



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ  
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ:  
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ  
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ**

Διπλωματική Εργασία

ΤΟΥ

Γουναλάκη Μιχαήλ

**Επιβλέπων : Ασκούνης Δημήτριος**

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2017





# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Διπλωματική Εργασία

ΤΟΥ

Γουναλάκη Μιχαήλ

Επιβλέπων : Ασκούνης Δημήτριος

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2017.

.....  
Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Δούκας Χρυσόστομος

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2017

.....

Γουναλάκης Μιχαήλ

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

Copyright © Γουναλάκης Μιχαήλ, 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.

## Περίληψη

Η έννοια της αιτιότητας απασχολεί εδώ και αιώνες τη φιλοσοφία. Τις τελευταίες δεκαετίες γίνονται προσπάθειες ώστε να βρεθούν τα μέσα για την αναγνώριση των σχέσεων αιτιότητας και για την δημιουργία μοντέλων που να τις περιλαμβάνουν. Η σχέση αιτίου-αιτιατού εμφανίζεται σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης ύπαρξης, για αυτό και κάθε επιστημονικός τομέας θα μπορούσε να αξιοποιήσει τα μοντέλα αιτιότητας.

Πλέον, υπάρχουν αρκετά είδη μοντέλων που αξιοποιούν την αιτιότητα από διαφορετική σκοπιά. Με αυτήν την εργασία γίνεται μία προσπάθεια καταγραφής αυτών των μοντέλων και εν συνεχεία μία ταξινόμηση αυτών, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα κριτήρια.

Επόμενο βήμα είναι να διερευνηθεί κατά πόσο τα μοντέλα αιτιότητας μπορούν να αξιοποιηθούν στην διαδικασία διαμόρφωσης πολιτικών και με ποιο τρόπο μπορεί να γίνει αυτό. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται και στα ανοιχτά δεδομένα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον καθένα ώστε να δημιουργήσει το δικό του μοντέλο.

Τέλος, σε μία προσπάθεια ανάδειξης της αξίας των μοντέλων αιτιότητας στην διαμόρφωση πολιτικών κατασκευάζεται ένα μοντέλο, πιο συγκεκριμένα ένα ασαφές γνωστικό δίκτυο, που περιγράφει την ελληνική οικονομία. Αυτό το μοντέλο προσπαθεί να διερευνήσει εναλλακτικές για την εύρεση λύσης στο πρόβλημα της ελληνικής οικονομίας.

**Λέξεις Κλειδιά:** Αιτιότητα, Μοντέλα Αιτιότητας, Διαμόρφωση Πολιτικών, Ανοιχτά Δεδομένα, Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα, Λήψη Αποφάσεων, Αξιολόγηση Επιπτώσεων, Δημιουργία Σεναρίων, Οικονομία

## Abstract

Causality constitutes a concept that concerns philosophy for centuries. During the latest decades efforts are made in order to find the means for the recognition of the causality relationships and for the creation of models that contain them. The cause-effect relationship appears in every aspect of humanity, therefore every scientific sector could make use of causal models.

Nowadays, there are multiple kinds of models that use causality from different scopes. With this thesis an effort is made in order to record and sort these models, using a set of specific criteria.

The next step is to investigate the extent to which causality models can be used in the process of policy formulation and the ways this can be done. Special reference is also made to open data which can be used by anyone in order to create their own model.

Finally, in an effort to highlight the value of causality models in the policy formulation, a model is constructed that describes the Greek economy. More specifically, this model is a fuzzy cognitive map. This model aims towards investigating alternatives for ameliorating the Greek economy.

**Keywords:** Causality, Causal Models, Policy Formulation, Open Data, Fuzzy Cognitive Maps, Decision Making, Impact Evaluation, Scenario Planning, Economy

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Απόφασης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, στο πλαίσιο των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Δ. Ασκούνης, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση αυτής και τη δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο σημαντικό θέμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής κ. Π. Κοκκινάκο για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής, καθώς και την κ. Ο. Μαρκάκη για τις στοχευμένες συμβουλές της.

## Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή.....	11
i) Αντικείμενο-σκοπός.....	11
ii) Μεθοδολογία.....	11
iii) Δομή.....	12
Κεφάλαιο 1: Αιτιότητα.....	13
Κεφάλαιο 2: Μοντέλα Αιτιότητας (Causal Models).....	15
i) Ορισμός.....	15
ii) Καταγραφή υπαρχόντων μοντέλων.....	16
Α) Γραφικά μοντέλα αιτιότητας (graphical causal models).....	16
Β) Μοντέλα δομικών εξισώσεων (structural equation models- SEM).....	18
Γ) Αιτιώδη Μπεϋζιανά Δίκτυα (Causal Bayesian networks).....	22
Δ) Αιτιώδες μοντέλο Rubin (Rubin causal model-RCM).....	25
Ε) Πολυεπίπεδη Ανάλυση/Ιεραρχικό Μοντέλο (Multilevel Analysis/Hierarchical Model).....	26
ΣΤ) Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα (Fuzzy Cognitive Maps).....	28
Ζ) Αιτιότητα κατά Granger.....	33
Η) Δυναμικά Αιτιώδη Μοντέλα (Dynamic Causal Models-DCM).....	36
iii) Ταξινόμηση Μοντέλων Αιτιότητας.....	37
Α) Κριτήρια ταξινόμησης.....	37
Β) Ταξινόμηση.....	40
Κεφάλαιο 3: Μοντέλα Αιτιότητας και Κύκλος Ζωής Πολιτικών.....	47
i) Χρήση μοντέλων στην Πολιτική.....	47
Α) Γενικά.....	47
Β) Πρόβλεψη και Λήψη Αποφάσεων.....	48
Γ) Αξιολόγηση Επιπτώσεων.....	56
1) Πειραματικός Σχεδιασμός.....	61
2) Ψευδο-πειραματικές προσεγγίσεις.....	62
ii) Ανοιχτά δεδομένα (Open data).....	64
Α) Ορισμός.....	64
Β) Η αξία των ανοιχτών δεδομένων στην πολιτική.....	65



Γ) Η χρήση των ανοιχτών δεδομένων στα μοντέλα αιτιότητας.....	69
Κεφάλαιο 4: Τεκμηρίωση προβλήματος .....	71
i) Η αιτιότητα στην οικονομία και οι μέχρι τώρα προσεγγίσεις.....	71
ii) Τεχνικές προβλέψεων στην οικονομία και δημιουργία σεναρίων .....	78
iii) Εφαρμογή.....	91
Κεφάλαιο 5: Επίλογος.....	100
i) Ανασκόπηση .....	100
ii) Μελλοντικές προοπτικές .....	101
Βιβλιογραφία .....	102

## Εικόνες

Εικόνα 1: Παράδειγμα πολλαπλής αιτιότητας (Scott & Marshall, n.d.).....	16
Εικόνα 2: Αιτιώδες διάγραμμα .....	18
Εικόνα 3: Μοντέλο τιμής-ζήτησης (SEM).....	20
Εικόνα 4: Κατευθυνόμενος άκυκλος γράφος .....	23
Εικόνα 5: Ένα απλό Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο .....	29
Εικόνα 6: Εγκυρότητα Μοντέλων Αιτιότητας.....	38
Εικόνα 7: Μοντέλα Αιτιότητας και Φιλικότητα προς το χρήστη .....	39
Εικόνα 8: Κύκλος Ζωής Πολιτικών (Wellstead & Stedman, 2015).....	47
Εικόνα 9 (Larsson & Ibrahim, 2015).....	49
Εικόνα 10: Παράδειγμα με κύκλο που μπορεί να συμπυχθεί σε κατευθυνόμενο γράφο .....	75
Εικόνα 11: Παράδειγμα με κύκλο που δεν μπορεί να συμπυχθεί σε κατευθυνόμενο γράφο .....	76
Εικόνα 12: Βήματα ανάπτυξης σεναρίων SAS. ....	86
Εικόνα 13: Βήματα ανάπτυξης σεναρίων με την χρήση ΑΓΔ.....	87
Εικόνα 14: Ασαφές γνωστικό δίκτυο ελληνικής οικονομίας .....	93
Εικόνα 15: Τιμές κόμβων/Σενάριο βάση .....	95
Εικόνα 16: Κεντρικότητα κόμβων ΑΓΔ.....	96
Εικόνα 17: Τιμές κόμβων/Σενάριο 2.....	97
Εικόνα 18: Τιμές κόμβων/Σενάριο 3.....	98

## Πίνακες

Πίνακας 1: Μέθοδοι ανάλυση αιτιώδους γραφήματος για την λήψη αποφάσεων.....	56
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πειραματικού σχεδιασμού .....	62
Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ψευδο-πειραματικών μεθόδων .....	64
Πίνακας 4: Αξιοποίηση στοιχείων στον κύκλο της πολιτικής.....	68
Πίνακας 5: Αιτιότητα και Οικονομία - Προσεγγίσεις.....	73
Πίνακας 6: Βασικά χαρακτηριστικά ποσοτικών και ποιοτικών σεναρίων .....	84

Πίνακας 7: Σύγκριση ποιοτικών και ποσοτικών σεναρίων .....	85
Πίνακας 8: Επιλογή σεναρίων.....	88
Πίνακας 9: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης ΑΓΔ .....	91
Πίνακας 10: Βάρη ΑΓΔ .....	92
Πίνακας 11: Αρχικές τιμές κόμβων .....	94
Πίνακας 12: Τελικές τιμές κόμβων .....	94
Πίνακας 13: Είδος κόμβων.....	95
Πίνακας 14: Σύγκριση σεναρίων 1-2.....	97
Πίνακας 15: Σύγκριση σεναρίων 1-3.....	99

## Εισαγωγή

### i) Αντικείμενο-σκοπός

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι η αναζήτηση, καταγραφή και ταξινόμηση των υπαρχόντων μοντέλων αιτιότητας, η μελέτη της αξιοποίησης των μοντέλων αιτιότητας στην διαμόρφωση των πολιτικών σε συνδυασμό με τα ανοιχτά δεδομένα, η διερεύνηση της αξιοποίησης στον τομέα της οικονομίας και η δημιουργία ενός παραδείγματος που να απεικονίζει την ελληνική οικονομία.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάδειξη των μοντέλων αιτιότητας ως εργαλείο διαμόρφωσης πολιτικών από το στάδιο της λήψης αποφάσεων ως την αξιολόγηση επιπτώσεων. Με την δημιουργία ενός μοντέλου αναγνωρίζονται τα θετικά στοιχεία που μπορούν να προσφέρουν τα μοντέλα αιτιότητας, αλλά και τα κενά στην υπάρχουσα γνώση και πρακτική εφαρμογή που πρέπει να καλυφθούν.

### ii) Μεθοδολογία

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά την περίοδο Απριλίου 2016 – Ιουλίου 2017 και πραγματοποιήθηκε σε εννέα στάδια, τα οποία φαίνονται παρακάτω και θα αναλυθούν περαιτέρω στα παρακάτω κεφάλαια της εργασίας.

1. Βιβλιογραφική αναζήτηση μοντέλων αιτιότητας
2. Καταγραφή και παρουσίαση των μοντέλων αιτιότητας
3. Δημιουργία κριτηρίων και ταξινόμηση των μοντέλων αιτιότητας
4. Μελέτη αξιοποίησης των μοντέλων αιτιότητας στον κύκλο ζωής των πολιτικών
5. Αξιοποίηση των ανοιχτών δεδομένων
6. Τεκμηρίωση προβλήματος στον τομέα της οικονομίας
7. Μελέτη αξιοποίησης μοντέλων αιτιότητας στην οικονομία
8. Δημιουργία παραδείγματος με την χρήση ασαφούς γνωστικού δικτύου
9. Εξαγωγή συμπερασμάτων και προοπτικών

iii) Δομή

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει την εξής δομή: Αρχικά, παρουσιάζεται μία παρουσίαση της αιτιότητας, έπειτα ακολουθεί η καταγραφή των μοντέλων αιτιότητας και η ταξινόμηση τους. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η σύνδεση των μοντέλων αιτιότητας με την διαμόρφωση των πολιτικών και την αξιοποίηση των ανοιχτών δεδομένων. Ακολουθεί η ανάλυση του προβλήματος της οικονομίας και πώς τα μοντέλα αιτιότητας μπορούν να συμβάλουν σε αυτό και δίνεται ένα παράδειγμα με την χρήση ασαφών γνωστικών δικτύων. Τέλος, γίνεται ανασκόπηση και προκύπτουν κάποια συμπεράσματα και προοπτικές για περαιτέρω έρευνα που προκύπτουν από την ανάπτυξη της εργασίας. Τα κεφάλαια είναι τα εξής:

- Αιτιότητα
- Μοντέλα αιτιότητας
- Μοντέλα αιτιότητας και κύκλος ζωής πολιτικών
- Τεκμηρίωση προβλήματος
- Επίλογος

## Κεφάλαιο 1: Αιτιότητα

Ως αιτιότητα ορίζεται η σχέση μεταξύ αιτίου και αιτιατού. Αιτιατό είναι το αποτέλεσμα που συνδέεται με μια αιτία. Αιτία είναι κάτι που προκαλεί κάτι άλλο. Με άλλα λόγια, υπάρχει αιτιώδης συνάφεια δύο καταστάσεων (αιτίας και αποτελέσματος), όταν όμως είναι βέβαιο ότι η δεύτερη κατάσταση προέκυψε εξαιτίας της πρώτης, δηλαδή στο πώς κάτι επιδρά στο επόμενο.

Η αιτιότητα είναι ένα από τα πιο σημαντικά και αμφιλεγόμενα ζητήματα στις κοινωνικές επιστήμες. Οποιοσδήποτε προσδοκίες για ένα καλύτερο κόσμο, είτε πρόκειται για την ελάφρυνση των ανισοτήτων είτε για την παραγωγή πλούτου, πρέπει άμεσα ή έμμεσα να βασίζονται σε πεποιθήσεις σχετικά με τα αίτια και τις συνέπειες των κυβερνητικών πολιτικών, των κοινωνικών θεσμών, κανόνων ή άλλων φαινομένων που εμπίπτουν στο πεδίο των κοινωνικών επιστημών.

Η αιτιώδης συνάφεια δεν αναφέρεται αποκλειστικά στη σχέση μεταξύ δύο και μόνο γεγονότων ή καταστάσεων, αλλά μπορεί (και συνήθως αυτό συμβαίνει) να αποτελεί μια αιτιώδη διαδοχή (μια αλυσίδα) μεταξύ αιτίων και αιτιατών. Βασικό συστατικό της αιτιότητας (της αιτιώδους συνάφειας) είναι η έννοια του χρόνου, δηλαδή της διαδοχής αιτίου και αιτιατού.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει η έννοια Αιτιώδης Συμπερασματολογία ή Αιτιώδης Ανάλυση, δηλαδή η διαδικασία που εξετάζει αν μια σχέση αιτίου και αιτιατού υπάρχει. Η εξέταση της αιτιώδους συνάφειας αιτίου και αιτιατού πραγματοποιείται μέσα από αιτιώδεις υποθέσεις που προκύπτουν είτε από την παρατήρηση, είτε από τις υπάρχουσες γνώσεις και τον επαγωγικό λόγο. Υποθέσεις που διατυπώνονται εκ των προτέρων (a priori) μπορεί να υποβληθούν σε επαναλαμβανόμενες δοκιμές που επιτρέπουν την εξέταση της ορθότητάς τους. Σε συνδυασμό με τις γνώσεις, τον τύπο και την ποιότητα των διαθέσιμων στοιχείων της έρευνας, τους κανόνες και τα αξιώματα βοηθούν στο να αποφανθούμε εάν υπάρχει σχέση αιτίου και αιτιατού.

Τα αποτελέσματα μίας αιτιώδους ανάλυσης βασίζονται στην εξέλιξη τεσσάρων τομέων (Pearl, 2009):

1. Ανάλυση με αντιπαραδείγματα
2. Μη παραμετρικές δομικές εξισώσεις
3. Γραφικά μοντέλα

#### 4. Συνύπαρξη αντιπαραδειγμάτων και γραφικών μεθόδων

Μέχρι την έλευση των μοντέλων αντιπαραδειγμάτων, η αιτιώδης συνάφεια οριζόταν κυρίως μέσω της παρατήρησης των φαινομένων. Με αυτήν την προσέγγιση, η αιτιότητα οριζόταν με τη χρήση μόνο εμπειρικών κριτηρίων και όχι με την χρήση μη παρατηρήσιμων υποθέσεων. Αυτά τα μοντέλα, που ονομάζονται μοντέλα κανονικότητας, εγκαταλείφθηκαν με την εμφάνιση των μοντέλων αντιπαραδειγμάτων, τα οποία ορίζουν την αιτιότητα συγκρίνοντας παρατηρήσιμα και μη παρατηρήσιμα γεγονότα. Η ανάλυση με αντιπαραδείγματα βασίζεται στο γεγονός ότι κάποιες από τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία σχέσεων αιτιότητας δεν μπορούν να παρατηρηθούν και άρα θα πρέπει να γίνουν κάποιες υποθέσεις. Αρχικά ο Neyman και στη συνέχεια ο Rubin καθόρισαν τις συνθήκες με τις οποίες η αιτιώδης συνάφεια είναι δυνατή χρησιμοποιώντας αντιπαραδείγματα. (Sekhon, 2008)

Μία άλλη σημαντική προσέγγιση της αιτιώδους συνάφειας επιτυγχάνεται με τη χρήση μοντέλων δομικών εξισώσεων, μία μέθοδος που σχετίζεται περισσότερο με το έργο του Pearl. Τα μοντέλα δομικών εξισώσεων αναπτύχθηκαν αρκετά χρόνια πριν, αλλά τελευταία αξιοποιήθηκαν για την περιγραφή σχέσεων αιτιότητας. Μπορούν, επίσης, να συνδυαστούν με γραφικά μοντέλα και με αντιπαραδείγματα ώστε να δώσουν πιο ισχυρό αποτέλεσμα.

Μία άλλη προσέγγιση της αιτιώδους συνάφειας χρησιμοποιεί την θεωρία των πιθανοτήτων. Η πιθανοτική αιτιότητα προσδιορίζει μια ομάδα θεωριών που στοχεύουν σε χαρακτηρισμό της σχέσης μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της θεωρίας πιθανοτήτων. Η κεντρική ιδέα πίσω από αυτές τις θεωρίες είναι ότι οι αιτίες αυξάνουν τις πιθανότητες εμφάνισης των αποτελεσμάτων τους, ανάλογα πάντα με την ισχύ της κάθε ξεχωριστής αιτίας.

## Κεφάλαιο 2: Μοντέλα Αιτιότητας (Causal Models)

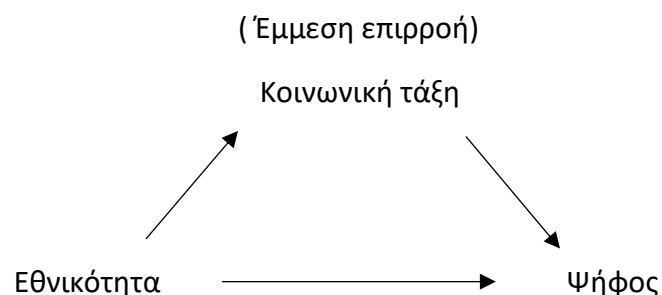
### i) Ορισμός

Ένα μοντέλο αιτιότητας είναι μια αφηρημένη ποσοτική αναπαράσταση των μηχανισμών αιτιότητας ενός συστήματος. Το μοντέλο αυτό προσπαθεί να περιγράψει τις σχέσεις αιτιότητας που υπάρχουν σε ένα σύνολο μεταβλητών. Αποτελείται από ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων που ονομάζονται διαρθρωτικές εξισώσεις και συνήθως συνοδεύεται από ένα διάγραμμα το οποίο απεικονίζει την αιτιακή δομή. (Pearl, 2000)

**Ορισμός:** Ως μοντέλο αιτιότητας ορίζεται μία διατεταγμένη τριάδα  $\{ \mathbf{U}, \mathbf{V}, \mathbf{E} \}$ , όπου  $\mathbf{U}$  είναι ένα σύνολο εξωγενών μεταβλητών, οι τιμές των οποίων καθορίζονται από παράγοντες εκτός του μοντέλου,  $\mathbf{V}$  είναι ένα σύνολο ενδογενών μεταβλητών οι τιμές των οποίων καθορίζονται από παράγοντες εντός του μοντέλου και  $\mathbf{E}$  είναι ένα σύνολο διαρθρωτικών εξισώσεων οι οποίες εκφράζουν όλες τις ενδογενείς μεταβλητές ως συνάρτηση όλων των άλλων μεταβλητών των συνόλων  $\mathbf{U}$  και  $\mathbf{V}$ .

Ακόμη και όταν υπάρχουν μόνο τρεις μεταβλητές σε ένα σύστημα, υπάρχουν πολλά διαφορετικά μοντέλα που μπορούν να περιγράψουν τις σχέσεις μεταξύ τους. Για αυτό η μελέτη διαφορετικών μοντέλων είναι πολύ σημαντική όταν αναλύουμε τα δεδομένα και συνδέουμε την θεωρία με την εμπειρική παρατήρηση και έρευνα.

Τα μοντέλα αιτιότητας ενσωματώνουν την αρχή της πολλαπλής αιτιότητας, δηλαδή ότι μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία αιτίες για ένα αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, το πώς ψηφίζει ένα άτομο μπορεί να εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο, την κοινωνική τάξη, την εθνικότητα κλπ. Επίσης, κάποιες από αυτές τις μεταβλητές μπορεί να συσχετίζονται. Η εθνικότητα και η κοινωνική τάξη συσχετίζονται, έτσι η εθνικότητα επηρεάζει την ψήφο άμεσα αλλά και έμμεσα (μέσω της τάξης).



( Άμεση επιρροή)

*Εικόνα 1: Παράδειγμα πολλαπλής αιτιότητας (Scott & Marshall, n.d.)*

Κατά αυτόν τον τρόπο διαπιστώνουμε πόσο σημαντική είναι η θέσπιση του μοντέλου για την συλλογή των δεδομένων. Επίσης, πολύ σημαντικό για την δημιουργία του μοντέλου δεν είναι μόνο να βρούμε τι επηρεάζει την ψήφο, αλλά και με ποιον τρόπο γίνεται αυτό, θετικά ή αρνητικά. Για παράδειγμα, το να είναι κάποιος άντρας σημαίνει ότι είναι λιγότερο ή περισσότερο πιθανό να ψηφίσει ένα συγκεκριμένο κόμμα. Μία ανάλυση αιτιότητας, επίσης, μπορεί να δείξει ένα συνδυαστικό αντίκτυπο της ηλικίας, της εθνικότητας, του φύλου κ.λπ. στην ψήφο.

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των μοντέλων αιτιότητας είναι το γεγονός ότι βασίζονται σε ένα αριθμό υποθέσεων, κάποιες από τις οποίες είναι απλώς στατιστικές υποθέσεις όπως η γραμμικότητα και η κανονικότητα και άλλες που είναι υποθέσεις πάνω στην αιτιότητα. Τα μοντέλα όμως συνοδεύονται από πλούσιο σύστημα το οποίο είναι ικανό να εξηγήσει αυτές τις υποθέσεις. Τα περισσότερα μοντέλα άλλωστε χρησιμοποιούν επαγωγικές διαδικασίες με τις οποίες τα αποτελέσματα μπορούν να επαληθεύσουν ή να αναιρέσουν τις αρχικές θεωρήσεις και να καταδείξουν κατά πόσο το μοντέλο συμβαδίζει με την προϋπάρχουσα γνώση.

ii) Καταγραφή υπαρχόντων μοντέλων

A) Γραφικά μοντέλα αιτιότητας (graphical causal models)

Μετά από αρκετά χρόνια χρήσης στην ανάλυση μονοπατιών, τα αιτιώδη διαγράμματα (causal diagrams) γνώρισαν μεγάλη θεωρητική εξέλιξη κατά την δεκαετία του '90 και χρησιμοποιήθηκαν μαζί με άλλες μεθόδους μοντελοποίησης της αιτιότητας.

Η αιτιώδης συμπερασματολογία πρέπει να γεφυρώσει ένα χάσμα μεταξύ στόχων και μέσων. Οι αναλυτές αναζητούν την αιτιώδη συνάφεια, αλλά τα δεδομένα, μόνα τους, δείχνουν μόνο σχέσεις. Οι σχέσεις συνίστανται συνήθως σε ένα μείγμα αιτιακών και μη αιτιακών (ψευδών) συστατικών. Η ανάλυση αναγνώρισης (identification analysis) προσδιορίζει αν και υπό ποιες συνθήκες είναι δυνατή η απογύμνωση μιας παρατηρούμενης σχέσης από όλα τα ψευδή συστατικά. Λέμε ότι μια αιτιώδης επίδραση προσδιορίζεται εάν μια σωστά απογυμνωμένη σχέση ισούται ("αναγνωρίζει") με την αιτιώδη επίδραση.



Η ανάλυση αναγνώρισης απαιτεί αιτιώδεις υποθέσεις σχετικά με τον τρόπο δημιουργίας των δεδομένων. Το άθροισμα αυτών των αιτιωδών υποθέσεων ονομάζεται αιτιώδες μοντέλο, το οποίο πρέπει να περιγράφει τόσο τον τρόπο λειτουργίας του κόσμου (τον τρόπο με τον οποίο οι παρατηρούμενες όσο και οι μη παρατηρούμενες μεταβλητές λαμβάνουν τις αξίες τους) και τον τρόπο συλλογής των δεδομένων (ποιες μεταβλητές και ποιες τιμές καταγράφονται). Όλα τα αποτελέσματα αναγνώρισης εξαρτώνται από την εγκυρότητα του αναφερόμενου αιτιώδους μοντέλου. (Elwert, 2013)

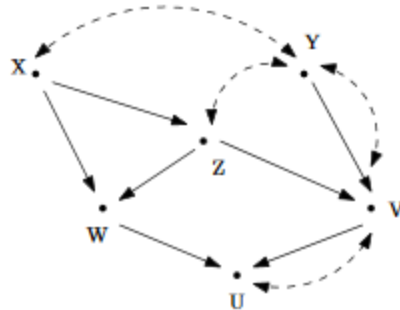
Τα γραφικά μοντέλα είναι χρήσιμα για ανάλυση αναγνώρισης επειδή είναι διαφανείς γραφικές απεικονίσεις του αιτιώδους μοντέλου. Η σχετική ευκολία με την οποία οι αιτιώδεις υποθέσεις και οι συνέπειές τους μπορούν να κωδικοποιηθούν και να διαβαστούν από ένα γραφικό μοντέλο επιτρέπει στους εμπειρογνώμονες του αντικειμένου να εκτιμήσουν και να συζητήσουν την εγκυρότητά τους.

Ένας γράφος/διάγραμμα περιλαμβάνει τις ακμές που είναι οποιαδήποτε γραμμή συνδέει δύο μεταβλητές. Εάν υπάρχει βέλος από μία μεταβλητή  $X$  σε μία μεταβλητή  $Y$ , η  $X$  ονομάζεται γονέας της  $Y$  και η  $Y$  ονομάζεται παιδί της  $X$ . Όταν μία μεταβλητή έχει γονέα ονομάζεται ενδογενής, ενώ εάν δεν έχει, ονομάζεται εξωγενής.

Ένα μονοπάτι μεταξύ των μεταβλητών  $X$  και  $Y$  σε ένα διάγραμμα αποτελείται από μια ακολουθία ακμών  $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  τέτοια ώστε η ακμή  $e_1$  να προσπίπτει στη μεταβλητή  $X$ , η  $e_n$  να προσπίπτει στη  $Y$  και κάθε ζεύγος διαδοχικών ακμών στη σειρά να έχει κοινή μεταβλητή. Οι μεταβλητές  $X$  και  $Y$  καλούνται σημεία ακρότατα του μονοπατιού, και οποιαδήποτε άλλη μεταβλητή που εμφανίζεται σε κάποια ακμή είναι μια ενδιάμεση μεταβλητή του μονοπατιού. Λέμε ότι το μονοπάτι δείχνει το ακρότατο σημείο  $X$  ( $Y$ ) εάν η ακμή  $e_1$  ( $e_n$ ) έχει ένα βέλος που δείχνει στο  $X$  ( $Y$ ). Για παράδειγμα, τα μονοπάτια στην εικόνα 2 είναι ορισμένα μεταξύ των μεταβλητών  $X$  και  $U$ .

Ένα κατευθυνόμενο μονοπάτι είναι μία ακολουθία από βέλη όπου το παιδί ακολουθεί τον γονέα. Αν υπάρχει κατευθυνόμενο μονοπάτι από το  $X$  στο  $Y$ , το  $X$  ονομάζεται πρόγονος του  $Y$  και το  $Y$  απόγονος του  $X$ . Ένας γράφος/διάγραμμα είναι κατευθυνόμενος όταν όλες οι ακμές είναι βέλη, ενώ κατευθυνόμενος άκυκλος γράφος ονομάζεται ο γράφος στον οποίο δεν σχηματίζεται κλειστός βρόγχος.

- $X \rightarrow Z \rightarrow V \rightarrow U$
- $X \rightarrow Z \rightarrow V \leftrightarrow U$
- $X \leftrightarrow Y \leftrightarrow Z \rightarrow W \rightarrow U$
- $X \rightarrow Z \rightarrow V \leftrightarrow Y \leftrightarrow Z \rightarrow W \rightarrow U$



Εικόνα 2: Αιτιώδες διάγραμμα

Ένας γράφος χαρακτηρίζεται ως αιτιώδης, αν κάθε βέλος αντιπροσωπεύει την ύπαρξη αιτιώδους σύνδεσης μεταξύ των μεταβλητών. Ένα κατευθυνόμενο μονοπάτι δείχνει την διαδρομή από την αρχική αιτία στο τελικό αποτέλεσμα. Ένας τέτοιος γράφος δείχνει τις σχέσεις αιτιότητας μεταξύ των μεταβλητών. Οι μεταβλητές μπορεί να αντιπροσωπεύουν ένα άτομο, μία ομάδα, μία κατάσταση ή ένα γεγονός. Ο αιτιώδης γράφος μπορεί να κατασκευαστεί αποσπώντας τις αιτιώδεις υποθέσεις που περιλαμβάνονται στην αφηγηματική περιγραφή των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών της εκάστοτε μελέτης.

Τα γραφικά μοντέλα παρουσιάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μίας αιτιώδους ανάλυσης και δεν υπάρχουν τόσες αναλυτικές τεχνικές που να μπορούν να τα αξιοποιήσουν όσες σε άλλα αλγεβρικά μοντέλα. Μπορούν όμως να εφαρμοστούν σε κάθε αιτιώδη ανάλυση και να δείξουν τις υποθέσεις που έχουν γίνει. Όταν αυτές οι υποθέσεις αμφισβητούνται κάποιος μπορεί να δημιουργήσει διάφορους πιθανούς γράφους. Η κατασκευή ενός γράφου για να συνοδεύει μία συμβατική στατιστική ανάλυση μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή ή στην αναγνώριση λαθών που αφορούν τις μεταβλητές.

## B) Μοντέλα δομικών εξισώσεων (structural equation models- SEM)

Τα μοντέλα δομικών εξισώσεων (SEM) είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία της αιτιώδους ανάλυσης στις κοινωνικές επιστήμες και στις επιστήμες της συμπεριφοράς. Τα SEM είναι μία στατιστική μεθοδολογία που υιοθετεί μια επικυρωτική μέθοδο των υποθέσεων που έχει κάνει ο ερευνητής. Ο όρος SEM δεν αφορά μία ενιαία στατιστική τεχνική, αλλά αναφέρεται

σε μία οικογένεια σχετικών διαδικασιών και στατιστικών αναλύσεων, όπως η ανάλυση παλινδρόμησης, η παραγοντική ανάλυση, τα διαγράμματα μονοπατιών ή και ο συνδυασμός όλων αυτών. Τα SEM είναι μία μέθοδος αναπαράστασης, εκτίμησης και ελέγχου θεωρητικών μοντέλων τα οποία χρησιμοποιούν τις περισσότερες φορές, γραμμικές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Οι μεταβλητές που συμμετέχουν στη δημιουργία των μοντέλων μπορεί να είναι παρατηρήσιμες (άμεσα μετρήσιμες) ή αφανείς (έμμεσα μετρήσιμες).

