμε να ξαναεκτελέσουμε το πρόγραμμα αλλά αυτή τη φορά ως αρχικές τιμές θα χρησιμοποιηθούν οι τελικές της τρέχουσας προσομοίωσης.



Εικόνα 3.23 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Current Simulation Information Report	
System Behavior :	The network has converged
Iterations needed :	32
Driver Function Used :	AplusAW
Transfer Function Used :	sigmoid

**Εικόνα 3.24** Χρήσιμες πληροφορίες για τις συνθήκες της προσομοίωσης.

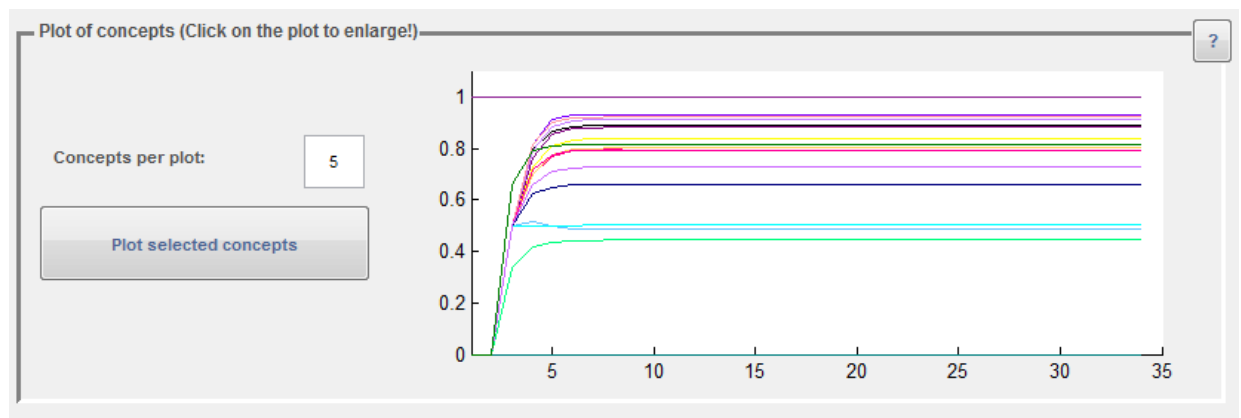
Final Concepts Values	
1. Public informatio	1
2. Subsidies to bio-refiner	0
3. Profitability of biomass crop	0
4. Geographic dispersion of biomas	0
5. Availability of biomass from spontaneous specie	0
6. Development of bio-refiner	0.8895
7. Technological innovatio	0.80183
8. Enhanced use of regional agricultural vocatio	0.83744
9. Transport cost	0.48457
10. Industrial diversificatio	0.88243
11. Participation in public decision makin	0.81538
12. Economies of scal	0.50514
13. Land use chang	0.65905
14. Market distortion	0.80183
15. Induced industrial developmen	0.80094
16. Uncertainty toward the new industr	0.44365
17. Development of residues and waste	0.93237
18. Job opportunitie	0.91157
19. Biomass supply fron dedicated crop	0.92206
20. Agricultural sector profitabilit	0.80183
21. Consumers goods' price	0.80183
22. Territory's reputatio	0.80183
23. Loss in residents' well-bein	0.80183
24. Dispersion of bio-refinery plant	0.65905
25. Concentrated bio-refinery settlement	0.79225

Re-initialize selected concepts with above final values

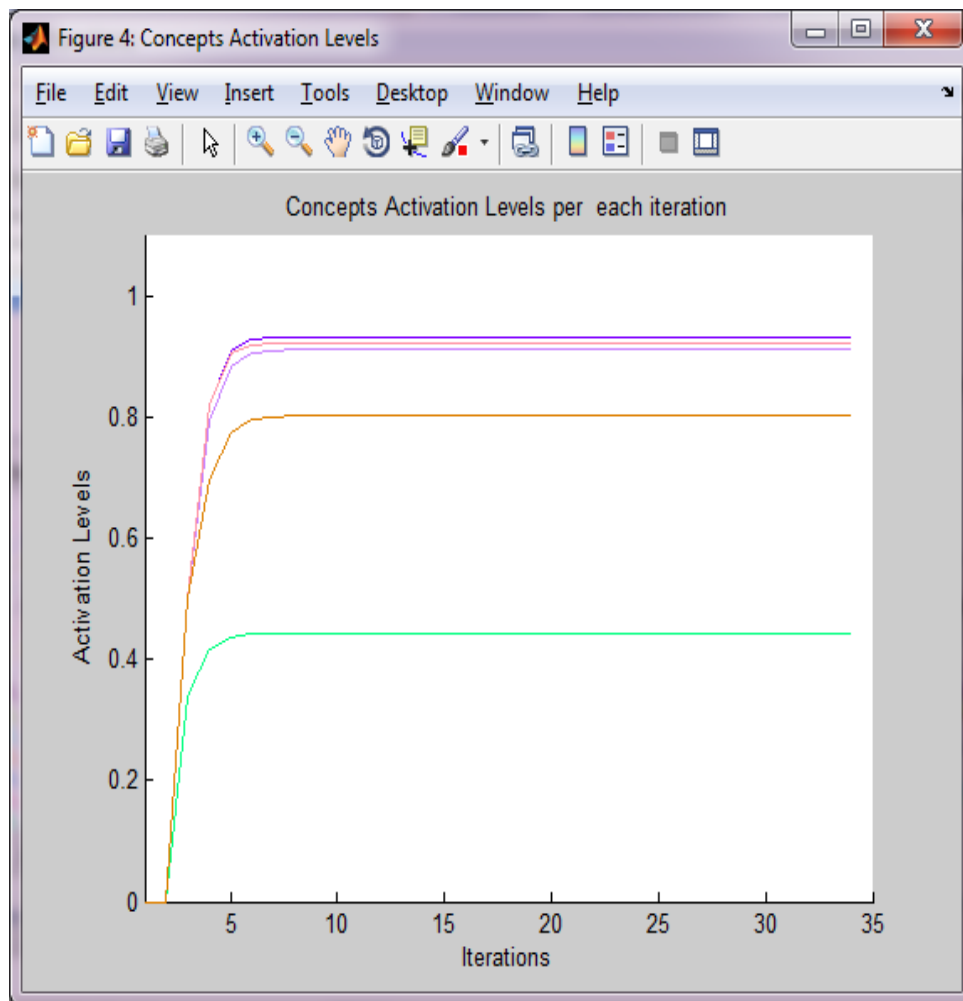
**Εικόνα 3.25** Τελικές τιμές των εννοιών στο τέλος της προσομοίωσης.

Στη συνέχεια, στην Εικόνα 3.26 βλέπουμε τις γραφικές παραστάσεις οι οποίες φανερώνουν πως μεταβάλλονται οι τιμές των εννοιών ως προς τις επαναλήψεις που εκτελούνται έως ότου συγκλίνουν στην τελική τιμή τους. Στην εικόνα αυτή βλέπουμε επίσης και μια επιλογή «Concepts per plot» όπου αν εισάγουμε, για παράδειγμα, τον αριθμό 5 έχουμε τη δυνατότητα να δούμε τις γραφικές παραστάσεις ανά πέντε έννοιες και όχι όλες μαζί ώστε να μην υπάρχει σύγχυση. Μόλις εισαχθεί ο αριθμός που θέλουμε, αρκεί να κάνουμε κλικ πάνω στο διάγραμμα («Click on the plot to enlarge!») και αυτόματα αναδύονται παράθυρα με γραφικές παραστάσεις τόσα όσα χρειάζονται για να παρουσιαστούν όλες οι έννοιες ανά πεντάδες, τετράδες, τριάδες κοκ, ανάλογα δηλαδή με το πόσες εμείς επιλέγουμε. Στην Εικόνα 3.27 φαίνεται μια τυχαία πεντάδα εννοιών του παραδείγματος μας. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε

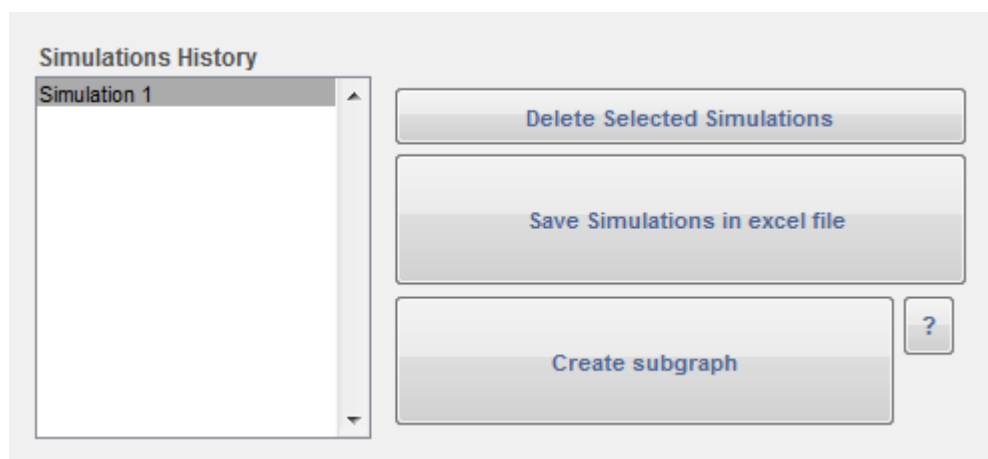
να δούμε πιο ευδιάκριτα τη διακύμανση της τιμής μιας έννοιας κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων. Τέλος, στην Εικόνα 3.28 παρουσιάζεται το ιστορικό των προσομοιώσεων, ώστε όποτε θέλουμε να μπορούμε να ανατρέχουμε στα δεδομένα που εισάγαμε για κάποια συγκεκριμένη προσομοίωση, καθώς και στα αποτελέσματα της. Για όποια προσομοίωση για οποιοδήποτε λόγο θέλουμε να τη διαγράψουμε επιλέγουμε «Delete selected simulations». Επίσης, βλέπουμε μια πολύ χρήσιμη δυνατότητα του εργαλείου να αποθηκεύουμε τις προσομοιώσεις σε αρχείο Excel προκειμένου να συνεχίσουμε την επεξεργασία μας εκεί εφόσον επιθυμούμε. Με την επιλογή «Create subgraph» αναδύεται ένα παράθυρο με τον γνωστικό χάρτη του συστήματος, επιλέγοντας πρώτα αν θα εμφανίζονται τα βάρη ή όχι, αλλά αυτή τη φορά έχοντας παραλείψει τις έννοιες των οποίων οι αρχικές και οι τελικές τιμές είναι μηδενικές (Εικόνες 3.29 & 3.30).



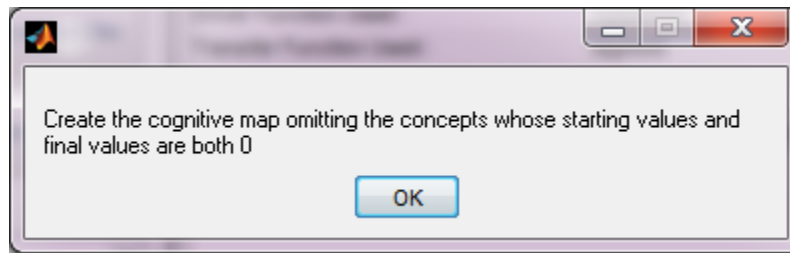
**Εικόνα 3.26** Γραφικές παραστάσεις των τιμών των εννοιών συναρτήσει των επαναλήψεων που έγιναν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.



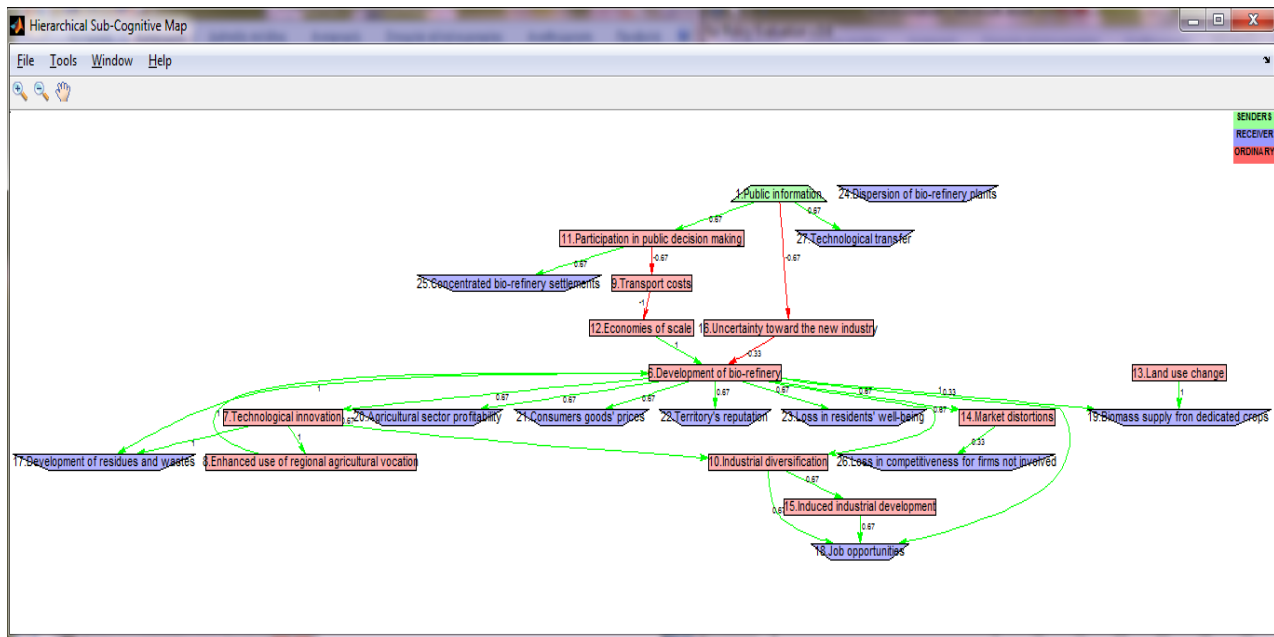
Εικόνα 3.27 Γραφική αναπαράσταση μιας τυχαίας πεντάδας εννοιών.



Εικόνα 3.28 Ιστορικό προσομοιώσεων και διάφορες επιλογές.



Εικόνα 3.29 Πρόσθετη βοήθεια που εξηγεί τη λειτουργία του «Createsubgraph».

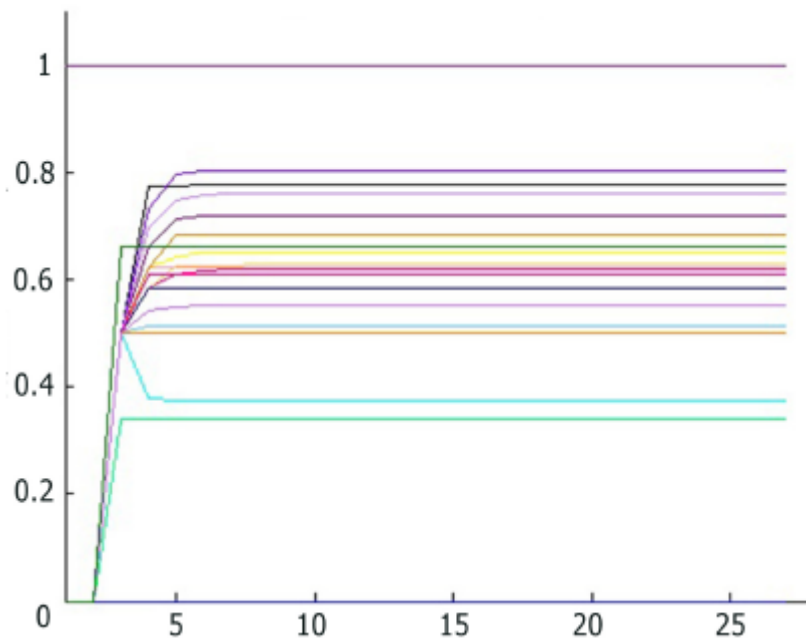


Εικόνα 3.30 Παρουσίαση του Γνωστικού Χάρτη παραλείποντας τις έννοιες με μηδενικές αρχικές και τελικές τιμές.

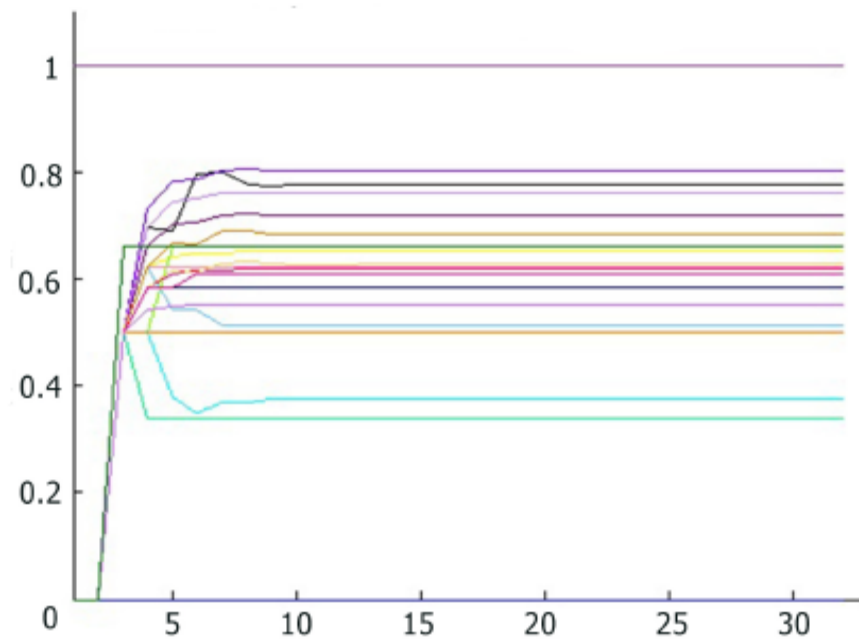
### 3.1.1 Ανάλυση χρονικών καθυστερήσεων (time lags)

Όσον αφορά τις χρονικές καθυστερήσεις, στις οποίες αναφερθήκαμε παραπάνω, μέχρι στιγμής δεν τις έχουμε λάβει υπόψη στους υπολογισμούς μας καθώς τις θεωρήσαμε ίσες με μονάδα προκειμένου να εφαρμοστεί η κλασική συνάρτηση ενεργοποίησης. Προκειμένου να αναδείξουμε τη λειτουργία και τη χρησιμότητα των χρονικών καθυστερήσεων, εκτελέσαμε προσομοιώσεις δίνοντας τιμές λίγο μεγαλύτερες της μονάδας για το ίδιο παράδειγμα των Lorolito et al. (2011). Χωρίς τις χρονικές καθυστερήσεις οι γραφικές παραστάσεις φαίνονται στην Εικόνα 3.31 όπως είχαμε δείξει και παραπάνω. Ο κατακόρυφος άξονας αναφέρεται στις κανονικοποιημένες τιμές των εννοιών και ο οριζόντιος άξονας στον αριθμό των επαναλήψεων. Ύστερα, στην Εικόνα 3.32 φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις έχοντας αυτή τη φορά τις χρονικές καθυστερήσεις. Συγκρίνοντας τις δύο περιπτώσεις, οι αλλαγές στις τιμές

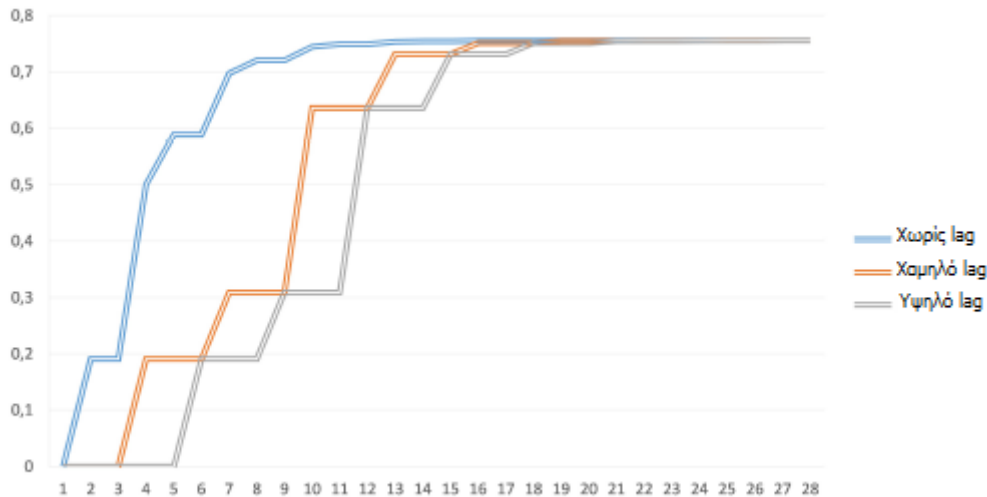
των εννοιών φαίνεται να καθυστερούν ελαφρώς όταν σε ορισμένες διασυνδέσεις εισάγεται πολύ μικρός χρόνος υστέρησης, σε σχέση με το πρότυπο χωρίς χρονικές καθυστερήσεις.



**Εικόνα 3.31** Τιμές των εννοιών συναρτήσει των επαναλήψεων χωρίς χρονικές καθυστερήσεις.



**Εικόνα 3.32** Τιμές των εννοιών συναρτήσει των επαναλήψεων με εισαγωγή χρονικών καθυστερήσεων.



**Εικόνα 3.33** Τιμές εννοιών με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης ως συνάρτηση κατωφλίου για τρεις περιπτώσεις χρονικών καθυστερήσεων: χωρίς time lags, με χαμηλές τιμές time lags, με ελαφρώς υψηλότερες τιμές time lags.

Μέχρι τώρα χρησιμοποιήθηκε η σιγμοειδής (sigmoid) συνάρτηση ως συνάρτηση κατωφλίου. Για περισσότερη κατανόηση και πιο λεπτομερή εξέταση των επιδράσεων των χρονικών καθυστερήσεων, προσομοιώσαμε το ίδιο μοντέλο χρησιμοποιώντας όμως την υπερβολική εφαπτομένη (hyperbolic tangent) ως συνάρτηση κατωφλίου. Αυτή τη φορά ωστόσο εξετάσαμε τρεις περιπτώσεις: η πρώτη χωρίς χρονικές καθυστερήσεις, η δεύτερη εισάγοντας μικρές χρονικές καθυστερήσεις (λίγο μεγαλύτερες της μονάδας, και η τρίτη με χρονικές καθυστερήσεις ελαφρώς πιο αυξημένες σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση. Στην Εικόνα 3.33 βλέπουμε τις τρεις προαναφερθείσες περιπτώσεις. Παρατηρώντας τις δύο τελευταίες περιπτώσεις, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι χρονικές καθυστερήσεις δεν μεταβάλλουν τις τιμές της τελικής κατάστασης όπως αυτή παράγεται και από την πρώτη περίπτωση χωρίς τη χρήση των χρονικών υστερήσεων, αλλά παρόλα αυτά προσφέρουν μια νέα εικόνα για το πόσο γρήγορα οι αλλαγές στις τιμές των εννοιών λαμβάνουν χώρα.

Η τελική κατάσταση εξαρτάται αποκλειστικά από τη δομή του Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη, συμπεριλαμβανομένων των εννοιών του, των διασυνδέσεων και των βαρών, καθώς επίσης και των αρχικών τιμών των εξεταζόμενων πομπών (πολιτικών). Σαν αποτέλεσμα, η εισαγωγή χρονικών καθυστερήσεων με τον προτεινόμενο τρόπο δεν μπορεί να αλλάξει τα αποτελέσματα, εκτός και αν κάποια καθυστέρηση γίνεται αντιληπτή ως τόσο παρατεταμένη που οι επιπτώσεις της αντίστοιχης αιτιώδους σχέσης δεν παρατηρούνται πριν συγκλίνει το σύστημα. Αυτό αποτελεί ένα αρνητικό χαρακτηριστικό της προτεινόμενης προσέγγισης καθώς θα μπορούσε δυνητικά να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα, τα οποία όμως μπορούν εύκολα να αντιμετωπιστούν είτε με τη σύγκρισή τους με το αντίστοιχο μοντέλο

χωρίς την εισαγωγή των χρονικών υστερήσεων είτε με τη θέσπιση αυστηρότερων κριτηρίων σύγκλισης, όπως, για παράδειγμα, απαιτώντας μηδενικές αριθμητικές αλλαγές στην τελική κατάσταση για έναν αριθμό επαναλήψεων ίσο με τη μεγαλύτερη συμπεριλαμβανομένη χρονική καθυστέρηση.

Όπως ήταν αναμενόμενο, η παρατηρούμενη καθυστέρηση είχε αντίκτυπο στη σύγκλιση: χρησιμοποιώντας τη σιγμοειδή συνάρτηση κατωφλίου και εισάγοντας χαμηλή χρονική υστέρηση είχε ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση στη σύγκλιση με πέντε επαναλήψεις, ενώ με τη χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης εισάγοντας είτε χαμηλή χρονική υστέρηση είτε ελαφρώς υψηλότερη είχε ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση στη σύγκλιση με τέσσερις και έξι επαναλήψεις αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι οι επαναλήψεις σε μια προσομοίωση Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη και σε πραγματικό χρόνο δεν μπορούν να ταυτιστούν, και τα αποτελέσματα δεν πρέπει να μεταφραστούν κατευθείαν σε χρόνο. Αυτό, όμως, μπορεί να ξεπεραστεί εν μέρει όταν οι αιτιώδεις σχέσεις έχουν σημασία στην ίδια κλίμακα χρόνου, όπως πρότεινε ο Kok (2009). Με τον ίδιο τρόπο, τα αποτελέσματα του ΑΓΧ δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως εκτιμήσεις πραγματικής αξίας (Papageorgiou & Kontogianni, 2012; Biloslavo & Dolinsek, 2010) αλλά να παρέχουν μια ποιοτική εικόνα για την αποτελεσματικότητα μιας σειράς στρατηγικών, το ποσοστό της αιτιώδους διάδοσης και τελικά τη σύγκλιση που μπορεί να παρέχει μια ποσοτική εικόνα για το ρυθμό της μετάβασης, χωρίς απαραίτητα να μεταφράζεται κάθε βήμα της προσομοίωσης σε μονάδα χρόνου.

Λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη περιορισμού της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας εντός ενός αυστηρά καθορισμένου χρονικού πλαισίου προκειμένου να αποφευχθούν οι πιο σημαντικές και μη αναστρέψιμες επιπτώσεις, η εισαγωγή της έννοιας των χρονικών καθυστερήσεων είναι υψίστης σημασίας από την οπτική της πολιτικής μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.



# 4 *Μελέτη Περίπτωσης*

## ***4.1 Ενεργειακή αναβάθμιση του ελληνικού κτιριακού τομέα***

Προκείμενου να γίνουν πιο κατανοητά η χρησιμότητα και τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες στην ανάλυση και επίλυση προβλημάτων, στην παρούσα εργασία επιλέξαμε ένα θέμα το οποίο διερευνήσαμε εκτελώντας τη διαδικασία που ήδη παρουσιάσαμε για τους ΑΓΧ. Επίσης, στο χάρτη που δημιουργήθηκε για το επιλεγόμενο θέμα εφαρμόσαμε και σενάρια προκείμενου να δείξουμε πόσο χρήσιμη είναι η σχεδίαση σεναρίων για την ανάπτυξη στρατηγικών, καθώς βοηθάει να προβλέψουμε κατά κάποιο τρόπο το μέλλον κάνοντας υποθέσεις με αποτέλεσμα να κάνουμε καλύτερες επιλογές. Βέβαια δημιουργώντας σενάρια δεν μπορούν να αποφευχθούν διάφορα επακόλουθα που μπορεί να επηρεάσουν το συστήμα μας, οπότε οφείλουμε να τα λαβουμε υπόψη μας στα αποτελέσματά μας.

Επιλέξαμε ένα επίκαιρο πρόβλημα από το πεδίο του ενδιαφέροντος μας και, συγκεκριμένα, για την εξοικονόμηση της ενέργειας με απώτερο σκοπό την μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα προς μετρίαση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Εστίασαμε σε έναν πολύ σημαντικό τομέα, τα κτίρια, για τα οποία είναι επιτακτική ανάγκη, μαζί με άλλους τομείς όπως μεταφορές, γεωργία, απόβλητα, χρήση της γης και δασοκομία, να ληφθούν ενεργειακά μέτρα προκειμένου να ακολουθήσουμε τα ευρωπαϊκά πρότυπα και να επιτύχουμε τους προγραμματιζόμενους στόχους από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τη μείωση των εκπομπών. Συνεπώς, στόχος μας είναι να εντοπίσουμε μια σειρά πολιτικών οι οποίες εάν εφαρμοστούν θα μας δώσουν το βέλτιστο αποτέλεσμα για τον τελικό σκοπό μας, με γνώμονα

βεβαίως έναν συγκεκριμένο προϋπολογισμό που θεωρούμε ότι διαθέτουμε, ώστε να είναι ρεαλιστικό το αποτέλεσμα.