Σε κάθε παράδειγμα, ο ερευνητής πιστεύει, βασισμένος στην θεωρία και την έρευνα, ότι ένα σύνολο μεταβλητών ορίζει τον τρόπο με τον οποίο σχετίζονται μεταξύ τους τα δομικά στοιχεία ενός προβλήματος. Ο όρος «δομικά» αφορά τις σχέσεις αιτιότητας που εμπεριέχονται στο μοντέλο και εκφράζονται μέσω των εξισώσεων που σχηματίζονται με τις μεταβλητές. Ο στόχος μίας ανάλυσης με SEM είναι να προσδιορίσει τον βαθμό στον οποίο το θεωρητικό μοντέλο υποστηρίζεται από τα δεδομένα. Εάν τα δεδομένα υποστηρίζουν το θεωρητικό μοντέλο τότε μπορούν να δημιουργηθούν πιο περίπλοκα μοντέλα. Εάν τα δεδομένα δεν υποστηρίζουν το θεωρητικό μοντέλο, είτε το αρχικό μοντέλο μπορεί να επανασχεδιαστεί είτε να δημιουργηθεί νέο. Έτσι οι δοκιμές με χρήση SEM χρησιμοποιούν επιστημονικές μεθόδους επαλήθευσης και εξέλιξης των υποθέσεών μας σχετικά με τις περίπλοκες σχέσεις που αφορούν το εκάστοτε πρόβλημα.

Μία διαδικασία ανάλυσης με την χρήση SEM αποτελείται από πέντε βήματα (Schumacker & Lomax, 2010):

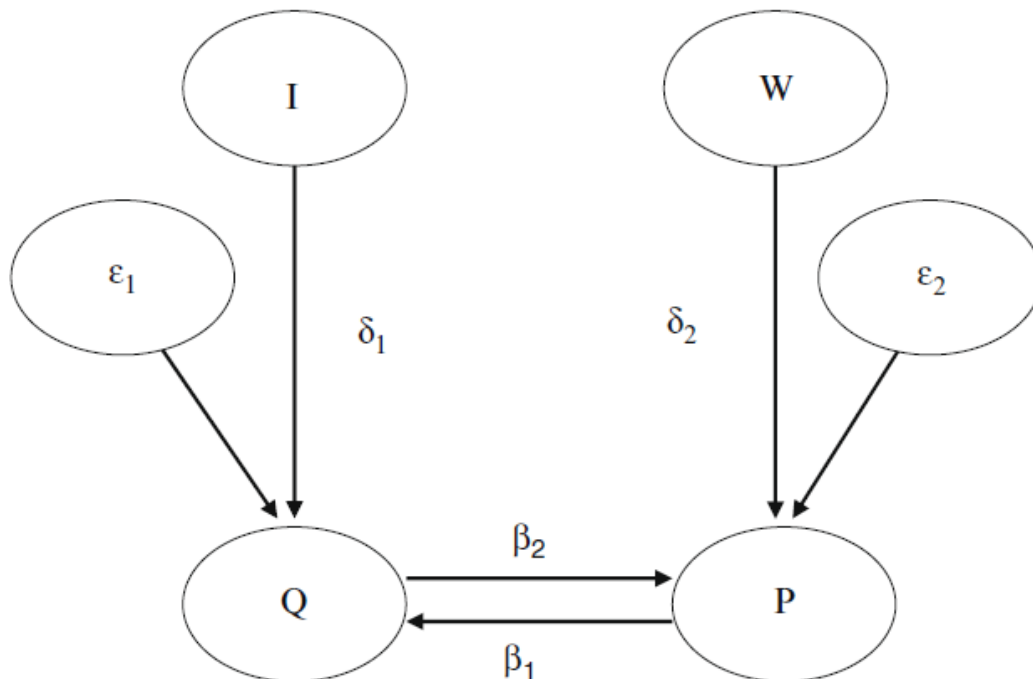
1. Προσδιορισμός: Περιλαμβάνει την χρήση όλης της σχετικής θεωρίας, έρευνας και πληροφοριών για την δημιουργία ενός θεωρητικού μοντέλου. Καθορίζονται ποιες μεταβλητές θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο και πως σχετίζονται μεταξύ τους με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες.
2. Αναγνώριση: Γίνεται μία ανάλυση προκειμένου να διαπιστωθεί εάν υπάρχει ένα μοναδικό σύνολο παραμέτρων που να ταιριάζουν τα δεδομένα με το θεωρητικό μοντέλο.
3. Εκτίμηση: Πραγματική εκτίμηση των παραμέτρων με τη χρήση διάφορων στατιστικών μεθόδων.
4. Εκτίμηση καταλληλότητας: Ο ερευνητής εξετάζει κατά πόσο τα δεδομένα προσαρμόζονται στο μοντέλο. Με άλλα λόγια σε ποιο βαθμό το μοντέλο υποστηρίζεται από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν.
5. Τροποποίηση: Εάν η καταλληλότητα του μοντέλου δεν είναι τόσο ισχυρή όσο θα ήθελε ο ερευνητής, τότε το επόμενο βήμα είναι η τροποποίηση του μοντέλου.

Στα SEM οι σχέσεις μεταξύ ενός συνόλου παρατηρήσιμων μεταβλητών μπορούν να εκφραστούν από μία γραμμική εξίσωση. Κάθε εξίσωση περιγράφει την εξάρτηση μιας μεταβλητής σε όρους μιας άλλης και κάθε εξίσωση περιέχει ένα στοχαστικό όρο σφάλματος που

αντιπροσωπεύει την επιρροή των μη παρατηρήσιμων όρων. Ένα παράδειγμα είναι το ακόλουθο οικονομετρικό μοντέλο που σχετίζει την τιμή με την ζήτηση χρησιμοποιώντας δύο εξισώσεις (Russo, 2009):

$$Q = \beta_1 P + \delta_1 I + \varepsilon_1$$

$$P = \beta_2 Q + \delta_2 W + \varepsilon_2$$



Εικόνα 3: Μοντέλο τιμής-ζήτησης (SEM)

Q είναι η ζητούμενη ποσότητα ενός προϊόντος από ένα νοικοκυριό, P είναι η τιμή του προϊόντος αυτού, I είναι το εισόδημα του νοικοκυριού, W είναι ο μισθός που απαιτείται για την παραγωγή του,  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$  είναι τα σφάλματα και τα  $\beta$  και  $\delta$  αποτελούν τις παραμέτρους. Η πρώτη εξίσωση μας δείχνει πως η ζήτηση εξαρτάται -καθορίζεται αιτιολογικά- από το εισόδημα και την τιμή του προϊόντος, ενώ η δεύτερη εξίσωση δείχνει πως η τιμή εξαρτάται από τη ζήτηση και τους μισθούς. Η εικόνα μας δείχνει αυτές τις μαθηματικές σχέσεις. Κάθε μεταβλητή αποτελεί ένα κόμβο και τα βέλη αντιπροσωπεύουν τις σχέσεις μεταξύ τους.

Από την αρχή τα SEM θεωρήθηκαν ως ένα μαθηματικό εργαλείο με το οποίο μπορεί κανείς να εξάγει αιτιολογικά συμπεράσματα χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα και θεωρητικές

υποθέσεις. Οι δημιουργοί τους ήταν κατηγορηματικοί σχετικά με την σημασία των τελευταίων, αλλά και ανένδοτοι σχετικά με την σαφή αιτιώδη ανάγνωση των παραμέτρων του μοντέλου, εφόσον οι υποθέσεις έχουν τεκμηριωθεί. Στην πορεία, όμως, αυτή η ανάγνωση των μοντέλων δομικών εξισώσεων και η θεωρητική βάση στην οποία στηρίχθηκαν δέχτηκαν μεγάλη κριτική.

Η χρήση του μοντέλου του Rubin περί πιθανής έκβασης (potential-outcome) αποδυνάμωσε περαιτέρω την επάρκεια των SEM να λειτουργούν ως μοντέλα αιτιότητας, καθώς υποστηρίζει ότι οι δομικές παράμετροι διαφέρουν από τις αιτιολογικές. Παρά τις κριτικές τα τελευταία χρόνια έχει προκύψει μία παραγωγική συμβίωση των δύο θεωριών με την οποία οι αιτιώδεις υποθέσεις που χρησιμοποιούνται στη γλώσσα των μη παραμετρικών SEM (ο αριθμός των παραμέτρων δεν είναι καθορισμένος, αλλά προκύπτει από τα δεδομένα) να μεταφράζονται με την μορφή αντιπαραδειγμάτων, δίνοντας την δυνατότητα στον αναλυτή να επιλύσει αλγεβρικά αυτά τα αντιπαραδείγματα ή να χρησιμοποιήσει τους συμπερασματικούς μηχανισμούς των γραφικών μοντέλων (Pearl, 2012).

Αντί για μη παραμετρικά SEM ονομάζονται και Δομικά Μοντέλα Αιτιότητας SCM (Structural Causal Models). Αναπτύχθηκαν από τον Pearl και συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά των μοντέλων δομικών εξισώσεων (SEM) που χρησιμοποιούνται στις οικονομικές και τις κοινωνικές επιστήμες, το πλαίσιο πιθανότητα -αποτέλεσμα των Neyman και Rubin, καθώς και τα γραφικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν για την πιθανολογική λογική και την αιτιώδη ανάλυση.

Παρά το γεγονός ότι τα βασικά στοιχεία του Δομικού Μοντέλου Αιτιότητας εισήχθησαν στα μέσα της δεκαετίας του 1990 από τον Pearl και έχουν υιοθετηθεί σε μεγάλο βαθμό από επιδημιολόγους, στατιστικούς και ερευνητές των κοινωνικών επιστημών η δυναμική του ως μια ολοκληρωμένη θεωρία αιτιώδους συνάφειας δεν έχει ακόμη αξιοποιηθεί πλήρως. Οι συνέπειές της μέχρι τώρα περιλαμβάνουν:

1. Την ενοποίηση των προσεγγίσεων για την αιτιώδη συνάφεια ως προς την γραφική απεικόνιση, τα πιθανά αποτελέσματα, τις δομικές εξισώσεις, την ανάλυση αποφάσεων, την επάρκεια των συνιστωσών και τις πιθανολογικές προσεγγίσεις, με κάθε ξεχωριστή προσέγγιση να θεωρείται μια περιορισμένη έκδοση του Δομικού Μοντέλου Αιτιότητας.
2. Τον ορισμό, αξιωματικοποίηση και λογαριθμοποίηση των αντιπαραδειγμάτων.
3. Την αξιολόγηση των «αποτελεσμάτων των αιτιών», «των προκαλούμενων αποτελεσμάτων» και «των αιτιών των αποτελεσμάτων» σε ένα αλγοριθμικό επίπεδο ανάλυσης.
4. Την σταθεροποίηση των μαθηματικών βάσεων του μοντέλου πιθανότητας-αποτελέσματος και την διαμόρφωση των βάσεων των αντιπαραδειγμάτων ως προς τα μοντέλα δομικών εξισώσεων.

5. Την απομυθοποίηση αινιγματικών εννοιών όπως «συγχυτικοί παράγοντες», «διαμεσολάβηση», «ignorability», «συγκρισιμότητα», «super exogeneity (ισχυρή εξωγένεια)» κλπ. μέσα σε ένα ενιαίο και οικείο εννοιολογικό πλαίσιο.

Το σημαντικότερο ερώτημα είναι πώς ο ερευνητής μπορεί να εξάγει αιτιολογικά συμπεράσματα όταν υπάρχουν τόσες πολλές μεταβλητές και υποθέσεις. Τα SEM σε συνδυασμό με τα γραφικά μοντέλα προσπαθούν να δώσουν την απάντηση εξαντλώντας όλους τους πιθανούς συνδυασμούς μονοπατιών.

Τα SEM μπορούν, επομένως, να χρησιμοποιηθούν ως ένας μηχανισμός αιτιώδους συμπερασματολογίας στον οποίο εισάγονται ποιοτικές αιτιώδεις υποθέσεις και εμπειρικά δεδομένα και παίρνουμε ως έξοδο ποσοτικούς αιτιολογικούς ισχυρισμούς. Πάντοτε θα υπάρχει ένας βαθμός αβεβαιότητας, καθώς πολλές υποθέσεις δεν μπορούν να επιβεβαιωθούν ή να απορριφθούν. Ακόμα και έτσι τα SEM είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την δημιουργία μοντέλων αιτιότητας.

#### Γ) Αιτιώδη Μπεϋζιανά Δίκτυα (Causal Bayesian networks)

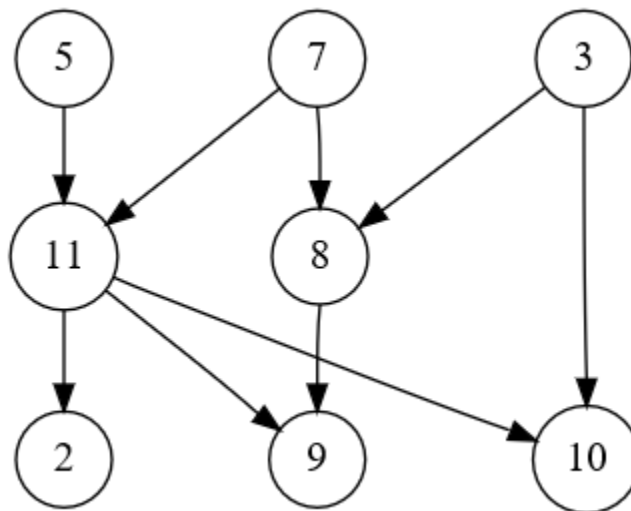
Τα αιτιώδη κατευθυνόμενα μοντέλα γράφων ή αιτιώδη Μπεϋζιανά δίκτυα αναπτύχθηκαν στην φιλοσοφία και στην στατιστική τα τελευταία εικοσιπέντε χρόνια. Οι επιστήμονες φαίνεται να συνάγουν θεωρίες σχετικά με την αιτιώδη δομή του κόσμου από τα μοτίβα των αποδεικτικών στοιχείων. Οι φιλόσοφοι των επιστημών όμως έβρισκαν δύσκολο να εξηγήσουν το πώς αυτά τα συμπεράσματα είναι πιθανά. Αν και η κλασική λογική θα μπορούσε να παρέχει μία παραγωγική λογική, ήταν αρκετά πιο δύσκολο να παραχθεί μία επαγωγική λογική, όπου τα αποδεικτικά στοιχεία θα μπορούσαν να επιβεβαιώσουν τις θεωρίες. Ένας λόγος για αυτό είναι ότι η παραγωγική λογική ασχολείται με βεβαιότητες αλλά τα επαγωγικά συμπεράσματα προκύπτουν πάντα μέσω πιθανοτήτων, όσο περισσότερα στοιχεία συλλέγονται για μία υπόθεση τόσο πιο πιθανή γίνεται, αλλά πάντα υπάρχει πιθανότητα να ανατραπεί. Ένα ακόμη πιο δύσκολο ερώτημα είναι αυτό που οι επιστήμονες αποκαλούν «λογική της επιστημονικής ανακάλυψης». Και πάλι η συνήθης λογική υποδεικνύει ότι μία υπόθεση μπορεί να απορριφθεί (οριστικά) ή να επιβεβαιωθεί (διστακτικά), αλλά η προέλευση αυτής της υπόθεσης είναι άγνωστη, δεν υπάρχει τρόπος με τον οποίο τα στοιχεία από μόνα τους να εξηγούν πως δημιουργείται η υπόθεση (Gornik & Schulz, 2007).

Τα αιτιώδη Μπεϋζιανά δίκτυα παρέχουν ένα είδος επαγωγικής λογικής και ανακάλυψης. Πολλές επιστημονικές υποθέσεις αφορούν την αιτιώδη δομή του κόσμου. Οι επιστήμονες συμπεραίνουν μία αιτιώδη δομή παρατηρώντας τα μοτίβα των δεσμευμένων πιθανοτήτων μεταξύ των γεγονότων (όπως και στην στατιστική ανάλυση), εξετάζοντας τις συνέπειες των

παρεμβάσεων (όπως στα πειράματα), ή, συνήθως, με το συνδυασμό και των δύο. Τα αιτιώδη Μπεϋζιανά δίκτυα μορφοποιούν αυτά τα δύο είδη συμπερασματολογίας.

Συνδυάζοντας την γραφική αναπαράσταση με τα μοντέλα αιτιότητας και τις πιθανότητες, τα Μπεϋζιανά δίκτυα προσφέρονται ως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την ανάλυση φαινομένων. Δίνουν την δυνατότητα δημιουργίας πιθανοτικών μοντέλων αιτιότητας τα οποία παρέχουν πιθανοτικές προβλέψεις για μελλοντικά φαινόμενα.

Στα αιτιώδη Μπεϋζιανά δίκτυα οι αιτιώδεις υποθέσεις παρουσιάζονται με έναν κατευθυνόμενο άκυκλο γράφο όπως στην εικόνα 4. Οι γράφοι αποτελούνται από μεταβλητές, που αντιπροσωπεύουν τα γεγονότα ή τις καταστάσεις του κόσμου, και κατευθυνόμενες ακμές (βέλη) που αντιπροσωπεύουν τις άμεσες σχέσεις αιτιότητας μεταξύ αυτών των μεταβλητών. Οι μεταβλητές μπορεί να είναι διακριτές (βαθμοί στο σχολείο) ή συνεχείς (βάρος), δυαδικές (βρέχει ή δεν βρέχει) ή να έχουν ένα εύρος τιμών (χρώματα). Ομοίως οι σχέσεις αιτιότητας μπορούν να έχουν διάφορες μορφές, ντετερμινιστικές ή πιθανοτικές, γραμμικές ή μη γραμμικές. Ο ακριβής προσδιορισμός αυτών των σχέσεων ονομάζεται παραμετροποίηση του γράφου. Στις περισσότερες εφαρμογές υποθέτουμε ότι οι γράφοι είναι άκυκλοι, δηλαδή δεν υπάρχει κατευθυνόμενος κύκλος. Σε μερικές γενικεύσεις μπορούμε να δούμε και κυκλικές περιπτώσεις.



Εικόνα 4: Κατευθυνόμενος άκυκλος γράφος

Ένα Μπεϋζιανό δίκτυο δημιουργεί συνδέσεις ανάμεσα στις αιτιώδεις υποθέσεις που παρουσιάζονται στο γράφο και στα συγκεκριμένα μοτίβα που εμφανίζονται στα στοιχεία. Η δομή του γράφου περιορίζει τις δεσμευμένες πιθανότητες μεταξύ των μεταβλητών στον εν λόγω γράφο, ανεξάρτητα από το ποιες είναι οι μεταβλητές ή η παραμετροποίηση. Συγκεκριμένα περιορίζει την υπό όρους ανεξαρτησία μεταξύ των μεταβλητών. Λαμβάνοντας υπόψη μία συγκεκριμένη αιτιώδη δομή, μόνο μερικά μοτίβα ανεξαρτησίας θα προκύψουν μεταξύ των μεταβλητών.

Η υπό όρους και άνευ όρων εξάρτηση ή ανεξαρτησία μπορούν να οριστούν μαθηματικά. Δύο διακριτές μεταβλητές  $X$  και  $Y$  είναι άνευ όρων ανεξάρτητες αν και μόνο αν για κάθε τιμή  $x$  του  $X$  και  $y$  του  $Y$  η πιθανότητα τα  $X$  και  $Y$  να συμβαίνουν ταυτόχρονα ισούται με την άνευ όρων πιθανότητα του  $x$  πολλαπλασιασμένη με την άνευ όρων πιθανότητα του  $y$ . Αυτό είναι  $p(x \& y) = p(x) * p(y)$ . Δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες υπό συνθήκη αν και μόνο αν για μία τρίτη μεταβλητή  $Z$  ισχύει  $p(x, y | z) = p(x | z) * p(y | z)$ . Δηλαδή για κάθε τιμή  $x, y, z$  των  $X, Y$  και  $Z$  η πιθανότητα των  $x$  και  $y$  δοθέντος του  $z$  ισούται με την πιθανότητα του  $x$  δοθέντος  $z$  πολλαπλασιασμένη επί την πιθανότητα του  $y$  δοθέντος του  $z$ . Ο ορισμός αυτός μπορεί να επεκταθεί και σε συνεχείς μεταβλητές. Όταν λέμε ότι τρεις μεταβλητές  $x, y$  και  $z$  συσχετίζονται εννοούμε ότι εξαρτώνται. Όταν λέμε ότι τα  $X$  και  $Y$  συσχετίζονται, αλλά ότι αυτή η συσχέτιση εξαρτάται μόνο από  $Z$  και χάνεται όταν δεν υπάρχει το  $Z$  τότε λέμε ότι τα  $X$  και  $Y$  είναι ανεξάρτητα υπό συνθήκη  $Z$ . Η Μπεϋζιανή μεθοδολογία βασίζεται στις δεσμευμένες πιθανότητες μεταξύ των μεταβλητών και αυτό είναι που επιτρέπει στον ερευνητή να εξελίξει το μοντέλο όταν εμφανίζονται νέα δεδομένα.

Τα βήματα για την δημιουργία ενός Μπεϋζιανού μοντέλου είναι τρία (Anthony, 2006):

1. Δημιουργία του πιθανοτικού μοντέλου το οποίο θα περιέχει την υπάρχουσα γνώση σχετικά με τις πιθανότητες των γεγονότων.
2. Ενημέρωση του μοντέλου προσαρμόζοντας τις πιθανότητες σύμφωνα με τα νέα δεδομένα που παρατηρούνται.
3. Αξιολόγηση του μοντέλου λαμβάνοντας υπόψιν τα δεδομένα και δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στα συμπεράσματα που προκύπτουν για τις αρχικές υποθέσεις.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης Αιτιωδών Μπεϋζιανών Δικτύων είναι τα εξής:

- Οι αποφάσεις που πρέπει να παρθούν για την κατασκευή του μοντέλου είναι πιο ουσιώδεις και άρα πιο αξιόπιστες σε σχέση με αυτές που χρειάζονται για ένα απλό μοντέλο που δεν περιλαμβάνει την έννοια της αιτιότητας, αλλά απλά παρουσιάζει μία σχέση πιθανοτήτων μεταξύ δύο μεταβλητών.
- Η δυνατότητα αναπαράστασης και αντίδρασης στις εξωτερικές αλλαγές. Μία αλλαγή στο περιβάλλον μπορεί να μεταφραστεί με μία τοπολογική αλλαγή στο δίκτυο (π.χ. αφαίρεση ή προσθήκη ακμών)



Δ) Αιτιώδες μοντέλο Rubin (Rubin causal model-RCM)

Το μοντέλο Neyman-Rubin γίνεται όλο και πιο δημοφιλές σε πολλά πεδία όπως η Στατιστική, Ιατρική, οι Οικονομικές επιστήμες και η Κοινωνιολογία. Η δομή του στηρίζεται στο μη παραμετρικό μοντέλο του Neyman όπου κάθε μονάδα έχει δύο ενδεχόμενα αποτελέσματα, το ένα δίνεται από τη μονάδα που λαμβάνει τη θεραπεία και το άλλο από εκείνη που δεν την λαμβάνει. Μία θεραπεία είναι μία ενέργεια που μπορεί να εφαρμοστεί ή όχι σε μία μονάδα. Μία αιτιώδης επίδραση ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ των δύο αποτελεσμάτων, όμως μόνο ένα από τα δύο ενδεχόμενα αποτελέσματα μπορεί να παρατηρηθεί. Τα ενδεχόμενα αποτελέσματα προτάθηκαν για πρώτη φορά από τον Neyman και ο Rubin ανέπτυξε το μοντέλο μέσα σε ένα γενικότερο πλαίσιο για την αιτιώδη συμπερασματολογία. Αργότερα ο Holland έδωσε το όνομα «Αιτιώδες Μοντέλο του Rubin» και τόνισε τις συνέπειες του μοντέλου.

Τα δύο βασικά μέρη ενός RCM είναι η ιδέα των ενδεχόμενων αποτελεσμάτων μέσω του οποίου ορίζονται οι αιτιώδεις επιδράσεις και ο μηχανισμός ανάθεσης. Τα ενδεχόμενα αποτελέσματα εκφράζονται με τη μορφή αντιπαραδειγμάτων, δηλαδή τι θα συνέβαινε αν δεν εφαρμοζόταν η θεραπεία. Ο μηχανισμός ανάθεσης είναι η εξήγηση του γιατί κάποιες από τις μονάδες ανήκουν στην ομάδα που δέχτηκε την θεραπεία και κάποιες στην μονάδα ελέγχου, δηλαδή αυτούς που δεν δέχτηκαν την θεραπεία.

Ο μηχανισμός ανάθεσης είναι πολύ κρίσιμος καθώς μέσω αυτού θα προκύψουν τα αποτελέσματα για εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις αιτιώδεις επιδράσεις. Οι μηχανισμοί ανάθεσης διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (Imbens & Rubin, 2012):

1. Τυχαιοποιημένη ανάθεση (randomized): Θεωρείται ως η πιο αξιόπιστη βάση για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την αιτιότητα. Είναι μία πιθανολογική μέθοδος όπου είναι γνωστή η συνάρτηση της ανάθεσης.
2. Κανονική ανάθεση (regular): Πιθανολογική μέθοδος όπου η συνάρτηση δεν είναι γνωστή στον ερευνητή, ο οποίος όμως έχει ουσιώδεις πληροφορίες σχετικά με τον μηχανισμό.
3. Μη-κανονική ανάθεση (irregular): Δεν υπάρχει μία γενική προσέγγιση για αυτήν την περίπτωση και κάθε μία αντιμετωπίζεται διαφορετικά

Ο Rubin ορίζει την αιτιώδη επίδραση ως εξής: Η αιτιώδης επίδραση μιας θεραπείας  $E$  σε σχέση με μία άλλη  $C$  για μια συγκεκριμένη μονάδα και σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα  $t_1$  έως  $t_2$  είναι η διαφορά μεταξύ του τι θα είχε συμβεί τη χρονική στιγμή  $t_2$  εάν η μονάδα είχε εκτεθεί στην  $E$  τη χρονική στιγμή  $t_1$  και του τι θα είχε συμβεί τη χρονική στιγμή  $t_2$  εάν η μονάδα είχε εκτεθεί στην  $C$  τη χρονική στιγμή  $t_1$ . «Εάν μια ώρα πριν είχα πάρει δυο ασπιρίνες αντί για ένα ποτήρι νερό, τώρα δεν θα είχα πονοκέφαλο» ή «Επειδή μια ώρα πριν πήρα δύο ασπιρίνες αντί για ένα ποτήρι νερό, τώρα δεν έχω πονοκέφαλο». Αυτός ο ορισμός της αιτιώδους

επίδρασης της E έναντι της C αντικατοπτρίζει αυτήν την έννοια που αντιλαμβανόμαστε διαισθητικά.

Ο τρόπος για να μάθουμε τις αιτιώδεις αντιδράσεις από την προσωπική μας εμπειρία είναι η αντιγραφή, η οποία εμπλέκει το ίδιο φυσικό αντικείμενο με περισσότερες μονάδες στο χρόνο. Όταν θέλουμε να γενικεύσουμε σε μονάδες πέρα από τον ίδιο μας τον εαυτό, χρησιμοποιούμε περισσότερα αντικείμενα. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται μία μέθοδος ταιριάσματος των μονάδων. Αν το ταιρίασμα γίνει σωστά τότε ο μέσος όρος της αιτιώδης επίδρασης μεταξύ των μονάδων ισούται με την συνολική αιτιώδη επίδραση.

Συμπερασματικά, καταλήγουμε ότι η αιτιώδης επίδραση μίας θεραπείας σε μία μονάδα σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή είναι η διαφορά που υπάρχει στο αποτέλεσμα όταν εφαρμόζεται και όταν δεν εφαρμόζεται η θεραπεία. Το θεμελιώδες πρόβλημα της αιτιώδους συνάφειας είναι ότι είναι αδύνατο να παρατηρήσουμε την αιτιώδη επίδραση σε μία μονάδα, καθώς όταν εφαρμοστεί η θεραπεία δεν μπορούμε να ξέρουμε τι θα είχε συμβεί εάν δεν είχε εφαρμοστεί. Συνεπώς, πρέπει να γίνουν υποθέσεις για τον καθορισμό των αντιπαραδειγμάτων που λείπουν.

Σύμφωνα με τον Pearl (Pearl, 2009) το αιτιώδες μοντέλο του Rubin μπορεί να υπαχθεί στα SEM στην πιο διευρυμένη μη παραμετρική μορφή τους. Η κύρια σύνδεση μεταξύ του RCM και των SEM είναι ότι μία μεταβλητή  $u$ , που στο RCM αντιπροσωπεύει μία μονάδα του μοντέλου (άτομο, κατάσταση κλπ.), στα SEM αντιπροσωπεύεται από ένα διάνυσμα εξωγενών μεταβλητών (συνήθως μη παρατηρήσιμων) που χαρακτηρίζει αυτήν την μονάδα. Με αυτήν την αναπαράσταση κάθε θεώρημα στο RCM μπορεί να γίνει ένα θεώρημα στα SEM και αντιστρόφως.

Σύμφωνα με την οπτική του Pearl το μεγαλύτερο μειονέκτημα ενός RCM είναι ότι όλες οι υποθέσεις και οι βασικές γνώσεις που αναφέρονται σε ένα δεδομένο πρόβλημα πρέπει πρώτα να μεταφραστούν στην γλώσσα των αντιπαραδειγμάτων πριν ξεκινήσει η ανάλυση. Αντιθέτως, στα SEM οι βασικές γνώσεις μπορούν απευθείας να αναπαρασταθούν με την χρήση ενός επιστημονικού λεξιλογίου εκφράζοντας σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος μεταξύ υπαρκτών και όχι υποθετικών μεταβλητών.

#### Ε) Πολυεπίπεδη Ανάλυση/Ιεραρχικό Μοντέλο (Multilevel Analysis/Hierarchical Model)

Τα τελευταία χρόνια, ένα διαφορετικό μοντέλο αναπτύχθηκε και υιοθετήθηκε από διάφορους κλάδους, όπως η δημογραφία ή η επιδημιολογία. Ονομάζεται πολυεπίπεδη ανάλυση ή ιεραρχικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό δεν αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει το

πρόβλημα της αιτιώδους συνάφειας, όμως η μορφή των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό έκανε αναγκαία την ύπαρξή του.

Η πολυεπίπεδη ανάλυση είναι μία μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων με πολύπλοκα μοτίβα διακύμανσης. Η βασική παραδοχή είναι ότι τα δεδομένα δείχνουν μια ιεραρχία που δεν μπορεί να αγνοηθεί κατά την ανάλυση. Απλούστερα, διαφορετικές κοινωνικές επιστήμες μελετούν την ανθρώπινη συμπεριφορά και διάφορα φαινόμενα και προσπαθούν να βρουν και να εξηγήσουν τους (αιτιώδεις) μηχανισμούς που είναι υπεύθυνοι για αυτά. Ωστόσο, το σύνολο στο οποίο γίνεται η ανάλυση δεν είναι πάντα προσδιορισμένο. Για παράδειγμα, ο κλάδος της οικονομίας ενδιαφέρεται για την παραγωγή, τη διανομή και την κατανάλωση του πλούτου, ωστόσο, δεν υπάρχει μία εκ των προτέρων προδιαγραφή του κατά πόσον οι αναλύσεις πρέπει να αφορούν τα άτομα, τις αγορές, τις επιχειρήσεις ή τα έθνη.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά επηρεάζεται από τρεις παράγοντες: 1) οι πρότερες διαθέσεις ενός ατόμου, που μπορεί να περιλαμβάνουν απόψεις, συμπεριφορές, αξίες, επιθυμίες και ικανότητες, 2) η προστριβή του κοινωνικού περιβάλλοντος με το άτομο και 3) η αλληλεπίδραση μεταξύ των πρώτων παραγόντων και των παραγόντων του περιβάλλοντος. Αυτοί οι παράγοντες επιβάλλουν μία ανάλυση με τουλάχιστον δύο επίπεδα, το ατομικό (επίπεδο 1) και το επίπεδο περιβάλλοντος (επίπεδο 2). Μία σφαιρική ανάλυση είναι απαραίτητη όπου αναλύονται οι μεταβλητές και των δύο επιπέδων. Αυτή η ανάλυση περιλαμβάνει και μία συγκριτική μελέτη που συνδέει κατευθείαν τις μεταβλητές του επίπεδο 2 με το επίπεδο 1 (Smith, 2011).