#### 4.1.1 Διαδικασία σχεδιασμού του χάρτη για τη μελέτη περίπτωσης

Ξεκινώντας, από το Εθνικό Σχέδιο Δράσης και Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΔΕΑ, 2014) αντλήσαμε όσες πολιτικές αφορούν την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και τις παρουσιάσαμε σε επτά (ένας καθηγητής και έξι υποψήφιοι διδάκτορες) εμπειρογνώμονες σε περιβαλλοντικά ζητήματα και τους ζητήσαμε να προτείνουν και άλλες σημαντικές και ωφέλιμες πολιτικές που μπορεί να απουσιάζουν από το σχέδιο αυτό. Ύστερα καλούνταν να προτείνουν συνολικά 15 πολιτικές από το σύνολο του ΣΔΕΑ και των υπολοίπων. Έτσι, από τις απαντήσεις τους επιλέχθηκαν 9 που θεωρήθηκαν πιο σημαντικές και κοστολογήθηκαν. Για τα μέτρα που προέρχονταν από το ΣΔΕΑ οι προϋπολογισμοί που απαιτούνται ήταν διαθέσιμοι στην αντίστοιχη δημοσίευση, ενώ για τα υπόλοιπα συνέβαλλαν οι εμπειρογνώμονες προκειμένου να εκτιμηθεί το κόστος τους. Στον Πίνακα 4.1 φαίνονται οι πολιτικές που θα χρησιμοποιήσουμε τελικά στην ανάλυσή μας. Η κοστολόγησή τους παρουσιάζεται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

**Πίνακας 4.1** Το σύνολο των πολιτικών που επιλέχθηκαν.

Πολιτικές
1.Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων
2.Ανάπτυξη δικτύων Τηλεθέρμανσης
3.Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης «έξυπνων» μετρητών
4.Επιδότησεις για την κατασκευή NZEB
5.Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή
6.Χρηματοδότηση για E & A (Ερευνα και Ανάπτυξη) στην εξοικονόμηση ενέργειας
7.«Εξοικονομώ κατ' οίκον»
8.FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά κτίρια
9.Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια

Στη συνέχεια, ζητήσαμε από τους εμπειρογνώμονες, σε ένα κλειστό workshop, να μας βοηθήσουν να σχεδιάσουμε τον τελικό Ασαφή Γνωστικό Χάρτη που θα οδηγήσει στον τελικό στόχο της μείωσης εκπομπών, έχοντας ως δεδομένα τα εξής:

- Τις 9 πολιτικές, που αναφέραμε.

- 4 εισόδους σεναρίου, που αφορούν αβεβαιότητες και εξωγενή ρίσκα, τα οποία συνδιαμορφώνουν διαφορετικά σενάρια μελλοντικής εξέλιξης και θα χρησιμοποιηθούν όταν θα έρθει η στιγμή να προσομοιώσουμε διάφορα σενάρια που θα δημιουργήσουμε για τη μελέτη περίπτωσης που έχουμε. Ως αβεβαιότητα μπορούμε να ορίσουμε οποιαδήποτε έλλειψη γνώσης (ή συμφωνίας) σχετικά με τις πιθανές εκβάσεις μίας κατάστασης καθώς και τις πιθανότητες αυτές να πραγματοποιηθούν. Ως εξωγενή ρίσκα ορίζονται αυτά που υφίστανται λόγω συνθηκών και δεν επηρεάζονται από τις πολιτικές, αλλά επηρεάζουν τις πολιτικές. Στο παράδειγμα μας, ως αβεβαιότητες έχουν τεθεί i) η οικονομική ανάπτυξη, ii) η κατανάλωση της ενέργειας και iii) η αντίληψη της αστάθειας του πολιτικού πλαισίου, ενώ ως εξωγενές ρίσκο έχει τεθεί η κατάρρευση της αγοράς των ακινήτων.
  
- Τον τελικό στόχο (Μείωση εκπομπών)

Έτσι, αναγνωρίστηκαν από τους εμπειρογνώμονες:

- 14 έννοιες και οι μεταξύ τους διασυνδέσεις, που σχετίζονται με το πρόβλημα που διερευνούμε και επηρεάζουν είτε έμμεσα είτε άμεσα τον τελικό στόχο, επηρεαζόμενες από τις εισόδους σεναρίων και τις στρατηγικές που θα εφαρμοστούν, και είναι οι εξής:
  - ✓ Διάχυση Φ/Β στα κτίρια
  - ✓ Αναβάθμιση υπαρχόντων κτιρίων
  - ✓ Ανησυχία για το περιβάλλον
  - ✓ Ανάγκη για πράσινη ενέργεια
  - ✓ Ελκυστικότητα των ΑΠΕ
  - ✓ Εξάντληση ορυκτών καυσίμων
  - ✓ Εξοικονόμηση ενέργειας
  - ✓ Ευαισθητοποίηση για τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια
  - ✓ Κατασκευή νέων ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων
  - ✓ Κοινωνική αποδοχή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
  - ✓ Κόστη ενεργειακής εξοικονόμησης για τους πολίτες
  - ✓ Μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας
  - ✓ Κοινωνική συμμόρφωση
  - ✓ Συνολική αλλαγή συνηθειών
  
- 2 επακόλουθα ρίσκα, δηλαδή ρίσκα που υφίστανται λόγω πολιτικών και επηρεάζουν άλλους παράγοντες και τα οποία είναι ανεπιθύμητες παρενέργειες που ενδέχεται να

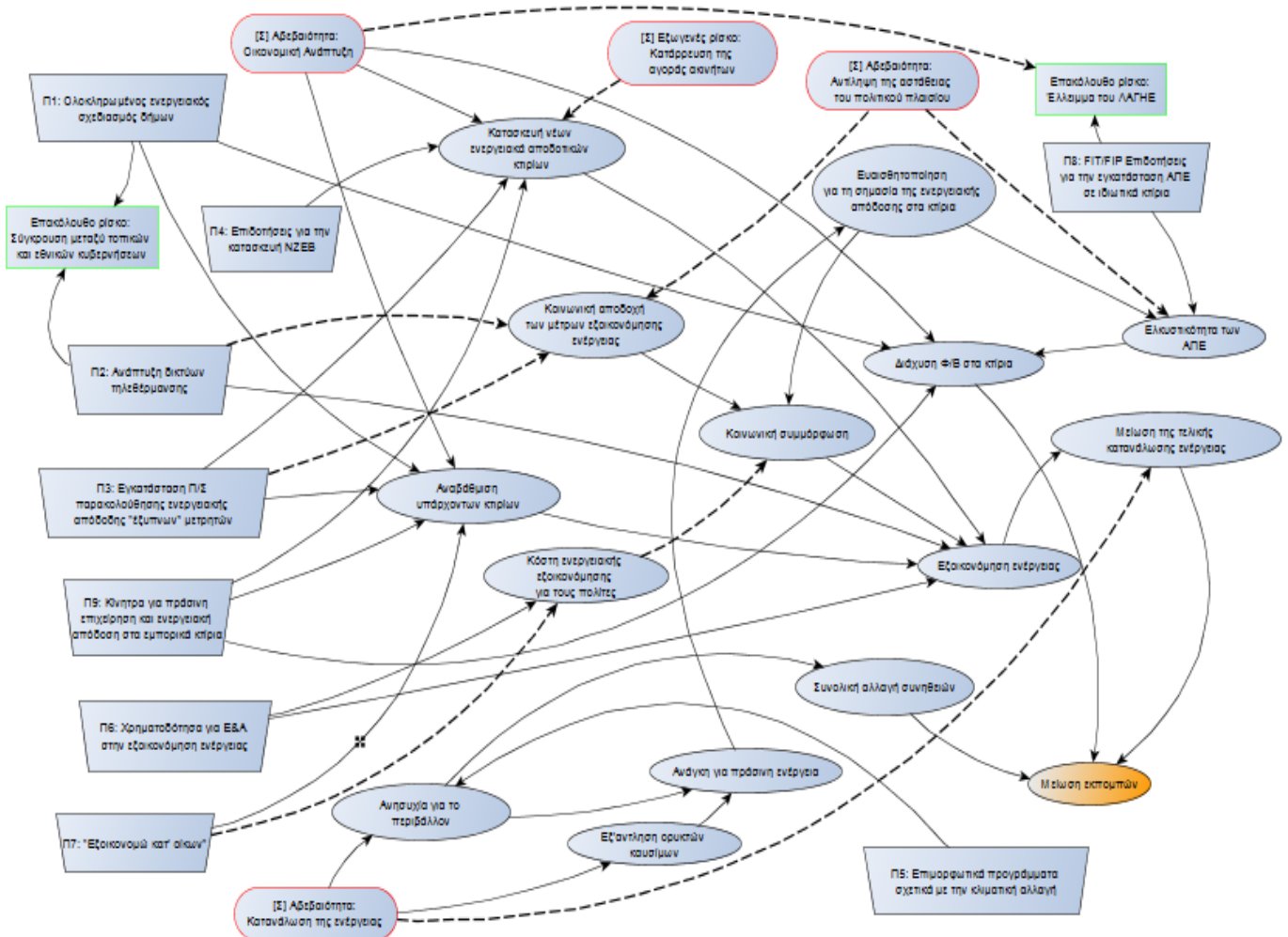
δημιουργηθούν μαζί με την επίτευξη του στόχου μας, Εδώ επακόλουθα ρίσκα ορίστηκαν i) η σύγκρουση μέσω τοπικών και εθνικών κυβερνήσεων και ii) το έλλειμμα του ΛΑΓΗΕ.

Στον Πίνακα 4.2 φαίνονται αναλυτικά όλες οι έννοιες που περιλαμβάνονται στο χάρτη, αναλυτικά ανά κατηγορία. Τελικά προέκυψε ο χάρτης ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την περαιτέρω ανάλυσή μας και φαίνεται στην Εικόνα 4.1.

**Πίνακας 4.2** Παρουσίαση ανά κατηγορία των εννοιών που συντάσσουν τον Ασαφή Γνωστικό Χάρτη.

Κατηγορία	Έννοιες
1	Πολιτική Π1: Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων
2	Πολιτική Π2: Ανάπτυξη δικτύων τηλεθέρμανσης
3	Πολιτική Π3: Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης "έξυπνων" μετρητών
4	Πολιτική Π4: Επιδοτήσεις για την κατασκευή NZEB
5	Πολιτική Π5: Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή
6	Πολιτική Π6: Χρηματοδότηση για E&A στην εξοικονόμηση ενέργειας
7	Πολιτική Π7: «Εξοικονομώ κατ' οίκον»
8	Πολιτική Π8: FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά κτίρια
9	Πολιτική Π9: Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια
10	Είσοδος σεναρίου [Σ] Αβεβαιότητα: Οικονομική Ανάπτυξη
11	Είσοδος σεναρίου [Σ] Εξωγενές ρίσκο: Κατάρρευση της αγοράς ακινήτων
12	Είσοδος σεναρίου [Σ] Αβεβαιότητα: Αντίληψη της αστάθειας του πολιτικού πλαισίου
13	Είσοδος σεναρίου [Σ] Αβεβαιότητα: Κατανάλωση της ενέργειας
14	Άλλη μεταβλητή Επακόλουθο ρίσκο: Σύγκρουση μεταξύ τοπικών και εθνικών κυβερνήσεων
15	Άλλη μεταβλητή Επακόλουθο ρίσκο: Έλλειμμα του ΛΑΓΗΕ
16	Άλλη μεταβλητή Διάχυση Φ/Β στα κτίρια
17	Άλλη μεταβλητή Αναβάθμιση υπαρχόντων κτιρίων
18	Άλλη μεταβλητή Ανησυχία για το περιβάλλον
19	Άλλη μεταβλητή Ανάγκη για πράσινη ενέργεια
20	Άλλη μεταβλητή Ελκυστικότητα των ΑΠΕ
21	Άλλη μεταβλητή Εξάντληση ορυκτών καυσίμων
22	Άλλη μεταβλητή Εξοικονόμηση ενέργειας
23	Άλλη μεταβλητή Ευαισθητοποίηση για τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια

Κατηγορία	Έννοιες	
24	Άλλη μεταβλητή	Κατασκευή νέων ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων
25	Άλλη μεταβλητή	Κοινωνική αποδοχή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
26	Άλλη μεταβλητή	Κόστη ενεργειακής εξοικονόμησης για τους πολίτες
27	Άλλη μεταβλητή	Μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας
28	Άλλη μεταβλητή	Κοινωνική συμμόρφωση
29	Άλλη μεταβλητή	Συνολική αλλαγή συνηθειών
30	Σκοπός	Μείωση εκπομπών



Εικόνα 4.1 Ασαφής Γνωστικός Χάρτης για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων.

#### 4.1.2 Επιλογή των βαρών που αντιστοιχούν στις έννοιες του Χάρτη

Για να ολοκληρωθεί πλέον η διαδικασία χρειάζεται η εκτίμηση των βαρών στις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των εννοιών. Ύστερα από εξατομικευμένες τιμές που πήραμε από τους εμπειρογνώμονες για τα βάρη κάθε σχέσης, υπολογίσαμε το μέσο όρο για καθεμία και έτσι προέκυψε ο πίνακας βαρών όπως φαίνεται στους Πίνακες 4.3 και 4.4. Στον κατακόρυφο άξονα οι έννοιες εκφράζουν την «αιτία», δηλαδή από που ξεκινάει το βέλος της διασύνδεσης, ενώ στον οριζόντιο άξονα εκφράζουν το «αποτέλεσμα», δηλαδή που καταλήγει το βέλος διασύνδεσης. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι στον οριζόντιο άξονα δεν έχουν συμπεριληφθεί οι έννοιες που είναι πομποί (πολιτικές και εισοδοί σεναρίων) αφού, όπως είναι αναμενόμενο, δεν δέχονται επίδραση από κάποια άλλη έννοια και παραμένουν σταθεροί ανεξάρτητα από τις αλλαγές που γίνονται στο σύστημα. Θα δούμε παρακάτω ότι το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό όταν έρθει η στιγμή να εκτελεστεί η προσομοίωση.

**Πίνακας 4.3** Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη.

Έννοιες	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0,167		0,176	0,689					
2	0,216								0,493
3				0,107					
4									
5					0,644				
6									0,097
7				0,914					
8		0,197					0,611		
9			0,191	0,763					
10		-0,079	0,034	0,241					
11									
12							-0,314		
13					0,102			0,341	
14									
15									
16									
17									0,777
18						0,682			
19									
20			0,247						
21						0,411			
22									
23							0,111		
24									0,394
25									
26									

Έννοιες	14	15	16	17	18	19	20	21	22
27									
28									0,119
29									
30									

**Πίνακας 4.4** Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη (Συνέχεια).

Έννοιες	23	24	25	26	27	28	29	30
1								
2			-0,315					
3		0,027	-0,144					
4		0,884						
5								
6				0,118				
7				-0,443				
8								
9		0,131						
10		0,331						
11		-0,784						
12			-0,149					
13					-0,24			
14								
15								
16								0,319
17								
18							0,317	
19	0,477							
20								
21								
22					0,881			
23						0,467		
24								
25						0,217		
26						-0,389		
27								0,661
28								
29								0,063
30								

Η περαιτέρω ανάλυση του χάρτη θα γίνει με τη συνδρομή ενός εργαλείου ESQAPE, το οποίο παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Με τη βοήθεια αυτού του εργαλείου θα μπορέσουμε να υπολογίσουμε βασικούς δείκτες (κεντρικότητα, πολυπλοκότητα κλπ) και να εκτελέσουμε γρήγορα προσομοιώσεις για κάθε σενάριο και στρατηγική που έχουμε επιλέξει.

Αλλά προηγείται η ανάλυση των στρατηγικών, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί από τον συνδυασμό των πολιτικών που αναφέραμε παραπάνω (η δημιουργία αυτών των στρατηγικών έγκειται σε μια καινοτομία της προσέγγισης μας όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω), και η περιγραφή των σεναρίων, τα οποία έχουν υποτεθεί για να βοηθήσουν στην ανάλυση του δικτύου μας. Αλλά σε πρώτο στάδιο θα παρουσιάσουμε καθεμιά από τις εννέα πολιτικές του χάρτη, καθώς και τον προϋπολογισμό που απαιτεί έκαστη για να υλοποιηθεί, και ύστερα, θα ακολουθήσουν τα υπόλοιπα.

## **4.2 Παρουσίαση των Πολιτικών**

Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, επιλέξαμε ένα σύνολο πολιτικών που μπορούν να εφαρμοστούν προκειμένου να διερευνηθεί το εξεταζόμενο πρόβλημα. Σε καθεμία έχει γίνει ένας προσεγγιστικός προϋπολογισμός του κόστους σε περίπτωση που τεθούν σε εφαρμογή. Οι αναφερόμενες πολιτικές οι οποίες αντλήθηκαν από το ΣΔΕΑ (2014) είναι οι εξής:

### **4.2.1 Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων**

Περιλαμβάνει επιμέρους πολιτικές οι οποίες είναι:

#### *1. Βιοκλιματικές Αναβαθμίσεις Δημόσιων Ανοικτών Χώρων*

Το πρόγραμμα αυτό αφορά την υλοποίηση βιοκλιματικών επεμβάσεων σε περιοχές που παρουσιάζουν σημαντικό κλιματικό πρόβλημα και έχει ως κεντρικούς στόχους την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής, την επιβράδυνση και τελικώς την αναστροφή της αστικής κλιματικής μεταβολής και τη βελτίωση των οικονομικών και κοινωνικών παραμέτρων που σχετίζονται με αυτή. Επιλέξιμα είναι έργα που επιτυγχάνουν συγκεκριμένους κλιματικούς στόχους και διαθέτουν πλήρως ώριμες μελέτες.

Ενδεικτικές επιλέξιμες κατηγορίες παρεμβάσεων είναι:

- ✓ Η αύξηση των μαλακών υδατοπερατών επιφανειών και η μείωση των σκληρών βατών επιφανειών εδαφοκάλυψης
- ✓ Η αντικατάσταση των σκληρών συμβατικών υλικών με άλλα, τα οποία έχουν χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος και με φωτοκαταλυτικά υλικά που περιορίζουν τους ρύπους.
- ✓ Η αύξηση των σκιαζόμενων επιφανειών κατά τη θερινή περίοδο.
- ✓ Η αύξηση των ηλιαζόμενων επιφανειών κατά τη χειμερινή περίοδο
- ✓ Η αύξηση της έκτασης του πράσινου
- ✓ Η αξιοποίηση και χρήση θερμικών καταβόθρων



- ✓ Η ενσωμάτωση/κατασκευή εύλογης επιφάνειας φωτοβολταϊκών σε πεζοδρόμια, πέργκολες και σκιάδια

Ο προϋπολογισμός του προγράμματος αυτού ανέρχεται στα 60 εκατ. €.

## 2. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσια κτίρια

Μέσω του προγράμματος «**Πρότυπα Επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) ή και Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ) σε δημόσια κτίρια**» θα επιδοτηθούν έργα παραγωγής θερμικής ή/και ψυκτικής ενέργειας από ΑΠΕ και έργα εξοικονόμησης ενέργειας προκειμένου να περιοριστούν οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης.

Οι στόχοι του προγράμματος περιλαμβάνουν την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα, την ενθάρρυνση και διάδοση της χρήσης ΑΠΕ μέσα από πρότυπα επιδεικτικά έργα, τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς και τη μείωση εκπομπών των αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή. Οι δράσεις που χρηματοδοτούνται περιλαμβάνουν:

- ✓ Προσθήκη θερμομόνωσης
- ✓ Αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων
- ✓ Παθητικά ηλιακά συστήματα
- ✓ Συστήματα φυσικού φωτισμού και αερισμού, εξωτερικά συστήματα ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων του κτιρίου
- ✓ Συστήματα μηχανικού δροσισμού – αερισμού
- ✓ Φύτευση δώματος εκτατικού τύπου
- ✓ Αντικατάσταση συστήματος καυστήρα/λέβητα με σύστημα που κάνει χρήση ΑΠΕ, ή φυσικού αερίου, ή υγραερίου
- ✓ Αντικατάσταση παλαιού συστήματος κλιματισμού με νέο κεντρικό σύστημα υψηλής απόδοσης
- ✓ Παρεμβάσεις που αφορούν σε σύστημα αντιστάθμισης στον καυστήρα/λέβητα σε συνδυασμό με μόνωση σωληνώσεων
- ✓ Εγκατάσταση συστημάτων μέτρησης, καταγραφής και παρακολούθησης δεδομένων των ενεργειακών συστημάτων των κτιρίων

Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 40 εκατ. €.

### 3. Επεμβάσεις βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης σε σχολικά κτίρια

Μέσω του προγράμματος «**Επιδεικτικά Βιοκλιματικά Σχολεία**» προωθούνται επεμβάσεις βιοκλιματικού σχεδιασμού σε νέα ή υπό ανέγερση σχολεία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι δράσεις που χρηματοδοτούνται περιλαμβάνουν:

- ✓ Την κατασκευή σχολικών κτιρίων έχοντας ενσωματώσει πλήρως τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού
- ✓ Την προμήθεια και τη εγκατάσταση παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, υβριδικών συστημάτων και συστημάτων ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένου συστημάτων φυσικού φωτισμού και αερισμού, ηλιακών καμινάδων, συστημάτων ηλιοπροστασίας και σκίασης και φυτεμένων δωματίων
- ✓ Διάφορα υποστηρικτικά συστήματα και συνδέσεις δικτύου συμπεριλαμβανομένου συστημάτων μέτρησης, καταγραφής και παρακολούθησης δεδομένων των ενεργειακών συστημάτων των κτιρίων και συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης λειτουργίας των Η/Μ εγκαταστάσεων
- ✓ Μελέτες και λοιπές δράσεις

Μέσω του προγράμματος «**Πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης ΑΠΕ ή/και ΕΞΕ σε υφιστάμενα δημόσια σχολικά κτίρια πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης**» δρομολογούνται έργα σε υφιστάμενα σχολικά κτίρια της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με στόχο την αύξηση της θερμικής ή/και ψυκτικής ενέργειας από ΑΠΕ και την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του περιορισμού των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης. Οι δράσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την ορθολογική διαχείριση της ενέργειας που χρηματοδοτούνται περιλαμβάνουν:

- ✓ Προσθήκη θερμομόνωσης κελύφους, σκιάστρων, συστημάτων ηλιοπροστασίας και άλλων στοιχείων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους
- ✓ Χρήση ειδικών επιχρισμάτων –ψυχρών υλικών- σε δώματα
- ✓ Αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων με νέα πιστοποιημένα, υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- ✓ Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης
- ✓ Συστήματα φυσικού και τεχνητού φωτισμού
- ✓ Συστήματα και τεχνικές φυσικού ή/και υβριδικού αερισμού και δροσισμού
- ✓ Φυτεύσεις δωματίων
- ✓ Βιοκλιματικές παρεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο

- ✓ Αναβάθμιση και τροποποίηση υφισταμένων εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης ή/και κλιματισμού, χώρων και εγκαταστάσεων Ζεστό Νερό Χρήσης
- ✓ Συνδέσεις με το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου

Ο προϋπολογισμός του προγράμματος «Επιδεικτικά Βιοκλιματικά Σχολεία» ανέρχεται στα 25 εκατ. €. Ο προϋπολογισμός του προγράμματος «Πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης ΑΠΕ ή/και ΕΞΕ σε υφιστάμενα δημόσια σχολικά κτίρια πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης» ανέρχεται στα 40 εκατ. €.

#### *4. Πράσινα δώματα σε δημόσια κτίρια*

Το πρόγραμμα αυτό στοχεύει στη βελτίωση των θερμικών, οπτικών και περιβαλλοντικών συνθηκών των χρηστών των δημόσιων κτιρίων, τη γνωριμία των πολιτών με τις τεχνικές, τα προτερήματα και τα χαρακτηριστικά των πράσινων δωματίων, τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας και της έκλυσης των αερίων του θερμοκηπίου και, ως εκ τούτου, τη συμβολή στην επιβράδυνση και στην αναστροφή της κλιματικής μεταβολής.

Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 20 εκατ. €.

#### *5. Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός ΟΤΑ και Σύμφωνο των Δημάρχων.*

Αντικείμενο του προγράμματος «**ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ**» αποτελεί η εφαρμογή δράσεων και αποδεδειγμένων καλών πρακτικών για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στο αστικό περιβάλλον, με έμφαση στον κτιριακό τομέα και την αναβάθμιση των κοινόχρηστων χώρων και δευτερευόντως στον τομέα των δημοτικών και ιδιωτικών μεταφορών και στις ενεργοβόρες δημοτικές εγκαταστάσεις, μέσω της υλοποίησης τεχνικών παρεμβάσεων και δράσεων ευαισθητοποίησης και κινητοποίησης πολιτών, τοπικής αυτοδιοίκησης, εταιρειών και φορέων.

Με το πρόγραμμα «**ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ II**» χρηματοδοτείται η υλοποίηση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα δημοτικά κτίρια και υποδομές των ΟΤΑ Α' Βαθμού, συμπεριλαμβανομένων των ανοικτών κτιριακών υποδομών (κολυμβητικών δεξαμενών, αθλητικών εγκαταστάσεων κτλ). Δεν δύνανται να χρηματοδοτηθούν έργα Δήμων ή Δημοτικών Ενοτήτων (πρώην Καποδιστριακοί Δήμοι) που επιχορηγούνται από το Πρόγραμμα «**ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ**».

Στο πλαίσιο του προγράμματος «Πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε νέα, υπό ανέγερση ή υφιστάμενα κτίρια, γυμναστήρια και κολυμβητήρια, των ΟΤΑ και των Δημοτικών Επιχειρήσεων των

ΟΤΑ» χρηματοδοτούνται πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε νέα υπό ανέγερση ή υφιστάμενα κτίρια, γυμναστήρια και κολυμβητήρια, των ΟΤΑ και των Δημοτικών Επιχειρήσεων των ΟΤΑ.

Παράλληλα, υποστηρίζεται και προωθείται τόσο σε κεντρικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο η συμμετοχή ελληνικών δήμων στην ευρωπαϊκή πρωτοβουλία «**Σύμφωνο των Δημάρχων**» που έχει ως στόχο τον ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό σε τοπικό επίπεδο και την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στόχων.

Στο πλαίσιο του προγράμματος «**ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ**» οι επιλεγμένες δράσεις ανά άξονα προτεραιότητας περιλαμβάνουν:

Άξονας 1: Παρεμβάσεις σε υφιστάμενα δημοτικά κτίρια

- Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους (εξωτερική θερμομόνωση, αντικατάσταση υαλοπινάκων και κουφωμάτων, φύτευση οροφών, σκιάστρα και ειδικά επιχρίσματα για ηλιοπροστασία)
- Ενεργειακή αναβάθμιση των Η.Μ εγκαταστάσεων θέρμανσης/ψύξης
- Αναβάθμιση του συστήματος φυσικού/τεχνητού φωτισμού
- Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης

Άξονας 2: Παρεμβάσεις σε κοινόχρηστους χώρους του αστικού περιβάλλοντος

- Ολοκληρωμένες παρεμβάσεις εξοικονόμησης και διαχείρισης ενέργειας στο δημοτικό φωτισμό
- Παρεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα για τη βελτίωση του μικροκλίματος και της ενεργειακής αποδοτικότητας σε αστικούς χώρους

Άξονας 3: Παρεμβάσεις στις αστικές μεταφορές

- Επεμβάσεις σε σχήματα δημοτικών στόλων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
- Μελέτες αστικής κινητικότητας
- Συγκοινωνιακές μελέτες

Άξονας 4: Παρεμβάσεις στις τεχνικές υποδομής των δήμων

Άξονας 5: Δράσεις διάδοσης, δικτύωσης και ενημέρωσης

Στο πλαίσιο του προγράμματος «**ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ II**» χρηματοδοτούνται οι ακόλουθες δράσεις:

- Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους, με προβλεπόμενες ενέργειες:
- Προσθήκη θερμομόνωσης (κελύφους, φέροντος οργανισμού, δώματος, στέγης, δαπέδου, τοιχοποιίας)
- Αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών, κουφωμάτων και υαλοπινάκων

- Χρήση ειδικών επιχρισμάτων («ψυχρών» υλικών) σε οροφές και όψεις
- Εγκατάσταση εξωτερικών σκιάστρων
- Φυσικός/Νυχτερινός Αερισμός
- Εγκατάσταση/ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων
- Ενεργειακή αναβάθμιση των Θ/Μ εγκαταστάσεων, με προβλεπόμενες ενέργειες
- Αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων αντιστάθμισης στον καυστήρα-λέβητα σε συνδυασμό με μόνωση σωληνώσεων
- Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού
- Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές - κινητήρες
- Μηχανικός αερισμός
- Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής
- Εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ για κάλυψη θερμικών φορτίων (θερμικά ηλιακά συστήματα, αβαθής γεωθερμία κλπ.)
- Αναβάθμιση του συστήματος φυσικού/τεχνητού φωτισμού
- Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με προβλεπόμενες ενέργειες:
- Συστήματα μετρήσεων, παρακολούθησης, καταγραφής, επεξεργασίας και προβολής επιτόπου και διαδικτυακώς - των λειτουργικών στοιχείων και αποτελεσμάτων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου, και ελέγχου (BEMS)
- Σύστημα παρουσίασης στοιχείων στο κοινό
- Παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης τεχνικών υποδομών/λοιπών εγκαταστάσεων των ΟΤΑ με προβλεπόμενες ενέργειες:
- Ενεργειακή αναβάθμιση ανοικτών αθλητικών χώρων
- Ενεργειακή αναβάθμιση βιολογικών καθαρισμών, αντλιοστασίων κτλ

Επίσης, δύνανται να χρηματοδοτηθεί η εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και η υλοποίηση δράσεων δημοσιότητας.