Έτσι, η πολυεπίπεδη ανάλυση αναγνωρίζει την ύπαρξη μιας πολλαπλότητας των επιπέδων και προσπαθεί-στο πλαίσιο ενός ενιαίου μοντέλου- να καθορίσει τις σχέσεις μεταξύ των ατόμων ή / και μεταξύ των διαφορετικών συναθροιστικών επιπέδων. Με άλλα λόγια, η προσέγγιση αυτή αναγνωρίζει ότι η ομαδοποίηση των ατόμων εισάγει μια επιρροή της ομάδας στα μέλη της και, αντιστρόφως, ότι τα μέλη έχουν μια επιρροή στην συμπεριφορά της ομάδας. Η αποτυχία να αναγνωρίσουμε αυτήν την διπλή πηγή επιρροής μπορεί να οδηγήσει σε δύο τύπους πλάνης: η ατομιστικής πλάνη – να αγνοήσουμε το πλαίσιο μέσα στο οποίο παρατηρούνται οι ατομικές συμπεριφορές που μελετούμε - και η οικολογική πλάνη (ecological fallacy) – να συμπεράνουμε εσφαλμένες ατομικές συμπεριφορές από συνολικές μετρήσεις. Η λύση είναι η δημιουργία ενός μοντέλου που περιλαμβάνει ταυτόχρονα διαφορετικά επίπεδα.

Ως τέτοιο παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την επίδοση των μαθητών (εξαρτημένη μεταβλητή) σε σχέση με ατομικά χαρακτηριστικά του μαθητή (ανεξάρτητη μεταβλητή - πρώτο επίπεδο αναφοράς), χαρακτηριστικά της σχολικής μονάδας (ανεξάρτητη μεταβλητή - δεύτερο επίπεδο αναφοράς) αλλά και χαρακτηριστικά του νομού που ανήκει το σχολείο (ανεξάρτητη μεταβλητή - τρίτο επίπεδο αναφοράς).

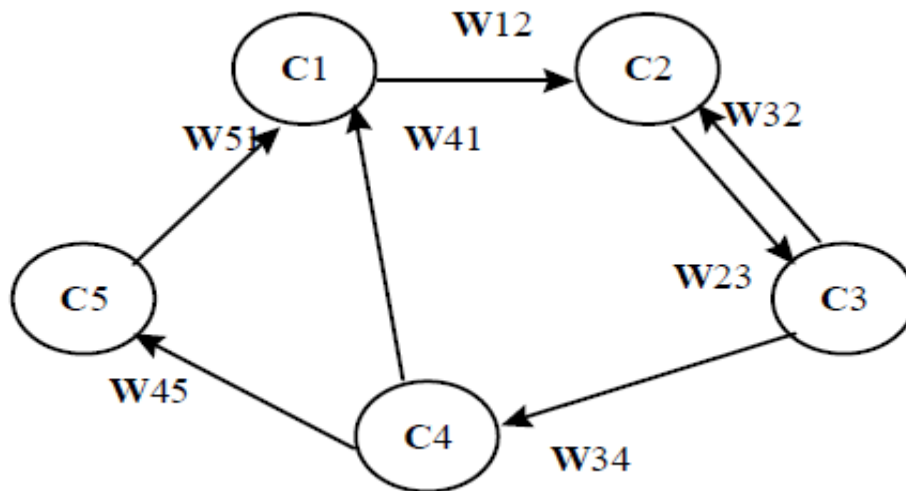
### ΣΤ) Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα (Fuzzy Cognitive Maps)

Τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα εισήχθησαν από τον Kosko το 1986 για την αναπαράσταση των επιδράσεων αιτιότητας μεταξύ των κόμβων-εννοιών καθώς επίσης και για την ανάλυση των συμπερασμάτων προτύπων. Τα ΑΓΔ μοντελοποιούν το σύστημα και τη συμπεριφορά που αφορά τις καταστάσεις, τις μεταβλητές, τις διαδικασίες, τα γεγονότα, τις τιμές και τις εισόδους σύμφωνα με τις σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος. Ένα Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο (ΑΓΔ) είναι μία συμβολική αναπαράσταση της περιγραφής και της διαμόρφωσης ενός περίπλοκου συστήματος. Ο ορισμός των ΑΓΔ όπως δίνεται από τους Β Kosko και J. A. Dickerson αντίστοιχα:

- Τα ΑΓΔ είναι μια συμβολική αντιπροσώπευση για την περιγραφή και διαμόρφωση ενός συστήματος. Αποτελούνται από έννοιες, οι οποίες επεξηγούν τις διαφορετικές πτυχές στη συμπεριφορά ενός συστήματος και αυτές οι έννοιες αλληλοεπιδρούν η μία με την άλλη όπως υπαγορεύει η δυναμική του συστήματος. (Kosko, 1986)
- Η ανθρώπινη εμπειρία και η γνώση σχετικά με τη λειτουργία ενός συστήματος βρίσκονται πίσω από την ανάπτυξη ενός ασαφούς γνωστικού δικτύου, ως αποτέλεσμα της μεθόδου με την οποία κατασκευάζεται, χρησιμοποιώντας δηλαδή ανθρώπινους εμπειρογνώμονες που ξέρουν τη λειτουργία του συστήματος και της συμπεριφοράς του στις διάφορες περιπτώσεις. Ένα ΑΓΔ περιγράφει τη συμπεριφορά ενός συστήματος από την άποψη των εννοιών, όπου κάθε έννοια αντιπροσωπεύει μια κατάσταση, μια μεταβλητή ή ένα χαρακτηριστικό του συστήματος. (Dickerson & Kosko, 1994)

Στην πραγματικότητα, τα ΑΓΔ μπορούν να θεωρηθούν ως ένας συνδυασμός της Ασαφούς Λογικής και των Νευρωνικών Δικτύων. Σε μία γραφική αναπαράσταση, ένα ΑΓΔ παρουσιάζεται ως ένας προσημασμένος κατευθυνόμενος γράφος με ανατροφοδότηση, ο οποίος αποτελείται από κόμβους και σταθμισμένα τόξα. Οι κόμβοι είναι οι έννοιες που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη συμπεριφορά του. Οι κόμβοι αυτοί συνδέονται με προσημασμένα και σταθμισμένα τόξα που αντιπροσωπεύουν τις επιδράσεις αιτιότητας που υπάρχουν μεταξύ των κόμβων, δηλαδή το αποτέλεσμα που έχει η μεταβολή της τιμής της μεταβλητής του ενός κόμβου στη διαμόρφωση της τιμής της μεταβλητής του διασυνδεδεμένου κόμβου (Εικόνα 5).

Αυτή η σχέση αιτιότητας μεταξύ δύο κόμβων χαρακτηρίζεται ως ασαφής σχέση λόγω της φύσης της και του τρόπου περιγραφής της με τη χρήση λεκτικών μεταβλητών, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε αριθμητικές μεταβλητές παίρνοντας τιμές στο πραγματικό διάστημα  $[-1,1]$ . Παρατηρώντας την γραφική απεικόνιση γίνεται ξεκάθαρο ποια έννοια επηρεάζει άλλες έννοιες, καθώς μας δείχνει τις διασυνδέσεις μεταξύ των εννοιών και μας επιτρέπει την αλλαγή της κατασκευής προσθέτοντας ή διαγράφοντας μία σύνδεση ή ένα κόμβο.



Εικόνα 5: Ένα απλό Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο

Κάθε κόμβος αντιπροσωπεύει και ένα χαρακτηριστικό του συστήματος το οποίο μπορεί να είναι ένα γεγονός, μία ενέργεια, ένας στόχος, μία τιμή ή μία τάση του συστήματος το οποίο μοντελοποιείται ως ΑΓΔ.

Ονοματολογία:

$A$  : διάνυσμα γραμμής διάστασης  $1 \times n$  όπου  $n$  ο αριθμός των κόμβων του ΑΓΔ

$A_i$  : η τιμή του  $i$ -στού κόμβου  $C_i$

$W$  : πίνακας βαρών του μοντέλου ΑΓΔ που περιγράφει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κόμβων του, διαστάσεων  $n \times n$ , όπου  $n$  ο αριθμός των κόμβων του ΑΓΔ

$w_{ij}$  : στοιχείο του πίνακα  $W$  που ανήκει στην  $i$ -στήλη και στην  $j$ -γραμμή και περιγράφει την αλληλεπίδραση από τον κόμβο  $C_i$  στον κόμβο  $C_j$

Κάθε διασύνδεση μεταξύ δύο κόμβων καθορίζεται από το είδος και το βαθμό αλληλεπίδρασης. Το είδος της επιρροής περιγράφει εάν η αιτιότητα είναι θετική ή αρνητική ή δεν υφίσταται. Υπάρχουν τρεις πιθανοί τύποι αιτιατών διασυνδέσεων μεταξύ των κόμβων:

$-w_{ij} > 0$  που δείχνει τη θετική αιτιότητα μεταξύ των κόμβων  $C_i$  και  $C_j$

$-w_{ij} < 0$  που δείχνει την αρνητική αιτιότητα μεταξύ των κόμβων και

$-w_{ij} = 0$  που δεν δείχνει καμία σχέση μεταξύ  $C_i$  και  $C_j$

Η αριθμητική τιμή του βάρους κάθε διασύνδεσης  $w_{ij}$  μεταξύ δύο κόμβων  $C_i$  και  $C_j$  δείχνει σε ποιο βαθμό ένας κόμβος επηρεάζει έναν άλλον κόμβο. Η αριθμητική τιμή κάθε βάρους διασύνδεσης  $w_{ij}$  ανήκει στο πραγματικό διάστημα  $[-1,1]$ .

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημάνουμε ότι θεωρείται πως δεν μπορεί να υπάρχει σχέση αιτιότητας μεταξύ ενός κόμβου και του εαυτού του και επομένως δεν υφίσταται διασύνδεση μεταξύ ενός κόμβου με τον εαυτό του, οπότε η αντίστοιχη τιμή του βάρους  $w_{ii}$  θα είναι 0. Επίσης, κατά την ανάπτυξη και κατασκευή των ΑΓΔ πραγματοποιείται ο καθορισμός του τύπου επίδρασης μεταξύ δύο κόμβων καθώς επίσης του είδους της αιτιότητας και του βαθμού της. Η σχεδίαση και η ανάπτυξη του ΑΓΔ υλοποιείται από τους ειδικούς και έμπειρους γνώστες του εξεταζόμενου συστήματος και της λειτουργία του. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι όλες οι τιμές στα ΑΓΔ είναι ασαφείς, οι οποίες μετατρέπονται σε αριθμητικές τιμές, έτσι οι κόμβοι παίρνουν τιμές στη σειρά μεταξύ [0 1] και τα βάρη των διασυνδέσεων είναι στο διάστημα [- 1 1].

Πέρα από την γραφική αναπαράσταση του ΑΓΔ υπάρχει και το μαθηματικό του μοντέλο. Αποτελείται από ένα διάνυσμα κατάστασης  $A$  διαστάσεων  $1 \times n$  το οποίο περιλαμβάνει τις τιμές των  $n$  εννοιών και έναν  $n \times n$  πίνακα βάρους  $W$  ο οποίος συγκεντρώνει τα βάρη  $W_{ij}$  των διασυνδέσεων μεταξύ των  $n$  εννοιών του ΑΓΔ. Ο πίνακας  $W$  έχει σειρές  $n$  και  $n$  στήλες όπου το  $n$  ισούται με τον συνολικό αριθμό των διακριτών εννοιών του ΑΓΔ και η διαγώνιος του πίνακα είναι μηδέν, δεδομένου ότι καμία έννοια δεν έχει ως αιτία τον εαυτό της.

Η τιμή κάθε έννοιας επηρεάζεται από τις τιμές των συνδεδεμένων με αυτήν εννοιών με τα κατάλληλα βάρη και από την προηγούμενη τιμή της. Έτσι η τιμή  $A_i$  για κάθε έννοια  $C_i$  υπολογίζεται από την σχέση :

$$A_i = f\left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n A_j W_{ji}\right) + A_i^{old}$$

$A_i$  είναι η τιμή του κόμβου  $C_i$  τη χρονική στιγμή  $t+1$ ,  $A_j$  η τιμή του  $C_j$  τη χρονική στιγμή  $t$ ,  $A_i^{old}$  η τιμή του  $C_i$  τη χρονική στιγμή  $t$  και  $W_{ij}$  είναι το βάρος της διασύνδεσης μεταξύ  $C_i$  και  $C_j$  και  $f$  η συνάρτηση κατωφλίου.

$$A_{new} = f(A_{old} \circ W) + A_{old}$$

Έτσι ο νέος δείκτης κατάστασης  $A_{new}$  υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον προηγούμενο δείκτη κατάστασης  $A_{old}$  με τον πίνακα βαρών  $W$ . Ο νέος δείκτης δείχνει την επιρροή της αλλαγής ενός κόμβου σε ολόκληρο το ΑΓΔ. Η παραπάνω εξίσωση περιλαμβάνει και την παλιά τιμή κάθε κόμβου, έτσι διαπιστώνουμε ότι το ΑΓΔ έχει και δυνατότητες μνήμης και υπάρχει ομαλή αλλαγή μετά από κάθε κύκλο του. (Stylios, Georgopoulos, & Groumpos, n.d.)

Η δημιουργία και ανάπτυξη ενός Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου βασίζεται πρωταρχικά σε ανθρώπους ειδικούς, που είναι γνώστες της λειτουργίας και συμπεριφοράς του κάθε

συστήματος. Οι έμπειροι ειδικοί περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος περιγράφοντας το, ως ένα σύνολο εννοιών και χαρακτηριστικών, στα μέλη του οποίου θα αντιστοιχίσουν τους κόμβους του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου. Ακόμη θα περιγράψουν τις σχέσεις, που υφίστανται μεταξύ των στοιχείων του συνόλου, ως σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος μεταξύ των κόμβων του Δικτύου. Με αυτό τον τρόπο η υπάρχουσα ανθρώπινη γνώση και εμπειρία για το μοντέλο και τη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος μετασχηματίζεται σε ένα πλέγμα από αλληλοσυνδεόμενους κόμβους, που αποτελούν το ΑΓΔ.

Η διαδικασία ανάπτυξης ενός Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου από τους ειδικούς εμπειρογνώμονες, έχει κωδικοποιηθεί και προτείνεται να εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος επιλογής που υλοποιείται σε τέσσερα στάδια:

- Στάδιο 1: Αρχικά, κάθε ειδικός, καθορίζει το πλήθος και το είδος των κόμβων που θα αποτελέσουν τον Ασαφή Γνωστικό Δίκτυο και μπορούν να περιγράψουν τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος.
- Στάδιο 2: Στο στάδιο αυτό ο κάθε ειδικός καθορίζει την σχέση αιτίας και αποτελέσματος, που υπάρχει μεταξύ των κόμβων του Δικτύου. Πρώτα από όλα θα εξετάσει όλους τους κόμβους και θα περιγράψει μεταξύ ποιων κόμβων υπάρχει συσχέτιση, ποιος κόμβος επηρεάζει ποιόν, δηλαδή από ποιόν κόμβο ξεκινά και σε ποιόν καταλήγει το βέλος διασύνδεσης
- Στάδιο 3: Στο τρίτο στάδιο, ο κάθε ειδικός, καθορίζει το είδος της συσχέτισης μεταξύ δύο κόμβων. Έτσι λοιπόν ο κάθε ειδικός καθορίζει μεταξύ δύο κόμβων  $C_i$  και  $C_j$  σχέση θετικής αιτιότητας  $W_{ij} > 0$ , όταν η αύξηση στην τιμή του κόμβου  $C_i$  προκαλεί αύξηση στην τιμή του κόμβου  $C_j$  και αντίστοιχα η μείωση της τιμής του πρώτου κόμβου οδηγεί σε μείωση της τιμής του δεύτερου. Μεταξύ δύο κόμβων μπορεί να υπάρχει αρνητική αιτιότητα  $W_{ij} < 0$  όταν η αύξηση στην τιμή του κόμβου  $C_i$  οδηγεί σε μείωση της τιμής του κόμβου  $C_j$  και αντίστοιχα η μείωση της τιμής του κόμβου  $C_i$  προκαλεί αύξηση στην τιμή του κόμβου  $C_j$ . Είτε δεν υπάρχει επίδραση του κόμβου  $C_j$  προς τον κόμβο  $C_i$  οπότε  $W_{ij} = 0$ .
- Στάδιο 4: Το επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός του βαθμού συσχέτισης μεταξύ δύο κόμβων δηλαδή της τιμής του βάρους  $W_{ij}$

Τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα έχουν χαρακτηριστεί ως μία υβριδική μεθοδολογία, επειδή συνδυάζουν στοιχεία της ασαφούς λογικής και των νευρωνικών δικτύων. Η κατασκευή των ΑΓΔ δείχνει την σχέση τους με την ασαφή λογική. Οι κανόνες εκμάθησης που χρησιμοποιούνται στα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται και στα ΑΓΔ. Με τον όρο εκμάθηση εννοούμε τη διαδικασία προσαρμογής των βαρών των ΑΓΔ με τέτοιο τρόπο ώστε να συγκλίνουν σε επιθυμητές περιοχές ισορροπίας κατάλληλες για την επιθυμητή λειτουργία του συστήματος.

Τα περισσότερα μοντέλα Ασαφών Γνωστικών Δικτύων, εάν όχι όλα, έχουν αναπτυχθεί από ειδικούς, βασισμένα στη γνώση και την εμπειρία τους γύρω από τον τομέα του συστήματος που μοντελοποιείται. Αυτή η διαδικασία έχει κάποια μειονεκτήματα και αδυναμίες. Καταρχήν, απαιτείται η ύπαρξη ειδικού που να έχει γνώσεις γύρω από τον τομέα του συστήματος που μοντελοποιείται αλλά την ίδια στιγμή να γνωρίζει και τον τρόπο δημιουργίας των ΑΓΔ. Η διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου ΑΓΔ, μπορεί να χρειαστεί να επαναληφθεί πολλές φορές αλλά και να γίνουν αρκετές προσομοιώσεις του μοντέλου μέχρι να φτάσει στην επιθυμητή μορφή. Ένα δεύτερο μειονέκτημα που έχει η συγκεκριμένη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων είναι ότι βασίζονται στην ανθρώπινη γνώση. Αυτό υπονοεί ότι η ανάπτυξη είναι υποκειμενική και λόγω του ότι στηρίζεται στην ανθρώπινη κατανόηση είναι δύσκολο να αποτιμηθεί η ορθότητα και η ακρίβεια του μοντέλου.

Οι αλγόριθμοι εκμάθησης, που έχουν προταθεί για να τροποποιήσουν τα βάρη του ΑΓΔ, είναι συνήθως βασισμένοι στις ιδέες που προέρχονται από τον χώρο της εκπαίδευσης των τεχνητών νευρωνικών δικτύων. Το αποτέλεσμα είναι ένα υβριδικό νευρο-ασαφές σύστημα. Οι κανόνες εκμάθησης μπορούν να «ρυθμίσουν» ένα ΑΓΔ και τις σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος, προσαρμόζοντας τις συνδέσεις των κόμβων όπως συμβαίνει σε ένα νευρικό σύστημα. Ο Kosko πρότεινε τον Διαφορικό Αλγόριθμο Εκμάθησης τύπου Hebb – Differential Hebbian Learning, ενώ αργότερα προτάθηκαν και επεκτάσεις αυτού όπως ο Ισορροπημένος Διαφορικός Αλγόριθμος Εκμάθησης τύπου Hebb - Balanced Differential Hebbian Learning, ο Ενεργός Αλγόριθμος Εκμάθησης τύπου Hebb – Active Hebbian Learning Algorithm και ο Μη-Γραμμικός Αλγόριθμος Εκμάθησης τύπου Hebb – Non-Linear Hebbian Learning Algorithm. (E. I. Papageorgiou & Stylios, 2008)

Αξίζει να σημειώσουμε πως από την στιγμή που τα ΑΓΔ προτάθηκαν από τον Kosko αρκετές επεκτάσεις τους έχουν δημιουργηθεί ώστε να βελτιωθούν. Κάποιες από αυτές είναι οι εξής (Elpiniki I. Papageorgiou, 2013):

- Ruled-Based Fuzzy Cognitive Maps: όπου περιλαμβάνουν περισσότερες σχέσεις από τις απλές σχέσεις αιτιότητας μεταξύ δύο κόμβων και προσπαθούν να διαχειριστούν καλύτερα την ανατροφοδότηση του συστήματος. (Carvalho & Tome, 2009)
- Fuzzy Grey Cognitive Maps: βασίζονται στην θεωρία των Grey Systems που έχει εξελιχθεί σε έναν αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισης προβλημάτων σε συστήματα με υψηλή αβεβαιότητα και λίγα δεδομένα.
- Intuitionistic FCM: σε αυτήν την περίπτωση εισάγονται διαισθητικά ασαφή σύνολα για να περιγράψουν τον δισταγμό των ειδικών στην λήψη αποφάσεων. Οι ειδικοί περιγράφουν τις σχέσεις αιτιότητας μεταξύ δύο κόμβων, προσθέτοντας τον βαθμό δισταγμού που έχουν για να περιγράψουν την κάθε σχέση.



- Dynamical Cognitive Networks: επιτρέπει να καθοριστούν οι δυναμικές αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των κόμβων ενός ΑΓΔ και μπορεί να διαχειριστεί περίπλοκα δυναμικά συστήματα.
- Dynamic Random FCM: όπως και το προηγούμενο ασχολείται με τις δυναμικές σχέσεις και οι τιμές των συνδέσμων προσαρμόζονται κατά την διάρκεια που εκτελείται το ΑΓΔ.
- Fuzzy Cognitive Networks: πρόκειται για ΑΓΔ που πάντα καταλήγουν σε ισορροπία και τα βάρη των συνδέσμων καθορίζονται από ιστορικά δεδομένα.
- Evolutionary FCM: κάθε κόμβος ανανεώνεται σε πραγματικό χρόνο και σε διαφορετικό χρονικό διάστημα από τους άλλους.
- Fuzzy Time Cognitive Maps: περιλαμβάνεται ο χρόνος στις σχέσεις μεταξύ των κόμβων.
- Belief-Degree-Distributed FCM: οι ειδικοί πολλές φορές δεν είναι σίγουροι για το πια τιμή να δώσουν τιμές στους κόμβους. Με αυτήν την επέκταση των ΑΓΔ προτείνεται η υιοθέτηση μίας δομής που συμπεριλαμβάνει και την γνώμη του ειδικού και όχι απλά μία τιμή.

#### Ζ) Αιτιότητα κατά Granger

Η αιτιότητα κατά Granger είναι μία στατιστική έννοια της αιτιότητας που βασίζεται στην πρόβλεψη και χρησιμοποιείται συνήθως σε δεδομένα χρονοσειρών, δηλαδή σε σύνολα δεδομένων όπου οι μεταβλητές παρατηρούνται σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Η αιτιότητα κατά Granger ασχολείται με την συσχέτιση των μεταβλητών με το ιστορικό άλλων μεταβλητών. Με άλλα λόγια, για να αξιολογήσουμε τις σχέσεις αιτιότητας μεταξύ δύο χρονοσειρών, ελέγχουμε αν η πρόβλεψη μίας σειράς θα μπορούσε να βελτιωθεί με την ενσωμάτωση πληροφοριών από τη άλλη. (Russo, 2009) Αυτή η προσέγγιση καθιερώθηκε επίσημα από τον C. W. Granger (1969), ενώ παραμένει μέχρι και σήμερα μία από τις πιο δημοφιλείς έννοιες στην οικονομετρία, δεδομένης της ευχρηστίας που παρουσιάζει στο πλαίσιο των διανυσματικών αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων (VAR).

Εάν το  $X$  είναι η αιτία κατά Granger του  $Y$ , τότε μπορεί κανείς να προβλέψει την τρέχουσα ή την μελλοντική τιμή του  $Y$  παίρνοντας υπόψιν τις παρελθοντικές τιμές του  $X$  και του  $Y$ . Ο έλεγχος που προτάθηκε από τον Granger βασίζεται στο αξίωμα ότι το παρελθόν και το παρόν μπορούν να προκαλέσουν το μέλλον, αλλά το μέλλον δεν μπορεί να προκαλέσει το παρελθόν (Granger, 1980).

Έστω ότι έχουμε δύο χρονικές σειρές  $Y_t$  και  $X_t$  και τα παρακάτω υποδείγματα VAR (Granger, 1969):

$$X_t = \sum_{j=1}^m a_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j Y_{t-j} + \varepsilon_t,$$

$$Y_t = \sum_{j=1}^m c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m d_j Y_{t-j} + \eta_t,$$

Όπου  $m$  είναι το μέγεθος των χρονικών υστερήσεων. Στο πρώτο υπόδειγμα υποθέτουμε ότι οι τρέχουσες τιμές της μεταβλητής  $X$  είναι συνάρτηση των τιμών της σε προηγούμενες περιόδους, καθώς και των προηγούμενων περιόδων των τιμών της μεταβλητής  $Y$ . Στο δεύτερο υπόδειγμα υποθέτουμε ότι οι τρέχουσες τιμές της μεταβλητής  $Y$  είναι συνάρτηση των τιμών με τις προηγούμενες τιμές της μεταβλητής  $X$  και με τις προηγούμενες τιμές της ίδιας μεταβλητής. Υποθέτουμε επίσης ότι οι διαταρακτικοί όροι  $\eta_t$  και  $\varepsilon_t$  στα δύο παραπάνω υποδείγματα δεν συσχετίζονται.

Με βάση τα δύο παραπάνω υποδείγματα μπορούμε να έχουμε τις παρακάτω περιπτώσεις: Αν οι συντελεστές  $c_i$  των μεταβλητών  $X_{t-j}$  στην δεύτερη συνάρτηση είναι στατιστικά σημαντικοί (διάφοροι του μηδέν), ενώ οι συντελεστές  $b_i$  των μεταβλητών  $Y_{t-j}$  στην πρώτη συνάρτηση δεν είναι στατιστικά σημαντικοί (ίσοι του μηδέν), τότε υπάρχει αιτιότητα κατά Granger από τη μεταβλητή  $X$  προς τη μεταβλητή  $Y$  ( $X \rightarrow Y$ ). Αν οι συντελεστές  $c_i$  των μεταβλητών  $X_{t-j}$  στην δεύτερη συνάρτηση δεν είναι στατιστικά σημαντικοί (ίσοι του μηδέν), ενώ οι συντελεστές  $b_i$  των μεταβλητών  $Y_{t-j}$  στην πρώτη συνάρτηση είναι στατιστικά σημαντικοί (διάφοροι του μηδέν), τότε υπάρχει μονόδρομη σχέση αιτιότητας κατά Granger από τη μεταβλητή  $Y$  προς τη μεταβλητή  $X$  ( $Y \rightarrow X$ ). Αν οι παραπάνω συντελεστές είναι διάφοροι του μηδενός και στις δύο συναρτήσεις τότε υπάρχει αιτιότητα κατά Granger και προς τις δύο κατευθύνσεις ( $Y \leftrightarrow X$ ), ενώ αν είναι μηδέν και στις δύο περιπτώσεις, τότε δεν υπάρχει αιτιότητα κατά Granger.

Η ορισθείσα έννοια της αιτιότητας κατά Granger παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες, τις οποίες θα πρέπει να επισημάνουμε και να έχουμε κατά νου κάθε φορά που μελετάμε ή επιχειρούμε να ελέγξουμε σχέσεις αιτιότητας ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Καταρχάς, ήδη επισημάνθηκε το γεγονός ότι ο ορισμός της αιτιότητας κατά Granger είναι περισσότερο ένας ορισμός πρόσθετης προβλεψιμότητας ανάμεσα σε δύο μεταβλητές, παρά ένας ορισμός αιτιότητας όπως αυτός συναντάται ή αναπτύσσεται στο πεδίο της φιλοσοφίας της επιστήμης, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών και κοινωνικών επιστημών. Ο Granger (Granger, 1980) όντας ιδιαίτερα προσεκτικός ως προς την προτεινόμενη από τον ίδιο έννοια αιτιότητας, διαχωρίζει σαφώς αυτήν από τις έννοιες της ελεγχιμότητας (controllability) και εξωγένειας (exogeneity). Αναφέρει δηλαδή, ότι εάν μια μεταβλητή π.χ.  $Y$  επιδρά, δηλαδή είναι αιτιώδης παράγοντας σε μια άλλη μεταβλητή  $X$  τότε αυτό δεν εγγυάται απαραίτητα ότι ο έλεγχος της  $Y$  θα οδηγήσει στον έλεγχο της  $X$  μεταβλητής.

Ένα πρόσθετο ζήτημα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής είναι η ερμηνεία των σχέσεων ή αποτελεσμάτων αιτιότητας. Για παράδειγμα, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες οι αιτίες, δηλαδή οι μεταβλητές που επιδρούν ή προηγούνται των αποτελεσμάτων είναι μη παρατηρήσιμες. Μία τέτοια περίπτωση είναι αυτή κατά την οποία δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε τις προσδοκίες –σχετικά με κάποιο γεγονός– των οικονομούντων ατόμων, οι οποίες όμως είναι αυτές που πολλές φορές προκαλούν ή επιφέρουν ορισμένες οικονομικές πράξεις, παρά μπορούμε να παρατηρήσουμε μόνο τις πράξεις αυτές καθαυτές. Σε μια τέτοια περίπτωση το σκεπτικό ότι "η αιτία προηγείται του αποτελέσματος" ενδέχεται να μας οδηγήσει σε αντίθετο αποτέλεσμα αιτιότητας.

Παρόμοια συμπεριφορά μπορεί να παρατηρηθεί και στην περίπτωση που στο σύνολο πληροφόρησης συμπεριλαμβάνονται δείκτες προήγησης (leading indicators) (Granger, 1980). Δείκτες προήγησης θεωρούνται οι οικονομικοί δείκτες που αρχίζουν να μεταβάλλονται προτού η οικονομία ως σύνολο υποστεί κάμψη ή ανάκαμψη. Σε μια τέτοια περίπτωση μπορεί η παρουσία του δείκτη προήγησης στο σύνολο πληροφόρησης να υποδεικνύει μια εκ πρώτης όψεως αιτιότητα από τον δείκτη προς μια άλλη μεταβλητή, ενώ στην πραγματικότητα η προσθήκη μιας άλλης, απύσας αρχικά μεταβλητής, στο σύνολο πληροφόρησης οδηγεί τελικά στο συμπέρασμα ότι δεν είναι ο δείκτης προήγησης αυτός που επιδρά στην άλλη μεταβλητή. Τα δύο τελευταία παραδείγματα αποτελούν έναν τύπο πλασματικής αιτιότητας (spurious causality).

Η υιοθέτηση ή επιλογή του συνόλου πληροφόρησης (information set) κατά την μελέτη σχέσεων αιτιότητας κατά Granger μεταξύ διαφόρων μεταβλητών είναι επίσης ένα ζήτημα μείζονος σημασίας, καθώς τα αποτελέσματα αιτιότητας φαίνεται να εμφανίζουν ιδιαίτερη ευαισθησία ως προς το σύνολο πληροφόρησης που χρησιμοποιείται στην ανάλυση. Ειδικότερα, μια αλλαγή στο σύνολο πληροφόρησης που μπορεί να σχετίζεται είτε με αύξηση είτε με μείωση του αριθμού των μεταβλητών, μπορεί να οδηγήσει σε διαφοροποιήσεις ως προς τις σχέσεις αιτιότητας ανάμεσα στις μεταβλητές.