Στο πλαίσιο του προγράμματος «Πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε νέα, υπό ανέγερση ή υφιστάμενα κτίρια, γυμναστήρια και κολυμβητήρια, των ΟΤΑ και των Δημοτικών Επιχειρήσεων των ΟΤΑ» οι δράσεις που μπορούν να χρηματοδοτηθούν περιλαμβάνουν:

I) Την ολοκληρωμένη και πλήρη κατασκευή νέων βιοκλιματικών κτιρίων σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ

II) Δράσεις ΑΠΕ (Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, Κεντρικά ηλιοθερμικά συστήματα παραγωγής θερμού νερού, Συστήματα εκμετάλλευσης αβαθούς γεωθερμίας, Κατασκευή εγκατάστασης ταυτόχρονης παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας υψηλής αποδοτικότητας, Κατασκευή εγκατάστασης εκμετάλλευσης της παραγόμενης θερμικής ενέργειας από ΣΗΘΥΑ ή/και ΑΠΕ για παραγωγή ψύξης, Άλλα συστήματα εκμετάλλευσης

ΑΠΕ για παραγωγή θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, καθώς και αντλίες θερμότητας, Εγκαταστάσεις καύσης βιομάζας, Σύνδεση με Δημόσιο Δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού ή εγκαταστάσεων αποθήκευσης)

III) Δράσεις Ενεργειακής Αναβάθμισης και Δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε νέα υπό ανέγερση κτίρια. Ειδικότερα μπορούν να χρηματοδοτηθούν οι ακόλουθες δράσεις:

- Προσθήκη μόνωσης
- Αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων με νέα πιστοποιημένα, υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- Αντικατάσταση συστήματος καυστήρα/λέβητα/σωληνώσεων με σύστημα που επιτρέπει χρήση ΑΠΕ, φυσικού αερίου, υγραερίου
- Αντικατάσταση παλαιού συστήματος κλιματισμού κεντρικού ή διαιρούμενου με εγκατάσταση νέου κεντρικού συστήματος υψηλής απόδοσης
- Παρεμβάσεις που αφορούν σε σύστημα αντιστάθμισης στον καυστήρα/λέβητα σε συνδυασμό με μόνωση σωληνώσεων
- Αντικατάσταση υπαρχόντων (πλέον της 5ετίας) παλαιάς τεχνολογίας συστημάτων φωτοβολταϊκών εφαρμογών με νέα συστήματα με τεκμηριωμένη υψηλότερη ενεργειακή απόδοση
- Παθητικά ηλιακά συστήματα
- Ηλιακές καμινάδες
- Παθητικά συστήματα φυσικού και ενεργειακού τεχνητού φωτισμού
- Συστήματα και τεχνικές φυσικού και μηχανικού δροσισμού – αερισμού
- Εξωτερικά συστήματα ηλιοπροστασίας και σκίασης
- Φυτεύσεις δωματίων
- Συστήματα κλιματισμού κεντρικού ή διαιρούμενου υψηλής απόδοσης
- Εγκατάσταση συστημάτων μετρήσεων, παρακολούθησης, καταγραφής, επεξεργασίας και προβολής - επιτόπου και διαδικτυακώς- των λειτουργικών στοιχείων και αποτελεσμάτων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου, όπως ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας σε κτίρια (BEMS)
- Συνδέσεις με Δημόσιο Δίκτυο διανομής φυσικού αερίου και κατασκευή εσωτερικού δικτύου
- Άλλες πρωτοποριακής τεχνολογίας ενεργειακές επεμβάσεις μόνιμου χαρακτήρα που βελτιώνουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων

Αναφορικά με τη συμμετοχή στο «**Σύμφωνο των Δημάρχων**», 88 Δήμοι έχουν προς το παρόν υπογράψει και έχουν ενταχθεί σε αυτή την πρωτοβουλία, όπου και δεσμεύονται πλέον να επιτύχουν αποτελέσματα πέραν των στόχων της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέσω δράσεων υπέρ της ενεργειακής απόδοσης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Από

αυτούς του δήμους, 54 δήμοι έχουν ήδη προχωρήσει στην Απογραφή Εκπομπών Αναφοράς και έχουν υποβάλει το σχετικό τοπικό Σχέδιο Δράσης για Αειφόρο Ενέργεια-ΣΔΑΕ, όπου και προτείνονται:

- Συνολικά μέτρα μείωσης των εκπομπών σε Δημόσια Κτίρια, Υποδομές, Δημοτικό Φωτισμό, Μεταφορές
- Ενσωμάτωση ΑΠΕ σε επίπεδο Δήμου
- Δράσεις διάδοσης και ευαισθητοποίησης των κατοίκων ώστε να βελτιωθεί και η ενεργειακή απόδοση στον ιδιωτικό τομέα
- Δημιουργία νέων δομών εντός των ΟΤΑ ώστε να υλοποιείται, να παρακολουθείται και να καταγράφεται και η εφαρμογή των μέτρων του προγράμματος.

Για το πρόγραμμα «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ» ο συνολικός προϋπολογισμός ανέρχεται σε 100 εκατ. €. Αντίστοιχα για το πρόγραμμα «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ II» ο συνολικός προϋπολογισμός ανέρχεται σε 75 εκατ. €. Για το πρόγραμμα «Πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε νέα, υπό ανέγερση ή υφιστάμενα κτίρια, γυμναστήρια και κολυμβητήρια, των ΟΤΑ και των Δημοτικών Επιχειρήσεων των ΟΤΑ» ο συνολικός προϋπολογισμός ανέρχεται σε 25 εκατ. €.

#### 4.2.2 *Ανάπτυξη δικτύων Τηλεθέρμανσης*

Για την κατασκευή νέων ή τις επεκτάσεις υφιστάμενων δικτύων τηλεθέρμανσης προκηρύχθηκαν τα προγράμματα: «**Δίκτυα Τηλεθέρμανσης**» και «**Τηλεθέρμανση Φλώρινας**».

Το πρόγραμμα «**Δίκτυα Τηλεθέρμανσης**» απευθυνόταν σε Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου, Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης Α' και Β' βαθμού, Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης και Δημοτικές και διαδημοτικές Επιχειρήσεις Τηλεθέρμανσης με σκοπό την υποβολή προτάσεων προκειμένου να ενταχθούν και χρηματοδοτηθούν στο πλαίσιο του ΕΠΠΕΡΑΑ. Αντίστοιχα, το πρόγραμμα «**Τηλεθέρμανση Φλώρινας**» αφορούσε αποκλειστικά τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Φλώρινας.

Στόχος των δύο προγραμμάτων είναι η προώθηση της βιώσιμης περιφερειακής ανάπτυξης με την αξιοποίηση τοπικού ενεργειακού δυναμικού, η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η μείωση των εκπομπών των αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή.

Μέσω και των δυο προγραμμάτων δύνανται να χρηματοδοτηθούν οι ακόλουθες δράσεις:

- Αγωγοί Μεταφοράς – Δίκτυο Διανομής – Αντλιοστάσια και συνοδευτικές εγκαταστάσεις
- Προμήθεια και εγκατάσταση αντλητικών συγκροτημάτων, λεβήτων, εναλλακτών θερμότητας και θερμικών υποσταθμών

- Μετασκευές ΔΕΗ
- Συνδέσεις και Δίκτυα Κοινής Ωφελείας
- Δημοσιότητα
- Υπηρεσίες Τεχνικού Συμβουλίου
- Αρχαιολογικές και σωστικές εργασίες
- Απαλλοτριώσεις – Δουλείες – Αγορές Οικοπέδων
- Διέλευση αγωγών από δίκτυα του ΟΣΕ

Ο προϋπολογισμός του προγράμματος «Δίκτυα Τηλεθέρμανσης» είναι 50 εκατ. €, ενώ

Ο προϋπολογισμός του προγράμματος «Τηλεθέρμανση Φλώρινας» είναι 82 εκατ. €.

#### 4.2.3 «Εξοικονομώ κατ' οίκον»

Το πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον» συνίσταται στην παροχή οικονομικών κινήτρων για παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον οικιακό κτιριακό τομέα, με στόχο τη μείωση των ενεργειακών αναγκών.

Η πρόταση (συνδυασμός παρεμβάσεων) για ενεργειακή αναβάθμιση, που υποβάλλεται με την αίτηση, κα πρέπει να καλύπτει την ακόλουθη απαίτηση που αποτελεί τον ελάχιστο ενεργειακό στόχο του Προγράμματος: αναβάθμιση κατά μια τουλάχιστον ενεργειακή κατηγορία ή εναλλακτικά η ετησία εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας να είναι μεγαλύτερη από το 30% της κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς (kWh/m<sup>2</sup>).

Για τον έλεγχο της ικανοποίησης της ανωτέρω απαίτησης κα πρέπει τα υλικά και τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν για τις παρεμβάσεις να φέρουν ενεργειακή πιστοποίηση. Επιπλέον τα δομικά υλικά και τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, για τα οποία υφίσταται σχετική υποχρέωση από την κείμενη νομοθεσία, κα πρέπει να φέρουν σήμανση CE.

Οι επιλέξιμες κατηγορίες παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης είναι:

- Αντικατάσταση κουφωμάτων (πλαίσια/ υαλοπίνακες) και τοποθέτηση συστημάτων σκίασης.
- Τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κτιριακό κέλυφος συμπεριλαμβανομένου του δώματος/ στέγης και της πλοκής
- Αναβάθμιση συστήματος θέρμανσης και συστήματος παροχής ζεστού νερού χρήσης.

Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 584,2 εκατ. €. Επίσης, αν συμπεριλάβουμε και το κόστος υλοποιημένων ενεργειών για την εκστρατεία ενημέρωσης του Προγράμματος «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον» που εκτιμάται στα 752.111 €, ο συνολικός προϋπολογισμός του προγράμματος θα είναι 548.952.111 €.



#### 4.2.4 *Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια*

Περιλαμβάνονται τα εξής επιμέρους προγράμματα:

##### *1. Ενίσχυση μικρομεσαίων επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στους τομείς μεταποίησης, τουρισμού, εμπορίου – υπηρεσιών*

Το πρόγραμμα αυτό στοχεύει στην ενίσχυση υφιστάμενων, νέων και υπό σύσταση πολύ μικρών, μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων που θα υλοποιήσουν επενδύσεις προσανατολισμένες στην καινοτομία, το περιβάλλον και τις τεχνολογίες πληροφορικής. Στο πλαίσιο του προγράμματος είναι επιλέξιμες οι δαπάνες προμήθειας εξοπλισμού και εγκαταστάσεων προστασίας περιβάλλοντος και εξοικονόμησης ενέργειας. Ενδεικτικά δύνανται να χρηματοδοτηθούν:

- Κτιριακές εργασίες, ηλεκτρομηχανολογικές και ειδικές εγκαταστάσεις στους χώρους παραγωγής, αποθήκευσης, διάθεσης και διοίκησης των επιχειρήσεων που συνδέονται άμεσα είτε με εξοικονόμηση ενέργειας είτε με την προστασία του περιβάλλοντος:
- Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης με περιβαλλοντική μέριμνα
- Αντικατάσταση υαλοπινάκων ή/και πλαισίων με νέα υψηλής ενεργειακής απόδοσης που να πληρούν τις απαιτήσεις του Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων
- Θερμομόνωση κτιρίων
- Φυτεμένο δώμα
- Μόνωση δικτύων μεταφοράς συστημάτων θέρμανσης/ψύξης
- Αγορά – μεταφορά – εγκατάσταση εξοπλισμού, και συστημάτων για την προστασία του περιβάλλοντος:
- Εγκατάσταση συστήματος ΑΠΕ ή αντλιών θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ή/και θέρμανσης/ψύξης χώρων
- Αντικατάσταση παλαιού συστήματος καυστήρα/λέβητα με νέο υψηλής απόδοσης ή με σύστημα φυσικού αερίου
- Εξοπλισμός και εργασίες για μείωση κατανάλωσης νερού
- Εξοπλισμός και εργασίες για τη διαχείριση των υγρών & στερεών αποβλήτων
- Εξοπλισμός και εργασίες για τη μείωση αέριων ρύπων και όχλησης
- Εξοπλισμός και εργασίες για τον περιορισμό της ρύπανσης του εδάφους, υπεδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας
- Εξοπλισμός και εργασίες για την παραγωγή ενέργειας από φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, γεωθερμία κλπ) και αποθήκευση ενέργειας

- Εξοπλισμός και εργασίες αναβάθμισης της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος κλιματισμού
  - Εξοπλισμός και εργασίες για χρήση υβριδικού αερισμού με ανεμιστήρες οροφής
  - Εξοπλισμός και εργασίες για χρήση μηχανισμού αερισμού (freecooling)
  - Αντικατάσταση ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών συσκευών με νέες ενεργειακής σήμανσης A
  - Εγκατάσταση συστήματος ελέγχου επιπέδων φωτισμού με αισθητήρες παρουσίας
  - Εγκατάσταση εξωτερικών σκιάστρων
  - Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης
- Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 456 εκατ. €.

## *2. Μετεγκατάσταση επιχειρήσεων σε Β.Ε.ΠΕ. (Βιομηχανικές και Επιχειρηματικές Περιοχές) και Επιχειρηματικά Πάρκα*

Στόχος του προγράμματος αυτού είναι η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας μέσα από τη δημιουργία οικονομικών κλίμακας, για τις επιχειρήσεις που θα μετεγκατασταθούν δεδομένου ότι θα λειτουργούν σε οργανωμένους χώρους, καθώς και η αντιμετώπιση των οχλήσεων που δημιουργούν και των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι εγκατεστημένες μεταποιητικές επιχειρήσεις εντός αστικού ιστού ή σε άλλες ακατάλληλες περιοχές ή σε περιοχές όπου επιβάλλεται η απομάκρυνση τους.

Οι στόχοι του προγράμματος περιλαμβάνουν την αειφόρο διαχείριση των περιβαλλοντικών μέσων και του φυσικού κάλλους, την ενίσχυση της εξωστρεφούς επιχειρηματικής δραστηριότητας, την ενίσχυση των δομών στήριξης της επιχειρηματικότητας και τον εκσυγχρονισμό των υποδομών υποδοχής επιχειρήσεων, τη μείωση της έντασης της ενεργειακής κατανάλωσης σε φορείς με υψηλό κόστος λειτουργίας και τη δημιουργία προϋποθέσεων για ενίσχυση της επιχειρηματικής δραστηριότητας και της απασχόλησης.

Το πρόγραμμα δύναται να χρηματοδοτήσει επεμβάσεις που έχουν στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας (μόνωση κτιριακού κελύφους, τοποθέτηση θερμομονωτικών κουφωμάτων, τοποθέτηση κλιματιστικών μηχανημάτων ενεργειακής κλάσης A', εγκατάσταση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας, καυστήρες και λέβητες υψηλής απόδοσης, ανάκτηση θερμότητας από καυσαέρια κλπ). Επίσης, επιλέξιμες είναι οι δαπάνες για την προμήθεια εξοπλισμού ιδιοπαραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και υποκατάστασης καυσίμων με φυσικό αέριο ή LPG.

Ειδικότερα προβλέπεται η χρηματοδότηση:

- Καυστήρων και λεβήτων υψηλής απόδοσης
- Εξοπλισμού υποκατάστασης πετρελαίου με φυσικό αέριο ή LPG

- Εξοπλισμού ανάκτησης θερμότητας από καυσαέρια λεβήτων, απορριπτόμενο αέρα μονάδων διαχείριση αέρα, συμπυκνωτή του ψύκτη κ.α.
- Εξοπλισμού υποκατάστασης ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλων συμβατικών καυσίμων με φυσικό αέριο ή LPG
- Εξοπλισμού εγκατάστασης συστήματος συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού
- Εξοπλισμού εγκατάστασης συστημάτων ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Εξοπλισμού εγκατάστασης συνδυασμένων συστημάτων θέρμανσης ή και ψύξης με αξιοποίηση ηλιακών συστημάτων και βιομάζας για κάλυψη ιδίων αναγκών
- Εξοπλισμού εγκατάστασης συστήματος καύσης βιομάζας για κάλυψη θερμικών αναγκών
- Εξοπλισμού συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS)
- Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 10 εκατ. €.

### *3. Καινοτόμα Επιχειρηματικότητα, Εφοδιαστική Αλυσίδα, Τρόφιμα, Ποτά*

Το πρόγραμμα αυτό αφορά την ενίσχυση επενδύσεων που προωθούν την καινοτομία ή/και βελτιώνουν την ανταγωνιστικότητα επιχειρήσεων σε προϊόντα και υπηρεσίες που έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα, επενδύσεων καινοτομικού χαρακτήρα από τεχνολογικά προηγμένες επιχειρήσεις του πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα, επενδύσεων από επιχειρήσεις δεύτερης μεταποίησης ειδών διατροφής, ιδίως των βιολογικών, αυτών που χαρακτηρίζονται ονομασίας προελεύσεως και αυτών που αποτελούν χαρακτηριστικά τοπικά προϊόντα και επιχειρηματικών σχεδίων του τομέα εφοδιαστικής αλυσίδας.

Το πρόγραμμα χρηματοδοτεί μεταξύ άλλων την αγορά και εγκατάσταση καινούργιων σύγχρονων μηχανημάτων και λοιπού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων, ιδίως φιλικών στο περιβάλλον, που έχουν μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και ενσωματώνουν σύγχρονες τεχνολογίες αυτοματισμού και ελέγχου ποιότητας.

Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 150 εκατ. €.

### *4. Πράσινη Επιχείρηση*

Το πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στη δημιουργία των προϋποθέσεων ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής διάστασης στη λειτουργία των επιχειρήσεων προκειμένου να κάνουν παρεμβάσεις στη διαδικασία της παραγωγικής αλυσίδας. Πιο συγκεκριμένα, ειδικοί στόχοι του προγράμματος είναι η μείωση του ενεργειακού και κυρίως του περιβαλλοντικού αποτυπώματος μεταποιητικών επιχειρήσεων, η ανάπτυξη και διάθεση στην αγορά «πράσινων» προϊόντων και υπηρεσιών, η βελτίωση του περιβαλλοντικού και κοινωνικού

προφίλ των επιχειρήσεων και η μείωση του ελλείμματος κοινωνικής αποδοχής για τη μεταποιητική δραστηριότητα.

Στο πρόγραμμα μπορούν να χρηματοδοτηθούν παρεμβάσεις ανάκτησης και εξοικονόμησης ενέργειας και ύδατος. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων ανάκτησης/εξοικονόμησης ή/και υποκατάστασης συμβατικής ενέργειας και ύδατος στην παραγωγική διαδικασία
- Βιοκλιματικές παρεμβάσεις και κτιριακές παρεμβάσεις μικρής κλίμακας για την εξοικονόμηση ενέργειας/θερμότητας/ύδατος
- Εγκατάσταση μικρής κλίμακας ΑΠΕ για ίδια κατανάλωση
- Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 30 εκατ. €.

##### *5. Υποστήριξη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε μεταποιητικές επιχειρήσεις*

Στόχος του μέτρου αυτού αποτελεί η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των μεταποιητικών επιχειρήσεων, η μείωση του ενεργειακού κόστους και η συνεπαγόμενη αύξηση της ανταγωνιστικότητας τους, καθώς και ο περιορισμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που προκαλούνται από την αλόγιστη χρήση της ενέργειας.

Το μέτρο δύναται να χρηματοδοτήσει τις ακόλουθες δράσεις:

- Εκπόνηση ενεργειακού ελέγχου και υλοποίηση συγκριτικών αξιολογήσεων (benchmarking)
- Εκσυγχρονισμός του εξοπλισμού, αναβάθμιση των εγκαταστάσεων και εγκατάσταση νέων τεχνολογιών υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- Εκπαίδευση και κατάρτιση εργαζομένων
- Εφαρμογή προτύπων και μηχανισμών ελέγχου της αγοράς
- Πιστοποίηση, έλεγχος ποιότητας υλικών, διατάξεων και διαδικασιών, διακρίβωση εργαστηρίων
- Πιστοποίηση εμπειρογνομόνων και ανάπτυξη μητρώων ενεργειακών ελεγκτών
- Ανάπτυξη, προτυποποίηση, σχεδιασμός, επίδειξη, δοκιμή και προώθηση νέου εξοπλισμού και νέων υλικών
- Εκπαίδευση-κατάρτιση του προσωπικού των δημόσιων υπηρεσιών που θα χειρίζονται τα θέματα των ελέγχων της αγοράς, της προτυποποίησης κτλ.
- Ενίσχυση των Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών για την υλοποίηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας

Ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στα 20 εκατ. €.

Οι υπόλοιπες πέντε πολιτικές δεν απορρέουν από το ΣΔΕΑ αλλά είναι αυτές από τη λίστα που προτάθηκε από τους ειδικούς, όπως αναλύσαμε στην προηγούμενη ενότητα, κατά τη διαδικασία δημιουργίας του Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη της μελέτης μας, για τις οποίες θεώρησαν ότι είναι πολύ σημαντικές και είναι συνετό να υπάρχουν, ενώ η εκτίμηση του κόστους τους έγινε από τους ίδιους. Η περιγραφή τους και η εκτίμηση του κόστους τους παρουσιάζονται παρακάτω:

#### **4.2.5 Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης «έξυπνων» μετρητών**

Οι πληροφορίες αντλήθηκαν από το άρθρο EnergyPress (2016, July 15) και η πολιτική αυτή αφορά την άμεση εγκατάσταση 200.000 «έξυπνων» μετρητών σε νοικοκυριά προϋπολογισμού 85,5 εκατ. ευρώ. Έτσι, με την βραχυπρόθεσμη εγκατάσταση των πρώτων έξυπνων μετρητών μέτρησης θα ξεκινήσει η επικαιροποίηση της μελέτης κόστους οφέλους ώστε μακροπρόθεσμα να τεθεί σε εφαρμογή το γιγαντιαίο έργο της αντικατάστασης όλων των παλαιών μετρητών, ένα από τα μεγαλύτερα επενδυτικά προγράμματα που θα ξετυλιχθούν σταδιακά τα επόμενα χρόνια, καθώς η αρχική εκτίμηση για το επιχείρημα αυτό είναι ότι θα επενδυθεί **τουλάχιστον 1 δισ. ευρώ**.

#### **4.2.6 Επιδοτήσεις για την κατασκευή NZEB (Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας)**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στην προσπάθεια επίτευξης του στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Η προώθηση κατασκευής κτιρίων «με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη επίτευξη του στόχου αυτού. Ποια είναι όμως τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν ένα τέτοιο κτίριο; Πρόκειται για ένα κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση και η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται θα πρέπει να συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της παραγόμενης επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου.

Επειδή στο άμεσο μέλλον θα πρέπει όλα τα νέα κτίρια ή αυτά που ανακαινίζονται ριζικά, καθώς και όλα τα νέα κτίρια ή αυτά που ανακαινίζονται ριζικά που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής

κατανάλωσης, το πρόγραμμα αυτό θα βοηθήσει ενεργά στην επίτευξη αυτής της απαίτησης, καθώς το κόστος υλοποίησης ανά κτίριο είναι αρκετά υψηλό.

Ο προϋπολογισμός του εκτιμάται στα 250 εκατ. €.

#### **4.2.7 Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή**

Στο πλαίσιο της ευαισθητοποίησης των πολιτών προκειμένου να αντιληφθούν και να ενστερνιστούν τη σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, τα επιμορφωτικά/ενημερωτικά προγράμματα των πολιτών μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στην προσπάθεια αυτή. Βασικοί στόχοι των προγραμμάτων αυτών θα είναι: α) η διερεύνηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, β) η εκτίμηση συμμετοχής της ανθρώπινης δραστηριότητας στη σημερινή κλιματική αλλαγή γ) η πληροφόρηση για τα είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και το ρόλο που θα μπορούσαν να διαδραματίσουν στο θέμα της κλιματικής αλλαγής, δ) η υιοθέτηση πρακτικών διαχείρισης με σκοπό την αειφορική ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών.

Συνεπώς, τα προγράμματα αυτά θα συμβάλλουν σημαντικά στη συμμόρφωση του πολίτη όσον αφορά στα μέτρα που υλοποιούνται για την εξοικονόμηση της ενέργειας και την προώθηση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ενασχόληση με περιβαλλοντικά θέματα επιτρέπει την κατανόηση της σημασίας τους και την ενθάρρυνση πιο συνειδητοποιημένων και υπεύθυνων καθημερινών συνηθειών.

Ο προϋπολογισμός του εκτιμάται στα 50 εκατ. €.

#### **4.2.8 Χρηματοδότηση για E&A (Έρευνα & Ανάπτυξη) στην εξοικονόμηση ενέργειας**

Η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη για τις νέες τεχνολογίες στον τομέα της ενέργειας είναι το κλειδί για την εύρεση νέων τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας που θα συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Είναι πολύ σημαντικό να μην επαναπαυόμαστε στους υπάρχοντες μηχανισμούς εξοικονόμησης αλλά να τους εξελίσσουμε έως ότου φτάσουμε στο βέλτιστο αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, η χρήση των φωτοβολταϊκών πάνελ είναι αναμφίβολα ένας πολύ σημαντικό παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας για τα κτίρια. Ωστόσο, πολλά μειονεκτήματα που παρουσιάζουν στη λειτουργία τους και στο κόστος κατασκευής και αγοράς τους μπορούν να μειωθούν με κατάλληλα χρηματοδοτούμενη έρευνα για κατασκευή νέων πάνελ που θα υπερσχύουν των παλαιών.

Έτσι, ο ουσιαστικός στόχος του προγράμματος αυτού είναι να αναδειχθούν και να στηριχθούν όλα εκείνα τα ερευνητικά ακαδημαϊκά κέντρα που παράγουν πρωτογενή έρευνα αιχμής και που προάγουν την επιστήμη, ενώ παράλληλα δημιουργούν νέους δρόμους ανάπτυξης και εξέλιξης της τεχνολογίας για το καλό των πολιτών και των επόμενων γενεών.

Ο προϋπολογισμός του εκτιμάται στα 70 εκατ. €.

#### **4.2.9 FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά**

Πρόκειται για μηχανισμούς στήριξης που έχουν ως στόχο την αποκατάσταση ενός επιχειρηματικού περιβάλλοντος εντός του οποίου οι Α.Π.Ε. μπορούν να ανταγωνιστούν ισότιμα τις τεχνολογίες συμβατικών καυσίμων και υπάρχουν δύο κατηγορίες:

A) Ο μηχανισμός εγγυημένων σταθερών τιμών (Feed-in Tariff, FIT) με στόχο την επιτάχυνση των επενδύσεων για τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσφορά μακροπρόθεσμων συμβάσεων με τους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας, συνήθως με βάση το κόστος παραγωγής της κάθε τεχνολογίας. Αντί να πληρώνουν το ίδιο ποσό για την ενέργεια, τεχνολογίες όπως η αιολική ενέργεια και τα ηλιακά φωτοβολταϊκά, για παράδειγμα, ανταμείβονται με χαμηλότερη τιμή ανά kWh, ενώ σε τεχνολογίες όπως η παλιρροιακή ενέργεια προσφέρεται μια υψηλότερη τιμή, αντικατοπτρίζοντας τα κόστη που είναι υψηλότερα αυτή τη στιγμή. Ο στόχος των Feed-in Tariffs είναι να προσφέρει αποζημίωση βασισμένη στο κόστος στους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας, παρέχοντας βεβαιότητα στις τιμές και μακροπρόθεσμες συμβάσεις που συμβάλλουν στη χρηματοδότηση επενδύσεων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

B) Ο μηχανισμός εγγυημένων διαφορικών τιμών (Feed-in Premium, FIP) σύμφωνα με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ συνήθως πωλείται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και οι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας λαμβάνουν προιμοδότηση πάνω από την τιμή αγοράς της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι FIP μπορεί να είναι είτε σταθεροί (δηλαδή σε ένα σταθερό επίπεδο ανεξάρτητα από τις τιμές της αγοράς) είτε κυμαινόμενοι (δηλαδή με διάφορα επίπεδα ανάλογα με την εξέλιξη των τιμών της αγοράς). Οι σταθεροί FIP είναι απλούστεροι στη σχεδίαση αλλά υπάρχει ο κίνδυνος της υπεραντιστάθμισης, σε περίπτωση υψηλών τιμών αγοράς, και της υποαντιστάθμισης, σε περίπτωση χαμηλών τιμών αγοράς. Ως εκ τούτου, οι σταθεροί FIP συνήθως συνδυάζονται με προκαθορισμένα ελάχιστα και μέγιστα επίπεδα (“floor” και “cap”) είτε για τον FIP είτε για το σύνολο των αμοιβών (FIP + τιμή αγοράς). Οι κυμαινόμενοι FIP υπολογίζονται σε συνεχή βάση ως η διαφορά μεταξύ των τιμών αγοράς (συνήθως κατά μέσο όρο κάτω από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, π.χ. έναν μήνα) και ενός προκαθορισμένου επιπέδου αναφοράς για τη διατίμηση (συχνά αντιστοιχούμενο σε υπάρχοντες FIP). Αν οι τιμές της αγοράς είναι υψηλότερες από το

επίπεδο αναφοράς της διατίμησης, δεν καταβάλλεται κανένας FIP. Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχει επίσης μια ελάχιστη τιμή αγοράς που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του FIP για την αύξηση της ευαισθητοποίησης των φορέων εκμετάλλευσης των ΑΠΕ και για τη μείωση των δαπανών για το καθεστώς στήριξης των ΑΠΕ στη περίπτωση των χαμηλών ή ακόμα και αρνητικών τιμών αγοράς.

Συνεπώς, οι επιδοτήσεις για εφαρμογή τέτοιων μηχανισμών είναι ένα πολύ σημαντικό κίνητρο για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την εξοικονόμηση της ενέργειας στα κτίρια.

Ο προϋπολογισμός του εκτιμάται στα 100 εκατ. €.

### **4.3 Σύνοψη προϋπολογισμών για τις πολιτικές**

Τελικά στον Πίνακα 4.5 μπορούμε να δούμε συνοπτικά τις πολιτικές και τους προϋπολογισμούς που απαιτούν για να υλοποιηθούν. Στην επόμενη ενότητα θα παρουσιάσουμε ένα σύνολο στρατηγικών οι οποίες θα αποτελούνται από συνδυασμό των πολιτικών μας αναλογικά με το που δίνουμε έμφαση κάθε φορά. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια καινοτομία στην προσέγγιση μας, όπως θα εξηγήσουμε και αργότερα.

**Πίνακας 4.5** Απαιτούμενοι προϋπολογισμοί για τις πολιτικές.

Πολιτικές	Προϋπολογισμοί (€)
1.Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων	385.000.000
2.Ανάπτυξη δικτύων Τηλεθέρμανσης	132.000.000
3.Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης «έξυπνων» μετρητών	85.500.000
4.Επιδοτήσεις για την κατασκευή NZEB	250.000.000
5.Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή	50.000.000
6.Χρηματοδότηση για E & A (Ερευνα και Ανάπτυξη) στην εξοικονόμηση ενέργειας	70.000.000
7.«Εξοικονομώ κατ' οίκον»	548.952.111
8.FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά κτίρια	100.000.000
9.Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια	666.000.000



## 4.4 Περιγραφή των στρατηγικών

Έχοντας κατασταλάξει στις πολιτικές που θα εφαρμόσουμε για την υλοποίηση του στόχου μας και έχουμε εκτιμήσει τους προϋπολογισμούς που χρειάζεται η καθεμία, αν υποθέσουμε ότι διαθέτουμε ένα χρηματικό κεφάλαιο αξίας **350.000.000 €** μπορούμε να δημιουργήσουμε στρατηγικές που θα συνδυάζουν τις πολιτικές μας σε τέτοιο βαθμό ώστε να ικανοποιείται το κεφάλαιο μας. Συγκεκριμένα, εστιάζοντας κάθε φορά σε ένα συγκεκριμένο στόχο, στον οποίο θέλουμε να δώσουμε έμφαση στην επίτευξη του, δημιουργήσαμε πέντε διαφορετικές στρατηγικές. Στον Πίνακα 4.6 φαίνονται οι στρατηγικές που επιλέξαμε.

**Πίνακας 4.6** Παρουσίαση στρατηγικών.

Στρατηγικές	Σημείο εστίασης
Στρατηγική 1	Έμφαση στην αναβάθμιση κτιρίων
Στρατηγική 2	Έμφαση στη χρήση νέων τεχνολογιών
Στρατηγική 3	Έμφαση στην πράσινη επιχείρηση
Στρατηγική 4	Έμφαση στην ενημέρωση/επιμόρφωση των πολιτών
Στρατηγική 5	Έμφαση στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Σύμφωνα με τις πολιτικές που έχουμε επιλέξει, αποδίδοντας την απαραίτητη βαρύτητα στην καθεμία και συνδυάζοντας τις μπορούμε να «καταστρώσουμε» την επιθυμητή στρατηγική, όπως βλέπουμε στον Πίνακα 3.7.

**Πίνακας 4.7** Συντελεστές συμμετοχής των πολιτικών στις στρατηγικές.

Πολιτικές	Στρατηγική 1	Στρατηγική 2	Στρατηγική 3	Στρατηγική 4	Στρατηγική 5
1 Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων	0,15	0	0	0	0
2 Ανάπτυξη δικτύων Τηλεθέρμανσης	0	0,7	0	0	0
3 Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης «έξυπνων» μετρητών	0	0,9	0	0	0
4 Επιδοτήσεις για την κατασκευή NZEB	0,25	0	0	0,1	0
5 Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή	0	0	0	1	0,27
6 Χρηματοδότηση για E & A (Έρευνα και Ανάπτυξη) στην εξοικονόμηση ενέργειας	0	1	0	0	0,1
7 «Εξοικονομώ κατ' οίκον»	0,3	0,2	0	0,44	0,15
8 FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά κτίρια	0	0	0	0,34	1
9 Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια	0,1	0	0,525	0	0,22
<i>Απαραίτητος προϋπολογισμός (€)</i>	<b>351.535.633</b>	<b>349.140.422</b>	<b>349.650.000</b>	<b>350.538.929</b>	<b>349.362.817</b>

Σε κάθε στρατηγική έχει δοθεί η ανάλογη βαρύτητα (εκφραζόμενη ως συντελεστής ο οποίος όταν πολλαπλασιαστεί με τον προϋπολογισμό της πολιτικής θα μας δώσει το ποσό που απαιτείται για την συγκεκριμένη πολιτική στην εκάστοτε στρατηγική) κάθε πολιτικής προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος στον οποίο επικεντρωθήκαμε κάθε φορά. Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε δεν υπήρξε αντιστοιχία προσέγγιση παρά μόνο η εφαρμογή μεμονωμένων πολιτικών. Έτσι, το γεγονός αυτό αποτελεί μια καινοτομία

στην προσέγγιση μας και έγκειται στο ότι δε μελετάμε πώς επιδρά μία συγκεκριμένη πολιτική στο σύστημα, αλλά πώς επιδρούν διαφορετικά σύνολα πολιτικών (δηλαδή πολιτικές στρατηγικές), που κατά βάση απαρτίζονται από τις ίδιες πολιτικές αλλά ενεργοποιημένες σε διαφορετικό βαθμό. Για παράδειγμα, για πρώτη στρατηγική με έμφαση στην αναβάθμιση κτιρίων σχετίζονται οι στρατηγικές 1, 4, 7, 9 με περισσότερη προσοχή στο πρόγραμμα «Εξοικονομώ κατ' οίκον». Στην τελευταία γραμμή του πίνακα φαίνεται ο συνολικός προϋπολογισμός που απαιτεί κάθε στρατηγική και προσεγγιστικά ικανοποιεί το διαθέσιμο κεφάλαιο των 350 εκατ. €.

## **4.5 Ανάλυση σεναρίων**

### **4.5.1 Παρουσίαση εξεταζόμενων σεναρίων**

Τα σενάρια αποτελούν σημαντικό μέρος της έρευνας και εκτίμησης της κλιματικής αλλαγής. Μπορούν να μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε τις μακροπρόθεσμες συνέπειες των βραχυπρόθεσμων αποφάσεων και επιτρέπουν στους ερευνητές να διερευνήσουν διάφορες πιθανές προοπτικές στο πλαίσιο των θεμελιωδών μελλοντικών αβεβαιοτήτων. Διευκολύνουν την ανάπτυξη της απόκρισης και της ισχυροποίησης των στρατηγικών σχεδίων, ενώ βοηθούν και στον εντοπισμό διαφορετικών εναλλακτικών μελλοντικών καταστάσεων της τεχνολογίας, των αναγκών, των πολιτικών και του περιβάλλοντος. Με τη σχεδίαση σεναρίων ξεπερνάμε τυχόν περιορισμούς παρουσιάζοντας πολλά συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο παρελθόν τα σενάρια ήταν ζωτικής σημασίας για την επίτευξη της ενσωμάτωσης σε διάφορες ερευνητικές κοινότητες, για παράδειγμα παρέχοντας μια κοινή βάση για την εξερεύνηση του πολιτικού μετριασμού, των επιπτώσεων, των επιλογών προσαρμογής και των αλλαγών στο φυσικό σύστημα της γης.

Στην μελέτη περίπτωσης που εξετάζεται υποθέτουμε πέντε διαφορετικά σενάρια, τα οποία θεωρήσαμε από τους Riahi et. al (2017) που παρουσιάζουν μια επισκόπηση κοινωνικοοικονομικών σεναρίων και τις επιπτώσεις τους στην ενέργεια, τη χρήση της γης και τις εκπομπές. Συγκεκριμένα τα σενάρια αυτά έχουν αναπτυχθεί για να παρέχουν πέντε *ευκρινώς διαφορετικά μονοπάτια* σχετικά με τις κοινωνικοοικονομικές εξελίξεις που θα μπορούσαν να ξεδιπλώνονται ελλείψει ρητών πρόσθετων πολιτικών και μέτρων για τον περιορισμό της επιβολής του κλίματος και για την ενίσχυση της προσαρμοστικής ικανότητας. Έχουν ως στόχο να επιτρέψουν τη έρευνα της κλιματικής αλλαγής και της πολιτικής ανάλυσης, και έχουν σχεδιαστεί για να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα συνδυασμών προκλήσεων για τον μετριασμό των επιπτώσεων και την προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος. Στα σενάρια αυτά θα εφαρμόζονται οι πέντε στρατηγικές που αναλύσαμε παραπάνω. Μας

ενδιαφέρουν οι όροι της «μετρίασης» (mitigation), δηλαδή όταν γίνονται προσπάθειες για την μετρίαση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, και της «προσαρμογής» (adaptation), δηλαδή όταν γίνονται προσπάθειες για να προσαρμοστούμε στις υπάρχουσες συνθήκες, καθώς τα σενάρια αυτά ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς συνδυασμούς προκλήσεων στον μετριασμό και την προσαρμογή. Παρακάτω παρουσιάζονται τα πέντε σενάρια:

➤ Σενάριο 1: **Βιωσιμότητα** (μικρή επιρροή στον μετριασμό και στην προσαρμογή)

Ο κόσμος αλλάζει σταδιακά, αλλά διαβρωτικά, προς ένα πιο βιώσιμο μονοπάτι, δίνοντας έμφαση στην ανάπτυξη που σέβεται το περιβάλλον. Η διαχείριση των παγκόσμιων κοινών σιγά σιγά βελτιώνεται, οι εκπαιδευτικές και υγειονομικές επενδύσεις επιταχύνουν τη δημογραφική μετάβαση, και η έμφαση στην οικονομική ανάπτυξη μετατοπίζεται προς μια ευρύτερη έμφαση στην ευημερία του ανθρώπου. Λόγω της αυξανόμενης δέσμευσης για τη επίτευξη των αναπτυξιακών στόχων, η ανισότητα μειώνεται τόσο εντός όσο και μεταξύ των χωρών. Η κατανάλωση είναι προσανατολισμένη προς χαμηλή ανάπτυξη υλικού και χαμηλότερους πόρους και ενεργειακή ένταση.

➤ Σενάριο 2: **Μέση οδός ανάπτυξης** (μέτρια επιρροή στον μετριασμό και στην προσαρμογή)

Ο κόσμος ακολουθεί ένα μονοπάτι στο οποίο κοινωνικές, οικονομικές και τεχνολογικές τάσεις δεν μετατοπίζονται σημαντικά από τα ιστορικά πρότυπα. Η ανάπτυξη και η αύξηση του εισοδήματος προχωρούν άνισα, με ορισμένες χώρες να σημειώνουν σχετικά υψηλή πρόοδο ενώ άλλες υπολείπονται των προσδοκιών. Παγκόσμια και εθνικά θεσμικά όργανα εργάζονται προς αυτήν την κατεύθυνση αλλά με αργή πρόοδο στην επίτευξη των στόχων της αειφόρου ανάπτυξης. Τα περιβαλλοντικά συστήματα βιώνουν υποβάθμιση, παρόλο που υπάρχουν μερικές βελτιώσεις και συνολικά η ένταση των πόρων και η χρήση της ενέργειας μειώνεται. Η παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού είναι μετριασμένη και τα επίπεδα πέφτουν κατά το δεύτερο μισό του αιώνα. Η εισοδηματική ανισότητα εξακολουθεί να υφίσταται ή βελτιώνεται μόνο με αργό ρυθμό και οι προκλήσεις για τη μείωση της ευπάθειας σε κοινωνικές και περιβαλλοντικές αλλαγές παραμένουν.

➤ Σενάριο 3: **Περιφερειακός ανταγωνισμός** (υψηλή επιρροή στον μετριασμό στην προσαρμογή)

Μια αναζωπύρωση του εθνικισμού, οι ανησυχίες για την ανταγωνιστικότητα και την ασφάλεια, καθώς επίσης και οι περιφερειακές συγκρούσεις ώθησαν τις χώρες να επικεντρωθούν περισσότερο σε εγχώρια ή σε πιο περιφερειακά θέματα. Η πολιτική με την πάροδο του χρόνου προσανατολίζεται όλο και περισσότερο σε εθνικά και περιφερειακά ζητήματα ασφαλείας. Οι χώρες εστιάζουν στη επίτευξη των στόχων της ενεργειακής και επισιτιστικής ασφάλειας στο πλαίσιο των δικών τους περιοχών εις βάρος της ανάπτυξης μιας ευρύτερης βάσης. Οι επενδύσεις στην εκπαίδευση και η τεχνολογική ανάπτυξη μειώνονται. Η οικονομική ανάπτυξη είναι αργή και οι ανισότητες επιμένουν ή επιδεινώνονται με την πάροδο του χρόνου. Η αύξηση του πληθυσμού είναι χαμηλή σε βιομηχανικές χώρες και υψηλή σε αναπτυσσόμενες. Μια μικρή διεθνής προτεραιότητα για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ανησυχιών οδηγεί σε έντονη υποβάθμιση του περιβάλλοντος σε ορισμένες περιοχές.

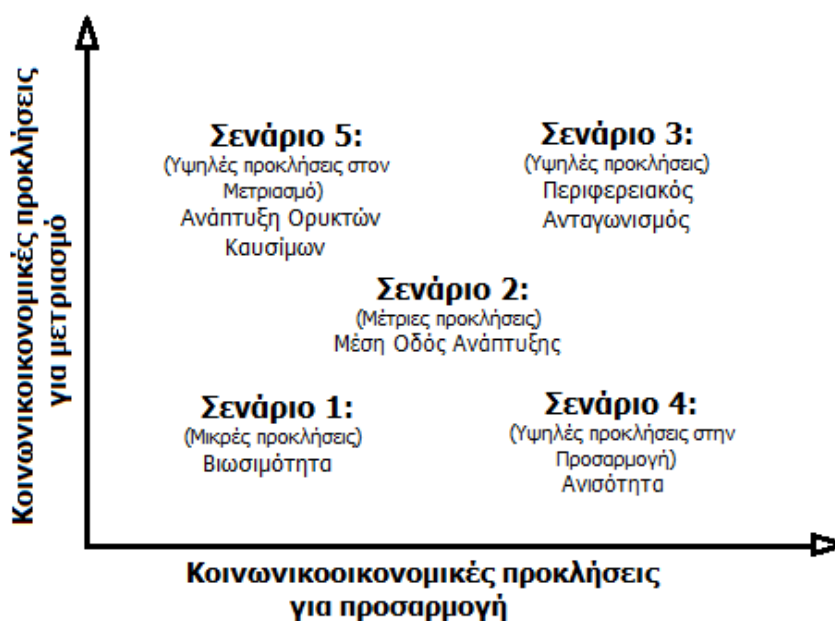
- Σενάριο 4: **Ανισότητα** (χαμηλή επιρροή στον μετριασμό, υψηλή επιρροή στην προσαρμογή)

Η εξαιρετικά άνισες επενδύσεις στο ανθρώπινο κεφάλαιο, σε συνδυασμό με την αύξηση των ανισοτήτων σε οικονομικές ευκαιρίες και στην πολιτική εξουσία, οδηγούν σε αύξηση των ανισοτήτων και διαστρωμάτωση τόσο εντός όσο και μεταξύ των χωρών. Με την πάροδο του χρόνου, ένα χάσμα διευρύνεται μεταξύ μιας διεθνώς συνδεδεμένης κοινωνίας που συνεισφέρει στη γνώση και τους κλάδους εντάσεως κεφαλαίου της παγκόσμιας οικονομίας, και μιας κατακερματισμένης συλλογής χαμηλού εισοδήματος και χαμηλού μορφωτικού επιπέδου κοινωνιών που δουλεύουν σε υψηλής έντασης εργασία, χαμηλής τεχνολογίας οικονομίας. Η κοινωνική συνοχή υποβαθμίζεται και οι συγκρούσεις και οι αναταραχές γίνονται όλο και πιο συχνές. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι υψηλή σε μια οικονομία και τομείς υψηλής τεχνολογίας. Ο παγκόσμιος συνδεδεμένος ενεργειακός τομέας διαφοροποιείται, με επενδύσεις σε καύσιμα υψηλής έντασης, όπως ο άνθρακας και το μη συμβατικό πετρέλαιο, αλλά και σε πηγές ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Οι περιβαλλοντικές πολιτικές εστιάζουν σε τοπικά θέματα γύρω από περιοχές μέσου και υψηλού εισοδήματος.

- Σενάριο 5: **Ανάπτυξη ορυκτών καυσίμων** (υψηλή επιρροή στον μετριασμό, χαμηλή επιρροή στην προσαρμογή)

Αυτός ο κόσμος τοποθετεί αυξανόμενη πίστη σε ανταγωνιστικές αγορές, καινοτομία και συμμετέχουσες κοινωνίες για να παράγουν ταχεία τεχνολογική πρόοδο και την ανάπτυξη του ανθρωπίνου κεφαλαίου ως το μονοπάτι για την αειφόρο ανάπτυξη. Οι παγκόσμιες αγορές είναι όλο και πιο ολοκληρωμένες. Υπάρχουν επίσης ισχυρές επενδύσεις στον τομέα της υγείας, της εκπαίδευσης και των ιδρυμάτων ώστε να ενισχυθεί το ανθρώπινο και κοινωνικό κεφάλαιο. Την ίδια στιγμή, η ώθηση για την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη είναι άμεσα συσχετισμένη με την εκμετάλλευση των άφθονων πόρων ορυκτών καυσίμων και την υιοθέτηση τρόπων ζωής ενεργειακής έντασης και πόρων σε όλον τον κόσμο. Όλοι αυτοί οι παράγοντες οδηγούν στη γρήγορη ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας, ενώ ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται και μειώνεται τον 21<sup>ο</sup> αιώνα. Τα τοπικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η ρύπανση του αέρα, διαχειρίζονται με επιτυχία. Υπάρχει πίστη στην ικανότητα αποτελεσματικής διαχείρισης κοινωνικών και οικολογικών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένης της γεω-μηχανικής εάν είναι απαραίτητο.

Στην Εικόνα 4.2 φαίνονται συνοπτικά τα πέντε σενάρια βάσει του βαθμού προκλήσεως που έχουν στον μετριασμό (κατακόρυφος άξονας) και την προσαρμογή (οριζόντιος άξονας).



**Εικόνα 4.2** Τα πέντε σενάρια παρουσιάζοντας διαφορετικούς συνδυασμούς προκλήσεων για τον μετριασμό και την προσαρμογή.

#### 4.5.2 Υπολογισμός των συντελεστών ανά σενάριο για τα σενάρια εισόδου

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο Πίνακας 4.8 που προέρχεται από δημοσίευση των O'Neill et al. (2015), ο οποίος παρουσιάζει συνοπτικά τις υποθέσεις για τα παραπάνω σενάρια σχετικά με σημαντικές κατηγορίες που προσελκύουν ενδιαφέρον. Φαίνεται ότι τα σενάρια καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των υποθέσεων σχετικά με τα στοιχεία των μονοπατιών. Αξίζει να επισημανθεί ότι ως «φτωχές χώρες» έχουν εννοηθεί οι χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος (η Ελλάδα ανήκει σε αυτή την κατηγορία), ενώ ως «πλούσιες χώρες» αυτές με υψηλό εισόδημα. Αυτόν τον πίνακα εμείς τον αξιοποιήσαμε προκειμένου να βρούμε κατά πόσο επηρεάζεται καθεμιά από τις εισόδους σεναρίων που έχουμε στο δικό μας χάρτη (Οικονομική ανάπτυξη, Κατάρρευση της αγοράς ακινήτων, Αντίληψη της αστάθειας του πολιτικού πλαισίου, Κατανάλωση της ενέργειας) ανάλογα με τις υποθέσεις που έχουν γίνει σύμφωνα με τον πίνακα αυτό. Δηλαδή, θέλουμε να βρούμε προσεγγιστικά σε κάθε σενάριο κατά πόσο επηρεάζεται κάθε είσοδος σεναρίου θέτοντας ένα συντελεστή (εκφραζόμενο από 0 έως 1). Ξεκινήσαμε από την Οικονομική ανάπτυξη που υπάρχει στον πίνακα ως παράγοντας στην κατηγορία «Οικονομία & Τρόποι ζωής» και χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά για τον υπολογισμό των συντελεστών των υπόλοιπων εισόδων σεναρίων όπως θα δούμε παρακάτω. Έτσι, παρατηρώντας τον πίνακα θέσαμε συντελεστές τέτοιους ώστε να αντιπροσωπεύουν τις υποθέσεις. Οι επιλεγόμενοι συντελεστές φαίνονται στην πρώτη σειρά του Πίνακα 4.9, ο οποίος παρουσιάζει όλους τους συντελεστές για τις εισόδους σεναρίων.

**Πίνακας 4.8** Σύνοψη των υποθέσεων ανά σενάριο για επιμέρους σημαντικές κατηγορίες.

Κατηγορία	Παράγοντας	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Δημογραφικά στοιχεία	Ανάπτυξη πληθυσμού	Σχετικά χαμηλή	Μέτρια	Φτωχές χώρες: υψηλή Πλούσιες χώρες: χαμηλή	Φτωχές χώρες: σχετικά υψηλή Πλούσιες χώρες: χαμηλή	Σχετικά χαμηλή
	Γονιμότητα πληθυσμού	Φτωχές χώρες: χαμηλή Πλούσιες χώρες: υψηλή	Μέτρια	Φτωχές χώρες: χαμηλή Πλούσιες χώρες: υψηλή	Φτωχές χώρες: υψηλή Πλούσιες χώρες: χαμηλή	Φτωχές χώρες: χαμηλή Πλούσιες χώρες: υψηλή

Κατηγορία	Παράγοντας	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
	Θνησιμότητα πληθυσμού	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Φτωχές χώρες: υψηλή Πλούσιες χώρες: μέτρια	Χαμηλή
	Μετανάστευση	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
	Επίπεδο αστικοποίησης	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό	Υψηλό	Υψηλό
	Τύπος αστικοποίησης	Καλά διαχειρίσιμος	Συνέχιση των ιστορικών προτύπων	Ανεπαρκώς διαχειρίσιμος	Αναμειγμένος μεταξύ και εντός των πόλεων	Καλύτερη διαχείριση με την πάροδο του χρόνου, μερική εξάπλωση
Ανθρώπινη ανάπτυξη	Εκπαίδευση	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Φτωχές χώρες: πολύ άνιση Πλούσιες χώρες: άνιση	Υψηλή
	Επενδύσεις για την Υγεία	Υψηλές	Μέτριες	Χαμηλές	Ανισες εντός των περιφερειών Φτωχές χώρες: χαμηλές Πλούσιες χώρες: υψηλές	Υψηλές
	Πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας, το νερό, την υγιεινή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Ανιση εντός των περιφερειών Φτωχές χώρες: χαμηλή Πλούσιες χώρες: υψηλή	Υψηλή



Κατηγορία	Παράγοντας	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Οικονομία & Τρόπος ζωής	Ισότητα φύλων	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Άνιση εντός των περιφερειών Φτωχές χώρες: χαμηλή Πλούσιες χώρες: υψηλή	Υψηλή
	Μετοχικό κεφάλαιο	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό
	Κοινωνική συνοχή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή, στρωματοποιημένη	Υψηλή
	Κοινωνική συμμετοχή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
	Οικονομική ανάπτυξη (κατά κεφαλήν)	Φτωχές χώρες: υψηλή Πλούσιες χώρες: μέτρια	Μέτρια, άνιση	Αργή	Φτωχές χώρες: χαμηλή Πλούσιες χώρες: μέτρια	Υψηλή
	Ανισότητα	Μειωμένη μεταξύ και εντός των χωρών	Άνιση μείωση μεταξύ και εντός των χωρών	Υψηλή, ιδιαίτερα μεταξύ των χωρών	Υψηλή, ιδιαίτερα εντός των χωρών	Σημαντικά μειωμένη, ιδιαίτερα μεταξύ των χωρών
	Διεθνές εμπόριο	Ήπιο	Ήπιο	Έντονα περιορισμένο	Ήπιο	Υψηλό, με περιφερειακή εξειδίκευση στην παραγωγή
	Παγκοσμιοποίηση	Συνδεδεμένες αγορές, περιφερειακή παραγωγή	Ημι-ανοιχτά παγκοσμιοποιημένη οικονομία	Απόπαγκοσμιοποίηση, περιφερειακή ασφάλεια	Παγκόσμια συνδεδεμένες ελίτ	Έντονα παγκοσμιοποιημένες, αυξητικά συνδεδεμένη

Κατηγορία	Παράγοντας	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Πολιτικές & Ιδρύματα	Κατανάλωση και διαίτα	Χαμηλή αύξηση της κατανάλωσης υλικών	Κατανάλωση εντάσεως υλικού, μέτρια κατανάλωση κρέατος	Κατανάλωση εντάσεως υλικού	Ελίτ: τρόποι ζωής με χαμηλή κατανάλωση Υπόλοιποι: χαμηλή κατανάλωση & κινητικότητα	Υλισμός, κατάσταση κατανάλωσης, τουρισμός, κινητικότητα, δίαιτες πλούσιες σε κρέας
	Διεθνής συνεργασία	Αποτελεσματική	Σχετικά αδύναμη	Αδύναμη	Αποτελεσματική για παγκόσμια συνδεδεμένη οικονομία, όχι για ευάλωτους πληθυσμούς	Αποτελεσματική για την επίτευξη αναπτυξιακών στόχων, περιορισμένο για περιβαλλοντικούς στόχους
	Περιβαλλοντική πολιτική	Βελτιωμένη διαχειρίσιμων και παγκόσμιων θεμάτων Αυστηρότερη ρύθμιση των ρύπων	Ανησυχία για τοπικούς ρύπους, αλλά μόνο ήπια επιτυχία στην εφαρμογή	Χαμηλή προτεραιότητα για περιβαλλοντικά θέματα	Εστίαση στο τοπικό περιβάλλον σε μέτριες προς πλούσιες χώρες Μικρή προσοχή σε ευάλωτες περιοχές ή παγκόσμια θέματα	Εστίαση στο τοπικό περιβάλλον με προφανή οφέλη για την ευημερία Μικρή ανησυχία για παγκόσμια προβλήματα
	Προσανατολισμός της πολιτικής	Προς μια βιώσιμη ανάπτυξη	Ασθενής έμφαση στη βιωσιμότητα	Προσανατολισμένο προς την ασφάλεια	Προς όφελος των πολιτικών και επιχειρηματικών ελίτ	Προς την ανάπτυξη, τις ελεύθερες αγορές, το ανθρώπινο κεφάλαιο

Κατηγορία	Παράγοντας	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Τεχνολογία	Ιδρύματα	Αποτελεσματικά σε εθνικά και διεθνή επίπεδα	Άνισα, μέτρια αποτελεσματικότητα	Ασθενή παγκόσμια ιδρύματα Οι διεθνής κυβερνήσεις κυριαρχούν στις κοινωνικές λήψεις αποφάσεων	Αποτελεσματικά για την πολιτική και επιχειρηματική ή ελίτ, όχι για υπόλοιπη κοινωνία	Αυξητικά αποτελεσματικά, προσανατολισμένα προς την προώθηση ανταγωνιστικών αγορών
	Ανάπτυξη	Γρήγορη	Μέτρια, άνιση	Αργή	Ταχεία στις οικονομίες και τομείς υψηλής τεχνολογίας Αργή σε άλλους τομείς	Γρήγορη
	Μεταφορά	Γρήγορη	Αργή	Αργή	Μικρή μεταφορά στο εσωτερικό των χωρών στους φτωχότερους πληθυσμούς	Γρήγορη
	Αλλαγή της τεχνολογίας της ενέργειας	Κατευθυνόμενη μακριά από ορυκτά καύσιμα, προς την αποτελεσματικότητα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Μερικές επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά σε συνέχεια με την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα	Αργή αλλαγή τεχνολογίας, κατευθυνόμενη προς τις εγχώριες πηγές ενέργειας	Διαφοροποιημένες επενδύσεις συμπεριλαμβανομένης της αποτελεσματικότητας και των πηγών χαμηλής κατανάλωσης άνθρακα	Κατευθυνόμενη προς τα ορυκτά καύσιμα Εναλλακτικές πηγές ενέργειας δεν επιδιώκονται ενεργά

Κατηγορία	Παράγοντας	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Περιβάλλον & φυσικοί πόροι	Ένταση άνθρακα	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή σε περιοχές με μεγάλους πόρους εγχώριων ορυκτών καυσίμων	Χαμηλή προς μέτρια	Υψηλή
	Ενεργειακή ένταση	Χαμηλή	Άνιση, φτωχές χώρες: υψηλότερη	Υψηλή	Χαμηλή προς μέτρια	Υψηλή
	Περιορισμοί ορυκτών	Προτιμήσεις μετατοπισμένες μακριά από τα ορυκτά καύσιμα	Καμία απροθυμία να χρησιμοποιηθούν μη συμβατικοί πόροι	Μη συμβατικοί πόροι για την εγχώρια προσφορά	Η πρόβλεψη των περιορισμών οδηγεί σε αύξηση των τιμών με υψηλή μεταβλητότητα	Καμία
	Περιβάλλον	Βελτίωση των συνθηκών με την πάροδο του χρόνου	Συνεχιζόμενη υποβάθμιση	Σοβαρή υποβάθμιση	Υψηλά διαχειριζόμενα και βελτιωμένα κοντά σε κατοικήσιμες περιοχές υψηλού/μεσαίου εισοδήματος, υποβαθμισμένο αλλού	Προσεγγίσεις υψηλής μηχανικής, επιτυχής διαχείριση των τοπικών θεμάτων

Κατηγορία	Παράγοντας	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
	Χρήση της γης	Αυστηροί κανονισμοί για την αποφυγή των περιβαλλοντικών ανταλλαγών	Μέτριοι κανονισμοί οδηγούν σε αργή μείωση του ρυθμού αποψίλωσης των δασών	Σχεδόν κανένας κανονισμός Συνεχιζόμενη αποψίλωση των δασών λόγω του ανταγωνισμού πάνω από τη γη και την ταχεία επέκταση της γεωργίας	Υψηλά ρυθμισμένη σε πλουσιότερες χώρες Σε μεγάλο βαθμό μη διαχειριζόμενη σε φτωχές χώρες οδηγώντας στην αποψίλωση των τροπικών δασών	Μέτριοι κανονισμοί οδηγούν σε αργή μείωση του ρυθμού αποψίλωσης των δασών
	Γεωργία	Βελτιώσεις στην αγροτική παραγωγικότητα Ταχεία διάδοση των βέλτιστων πρακτικών	Μέτριος ρυθμός της αλλαγής της τεχνολογίας στον αγροτικό τομέα Τα εμπόδια εισόδου στις αγροτικές αγορές μειώνονται σιγά σιγά	Χαμηλή τεχνολογική ανάπτυξη, περιορισμένο εμπόριο	Υψηλή αγροτική παραγωγικότητα για μεγάλης κλίμακας βιομηχανική γεωργία, χαμηλή για γεωργία μικρής κλίμακας	Υψηλά διαχειρίσιμη, έντασης πόρων Ταχεία αύξηση παραγωγικότητας

Στη συνέχεια, βάσει την Ενεργειακής Έντασης που υπάρχει στην κατηγορία της «Τεχνολογίας» του Πίνακα 4.8 υπολογίστηκαν ποιοτικά οι συντελεστές της Κατανάλωσης της ενέργειας. Όσον αφορά την Κατάρρευση της αγοράς ακινήτων, η επιλογή των συντελεστών έγινε βάσει των συντελεστών της Οικονομικής ανάπτυξης με το σκεπτικό ότι λειτουργεί αντίστροφα: μείωση της οικονομικής ανάπτυξης ευνοεί την κατάρρευση της

αγοράς ακινήτων και το αντίστροφο. Τέλος, οι συντελεστές για την Αντίληψη της αστάθειας του πολιτικού πλαισίου εκτιμήθηκαν με βάση την κατηγορία «Πολιτικές & Ιδρύματα» και της εκπαίδευσης στην κατηγορία «Ανθρώπινη Ανάπτυξη». Υπενθυμίζουμε ότι οι συντελεστές είναι προσεγγιστικοί αφού άλλωστε τα σενάρια είναι υποθετικά.