Τέλος, ένα σημαντικό ζήτημα που έχει συγκεντρώσει την προσοχή της διεθνούς βιβλιογραφίας είναι η χρονική συνάθροιση (temporal aggregation) την οποία συχνά υφίστανται οι διαθέσιμες παρατηρήσεις (Breitung & Swanson, 2002). Πολλές φορές τα δεδομένα μετατρέπονται σε διαφορετική συχνότητα σε σχέση με τη συχνότητα στην οποία δημιουργήθηκαν. Για παράδειγμα, μηνιαία δεδομένα συχνά μετατρέπονται σε τριμηνιαίες παρατηρήσεις (μέσος όρος ή άθροισμα των αντίστοιχων μηνών) ή τριμηνιαία δεδομένα μετατρέπονται σε ετήσιες παρατηρήσεις (μέσος όρος αντίστοιχων τριμήνων). Αυτό μπορεί να συμβεί στις περιπτώσεις όπου μία από τις μεταβλητές του υποδείγματος δεν είναι διαθέσιμη στην ίδια συχνότητα με τις υπόλοιπες, με αποτέλεσμα να πρέπει να μετατραπεί στην ίδια συχνότητα μέσω της χρονικής συνάθροισης. Εφόσον όμως η χρονική συνάθροιση μεταβάλλει τη χρονική δομή των μεταβλητών, μπορεί να μεταβάλλει και το περιεχόμενο της ενσωματωμένης

πληροφόρησης. Σαν αποτέλεσμα, η αιτιότητα κατά Granger μπορεί να εξαρτάται από το εάν τα δεδομένα έχουν υποστεί ή όχι χρονική συνάθροιση.

Παρά τις όποιες ιδιαιτερότητες ή κριτικές που έχουν κατά καιρούς διατυπωθεί ως προς τον ορισμό της αιτιότητας κατά Granger, είναι αναμφισβήτητο το γεγονός ότι οι έλεγχοι για την εύρεση ή ανακάλυψη αιτιωδών σχέσεων κατά Granger (Granger causality tests) αποτελούν ένα πολύτιμο και δημοφιλές εργαλείο για τους οικονομολόγους, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για τον εντοπισμό σχέσεων ή αλληλεξαρτήσεων μεταξύ οικονομικών μεταβλητών και τη διατύπωση τυποποιημένων γεγονότων. Το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, αν δεχτεί κανείς ότι στην οικονομική επιστήμη είναι πιο εύκολο να συμφωνήσουμε σε στατιστικές κανονικότητες ή τυποποιημένα γεγονότα παρά να βασιστούμε σε μόνιμους ή αμετάβλητους "νόμους" για την αιτιότητα. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι η αιτιότητα κατά Granger μπορεί εύκολα να μελετηθεί στο πλαίσιο των διανυσματικών αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι τα τελευταία χρόνια η αιτιότητα κατά Granger χρησιμοποιείται και στον τομέα της νευροεπιστήμης, δηλαδή στην μελέτη του νευρικού συστήματος. Η νευροεπιστήμη στις μέρες μας αποτελεί ένα διεπιστημονικό επιστημονικό πεδίο που συνεργάζεται με άλλους τομείς όπως τη χημεία, τη γνωστική επιστήμη, την επιστήμη των υπολογιστών, τη μηχανική, τη γλωσσολογία, τα μαθηματικά, την ιατρική, τη γενετική, και συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της φιλοσοφίας, της φυσικής και της ψυχολογίας. Επίσης, ασκεί επιρροή σε άλλους τομείς όπως την εκπαίδευση, την ηθική και την νομική.

#### H) Δυναμικά Αιτιώδη Μοντέλα (Dynamic Causal Models-DCM)

Ο στόχος των δυναμικών αιτιωδών μοντέλων είναι να συμπεράνουν την αιτιώδη αρχιτεκτονική συνδεδεμένων ή διανεμημένων δυναμικών συστημάτων. Πρόκειται για μια Μπεϋζιανή διαδικασία σύγκρισης μοντέλων που στηρίζεται στη σύγκριση μοντέλων που αφορούν τη δημιουργία των δεδομένων. Τα δυναμικά αιτιώδη μοντέλα χρησιμοποιούν στοχαστικές ή συνήθεις διαφορικές εξισώσεις (δηλαδή, μη γραμμικά μοντέλα σε συνεχή χρόνο). Αυτές οι εξισώσεις μοντελοποιούν την δυναμική των κρυφών καταστάσεων στους κόμβους ενός πιθανοτικού γράφου όπου οι υπό όρους εξαρτήσεις παραμετροποιούνται από την άποψη της κατευθυνόμενης συνδεσιμότητας. Σε αντίθεση με τα Μπεϋζιανά Δίκτυα οι γράφοι που χρησιμοποιούνται στα δυναμικά αιτιώδη μοντέλα μπορεί να είναι κυκλικοί.

Τα δυναμικά αιτιώδη μοντέλα δημιουργήθηκαν και εφαρμόστηκαν για την σύζευξη περιοχών του εγκεφάλου και πως αυτή επηρεάζεται από τις πειραματικές αλλαγές. Η βασική ιδέα είναι η δημιουργία ενός ρεαλιστικού μοντέλου για τις περιοχές που αλληλοεπιδρούν. Στη

συνέχεια αυτό το μοντέλο συμπληρώνεται από ένα μοντέλο που δείχνει πως αντιδρούν στις αλλαγές οι κρυφές καταστάσεις.

Από την επινόηση τους (Friston, Harrison, & Penny, 2003) έχουν εφαρμοστεί στον τομέα της νευροεπιστήμης και ιδιαίτερα στην νευροαπεικόνιση και στην κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου. Πραγματοποιούνται αρκετές μελέτες για την εξέλιξη των δυναμικών αιτιωδών μοντέλων ώστε να λειτουργήσουν ως εργαλείο διάγνωσης ασθενειών αλλά και να αξιοποιηθούν στην φαρμακολογία. (Stephan et al., 2007)

### iii) Ταξινόμηση Μοντέλων Αιτιότητας

#### A) Κριτήρια ταξινόμησης

Ένας από τους στόχους της διπλωματικής εργασίας είναι η ταξινόμηση των μοντέλων αιτιότητας ώστε να αναδειχθούν τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται περισσότερο από άλλα είτε αυτό οφείλεται στο επιστημονικό τους υπόβαθρο είτε στη διαθεσιμότητα των κατάλληλων υπολογιστικών συστημάτων ή εργαλείων λογισμικού, αλλά και των μοντέλων που είναι πιο εύκολα στην δημιουργία και μπορούν να αξιοποιηθούν από μεγαλύτερο εύρος ατόμων.

Έτσι μπορούμε να ορίσουμε δύο ιδιότητες για τα μοντέλα αιτιότητας:

1. Εγκυρότητα – ισχυρό επιστημονικό υπόβαθρο
2. Φιλικότητα προς τον χρήστη – προϋπόθεση για ευρύτερη χρήση

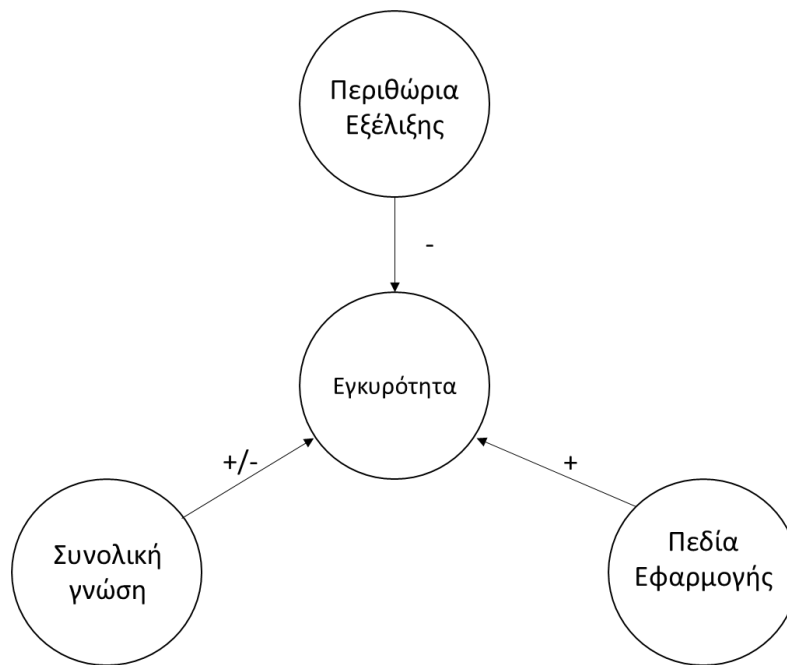
Τα κριτήρια που θα χρησιμοποιήσουμε ώστε να ταξινομήσουμε τα μοντέλα αιτιότητας είναι τα εξής:

1. Πεδία εφαρμογής
2. Επιστημονικό/μαθηματικό υπόβαθρο για την δημιουργία τους
3. Μέσα παρουσίασης
4. Εργαλείο Λογισμικού
5. Περιθώρια εξέλιξης
6. Συνολική γνώση

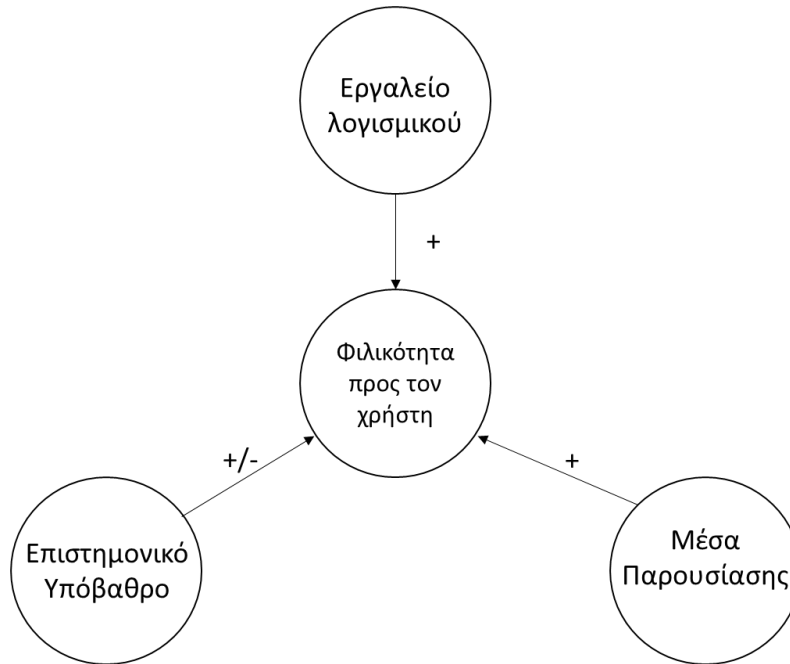
Όλα τα μοντέλα βασίζονται σε κάποιον τομέα των μαθηματικών και απαιτούν την χρήση ενός εργαλείου λογισμικού για να δημιουργηθούν. Επίσης, όλα τα μοντέλα παρουσιάζουν περιθώρια εξέλιξης. Ο βαθμός στον οποίο ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια καθορίζει την εγκυρότητα και την φιλικότητα προς τον χρήστη των μοντέλων. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται ο τρόπος που η κάλυψη των κριτηρίων επηρεάζει τα μοντέλα αιτιότητας.

Αναλυτικότερα, ως επιστημονικό/μαθηματικό υπόβαθρο για την δημιουργία του μοντέλου εννοούμε το επίπεδο των γνώσεων που χρειάζεται να έχει ο δημιουργός ώστε να μπορέσει να κατασκευάσει το μοντέλο. Όταν τα δεδομένα που χρειάζεται να εισάγει ο δημιουργός προέρχονται από το αντικείμενο που θέλει να μελετήσει ο ίδιος και δεν απαιτείται η γνώση π.χ. άλγεβρας, στατιστικής για την κατασκευή του μοντέλου τότε αυτό καθιστά το μοντέλο φιλικό και χρηστικό.

Το ίδιο συμβαίνει και με τα εργαλεία λογισμικού. Από την μία εξετάζεται η ποσότητα τους, καθώς εάν υπάρχουν πολλά εργαλεία λογισμικού για την δημιουργία του μοντέλου ο χρήστης μπορεί να ψάξει και να βρει το κατάλληλο, που θα ταιριάζει στις ανάγκες του. Από την άλλη εξετάζουμε και κατά πόσο αυτά τα εργαλεία απαιτούν γνώσεις προγραμματισμού ή προσφέρουν ένα χρηστικό περιβάλλον για τον δημιουργό.



Εικόνα 6: Εγκυρότητα Μοντέλων Αιτιότητας



Εικόνα 7: Μοντέλα Αιτιότητας και Φιλικότητα προς το χρήστη

Ένα καλό επίπεδο συνολικής γνώσης γύρω από το μοντέλο βελτιώνει την εγκυρότητά του, ενώ ένα ελλιπές αποδυναμώνει την εγκυρότητά του. Επίσης, μπορούμε να πούμε πως όταν ένα μοντέλο εφαρμόζεται σε πολλά πεδία, αυτό σημαίνει πως πολλοί επιστήμονες με διαφορετικές απαιτήσεις εμπιστεύονται το συγκεκριμένο είδος μοντέλου. Από την άλλη η περιορισμένη χρήση του μοντέλου δεν επιδρά αρνητικά στην εγκυρότητα του καθώς μπορεί να δημιουργήθηκε για εξειδικευμένες εφαρμογές. Τέλος, με τον όρο περιθώρια εξέλιξης εννοούμε πως το μοντέλο είναι σχετικά καινούργιο και εμφανίζονται αρκετές παραλλαγές του, γεγονός που δείχνει πως υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης του μοντέλου όσον αφορά στην συνολική γνώση γύρω από αυτό και άρα και στην εγκυρότητά του.

Σε σχέση με την φιλικότητα προς τον χρήστη, ένα περίπλοκο μαθηματικό υπόβαθρο μπορεί να αποτρέψει κάποιον από την χρήση ενός μοντέλου, ενώ ένα πιο κατανοητό μπορεί να προσελκύσει κάποιον προς ένα συγκεκριμένο μοντέλο αιτιότητας. Επιπλέον, η ύπαρξη γραφημάτων, διαγραμμάτων ή άλλων μέσων παρουσίασης μπορεί να βοηθήσει τον δημιουργό του μοντέλου να παρουσιάσει με σαφήνεια και συνοχή το μοντέλο που δημιούργησε μαζί με τα αποτελέσματά του. Τέλος, εάν υπάρχει ποικιλία σε εργαλεία λογισμικού και υπάρχουν εύχρηστα εργαλεία τότε το μοντέλο γίνεται πιο φιλικό και είναι πιθανότερο να το επιλέξει κάποιος.

Θα ακολουθήσει εκτενής περιγραφή του βαθμού στον οποίο τα μοντέλα αιτιότητας που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ικανοποιούν αυτά τα κριτήρια.

Β) Ταξινόμηση

### **Γραφικά Μοντέλα Αιτιότητας**

**Γενικά:** Παρόλο που μπορούμε να θεωρήσουμε τα γραφικά μοντέλα αιτιότητας ως αυτόνομα μοντέλα, στην πράξη είναι απλά μαθηματικά αντικείμενα που αποτελούνται από τελείες ή κύκλους και βέλη. Αποτελούν ένα εργαλείο για την απεικόνιση των σχέσεων αιτιότητας ή των πεποιθήσεων για την ύπαρξη σχέσεων αιτιότητας. (Elwert, 2013)

Για να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση γύρω από ένα γραφικό μοντέλο είναι απαραίτητη η χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου, όπως αυτό που συναντάμε στα Μπεϋζιανά Δίκτυα και στα SEM. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν μπορούμε να αξιολογήσουμε αυτόνομα τα γραφικά μοντέλα αιτιότητας καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις τα συναντάμε ενσωματωμένα σε άλλα μοντέλα και όταν δεν συμβαίνει αυτό απλώς αποτελούν ένα μέσο παρουσίασης.

### **Μοντέλα δομικών εξισώσεων (SEM)**

**Πεδία εφαρμογής:** Διάφορα είδη SEM έχουν χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά πεδία όπως η επιδημιολογία, η εκπαίδευση, η ψυχολογία, η διοίκηση, το marketing και η ψυχολογία.

**Συνολική γνώση και περιθώρια εξέλιξης:** Τα SEM είναι μια στατιστική μέθοδος σχεδόν 100 ετών η οποία μπορεί να χωριστεί σε τρεις γενιές. Η πρώτη γενιά των SEM ανέπτυξε τη λογική της αιτιώδους μοντελοποίησης χρησιμοποιώντας ανάλυση μονοπατιών. Το SEM μεταβλήθηκε στη συνέχεια από τις κοινωνικές επιστήμες για να συμπεριλάβει ανάλυση παραγόντων. Η τρίτη γενιά SEM ξεκίνησε το 2000 με την ανάπτυξη του «δομικού αιτιώδους μοντέλου» του Pearl, ακολουθούμενη από την ενσωμάτωση των Μπεϋζιανών μοντέλων από τον Lee. (Lee, 2007)

**Επιστημονικό/Μαθηματικό υπόβαθρο για την δημιουργία SEM:** Για την δημιουργία ενός SEM ο απαιτείται πολύ καλή γνώση του εργαλείου λογισμικού, το οποίο τις περισσότερες φορές χρειάζεται γνώσεις προγραμματισμού. Επίσης, ακόμη και όταν το εργαλείο λογισμικού διαθέτει ένα γραφικό περιβάλλον το οποίο διευκολύνει τον χρήστη που δεν έχει γνώσεις προγραμματισμού τότε είναι απαραίτητες οι γνώσεις στατιστικής για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

**Εργαλεία Λογισμικού και μέσα παρουσίασης:** Υπάρχουν διάφορα πακέτα λογισμικού για την εφαρμογή μοντέλων δομικής εξίσωσης. Το LISREL ήταν το πρώτο λογισμικό που κυκλοφόρησε αρχικά στη δεκαετία του 1970 το οποίο απαιτεί υψηλή στατιστική πολυπλοκότητα. Άλλα ανεξάρτητα πακέτα είναι τα Mplus, Mx, EQS και Statasem, ενώ και η επέκταση Amos SPSS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μοντέλα διαρθρωτικών εξισώσεων. Τα περισσότερα από αυτά βασίζονται στη σύνταξη (syntax-based), ενώ υπάρχουν και νέες εκδόσεις που περιλαμβάνουν γραφικό περιβάλλον χρήστη.



Τα μέσα παρουσίασης ενός SEM περιλαμβάνουν ένα διάγραμμα μονοπατιών που απεικονίζει το μοντέλο, ενώ η έξοδος των παραπάνω λογισμικών περιλαμβάνει στατιστικούς πίνακες που απαιτούν πολύ καλές γνώσεις στατιστικής από τον χρήστη ώστε να ερμηνευτούν.

**Συμπεράσματα:** Τα SEM αναπτύχθηκαν ως ένα εργαλείο στατιστικής και ενώ υιοθετήθηκαν σε αρκετούς τομείς, δέχτηκαν μεγάλη κριτική από στατιστικής απόψεως. Το ίδιο συνέβη και όταν ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται ως μοντέλα αιτιότητας έως ότου ο Pearl καθορίσει την έννοια της αιτιότητας με τα Δομικά Μοντέλα Αιτιότητας (SCM) που αναφέρονται και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έτσι, παρόλο που έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες γύρω από τα SEM παρατηρούνται ακόμη αρκετά περιθώρια εξέλιξης, ώστε να αξιοποιηθούν πλήρως.

Όσον αφορά στην φιλικότητα προς τον χρήστη αν και υπάρχει πληθώρα εργαλείων λογισμικού για να επιλέξει ο χρήστης πάντα είναι αναγκαία η βαθιά γνώση της στατιστικής τόσο για την δημιουργία όσο και για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, τις περισσότερες φορές για την δημιουργία απαιτούνται και γνώσεις προγραμματισμού.

### **Αιτιώδη Μπεϋζιανά Δίκτυα (Causal Bayesian networks)**

**Πεδία εφαρμογής:** Τα Μπεϋζιανά Δίκτυα μπορούν να εφαρμοστούν στην βιοτεχνολογία και την βιοπληροφορική, στην φαρμακευτική, στα συστήματα αποφάσεων και στη μηχανική. Επίσης έχουν δημοσιευτεί εφαρμογές στην οικονομία, στο μάρκετινγκ και στην ανάλυση ρίσκου. Υπάρχουν και εφαρμογές σε πεδία όπως η επεξεργασία εικόνων, το στοίχημα σε αγώνες και τα παιχνίδια σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

**Συνολική γνώση και περιθώρια εξέλιξης:** Τα Μπεϋζιανά Δίκτυα ξεκίνησαν να εμφανίζονται από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όμως καθιερώθηκε ο όρος από τον Pearl το 1985 (Pearl, 1985). Έτσι τα Μπεϋζιανά Δίκτυα απέκτησαν αυτόνομη υπόσταση και ξεκίνησαν να μελετώνται ως ξεχωριστό πεδίο. Έτσι αναπτύχθηκε η επιστημονική γνώση γύρω τους και ανακαλύφθηκαν νέα περιθώρια εξέλιξης, καθώς με το έργο του ο Pearl εισήγαγε την έννοια της αιτιότητας σε αυτά.

**Επιστημονικό/Μαθηματικό υπόβαθρο για την δημιουργία Μπεϋζιανών Δικτύων:** Για την δημιουργία ενός Μπεϋζιανού Δικτύου απαιτείται καλή γνώση στατιστικής και πιθανοτήτων, ενώ μερικές φορές (ανάλογα με το εργαλείο λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί) και γνώσεις προγραμματισμού.

**Εργαλεία Λογισμικού και μέσα παρουσίασης:** Για την δημιουργία Μπεϋζιανών Δικτύων υπάρχουν αρκετά εργαλεία λογισμικού, είτε ελεύθερα είτε επί πληρωμή. Εδώ παρατίθενται μερικά από αυτά:

- GeNIe (Graphical Network Interface) που είναι το γραφικό περιβάλλον του SMILE (Structural Modelling, Inference, and Learning Engine).

- HUGIN Decision Engine (HDE) εφαρμόζει αλγόριθμους τελευταίας τεχνολογίας για Μπεϋζιανά Δίκτυα και διαγράμματα όπως αντικειμενοστραφή μοντελοποίηση, μάθηση από δεδομένα με συνεχείς και διακριτές μεταβλητές, ανάλυση ευαισθησίας και ανάλυση σύγκρουσης δεδομένων.
- Το BayesiaLab, ένα πρόγραμμα δημιουργίας Μπεϋζιανών Δικτύων.
- Το λογισμικό Inatas System Modeler επιτρέπει την δημιουργία δικτύων από δεδομένα ή / και εξειδικευμένη γνώση.
- Το Samlam είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο για τη μοντελοποίηση και τη δημιουργία συλλογισμών με Μπεϋζιανά Δίκτυα, που αναπτύχθηκε σε Java. Το Samlam περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία: έναν γραφικό περιβάλλον χρήστη και έναν μηχανισμό συλλογισμού. Το γραφικό περιβάλλον επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύσσουν μοντέλα και να τα αποθηκεύουν σε διάφορες μορφές. Η μηχανή συλλογισμού υποστηρίζει πολλές εργασίες όπως: κλασική συμπερασματολογία, εκτίμηση παραμέτρων, ανάλυση ευαισθησίας.

Τα μέσα παρουσίασης περιλαμβάνουν τον γράφο του δικτύου και διαγράμματα που όμως απαιτούν εξειδικευμένη γνώση κυρίως από τον τομέα των πιθανοτήτων και της στατιστικής για να ερμηνευτούν (κατανομές πιθανοτήτων, ανάλυση παλινδρόμησης κ.ά.).

**Συμπεράσματα:** Τα Μπεϋζιανά Δίκτυα έχουν μελετηθεί αρκετά και εφαρμόζονται σε πολλά επιστημονικά πεδία και παρόλο που ακόμα εξελίσσονται σε θέματα που αφορούν την αιτιότητα μπορούμε να πούμε ότι παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εγκυρότητας.

Από την άλλη όμως, η πληθώρα εύχρηστων εργαλείων λογισμικού δεν επαρκεί ώστε να κάνει τα Μπεϋζιανά Δίκτυα αρκετά φιλικά για ένα μέσο χρήστη που δεν διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις τόσο για την δημιουργία ενός μοντέλου όσο και για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων του.

### **Αιτιώδες Μοντέλο Rubin**

**Γενικά:** Το αιτιώδες μοντέλο Rubin αποτελεί ένα γενικότερο μαθηματικό πλαίσιο που δημιουργήθηκε για την αιτιώδη συμπερασματολογία. Περιλαμβάνει το κομμάτι των ενδεχόμενων αποτελεσμάτων/αντιπαραδειγμάτων, το κομμάτι του μοντέλου πιθανοτήτων και το κομμάτι του μηχανισμού ανάθεσης, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το μοντέλο Rubin αποτελεί μία διαφορετική αντιμετώπιση των SEM ή των Μπεϋζιανών δικτύων, για αυτό και κάποιος το θεωρούν μέρος αυτών. Όσον αφορά στην δημιουργία τους ακολουθούν χρησιμοποιούνται επιπλέον πακέτα λογισμικού μαζί με αυτά που χρησιμοποιούνται για τα SEM, όπως STATA, Mplus και SPSS.

Επομένως το αιτιώδες μοντέλο Rubin δεν αποτελεί ένα αυτόνομο μοντέλο αιτιότητας, αλλά περισσότερο ένα τρόπο θεώρησης της αιτιώδους συμπερασματολογίας που μπορεί να εφαρμοστεί με άλλα μοντέλα αιτιότητας.

### **Πολυεπίπεδη Ανάλυση/Ιεραρχικό Μοντέλο**

**Γενικά:** Το ιεραρχικό μοντέλο αιτιότητας δεν αποτελεί ένα αυτόνομο μοντέλο αιτιότητας. Αφορά περισσότερο την αντιμετώπιση της αιτιότητας σε περισσότερα επίπεδα. Ουσιαστικά όταν σε ένα μοντέλο αιτιότητας συμπεριλαμβάνονται σχέσεις που αφορούν τόσο το άτομο όσο και την ομάδα, αλλά και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους τότε αυτό μπορεί χαρακτηριστεί ως ιεραρχικό μοντέλο.

Κυρίως εμφανίζεται μαζί με τα Μπεϋζιανά δίκτυα και εφαρμόζεται με την εισαγωγή νέων μεταβλητών ή σχέσεων, αλλά και με την συλλογή περισσότερων δεδομένων που θα εισαχθούν στο μοντέλο.

### **Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα (ΑΓΔ)**

**Πεδία εφαρμογής:** Οι εφαρμογές στις κοινωνικές επιστήμες ήταν αυτές που εισήγαγαν την χρήση των ΑΓΔ, αλλά πλέον χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύτερο φάσμα επιστημονικών πεδίων. Σε οποιαδήποτε περίπτωση είναι αναγκαία η δημιουργία και η χρήση ενός μοντέλου που περιγράφει περίπλοκα συστήματα και διαδικασίες με υψηλά επίπεδα αβεβαιότητας, τα ΑΓΔ μπορούν να εφαρμοστούν.

Υπάρχουν εφαρμογές των ΑΓΔ σε πεδία όπως η εκπαίδευση, η φαρμακολογία, οι πολιτικοκοινωνικές επιστήμες, η διοικητική επιστήμη, η επιστήμη του περιβάλλοντος, η μηχανική και η πληροφορική. (Elpiniki I. Parageorgiou, 2013)

Πιο συγκεκριμένα τα ΑΓΔ μπορούν να αντιμετωπίσουν τα εξής προβλήματα:

- Στις επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό του προϊόντος.
- Στην οικονομία μπορούν να υποστηρίξουν την χρήση της θεωρίας παιγνίων σε πιο περίπλοκα συστήματα.
- Σε ιατρικές εφαρμογές μπορούν να αξιοποιηθούν για την διάγνωση ασθενειών, την λήψη ιατρικών αποφάσεων και την αξιολόγηση του ασθενούς.
- Στην μηχανική υπάρχουν εφαρμογές για την μοντελοποίηση και τον έλεγχο περίπλοκων συστημάτων.
- Στην ρομποτική τα ΑΓΔ υποστηρίζουν μηχανές που δημιουργούν ασαφή μοντέλα του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται και χρησιμοποιούν τα μοντέλα αυτά για να πάρουν αποφάσεις.

- Στην εκπαίδευση που πραγματοποιείται με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ΑΓΔ για τον έλεγχο της κατανόησης του μαθήματος από του μαθητές.
- Στην πολιτική επιστήμη, που αποτελεί και ένα από τα πρώτα πεδία όπου χρησιμοποιήθηκαν ΑΓΔ, υπάρχουν εφαρμογές που μοντελοποιούν και υποστηρίζουν περιπτώσεις που χρειάζεται η λήψη στρατηγικών αποφάσεων ιδιαίτερα σε περιόδους κρίσης.

**Συνολική γνώση και περιθώρια εξέλιξης:** Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο τα ΑΓΔ προτάθηκαν από τον Kosko το 1986. Αποτελούν ένα νέο είδος μοντέλου το οποίο έχει αρχίσει να μελετάται σε βάθος τα τελευταία χρόνια και κυρίως μετά το 2000 όπου εμφανίζεται αυξημένος αριθμός δημοσιεύσεων. Επίσης, μπορούμε να πούμε πως υπάρχουν αρκετά περιθώρια εξέλιξης, καθώς υπάρχουν αρκετές προτάσεις για την βελτίωση των ΑΓΔ με την προσθήκη νέων στοιχείων, όπως είναι οι αλγόριθμοι εκμάθησης και οι επεκτάσεις που αναφέρονται στο προηγούμενο κεφάλαιο.

**Επιστημονικό/Μαθηματικό υπόβαθρο για την δημιουργία των ΑΓΔ:** Ένα ΑΓΔ ενσωματώνει στοιχεία Ασαφής Λογικής, θεωρίας πινάκων, στατιστικής, θεωρίας γράφων, άλγεβρας και πληροφορικής. Παρόλα αυτά όταν κάποιος θέλει να δημιουργήσει ένα ΑΓΔ χρησιμοποιώντας μία από τις υπάρχουσες πλατφόρμες δεν χρειάζεται να έχει ιδιαίτερη γνώση των παραπάνω. Μπορεί εύκολα ο δημιουργός του ΑΓΔ να εκπαιδευτεί στην εκάστοτε πλατφόρμα και να δημιουργήσει ένα μοντέλο που θα αντιπροσωπεύει την θεώρηση που έχει για το περιβάλλον που θέλει να περιγράψει.

Επομένως, η γνώση του μαθηματικού υποβάθρου των ΑΓΔ μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας τους, αλλά δεν αποτελεί αναγκαία συνθήκη για την δημιουργία τους. Βασικότερα, στοιχεία είναι βαθιά γνώση του πεδίου στο οποίο θα εφαρμοστεί το ΑΓΔ, ώστε να αντικατοπτρίζει όσο καλύτερα γίνεται την πραγματικότητα, και η εξοικείωση με την πλατφόρμα που θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία.

**Εργαλεία Λογισμικού και μέσα παρουσίασης:** Το FCMappers είναι μια διεθνής διαδικτυακή κοινότητα για την ανάλυση και την απεικόνιση των ασαφών γνωστικών δικτύων. Οι FCMappers προσφέρουν υποστήριξη για την εκκίνηση με το ΑΓΔ και παρέχουν επίσης ένα εργαλείο που βασίζεται στο Microsoft Excel και είναι σε θέση να ελέγχει και να αναλύει τα ΑΓΔ. Η έξοδος αποθηκεύεται ως αρχείο Rajek και μπορεί να απεικονιστεί μέσα σε λογισμικό τρίτων όπως το Rajek, Visone, κλπ. Προσφέρουν επίσης την προσαρμογή του λογισμικού σε συγκεκριμένες ερευνητικές ανάγκες.