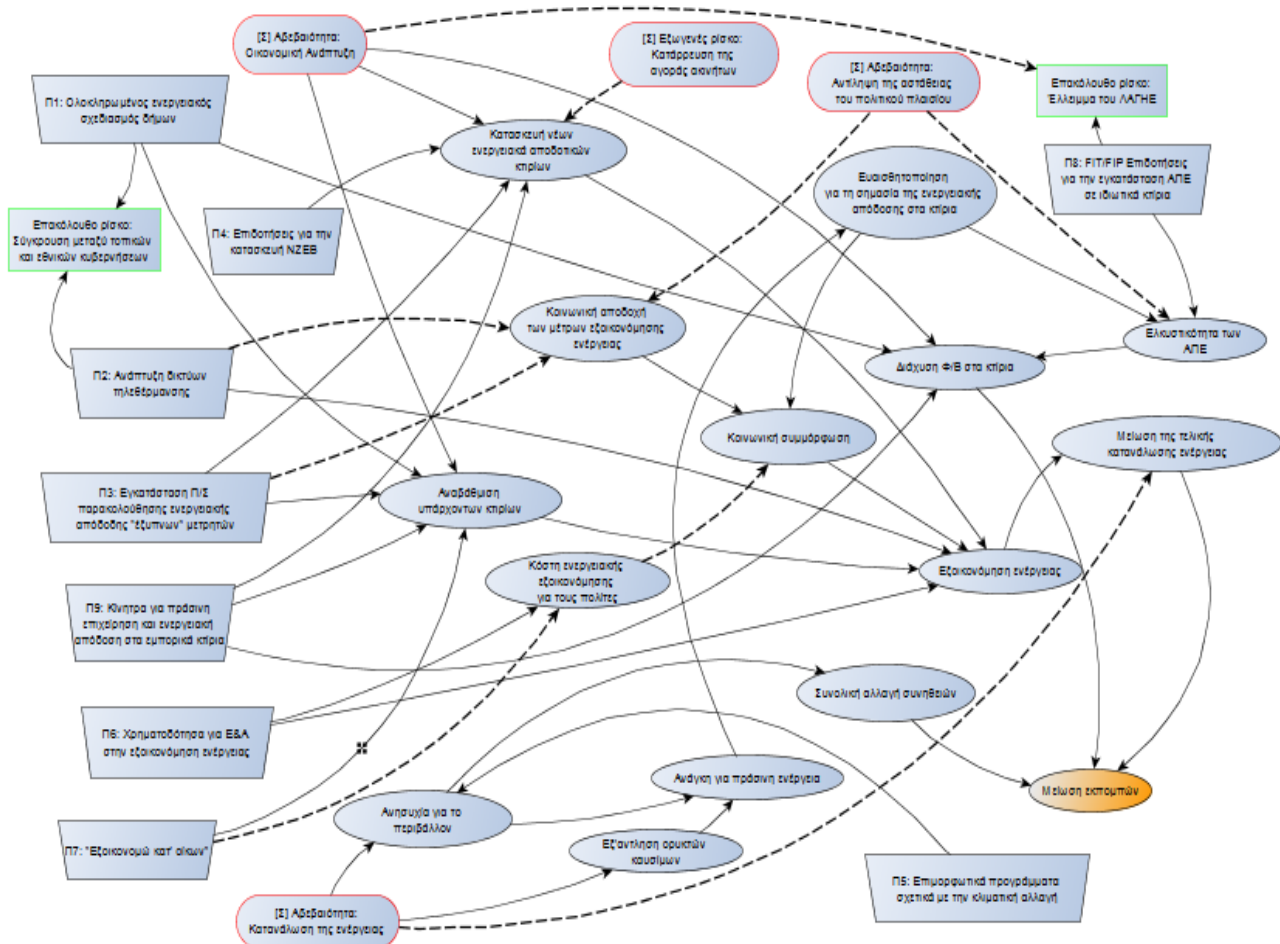
**Πίνακας 4.9** Συντελεστές εισόδων σεναρίων ανά σενάριο.

Είσοδοι σεναρίων	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Αβεβαιότητα: Οικονομική ανάπτυξη	0,65	0,35	0,1	0,25	0,8
Εξωγενές ρίσκο: Κατάρρευση της αγοράς ακινήτων	0,2	0,5	0,7	0,4	0,3
Αβεβαιότητα: Αντίληψη της αστάθειας του πολιτικού πλαισίου	0,1	0,4	0,7	0,5	0,6
Αβεβαιότητα: Κατανάλωση της ενέργειας	0,15	0,35	0,15	0,2	1

# 5 *Αποτελέσματα*

## 5.1.1 *Εισαγωγή δεδομένων μελέτης περίπτωσης στο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων*

Στα δύο προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάσαμε τις βασικές λειτουργίες του εργαλείου ESQAPE που έχει δημιουργηθεί στο λογισμικό Matlab προκειμένου να επεξεργαζόμαστε και να εκτελούμε τις προσομοιώσεις των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών, και αναλύσαμε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και δεδομένα από τη μελέτη περίπτωσης για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων στην Ελλάδα με απώτερο σκοπό τη μείωση εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Συνεπώς, πλέον έχουν γίνει οι απαραίτητες διεργασίες για να εφαρμόσουμε τη δική μας μελέτη περίπτωσης στο εργαλείο που αναπτύξαμε. Στο σημείο αυτό υπενθυμίζουμε τον χάρτη (σε GML αρχείο) και τον πίνακα βαρών όπως δείξαμε στο τέταρτο κεφάλαιο (Εικόνα 5.1 και Πίνακες 5.1 & 5.2).



Εικόνα 5.1 Ασαφής Γνωστικός Χάρτης της μελέτης περίπτωσης.

Πίνακας 5.1 Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη.

Έννοιες	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0,167		0,176	0,689					
2	0,216								0,493
3				0,107					
4									
5					0,644				
6									0,097
7				0,914					
8		0,197					0,611		
9			0,191	0,763					
10		-0,079	0,034	0,241					
11									
12							-0,314		
13					0,102			0,341	
14									
15									
16									



Έννοιες	14	15	16	17	18	19	20	21	22
17									0,777
18						0,682			
19									
20			0,247						
21						0,411			
22									
23							0,111		
24									0,394
25									
26									
27									
28									0,119
29									
30									

**Πίνακας 5.2** Πίνακας βαρών που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ των εννοιών του χάρτη (Συνέχεια).

Έννοιες	23	24	25	26	27	28	29	30
1								
2			-0,315					
3		0,027	-0,144					
4		0,884						
5								
6				0,118				
7				-0,443				
8								
9		0,131						
10		0,331						
11		-0,784						
12			-0,149					
13					-0,24			
14								
15								
16								0,319
17								
18							0,317	
19	0,477							
20								
21								
22					0,881			
23						0,467		
24								
25						0,217		
26						-0,389		

Έννοιες	23	24	25	26	27	28	29	30
27								0,661
28								
29								0,063
30								

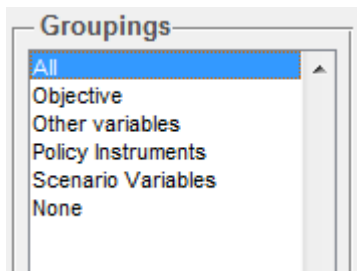
Επίσης, θα δείξουμε εδώ συνοπτικά τους πίνακες που δημιουργήσαμε επίσης στο τέταρτο κεφάλαιο οι οποίοι περιέχουν τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για τις προσομοιώσεις (Πίνακες 5.3 και 5.4). Για να γίνει κατανοητή η διαδικασία, θα περιγράψουμε την πρώτη διαδικασία που εκτελέσαμε όσον αφορά το 1<sup>ο</sup> σενάριο (Βιωσιμότητα) στο οποίο εφαρμόζουμε πρώτα την 1<sup>η</sup> στρατηγική (Εμφαση στην αναβάθμιση κτιρίων). Τα δεδομένα τα εισάγουμε από το αρχείο GML. Οι έννοιες είναι χωρισμένες ανά κατηγορίες (Εικόνα 5.2). Στη στήλη του εργαλείου του Matlab όπου εισάγουμε τις αρχικές τιμές των εννοιών καταρχάς θέτουμε τις πολιτικές και τις εισόδους σεναρίων ως «σταθερές» (Εικόνα 5.3), καθώς δεν έχουν εισερχόμενες ροές από τις άλλες έννοιες. Και έτσι θα παραμείνουν για όλες τις εισόδους σεναρίων. Ύστερα, εφόσον εξετάζουμε την πρώτη στρατηγική, ως αρχικές τιμές των πολιτικών θα μπουν αυτές του Πίνακα 5.3 της πρώτης στήλης για κάθε πολιτική αντίστοιχα. Ενώ ως αρχικές τιμές των εισόδων σεναρίου, εφόσον είμαστε στο πρώτο σενάριο, θα μπουν οι τιμές της πρώτης στήλης του Πίνακα 5.4 (Εικόνα 5.4).

**Πίνακας 5.3** Συντελεστές συμμετοχής των πολιτικών στις στρατηγικές.

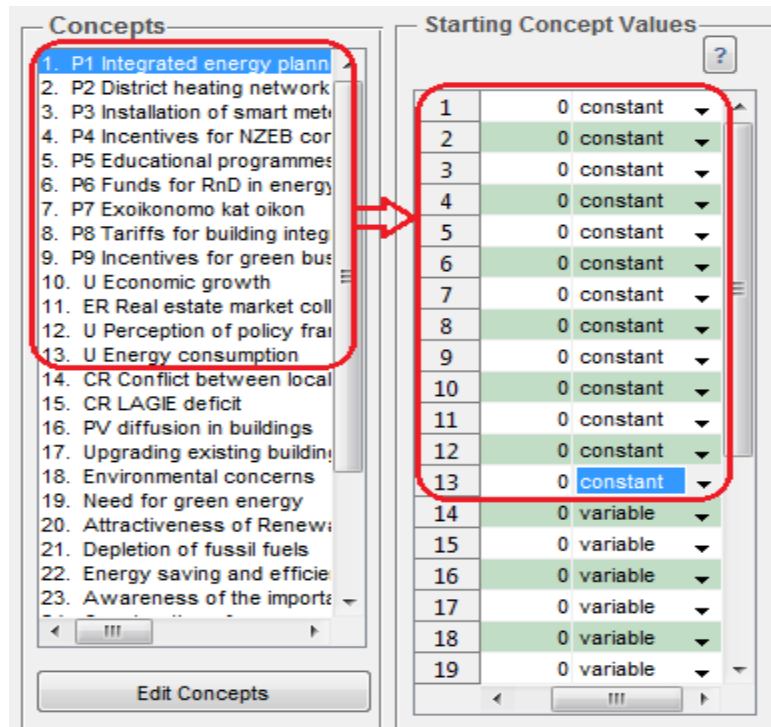
Πολιτικές	Στρατηγική 1	Στρατηγική 2	Στρατηγική 3	Στρατηγική 4	Στρατηγική 5
1 Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων	0,15	0	0	0	0
2 Ανάπτυξη δικτύων Τηλεθέρμανσης	0	0,7	0	0	0
3 Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης «έξυπνων» μετρητών	0	0,9	0	0	0
4 Επιδοτήσεις για την κατασκευή NZEB	0,25	0	0	0,1	0
5 Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή	0	0	0	1	0,27
6 Χρηματοδότηση για E & A (Έρευνα και Ανάπτυξη) στην εξοικονόμηση ενέργειας	0	1	0	0	0,1
7 «Εξοικονομώ κατ' οίκον»	0,3	0,2	0	0,44	0,15
8 FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά κτίρια	0	0	0	0,34	1
9 Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια	0,1	0	0,525	0	0,22

**Πίνακας 5.4** Συντελεστές εισόδων σεναρίου ανά σενάριο.

Είσοδοι σεναρίων	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Αβεβαιότητα: Οικονομική Ανάπτυξη	0,65	0,35	0,1	0,25	0,8
Εξωγενές ρίσκο: Κατάρρευση της αγοράς ακινήτων	0,2	0,5	0,7	0,4	0,3
Αβεβαιότητα: Αντίληψη της αστάθειας του πολιτικού πλαισίου	0,1	0,4	0,7	0,5	0,6
Αβεβαιότητα: Κατανάλωση της ενέργειας	0,15	0,35	0,15	0,2	1



Εικόνα 5.2 Κατηγορίες εννοιών.

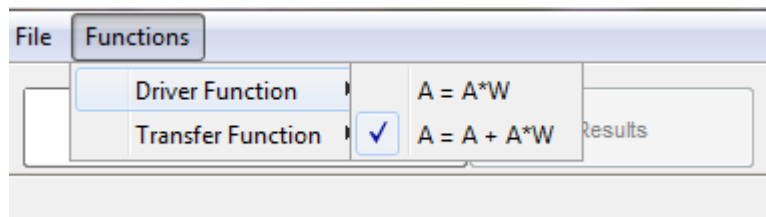


Εικόνα 5.3 Όλες οι πολιτικές και οι εισοδοι σεναρίων τίθενται ως «σταθερές».

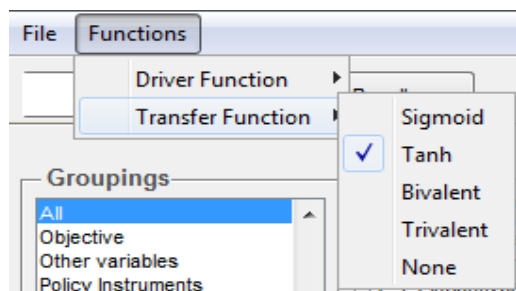
Concepts		Starting Concept Values	
1. P1 Integrated energy plann		1	0.1500 constant
2. P2 District heating network		2	0 constant
3. P3 Installation of smart met		3	0 constant
4. P4 Incentives for NZEB cor		4	0.2500 constant
5. P5 Educational programmes		5	0 constant
6. P6 Funds for RnD in energy		6	0 constant
7. P7 Exoikonomo kat oikon		7	0.3000 constant
8. P8 Tariffs for building integ		8	0 constant
9. P9 Incentives for green bus		9	0.1000 constant
10. U Economic growth		10	0.6500 constant
11. ER Real estate market coll		11	0.2000 constant
12. U Perception of policy frai		12	0.1000 constant
13. U Energy consumption		13	0.1500 constant
14. CR Conflict between local		14	0 variable
15. CR LAGIE deficit		15	0 variable
16. PV diffusion in buildings		16	0 variable
17. Upgrading existing buildin		17	0 variable
18. Environmental concerns		18	0 variable
19. Need for green energy		19	0 variable
20. Attractiveness of Renewa			
21. Depletion of fussil fuels			
22. Energy saving and efficie			
23. Awareness of the importa			

**Εικόνα 5.4** Εισαγωγή δεδομένων για την 1<sup>η</sup> στρατηγική όσον αφορά το 1<sup>ο</sup> σενάριο.

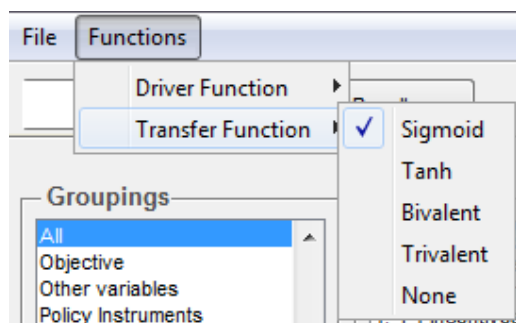
Το εργαλείο εισάγει αυτόματα μοναδιαίες τιμές στον πίνακα των χρονικών καθυστερήσεων σε αντιστοιχία των σχέσεων όπου έχουν εισαχθεί βάρη, προκειμένου να συνεχιστεί ορθά η διαδικασία εφόσον στην ανάλυση μας δε θα χρησιμοποιήσουμε τις χρονικές υστερήσεις. Το επόμενο βήμα ήταν να επιλέξουμε τις συναρτήσεις ενεργοποίησης και κατωφλίου. Αναφορικά με την πρώτη, επιλέχθηκε η συνήθης, δηλαδή η συνάρτηση στην οποία η νέα τιμή της έννοιας ισούται απαραίτητα με την προηγούμενη τιμή συν (ή πλην) τη συνεισφορά των άλλων εννοιών που συνδέονται με αυτή (Εικόνα 5.5). Όσον αφορά τη συνάρτηση κατωφλίου πραγματοποιήθηκαν ορισμένες δοκιμές και κρίθηκε σκόπιμο η προσομοίωση να γίνει και με τη σιγμοειδή συνάρτηση και με την υπερβολική εφαπτομένη. Θα ξεκινήσουμε την ανάλυση μας με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης (Εικόνα 5.6). Αφού εκτελέσουμε την προσομοίωση για την πρώτη στρατηγική όσον αφορά το πρώτο σενάριο, επαναλαμβάνουμε το ίδιο για τις υπόλοιπες 4 στρατηγικές, εισάγοντας στις πολιτικές τις τιμές του Πίνακα 5.3 για τις αντίστοιχες στρατηγικές αλλά διατηρώντας τις τιμές που εισάγαμε από τον Πίνακα 5.4 για τις εισόδους σεναρίων. Έπειτα με αλλαγή της συνάρτησης κατωφλίου σε σιγμοειδή (Εικόνα 5.7).



**Εικόνα 5.5** Επιλογή συνάρτησης ενεργοποίησης.

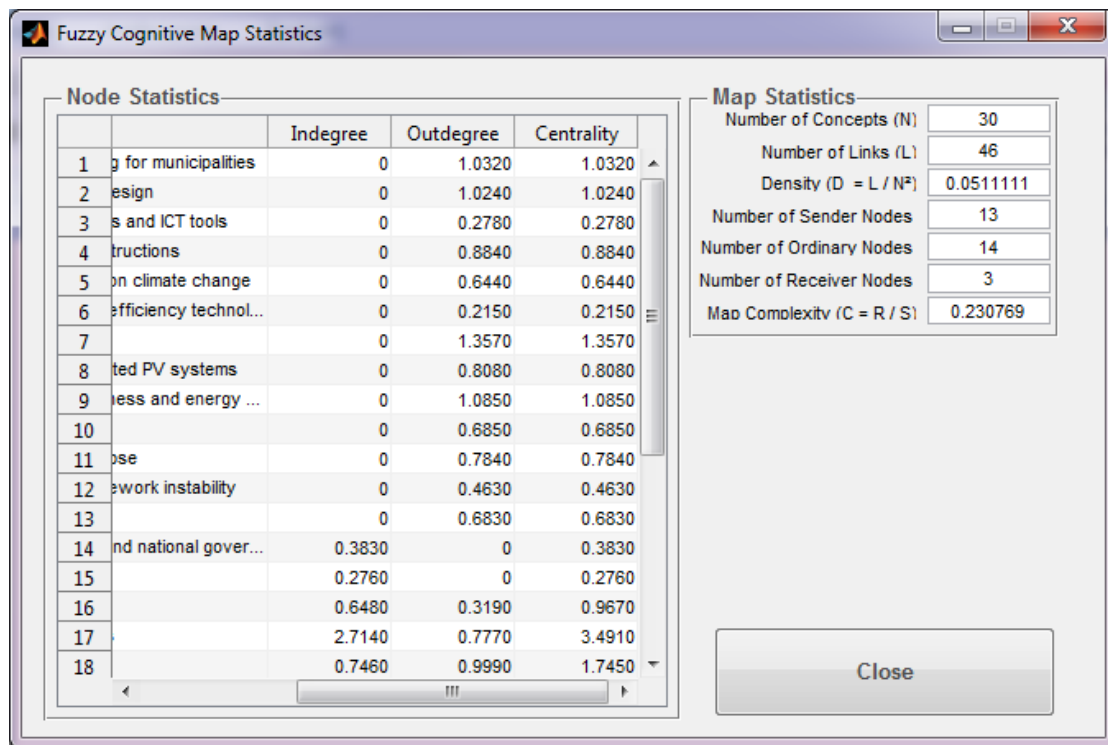


**Εικόνα 5.6** Χρήση της υπερβολικής εραπτομένης ως συνάρτηση κατωφλίου.



**Εικόνα 5.7** Χρήση της σιγμοειδούς ως συνάρτηση κατωφλίου.

Πριν συνεχίσουμε στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων, σε αυτό το σημείο θα αξιοποιήσουμε ορισμένες πληροφορίες που παρέχει το εργαλείο για το χάρτη όσον αφορά τις έννοιες του. Όπως έχει αναφερθεί, όταν εισάγουμε τα δεδομένα του χάρτη στο εργαλείο αυτόματα υπολογίζει τους βασικούς δείκτες των γνωστικών χαρτών (βαθμός εισόδου, βαθμός εξόδου, πολυπλοκότητα, κεντρικότητα, πυκνότητα). Η δυσκολία για τον χειροκίνητο υπολογισμό των παραπάνω δεικτών αφορά περισσότερο στους δύο πρώτους δείκτες λόγω των χρονοβόρων πράξεων που απαιτούν. Με την επιλογή «Map Statistics» αναδύεται το παράθυρο της Εικόνας 5.8 από την οποία εξάγουμε τα δεδομένα που φαίνονται στους Πίνακες 5.5 Και 5.6.



Εικόνα 5.8 Στατιστικά δεδομένα του Ασαφή Γνωστικού Χάρτη.

Πίνακας 5.5 Στατιστικές τιμές του Χάρτη.

Στατιστικά του Χάρτη	
Αριθμός Εννοιών (N)	30
Αριθμός Συνδέσεων (L)	46
Πυκνότητα ( $D = L/N^2$ )	0,051111
Αριθμός των Πομπών (S)	13
Αριθμός των Συνήθων Εννοιών (O)	14
Αριθμός των δεκτών (R)	3
Πολυπλοκότητα Χάρτη ( $C = R/S$ )	0,230769

**Πίνακας 5.6** Κεντρικότητα για τις έννοιες του Χάρτη.

Στατιστικά των Εννοιών		Κεντρικότητα
	Έννοιες	
1	Π1: Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων	1,032
2	Π2: Ανάπτυξη δικτύων τηλεθέρμανσης	1,024
3	Π3: Εγκατάσταση Π/Σ παρακολούθησης ενεργειακής απόδοσης "έξυπνων" μετρητών	0,278
4	Π4: Επιδοτήσεις για την κατασκευή NZEB	0,884
5	Π5: Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή	0,644
6	Π6: Χρηματοδότηση για E&A στην εξοικονόμηση ενέργειας	0,215
7	Π7: "Εξοικονομώ κατ' οίκον"	1,357
8	Π8: FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά κτίρια	0,808
9	Π9: Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια	1,085
10	[Σ] Αβεβαιότητα: Οικονομική Ανάπτυξη	0,685
11	[Σ] Εξωγενές ρίσκο: Κατάρρευση της αγοράς ακινήτων	0,784
12	[Σ] Αβεβαιότητα: Αντίληψη της αστάθειας του πολιτικού πλαισίου	0,463
13	[Σ] Αβεβαιότητα: Κατανάλωση της ενέργειας	0,683
14	Επακόλουθο ρίσκο: Σύγκρουση μεταξύ τοπικών και εθνικών κυβερνήσεων	0,383
15	Επακόλουθο ρίσκο: Έλλειμμα του ΛΑΓΗΕ	0,276
16	Διάχυση Φ/Β στα κτίρια	0,967
17	Αναβάθμιση υπαρχόντων κτιρίων	3,491
18	Ανησυχία για το περιβάλλον	1,745
19	Ανάγκη για πράσινη ενέργεια	1,57
20	Ελκυστικότητα των ΑΠΕ	1,283
21	Εξάντληση ορυκτών καυσίμων	0,752
22	Εξοικονόμηση ενέργειας	2,761
23	Ευαισθητοποίηση για τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια	1,055
24	Κατασκευή νέων ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων	2,551
25	Κοινωνική αποδοχή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας	0,825
26	Κόστη ενεργειακής εξοικονόμησης για τους πολίτες	0,95
27	Μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας	1,782
28	Κοινωνική συμμόρφωση	1,192



Στατιστικά των Εννοιών		
Έννοιες		Κεντρικότητα
29	Συνολική αλλαγή συνηθειών	0,38
30	Μείωση εκπομπών	1,043

Από τις τιμές του Πίνακα 5.5 μπορούμε επίσημα να συμπεράνουμε ότι ο χάρτης που έχουμε δημιουργήσει είναι ένας σχετικά απλός χάρτης με μικρή πολυπλοκότητα και πυκνότητα. Άλλωστε, αυτός ήταν και ο σκοπός μας στην εργασία αυτή καθώς στόχος μας είναι να υλοποιήσουμε μια μελέτη περίπτωσης με τη χρήση ενός ασαφή γνωστικού χάρτη προκειμένου να δούμε μέσα από το παράδειγμα αυτό τη διαδικασία σχεδίασης και προσομοίωσης του για να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη. Έτσι, εσκεμμένα ο αριθμός των πολιτικών και των γενικών εννοιών που σχετίζονται με το διερευνούμενο πρόβλημα περιορίστηκαν στο πλήθος τους.