Πρόσθετα εργαλεία λογισμικού ΑΓΔ, όπως το Mental Modeler, αναπτύχθηκαν πρόσφατα ως εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων για χρήση στην έρευνα κοινωνικών επιστημών, στη συνεργατική λήψη αποφάσεων και στο σχεδιασμό φυσικών πόρων. Ένα ακόμα εργαλείο είναι

το Policy Compass project, το οποίο προσφέρει σε υπεύθυνους για την χάραξη πολιτικής και στο κοινό γενικότερα ένα εύχρηστο εργαλείο για την δημιουργία ΑΓΔ.

Τα βασικά μέσα παρουσίασης ενός ΑΓΔ περιλαμβάνονται συνήθως στα εργαλεία λογισμικού και αποτελούνται από την απεικόνιση του δικτύου με ένα γράφο που δείχνει τους κόμβους και τις συνδέσεις, από ένα διάγραμμα που δείχνει πως αλλάζουν οι τιμές των κόμβων, αφού εφαρμοστεί το ΑΓΔ και από ένα πίνακα που περιλαμβάνει τις τιμές των συνδέσεων και τις αρχικές τιμές των κόμβων.

**Συμπεράσματα:** Συνολικά τα ΑΓΔ υστερούν στο θέμα της εγκυρότητας καθώς η συνολική γνώση γύρω από αυτά διαμορφώνεται ακόμη σε μεγάλο βαθμό και υπάρχουν αρκετά περιθώρια εξέλιξης. Ωστόσο διαπιστώνεται μία ευρεία αποδοχή τους, μιας και αρκετοί επιστήμονες δείχνουν ενδιαφέρον να εξερευνήσουν τις δυνατότητες τους σε αρκετά πεδία.

Το πιο πιθανό είναι ότι η παραπάνω αποδοχή οφείλεται στο γεγονός ότι παρόλο που δεν υπάρχουν ακόμη αρκετά εργαλεία λογισμικού για την δημιουργία τους, είναι αρκετά εύκολη η κατασκευή ενός ΑΓΔ αν υπάρχει η γνώση του επιστημονικού πεδίου που εφαρμόζεται. Ακόμη, τα μέσα παρουσίασης των αποτελεσμάτων είναι κατανοητά και μπορούν να αποδώσουν το αποτέλεσμα που επιθυμεί ο χρήστης.

### **Αιτιότητα κατά Granger**

**Πεδία εφαρμογής:** Η αιτιότητα κατά Granger εφαρμόζεται αποκλειστικά σε χρονοσειρές με κύριο πεδίο της οικονομίας και της οικονομετρίας. Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και στις νευροεπιστήμες.

**Συνολική γνώση και περιθώρια εξέλιξης:** Η αιτιότητα κατά Granger προτάθηκε από τον ίδιο την δεκαετία του 60 και όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελεί ένα ξεχωριστό είδος αιτιότητας. Λόγω της φύσης της αιτιότητας έχει μελετηθεί κυρίως από οικονομολόγους. Τα τελευταία χρόνια έχουν υπάρξει κάποιες προσθήκες που βελτιώνουν την χρήση της αιτιότητα κατά Granger στα χρηματοοικονομικά.

**Επιστημονικό/Μαθηματικό υπόβαθρο για την εφαρμογή της αιτιότητας κατά Granger:** Για την εφαρμογή της αιτιότητας κατά Granger είναι απαραίτητη η γνώση της θεωρίας των χρονοσειρών και της ανάλυσής τους, καθώς και γνώσεις στατιστικής. Αν και η αιτιότητα κατά Granger μπορεί να εφαρμοστεί και στο «χαρτί», συνήθως χρησιμοποιείται κάποιο λογισμικό το οποίο απαιτεί και γνώσεις προγραμματισμού.

**Εργαλεία Λογισμικού και μέσα παρουσίασης:** Υπάρχουν πολλά διαθέσιμα πακέτα λογισμικού που έχουν αναπτυχθεί για εμπορικούς ή ακαδημαϊκούς σκοπούς. Τις περισσότερες φορές εφαρμόζονται στο περιβάλλον της Matlab, της R ή στο STATA.

Τα αποτελέσματα από τα τεστ που επιβεβαιώνουν την ύπαρξη ή όχι της αιτιότητας κατά Granger ερμηνεύονται με την απαραίτητη γνώση στατιστικής.

**Συμπεράσματα:** Η αιτιότητα κατά Granger αποτελεί ένα συγκεκριμένο είδος αιτιότητας με περιορισμένη εφαρμογή, κυρίως στην οικονομία. Δεν χρησιμοποιείται σε άλλα πεδία και είναι απαραίτητα η γνώση στατιστικής. Αποτελεί ένα πιο εξειδικευμένο εργαλείο με συγκεκριμένους χρήστες.

### **Δυναμικά Μοντέλα Αιτιότητας**

**Γενικά:** Όπως αναφέρθηκε τα δυναμικά μοντέλα αιτιότητας είναι μια Μπεϋζιανή διαδικασία και δεν αποτελούν ένα αυτόνομο μοντέλο. Αποτελούνται από ένα σύνολο στοχαστικών ή διαφορικών εξισώσεων και έχουν εφαρμοστεί κυρίως στις νευροεπιστήμες. Είναι το πιο καινούργιο από τα μοντέλα και ακόμη δεν έχει μελετηθεί πλήρως, ενώ έχουν προταθεί ήδη αρκετές προσθήκες και βελτιώσεις, οι οποίες και αυτές σχετίζονται με την νευροεπιστήμη.

## Κεφάλαιο 3: Μοντέλα Αιτιότητας και Κύκλος Ζωής Πολιτικών

### i) Χρήση μοντέλων στην Πολιτική

#### A) Γενικά

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας θέλουμε να εξετάσουμε πώς τα μοντέλα αιτιότητας μπορούν να συμβάλλουν σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής των πολιτικών από την διαμόρφωση της πολιτικής ως την αξιολόγηση των επιπτώσεών της. Αποτελεί γεγονός ότι μία πολιτική χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα, παρά ταύτα για αναλυτικούς σκοπούς είναι χρήσιμο να διακρίνουμε διάφορα στάδια.



Εικόνα 8: Κύκλος Ζωής Πολιτικών (Wellstead & Stedman, 2015)

Πρώτο στάδιο είναι η συγκρότηση της ατζέντας (agenda setting) κατά την οποία τα αιτήματα μετατρέπονται σε προβλήματα και τα άτομα που διαμορφώνουν την πολιτική επιλέγουν ή νιώθουν υποχρεωμένοι να ασχοληθούν μαζί τους. Δεύτερο στάδιο είναι η διαμόρφωση της πολιτικής (policy formulation) όπου αναπτύσσονται προτάσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων. Στο τρίτο στάδιο γίνεται η λήψη της απόφασης (decision making) για το ποια συγκεκριμένη δράση θα εφαρμοστεί. Μετά ακολουθεί η εφαρμογή/ υλοποίηση της πολιτικής (policy implementation) όπου υλοποιούνται οι αποφάσεις και στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται ο έλεγχος και η αξιολόγηση της πολιτικής (monitoring and evaluation) και το αποτέλεσμα της μπορεί να οδηγήσει στον επαναπροσδιορισμό των προβλημάτων και των λύσεων.

Η θεωρητική και πρακτική διερεύνηση της έννοιας και του υποβάθρου της αιτιότητας μπορεί με τη σειρά της να οδηγήσει στο σχεδιασμό και ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων που θα έχουν ως στόχο την υποστήριξη της σε διάφορες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα τη διαδικασία διαμόρφωσης πολιτικής. Η αναγνώριση και η μοντελοποίηση των αιτιακών σχέσεων μπορεί να συνεισφέρει στην δημιουργία πολιτικών σε πολύπλοκα κοινωνικοοικονομικά συστήματα. Οι σχέσεις αιτιότητας μπορούν να γεφυρώσουν το κενό ανάμεσα στα δεδομένα και τις πιθανές αποφάσεις. Χρήση των μοντέλων αιτιότητας μπορεί να γίνει κυρίως σε τρία από αυτά τα στάδια, στο στάδιο της διαμόρφωσης της πολιτικής, στο στάδιο της λήψης αποφάσεων αλλά και στο στάδιο της αξιολόγησης της πολιτικής. Σαφώς και το μοντέλο χρησιμοποιείται σε όλο τον κύκλο της πολιτικής, αλλά σε αυτά τα τρία στάδια γίνεται η πλήρης αξιοποίησή του. Στο στάδιο της εφαρμογής το μοντέλο λειτουργεί περισσότερο ως οδηγός και δεν τροποποιείται. Αν και όπως αναφέρθηκε τα στάδια υπάρχουν για αναλυτικούς σκοπούς επομένως αν κατά την διάρκεια υλοποίησης της πολιτικής γίνεται και λήψη αποφάσεων ή κάποια αξιολόγηση τότε τα μοντέλα αιτιότητας χρησιμοποιούνται όπως θα αναφερθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

#### B) Πρόβλεψη και Λήψη Αποφάσεων

Ένα μεγάλο κομμάτι της ανάλυσης των πολιτικών αφιερώνεται στην αξιολόγηση η οποία προσπαθεί να εξηγήσει τα αίτια και τα αποτελέσματα των πολιτικών αφού αυτές έχουν εφαρμοστεί. Εξίσου σημαντική όμως είναι και μία εκ των προτέρων αξιολόγηση που μπορεί να πραγματοποιηθεί στα πρώτα στάδια της πολιτικής. Κατά τη διάρκεια της διαμόρφωσης της πολιτικής και πριν την λήψη της απόφασης για το ποια πολιτική θα εφαρμοστεί είναι χρήσιμο για τους αναλυτές να έχουν ένα μοντέλο το οποίο θα παρουσιάζει την πολιτική αλλά και να προβλέπει πιθανά αποτελέσματά της. Διάφορες τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν για την πρόβλεψη όπως η ανάλυση παλινδρόμησης, η ανάλυση συσχέτισης αλλά και η χρήση αιτιωδών γραφημάτων (Dunn, 2015).

Η χρήση γνωστικών χαρτών είναι μία από τις πρώτες προσεγγίσεις που διευκόλυνε την κατανόηση ενός προβλήματος με αρχική εφαρμογή την αναπαράσταση της υπάρχουσας γνώσης στις κοινωνικές επιστήμες. Όπως έχουμε δει και στο προηγούμενο κεφάλαιο ένας γνωστικός χάρτης αποτελείται από κόμβους, που αντιπροσωπεύουν διάφορες μεταβλητές, και από βέλη που συνδέουν τους κόμβους και δείχνουν τις σχέσεις αιτιότητας. Με αυτόν τον τρόπο διαφορετικοί δράστες μπορούν να παρουσιάσουν διάφορες αντιλήψεις σχετικά με το πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν αυτοί που καθορίζουν την πολιτική και έτσι να κατανοήσουν τις διάφορες καταστάσεις του προβλήματος.

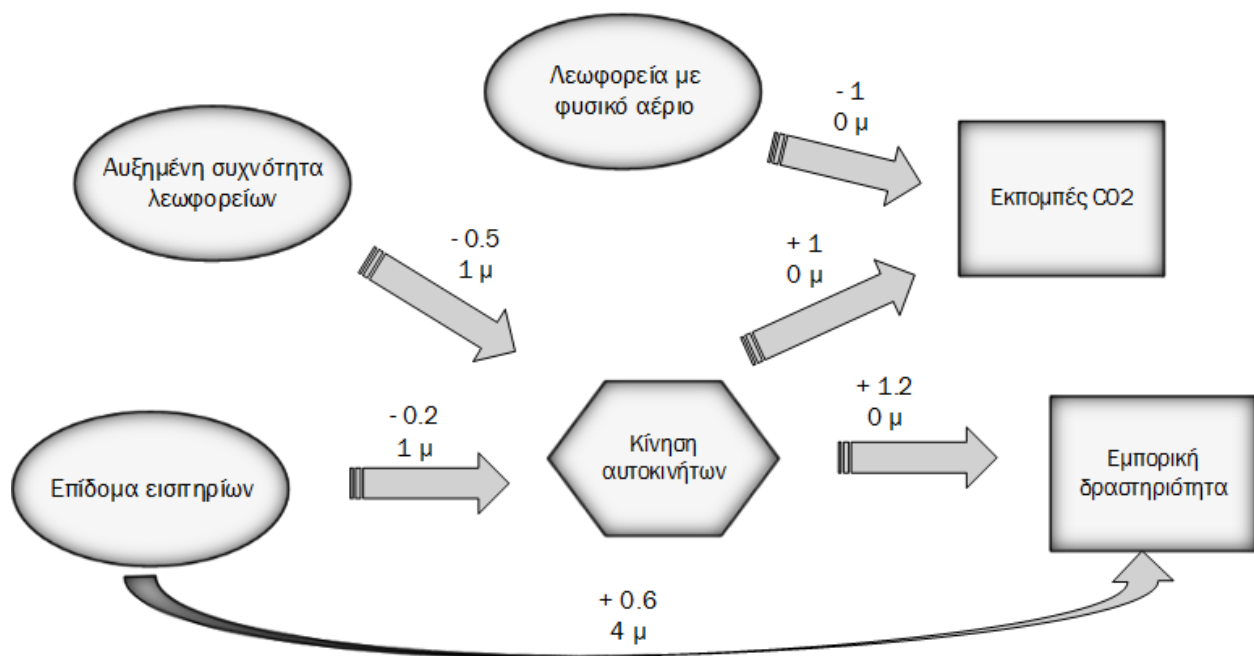
Παρόλο που οι γνωστικοί χάρτες εξυπηρετούν τον στόχο της δόμησης του προβλήματος, το περιεχόμενο τους δεν τους επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν ως μοντέλα για προσομοίωση του τρόπου με τον οποίο οι αλλαγές σε έναν κόμβο επηρεάζουν τους άλλους κόμβους μέσω των



σχέσεων αιτιότητας. Ένα διάγραμμα αιτιότητας μπορεί να απεικονίσει τις μεταβλητές και τις αλληλεξαρτήσεις τους με έναν ποσοτικό τρόπο. Κύρια στοιχεία του είναι τα εξής (Larsson & Ibrahim, 2015):

- Ανεξάρτητες μεταβλητές (πηγές των αλλαγών)
- Εξαρτημένες μεταβλητές (ενδιάμεσες μεταβλητές και μεταβλητές-στόχοι)
- Κανάλια διάδοσης αλλαγών
- Χρονικές καθυστερήσεις
- Μία υπάρχουσα κατάσταση (status-quo) του γραφήματος (η αρχική κατάσταση με την σχετική αλλαγή στο 0%)
- Έναν δείκτη που αντιπροσωπεύει τις αλλαγές στις μεταβλητές-στόχοι σε σχέση με το επίπεδο status-quo

Ένα απλό παράδειγμα παρουσιάζεται παρακάτω, όπου ένας φορέας τοπικής αυτοδιοίκησης θέλει να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, έτσι ώστε να εναρμονιστεί με τους κλιματικούς στόχους και να βελτιώσει την ποιότητα της ατμόσφαιρας σε μία πόλη.



Εικόνα 9 (Larsson & Ibrahim, 2015): Διάγραμμα αιτιότητας για την πολιτική που θα εφαρμοστεί για τα επίδομα εισιτηρίων με τέσσερις δράσεις, οι τρεις στα αριστερά ελέγχουν τους πόρους και ένας που ενδιαφέρεται για την εμπορική δραστηριότητα. Ο δείκτης-στόχος αποτελείται από το γεγονός ότι οι δράσεις θέλουν να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 20%, ενώ ο τέταρτος θέλει να

αυξήσει την εμπορική δραστηριότητα κατά 5%. Κάθε βέλος έχει ένα δείκτη συσχέτισης και μία χρονική καθυστέρηση. Για παράδειγμα, η αυξημένη συχνότητα λεωφορείων με την κίνηση των αυτοκινήτων εμφανίζουν συσχέτιση -0.5 και χρονική καθυστέρηση 1 μήνα.

Μία επιλογή πολιτικής είναι η αύξηση του επιδόματος (μειωμένη τιμή εισιτηρίων) όπου η υπόθεση όσον αφορά στην αιτιότητα είναι όσο πιο φθηνά είναι τα εισιτήρια τόσο πιο πολλοί άνθρωποι θα χρησιμοποιούν το λεωφορείο αντί για το αυτοκίνητο, άρα θα μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και περισσότεροι πολίτες θα έχουν πρόσβαση στο κέντρο της πόλης αυξάνοντας την εμπορική δραστηριότητα. Υπάρχει, όμως, θετική σχέση αιτιότητας μεταξύ της κίνησης των αυτοκινήτων και της εμπορικής δραστηριότητας, η οποία αυξάνει την πολυπλοκότητα του προβλήματος. Για πολλούς πολίτες δεν είναι η τιμή του εισιτηρίου που τους αποτρέπει από το να πάρουν το λεωφορείο, αλλά η συχνότητα των δρομολογίων. Επίσης περαιτέρω μείωση του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να επιτευχθεί αυξάνοντας το μερίδιο των λεωφορείων που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο.

Με την χρήση ενός αιτιώδους γραφήματος υποστηρίζονται τρία είδη ανάλυσης (Acar & Druckenmiller, 2006):

**1. Ανάλυση προς τα πίσω:**

Αποσαφήνιση, δοκιμή και επαναξιολόγηση των παραδοχών όσον αφορά τις σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος:

- a. μείζων ανάλυση των παραδοχών (έλεγχος εγκυρότητας των σημαντικότερων στοιχείων του γράφου και των σχέσεων).
- b. ελάσσων ανάλυση παραδοχών (έλεγχος εγκυρότητας των λεπτομερών ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του γραφήματος).

**2. Ανάλυση της δομής:**

Πεδίο δράσης γραφήματος, ανάλυση συνδεσιμότητας, ανάλυση προσβασιμότητας (ποιοτική και ποσοτική).

**3. Ανάλυση προς τα εμπρός:**

- a. Προσομοίωση σεναρίων: «τρέξιμο» διαφορετικών σεναρίων στο γράφημα, προσομοιώνοντας το πως μεταφέρονται οι αλλαγές από την πηγή σε όλο το γράφο.
- b. Ανάλυση στόχων: εφικτότητα και συμβατότητα στόχων μέσω των διαφορετικών σεναρίων. Αποτελεσματικότητα (σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα επιθυμητά αποτελέσματα, λαμβάνοντας υπόψιν τις αλλαγές που χρειάζεται να γίνουν).

Κατά τη διάρκεια διαμόρφωσης της πολιτικής οι διαφορετικές επιλογές μπορούν να εκφραστούν με ένα διαφορετικό σενάριο. Εφικτά σενάρια μπορούν να είναι αυτά που ικανοποιούν τους δράστες και επιτυγχάνουν τους στόχους τους με διάφορους τρόπους. Αυτή η διαδικασία δεν μπορεί να συλλάβει όλες τις μικρές λεπτομέρειες της κατάστασης που

προσπαθεί να αντιμετωπίσει η πολιτική, αλλά μπορεί να δημιουργήσει έναν χάρτη που απεικονίζει ικανοποιητικά τα σημαντικότερα και κυριότερα στοιχεία της κατάστασης καθώς και τις σχέσεις μεταξύ τους.

Η αναγνώριση και η δημιουργία εναλλακτικών σεναρίων είναι από τις πιο σημαντικές φάσεις της διαμόρφωσης της πολιτικής. Εάν τα σενάρια είναι αδύναμα θα οδηγήσουν σε μία κακή απόφαση. Επομένως, η αξιολόγηση και η δημιουργία εφικτών σεναρίων είναι αναγκαίες για την λήψη της απόφασης. Η χρήση ενός διαγράμματος αιτιότητας επιτρέπει την δημιουργία διαφορετικών σεναρίων είτε με την αλλαγή μίας πηγής είτε με την αλλαγή πολλών πηγών ταυτόχρονα ή διαδοχικά. Κατά αυτόν τον τρόπο μπορούμε να παρακολουθήσουμε πως μία αλλαγή διαχέεται σε όλο το γράφημα. Τα σενάρια μπορούν να ικανοποιήσουν διαφορετικές μεθόδους λήψης αποφάσεων: συσχέτιση σεναρίων με την επίτευξη στόχων, περιορισμό δαπανών ανάλογα με το κόστος της αλλαγής, επίτευξη πολλών στόχων με ένα σενάριο.

Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι ανάλυσης του γραφήματος διακρίνοντας τους κόμβους σε επιλογές και στόχους, όπου οι επιλογές είναι οι πηγές των αλλαγών (Montibeller & Belton, 2006): α) οι προσεγγίσεις που επιστρατεύουν την δομή του γραφήματος, β) οι προσεγγίσεις που επιστρατεύουν εξωτερικά μοντέλα.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν η τοπολογική ανάλυση, η ανάλυση συνδέσμων και οι συλλογιστικοί χάρτες (reasoning maps). Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν η πολυκριτηριακή ανάλυση, η μέθοδος εξαγωγής προτιμήσεων και η δημιουργία δεικτών απόδοσης. Ακολουθεί μία συνοπτική παρουσίαση αυτών των αναλύσεων.

### **Τοπολογική Ανάλυση**

Δύο βασικά χαρακτηριστικά των επιλογών σε έναν αιτιώδη γράφο είναι η δυναμική και το συντομότερο μονοπάτι. Όσο περισσότερους στόχους επηρεάζει μία επιλογή τόσο μεγαλύτερη είναι η δυναμική της, ενώ το συντομότερο μονοπάτι είναι αυτό που χρησιμοποιεί τις λιγότερες ενδιάμεσες μεταβλητές και είναι αυτό που ασκεί τη μεγαλύτερη επιρροή. Μία τέτοια ανάλυση είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί και είναι εύκολα κατανοητή για αυτούς που λαμβάνουν τις αποφάσεις, όμως μας δίνει πολύ λίγα αιτιολογικά συμπεράσματα.

### **Ανάλυση των Συνδέσμων**

Η βασική ιδέα πίσω από αυτήν την προσέγγιση, που χρησιμοποιεί την δύναμη των συνδέσμων, είναι πως, εκμαιεύοντας πληροφορίες σχετικά με την δύναμη της αιτιότητας σε ένα ζεύγος κόμβων, είναι δυνατόν να έχουμε πολύ καλύτερα συμπεράσματα σε σχέση με την τοπολογική ανάλυση.

- Ποιοτική αξιολόγηση: με αυτήν τη μέθοδο, που προτάθηκε από τον Kosko, η αξιολόγηση των συνδέσμων γίνεται με την χρήση κλίμακας (πολύ αδύναμος-1, αδύναμος-2, μέτριος-3, ισχυρός-4, πολύ ισχυρός-5). Ο Kosko ονόμασε αυτό το μοντέλο ασαφή γνωστικό χάρτη (fuzzy cognitive map) προτείνοντας ότι αυτά τα ποσοτικά στοιχεία μπορούν επεξεργαστούν χρησιμοποιώντας Ασαφή Λογική. (Kosko, 1986).
- Ποσοτική αξιολόγηση: με αυτή τη μέθοδο, βάρη αντιστοιχίζονται σε κάθε σύνδεσμο ως μέτρο της δύναμής του. Οι μερικές συνέπειες υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τα βάρη κατά μήκος του κάθε μονοπατιού και οι συνολικές προσθέτοντας τις μερικές. Έτσι φαίνεται εύκολα ποια αρχική επιλογή έχει μεγαλύτερη επίδραση στους στόχους.
- Πιθανοτικές μέθοδοι: για την ενδυνάμωση της συμπερασματολογίας με τη χρήση αιτιωδών γραφημάτων έχουν προταθεί και πιο περίπλοκες ποσοτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν πιθανότητες. Μία από αυτές είναι ο αιτιώδης γράφος να μοντελοποιηθεί ως Μπεϋζιανό δίκτυο (Nadkarni & Shenoy, 2001, 2004), όπου κάθε κόμβος του δικτύου αντιπροσωπεύεται από μία μεταβλητή η οποία μπορεί να έχει διάφορες καταστάσεις (κάθε κατάσταση έχει μία πιθανότητα η οποία ορίζεται από αυτούς που λαμβάνουν τις αποφάσεις). Οι σύνδεσμοι στο γράφο παρουσιάζονται ως δεσμευμένες πιθανότητες. Λαμβάνοντας υπόψιν κάθε πιθανό αποτέλεσμα και κάθε δυνατή κατάσταση των κόμβων δημιουργείται ένας πίνακας πιθανοτήτων για το εκάστοτε σενάριο. Με αυτόν τον τρόπο καθορίζοντας τις πραγματικές καταστάσεις των μεταβλητών μπορεί να γίνει αξιολόγηση των επιλογών.

### Reasoning maps

Οι συλλογιστικοί χάρτες είναι ένα συγκεκριμένο είδος γραφήματος αιτιότητας που έχει δομή Μέσων-Σκοπών (Means-Ends). Στο κάτω μέρος του χάρτη βρίσκονται οι κόμβοι-επιλογές και στην κορυφή οι κόμβοι στόχοι που δίνουν τις τελικές τιμές. Στο ενδιάμεσο υπάρχουν και οι κόμβοι μετάβασης. Σε κάθε κόμβο αντιστοιχίζεται μία μεταβλητή η οποία αποκτά μία τιμή με βάση μία ποιοτική κλίμακα που καθορίζεται από τα άτομα που λαμβάνουν τις αποφάσεις. Έπειτα εξάγονται πληροφορίες σχετικά με την δύναμη μίας σύνδεσης με βάση αυτήν την κλίμακα, οι οποίες επηρεάζουν την κρίση αυτών που λαμβάνουν τις αποφάσεις. Το βασικότερο πλεονέκτημα των παραπάνω προσεγγίσεων, που βασίζονται στην δύναμη των συνδέσμων σε σύγκριση με την τοπολογική ανάλυση είναι ότι βελτιώνουν την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από έναν αιτιώδη γράφο. Όσο περισσότερες ποσοτικές πληροφορίες εξάγονται, τόσο πιο δυνατή είναι η συμπερασματολογία του μοντέλου. Από την άλλη, ένα από τα αρνητικά αυτών των μεθόδων είναι η πολυπλοκότητα των υπολογισμών που πρέπει να γίνουν για να εξαχθούν αυτές οι πληροφορίες. επίσης, το νόημα των αποτελεσμάτων πάντα τίθεται σε διαβούλευση και τα συμπεράσματα δεν είναι πάντοτε αποδεκτά.

Τέλος, οι εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο δεν είναι πάρα πολλές ώστε να είμαστε σίγουροι για την επιτυχία των μεθόδων κυρίως σε ότι έχει να κάνει με την αλληλεπίδραση του μοντέλου με αυτούς που παίρνουν τις αποφάσεις.

### **Μέθοδος εξαγωγής προτιμήσεων**

Η πρώτη προσέγγιση που αποσπά τις έννοιες από τον χάρτη και χρησιμοποιεί αυτές τις έννοιες σε μια εξωτερική αξιολόγηση είναι η εξαγωγή προτιμήσεων. Απαιτεί ότι οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων είτε ψηφίζουν υπέρ ή κατά μιας επιλογής είτε αποφασίζουν για μια δεδομένη διαδρομή. Τρεις μέθοδοι βασίζονται σε αυτή την ιδέα:

- Προτίμηση επιλογής: είναι μία διαδικασία ψηφοφορίας όπου τα άτομα που λαμβάνουν τις αποφάσεις ψηφίζουν υπέρ ή κατά των επιλογών βασισμένοι στο αιτιώδες γράφημα και στην συνολική γνώση που διαθέτουν.
- Συντομότερο μονοπάτι: βασιζόμενοι σε μία τοπολογική ανάλυση αυτοί που λαμβάνουν τις αποφάσεις επιλέγουν το μονοπάτι που κατά τη γνώμη έχει τα καλύτερα αποτελέσματα.
- Αντίκτυπο μονοπατιών: σε αυτή την μέθοδο καθορίζεται η αξία του κάθε μονοπατιού. Μοιάζει με την προηγούμενη, μόνο που δεν ασχολείται με το συντομότερο μονοπάτι, αλλά γενικότερα.

### **Δείκτες απόδοσης**

Σε αυτήν την περίπτωση δημιουργούνται δείκτες απόδοσης που παίρνουν πληροφορίες από το αιτιώδες γράφημα. Με αυτούς τους δείκτες μπορούν να παρουσιαστούν τα δυνατά σημεία ή αδυναμίες δύο εναλλακτικών επιλογών.

### **Πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων**

Σε αυτήν την περίπτωση γίνεται χρήση της μεθόδου MAVT (multi-attribute value theory), μία απλή και καλά ορισμένη μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης (για περισσότερες πληροφορίες Goodwin & Wright, 2004).

Η μέθοδος MAVT χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των επιλογών αφού προηγηθεί το στάδιο στο οποίο δομείται το πρόβλημα με την χρήση του αιτιώδους γραφήματος. Όπως και με τους δείκτες απόδοσης δεν αξιοποιείται η δομή του γραφήματος για την αξιολόγηση. Γίνεται μία ταξινόμηση των στόχων και χρησιμοποιούνται μεταβλητές και βάρη για την αξιολόγηση τους. Οι τιμές των μεταβλητών και των βαρών μπορούν να προκύψουν από το αιτιώδες γράφημα.

Κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους που πραγματοποιεί μία εξωτερική ανάλυση έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στην περίπτωση της πολυκριτηριακής ανάλυσης, ενώ είναι μία μέθοδος που έχει μελετηθεί πολύ, θα πρέπει να «μεταφραστεί» το γράφημα σε ένα πολυκριτηριακό μοντέλο με συνέπεια να μην αξιοποιείται πλήρως το διάγραμμα αιτιότητας. Με την μέθοδο εξαγωγής προτιμήσεων αυτοί που λαμβάνουν τις αποφάσεις πρέπει να ψηφίσουν υπέρ ή κατά ή να διαλέξουν ένα συγκεκριμένο μονοπάτι. Αυτή είναι μία εύκολη στη χρήση μέθοδος που δίνει μία καλή εικόνα των επιλογών, αλλά μπορεί να αποδειχθεί πολύ απλοϊκή και να χαθεί η πολυδιάστατη χρήση του χάρτη. Η δημιουργία δεικτών απόδοσης για κάθε επιλογή του χάρτη δίνει μία καλή εικόνα για τα υπέρ και κατά της κάθε επιλογής, αλλά και πάλι απαιτεί την «μετάφραση» του χάρτη και δεν τον εκμεταλλεύεται πλήρως. (Montibeller & Belton, 2006)

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα της κάθε μεθόδου.

Προσέγγιση	Στρατηγική	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<b>Τοπολογική ανάλυση</b>	Χρησιμοποιεί τοπολογικές πληροφορίες από τον αιτιώδη χάρτη (π.χ. αριθμός διαδρομών, στόχων, μήκος διαδρομών)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν απαιτεί πληροφορίες προτίμησης και είναι εύκολη να εξηγηθεί</li> <li>• Υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό</li> </ul>	Η δύναμη του συμπερασμού είναι περιορισμένη
<b>Ανάλυση συνδέσμων</b>	Εξάγει επιπλέον πληροφορίες από τα άτομα που λαμβάνουν τις αποφάσεις σχετικά με τη δύναμη των συνδέσμων αιτιότητας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Επεκτείνει την δύναμη του συμπερασμού στα αιτιώδη γραφήματα</li> <li>• Χρησιμοποιεί το μοντέλο σαν το εργαλείο αξιολόγησης (συνεπώς αποφεύγει την μετάβαση σε άλλο μοντέλο)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εγείρει περαιτέρω ζητήματα που αφορούν την αιτιότητα</li> <li>• Έλλειψη αναφορών πάνω στην χρήση σε αληθινές πρακτικές</li> </ul>

<p><b>Reasoning maps</b></p>	<p>Χρησιμοποιεί το αιτιώδες γράφημα για μία πολυεπίπεδη ανάλυση</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Επεκτείνει την δύναμη του συμπερασμού στα αιτιώδη γραφήματα</li> <li>• Χρησιμοποιεί το μοντέλο σαν το εργαλείο αξιολόγησης</li> <li>• Επιτρέπει την κατανόηση της επίδρασης που έχουν οι αποφάσεις στους στόχους μέσα από περίπλοκα μονοπάτια</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απαιτεί τον ορισμό μεταβλητών</li> <li>• Δεν υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό που να είναι φιλικό προς τον χρήστη</li> </ul>
<p><b>Εξαγωγή προτιμήσεων</b></p>	<p>Τα άτομα που λαμβάνουν τις αποφάσεις πρέπει να ψηφίσουν για μία επιλογή ή ένα μονοπάτι</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εύκολο στην χρήση</li> <li>• Υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν αξιοποιεί πλήρως το γράφημα για την αξιολόγηση</li> <li>• Η προσήλωση σε ένα μονοπάτι μπορεί να είναι πολύ απλοϊκή (περίπτωση μονοπατιών)</li> </ul>
<p><b>Δείκτες απόδοσης</b></p>	<p>Εξάγει πληροφορίες σχετικά με την απόδοση των επιλογών και τις χρησιμοποιεί για αξιολόγηση</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εύκολο στην χρήση</li> <li>• Υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν αξιοποιεί πλήρως το γράφημα για την αξιολόγηση</li> <li>• Απαιτεί την μετάφραση των κόμβων σε δείκτες απόδοσης</li> </ul>

<p><b>Πολυκριτηριακή ανάλυση</b></p>	<p>Εφαρμόζει πολυκριτηριακή ανάλυση σε δεδομένα που προκύπτουν από το χάρτη</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δημιουργεί κατάταξη των επιλογών</li> <li>• Είναι μία μέθοδος που έχει μελετηθεί αρκετά</li> <li>• Υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απαιτεί την μετάφραση των κόμβων σε ένα πολυκριτηριακό μοντέλο</li> <li>• Δεν αξιοποιεί πλήρως το γράφημα για την αξιολόγηση</li> </ul>
--	---	--	--

Πίνακας 1: Μέθοδοι ανάλυση αιτιώδους γραφήματος για την λήψη αποφάσεων

Σε αυτή την διπλωματική εργασία παρουσιάζουμε κάποιες προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση των επιλογών που προκύπτουν από την διαμόρφωση ενός προβλήματος με την χρήση αιτιωδών χαρτών/γραφημάτων και μοντέλων. Το κατά πόσο μία από αυτές τις προσεγγίσεις είναι η κατάλληλη εξαρτάται τόσο από τον χρήστη όσο και από αρχικό σκοπό της εκάστοτε πολιτικής. Πολλές φορές η ανάγκη για αξιολόγηση των επιλογών είναι εμφανής από την αρχή οπότε και το κατάλληλο πλαίσιο αξιολόγησης σχεδιάζεται από την αρχή. Άλλες φορές αυτή η ανάγκη προκύπτει στην πορεία ή/και δεν είναι τόσο αναγκαία αρχικά οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία πιο απλή τοπολογική ανάλυση.

### Γ) Αξιολόγηση Επιπτώσεων

Οι πολιτικές υλοποιούνται με την προσδοκία της βελτίωσης της κατάστασης των ατόμων που επηρεάζονται από αυτές, αλλά ο βαθμός αυτής της βελτίωσης μπορεί να εκτιμηθεί μόνο με μία διαδικασία παρακολούθησης των αποτελεσμάτων και αξιολόγησης των επιπτώσεων της πολιτικής. Το μοντέλο αιτιότητας του προγράμματος δείχνει τις σχέσεις ανάμεσα στις δραστηριότητες του προγράμματος και στις αναμενόμενες εκροές, αποτελέσματα και επιπτώσεις. Αυτές οι σχέσεις βασίζονται στις σχέσεις αιτιότητας που οι σχεδιαστές του προγράμματος πιστεύουν ότι υπάρχουν. Η αιτιακή αλυσίδα δείχνει πως αυτές οι σχέσεις λειτουργούν μέσα από βήματα, ξεκινώντας από τις δραστηριότητες του προγράμματος και καταλήγοντας στις επιπτώσεις του.

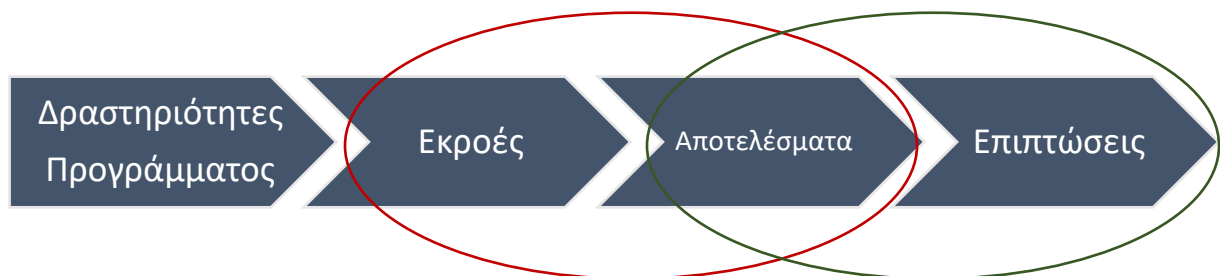
Η παρακολούθηση είναι μία εργασία που επιτρέπει την τεκμηρίωση των διαδικασιών και των αποτελεσμάτων μιας πολιτικής ή ενός έργου. Η παρακολούθηση αντιπαραθέτει την πρόοδο των αποτελεσμάτων απέναντι στα προκαθορισμένα σχέδια. Τα δεδομένα που συλλέγονται



χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση, η οποία έχει ως στόχο να αποδώσει την ύπαρξη των σχέσεων αιτιότητας που έχουν υποθέσει οι σχεδιαστές στις λειτουργίες του προγράμματος. Η διαδικασία της αξιολόγησης είναι μία ανάλυση ή ερμηνεία των συλλεχθέντων δεδομένων που ερευνά σε βάθος τα αποτελέσματα και τον συνολικό αντίκτυπο της πολιτικής.

Μπορούμε να ορίσουμε τα εξής (United Nations, n.d.):

- Εκροές (outputs): τα απτά αγαθά και υπηρεσίες που παράγονται από το πρόγραμμα/πολιτική και είναι αναγκαία για την επίτευξη των στόχων του προγράμματος πολιτικής. Οι εκροές σχετίζονται με την ολοκλήρωση του έργου και σε αυτά έχουν υψηλό βαθμό επιρροής οι διαχειριστές.
- Αποτελέσματα (outcomes): πραγματική ή προβλεπόμενη μεταβολή των συνθηκών που οι παρεμβάσεις επιδιώκουν να υποστηρίξουν. Μπορούν να θεωρηθούν το ενδιάμεσο στάδιο των επιδιώξεων της πολιτικής.
- Επιπτώσεις (impacts): το μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα μιας πολιτικής. Μπορεί να αφορά αλλαγές σε συμπεριφορές, γνώση, θέσεις και πρακτικές που η πολιτική έχει συνεισφέρει, άμεσα ή έμμεσα.



Διάγραμμα 1: Διαδικασία αξιολόγησης

#### Παρακολούθηση Προγράμματος:

- Μετρά εκροές και αποτελέσματα
- Δεν προσπαθεί να αποδώσει τα αποτελέσματα στην πολιτική

#### Αξιολόγηση Επιπτώσεων:

- Μετρά αποτελέσματα και επιπτώσεις
- Αποδίδει τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις στην πολιτική

- Απαιτεί την σύγκριση με αντιπαραδείγματα (counterfactual): τι θα είχε συμβεί αν δεν είχε εφαρμοστεί η πολιτική;

Η σπουδαιότητα του μοντέλου αιτιότητας στην παρακολούθηση και αξιολόγηση των επιπτώσεων έγκειται στο γεγονός ότι αναγκάζει τους διαχειριστές να διαμορφώσουν τις σχέσεις αιτιότητας που διέπουν την πολιτική και να αξιολογήσουν σε ποιο βαθμό αυτές έχουν νόημα. Για παράδειγμα, μία πολιτική που έχει ως στόχο την αύξηση των εξαγωγών των παραγωγών μικρής κλίμακας, αλλά επικεντρώνει τους δείκτες και τους στόχους της στον αριθμό των εκπαιδευτικών προγραμμάτων που προσφέρονται στους παραγωγούς. Σε αυτήν την περίπτωση το επιθυμητό αποτέλεσμα δεν συνδέεται με τους δείκτες που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των αποτελεσμάτων. Ένα μοντέλο αιτιότητας που δείχνει τις σχέσεις ανάμεσα στις δραστηριότητες, τις εκροές, τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις ξεκαθαρίζει αυτήν την ασυνέπεια (Woller & Downing, 2007a, 2007b). Η παρακολούθηση και η αξιολόγηση επιπτώσεων δεν είναι απλές δειγματοληπτικές μέθοδοι. Πρέπει να σχεδιάζονται προσεκτικά κατευθυνόμενες από ένα σύνολο πιθανών θεωρητικών σχέσεων που συνδέουν τις δραστηριότητες με τις επιθυμητές επιπτώσεις μέσω μία λογικής αιτίας-αποτελέσματος όπως αυτή εκφράζεται από το μοντέλο αιτιότητας. Πρέπει να καταδεικνύουν την εγκυρότητα αυτών των θεωρητικών σχέσεων ώστε να βοηθούν στην λήψη αποφάσεων και να παρέχουν αξιόπιστες αποδείξεις για τις επιπτώσεις της πολιτικής.

Υπάρχουν δύο είδη αξιολόγησης επιπτώσεων: η εκ των προτέρων και η εκ των υστέρων. Η εκ των προτέρων αξιολόγηση επιπτώσεων προσπαθεί να μετρήσει τις επιπτώσεις που θέλουν να επιτύχουν μελλοντικά προγράμματα και πολιτικές και μπορεί να περιλαμβάνουν προσομοιώσεις βασισμένες σε υποθέσεις (Todd & Wolpin, 2008). Αντιθέτως, οι εκ των υστέρων αξιολογήσεις μετρούν τις πραγματικές επιπτώσεις στους ευεργετούμενους οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στις παρεμβάσεις της πολιτικής. Μερικές φορές όμως οι εκ των υστέρων αξιολογήσεις μπορεί να παραλείψουν τους μηχανισμούς που παράγουν τις επιπτώσεις. Για αυτό μία καλή προσέγγιση είναι ο συνδυασμός των δύο μεθόδων, έτσι ώστε να γίνεται κατανοητό το πως προκύπτουν οι επιπτώσεις της πολιτικής.

Πρώτο βήμα για την παρακολούθηση και εν συνεχεία αξιολόγηση της πολιτικής είναι ο καθορισμός κάποιων δεικτών οι οποίοι μετρούν τους σημαντικούς συνδέσμους στην αιτιακή αλυσίδα. Επειδή μπορούν να υπάρξουν πολλοί δείκτες σε ένα πρόγραμμα, είναι σημαντικό να επικεντρωνόμαστε στους συνδέσμους που θεωρούνται πιο σημαντικοί ώστε να επιτευχθούν τα αποτελέσματα σε όλα τα επίπεδα (εκροές, αποτελέσματα, επιπτώσεις). Η προσεκτική παρακολούθηση του αιτιώδους μοντέλου βοηθάει στην ιεράρχηση των συνδέσμων.

Η επιλογή των σημαντικότερων δεικτών απαιτεί χρόνο και σκέψη. Κάποιοι σύνδεσμοι είναι εύκολοι να μετρηθούν και τότε ένας δείκτης είναι αρκετός για να δείξει το αποτέλεσμα. Για κάποιους άλλους συνδέσμους όμως μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι πιθανοί δείκτες που να

μετρούν μία ή περισσότερες διαστάσεις του αποτελέσματος. Για παράδειγμα, το εισόδημα έχει περισσότερες από μία διαστάσεις, μισθός, έξοδα, ακίνητη περιουσία, άρα μπορεί να μετρηθεί με διαφορετικούς τρόπους. Γενικά, ένας «καλός» δείκτης πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Άμεσος: ο δείκτης θα πρέπει να μετρά όσο το δυνατόν πιο άμεσα. Για παράδειγμα, εάν το προς μέτρηση αποτέλεσμα είναι η αύξηση στην απασχόληση των νέων, τότε ο καλύτερος δείκτης είναι ο αριθμός και το ποσοστό των νέων που βρήκαν απασχόληση. Ο αριθμός ή το ποσοστό των νέων που απέκτησαν κάποιες δεξιότητες πάνω σε ένα επάγγελμα δεν μετρά άμεσα το αποτέλεσμα.
- Συγκεκριμένος: οι δείκτες πρέπει να ορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε όλοι να τους ερμηνεύουν με το ίδιο τρόπο.
- Χρήσιμος: οι δείκτες πρέπει να βοηθούν το πρόγραμμα ώστε να βελτιώνεται.
- Πρακτικός: το κόστος και ο χρόνος που απαιτούνται για την δημιουργία του δείκτη δεν πρέπει να ξεπερνούν την χρησιμότητά του.
- Αποδεκτός: δεν ταιριάζουν οι ίδιοι δείκτες σε όλα τα προγράμματα. Ακόμη και στο ίδιο πρόγραμμα εάν αυτό εφαρμοστεί σε διαφορετικό περιβάλλον.
- Επαρκείς: δεν υπάρχει «σωστός» αριθμός δεικτών, πρέπει όμως να βρεθεί η κατάλληλη ισορροπία ανάμεσα στις πληροφορίες που χρειάζονται και στον χρόνο, το κόστος και τις τεχνικές απαιτήσεις που χρειάζονται για την συλλογή τους.

Παρόλο που οι δείκτες είναι σημαντικοί για την αξιολόγηση από μόνοι τους δεν μπορούν να προσφέρουν τις σωστές πληροφορίες για το πρόγραμμα. Μπορούν να δείξουν τις αλλαγές που επιτεύχθηκαν, αλλά δεν μπορούν να αποδώσουν αυτές τις αλλαγές στο πρόγραμμα/πολιτική που εφαρμόστηκε. Η κύρια πρόκληση της αξιολόγησης των επιπτώσεων είναι να προσδιορίσει το τι θα είχε συμβεί εάν δεν είχε εφαρμοστεί το πρόγραμμα (Khandker, S.R., Koolwal, G.B., Samad, 2010). Για παράδειγμα, εφαρμόζεται μία πολιτική και μετά υπολογίζεται το κατά κεφαλήν εισόδημα. Το ποιο θα ήταν το κατά κεφαλήν εισόδημα εάν δεν είχε εφαρμοστεί η πολιτική αποτελεί το αντιπαράδειγμα (counterfactual).

Μία πολιτική θέλει να επιφέρει κάποιες αλλαγές εκεί που εφαρμόζεται. Καίρια ερωτήματα είναι τα εξής: Οι αλλαγές που παρατηρούνται μπορούν να αποδοθούν κατευθείαν στην παρέμβαση της πολιτικής; Ήταν η πολιτική η αιτία για τις αλλαγές; Η απάντηση είναι όχι. Παρατηρώντας μόνο το τι συμβαίνει μετά την παρέμβαση δεν μπορεί να μας δώσει ένα σίγουρο συμπέρασμα για τις επιπτώσεις. Στην καλύτερη περίπτωση το ερώτημα που μπορεί να απαντηθεί είναι το κατά πόσο επιτεύχθηκαν οι στόχοι της πολιτικής.

Το πρόβλημα της αξιολόγησης είναι ότι οι επιπτώσεις της πολιτικής (ανεξάρτητα από άλλους παράγοντες) μπορούν να εκτιμηθούν μόνο συγκρίνοντας τα πραγματικά αποτελέσματα με τα αντιπαραδείγματά τους και τα αντιπαραδείγματα δεν μπορούν να παρατηρηθούν. Έτσι η πρόκληση είναι να δημιουργηθεί μία λογική και πειστική ομάδα ευεργετούμενων προς

σύγκριση. Ιδανικά, κάποιος θα ήθελε να συγκρίνει πως το ίδιο άτομο/νοικοκυριό/οργανισμό θα συμπεριφερόταν μετά από μία παρέμβαση ή «θεραπεία» και πως χωρίς αυτήν. Κάτι τέτοιο όμως είναι αδύνατον καθώς δεν γίνεται ένα άτομο να ανήκει ταυτόχρονα σε αυτούς που δέχτηκαν την παρέμβαση και σε αυτούς που δεν την δέχτηκαν. Η εύρεση των κατάλληλων αντιπαραδειγμάτων είναι το βασικότερο σημείο της αξιολόγησης επιπτώσεων.

Μία αξιολόγηση επιπτώσεων είναι στη βάση της ένα πρόβλημα ελλιπών δεδομένων, γιατί δεν μπορεί κάποιος να δει τα αποτελέσματα ενός προγράμματος στους συμμετέχοντες εάν αυτοί δεν έχουν επηρεαστεί από αυτό. Χωρίς πληροφορίες για το αντιπαραδείγμα, η επόμενη καλύτερη επιλογή είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών που συμμετείχαν στο πρόγραμμα με αυτούς που δεν συμμετείχαν. Δηλαδή πρέπει να βρεθεί μία ομάδα προς σύγκριση (ομάδα ελέγχου) που να είναι αρκετά όμοια με την ομάδα που δέχτηκε την παρέμβαση/«θεραπεία», έτσι ώστε αυτοί που δέχτηκαν την «θεραπεία», αν δεν την είχαν δεχτεί να είχαν τα ίδια αποτελέσματα με την ομάδα σύγκρισης. Μία επιτυχημένη αξιολόγηση επιπτώσεων βασίζεται στην εύρεση μίας καλής ομάδας σύγκρισης.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε τις αρχές που σχετίζονται με την εσωτερική (σχεδιασμός) και εξωτερική (γενίκευση) εγκυρότητα και πρέπει να αντιμετωπίσει η αξιολόγηση επιπτώσεων (3ie, n.d.):

- Σύγχυση (confounding): Συμβαίνει όταν κάποιοι παράγοντες, οι οποίοι συνήθως είναι κοινωνικοοικονομικοί, σχετίζονται με την παρέμβαση που σχεδιάζεται από την πολιτική και ανεξάρτητα από αυτήν επηρεάζουν το αποτέλεσμά της.
- Συστημικό σφάλμα επιλογής (selection bias): Εμφανίζεται εξαιτίας της διαφοράς ανάμεσα στις δύο ομάδες που θα υπήρχε ανεξάρτητα από τις παρεμβάσεις, αλλά και επειδή η επιλογή του ποιος θα ανήκει στην κάθε ομάδα δεν είναι τελείως τυχαία επιλογή. Εδώ ανήκει και το σφάλμα αυτό-επιλογής, όταν δηλαδή άτομα ή κοινότητες που είναι πιθανό να εμφανίσουν καλύτερα αποτελέσματα να είναι και αυτά που επιλέγονται να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα.
- Διάχυση (spillover): Εμφανίζεται όταν μέλη της ομάδας ελέγχου επηρεάζονται από την πολιτική.
- Μόλυνση (contamination): Εμφανίζεται όταν μέλη είτε της ομάδας ελέγχου είτε της ομάδας που δέχεται την παρέμβαση εκτίθενται και σε κάποια άλλη παρέμβαση.
- Ανομοιογένεια επιπτώσεων: Αναφέρεται στο γεγονός ότι διαφορετικά άτομα ή ομάδες προσκομίζουν διαφορετικά οφέλη από μία παρέμβαση.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση επιπτώσεων και προσπαθούν να αντιμετωπίσουν την έλλειψη αντιπαραδειγμάτων. Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους χρησιμοποιεί της δικές της υποθέσεις σχετικά με την φύση των παραπάνω αρχών και πως αυτές αντιμετωπίζονται. Ακολουθεί μία συνοπτική παρουσίασή τους.

1) Πειραματικός Σχεδιασμός

Σε μία τέτοια αξιολόγηση τα άτομα ή οι ομάδες τοποθετούνται τυχαία στην ομάδα που δέχεται την παρέμβαση ή στην ομάδα ελέγχου (αντιπαράδειγμα). Με σωστό μέγεθος δείγματος και σωστή τοποθέτηση στις δύο ομάδες, αυτή ίσως είναι η καλύτερη μέθοδος αξιολόγησης επιπτώσεων, καθώς η τυχαιοποίηση ελαχιστοποιεί την πιθανή ύπαρξη συστημικών διαφορών – γνωστών και μη- ανάμεσα στις δύο ομάδες και επιτρέπει κατά αυτόν τον τρόπο την δημιουργία σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος (Campbell & Harper, 2012).

Συνηθέστερος τρόπος εφαρμογής είναι οι τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές (randomizes control trials (RCTs)) (Haynes & Goldacre, n.d.). Όταν εφαρμόζεται σε ιατρικές μελέτες είναι «τυφλές», δηλαδή ούτε το αντικείμενο ούτε το άτομο που καταγράφει τα αποτελέσματα γνωρίζουν ποιος έχει δεχθεί την «θεραπεία»/παρέμβαση και ποιος όχι. Αυτό είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε μεγαλύτερης κλίμακας πολιτικές που παρεμβαίνουν σε κοινωνικοοικονομικά ζητήματα, παρ’ όλα αυτά η τυχαία τοποθέτηση στις ομάδες μπορεί να δώσει αξιολογικά αποτελέσματα στην προσπάθεια να αποδοθούν οι επιπτώσεις στην πολιτική.

Συνήθως η τυχαία τοποθέτηση εφαρμόζεται σε μία πιλοτική δοκιμή της πολιτικής πριν την, μεγάλης κλίμακας, διεκπεραίωση ή διαφορετικά ως μέρος μίας σταδιακής διεκπεραίωσης όπου η πολιτική εφαρμόζεται σε ένα μέρος των συμμετεχόντων πριν εφαρμοστεί στους υπόλοιπους που αρχικά λειτουργούν ως το αντιπαράδειγμα. Η επιτυχία των RCTs βασίζεται στο κατά πόσο οι δύο ομάδες που θα δημιουργηθούν είναι αντιπροσωπευτικές, στο πόσο ικανοποιητικό είναι το μέγεθος του δείγματος και στο κατά πόσο η τυχαιοποίηση εφαρμόστηκε σωστά. Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι παρά την γενικότερη αποδοχή της μεθόδου υπάρχουν αρκετές κριτικές που επισημαίνουν κάποια από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται παρακάτω (Scriven, 2008).

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
Δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα για το κατά πόσο οι διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες οφείλονται στην παρέμβαση της πολιτικής.	Είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε επίπεδο πληθυσμού, ιδιαίτερα σε προγράμματα εθνικής εμβέλειας.
Η τυχαία τοποθέτηση ξεπερνά τις πιθανές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες.	Οι ψευδο-πειραματικές προσεγγίσεις συχνά παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξωτερική εγκυρότητα. Όταν εφαρμόζεται πιλοτικά υπάρχει ο κίνδυνος τα αποτελέσματα να μην ισχύουν σε εθνικό επίπεδο.
	Πολλές φορές είναι δύσκολο να πειστούν όλοι για την εφαρμογή της καθώς για να

Είναι διεθνώς αναγνωρισμένη ως μία πολύ καλή μέθοδος και τα αποτελέσματά της είναι δύσκολο να αμφισβητηθούν.	εφαρμοστεί κάποιος θα πρέπει τυχαία να μην δεχτούν την παρέμβαση της πολιτικής.
	Μπορεί να παρουσιαστούν ηθικές ανησυχίες όσον αφορά την παρακράτηση της παρέμβασης.
	Ίσως να είναι πιο χρονοβόρα και δαπανηρή από τις ψευδο-πειραματικές μεθόδους.

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πειραματικού σχεδιασμού

## 2) Ψευδο-πειραματικές προσεγγίσεις

Οι ψευδο-πειραματικές μέθοδοι προσπαθούν να μιμηθούν την τυχαιοποίηση έτσι ώστε οποιαδήποτε μετρούμενη να διαφορά να μπορεί να αποδοθεί στην παρέμβαση της πολιτικής. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται μέσω του ταιριάσματος (matching) ή μέσω της σύγκρισης των δύο ομάδων. Για την διεκπεραιωθούν συνήθως γίνεται χρήση μίας πολυμεταβλητής ανάλυσης παλινδρόμησης. Ακολουθούν οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται:

- Propensity Score Matching (PSM): Οι Rosenbaum P. και Rubin D. με δύο άρθρα ορόσημα (B. Y. P. R. Rosenbaum & Rubin, 1983; P. R. Rosenbaum & Rubin, 1984) εισήγαγαν την έννοια ενός score εξισορρόπησης (balancing score) όλων των μεταβλητών των υποκειμένων που συμμετέχουν σε μία μελέτη/αξιολόγηση. Το balancing score είναι μία βαθμωτή συνάρτηση των μεταβλητών πριν την παρέμβαση και ονομάστηκε propensity score. Το propensity score ορίζεται ως η δεσμευμένη πιθανότητα να λάβει ένα υποκείμενο (π.χ. άτομο, ομάδα, οργανισμός) την «θεραπεία» δοθέντων κάποιων παρατηρούμενων χαρακτηριστικών. Με βάση αυτό γίνεται ταιρίασμα των συμμετεχόντων με τους μη συμμετέχοντες και έτσι δημιουργείται το κατάλληλο αντιπαράδειγμα.
- Σχέδιο ασυνέχειας παλινδρόμησης: Σε αυτή την περίπτωση οι συμμετέχοντες ανατίθενται στην ομάδα που δέχεται την παρέμβαση και στην ομάδα ελέγχου με βάση ένα σημείο αποκοπής που έχει οριστεί πριν την παρέμβαση. Τα άτομα που βρίσκονται ακριβώς κάτω από το σημείο αποκοπής και άρα δεν δέχτηκαν την παρέμβαση συγκρίνονται με τα άτομα που βρίσκονται ακριβώς πάνω από το σημείο αποκοπής και άρα δέχτηκαν την παρέμβαση. Κατά αυτόν τον τρόπο οποιαδήποτε διαφορά μεταξύ τους οφείλεται στην παρέμβαση.

- Διαφορές στις διαφορές (difference-in-differences ή double differences): Αυτή η μέθοδος υποθέτει ότι οι μη παρατηρούμενοι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή είναι χρονικά αμετάβλητοι. Συλλέγοντας δεδομένα από διαφορετικές χρονικές περιόδους (τουλάχιστον μία μέτρηση πριν την παρέμβαση και μία μετά) βρίσκει την μέση μεταβολή σε σχέση με τον χρόνο στις δύο ομάδες (παρέμβαση ή μη παρέμβαση) και στη συνέχεια υποθέτει ότι η διαφορά σε αυτές τις διαφορές οφείλεται στην παρέμβαση του προγράμματος-πολιτικής.
- Instrumental variables: Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται μια μεταβλητή η οποία σχετίζεται άμεσα με την πιθανότητα έκθεσης του ατόμου στην πολιτική, η οποία όμως δεν σχετίζεται με τους παράγοντες που επηρεάζουν τις επιπτώσεις. Με βάση αυτήν την μεταβλητή δημιουργούνται οι ομάδες.
- Μέθοδος «αγωγού» (pipeline approach): Σε αυτή την μέθοδο ως ομάδα σύγκρισης (αντιπαράδειγμα) ορίζονται άτομα τα οποία είναι κατάλληλα για να δεχτούν την παρέμβαση αλλά την δέχονται αργότερα από τους υπόλοιπους.

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
Οι ψευδο-πειραματικές μέθοδοι παρέχουν ισχυρές αποδείξεις για τις σχέσεις που έχει η παρέμβαση με τις επιπτώσεις.	Οι τεχνικές ταιριάσματος απαιτούν την συλλογή πολλών δεδομένων και για τις δύο ομάδες, κάτι που πολλές φορές είναι δύσκολο.
Μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν η τυχαιοποίηση δεν είναι εφικτή.	Χρειάζεται πολύ καλή ανάλυση των δεδομένων και των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται κάθε φορά.
Δεν είναι απαραίτητη η τυχαιοποίηση και έτσι μπορούν να αποφευχθούν πιθανά τεχνικά και ηθικά ζητήματα που σχετίζονται με αυτή.	Ακόμη και αν ελεγχθούν θεωρητικά όλοι οι παράγοντες είναι πιθανό να υπάρχουν άγνωστες και μη μετρήσιμες διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του ταιριάσματος οι συστηματικές διαφορές εξαλείφονται μόνο αν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την τοποθέτηση στις ομάδες μπορούν να παρατηρηθούν στα δεδομένα.
	Η συλλογή δεδομένων από την ομάδα που λειτουργεί ως αντιπαράδειγμα πολλές

	φορές μπορεί να είναι δύσκολη και η ποιότητά τους να μην είναι εξασφαλισμένη.
--	---

Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ψευδο-πειραματικών μεθόδων

Στο παρελθόν, η αξιολόγηση επικεντρωνόταν σε μεγάλο βαθμό στους μηχανισμούς που παραδίδουν το πρόγραμμα. Δινόταν περισσότερη σημασία στην διαδικασία εφαρμογής και όχι τόσο στις επιπτώσεις της παρέμβασης. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες στην προώθηση και στη διάδοση πρακτικών ανάλυσης με χρήση αντιπαραδειγμάτων. Ενώ μία τέτοια ανάλυση μπορεί να δώσει αρκετές πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις της παρέμβασης, χρειάζεται μία γενικότερη αξιολόγηση για να γίνει πλήρως κατανοητή η παρέμβαση και το αν και πόσο λειτουργεί ή όχι. Αυτή η αξιολόγηση επιπτώσεων ονομάζεται *theory-based impact evaluation* (βασισμένη στη θεωρία αξιολόγηση επιπτώσεων) και περιλαμβάνει όλες τις προαναφερθέντες διαδικασίες, έτσι ώστε συγκεντρωτικά να παρουσιάζει το καλύτερα δυνατό αποτέλεσμα για την αξιολόγηση και πιθανή βελτίωση της πολιτικής που εφαρμόστηκε ή πρόκειται να εφαρμοστεί.

Βασικές αρχές της είναι οι εξής (White, 2009):

1. Δημιουργία της αιτιοκρατικής αλυσίδας (διάγραμμα αιτιότητας)
2. Κατανόηση του περιεχομένου
3. Πρόβλεψη-προσδοκία ανομοιογένειας
4. «Αυστηρή» αξιολόγηση επιπτώσεων με την χρήση αξιόπιστων αντιπαραδειγμάτων
5. «Αυστηρή» ανάλυση των έμπρακτων επιπτώσεων, δηλαδή της ομάδας που δέχτηκε την παρέμβαση
6. Χρήση συνδυασμού μεθόδων (ποιοτικών και ποσοτικών)

ii) Ανοιχτά δεδομένα (Open data)

A) Ορισμός

Η έννοια των ανοιχτών δεδομένων και πιο συγκεκριμένα των ανοιχτών κυβερνητικών δεδομένων (πληροφορίες, δημόσιες και μη, τις οποίες ο καθένας έχει την δυνατότητα να προσπελάσει και να επαναχρησιμοποιήσει για οποιοδήποτε σκοπό) έχει επικρατήσει τα τελευταία χρόνια. Πολλές κυβερνήσεις έχουν ανακοινώσει και υλοποιήσει πρωτοβουλίες προς την κατεύθυνση «ανοίγματος» των δημόσιων πληροφοριών, ενώ ο ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) έχει εκδώσει οδηγίες και αρχές για την πρόσβαση σε ερευνητικά δεδομένα που έχουν προκύψει από δημόσια χρηματοδότηση. (OECD, 2007)



Ανοιχτά ορίζονται ως τα δεδομένα που μπορούν ελεύθερα να χρησιμοποιηθούν, να επαναχρησιμοποιηθούν και να αναδιανεμηθούν από οποιονδήποτε – υπό τον όρο να γίνεται αναφορά στους δημιουργούς και να διατίθενται, με τη σειρά τους, υπό τους ίδιους όρους.