Από τον Πίνακα 5.6 ενδιαφερόμαστε να δούμε την κεντρικότητα των εννοιών, η οποία προκύπτει από το άθροισμα των βαθμών εισόδου και εξόδου. Οι 5 πιο κεντρικές έννοιες φαίνονται στον Πίνακα 5.7. Το γεγονός αυτό μας δείχνει ότι οι έννοιες αυτές έχουν τη μεγαλύτερη αλληλεπίδραση με τις υπόλοιπες μέσα στο χάρτη και πόσο σημαντικές είναι για τη συνολική δομή του χάρτη.

**Πίνακας 5.7** Οι 5 πιο κεντρικές έννοιες του Χάρτη.

Έννοιες	Κεντρικότητα
Αναβάθμιση υπαρχόντων κτιρίων	3,491
Εξοικονόμηση ενέργειας	2,761
Κατασκευή νέων ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων	2,551
Μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας	1,782
Ανησυχία για το περιβάλλον	1,745

### 5.1.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων

Έχοντας τώρα όλες τις προσομοιώσεις που χρειαζόμαστε για το πρώτο σενάριο, με την επιλογή «Save Simulations in excel file» στην καρτέλα «Results» τις αποθηκεύουμε σε ένα αρχείο Excel για περαιτέρω ανάλυση. Στη συνέχεια η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα υπόλοιπα 4 σενάρια.

Αρχικά εστιάζουμε στην τελική τιμή που λαμβάνει ο στόχος μας, δηλαδή η μείωση των εκπομπών «GHG mitigation» με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης. Στον Πίνακα 5.8 φαίνονται τα αποτελέσματα ανά σενάριο και στρατηγική και στον Πίνακα 5.9 η σειρά κατάταξης των στρατηγικών ανά σενάριο ξεκινώντας από αυτό που προτιμάμε περισσότερο βάσει των τιμών του Πίνακα 5.8 (αυτό με την μεγαλύτερη τιμή το προτιμάμε περισσότερο καθώς υποδηλώνει τη μεγαλύτερη βελτίωση του στόχου μας) και καταλήγοντας στο λιγότερο επιθυμητό (από τα αριστερά προς τα δεξιά). Όπως βλέπουμε όποιο σενάριο και να υποθέσουμε η σειρά προτίμησης παραμένει η ίδια με μεγαλύτερη προτίμηση στην 5<sup>η</sup> στρατηγική (Εμφαση στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) και λιγότερη προτίμηση στη 2<sup>η</sup> στρατηγική (Εμφαση στη χρήση νέων τεχνολογιών).

**Πίνακας 5.8** Αποτελέσματα για τη μείωση εκπομπών με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης.

Μείωση εκπομπών	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Στρατηγική 1	0,95151693	0,88021342	0,86697686	0,8749421	0,87113421
Στρατηγική 2	0,95008356	0,87124664	0,86245585	0,86710878	0,86337403
Στρατηγική 3	0,95285147	0,93369644	0,8773568	0,88897611	0,88796352
Στρατηγική 4	0,95299406	0,95120409	0,94986114	0,95102559	0,94976499
Στρατηγική 5	0,95434769	0,95300289	0,95281074	0,95311504	0,95211577

**Πίνακας 5.9** Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της μείωσης εκπομπών με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης.

Μείωση εκπομπών	Κατάταξη στρατηγικών				
Σενάριο 1	5	4	3	1	2
Σενάριο 2	5	4	3	1	2
Σενάριο 3	5	4	3	1	2
Σενάριο 4	5	4	3	1	2
Σενάριο 5	5	4	3	1	2

Στους Πίνακες 5.10 και 5.11 βλέπουμε τα αποτελέσματα με τη χρήση της σιγμοειδούς συναρτήσεως και τη σειρά προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο αντίστοιχα. Εδώ η σειρά προτίμησης των στρατηγικών είναι πάλι ίδια ανά σενάριο αλλά διαφορετική σε σχέση με την περίπτωση χρήσης της υπερβολικής εφαπτομένης. Συγκεκριμένα, περισσότερο προτιμάμε την 3<sup>η</sup> στρατηγική (Εμφαση στην πράσινη επιχείρηση) και λιγότερο την 4<sup>η</sup>

στρατηγική (Έμφαση στην ενημέρωση/επιμόρφωση των πολιτών). Η διαφοροποίηση στα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενη καθώς οι δύο συναρτήσεις κατωφλίου λειτουργούν διαφορετικά. Μάλιστα, οι τιμές των στρατηγικών ανά σενάριο και ανά στρατηγική είναι εμφανές ότι στην περίπτωση της υπερβολικής εφαπτομένης κινούνται σε μεγαλύτερο εύρος σε σχέση με τη σιγμοειδή συνάρτηση. Αυτό συμβαίνει διότι τα αποτελέσματα της σιγμοειδούς κινούνται σε πολύ μικρότερες διακυμάνσεις για να εντοπίσουμε τις διαφοροποιήσεις. Για αυτό το λόγο μπορούμε να πούμε ότι τα αποτελέσματα βάσει της υπερβολικής εφαπτομένης είναι πιο αξιόπιστα καθώς κινούνται πιο ελεύθερα εντός του εύρους  $[-1, 1]$ , σε σχέση με το εύρος  $(0, 1]$  της σιγμοειδούς.

**Πίνακας 5.10** Αποτελέσματα για τη μείωση εκπομπών με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης.

Μείωση εκπομπών	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Στρατηγική 1	0,84046649	0,8392893	0,83985839	0,83986076	0,83649513
Στρατηγική 2	0,8405055	0,83940409	0,83996091	0,83995001	0,83668783
Στρατηγική 3	0,84108261	0,83999043	0,84047257	0,84047692	0,8371167
Στρατηγική 4	0,84014003	0,83904279	0,83952436	0,83952852	0,83615786
Στρατηγική 5	0,84081915	0,83974553	0,84025059	0,84023969	0,83688805

**Πίνακας 5.11** Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της μείωσης εκπομπών με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης.

Μείωση εκπομπών	Κατάταξη Στρατηγικών				
Σενάριο 1	3	5	2	1	4
Σενάριο 2	3	5	2	1	4
Σενάριο 3	3	5	2	1	4
Σενάριο 4	3	5	2	1	4
Σενάριο 5	3	5	2	1	4

Στο σημείο αυτό είναι ενδιαφέρον να συμπεριλάβουμε στα αποτελέσματα μας και άλλους παράγοντες πέρα από τον τελικό στόχο, δηλαδή τη μείωση των εκπομπών, προς ισχυροποίηση των αποτελεσμάτων προκειμένου να τα συγκρίνουμε με τα προηγούμενα. Θα λάβουμε υπόψη τα δύο επακόλουθα ρίσκα που έχουμε συμπεριλάβει στο χάρτη: 1) *Σύγκρουση μεταξύ των τοπικών και των εθνικών κυβερνήσεων* και 2) *Έλλειμμα του ΛΑΓΗΕ*. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνουμε υπόψη μας και αυτές τις δύο ανεπιθύμητες παρενέργειες από την εφαρμογή των

στρατηγικών και σαν αποτέλεσμα τα τελικά συμπεράσματα θα είναι πιο ρεαλιστικά και αξιόπιστα. Η διαδικασία που ακολουθούμε είναι η εξής: από τις τελικές τιμές που έχουμε από τη μείωση των εκπομπών και τα δύο επακόλουθα ρίσκα δημιουργήσαμε έναν τύπο που συνδυάζει τις τιμές αυτές δίνοντας την απαραίτητη βαρύτητα σε κάθε μεταβλητή. Συγκεκριμένα από την τιμή της μείωσης εκπομπών πολλαπλασιαζόμενη με ένα συντελεστή βαρύτητας 0,8 αφαιρούμε τις τιμές των δύο επακόλουθων ρίσκων πολλαπλασιαζόμενες με συντελεστή βαρύτητας 0,1:

$$0,8*(\text{Μείωση Εκπομπών}) - 0,1*(\text{Σύγκρουση μεταξύ τοπικών και εθνικών κυβερνήσεων}) - 0,1*(\text{Ελλειμμα ΛΑΓΗΕ})$$

Θα ονομάσουμε τη μεταβλητή αυτή «**Συνολική**». Η επιλογή των συντελεστών έγινε βάσει της σημασίας και της βαρύτητας που επιθυμούμε να δώσουμε προκειμένου να εξάγουμε τα συμπεράσματα μας. Η μείωση των εκπομπών είναι η μεταβλητή στην οποία δίνουμε την περισσότερη βαρύτητα καθώς είναι ο τελικός στόχος της μελέτης μας. Έτσι ο μεγαλύτερος συντελεστής επιλέγουμε να αντιστοιχεί σε αυτήν την μεταβλητή με μικρή «συμμετοχή» των δύο επακόλουθων ρίσκων.

Στους Πίνακες 5.12 και 5.13 φαίνονται αντίστοιχα τα αποτελέσματα της «Συνολικής» μεταβλητής με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης και η σειρά προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο, όπως ακριβώς κάναμε για τη μείωση εκπομπών προηγουμένως. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση η σειρά προτίμησης διαφέρει ανά σενάριο έχοντας σε όλες τις περιπτώσεις όμως σε πρώτη προτίμηση την 3<sup>η</sup> στρατηγική (Εμφαση στην πράσινη επιχείρηση). Έτσι βλέπουμε ότι εστιάζοντας μόνο στη μείωση των εκπομπών η καλύτερη στρατηγική και γενικά η σειρά προτίμησης που προκύπτουν είναι διαφορετικά από την περίπτωση που λαμβάνουμε υπόψη και τα επακόλουθα ρίσκα.

**Πίνακας 5.12** Αποτελέσματα για τη «Συνολική» μεταβλητή με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης.

Συνολική Μεταβλητή	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Στρατηγική 1	0,771097	0,705431	0,68111519	0,69704919	0,70995382
Στρατηγική 2	0,742429	0,670737	0,64997743	0,66326158	0,67622473
Στρατηγική 3	0,812858	0,793755	0,73013912	0,74899637	0,76413724
Στρατηγική 4	0,727262	0,719063	0,70716356	0,71145391	0,73757119
Στρατηγική 5	0,695885	0,693453	0,69011394	0,69148552	0,69556525

**Πίνακας 5.13** Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της «Συνολικής» μεταβλητής με χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης.

Συνολική Μεταβλητή	Κατάταξη στρατηγικών				
Σενάριο 1	3	1	2	4	5
Σενάριο 2	3	4	1	5	2
Σενάριο 3	3	4	5	1	2
Σενάριο 4	3	4	1	5	2
Σενάριο 5	3	4	1	5	2

Στη συνέχεια, με τη χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης ως κατωφλίου προκύπτουν οι Πίνακες 5.14 και 5.15 με τα αποτελέσματα βάσει της «Συνολικής» μεταβλητής και τη σειρά προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι ως καλύτερη στρατηγική προκύπτει η ίδια με την περίπτωση που εστιάζουμε μόνο στη μείωση εκπομπών, αλλά η σειρά κατάταξης έχει αλλάξει. Η σειρά προτίμησης των στρατηγικών είναι ίδια για κάθε σενάριο και μικρότερη προτίμηση έχει η 5<sup>η</sup> στρατηγική (Εμφαση στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας). Επιπλέον, και στην προσέγγιση της «Συνολικής» μεταβλητής η χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης δίνει τελικές τιμές που κυμαίνονται σε μικρότερο εύρος σε σχέση με τη χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης για τους λόγους που εξηγήσαμε και παραπάνω. Ωστόσο, τώρα η καλύτερη στρατηγική προκύπτει η ίδια και για τις δύο συναρτήσεις κατωφλίου. Αλλά στη σειρά κατάταξης πάλι υπάρχουν αλλαγές που οφείλονται στους ίδιους λόγους που αναφέραμε παραπάνω, με αποτέλεσμα πάλι να θεωρούμε την υπερβολική εφαπτομένη πιο αξιόπιστη για συνάρτηση κατωφλίου.

**Πίνακας 5.14** Αποτελέσματα για τη «Συνολική» μεταβλητή με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης.

Συνολική Μεταβλητή	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Στρατηγική 1	0,541351	0,539708	0,539586	0,539934	0,538527
Στρατηγική 2	0,537904	0,536322	0,53619	0,536527	0,535204
Στρατηγική 3	0,542565	0,54134	0,540798	0,541148	0,539746
Στρατηγική 4	0,539852	0,538634	0,538125	0,538462	0,537008
Στρατηγική 5	0,536795	0,535622	0,5352	0,535499	0,533966

**Πίνακας 5.15** Κατάταξη προτίμησης των στρατηγικών ανά σενάριο βάσει της «Συνολικής» μεταβλητής με χρήση της σιγμοειδούς συνάρτησης.

Συνολική Μεταβλητή	Κατάταξη Στρατηγικών				
Σενάριο 1	3	1	4	2	5
Σενάριο 2	3	1	4	2	5
Σενάριο 3	3	1	4	2	5
Σενάριο 4	3	1	4	2	5
Σενάριο 5	3	1	4	2	5

### 5.1.3 Εξαγωγή συμπερασμάτων για την εξεταζόμενη μελέτη περίπτωσης

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τους πίνακες, από τις τέσσερις προσεγγίσεις μας οι τρεις αναδεικνύουν την 3<sup>η</sup> στρατηγική (Εμφαση στην πράσινη επιχείρηση) ως καλύτερη προς υλοποίηση για τη μεγαλύτερη ικανοποίηση του στόχου μας. Συνεπώς, προτείνεται η επιλογή της στρατηγικής «Εμφαση στην πράσινη επιχείρηση» η οποία από τις πολιτικές που έχουμε εμπειρέχει μόνο μία, τα «Κίνητρα για πράσινη επιχείρηση και ενεργειακή απόδοση στα εμπορικά κτίρια», δηλαδή δεν προκύπτει ως σύνολο μιας σειράς πολιτικών όπως θα γινόταν αν επιλέγαμε κάποια από τις άλλες στρατηγικές. Βέβαια η πολιτική αυτή ικανοποιείται σε τέτοιο βαθμό ώστε να απαιτεί τελικά 349.650.000€ (από τα συνολικά 666 εκατ. €), ικανοποιώντας έτσιο διαθέσιμο προϋπολογισμό των 350 εκατ. €. Αυτή η πολιτική στρατηγική, η οποία αντλήθηκε από το ΣΔΕΑ (2014), περιλαμβάνει την υλοποίηση των παρακάτω επιμέρους προγραμμάτων, όπως παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο τρίτο κεφάλαιο:

- Ενίσχυση μικρομεσαίων επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στους τομείς μεταποίησης, τουρισμού, εμπορίου – υπηρεσιών
- Μετεγκατάσταση επιχειρήσεων σε Β.Ε.ΠΕ. και Επιχειρηματικά Πάρκα
- Καινοτόμα Επιχειρηματικότητα, Εφοδιαστική Αλυσίδα, Τρόφιμα, Ποτά
- Πράσινη επιχείρηση
- Υποστήριξη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε μεταποιητικές επιχειρήσεις

Όσον αφορά τη σειρά επιλογής των υπολοίπων στρατηγικών, η σειρά προτεραιότητας ποικίλει ανά περίπτωση όποτε εξαρτάται από το που θα επικεντρωθούμε για την απόφαση μας (βάσει μείωσης εκπομπών μόνο ή βάσει της συνολικής μεταβλητής) και ποια συνάρτηση κατωφλίου θα επιλέξουμε. Όπως εξηγήσαμε, η χρήση της υπερβολικής εφαπτομένης ως συνάρτηση κατωφλίου δίνει πιο φερέγγυα αποτελέσματα από τη σιγμοειδή συνάρτηση καθώς οι τιμές της είναι πιο «διασκορπισμένες» στο εύρος κανονικοποίησης της. Έτσι, εδώ

βασιζόμενοι στην μεγαλύτερη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων την υπερβολικής εφαπτομένης, η δεύτερη βέλτιστη στρατηγική – συνδυασμός πολιτικών, είτε εστιάσουμε στην μεταβλητή της μείωσης εκπομπών είτε στη συνολική μεταβλητή, φαίνεται να είναι η 4<sup>η</sup> στρατηγική «Έμφαση στην ενημέρωση/επιμόρφωση των πολιτών»η οποία ενεργοποιεί 4 διαφορετικές πολιτικές σε διαφορετική ένταση ώστε να είναι προσεγγιστικά εντός του προϋπολογισμού μας.. Συγκεκριμένα, η λύση μας προτείνει προσεγγιστικά:

- 25 εκατ. € για «Επιδότησεις για την κατασκευή NZEB»
- 50 εκατ. € για «Επιμορφωτικά προγράμματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή»
- 241 εκατ. € για το πρόγραμμα «Εξοικονομώ κατ' οίκον»
- 34 εκατ. € για «FIT/FIP Επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε ιδιωτικά κτίρια»





# 6 *Συμπεράσματα & Προοπτικές*

## *6.1 Συμπεράσματα*

Ανακεφαλαιώνοντας, μέσα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες σε προβλήματα του πεδίου ενδιαφέροντος μας αλλά και από τη μελέτη περίπτωσης που εξετάστηκε με τη χρήση των χαρτών αυτών για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων στην Ελλάδα, έχουμε πλέον σχηματίσει μια ολοκληρωμένη εικόνα και μπορούμε να εξάγουμε πλεονεκτήματα που προσφέρουν, καθώς επίσης και να επισημάνουμε τυχόν μειονεκτήματα που μπορεί να παρουσιάζουν.

Είδαμε ότι οι Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες είναι ασαφείς δομές που μοιάζουν με νευρωνικά δίκτυα και έχουν ισχυρά οφέλη ως μαθηματικό εργαλείο για τη μοντελοποίηση περίπλοκων συστημάτων. Μπορούν να προσφέρουν πληθώρα πλεονεκτημάτων έναντι άλλων ερευνητικών μεθόδων. Είναι δυναμικοί και συνδυαστικοί και το ασαφές μοντέλο που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει, να προσομοιώσει και να ελέγξει την επιρροή των παραμέτρων, καθώς επίσης και να προβλέψει τη συμπεριφορά του συστήματος. Επίσης, οι ΑΓΧ βοηθούν στην περιγραφή σχηματικών δομών, παρουσιάζουν τις αιτιώδεις σχέσεις των στοιχείων ενός δοθέντος περιβάλλοντος αποφάσεων και το αποτέλεσμα μπορεί να υπολογιστεί από μια αριθμητική λειτουργική μήτρα. Με τον ΑΓΧ είναι συνήθως εύκολο να βρούμε ποιος παράγοντας πρέπει να τροποποιηθεί και με ποιον τρόπο.

Επιπρόσθετα, οι ΑΓΧ δεν εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων, καθώς «χτίζονται» πάνω στην ανθρώπινη εμπειρία και γνώση. Έτσι, είναι ιδιαίτερα ευέλικτοι και, ως εκ τούτου, η δομή τους δεν περιορίζεται από κανόνες, ενώ υπάρχει και ένα υψηλό επίπεδο ελευθερίας. Επίσης, ένα όφελος των ΑΓΧ είναι ότι φέρνουν σχεδιαστές και ειδικούς πιο κοντά και, σαν αποτέλεσμα, οι αναλυτές χρειάζεται μόνο είναι να συμβουλευτούν τους

ειδικούς ώστε να κατασκευάσουν το μοντέλο και οι ενδιαφερόμενοι φορείς το εκτιμούν, καθώς αποτελούν έτσι βασικό μέρος της διαδικασίας χάραξης πολιτικών, και γίνονται πιο πρόθυμοι να εμπιστευτούν και να χρησιμοποιήσουν τα αποτελέσματα. Παράλληλα, με τους ΑΓΧ οι σημαντικές έννοιες και σχέσεις σχεδιάζονται στο χάρτη από τους συνεντευξιζόμενους, αφαιρώντας έτσι πιθανή προκατάληψη των ερευνητών καθώς και μειώνοντας την ποσότητα του χρόνου που ξοδεύεται στην ανάλυση μετά τις συνεντεύξεις.

Στην πραγματικότητα, η δύναμη της ανάλυσης των ΑΓΧ είναι ότι επιτρέπει να έχουμε ένα ποσοτικό μέσο για να συγκρίνουν οι ομάδες των ενδιαφερόμενων φορέων. Κατανοώντας τις διαφορές στον τρόπο σκέψης μεταξύ των ομάδων των ενδιαφερόμενων πριν οι ομάδες έρθουν σε επαφή, επιτρέπει στα προβλήματα να προλαμβάνονται και πιθανοί τρόποι που θα τα αμβλύνουν δημιουργούνται εκ των προτέρων. Το γεγονός αυτό βελτιώνει τις ευκαιρίες για επιτυχείς σχέσεις εργασίας μεταξύ των ομάδων. Όπως δήλωσε ο Eden (1992), οι γνωστικοί χάρτες παρέχουν ένα «εργαλείο για τη διευκόλυνση λήψης αποφάσεων, επίλυση προβλημάτων και διαπραγμάτευσης».

Όσον αφορά τις αδυναμίες των ΑΓΧ, μια μέθοδος τόσο γρήγορη και απλή όπως οι ΑΓΧ θα έχει πάντα μειονεκτήματα (αλλά αυτό δε σημαίνει ότι ξεχνάμε τα τεράστια οφέλη τους). Πρώτα από όλα, τα δεδομένα από τους ενδιαφερόμενους μπορούν γίνουν μειονέκτημα για το μοντέλο του ΑΓΧ καθώς, αν οι συνεντεύξεις είναι πάρα πολλές, θα είναι δύσκολο να συνδυαστούν όλοι οι ατομικοί χάρτες και να δημιουργηθεί ο συλλογικός χάρτης προκειμένου να συνεχιστεί η διαδικασία. Επίσης ένα μεγάλο μειονέκτημα των ΑΓΧ είναι ότι οι σχέσεις είναι ημι-ποσοτικές, παρέχοντας έτσι μόνο μια ημι-ποσοτική έξοδο από την προσομοίωση ενός ΑΓΧ και έτσι τα αποτελέσματα μπορούν να θεωρηθούν ότι δεν είναι πλήρως αξιόπιστα. Με άλλα λόγια, η ημι-ποσοτικοποίηση μπορεί να είναι πλεονέκτημα και εμπόδιο την ίδια στιγμή.

Ένα άλλο αδύναμο σημείο των ΑΓΧ είναι αυτό του κατάλληλου καθορισμού και ενσωμάτωσης του χρόνου. Η έξοδος της προσομοίωσης ενός ΑΓΧ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογηθεί πως βασικοί παράγοντες εξελίσσονται μετά από έναν αριθμό επαναλήψεων, όταν συγκεκριμένες πολιτικές ή σειρές πολιτικών είναι ενεργές, αλλά αυτή η έξοδος δε μπορεί απευθείας να μεταφραστεί σε χρόνο. Όμως, αυτό το μειονέκτημα μπορεί να ξεπεραστεί εν μέρει, για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τις χρονικές καθυστερήσεις ή time lags (Nikas & Doukas, 2016).

Επιπλέον, σε ένα μοντέλο ΑΓΧ πολλές φορές ασύγκριτοι παράγοντες τίθενται σε σύγκριση. Αν οι έννοιες κρατούνται ανακριβώς ξεχωριστά και όχι σε συνδυασμό, θα συνδέονται μόνο ασθενώς με άλλες έννοιες και, ενδεχομένως, οι επιπτώσεις τους στο σύστημα θα υποεκπροσωπούνται. Οι αδυναμίες στην ποιότητα των δεδομένων, όμως, είναι σχετικά εύκολο να διορθωθούν εφαρμόζοντας μεθόδους για τη βελτίωση της σύλληψης της γνώσης

στη μοντελοποίηση του ΑΓΧ. Τέλος, ένας περιορισμός της μεθόδου ίσως είναι η ανάγκη του να εκτελείται στα πλαίσια ενός workshop. Οι ΑΓΧ χάνουν την εξοχότητα τους όταν κατασκευάζονται ανεξάρτητα.

Καθοριστικό ρόλο στην παρούσα εργασία διαδραμάτισε το εργαλείο ESQAPE που αναπτύχθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού Matlab, αφενός διότι μέσα από τη μελέτη περίπτωσης που εξετάστηκε αναδείχθηκε η χρησιμότητα του για την διευκόλυνση της υλοποίησης ενός ασαφή γνωστικού χάρτη, αφετέρου επειδή εμπεριέχει ορισμένες καινοτομίες σε σχέση με αντίστοιχα προγενέστερα εργαλεία: α) δυνατότητα εισαγωγής χρονικών καθυστερήσεων στα δεδομένα του χάρτη, προκειμένου να ενσωματωθεί ο χρόνος στο διερευνώμενο πρόβλημα και να ξεπεραστεί το μειονέκτημα αυτό, και β) δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων από αρχείο GML και εξαγωγής σε αρχείο GML, το οποίο έχει την έννοια του αρχείου διάταξης και δίνει τη δυνατότητα σε χρήστες και προγραμματιστές να περιγράφουν γενικά σύνολα δεδομένων που περιλαμβάνουν κόμβους και γραμμές χρησιμοποιώντας σχήματα, διευκολύνοντας έτσι τη διαδικασία εισαγωγής δεδομένων στο εργαλείο.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η καινοτομία που αφορά στην προσέγγιση μας στη εργασία για τη μελέτη περίπτωσης που εξετάστηκε και έγκειται στο ότι δε μελετάμε πώς επιδρά μία συγκεκριμένη πολιτική στο σύστημα, αλλά πώς επιδρούν διαφορετικά σύνολα πολιτικών (δηλαδή πολιτικές στρατηγικές), που κατά βάση απαρτίζονται από τις ίδιες πολιτικές αλλά ενεργοποιημένες σε διαφορετικό βαθμό. Χάρη σε αυτό το γεγονός, η διαδικασία προσομοίωσης των ασαφών γνωστικών χαρτών γίνεται ακόμα πιο ευέλικτη και δυναμική αποδίδοντας βέλτιστα αποτελέσματα. Μάλιστα ο συνδυασμός τους με ανάπτυξη σεναρίων, τα οποία περιγράφουν πιθανές μελλοντικές εκβάσεις ενός προβλήματος, όπως έγινε και στην περίπτωση μας, οδηγεί σε ακόμη πιο αξιόπιστα μονοπάτια επίλυσης.

## **6.2 Προοπτικές**

Η παρούσα μελέτη καλλιεργεί προοπτικές και πιθανότατα δημιουργεί αρκετά περιθώρια περαιτέρω έρευνας προς δύο βασικές κατευθύνσεις που αναλύθηκαν. Η πρώτη σχετίζεται με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων στην Ελλάδα και τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν πέρα των προτεινόμενων της εργασίας μας, ενώ η δεύτερη αφορά τη μεθοδολογία και το εργαλείο που αναπτύχθηκε για τους Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες, τα οποία στο μέλλον μπορούν να επεκταθούν ακόμη περισσότερο.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τη μελέτη περίπτωσης της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων στην Ελλάδα, έγινε μια προσπάθεια εύρεσης ικανοποιητικής και συμφέρουσας λύσης

εστιάζοντας στον επιχειρησιακό τομέα, όπως δείξαμε στην ενότητα των αποτελεσμάτων, και έτσι έχει γίνει πλέον το πρώτο βήμα για επιπλέον μελέτη στο μέλλον που μπορεί να έχει ως γνώμονα την παρούσα έρευνα προς την εύρεση ακόμη πιο βέλτιστων λύσεων. Το μονοπάτι προς την πράσινη μετάβαση του κτιριακού τομέα στην Ελλάδα απαιτεί αδιάκοπη έρευνα καθώς αποτελεί βασικό παράγοντα για τη συνολική εξοικονόμηση της ενέργειας που θα οδηγήσει στον επιθυμητό στόχο της μείωσης της εκπομπής των αερίων.

Στη συνέχεια, η καινοτομία που υπήρχε στην προσεγγισή μας σχετικά με τις στρατηγικές και τη «μίξη» πολλών πολιτικών μαζί ενεργοποιημένες σε διαφορετικό βαθμό η καθεμιά ανάλογα με τον εκάστοτε στόχο, γεγονός που δεν έχει εφαρμοστεί ξανά σε προγενέστερες μελέτες, δίνει το εναύσμα για επόμενες εφαρμογές να ακολουθήσουν αντίστοιχο μονοπάτι προς ισχυροποίηση των αποτελεσμάτων.

Τέλος, περιγράψαμε αναλυτικά τις καινοτομίες που παρουσιάζει το εργαλείο που αναπτύχθηκε συγκριτικά με αντίστοιχα προγενέστερα. Ωστόσο, στη μελέτη περίπτωσης που εξετάστηκε εδώ δεν έγινε χρήση της επιλογής εισαγωγής χρονικών υστερήσεων, που είναι μία από τις καινοτομίες. Για το συγκεκριμένο πρόβλημα των κτιρίων κρίθηκε ότι η συμμετοχή των χρονικών υστερήσεων στην ανάλυση μας δε θα είχε ιδιαίτερη συνεισφορά για αυτό και δεν τις συμπεριλάβαμε. Ωστόσο, η χρήση τους σε κάποιο άλλο σύστημα, πιθανώς πιο περίπλοκο, μπορεί να κριθεί αναγκαία για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων. Παράλληλα, οι ΑΓΧ, λόγω της ευελιξίας τους, καταλαβαίνουμε ότι είναι μια μέθοδος που συνεχώς εξελίσσεται δεχόμενη νέα ερεθίσματα και προοπτικές βελτίωσης. Έτσι, μπορούμε να αντιληφθούμε στο μέλλον ότι θα υπάρχει πληθώρα βελτιωτικών αλλαγών με αποτέλεσμα το εργαλείο που αναπτύξαμε ίσως να μην επαρκεί. Ως εκ τούτου, μπορεί να γίνει χρήση του εργαλείου αυτού ως «καλούπι» για προσθήκη επιπλέον καινοτομιών που θα συμβαδίζουν με τις εξελίξεις της μεθόδου και με στόχο τη ελαχιστοποίηση των μειονεκτημάτων των ΑΓΧ.