Σημαντικότερα στοιχεία του παραπάνω ορισμού είναι τα εξής:

- Διαθεσιμότητα και Προσβασιμότητα: Τα δεδομένα πρέπει να είναι διαθέσιμα αυτούσια, να έχουν ένα λογικό κόστος αναπαραγωγής, και κατά προτίμηση να είναι διαθέσιμα για λήψη από το Διαδίκτυο.
- Επαναχρησιμοποίηση και Αναδιανομή: Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι διαθέσιμα υπό όρους που επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση και την αναδιανομή τους, συμπεριλαμβανομένης και της ανάμειξης με άλλα σύνολα δεδομένων.
- Καθολική Συμμετοχή: Καθένας πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιήσει, να επαναχρησιμοποιήσει και να αναδιανείμει τα δεδομένα. Δεν πρέπει αυτά να υπόκεινται σε διακρίσεις με βάση τον τομέα δραστηριότητας ή τα πρόσωπα και τις ομάδες. Για παράδειγμα, περιορισμοί για «μη-εμπορική χρήση» ή περιορισμοί για χρήση μόνο για συγκεκριμένους σκοπούς (π.χ. μόνο στην εκπαίδευση) δεν είναι επιτρεπτοί.

Τα ανοιχτά δεδομένα μπορεί να περιλαμβάνουν και περιεχόμενο που δεν είναι στη μορφή κειμένου όπως χάρτες, μαθηματικές και επιστημονικές φόρμουλες, ιατρικά δεδομένα και πρακτικές, ενώ συνήθως διακρίνονται σε ανοιχτά κυβερνητικά δεδομένα και ανοιχτά επιστημονικά/ερευνητικά δεδομένα. Παγκοσμίως μπορούμε να συναντήσουμε πολλούς οργανισμούς και κυβερνήσεις κρατών που προωθούν την χρήση και αξιοποίηση των ανοικτών δεδομένων.

B) Η αξία των ανοικτών δεδομένων στην πολιτική

Η διαθεσιμότητα των ανοικτών δεδομένων για δημόσια χρήση έχει μεγάλη αξία για την κοινωνία, την διακυβέρνηση και γενικότερα την οικονομία. Τα ανοιχτά δεδομένα προωθούν την λογοδοσία και την καλή διακυβέρνηση, ενισχύουν την δημόσια διαβούλευση και βοηθούν στην καταπολέμηση της διαφθοράς. Η πρόσβαση σε ανοιχτά δεδομένα επιτρέπει στα άτομα, τις κοινωνίες αλλά και στις επιχειρήσεις να έχουν καλύτερη πληροφόρηση για τις υπηρεσίες που λαμβάνουν και να κάνουν καλύτερες επιλογές. Τα ανοιχτά δεδομένα δίνουν την δυνατότητα στους δημόσιους οργανισμούς και στις επιχειρήσεις να δημιουργήσουν καινούργια προϊόντα και υπηρεσίες και βοηθούν στην καλύτερη λήψη αποφάσεων και καλύτερη λειτουργία τόσο του δημόσιου όσο και του ιδιωτικού τομέα. Σύμφωνα με έκθεση της McKinsey (Manyika et al., 2013) η χρήση των ανοικτών δεδομένων θα μπορούσε να δημιουργήσει αξία τριών τρισεκατομμυρίων

δολαρίων τον χρόνο στην παγκόσμια οικονομία, ενώ και σύμφωνα με έκθεση της Deloitte (2012) τα ανοιχτά δεδομένα ενισχύουν την ανάπτυξη, την εφευρετικότητα και την καινοτομία.

Τα οφέλη από την χρήση ανοιχτών κυβερνητικών δεδομένων μπορούμε να τα κατατάξουμε σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- Ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα σε διαφορετικές υπηρεσίες/τμήματα: η ύπαρξη μίας διαδικτυακής πύλης που περιέχει όλα τα ανοιχτά δεδομένα εξυπηρετεί στην γρήγορη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών, αλλά και την γρήγορη ενημέρωση των υπαρχόντων δεδομένων.
- Ενισχυμένη συμμετοχή των πολιτών: στην πλειονότητά τους οι πολίτες αντιμετωπίζουν με αδιαφορία την κυβέρνηση, μέχρι κάποιο γεγονός να επηρεάσει την προσωπική ποιότητα ζωής τους ή την ασφάλειά τους. Για παράδειγμα, οι πολίτες μπορεί να είναι αδιάφοροι απέναντι στην εγκληματικότητα μέχρι να υπάρξουν να υπάρξουν οι ίδιοι θύματα μίας ληστείας ή κάτι παρόμοιο συμβεί στην γειτονιά τους. Τα ανοιχτά δεδομένα δίνουν νέες δυνατότητες στους πολίτες να παρακολουθούν τι συμβαίνει και να προτείνουν μεθόδους αντιμετώπισης των προβλημάτων.
- Βελτιωμένη απόδοση της διακυβέρνησης: η συλλογή δεδομένων βοηθά στην παρακολούθηση της απόδοσης των λειτουργιών της κυβέρνησης.
- Επιχειρηματική και οικονομική ανάπτυξη: νέες επιχειρήσεις και προϊόντα μπορούν να δημιουργηθούν αξιοποιώντας την πρόσβαση σε ανοιχτά δεδομένα.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας όλο και μεγαλύτερος αριθμός δεδομένων διατίθεται για δημόσια χρήση και οι ερευνητές έχουν πρόσβαση σε όλο και περισσότερα κυβερνητικά δεδομένα. Επιπλέον, οι ερευνητές παράγουν όλο και περισσότερα ερευνητικά δεδομένα και όταν προκύπτουν από κρατική χρηματοδότηση πολλές φορές είναι υποχρεωμένοι να κάνουν αυτά τα δεδομένα ανοιχτά. Η ενοποίηση αυτών των δεδομένων με την χρήση διάφορων εργαλείων μπορεί να οδηγήσει τους ερευνητές να αποκτήσουν νέα οπτική στην έρευνα τους και να παράγουν νέα δεδομένα. Αυτή η νέα οπτική μπορεί εν συνεχεία να χρησιμοποιηθεί για την βελτίωση των πολιτικών που εφαρμόζονται ή πρόκειται να εφαρμοστούν.

Τα ανοιχτά δεδομένα δίνουν την ευκαιρία να δημιουργηθούν καινοτόμες και βασισμένες σε δεδομένα πολιτικές και να υπάρξουν οικονομικά οφέλη για όλα τα μέλη της κοινωνίας. Για παράδειγμα, αυτό μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ανοιχτά δεδομένα με τους εξής τρόπους:

- Ενθάρρυνση των κυβερνήσεων στη χρήση ανοιχτών δεδομένων στην διαμόρφωση πολιτικών βασισμένων σε στοιχεία. Αυτό βελτιώνει τα αποτελέσματα των πολιτικών και υποστηρίζει την βιώσιμη οικονομία και την κοινωνική πρόοδο.

- Υποστήριξη της συνεργασίας μεταξύ των κυβερνήσεων, των πολιτών και των δημόσιων ή ιδιωτικών φορέων στον σχεδιασμό της πολιτικής.
- Η δυνατότητα παρακολούθησης της πορείας του δημόσιου χρήματος – που και πώς δαπανάται – δίνει κίνητρο στις κυβερνήσεις να δείξουν ότι αξιοποιούν αποτελεσματικά το δημόσιο χρήμα.
- Παρακολούθηση των επιπτώσεων των πολιτικών, το οποίο επιτρέπει στους δημόσιους ή ιδιωτικούς οργανισμούς να ικανοποιούν αποτελεσματικότερα τις ανάγκες της κοινωνίας.

Τα τελευταία χρόνια δίνεται όλο και περισσότερη έμφαση στην δημιουργία πολιτικών βασισμένες σε στοιχεία (evidence based policies). (Sutcliffe & Court, 2005; VanLandingham, 2014). Οι πολιτικές βασισμένες σε στοιχεία χρησιμοποιούν τις διαθέσιμες πληροφορίες και έρευνες για να βοηθήσουν την λήψη αποφάσεων σε όλα τα στάδια της πολιτικής.

Στάδιο της πολιτικής	Περιγραφή	Χρήση στοιχείων
Συγκρότηση ατζέντας (agenda setting)	Αναγνώριση προβλήματος	Η ανάγκη για στοιχεία σε αυτό το στάδιο έγκειται στην αναγνώριση του προβλήματος ή στην αναγνώριση του μεγέθους ενός προβλήματος, ώστε να γίνει αντιληπτή η ανάγκη δημιουργίας πολιτικής για την αντιμετώπιση του. Σημαντικό ρόλο έχει εδώ η αξιοπιστία των δεδομένων.
Διαμόρφωση και λήψη αποφάσεων (formulation and decision making)	Καθορισμός των διαθέσιμων επιλογών και επιλογή των κατάλληλων	Και για τα δύο χρειάζεται η πλήρης κατανόηση της υπάρχουσας κατάστασης και των επιλογών. Σημαντικό ρόλο έχει τόσο η ποιότητα όσο και η ποσότητα των στοιχείων.
Εφαρμογή/Υλοποίηση (implementation)	Εφαρμογή δράσεων	Έμφαση δίνεται στα λειτουργικά στοιχεία για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας. Μεγάλη σημασία σε αυτό το στάδιο έχει το κατά πόσο τα στοιχεία είναι σχετικά με την συγκεκριμένη πολιτική.
Παρακολούθηση και αξιολόγηση (monitoring and evaluation)	Παρακολούθηση της διαδικασίας και αξιολόγηση επιπτώσεων	Βασικός στόχος εδώ είναι η δημιουργία μηχανισμών παρακολούθησης, ώστε τα στοιχεία που συλλέγονται να είναι αντικειμενικά, λεπτομερή και σχετικά με την πολιτική, αλλά και να μπορούν εύκολα να

		<p>προωθηθούν στα υπόλοιπα στάδια μίας συνεχιζόμενης πολιτικής.</p>
--	--	---

Πίνακας 4: Αξιοποίηση στοιχείων στον κύκλο της πολιτικής

Η χρήση των ανοικτών δεδομένων μπορεί έχει καθοριστικό ρόλο στην παραπάνω διαδικασία. Τα διάφορα σύνολα δεδομένων θεμελιώνουν οποιαδήποτε ανάλυση ή αξιολόγηση των πολιτικών και η χρήση τους αυξάνεται όσο βελτιώνονται οι δυνατότητες τεχνικής επεξεργασίας τους (Lamprathaki et al., 2010). Οι οικονομικές αναλύσεις, τα οικονομετρικά μοντέλα, η επιχειρησιακή έρευνα και οι στατιστικές αναλύσεις για πολλά χρόνια υποστήριζαν την αξιολόγηση των πολιτικών και των επιλογών τους (HM Treasury, 2003; Walker, 1982), ενώ έχει τονιστεί η ανάγκη για χρήση υπολογιστικών μοντέλων για την πρόσβαση και την χρήση των δεδομένων.

Η συλλογή και η συντήρηση/ανανέωση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στις πολιτικές παραδοσιακά αποτελούσε μία χρονοβόρα και κατά συνέπεια δαπανηρή διαδικασία. Ο δημόσιος τομέας αναδείχθηκε ως κύριος παράγοντας στην συλλογή και διανομή των δεδομένων που χρειάζονται οι πολιτικές. Η ανάγκη για δεδομένα, οι διαθέσιμοι πόροι αλλά και η πολιτική βούληση ήταν οι σημαντικότεροι λόγοι που οδήγησαν σε αυτό. Τα δεδομένα του δημόσιου τομέα ήταν διαθέσιμα, είτε πλήρως είτε έως ένα βαθμό, σε άλλους δημόσιους φορείς ή οργανισμούς για την αξιοποίησή τους στην διαμόρφωση πολιτικών, έστω και με κάποιο κόστος ή περιορισμό. Η αδειοδότηση και η χρέωση για την χρήση των δεδομένων ήταν η πιο συνηθισμένη πρακτική, ώσπου εμφανίστηκε η ιδέα των ανοιχτών δεδομένων.

Έχοντας σαν κίνητρο την διαφάνεια και τα οικονομικά οφέλη οι κυβερνήσεις υιοθέτησαν την χρήση ανοιχτών δεδομένων και έτσι απομακρύνονται πολλοί φραγμοί στην χρήση των δημόσιων δεδομένων. Πλέον, όσοι λαμβάνουν μέρος στην διαμόρφωση, υλοποίηση και αξιολόγηση μίας πολιτικής, όπως ερευνητές, δεξαμενές σκέψης (think-tanks) και, κυρίως, άλλα μέρη του δημόσιου τομέα και του συστήματος διακυβέρνησης, έχουν εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα που συλλέγονται.

Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ενώ είναι ένα σχετικά καινούργιο φαινόμενο που προς το παρόν έχει εφαρμοστεί στην πράξη λίγες φορές, τα ανοιχτά δεδομένα και η αξιοποίησή τους μπορούν να έχουν καταλυτική επίδραση στην συμμετοχή των πολιτών στην διαμόρφωση πολιτικών τόσο σε τοπικό όσο και σε ένα πιο διευρυμένο επίπεδο (εθνικό, διεθνές) (Kassen, 2013; Linders, 2013).

Γ) Η χρήση των ανοιχτών δεδομένων στα μοντέλα αιτιότητας

Τα ανοιχτά δεδομένα που δεν έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία, ενώ δίνουν κάποιες δυνατότητες στους πολίτες για παρακολούθηση της διακυβέρνησης, χρειάζονται κάποια ερμηνεία και εάν πρόκειται να αξιοποιηθούν στην λήψη αποφάσεων, τότε τίθεται το ζήτημα για το ποιες συμμετοχικές διαδικασίες χρειάζονται για να επιτευχθεί αυτό. Η χρήση ΤΠΕ (τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνίας) αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την καλύτερη και αποδοτικότερη συμμετοχή των πολιτών στη διαμόρφωση πολιτικών (Komito, 2005; Macintosh, 2009; Macintosh & Whyte, 2006).

Με την χρήση ΤΠΕ μπορεί να επιτευχθεί η οπτικοποίηση και η δημιουργία μοντέλων για την λήψη αποφάσεων, ενισχύεται η δυνατότητα των πολιτών και των ανεξάρτητων ερευνητών να δημιουργήσουν τις δικές τους πολιτικές μέσω του πληθοπορισμού (crowdsourcing) και ενισχύεται η δημοκρατία καθώς οι πολίτες μπορούν να συμμετέχουν στην διακυβέρνηση πέρα από τις συνηθισμένες μεθόδους ψηφοφορίας.

Σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία μπορούν να έχουν τα μοντέλα αιτιότητας και η αξιοποίηση των ανοιχτών δεδομένων. Με την δημιουργία πλατφορμών που επιτρέπουν την σχεδίαση μοντέλων αιτιότητας όπως τα ασαφή γνωστικά δίκτυα (fuzzy cognitive maps, FCMs) οποιοσδήποτε θα μπορεί να δημιουργήσει ένα μοντέλο για μία πολιτική χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα δεδομένα και να προτείνει λύσεις ή να τονίσει υπάρχοντα προβλήματα.

Για να λειτουργήσουν θετικά οι παραπάνω διαδικασίες θα πρέπει τα δεδομένα που εισάγονται να είναι ποιοτικά. Τα δεδομένα είναι ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία τόσο όταν αποτελούν την είσοδο όσο και όταν συλλέγονται ως τα αποτελέσματα μίας πολιτικής, καθώς στη δεύτερη περίπτωση είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της πολιτικής. Η ποιότητα των δεδομένων μπορεί να αξιολογηθεί με πάρα πολλά κριτήρια (Tejay, Dhillon, & Chin, 2006). Κάποια από τα σημαντικότερα είναι τα εξής:

- Ακρίβεια: σε ποιο βαθμό τα δεδομένα αντικατοπτρίζουν τα πραγματικά χαρακτηριστικά του φαινομένου.
- Συνοχή: σε ποιο βαθμό τα δεδομένα δεν περιέχουν αντιφάσεις που θα έκαναν δύσκολη τη χρήση τους.
- Διαθεσιμότητα: ο βαθμός πρόσβασης στα δεδομένα, αλλά και η μακροχρόνια συντήρηση των δεδομένων.
- Πληρότητα: σε ποιο βαθμό τα δεδομένα περιέχουν τα απαραίτητα στοιχεία που είναι απαραίτητα για να αξιοποιηθούν εκεί που προορίζεται.
- Αξιοπιστία: κατά πόσο η πηγή των δεδομένων ή ο οργανισμός που τα διανέμει είναι αξιόπιστοι.

- Δυνατότητα επεξεργασίας: σε ποιο βαθμό η επεξεργασία των δεδομένων μπορεί γίνει εύκολα και αυτοματοποιημένα.
- Επικαιρότητα: σε ποιο βαθμό τα δεδομένα αντικατοπτρίζουν την παρούσα κατάσταση και σε ποιο βαθμό τα δεδομένα γίνονται διαθέσιμα χωρίς καθυστέρηση.

Τα ίδια κριτήρια χρησιμοποιούνται και για την αξιολόγηση των μεταδεδομένων (metadata), δηλαδή των δεδομένων που αφορούν άλλα δεδομένα, τα οποία και αυτά έχουν καθοριστικό ρόλο στην βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων.

Για να αξιοποιηθούν τα μοντέλα αιτιότητας στην διαμόρφωση πολιτικών θα πρέπει να είναι αξιόπιστα. Πρώτο βήμα είναι η εύρεση των κατάλληλων δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι στο μοντέλο. Για να είναι το αποτέλεσμα αποδεκτό και να λειτουργήσει θετικά στον κύκλο ζωής των πολιτικών θα πρέπει τα δεδομένα στα οποία βασίζεται το μοντέλο να είναι αποδεκτά και αδιαμφισβήτητα. Πολλές φορές η χρήση των ανοιχτών δεδομένων είναι η μόνη λύση, ιδιαίτερα για κάποιον ανεξάρτητο ερευνητή για τον οποίο η συλλογή δεδομένων είναι δύσκολη, καθώς δεν έχει τους απαραίτητους πόρους, ή η πρόσβασή του σε συγκεκριμένα σύνολα δεδομένων είναι περιορισμένη.

Τα ανοιχτά δεδομένα βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο και υπάρχουν ακόμη αρκετά βήματα που πρέπει να γίνουν ώστε να παραχθεί η μέγιστη αξία από την χρήση τους. Όταν τα παραπάνω κριτήρια ικανοποιούνται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό τότε τα ανοιχτά δεδομένα μπορούν να αποτελέσουν έναν ισχυρό σύμμαχο για την δημιουργία πολιτικών βασισμένων σε στοιχεία με τη χρήση μοντέλων αιτιότητας.

Για την πιστοποίηση της ποιότητας των ανοιχτών δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Open Data Certificate το οποίο είναι ένα δωρεάν διαδικτυακό εργαλείο που αναπτύχθηκε από το Ινστιτούτο Ανοιχτών Δεδομένων (Open Data Institute) το οποίο αναγνωρίζει την δημοσίευση ποιοτικών ανοιχτών δεδομένων, μέσω της αξιολόγησης των νομικών, πρακτικών, τεχνικών και κοινωνικών διαστάσεων των ανοιχτών δεδομένων.

## Κεφάλαιο 4: Τεκμηρίωση προβλήματος

i) Η αιτιότητα στην οικονομία και οι μέχρι τώρα προσεγγίσεις

Τα οικονομικά μοντέλα παραδοσιακά βασίζονται στα μαθηματικά. Η Οικονομετρία αποτελεί τον κλάδο της οικονομικής επιστήμης που εφαρμόζει τις μεθόδους της οικονομικής ανάλυσης σε στατιστικά δεδομένα για την διάγνωση και ερμηνεία ενός οικονομικού φαινομένου. Επομένως, η οικονομετρία αποσκοπεί:

- Στην εκτίμηση των παραμέτρων που υπεισέρχονται σε οικονομικές σχέσεις που εκφράζονται σε οικονομικά μοντέλα.
- Στον έλεγχο της ορθότητας οικονομικών υποθέσεων και θεωριών.
- Στην πρόβλεψη της εξέλιξης των οικονομικών φαινομένων.

Όμως, τα συνηθέστερα οικονομετρικά μοντέλα είναι συχνά ανακριβή και δεν είναι έγκυρα παρά μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα (Carvalho & Tome, 2009). Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό στις τακτικές προβλέψεις που πραγματοποιούνται για τους περισσότερους μακροοικονομικούς δείκτες. Οι ετήσιες προβλέψεις που πραγματοποιούνται από κυβερνήσεις, οικονομικά ιδρύματα ή από ανεξάρτητους ειδικούς, τις περισσότερες φορές, διορθώνονται ανά τρίμηνο εξαιτίας ανακρίβειών που υπάρχουν στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των τιμών των δεικτών. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα περισσότερα οικονομετρικά μοντέλα τείνουν να αγνοούν την ύπαρξη βρόχων ανάδρασης που καθιστούν δυνητικά ικανή οποιαδήποτε μεταβολή σε οποιοδήποτε στοιχείο του μοντέλου να διαδοθεί έως ότου το στοιχείο αυτό επηρεαστεί από την δική του αλλαγή σε σχετικά βραχυπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα.

Τα ακριβέστερα μοντέλα που προσπαθούν να αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα βασίζονται συνήθως στις διαφορικές εξισώσεις (Haldrup & Samuel, 1997). Ωστόσο, λόγω του μεγέθους αυτών των συστημάτων (πολύ μεγάλος αριθμός μεταβλητών που εμπλέκονται), αυτά τα μοντέλα απαιτούν ισχυρή γνώση στα μαθηματικά και μεγάλο χρονικό διάστημα για να αναπτυχθούν. Επίσης, ακόμη και όταν αυτά τα είδη μοντέλων είναι δυνατά, συνήθως τείνουν να αγνοούν ότι η οικονομία είναι κοινωνική επιστήμη και ως εκ τούτου υπόκειται σε ποιοτικές αβεβαιότητες λόγω ανθρώπινων και κοινωνικών παραγόντων που δεν συλλαμβάνονται εύκολα χρησιμοποιώντας αυστηρά ποσοτικά μαθηματικά μοντέλα.

Η χρήση προσεγγίσεων που περιλαμβάνουν τόσο την ύπαρξη κύκλων ανάδρασης όσο και την εγγενή ποιοτική κοινωνική φύση που συνδέεται με την οικονομία, θα πρέπει να οδηγήσει στην εφαρμογή ακριβέστερων μοντέλων.

Η αιτιότητα και η οικονομία είναι δύο έννοιες οι οποίες δεν εμφανίζονται συχνά μαζί. Η αιτιότητα, δηλαδή η σχέση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος, θεωρείται πολλές φορές κομμάτι της φιλοσοφίας, ενώ οι οικονομολόγοι, που πολλές φορές μιλούν για αποτελέσματα και μερικές φορές για αιτίες, αφήνουν την ερμηνεία αυτών των εννοιών σε άλλα επιστημονικά πεδία. Σύμφωνα με τον νομπελίστα οικονομολόγο Sir John Hicks υπάρχουν τρεις λόγοι για του οποίους η εφαρμογή της αιτιότητας στην οικονομία μπορεί να είναι αρκετά εποικοδομητική (Hicks, 1979):

1. Η οικονομική γνώση είναι ατελής. Λίγα οικονομικά γεγονότα είναι γνωστά με πλήρη ακρίβεια. Τα περισσότερα μακροοικονομικά μεγέθη (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, Ισοζύγιο Πληρωμών κ.α. – ακόμη και η Απασχόληση) υποβάλλονται σε σφάλματα και (το χειρότερο) σε αμφισημίες, οι οποίες υπερβαίνουν κατά πολύ εκείνες που στις περισσότερες φυσικές επιστήμες θα θεωρούνταν ανεκτές. Ο βαθμός βεβαιότητας που αποδίδουμε σε ορισμένες από τις γενικεύσεις (και προβλέψεις) των φυσικών επιστημών είναι τέτοιος που είναι δύσκολο να τον διακρίνουμε από τη λογική αναγκαιότητα. Είμαστε βέβαιοι ότι ο ήλιος θα ανατείλει αύριο και ότι δύο και δύο κάνουν τέσσερα, όμως κανείς δεν μπορεί να προσδώσει τέτοιο βαθμό βεβαιότητας σε οποιαδήποτε οικονομική πρόβλεψη. Ακόμα και ο μικρότερος βαθμός που συνδέεται με προβλέψεις στη μετεωρολογία ή την ιατρική είναι απίθανο να υπάρξει στην οικονομία. Τα οικονομικά είναι ένα παράδειγμα αβέβαιης γνώσης. Είναι γνώση, αλλά είναι προφανώς αβέβαιη.
2. Η σχέση μεταξύ της οικονομίας και του χρόνου. Ο οικονομολόγος ασχολείται τόσο με το μέλλον όσο και με το παρελθόν. Αλλά από το παρελθόν πρέπει να αρχίσει. Είναι το παρελθόν που του παρέχει τα γεγονότα που χρησιμοποιεί για να κάνει τις γενικεύσεις του. Στη συνέχεια χρησιμοποιεί αυτές τις γενικεύσεις ως βάσεις για προβλέψεις και για συμβουλές σχετικά με τον «προγραμματισμό».
3. Η οικονομία ασχολείται ιδιαίτερα με τη λήψη αποφάσεων και τις συνέπειες που προκύπτουν από αυτές. Όταν στην οικονομία γίνεται μελέτη του παρελθόντος ο στόχος δεν είναι να βρεθεί μόνο το τι συνέβη, αλλά και το γιατί συνέβη ένα γεγονός. Αυτό είναι η αιτιότητα και εάν η μελέτη είναι επιτυχής, θα πρέπει να μας επιτρέψει να δηλώσουμε μια αιτία. Θα πρέπει να είμαστε σε θέση να πούμε ότι το Α προκάλεσε το Β. Το Α συχνά θα είναι μία απόφαση που πήρε κάποιος και το Β θα είναι οι συνέπειες που ακολούθησαν αυτήν την απόφαση.

Η αιτιότητα στην οικονομία εμφανίζεται ήδη από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα στο έργο του Adam Smith, Έρευνα για τη Φύση και τα Αίτια του Πλούτου των Εθνών, ενώ και οι David Hume (18<sup>ος</sup> αι.) και John Stuart Mill (19<sup>ος</sup> αι.) συνέβαλαν με το έργο τους δημιουργώντας συζητήσεις γύρω από την έννοια της αιτιότητας στην οικονομία.



Στην αρχή του 20<sup>ου</sup> αιώνα η οικονομική θεωρία ήταν κυρίως βασισμένη στο ένστικτο και τα περισσότερα εμπειρικά δεδομένα δεν ήταν εύκολο να βρεθούν. Στο τέλος αυτού του αιώνα, η οικονομική επιστήμη διαθέτει αρκετά επίσημα μοντέλα και υψηλής ποιότητας βάσεις δεδομένων. Η εμπειρία ωθεί την θεωρία σε πολλούς τομείς της οικονομίας και τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της θεωρίας. Πολλές οικονομικές θεωρίες δημιουργήθηκαν για να καθορίσουν το πλαίσιο συλλογής και ερμηνείας των δεδομένων. Η οικονομετρία δημιουργήθηκε για την ανάλυση και την ερμηνεία των οικονομικών δεδομένων. Η οικονομετρία προσαρμόζει μεθόδους που δημιουργήθηκαν για την στατιστική. Η μεγαλύτερη εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα είναι η οικονομετρική ανάλυση του προβλήματος αναγνώρισης (identification problem), το οποίο θα εξηγήσουμε παρακάτω, και αναλύσεις που αφορούν τις δομικές εξισώσεις, την αιτιότητα και την αξιολόγηση των πολιτικών από την οικονομική πλευρά. Αν και η φράση «η συσχέτιση δεν συνεπάγεται αιτιότητα» δεν έχει προκύψει από οικονομολόγο, όμως οι οικονομολόγοι ξεκαθάρισαν την έννοια της αιτιότητας μέσω εξειδικευμένων μοντέλων, τις προϋποθέσεις για μία αιτιολογική ερμηνεία και τους λόγους για τους οποίους η αιτιότητα είναι αναγκαία για την αξιολόγηση πολιτικών.

Με την εξέλιξη στις επιστήμες της στατιστικής και των πιθανοτήτων τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο κατέστη δυνατόν να δημιουργηθούν διάφορες προσεγγίσεις σχετικά με την αιτιότητα στην οικονομία. Σύμφωνα με τον Hoover μπορεί να γίνει μία κατάταξη αυτών των προσεγγίσεων ανάλογα με τον εάν δίνουν έμφαση στην δομή (structure) ή στην διαδικασία (process) και ανάλογα με το εάν χρησιμοποιούν a priori συλλογιστική ή προσπαθούν να εξάγουν αιτιώδη συμπεράσματα μέσα από τα δεδομένα χρησιμοποιώντας επαγωγική συλλογιστική. Ακολουθεί ένας πίνακας με αυτήν την κατάταξη (Hoover, 2008):

	Δομή	Διαδικασία
A Priori	Cowles Commission: Koopmans, Hood and Koopmans	Zellner
Επαγωγικά	Simon, Hoover, Favero and Hendry	Granger, Vector Autoregressions (VAR): Sims

Πίνακας 5: Αιτιότητα και Οικονομία - Προσεγγίσεις

Η Cowles Commission με το έργο των Koopmans και Hood (Hood & Koopmans, 1953) προσπάθησε να λύσει το πρόβλημα της αναγνώρισης (identification problem), όταν δηλαδή δύο

ή περισσότερες παράμετροι παράγουν τις ίδιες παρατηρήσεις. Αυτό έγινε προσθέτοντας αιτιολογικούς παράγοντες για να ξεχωρίζουν οι μεταβλητές. Αυτή η *a priori* προσέγγιση βασίστηκε στην οικονομική θεωρία για να προσφέρει τις κατάλληλες υποθέσεις αιτιότητας. Ο Sims θεώρησε ότι η οικονομική θεωρία δεν είναι αρκετή για να επιλύσει το πρόβλημα και χρησιμοποίησε μοντέλα διανυσματικής αυτοπαλινδρόμησης (VARs) βασιζόμενος και στην Αιτιότητα κατά Granger την οποία έχουμε αναλύσει σε προηγούμενο κεφάλαιο (Sims, 1980).

Ο Simon ασχολήθηκε με την δομή τονίζοντας ότι υπάρχουν σχέσεις αιτιότητας όχι μόνο μεταξύ εξωγενών και ενδογενών μεταβλητών αλλά και μεταξύ των ίδιων των ενδογενών μεταβλητών (Simon, 1953). Ενώ η προσέγγισή του να εξάγει δεδομένα και συμπεράσματα μέσα από πειράματα τον κατατάσσει στην επαγωγική συλλογιστική.

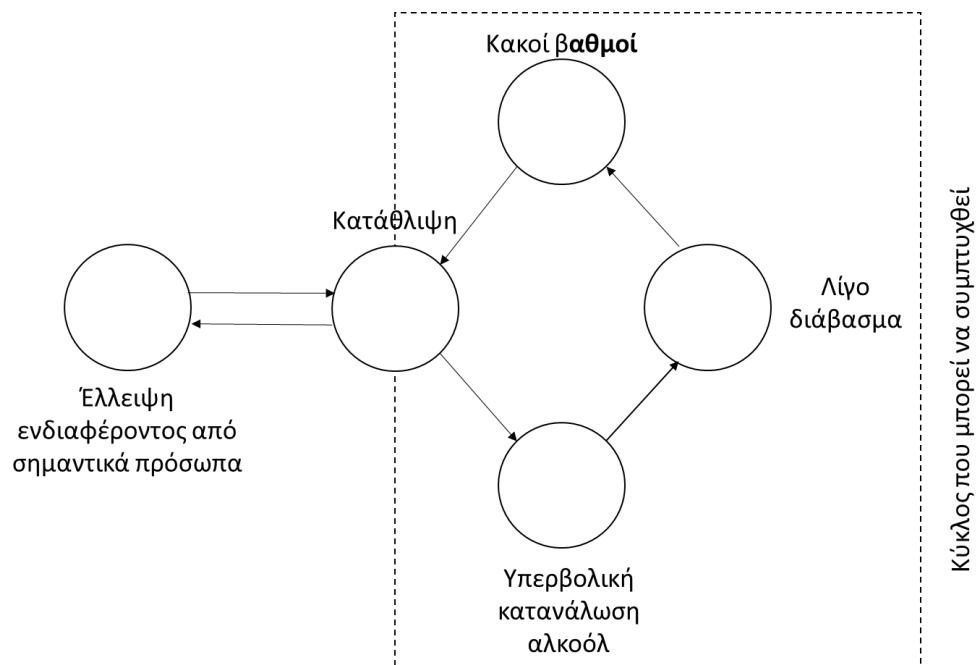
Ο Zellner, από τη μία πλευρά, αντιτάσσεται στον Simon και συμβαδίζει με τον Granger: η προβλεψιμότητα είναι ένα κεντρικό χαρακτηριστικό της αιτιώδους κατανομής, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο κατατάσσεται στις προσεγγίσεις διαδικασίας. Από την άλλη πλευρά, αντιτάσσεται στον Granger και συμβαδίζει με τον Simon: μια δομή (ένα σύνολο νόμων) είναι μια κρίσιμη προϋπόθεση της αιτιώδους ανάλυσης, για αυτό και θεωρείται μία *a priori* προσέγγιση (Zellner, 1979).