# 7 Βιβλιογραφία

- Amer, M., Daim, T. U., & Jetter, A. (2016). Technology roadmap through fuzzy cognitive map-based scenarios: the case of wind energy sector of a developing country. *Technology Analysis & Strategic Management*, 28(2), 131-155.
- Amer, M., Jetter, A., & Daim, T. (2011). Development of fuzzy cognitive map (FCM)-based scenarios for wind energy. *International Journal of Energy Sector Management*, 5(4), 564-584.
- Anezakis, V. D., Dermetzis, K., Iliadis, L., & Spartalis, S. (2016, September). Fuzzy Cognitive Maps for Long-Term Prognosis of the Evolution of Atmospheric Pollution, Based on Climate Change Scenarios: The Case of Athens. In International Conference on Computational Collective Intelligence (pp. 175-186). Springer International Publishing.
- Axelrod R (1976) The analysis of cognitive maps. Structure of decision: 55–73
- Bauer, N., Calvin, K., Emmerling, J., Fricko, O., Fujimori, S., Hilaire, J., ... & de Boer, H. S. (2016). Shared socio-economic pathways of the energy sector—quantifying the narratives. *Global Environmental Change*.
- Biloslavo, R., & Grebenc, A. (2012). Integrating group Delphi, analytic hierarchy process and dynamic fuzzy cognitive maps for a climate warning scenario. *Kybernetes*, 41(3/4), 414-428.
- Bueno, S., & Salmeron, J. L. (2009). Benchmarking main activation functions in fuzzy cognitive maps. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5221-5229.
- Ceccato, L. (2012). Three Essays on participatory processes and Integrated Water Resource Management in developing countries.
- Christen, B., Kjeldsen, C., Dalgaard, T., & Martin-Ortega, J. (2015). Can fuzzy cognitive mapping help in agricultural policy design and communication?. *Land Use Policy*, 45, 64-75.
- Dadaser Celik, F., Ozesmi, U., & Akdogan, A. (2005). Participatory Ecosystem Management Planning at Tuzla Lake (Turkey) Using Fuzzy Cognitive Mapping. *arXiv preprint q-bio/0510015*.

- Dickerson J, Kosko B (1993) Virtual worlds as fuzzy cognitive maps. In IEEE Virtual Reality Annual International Symposium: 471–477
- Eden C, Ackermann F, Cropper S (1992) The analysis of cause maps. *Journal of Management Studies* 29(3): 309–324
- EnergyPress. (2016, July 15). Από 2017 και βλέπουμε, ο μειοδότης για τους "έξυπνους" μετρητές - Ετοιμάζουν ενστάσεις οι μνηστήρες. Ανακτήθηκε από <http://energypress.gr/news/apo-2017-kai-vlepoyme-o-meiidotis-gia-toys-exyprnoys-metrites-etoimazoy-n-enstaseis-oi-mnistires>
- Ghaderi, S. F., Azadeh, A., Nokhandan, B. P., & Fathi, E. (2012). Behavioral simulation and optimization of generation companies in electricity markets by fuzzy cognitive map. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 4635-4646.
- Giordano, R., Passarella, G., & Vurro, M. (2010). Fuzzy cognitive maps for conflict analysis and dissolution in drought risk management. In Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements (Vol. 4, No. 7).
- Gray, S. A., Gray, S., Cox, L. J., & Henly-Shepard, S. (2013, January). Mental modeler: a fuzzy-logic cognitive mapping modeling tool for adaptive environmental management. In *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on* (pp. 965-973). IEEE.
- Gray, S. A., S. Gray, J. L. De Kok, A. E. R. Helfgott, B. O'Dwyer, R. Jordan, and A. Nyaki. 2015. Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. *Ecology and Society* 20(2)
- Gray, S. R. J., Gagnon, A. S., Gray, S. A., O'Dwyer, B., O'Mahony, C., Muir, D., ... & Gault, J. (2014). Are coastal managers detecting the problem? Assessing stakeholder perception of climate vulnerability using Fuzzy Cognitive Mapping. *Ocean & Coastal Management*, 94, 74-89.
- Hobbs, B. F., Ludsins, S. A., Knight, R. L., Ryan, P. A., Biberhofer, J., & Ciborowski, J. J. (2002). Fuzzy cognitive mapping as a tool to define management objectives for complex ecosystems. *Ecological Applications*, 12(5), 1548-1565.
- Hsueh, S. L. (2015). Assessing the effectiveness of community-promoted environmental protection policy by using a Delphi-fuzzy method: A case study on solar power and plain afforestation in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1286-1295.
- Huang, S. C., Lo, S. L., & Lin, Y. C. (2013). Application of a fuzzy cognitive map based on a structural equation model for the identification of limitations to the development of wind power. *Energy policy*, 63, 851-861.
- Jetter, A. J., & Sperry, R. C. (2013, January). Fuzzy cognitive maps for product planning: using stakeholder knowledge to achieve corporate responsibility. In *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on* (pp. 925-934). IEEE.
- Jetter, A., & Schweinfort, W. (2011). Building scenarios with Fuzzy Cognitive Maps: An exploratory study of solar energy. *Futures*, 43(1), 52-66.
- Kafetzis, A., McRoberts, N., & Mouratiadou, I. (2010). Using fuzzy cognitive maps to support the analysis of stakeholders' views of water resource use and water quality policy. In *Fuzzy Cognitive Maps* (pp. 383-402). Springer Berlin Heidelberg.
- Karavas, C. S., Kyriakarakos, G., Arvanitis, K. G., & Papadakis, G. (2015). A multi-agent decentralized energy management system based on distributed intelligence for the design and control of autonomous polygeneration microgrids. *Energy Conversion and*

*Management*, 103, 166-179.

- Kayikci, Y., & Stix, V. (2014). Causal mechanism in transport collaboration. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1561-1575.
- Kok, K. (2009). The potential of Fuzzy Cognitive Maps for semi-quantitative scenario development, with an example from Brazil. *Global Environmental Change*, 19(1), 122-133.
- Kontogianni, A., Papageorgiou, E., Salomatina, L., Skourtos, M., & Zanou, B. (2012). Risks for the Black Sea marine environment as perceived by Ukrainian stakeholders: A fuzzy cognitive mapping application. *Ocean & coastal management*, 62, 34-42.
- Kontogianni, A., Tourkolias, C., & Papageorgiou, E. I. (2013). Revealing market adaptation to a low carbon transport economy: tales of hydrogen futures as perceived by fuzzy cognitive mapping. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(2), 709-722.
- Kosko B (1986) Fuzzy cognitive maps. *International Journal of man-machine studies* 24(1): 65-75
- Kyriakarakos, G., Dounis, A. I., Arvanitis, K. G., & Papadakis, G. (2012). A fuzzy cognitive maps-petri nets energy management system for autonomous polygeneration microgrids. *Applied Soft Computing*, 12(12), 3785-3797.
- Kyriakarakos, G., Patlitzianas, K., Damasiotis, M., & Papastefanakis, D. (2014). A fuzzy cognitive maps decision support system for renewables local planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 209-222.
- Lopolito, A., Nardone, G., Prosperi, M., Sisto, R., & Stasi, A. (2011). Modeling the bio-refinery industry in rural areas: A participatory approach for policy options comparison. *Ecological Economics*, 72, 18-27.
- Mallampalli, V. R., Mavrommati, G., Thompson, J., Duveneck, M., Meyer, S., Ligmann-Zielinska, A., ... & Borsuk, M. E. (2016). Methods for translating narrative scenarios into quantitative assessments of land use change. *Environmental Modelling & Software*, 82, 7-20.
- Meliadou, A., Santoro, F., Nader, M. R., Dagher, M. A., Al Indary, S., & Salloum, B. A. (2012). Prioritising coastal zone management issues through fuzzy cognitive mapping approach. *Journal of environmental management*, 97, 56-68.
- Mourhir, A., Rachidi, T., Papageorgiou, E. I., Karim, M., & Alaoui, F. S. (2016). A cognitive map framework to support integrated environmental assessment. *Environmental Modelling & Software*, 77, 81-94.
- Nair, A. & K. Singh, P. (2014). *Perception Analysis of Climate Related Impacts Faced by Agricultural Communities Using Fuzzy Cognitive Mapping Approach*.
- Natarajan, R., Subramanian, J., & Papageorgiou, E. I. (2016). Hybrid learning of fuzzy cognitive maps for sugarcane yield classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 147-157.
- Nikas, A., & Doukas, H. (2016). Developing Robust Climate Policies: A Fuzzy Cognitive Map Approach. In *Robustness Analysis in Decision Aiding, Optimization, and Analytics* (pp. 239-263). Springer International Publishing.
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., ... & Levy, M. (2015). The roads ahead: narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*.
- Olazabal, M., & Pascual, U. (2016). Use of fuzzy cognitive maps to study urban resilience and transformation. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 18, 18-40.

- Ortolani, L., McRoberts, N., Dendoncker, N., & Rounsevell, M. (2010). Analysis of farmers' concepts of environmental management measures: an application of cognitive maps and cluster analysis in pursuit of modelling agents' behaviour. In *Fuzzy Cognitive Maps* (pp. 363-381). Springer Berlin Heidelberg.
- Ozesmi, U. (2006). Ecosystems in the mind: Fuzzy cognitive maps of the Kizilirmak Delta Wetlands in Turkey. arXiv preprint q-bio/0603022.
- Ozesmi, U. (2006). Fuzzy cognitive maps of local people impacted by dam construction: Their demands regarding resettlement. *arXiv preprint q-bio/0601032*.
- Özesmi, U., & Özesmi, S. L. (2004). Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological modelling*, 176(1), 43-64.
- Papageorgiou, E. I. (2012). Learning algorithms for fuzzy cognitive maps—a review study. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 42(2), 150-163.
- Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2013). A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(1), 66-79.
- Papageorgiou, E. I., & Stylios, C. D. (2008). Fuzzy cognitive maps. *Handbook of Granular Computing*, 755-774.
- Papageorgiou, E. I., Markinos, A. T., & Gemtos, T. A. (2011). Fuzzy cognitive map based approach for predicting yield in cotton crop production as a basis for decision support system in precision agriculture application. *Applied Soft Computing*, 11(4), 3643-3657.
- Papageorgiou, E., & Kontogianni, A. (2012). *Using fuzzy cognitive mapping in environmental decision making and management: a methodological primer and an application*. INTECH Open Access Publisher.
- Papageorgiou, E., Stylios, C., & Groumpos, P. (2003, December). Fuzzy cognitive map learning based on nonlinear Hebbian rule. In *Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 256-268). Springer Berlin Heidelberg.
- Peng, Z., Wu, L., & Chen, Z. (2016). Research on Steady States of Fuzzy Cognitive Map and its Application in Three-Rivers Ecosystem. *Sustainability*, 8(1), 40.
- Rajaram, T., & Das, A. (2010). Modeling of interactions among sustainability components of an agro-ecosystem using local knowledge through cognitive mapping and fuzzy inference system. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1734-1744.
- Reckien, D. (2014). Weather extremes and street life in India—Implications of Fuzzy Cognitive Mapping as a new tool for semi-quantitative impact assessment and ranking of adaptation measures. *Global Environmental Change*, 26, 1-13.
- Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'neill, B. C., Fujimori, S., ... & Lutz, W. (2016). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. *Global Environmental Change*.
- Sacchelli, S. (2014). Social Acceptance Optimization of Biomass Plants: A Fuzzy Cognitive Map and Evolutionary Algorithm Application. *CHEMICAL ENGINEERING*, 37.
- Samarasinghe, S., & Strickert, G. (2013). Mixed-method integration and advances in fuzzy cognitive maps for computational policy simulations for natural hazard mitigation. *Environmental modelling & software*, 39, 188-200.
- Shiau, T. A., & Liu, J. S. (2013). Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies. *Ecological indicators*, 34, 361-371.
- Singh, P. K., & Nair, A. (2014). Livelihood vulnerability assessment to climate variability



- and change using fuzzy cognitive mapping approach. *Climatic Change*, 127(3-4), 475-491.
- Stylios, C. D., & Groumpos, P. P. (2004). Modeling complex systems using fuzzy cognitive maps. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 34(1), 155-162.
- University of Cyprus (2009). Generalized fuzzy cognitive map for realistic simulation of complex dynamic systems. Retrieved from <http://www.cs.ucy.ac.cy/fcmdss/>
- van Vliet, M., Kok, K., & Veldkamp, T. (2010). Linking stakeholders and modellers in scenario studies: The use of Fuzzy Cognitive Maps as a communication and learning tool. *Futures*, 42(1), 1-14.
- Vanwindekens, F. M., Stilmant, D., & Baret, P. V. (2013). Development of a broadened cognitive mapping approach for analysing systems of practices in social–ecological systems. *Ecological modelling*, 250, 352-362.
- Vassilides, J. M., & Jensen, O. P. (2016). Fuzzy cognitive mapping in support of integrated ecosystem assessments: Developing a shared conceptual model among stakeholders. *Journal of environmental management*, 166, 348-356.
- Wildenberg, M., Bachhofer, M., Adamescu, M., De Blust, G., Diaz-Delgadod, R., Isak, K., ... & Varjopuro, R. (2010, February). Linking thoughts to flows-Fuzzy cognitive mapping as tool for integrated landscape modelling. In *Proceedings of the 2010 International Conference on integrative landscape modeling: linking environmental, social and computer science* (Vol. 3, p. 5).
- Zhang, H., Song, J., Su, C., & He, M. (2013). Human attitudes in environmental management: Fuzzy Cognitive Maps and policy option simulations analysis for a coal-mine ecosystem in China. *Journal of environmental management*, 115, 227-234.
- Zhao, Z. Y., Zhu, J., & Zuo, J. (2014). Sustainable development of the wind power industry in a complex environment: a flexibility study. *Energy Policy*, 75, 392-397.
- ΣΔΕΑ. (2014, Δεκέμβριος). Εθνικό Σχέδιο Δράσης και Ενεργειακής Απόδοσης. ΚΑΠΕ CRES.
- Τσαλέμης, Δ., Μαυράκη, Δ., Δούλος, Η., Οικονόμου, Α., Περράκης, Κ., Τίγκας, Κ., Βουγιουκλάκης, Γ., Κάραλης, Γ., Βασιλικός, Κ., Λουμάκης Σ., Παπασταματίου, Π., Σεϊμανίδης, Σ., Σιαμίδης, Μ., Ψωμάς, Σ. (2012, Απρίλιος). Έκθεση για τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναμόρφωσης του μηχανισμού στήριξης. Ανακτήθηκε από <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ayq57aIx1P4%3D&tabid=37&>



## Παράρτημα Α Εισαγωγή αρχείου GML

Η συνάρτηση επιτρέπει την εισαγωγή ενός μοντέλου μέσω κατάλληλα διαμορφωμένου αρχείου GML.

Η συνάρτηση περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

Εισαγωγή ονόματος αρχείου

Καθαρισμός τρέχοντος μοντέλου FCM

Ανάγνωση αρχείου GML μέσω εξωτερικής συνάρτησης (gml\_parser)

Προετοιμασία δεδομένων για εισαγωγή στο μοντέλο

Καθαρισμός όλων των χαρακτήρων στις τιμές βαρών πλην αριθμών και ερωτηματικών («;»).

Έλεγχος σωστής διαμόρφωσης δεδομένων με τη χρήση regularexpression – σε περίπτωση λάθους, ενημέρωση χρήστη και τερματισμός

Ανάγνωση των τιμών και μεταφορά στους πίνακες βαρών και καθυστερήσεων

Έλεγχος ορθότητας μοντέλου με εξωτερική συνάρτηση (validate\_data)

Αν είναι εντάξει:

Συμπλήρωση των κοινών μεταβλητών ομάδων

Συμπλήρωση της χαρτογράφησης ομάδων – εννοιών

Συμπλήρωση των λιστών ομάδων

Συμπλήρωση στοιχείων διεπαφής

Μεταφορά δομής δεδομένων μοντέλου (handles.\*) στη κύρια εφαρμογή

Τερματισμός

### Πηγαίος κώδικας:

```
function menu_import_gml_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to menu_import_gml (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[FileName,PathName,FilterIndex]= uigetfile({'*.gml'},'Select a
file');
fileName =[PathName  FileName];

if(isempty(fileName))%if the user clicks submit and the file name
edit box is empty an error message appears
    msgbox('You must select a file. Please insert the necessary
info');
elseif FilterIndex>0&& FilterIndex<5
```

```

% clear FCM model
[hObject, eventdata, handles]= new_FCM(hObject, eventdata, handles);

% call function to read GML file
model = gml_parser().init_model(fileread(fileName));

%get weights/delays from labels in model.T
raw_model_data = model.T;
%clean up whitespaces everything from model.T but numbers, semicolons
%and dots
raw_model_data = regexprep(raw_model_data, '[^\d.;-]', '');
%check if data is in the correct format, i.e. [numbers, one/no dot,
%semicolon, numbers, one/no dot]
% correct format is ^([0-9.-]+;[0-9]+)$
values_available = unique(raw_model_data);

%cleaning up the "empty cell value"
values_available(strcmp(values_available,''))=[];
%check if input is well formed
if ~isempty(values_available)
%if values have been entered
for i=1:length(values_available)
if isempty(regexp(values_available{i}, '^([0-9.-]+;[0-9]+)$'))
msgbox('Edge labels should be formatted as "[decimal
weight];[positive integer time delay]"', 'Data format error', 'error');
regexp(values_available{i}, '^([0-9.-]+;[0-9]+)$')
return
end
end
end

%get elements
weights_value=cell(size(raw_model_data));
time_delays_value=cell(size(raw_model_data));

for i =1:numel(raw_model_data)
if ~isempty(raw_model_data{i})
%if not empty, bc textscan needs a string input
%textscan output has nested cells

data_read=textscan(raw_model_data{i}, '%s', 'delimiter', ';');
%un-nesting cells
data_vector = data_read{1};
%setting weights values
weights_value(i)= data_vector(1);
%setting time_delays values
time_delays_value(i)= data_vector(2);
else
%set blank elements to zero
weights_value(i)={'0'};
time_delays_value(i)={'0'};
end
end

%get all required data values for model check
%convert cell arrays to double
num_weights = zeros(size(weights_value));
num_weights = str2double(weights_value);
num_time_delays = zeros(size(time_delays_value));

```

```

    num_time_delays = str2double(time_delays_value);
    concept_names=strtrim(model.mGroups(:,1));

%fill in activation_levels / concept_info
    concept_info=cell(length(concept_names),2);
    concept_info(:,1)={0};
    concept_info(:,2)={'variable'};
    activation_levels = concept_info(:,1);

%Run validation code
[validateError,errorMessage]=
validate_data(concept_names,concept_info,
activation_levels,num_weights,num_time_delays);
if validateError ==1
    msgbox(errorMessage,'Cannot Import: Model Parameter
Error','error');
return
end

%setting up group mappings
%TODO error checking (orphaned groups/concepts)
    group_mappings = strtrim(model.mGroups);
%remove any groups without members and assigned orphaned concepts to
%'None'
for i=1:size(group_mappings,1)
if strcmp(strtrim(group_mappings{i,1}), '')
    group_mappings(i,:)=[];
elseif strcmp(strtrim(group_mappings{i,2}), '')
    group_mappings{i,2}='None';
end
end

handles.mGroups = group_mappings;
handles.avail_groups = unique(group_mappings(:,2));

%populate UI weights/time_delays
    set(handles.weights,'Data',num_weights);
    set(handles.time_delays,'Data',num_time_delays);

%populate groups listbox
    group_names=handles.avail_groups;

% Cleanup 'None' so we can populate the list properly
    group_names(find(strcmp(group_names,'None'))=[]);
%populate list
    set(handles.listbox_groupings,'String',{'All';
group_names;'None'});

% populate concepts listbox and handles
% put numbering on concept_names
% lambda that maps [x] -> [i.; x]
    mapnum =@(x, i)[num2str(i),'. ', x];
for i =1:length(concept_names)
    concept_names{i}= mapnum(concept_names{i}, i);
end
%populate UI
    set(handles.listbox_concepts,'String',concept_names);
    set(handles.c_table,'data', concept_info);
    handles.avail_concepts = concept_names;

    guidata(hObject, handles);

```

```
elseif FilterIndex >1
    msgbox('You must select a .gml file. Please try again.');
```

```
end
```

## **Παράρτημα Β Παραγωγή και αποθήκευση αρχείου GML**

Η συνάρτηση παράγει ένα αρχείο GML από τα δεδομένα του υφιστάμενου μοντέλου GML.

Αναλυτικότερα, η συνάρτηση ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

Έλεγχος ότι υπάρχει μοντέλο

Ανάκτηση των ονομάτων των εννοιών (κόμβων), βαρών, ονόματα ομάδων, συσχετίσεων ομάδων – εννοιών, αρχικών τιμών

Διόρθωση τιμών μοντέλου

Βάρη χωρίς καθυστερήσεις παίρνουν καθυστέρηση 1

Καθυστερήσεις χωρίς βάρη μηδενίζονται

Έλεγχος μοντέλου με εξωτερική συνάρτηση (`validate_data`). Αν είναι σωστό η συνάρτηση συνεχίζει, αλλιώς τερματίζει.

Προετοιμασία πίνακα θέσεων κόμβων του GML

Συμπλήρωση σχήματος/ χρώματος κόμβων ανάλογα με το αν είναι δέκτες/απλοί/αποστολείς

Ερώτηση στον χρήστη για τον τρόπο ομαδοποίησης (δέκτες/απλοί/ αποστολείς, ομάδες μοντέλου, χωρίς ομαδοποίηση)

Δημιουργία πίνακα ομαδοποίησης, στον οποίο εισάγεται ο αύξων αριθμός των κόμβων και σχετίζεται με την ομάδα που ανήκει. (δέκτες/απλοί/ αποστολείς, ή ομάδες μοντέλου)

Ρύθμιση του σχήματος/χρώματος/ πάχους για τις διασυνδέσεις μεταξύ κόμβων με βάση τη θετική / αρνητική επίδραση και το μέγεθός της.

Ρύθμιση συντεταγμένων κόμβων στο σχήμα.

Ομαδοποίηση εντός των ομάδων

Στη περίπτωση που δεν γίνεται ομαδοποίηση, γίνεται στοίχιση τους με κανονικό τρόπο.

Αίτημα στον χρήστη για όνομα αρχείου

Άνοιγμα αρχείου

Εγγραφή δεδομένων GML στο αρχείο.

Κεφαλίδα

Ομάδες

Κόμβοι

Συνδέσεις μεταξύ κόμβων

Κλείσιμο αρχείου

## Ενημέρωση χρήστη

### Πηγαίος κώδικας:

```
function menu_export_gml_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to menu_export_gml (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

%Preparing to export a GML file

%getting the node names
nodes_names=strtrim(handles.avail_concepts);

if isempty(nodes_names)
    msgbox('You have not entered any information about your model!');
return
end

%getting the node weights
weights_value= get(handles.weights,'data');
%getting the time delays
time_delays_value=get(handles.time_delays,'data');
%getting the group mappings
group_mappings = strtrim(handles.mGroups);
%getting unique groups
unique_groups = unique(group_mappings(:,2));
%getting activation levels
concept_info = get(handles.c_table,'data');%retrieve the concept
information as defined by the user
activation_levels = concept_info(:,1);

%Sanitising model parameters i.e. time delays which are zero and have
%We do that because the validate function also looks at time delays
and stops the process, and we
%don't want to modify it at this point.

%time delays corresponding to valid weights are set to 1
ind = find(time_delays_value==0 & weights_value~=0);
if ~isempty(ind)
    time_delays_value(ind)=1;
end

%look for orphaned time delays and set to zero
ind = find(time_delays_value~=0 & weights_value==0);
if ~isempty(ind)
    time_delays(ind)=0;
end

%Run validation code
[validateError,errorMessage]= validate_data(nodes_names,concept_info,
activation_levels,weights_value,time_delays_value);
if validateError ==1
    msgbox(errorMessage,'Cannot Export: Model Parameter
Error','error');
return
end

%declare empty positions array
```



```

positions =[];

%get the number of nodes
num_nodes = length(weights_value);
%remove the numbering
nodes_names = clear_numbering(nodes_names);

%Setting shapes/colours for types of node i.e
Senders/Ordinary/Receivers
for j=1:size(weights_value,1)
if (sum(weights_value(:,j)==0))==
size(weights_value,1) && (sum(weights_value(j,:)~=0)~=0)
% SENDERS
    shapes{j}='trapezoid';
    colors{j}='#99ff99';
elseif (sum(weights_value(j,:)==0))==
size(weights_value,1) && (sum(weights_value(:,j)~=0)~=0)
%RECEIVERS
    shapes{j}='trapezoid2';
    colors{j}='#9999ff';
%NOT IN MODEL
elseif (sum(weights_value(j,:)==0))==
size(weights_value,1) && (sum(weights_value(:,j)==0))==
size(weights_value,1)
    shapes{j}='rectangle';
    colors{j}='#cccccc';
else%ORDINARY
    shapes{j}='rectangle';
    colors{j}='#ff9999';

end
end

%asking the user for the way to group the nodes in the exported GML
button = questdlg('Group nodes in GML file?','GML Export Options',...
'Groupings','Send./Ord./Receiv.','Do not group','Groupings');

%if the user closes the dialog, abort export operation
if isempty(button)
return
end

%mapping nodes to groups
if strcmp(button,'Send./Ord./Receiv.')
for j=1:size(weights_value,1)
if (sum(weights_value(:,j)==0))==
size(weights_value,1) && (sum(weights_value(j,:)~=0)~=0)
% SENDERS
    groups{j}= num2str(length(weights_value)+1);%putting in
GID of SENDERS
elseif (sum(weights_value(j,:)==0))==
size(weights_value,1) && (sum(weights_value(:,j)~=0)~=0)
%RECEIVERS
    groups{j}= num2str(length(weights_value)+3);%putting in
GID of RECEIVERS
elseif (sum(weights_value(j,:)==0))==
size(weights_value,1) && (sum(weights_value(:,j)==0))==
size(weights_value,1)
%NOT IN MODEL

```

```

        groups{j}= num2str(length(weights_value)+4);%putting in
GID of NOT PARTICIPATING
    else
%ORDINARY
        groups{j}= num2str(length(weights_value)+2);%putting in
GID of ORDINARY

    end
end
%setting the names of the available groups (S/O/R/N)
    unique_groups ={'Senders';'Ordinary';'Receivers';'Not
Participating'};

elseif strcmp(button,'Groupings')
for j=1:size(weights_value,1)
%looking at each node
%compare each node with the array of unique groups
%get the index from the array of the unique groups
    group_index =
find(strcmp(group_mappings{j,2},unique_groups));
%add an offset, so that group nodes will be added after the concept
%nodes. A group index is # of concepts + index in unique_groups
    groups{j}= num2str(group_index + length(weights_value));
end
end

%Setting shapes/colours/weights for types of edge
for ii=find(weights_value(:))'
[ss,tt]=ind2sub(size(weights_value),ii);
%setting line styles and colour for positive or negative weight
if weights_value(ss,tt)>0
    arrowcolor{ii}='#ff9900';
    linestyle{ii}='line';
else
    arrowcolor{ii}='#1a8cff';
    linestyle{ii}='dashed';
end
%setting edge thickness depending on the absolute size of the weight
if abs(weights_value(ss,tt))<0.2
    linewidth{ii}='1';
elseif abs(weights_value(ss,tt))>=0.2&& abs(weights_value(ss,tt))<0.4
    linewidth{ii}='3';
elseif abs(weights_value(ss,tt))>=0.4&& abs(weights_value(ss,tt))<0.6
    linewidth{ii}='5';
elseif abs(weights_value(ss,tt))>=0.6&& abs(weights_value(ss,tt))<0.8
    linewidth{ii}='7';
elseif abs(weights_value(ss,tt))>=0.8
    linewidth{ii}='9';
end
end

%setting node positioning
if strcmp(button,'Send./Ord./Receiv.')||strcmp(button,'Groupings')
if isempty(positions)
    x_position =0;
    y_position =0;
    positions(length(weights_value),2)=zeros;
    col_count=1;

for i=1:length(unique_groups)

```

```

for j=1:length(weights_value)
if groups{j}== num2str(i + length(weights_value))%if the mappings
match
if col_count==5
x_position =0;
y_position=y_position +300;
col_count =1;
end
coordinates positions(j,:)= [x_position,y_position];%assign
group member x_position = x_position +300;%move right for each
col_count = col_count +1;
end
end
x_position =0;% reset horizontal
y_position = y_position +300;%move down for each group
col_count=1;%reset column counter
end
end

else%no grouping has been selected, nodes are positioned in rows with
4 columns each
if isempty(positions)
x_position =50;
y_position =50;
col_count =1;
positions(length(weights_value),2)=zeros;

for j=1:length(weights_value)
coordinates positions(j,:)= [x_position,y_position];%assign
group member x_position = x_position +300;%move right for each group
col_count = col_count +1;
if col_count==5
x_position =50;
y_position = y_position +300;%move down
col_count =1;
end
end
end
end

%asking the user for a filename to save to
[FileName,PathName,FilterIndex]= uinputfile({'*.gml'}, 'Select
filename...');
fileName =[PathName,FileName];

%check user input about file type
if FilterIndex ==0%the user closed the window
return
elseif FilterIndex >1%the user has clicked on "all files" and entered
a filename
fileName =[fileName, '.gml'];
end

%opening file to write
fid=fopen(fileName, 'w');

%writing GML header

```

```

fprintf(fid,'%s\n','graph [');
fprintf(fid,'%s\n',' id 0');
fprintf(fid,'%s\n',' version 0');
fprintf(fid,'%s\n',' hierarchic 1');
fprintf(fid,'%s\n',' directed 1');
fprintf(fid,'%s\n',' graphics [');
fprintf(fid,'%s\n',' ]');
fprintf(fid,'%s\n',' LabelGraphics [');
fprintf(fid,'%s\n',' ]');

%write group nodes if required
if strcmp(button,'Send./Ord./Receiv.')
% this is the case of groups of ordinary - senders - receivers
%build an array of the group names

for ii =1:length(unique_groups)
%run the length of the group name array and write the corresponding
group nodes
    fprintf(fid,'%s\n',' node [');
    fprintf(fid,'%s\n',[' id ' num2str((length(weights_value)+
ii))] );%group node id
    fprintf(fid,'%s\n',[' label
'',unique_groups{ii},'' ] );%group node label
    fprintf(fid,'%s\n',' graphics [');
%fprintf(fid,'%s\n',[' x ' num2str(200)] );
%fprintf(fid,'%s\n',[' y ' num2str(-100)] );
%fprintf(fid,'%s\n',[' w ' num2str(382)] );
%fprintf(fid,'%s\n',[' h ' num2str(82)] );
    fprintf(fid,'%s\n',' type "roundrectangle");
    fprintf(fid,'%s\n',' fill "#f2f2f2");
    fprintf(fid,'%s\n',' outline "#000000");
    fprintf(fid,'%s\n',' outlineStyle "dashed");
    fprintf(fid,'%s\n',' topBorderInset 0.0');
    fprintf(fid,'%s\n',' bottomBorderInset 0.0');
    fprintf(fid,'%s\n',' leftBorderInset 1');
    fprintf(fid,'%s\n',' rightBorderInset 1');
    fprintf(fid,'%s\n',' ]');
    fprintf(fid,'%s\n',' LabelGraphics [');
    fprintf(fid,'%s\n',' text '',unique_groups{ii},'' );%group
node visible label
    fprintf(fid,'%s\n',' fill "#EBEBEB");
    fprintf(fid,'%s\n',' fontSize 15');
    fprintf(fid,'%s\n',' fontName "Dialog");
    fprintf(fid,'%s\n',' alignment "center");
    fprintf(fid,'%s\n',' autoSizePolicy "node_width");
    fprintf(fid,'%s\n',' anchor "t");
    fprintf(fid,'%s\n',' borderDistance 0.0');
    fprintf(fid,'%s\n',' ]');
    fprintf(fid,'%s\n',' isGroup 1');
    fprintf(fid,'%s\n',' ]');

end

elseif strcmp(button,'Groupings')
%using the custom groupings from the model
%create group nodes
for ii =1:length(unique_groups)
if~strcmp(unique_groups{ii},'None')
    fprintf(fid,'%s\n',' node [');
    fprintf(fid,'%s\n',[' id '
num2str((length(weights_value)+ii))] );%setting node id

```

```

        fprintf(fid,'%s\n',[' label
"',unique_groups{ii},''']);%setting label of group node
        fprintf(fid,'%s\n', ' graphics ['');
% fprintf(fid,'%s\n',[' x ' num2str(1000)]);
%fprintf(fid,'%s\n',[' y ' num2str(-100)]);
%fprintf(fid,'%s\n',[' w ' num2str(862)]);
%fprintf(fid,'%s\n',[' h ' num2str(82)]);
        fprintf(fid,'%s\n', ' type "roundrectangle");
        fprintf(fid,'%s\n', ' fill "#f2f2f2");
        fprintf(fid,'%s\n', ' outline "#000000");
        fprintf(fid,'%s\n', ' outlineStyle "dashed");
        fprintf(fid,'%s\n', ' topBorderInset 0.0');
        fprintf(fid,'%s\n', ' bottomBorderInset 0.0');
        fprintf(fid,'%s\n', ' leftBorderInset 1');
        fprintf(fid,'%s\n', ' rightBorderInset 1');
        fprintf(fid,'%s\n', ' ]');
        fprintf(fid,'%s\n', ' LabelGraphics ['');
        fprintf(fid,'%s\n', ' text
"',unique_groups{ii},''');%setting visible label of group node
        fprintf(fid,'%s\n', ' fill "#EBEBEB");
        fprintf(fid,'%s\n', ' fontSize 15');
        fprintf(fid,'%s\n', ' fontName "Dialog");
        fprintf(fid,'%s\n', ' alignment "center");
        fprintf(fid,'%s\n', ' autoSizePolicy "node_width");
        fprintf(fid,'%s\n', ' anchor "t");
        fprintf(fid,'%s\n', ' borderDistance 0.0');
        fprintf(fid,'%s\n', ' ]');
        fprintf(fid,'%s\n', ' isGroup 1');
        fprintf(fid,'%s\n', ' ]');

end
end
end

%writing normal nodes
for ii =1:length(weights_value)
    fprintf(fid,'%s\n', ' node ['');
    fprintf(fid,'%s\n',[' id ' num2str(ii)]);
    fprintf(fid,'%s\n',[' label "' nodes_names{ii}''']);
    fprintf(fid,'%s\n', ' graphics ['');
    fprintf(fid,'%s\n',[' x ' num2str(positions(ii,1))]);
    fprintf(fid,'%s\n',[' y ' num2str(positions(ii,2))]);
    fprintf(fid,'%s\n',[' w ' num2str(200)]);
    fprintf(fid,'%s\n',[' h ' num2str(100)]);
    fprintf(fid,'%s\n',[' type "' shapes{ii}''']);
    fprintf(fid,'%s\n',[' fill "' colors{ii}''']);
    fprintf(fid,'%s\n', ' outline "#000000");
    fprintf(fid,'%s\n', ' ]');
    fprintf(fid,'%s\n', ' LabelGraphics ['');
    fprintf(fid,'%s\n', ' type "text");
    fprintf(fid,'%s\n', ' fontSize 14');
    fprintf(fid,'%s\n', ' fontName "Dialog");
    fprintf(fid,'%s\n', ' anchor "c");
    fprintf(fid,'%s\n', ' ]');

if(strcmp(button,'Send./Ord./Receiv.')||strcmp(button,'Groupings'))&&
(~strcmp(group_mappings{ii,2},'None'))
% &&(~strcmp(group_mappings{ii}
%if any type of grouping is activated, add the group id (gid) to
%the node
        fprintf(fid,'%s\n',[' gid ' num2str(groups{ii})]);
end

```

```

        fprintf(fid,'%s\n',' ]');
end

%writing edges
for ii=find(weights_value(:))'
[ss,tt]=ind2sub(size(weights_value),ii);
    fprintf(fid,'%s\n',' edge [');
    fprintf(fid,'%s\n',[' source ' num2str(ss)]);
    fprintf(fid,'%s\n',[' target ' num2str(tt)]);
    fprintf(fid,'%s\n',[' label '""
num2str(weights_value(ss,tt))'];'
num2str(time_delays_value(ss,tt))"'']);
    fprintf(fid,'%s\n',' graphics [');
    fprintf(fid,'%s\n',[' style "" linestyle{ii}''']);
    fprintf(fid,'%s\n',[' fill "" arrowcolor{ii}''']);
    fprintf(fid,'%s\n',' targetArrow "standard"');
    fprintf(fid,'%s\n',[' width ' linewidth{ii}']);
    fprintf(fid,'%s\n',' ]');
    fprintf(fid,'%s\n',' LabelGraphics [');
    fprintf(fid,'%s\n',' type "text"');
    fprintf(fid,'%s\n',[' text '""
num2str(weights_value(ss,tt))'];'
num2str(time_delays_value(ss,tt))"'']);
    fprintf(fid,'%s\n',' outline "#000000"');
    fprintf(fid,'%s\n',' fill "#ffffff"');
    fprintf(fid,'%s\n',' model "side_slider"');
    fprintf(fid,'%s\n',' fontSize 12');
    fprintf(fid,'%s\n',' visible 1');
    fprintf(fid,'%s\n',' ]');
    fprintf(fid,'%s\n',' ]');
end

fprintf(fid,'%s\n',' ]');
fclose(fid);

msgbox(['GML file exported as " ',fileName,' "'],'GML Expo

```

## Παράρτημα C Εκτέλεση προσομοίωσης

Η συνάρτηση ξεκινά όποτε επιλέγεται το κουμπί Run της διεπαφής. Σε γενικές γραμμές, 1) η συνάρτηση ξεκινά από τις αρχικές τιμές των εννοιών 2) με βάση τα βάρη των σχέσεων, υπολογίζει νέες τιμές και 3) επαναλαμβάνει τη διαδικασία μέχρι να μην υπάρχουν άλλες μεταβολές.

Συγκεκριμένα:

Γίνεται ανάκτηση δεδομένων μοντέλου από τη κοινή δομή (handles)

Διορθώνονται οι τιμές του μοντέλου

Μηδενικές καθυστερήσεις παίρνουν τιμή 1

Καθυστερήσεις σε σύνδεση με μηδενικό βάρος παίρνουν τιμή 1

Γίνεται έλεγχος των δεδομένων του μοντέλου με εξωτερική συνάρτηση (validate\_data)

Εφόσον δεν υπάρχουν λάθη (π.χ. εύρους τιμών) η εκτέλεση συνεχίζεται.

Προετοιμάζονται τα στοιχεία της καρτέλας αποτελεσμάτων

Αποθηκεύονται οι αρχικές τιμές στο ιστορικό των προσομοιώσεων

Εκτελείται η πρώτη επανάληψη με τη χρήση εξωτερικής συνάρτησης μετασχηματισμού (transformation() ).

Διαδοχικές επαναλήψεις του μετασχηματισμού μέχρι να

συγκλίνει το δίκτυο (δηλαδή όταν οι τιμές του σταθεροποιηθούν).

Να υπερβεί το μέγιστο αριθμο επαναλήψεων

Να εμφανιστεί «κύκλος», δηλαδή οι τιμές του μοντέλου παρουσιάζουν περιοδικά τις ίδιες τιμές χωρίς να σταθεροποιούνται

Οι νέες τιμές αποθηκεύονται στο ιστορικό του μοντέλου

Ενημέρωση του χρήστη για το λόγο που σταμάτησε η προσομοίωση

Ενημέρωση των στοιχείων διεπαφής της καρτέλας αποτελεσμάτων (χάραξη σχήματος, συμπλήρωση λιστών με τιμές κτλ)

Τερματισμός

### Πηγαίος κώδικας:

```
% --- Executes on button press in button_run.  
function button_run_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```

% hObject      handle to button_run (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

if~isempty(get(handles.listbox_concepts,'String'))
concept_info = get(handles.c_table,'data');%retrieve the concept
information as defined by the user
activation_levels = concept_info(:,1);
weights = get(handles.weights,'data');
time_delays = get(handles.time_delays,'data');
concept_names = handles.avail_concepts;

% sanitising simulation input: zero time delays with valid weights
are set to 1
% using Matlab logical indexing
ind = find(time_delays==0 & weights~=0);
if~isempty(ind)
time_delays(ind)=1;
set(handles.time_delays,'data',time_delays);
uiwait(msgbox(['Warning: Empty or zero time delays corresponding to
valid weights ',...
'have been set to 1.'],'Zero time delay correction','warn'))
End

% look for orphaned time delays (with no weight) and set them to 0
ind = find(time_delays~=0 & weights==0);
if~isempty(ind)
time_delays(ind)=0;
set(handles.time_delays,'data',time_delays);
uiwait(msgbox(['Warning: Time delays not corresponding to valid
weights ',...
'have been set to 0.'],'Orphaned time delay correction','warn'))
end

% validating model data before running

[validateError,errorMessage]=
validate_data(concept_names,concept_info,
activation_levels,weights,time_delays);
ifvalidateError ==1
msgbox(errorMessage,'Cannot Run: Model Parameter Error','error');

elseifvalidateError ==0

set(gcf,'Pointer','watch');
objcs = findobj('Enable','on');
set(objcs,'Enable','off');
uiwait(gcf,2);
refresh(gcf);

cla();%clear plot

set(handles.tab_results,'Enable','off');
set(handles.label_tab_Results,'Enable','off');
set(handles.table_simulation_info,'Data',[]);%initialize the label
which shows the behavior of the network to null

handles.A = cell2mat(activation_levels);%retrieves the data of the
activation levels of each concept as defined by the user and converts
the cell array to a matrix

```



```

handles.history = handles.A;

handles.W = weights;%retrieve the weight matrix as defined by the
user
handles.T = time_delays;
handles.clamped = concept_info(:,2)';%if a concept value is defined
as clamped then the corresponding value will be logical 1 otherwise 0
handles.A_clamped =
handles.A(strcmp(handles.clamped(:,:),'constant'));%returns a vector
containing the values of the elements indicated by the vector
handles.clamped

%the new states of the parameters (at the 2nd row of history)
handles.history =[handles.history;handles.A];

found_circle =0;%var indicating whether a circle is identified

%actions taken for the first iteration (3rd row of history)
    Anew = transformation(activation(handles),handles);%calculate
the new cocnept activation values (using in the first place the
activation funtion and then the transfer function)
Anew(strcmp(handles.clamped,'constant'))= handles.A_clamped;%assign
the clamped concepts initial values (if there are any)

iterations_num=str2double(get(handles.iteration_num,'String'));

%a loop for the rest iterations
while sum(handles.A == Anew)~= length(Anew)&&found_circle ==0&&
size(handles.history,1)-2<iterations_num-1%as far the previous
concept A.L. vectos is not the same as the current one and there is
no circle behavior and the iterations have not exceeded the number
1000 the FCN may continue running
handles.A = Anew;%set the activation levels vector to the new
activation levels vector
handles.history =[handles.history;handles.A];
    Anew =
transformation(activation(handles),handles);%calculate the new
cocnept activation values (using in the first place the activation
funtion and then the transfer function)

Anew(strcmp(handles.clamped,'constant'))= handles.A_clamped;%assign
the clamped concepts initial values (if there are any)
[res,ind]= ismember(handles.history,Anew,'rows');%search the history
matrix if there is an identical concept A.L. vector met in previous
iterations
%if the new vector of concept AL has appeared again in previous
%iterations then the res var will return 1 at the corresponding
%iteration in history matrix and 0 to the rest
found_circle = sum(res);
end
%if (sum(handles.A == Anew)== length(Anew) | found_circle ~=0)
%else
handles.history =[handles.history;Anew];
%handles.history = [handles.history;handles.A];
%end

concepts_list = get(handles.listbox_concepts,'String');

```

```

concepts_num = size(concepts_list,1);

final_listbox_names = color_strings(concepts_list);
final_listbox_values = color_strings(cellstr(num2str(Anew')));

%check the reason of escaping the loop
if sum(handles.A == Anew) == length(Anew)
system_behavior = 'The network has converged';
else if found_circle == 0 %the new activation levels vector is not
identical with the last one then the only left reason of escaping the
loop is for being identical with a previous one
system_behavior = 'Cycle';
else %since no cycle or convergence then exceeded iterations
system_behavior = 'Iterations Limit Exceeded!';
end

sim_info(:,1) = {'System Behavior :'; 'Iterations needed :'; 'Driver
Function Used :'; 'Transfer Function Used :'};
sim_info(:,2) = {system_behavior; num2str(size(handles.history,1)-
2); handles.activation_function; handles.transformation_function};
set(handles.table_simulation_info, 'Data', sim_info);

for i = 1:concepts_num
new_concepts_list{i} = concepts_list{i}(1:end-1);
numb_of_letters(i) = size(new_concepts_list{i},2);
end
total_string_length = max(numb_of_letters);
html_space = cellstr('&nbsp;');
for i = 1:size(handles.history,2)
numb_of_spaces = total_string_length - numb_of_letters(i)+2;
spaces = cell(1,numb_of_spaces);
spaces(:) = html_space;
mat_spaces = cell2mat(spaces);
new_concepts_list{i} = [new_concepts_list{i}, mat_spaces, '|
', num2str(Anew(i))];
end
new_concepts_list = color_strings(new_concepts_list);

%updating listbox and setting no selection - remember to check when
%re-initialising values

set(handles.listbox_c_names, 'String', new_concepts_list, 'Value', []);

scenario = {handles.history, concepts_list,
concept_info(:,1), concept_info(:,2), weights, ...
final_listbox_names, final_listbox_values',
handles.activation_function,
handles.transformation_function, '', Anew, system_behavior, new_concepts
_list, time_delays};
if size(handles.scenaria,2) == 0
handles.scenaria{1} = scenario;
sim_list = {'Simulation 1'};
else
handles.scenaria{size(handles.scenaria,2)+1} = scenario;
sim_list = get(handles.listbox_simulations, 'String');
sim_list{size(sim_list,1)+1} = strcat('Simulation
', num2str(size(handles.scenaria,2)));
end
set(handles.listbox_simulations, 'String', sim_list, 'Value', max(size(si
m_list)));

```

```

set(handles.plot_results,'ColorOrder',handles.colorSet(1:concepts_num
b,:));
hold all;

plot(1:1:size(handles.history,1),handles.history(:,:));%create a plot
for the activation levels per each iteration
    axis([1 size(handles.history,1)+1
floor(min(min(handles.history)) max(max(handles.history))+0.1]);

hold off;

set(handles.plot_results,'ButtonDownFcn',@(h, eventdata)
bigger_plot(handles,(1:concepts_numb)));
set(objcs,'Enable','on');
tab_results_Callback(hObject,eventdata,handles);
set(handles.tab_results,'Enable','on');

guidata(hObject, handles);
set(gcf,'Pointer','arrow');
uiwait(gcf,2);
end
else
msgbox('You haven''t'' entered any information about your model.
Please insert the necessary information (concepts, their initial
values and the weights between them) and try again.');
```

**end**

## Παράρτημα D Έλεγχος ορθότητας μοντέλου

Η συνάρτηση καλείται από άλλες συναρτήσεις ώστε να ελέγξει τις τιμές του μοντέλου και βρίσκει τις τιμές εκτός του προκαθορισμένου εύρους. Με βάση τα αποτελέσματα του ελέγχου, συνθέτει μήνυμα προς τον χρήστη που περιέχει τα εντοπισμένα σφάλματα και τις θέσεις τους, το οποίο επιστρέφει στην καλούσα συνάρτηση.

Αναλυτικότερα:

Προετοιμάζεται μεταβλητή με κενό μήνυμα λάθους και μηδενίζεται η μεταβλητή σφάλματος

Η συνάρτηση δημιουργεί «πίνακες σφαλμάτων» με τις διαστάσεις των πινάκων του μοντέλου και τιμή 1 σε συντεταγμένες όπου υπάρχει σφάλμα. Ελέγχεται

Η ύπαρξη μη-αριθμητικών τιμών

Η παρουσία βαρών εκτός εύρους

Καθυστερήσεις με τιμή 0, ή θετικό ακέραιο.

Καθυστερήσεις χωρίς αντίστοιχα βάρη

Αρχικές τιμές μοντέλου εκτός εύρους

Στη συνέχεια, για κάθε πίνακα σφάλματος αναζητούνται οι συντεταγμένες των τιμών 1.

Αν βρεθεί, προστίθενται συντεταγμένες και μήνυμα μεταβλητή κειμένου που αντιστοιχεί συγκεκριμένο τύπο σφάλματος

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε τύπο σφάλματος. Αν δεν υπάρχουν σφάλματα, οι μεταβλητές μένουν κενές.

Μόλις η διαδικασία ολοκληρωθεί και υπάρχουν σφάλματα, οι μεταβλητές κειμένου συντίθενται σε ενιαίο μήνυμα σφάλματος και η μεταβλητή σφάλματος παίρνει τιμή 1.

Η συνάρτηση τερματίζει και οι τιμές επιστρέφουν στη καλούσα συνάρτηση.

### Πηγαίος κώδικας:

```
%-- Checks for data correctness in the GUI data. Useful for running
%simulations or saving data to excel files
function[validationError,error_msg]= validate_data(concept_names,
concept_info, activation_levels, weights, time_delays)

validationError=0;
error_msg='';

correct_format_clamped =
setdiff(concept_info(:,2),{'variable','constant'});
```

```

is_numeric_al = isnan(cell2mat(activation_levels));
is_numeric_weights = isnan(weights);
is_numeric_time_delays = isnan(time_delays);

% creating a matrix with ones where we have values outside [-1,1]
is_correct_range_weights = weights >1 | weights <-1;
% creating a matrix with ones where
% time delays, if corresponding with non-zero weights, must be
positive
% integer, equal or greater than 1
% first, we're getting rid of the NaNs so that mod will not return
NaN and crash the
%logical operator
time_delays(isnan(time_delays))=0;
is_correct_range_time_delays =(weights ~=0&
time_delays<1)|(weights==0& time_delays <0) | mod(time_delays,1);
% finding time delays not associated with weights
is_time_delay_valid = weights ==0& time_delays ~=0;
% finding initial values in the wrong range
is_correct_range_init_values = cell2mat(activation_levels)>1 |
cell2mat(activation_levels)<-1;

al_pos = find(is_numeric_al);
wrong_init_values_error = '';
if ~isempty(al_pos)
    wrong_init_values_error = ['-----
-----',char(10),...
'Initial Values of concepts in wrong format(must be
numeric):',char(10),...
'-----',char(10),'Row
:',char(10)];

for i=1:size(al_pos,1)
    wrong_init_values_error
=[wrong_init_values_error,num2str(al_pos(i)),':
',concept_names{al_pos(i)},char(10)];
end
end

%finding positions of initial values range erros and adding error
text
al_r_pos = find(is_correct_range_init_values);
wrong_init_values_range_error = '';
if ~isempty(al_r_pos)
    wrong_init_values_range_error = ['-----
-----',char(10),...
'Initial Values of concepts in wrong range (must be in [-
1,1]):',char(10),...
'-----',char(10),'Row
:',char(10)];

for i=1:size(al_r_pos,1)
    wrong_init_values_range_error
=[wrong_init_values_range_error,num2str(al_r_pos(i)),':
',concept_names{al_r_pos(i)},char(10)];
end
end

w_pos = find(is_numeric_weights);

```

```

concepts_numb = size(concept_info,1);
wrong_weights_error = '';
if ~isempty(w_pos)
    wrong_weights_error = ['-----
',char(10),'Weights in Wrong Format (must be numeric):',char(10),...
'-----',char(10),' [Row, ','Column]',char(10)];

for i=1:size(w_pos,1)
if rem(w_pos(i),concepts_numb)==0
    row = concepts_numb;
    col = w_pos(i)/concepts_numb;
else
    row = rem(w_pos(i),concepts_numb);
    col = floor(w_pos(i)/concepts_numb)+1;
end
    wrong_weights_error
=[wrong_weights_error,[' ',num2str(row),char(32),' ',char(32),num2str(
col),']',...
': ',concept_names{row},' -> ',concept_names{col},char(10)];
end
end

%find the position of the errors
w_r_pos = find(is_correct_range_weights);
concepts_numb = size(concept_info,1);
wrong_weights_range_error = '';
%add error string (for the specific error) to the error message
%plus the positions of the wrong values
if ~isempty(w_r_pos)
    wrong_weights_range_error = ['-----
',char(10),'Weights in Wrong Range (must be in [-1,1]):',char(10),...
'-----',char(10),' [Row, ','Column]',char(10)];

for i=1:size(w_r_pos,1)
if rem(w_r_pos(i),concepts_numb)==0
    row = concepts_numb;
    col = w_r_pos(i)/concepts_numb;
else
    row = rem(w_r_pos(i),concepts_numb);
    col = floor(w_r_pos(i)/concepts_numb)+1;
end
    wrong_weights_range_error
=[wrong_weights_range_error,[' ',num2str(row),char(32),' ',char(32),nu
m2str(col),']',...
': ',concept_names{row},' -> ',concept_names{col},char(10)];
end
end

t_pos = find(is_numeric_time_delays);
concepts_numb = size(concept_info,1);
wrong_time_delays_error = '';
if ~isempty(t_pos)
    wrong_time_delays_error = ['-----
',char(10),'Time delays in wrong format (must be
numeric):',char(10),...
'-----',char(10),' [Row, ','Column]',char(10)];

for i=1:size(t_pos,1)
if rem(t_pos(i),concepts_numb)==0
    row = concepts_numb;
    col = t_pos(i)/concepts_numb;

```

```

else
    row = rem(t_pos(i),concepts_num);
    col = floor(t_pos(i)/concepts_num)+1;
end
    wrong_time_delays_error
=[wrong_time_delays_error,[' ',num2str(row),char(32),', ',char(32),num2
str(col),']',...
': ',concept_names{row},' -> ',concept_names{col},char(10)];
end
end

%adding error text if there is a range error
t_r_pos = find(is_correct_range_time_delays);
concepts_num = size(concept_info,1);
wrong_time_delays_range_error = '';
if~isempty(t_r_pos)
    wrong_time_delays_range_error =['-----
',char(10),...
'Time delays with wrong Range or type (must be integer equal or
greater to 1):',char(10),...
'-----',char(10),'[Row, ','Column]',char(10)];

for i=1:size(t_r_pos,1)
if rem(t_r_pos(i),concepts_num)==0
    row = concepts_num;
    col = t_r_pos(i)/concepts_num;
else
    row = rem(t_r_pos(i),concepts_num);
    col = floor(t_r_pos(i)/concepts_num)+1;
end
    wrong_time_delays_range_error
=[wrong_time_delays_range_error,[' ',num2str(row),char(32),', ',char(32
),num2str(col),']',...
': ',concept_names{row},' -> ',concept_names{col},char(10)];
end
end

%adding error text if there is a validity error i.e time delay not
associated with weight
t_v_pos = find(is_time_delay_valid);
concepts_num = size(concept_info,1);
invalid_time_delays_error = '';
if~isempty(t_v_pos)
    invalid_time_delays_error =['-----
',char(10),'Time delays not associated with weights:',char(10),...
'-----',char(10),'[Row, ','Column]',char(10)];

for i=1:size(t_v_pos,1)
if rem(t_v_pos(i),concepts_num)==0
    row = concepts_num;
    col = t_v_pos(i)/concepts_num;
else
    row = rem(t_v_pos(i),concepts_num);
    col = floor(t_v_pos(i)/concepts_num)+1;
end
    invalid_time_delays_error
=[invalid_time_delays_error,[' ',num2str(row),char(32),', ',char(32),nu
m2str(col),']',...
': ',concept_names{row},' -> ',concept_names{col},char(10)];
end
end

```

```

end

if(~isempty(correct_format_clamped)|| sum(is_numeric_al)>0||...
    sum(is_correct_range_init_values)>0||...
    sum(sum(is_numeric_weights))>0||
sum(sum(is_numeric_time_delays))>0||...

sum(sum(is_correct_range_weights))||sum(sum(is_correct_range_time_delays))||sum(sum(is_time_delay_valid))>0)

%error_msg is set to return to calling function
error_msg =['The values of the concepts,weights and time delays
must be set in the correct numeric format and range.',char(10),...
'*****',char(10),char(10),char(10),...
'Please correct the following values:
',char(10),'*****',...
char(10),char(10),wrong_init_values_error,...
char(10),char(10), wrong_init_values_range_error,...
char(10),char(10),wrong_weights_error,...
char(10),char(10),wrong_weights_range_error,...
char(10), char(10), wrong_time_delays_error,...
char(10),char(10), wrong_time_delays_range_error,...
char(10), char(10), invalid_time_delays_error];

%msgbox(error_msg,'Data Validation Error','error');

%return error indicator to the calling function
validationError=1;
end

```



## Παράρτημα Ε Συνάρτηση μετασχηματισμού

Η συνάρτηση χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων της προσομοίωσης. Λαμβάνει ως είσοδο τις αρχικές τιμές και αλλάζει τις τιμές σύμφωνα με τη συνάρτηση που έχει επιλέξει ο χρήστης από τη διεπαφή.

### Πηγαίος κώδικας:

```
function[A]= transformation(A, handles)
%retrieve the transfer function that the user has chosen
if strcmp(handles.transformation_function,'sigmoid')==1
    A = logsig(A);
elseif strcmp(handles.transformation_function,'tanh')==1
    A = tanh(A);
elseif strcmp(handles.transformation_function,'bivalent')==1
    A(A<=0)=0;%bivalent
    A(A>0)=1;
elseif strcmp(handles.transformation_function,'trivalent')==1
    A(A<=-0.5)=-1;%trivalent
    A(A>-0.5 & A<0.5)=0;
    A (A>=0.5)=1;
elseif strcmp(handles.transformation_function,'none')==1
end
```