Μία ακόμη προσέγγιση σχετικά με την αιτιότητα στην οικονομία είναι τα γραφικά μοντέλα, τα οποία προσφέρουν μια επαγωγική συλλογιστική και ασχολούνται τόσο με την δομή όσο και με την διαδικασία. Διάφορες γραφικές μέθοδοι έχουν προταθεί για να περιγράψουν την αιτιότητα, που κυρίως βασίζονται στα Μπεϋζιανά δίκτυα. Ίσως η πιο γνωστή από αυτές είναι οι κατευθυνόμενοι άκυκλοι γράφοι (directed acyclic graphs – DAGs). Η πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση ίσως είναι αυτή που αναπτύχθηκε από τον Pearl (Pearl, 2000). Ο Pearl υποστηρίζει πως είναι δυνατόν να συναχθούν αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ δύο μεταβλητών από σχέσεις που βρίσκονται σε παρατηρήσιμα (μη πειραματικά) δεδομένα χωρίς ουσιαστική γνώση του τομέα. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν DAGs αν (α) το δείγμα είναι αρκετά μεγάλο και (β) η κατανομή των τυχαίων μεταβλητών είναι πιστή στο αιτιώδες γράφημα. Αρκετοί επιστήμονες διαφωνούν πλήρως ή μερικώς με αυτήν την άποψη. Αυτή η συζήτηση, όμως, ξεφεύγει από το πλαίσιο αυτής τη εργασίας.

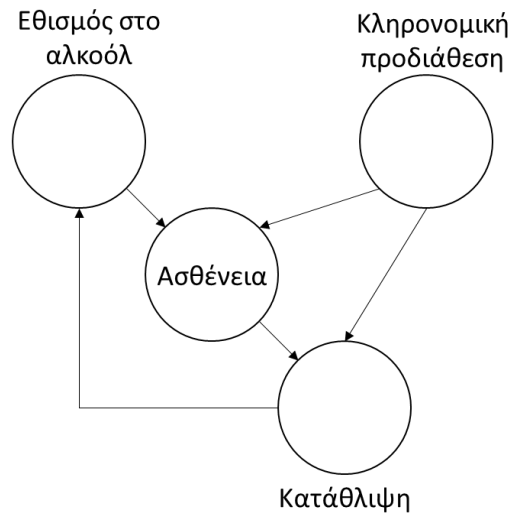
Εάν δούμε την αιτιότητα μέσω την κοινής λογικής οι μέθοδοι κατευθυνόμενων γράφων εμφανίζουν κάποια προαπαιτούμενα τα οποία θα αναλυθούν (Mazlack, 2009):

1. Διακριτές ή συνεχείς μεταβλητές πρέπει να μετατρέπονται σε δυαδικές. Αυτή είναι μία πρώιμη τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για την εξόρυξη δεδομένων. Είναι όμως ελαττωματική καθώς οι ποσότητες των δεδομένων έχουν σημασία.
2. Δεν πρέπει να υπάρχουν ελλιπή δεδομένα. Αυτό βρίσκεται σε αντιδιαστολή με την καθημερινή εμπειρία. Πολύ σπάνια η συλλογή δεδομένων είναι πλήρως αντιπροσωπευτική και ολοκληρωμένη.

3. Οι σχέσεις αιτιότητας δεν είναι κυκλικές, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Αυτό διαφέρει από την κατανόηση που έχουμε για τον κόσμο βάσει της κοινής λογικής, ενώ υπάρχουν διάφορες παραλλαγές κυκλικών περιπτώσεων.
- i. Κύκλοι με χρονική καθυστέρηση. Κάποιες φορές είναι δυνατόν αυτοί οι κύκλοι να συμπυκνωθούν, ενώ κάποιες όχι όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα
  - ii. Συνυπάρχοντες κύκλοι. Πολλές φορές είναι δυνατόν δύο μεταβλητές να αλληλεξαρτώνται, π.χ.  $\alpha \rightarrow \beta$  καθώς και  $\beta \rightarrow \alpha$  και μάλιστα η δύναμη της εξάρτησης να είναι διαφορετική.



Εικόνα 10: Παράδειγμα με κύκλο που μπορεί να συμπυκνωθεί σε κατευθυνόμενο γράφο



Εικόνα 11: Παράδειγμα με κύκλο που δεν μπορεί να συμπυχθεί σε κατευθυνόμενο γράφο

4. Πρέπει να ισχύει η στάσιμη Μαρκοβιανή ιδιότητα (Markov stationary condition), δηλαδή οι πιθανότητες να είναι ανεξάρτητες του χρόνου. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντα με βάση την κοινή λογική. Εάν ένα γεγονός εξαρτάται από δύο άλλα, τότε αν ένα από τα δύο συμβεί πολύ νωρίτερα μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα.
5. Πρέπει να ισχύει η Μαρκοβιανή ιδιότητα, καταστάσεις χωρίς μνήμη. Η Μαρκοβιανή ιδιότητα ορίζεται ως εξής: έστω A είναι ένα κόμβος σε ένα αιτιώδες Μπεϋζιανό δίκτυο και B ένας άλλος κόμβος στο δίκτυο που δεν είναι απόγονος του A, τότε η ιδιότητα ισχύει αν τα A και B είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Άρα μπορεί το B να είναι πρόγονος του A αλλά να μην το επηρεάζει αν οι γονείς του A έχουν καθοριστεί. Κάτι τέτοιο δεν είναι πάντοτε δυνατό.

Υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις όπου χρειάζονται μοντέλα αιτιότητας και σε πολλές από αυτές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθυνόμενοι γράφοι. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να:

- Αναπαραστήσουμε μοντέλα που δεν είναι πλήρως ακριβή
- Συμπεριλάβουμε πολύ μικρές αλλαγές
- Περιγράψουμε περίπλοκα συστήματα
- Συμπεριλάβουμε κυκλικά μοντέλα
- Συμπεριλάβουμε τον χρόνο ως παράγοντα
- Μην μας περιορίζουν οι Μαρκοβιανές ιδιότητες

Μία λύση για την αναπαράσταση δομών αιτιότητας που ξεπερνάει κάποια από τα παραπάνω ζητήματα είναι τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα, τα οποία αναπτύχθηκαν ως εργαλείο που

μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μη-μηχανικούς ή / και μη μαθηματικούς και εξαλείφει την ανάγκη σύνθετης μαθηματικής γνώσης κατά τη μοντελοποίηση ποιοτικών δυναμικών συστημάτων.

Κάποιους παράγοντες δεν μπορούμε να τους προσδιορίσουμε ή να τους προβλέψουμε και αυτοί επηρεάζουν την αιτιώδη δομή. Αποτελεί μεγάλο μειονέκτημα για τα μαθηματικά μοντέλα το να πρέπει να δώσουμε μία συγκεκριμένη τιμή σε γνωστές έννοιες ή σχέσεις. Η Ασαφής Λογική προσφέρει περισσότερες δυνατότητες.

Αιτιώδεις βρόγχοι ανατροφοδότησης μπορούν να εμφανιστούν στα ΑΓΔ. Η ανατροφοδότηση επιτρέπει στα ΑΓΔ να προσαρμόζονται και έτσι εγκαταλείπεται η κλασική θεώρηση της αιτιότητας ως μίας αλυσίδας με κατεύθυνση προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Αντ' αυτού, ένα ΑΓΔ θεωρείται ως ένα δυναμικό σύστημα και παίρνει τη συμπεριφορά ισορροπίας του ως μια προς τα εμπρός εξελισσόμενη συμπερασματολογία. Ένα ΑΓΔ έχει τη δυνατότητα να προσδιορίσει ένα πολύπλοκο σύστημα, να παρουσιάσει γραμμικές ή μη γραμμικές σχέσεις και να επιτρέψει την διάδοση της αιτιότητας.

Η κοινή λογική αναγνωρίζει ότι η αιτία ενός γεγονότος αποτελείται από πολλά μικρά κομμάτια. Η γνώση έστω και μερικών αιτιών μπορεί να είναι ανακριβής. Ίσως, η πλήρης γνώση όλων των πιθανών παραγόντων θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια καθαρή περιγραφή του κατά πόσο θα επέλθει κάποιο αποτέλεσμα. Ωστόσο, στον κόσμο της κοινής λογικής, είναι απίθανο να είναι γνωστοί όλοι οι πιθανοί παράγοντες. Η κατανόηση του κόσμου ασχολείται με την αβεβαιότητα και την ατελή γνώση. Στην καθημερινή λογική χρησιμοποιούμε προσεγγίσεις που δεν απαιτούν πλήρη γνώση. Ακόμη και αν τα ακριβή στοιχεία του συστήματος είναι άγνωστα, οι άνθρωποι αναγνωρίζουν ότι μια πολύπλοκη συλλογή στοιχείων μπορεί να προκαλέσει ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Μπορεί να μην γνωρίζουν τι είναι τα γεγονότα στο σύστημα ή σε ποιους περιορισμούς και νόμους του συστήματος υπόκεινται. Μερικές φορές, οι λεπτομέρειες που αποτελούν τη βάση ενός γεγονότος μπορούν να είναι γνωστές σε πολύ μεγάλο βαθμό, μερικές φορές όχι. Είναι απαραίτητος ένας αλγοριθμικός τρόπος αντιμετώπισης της αιτιώδους ανακρίβειας.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των ΑΓΔ, που τα διαφοροποιούν από τα υπόλοιπα μοντέλα που βασίζονται στην γνώση, είναι η δυνατότητα που έχουν να μοντελοποιούν περίπλοκα συστήματα αποτελεσματικά και επεξηγηματικά. Τα βασικότερα στοιχεία τους μπορούμε να τα συνοψίσουμε ως εξής:

- Αναπαράσταση της ανθρώπινης γνώσης
- Εκμετάλλευση της ανθρώπινης εμπειρίας
- Επιλογή διαφόρων παραγόντων ενός συστήματος
- Δημιουργία σχέσεων ανάμεσα σε διαφορετικά κομμάτια του συστήματος
- Συμβολική αναπαράσταση της συμπεριφοράς του συστήματος

- Συλλογιστική παρόμοια με την ανθρώπινη
- Ποιοτικά αποτελέσματα για σχεδιασμό, λήψη αποφάσεων και αναγνώριση αποτυχιών

Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά κάνουν τα ΑΓΔ κατάλληλα και εφαρμόσιμα στην μοντελοποίηση περίπλοκων συστημάτων, όπως είναι τα οικονομικά συστήματα, με εφαρμογή στην πραγματικότητα.

## ii) Τεχνικές προβλέψεων στην οικονομία και δημιουργία σεναρίων

Πολλά ιδρύματα συμμετέχουν σε οικονομικές προβλέψεις, συμπεριλαμβανομένων διεθνών οργανισμών όπως το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο, η Παγκόσμια Τράπεζα και ο ΟΟΣΑ, οι εθνικές κυβερνήσεις και οι κεντρικές τράπεζες και οι φορείς του ιδιωτικού τομέα, είτε πρόκειται για think-tanks, είτε για τράπεζες ή για άλλους. Ορισμένες προβλέψεις παράγονται ετησίως, αλλά πολλές επικαιροποιούνται συχνότερα.

Οι οικονομολόγοι επιλέγουν ποιες μεταβλητές είναι σημαντικές για το υπό συζήτηση θέμα. Οι οικονομολόγοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν στατιστική ανάλυση ιστορικών δεδομένων για να προσδιορίσουν τις φαινομενικές σχέσεις μεταξύ συγκεκριμένων ανεξάρτητων μεταβλητών και τη σχέση τους με την εξαρτώμενη μεταβλητή υπό μελέτη. Για παράδειγμα, σε ποιο βαθμό οι αλλαγές στις τιμές κατοικιών επηρέασαν την καθαρή αξία του πληθυσμού συνολικά στο παρελθόν; Αυτή η σχέση μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη του μέλλοντος. Δηλαδή, αν οι τιμές των κατοικιών αναμένεται να αλλάξουν με ένα συγκεκριμένο τρόπο, ποιο θα ήταν αυτό το αποτέλεσμα για την μελλοντική καθαρή αξία του πληθυσμού; Οι προβλέψεις βασίζονται γενικά σε δεδομένα δείγματος και όχι σε πλήρες πληθυσμό, γεγονός που δημιουργεί αβεβαιότητα. Ο οικονομολόγος διεξάγει στατιστικές δοκιμές και αναπτύσσει στατιστικά μοντέλα (συχνά χρησιμοποιώντας ανάλυση παλινδρόμησης) για να καθορίσει ποιες σχέσεις περιγράφουν καλύτερα ή προβλέπουν τη συμπεριφορά των υπό μελέτη μεταβλητών. Τα ιστορικά δεδομένα και οι υποθέσεις σχετικά με το μέλλον εφαρμόζονται στο μοντέλο για την επίτευξη πρόβλεψης για συγκεκριμένες μεταβλητές.

Ο οικονομολόγος συνήθως παίρνει υπόψιν του τους κινδύνους (δηλαδή γεγονότα ή συνθήκες που μπορούν να προκαλέσουν το αποτέλεσμα να διαφέρει από τις αρχικές εκτιμήσεις τους). Αυτοί οι κίνδυνοι συμβάλλουν στην απεικόνιση της διαδικασίας συλλογισμού που χρησιμοποιείται για να φτάσουμε στους τελικούς αριθμούς προβλέψεων. Οι οικονομολόγοι χρησιμοποιούν συνήθως σχόλια μαζί με εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων όπως πίνακες και γραφήματα για να κοινοποιήσουν τις προβλέψεις τους.

Οι προβλέψεις χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς. Οι κυβερνήσεις και οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν οικονομικές προβλέψεις για να τους βοηθήσουν να καθορίσουν τη στρατηγική τους, τα πολυετή σχέδια και τους προϋπολογισμούς για το προσεχές έτος. Οι αναλυτές της χρηματιστηριακής αγοράς χρησιμοποιούν τις προβλέψεις να τους βοηθήσουν να εκτιμηθεί η αξία μιας εταιρείας και της μετοχής της.

Η διαδικασία της οικονομικής πρόβλεψης είναι παρόμοια με την ανάλυση δεδομένων και έχει ως αποτέλεσμα εκτιμήσεις για τις βασικές οικονομικές μεταβλητές στο μέλλον. Ο οικονομολόγος εφαρμόζει τεχνικές οικονομετρίας στη διαδικασία πρόβλεψης. Τα τυπικά βήματα μπορεί να περιλαμβάνουν:

1. Πεδίο εφαρμογής: Οι βασικές οικονομικές μεταβλητές και τα θέματα για τα προβλεπόμενα σχόλια καθορίζονται με βάση τις ανάγκες της πρόβλεψης.
2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας: Σχόλια από πηγές με συνοπτική προοπτική, όπως το ΔΝΤ, ο ΟΟΣΑ και η Ομοσπονδιακή Τράπεζα των Η.Π.Α. βοηθούν στον εντοπισμό βασικών οικονομικών τάσεων, ζητημάτων και κινδύνων. Τέτοια σχόλια μπορούν επίσης να βοηθήσουν τον οικονομολόγο με τις δικές του υποθέσεις, δίνοντας παράλληλα και άλλες προβλέψεις για σύγκριση.
3. Απόκτηση δεδομένων εισόδου: Συγκεντρώνονται ιστορικά δεδομένα για τις βασικές οικονομικές μεταβλητές. Αυτά τα δεδομένα περιέχονται σε έντυπες και ηλεκτρονικές πηγές όπως η βάση δεδομένων FRED ή η Eurostat, οι οποίες επιτρέπουν στους χρήστες να αναζητούν ιστορικές τιμές για τις μεταβλητές ενδιαφέροντος.
4. Προσδιορισμός ιστορικών σχέσεων: Τα ιστορικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτώμενης μεταβλητής υπό μελέτη.
5. Μοντέλο: Οι ιστορικές εισροές δεδομένων και οι υποθέσεις χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη ενός οικονομετρικού μοντέλου. Τα μοντέλα συνήθως χρησιμοποιούν έναν υπολογισμό σε μια σειρά εισροών για να δημιουργήσουν μια οικονομική πρόβλεψη για μία ή περισσότερες μεταβλητές.
6. Αναφορά: Οι έξοδοι του μοντέλου περιλαμβάνονται σε αναφορές που συνήθως περιλαμβάνουν γραφική αναπαράσταση των πληροφοριών και σχόλια για να βοηθήσουν τον αναγνώστη να κατανοήσει την πρόβλεψη.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή προβλέψεων και διαφορετικοί τρόποι να τις ταξινομήσουμε. Υπάρχουν ποιοτικές μέθοδοι που βασίζονται στην κρίση και την εμπειρία των ειδικών, μαθηματικές μέθοδοι που περιλαμβάνουν ανάλυση χρονοσειρών, ανάλυση παλινδρόμησης και στοχαστικά μοντέλα (Buchatskaya, Buchatsky, & Terploukhon, 2015). Σε ένα γενικότερο πλαίσιο μπορούμε να ταξινομήσουμε τις τεχνικές προβλέψεων σε υποκειμενικές και αντικειμενικές μεθόδους.

Οι υποκειμενικές μέθοδοι αποτελούνται από μεθόδους που βασίζονται στην κρίση ή την διαίσθηση ενός ή περισσότερων ατόμων. Αυτές οι μέθοδοι πρόβλεψης βασίζονται στις πληροφορίες που προέρχονται από επαγγελματίες εμπειρογνώμονες ως αποτέλεσμα συστηματικών διαδικασιών για την αναγνώριση και τη σύνθεση των απόψεων. Για το λόγο αυτό, οι μέθοδοι αυτές απαιτούν από τους ειδικούς να έχουν βαθιές θεωρητικές γνώσεις και πρακτικές δεξιότητες στη συλλογή και σύνθεση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με το αντικείμενο της πρόβλεψης. Η διαίσθηση (αδόμητη γνώση) βοηθά τους ειδικούς να προσδιορίσουν τις αναπτυξιακές τάσεις του αντικειμένου της πρόβλεψης χωρίς βασικές πληροφορίες σχετικά με αυτό. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη της ζήτησης για νέα αγαθά και υπηρεσίες, η αποτελεσματικότητα της υλοποίησης κάποιας καινοτομίας κ.α. Οι διαισθητικές προβλέψεις χρησιμοποιούνται συνήθως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Όταν είναι αδύνατο να εξεταστεί η επίδραση πολλών παραγόντων λόγω της σημαντικής πολυπλοκότητας του αντικειμένου της πρόβλεψης.
- Όταν υπάρχει υψηλός βαθμός αβεβαιότητας των διαθέσιμων πληροφοριών στη βάση της πρόβλεψης.

Έτσι, χρησιμοποιούνται όταν το αντικείμενο της πρόβλεψης είναι είτε πολύ απλό είτε τόσο περίπλοκο και απρόβλεπτο, ότι είναι σχεδόν αδύνατο να ληφθεί υπόψη αναλυτικά η επίδραση πολλών παραγόντων. Οι μέθοδοι πρόβλεψης από εμπειρογνώμονες χωρίζονται σε ατομικές και συλλογικές. Οι ατομικές περιλαμβάνουν τη μέθοδο των συνεντεύξεων, την αναλυτική μέθοδο, τη μέθοδο ανάπτυξης σεναρίων και τη μέθοδο του ερωτηματολογίου. Ενώ οι συλλογικές περιλαμβάνουν τη μέθοδο των επιτροπών, τη μέθοδο Delphi, τη μέθοδο της συλλογικής δημιουργίας ιδεών (brainstorming). Οι συλλογικές μέθοδοι βασίζονται στην ιδέα ότι η συλλογική συνείδηση παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων.

Οι αντικειμενικές μέθοδοι βασίζονται στην πραγματική και διαθέσιμη πληροφορία του αντικειμένου της πρόβλεψης και της προηγούμενης ανάπτυξής του. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η πληροφόρηση σχετικά με το αντικείμενο της πρόβλεψης είναι κυρίως ποσοτικής φύσης και η επίδραση διαφόρων παραγόντων μπορεί να εξηγηθεί με μαθηματικούς τύπους. Το πλεονέκτημα αυτής της ομάδας μεθόδων είναι η αντικειμενικότητα της πρόβλεψης και η δυνατότητα να εξεταστούν διαφορετικές επιλογές. Ωστόσο, με αυτή τη μεθοδολογία, πολλές πτυχές παραμένουν εκτός της ανάλυσης. Έτσι, όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός τυποποίησης, τόσο πιο φτωχό είναι το μοντέλο.

Παραδείγματα αντικειμενικών μεθόδων είναι τα εξής:

- Στατιστικές μέθοδοι που περιλαμβάνουν ανάλυση χρονοσειρών, ανάλυση παλινδρόμησης και συσχέτισης, μεθόδους εκθετικής εξομάλυνσης, ολοκληρωμένα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα κινητού μέσου όρου (ARIMA) κ.α.



- Δομικές μέθοδοι που περιλαμβάνουν τη μέθοδο μορφολογικής ανάλυσης και τις λειτουργικές και ιεραρχικές μεθόδους μοντελοποίησης δικτύου.
- Συσχετιστικές μέθοδοι που περιλαμβάνουν μεθόδους προσομοίωσης, ιστορική και λογική ανάλυση, εξόρυξη δεδομένων (data mining), νευρωνικά δίκτυα.
- Μέθοδοι των εκ των προτέρων πληροφοριών που συνίστανται από τη μέθοδο της ανάλυσης ροής των δημοσιεύσεων, την εκτίμηση της σημασίας των εφευρέσεων και την ανάλυση των πληροφοριών για τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας.

Μέχρι πρόσφατα, οι στατιστικές μέθοδος υπήρξαν οι κύριες μέθοδοι προβλέψεων. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι στατιστικές μέθοδοι βασίζονται στην τεχνική της ανάλυσης, η πρακτική ανάπτυξη και εφαρμογή της οποίας έχει μακρά ιστορία. Οι σύγχρονες συνθήκες (η πρόοδος στην επιστήμη και την τεχνολογία, καθώς και η πολυπλοκότητα των συνδέσεων στα συστήματα και στη δομή τους) καθιστούν απαραίτητη τη χρήση πολλαπλών μεθόδων πρόβλεψης για την επίλυση ενός προβλήματος. Αυτό έχει οδηγήσει στην εμφάνιση συνδυασμένων μεθόδων.

Η χρήση συνδυαστικών μεθόδων είναι ιδιαίτερα σημαντική για σύνθετα κοινωνικοοικονομικά συστήματα, όταν διάφοροι συνδυασμοί των μεθόδων πρόβλεψης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη της πρόβλεψης των δεικτών για κάθε στοιχείο του συστήματος. Τα οικονομετρικά μοντέλα μπορούν να θεωρηθούν μία συνδυαστική μέθοδος.

Στα παραπάνω παραδείγματα είναι απαραίτητο να σημειωθεί η ομάδα των μεθόδων εξόρυξης δεδομένων ως μέρος των συσχετιστικών μεθόδων, κομμάτι των οποίων είναι και τα νευρωνικά δίκτυα. Η εξόρυξη δεδομένων αποτελεί πλέον μία ξεχωριστή θεωρία. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι ο συνδυασμός των ευρέων μαθηματικών τεχνικών και των τελευταίων επιτευγμάτων στην τεχνολογία της πληροφορίας. Η τεχνολογία εξόρυξης δεδομένων συνδυάζει αρμονικά την ποσοτική με την ποιοτική ανάλυση δεδομένων. Έτσι, η εξόρυξη δεδομένων μπορεί να ερμηνευθεί όχι μόνο ως μέθοδος πρόβλεψης αλλά και ευρύτερα ως μεθοδολογία πλήρους μελέτης των ημιδομημένων προβλημάτων και των προβλέψεων της κατάστασής τους.

Η ποικιλία των μεθόδων πρόβλεψης επιτρέπει την επιλογή του βέλτιστου τρόπου επίλυσης ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Οι κατάλληλα επιλεγμένες τεχνικές πρόβλεψης βελτιώνουν σημαντικά την ποιότητα της πρόβλεψης, επειδή παρέχουν λειτουργική πληρότητα, αξιοπιστία και ακρίβεια των προβλέψεων, καθώς και εξοικονομούν χρόνο και μειώνουν το κόστος για την πρόβλεψη.

Κατά την επιλογή μιας μεθόδου πρόβλεψης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες επιλογές:

- Η παρουσία στατιστικών στοιχείων για την απαιτούμενη περίοδο.
- Η ικανότητα του ατόμου και η διαθεσιμότητα του απαραίτητου εξοπλισμού.

- Ο απαιτούμενος χρόνος για τη συλλογή και την ανάλυση των πληροφοριών.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται πολλαπλές μέθοδοι για τη λήψη ανεξάρτητων προβλέψεων. Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι οι στατιστικές και οι κριτικές προβλέψεις είναι συμπληρωματικές. Οι άνθρωποι προσαρμόζονται ευκολότερα και μπορούν να λάβουν υπόψιν τους γεγονότα εκτός προτύπου χρονοσειράς, αλλά είναι ασυνεπείς και παρουσιάζουν αυξημένη προκατάληψη. Από την άλλη οι στατιστικές μέθοδοι είναι αυστηρές αλλά συνεπείς, και δύνανται να αντιμετωπίσουν μεγάλο όγκο πληροφορίας, πολύ γρήγορα.

Για αυτό το λόγο με αυτήν την εργασία προτείνουμε τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα ως μια καινοτόμο και ευέλικτη τεχνική για τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης γνώσης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, τα ΑΓΔ παρέχουν άριστους μηχανισμούς για την ανάπτυξη ασκήσεων πρόβλεψης, ιδιαίτερα ανάλυσης σεναρίων.

Εκτεταμένες έρευνες έχουν διεξαχθεί και διεξάγονται με σκοπό τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων των ΑΓΔ, ενώ έχουν προταθεί και διάφορες τροποποιήσεις τους για αυτόν το σκοπό (Salmeron & Froelich, 2016).

Σκοπός της εργασίας αυτής δεν είναι η μελέτη του μαθηματικού ή θεωρητικού υπόβαθρου των ΑΓΔ, αλλά μία προσπάθεια ανάδειξης των ΑΓΔ ως πολύτιμων εργαλείων με πολλούς τρόπους αξιοποίησης. Τα ΑΓΔ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λόγους όπως (Elriniki I. Parageorgiou, 2013):

- Να ανακατασκευάσουν το πλαίσιο πίσω από τη συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου ατόμου, να κατανοήσουν τους λόγους των αποφάσεών τους και τις ενέργειες που λαμβάνουν, υπογραμμίζοντας τυχόν στρεβλώσεις και όρια στην αντιπροσώπευση της κατάστασης (επεξηγηματική λειτουργία).
- Να προβλέψουν μελλοντικές αποφάσεις και ενέργειες ή τα επιχειρήματα που κάποιος θα χρησιμοποιήσει για να δικαιολογήσει νέα γεγονότα (λειτουργία πρόβλεψης).
- Να βοηθηθούν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων να αναλογιστούν γύρω από την αναπαράσταση μιας συγκεκριμένης κατάστασης, προκειμένου να διαπιστώσουν την επάρκειά της και ενδεχομένως να προωθήσουν την εισαγωγή των αναγκαίων αλλαγών (αντανακλαστική λειτουργία).
- Να δημιουργήσουν μία ακριβέστερη περιγραφή μιας δύσκολης κατάστασης (στρατηγική λειτουργία).

Τα ΑΓΔ χρησιμοποιήθηκαν για να υποστηρίξουν την λήψη αποφάσεων και την ανακάλυψη σχέσεων αιτιότητας σε περιβάλλον αβεβαιότητας και ελλιπούς πληροφόρησης και για την πραγματοποίηση προβλέψεων σε διαφορετικούς τομείς της ανθρώπινης ζωής, όπως η

οικονομία, η κοινωνιολογία και η προσομοίωση της εικονικής πραγματικότητας. Έχουν επίσης προταθεί ως εναλλακτική λύση στα συστήματα εμπειρογνωμόνων που βασίζονται στην γνώση για την αντιπροσώπευση και την ανάλυση σύνθετων συστημάτων. Η ελκυστικότητα των ΑΓΔ έγκειται στη σχετικά απλή τους δομή και λειτουργία, στην ευκολία υλοποίησης και στην προσαρμοστικότητά τους. Με την πρόσφατη αύξηση της παγκόσμιας αβεβαιότητας και των αναταράξεων στον κόσμο των επιχειρήσεων, οι προσομοιώσεις σεναρίων έχουν καταστεί σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό στόχων, καθώς και για την αναγνώριση απειλών και για τη διαμόρφωση αντιμέτρων.

Η ανάλυση σεναρίων είναι μια διαδικασία ανάλυσης πιθανών μελλοντικών γεγονότων εξετάζοντας εναλλακτικά πιθανά αποτελέσματα (μερικές φορές αποκαλούμενα «εναλλακτικοί κόσμοι»). Έτσι, η ανάλυση σεναρίων, η οποία είναι μία από τις κύριες μορφές προβολής, δεν προσπαθεί να δείξει μια ακριβή εικόνα του μέλλοντος. Αντίθετα, παρουσιάζει διάφορες εναλλακτικές μελλοντικές εξελίξεις. Συνεπώς, παρατηρείται ένα πεδίο πιθανών μελλοντικών αποτελεσμάτων. Δεν είναι μόνο τα αποτελέσματα παρατηρήσιμα, αλλά και τα αναπτυξιακά μονοπάτια που οδηγούν σε αυτά τα αποτελέσματα.

Σε αντίθεση με τις προβλέψεις, η ανάλυση των σεναρίων δεν βασίζεται στην προέκταση του παρελθόντος ή στην επέκταση των προηγούμενων τάσεων. Δεν βασίζεται σε ιστορικά δεδομένα και δεν αναμένει ότι οι παρελθούσες παρατηρήσεις θα παραμείνουν έγκυρες στο μέλλον. Αντιθέτως, προσπαθεί να εξετάσει πιθανές εξελίξεις και σημεία καμπής, τα οποία μπορεί να συνδέονται μόνο με το παρελθόν. Εν ολίγοις, σε μια ανάλυση σεναρίων υπάρχουν αρκετά σενάρια για να δείξουν πιθανά μελλοντικά αποτελέσματα. Κάθε σενάριο συνδυάζει συνήθως αισιόδοξες, απαισιόδοξες και περισσότερο ή λιγότερο πιθανές εξελίξεις. Ωστόσο, όλες οι πτυχές των σεναρίων θα πρέπει να είναι εύλογες. Η εμπειρία έχει δείξει ότι περίπου τρία ή τέσσερα σενάρια είναι τα πλέον κατάλληλα για περαιτέρω συζήτηση και επιλογή. Τα περισσότερα σενάρια κινδυνεύουν να καταστήσουν την ανάλυση πολύ περίπλοκη.

Η εκπόνηση σεναρίων έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων επιτρέποντας την εξέταση των αποτελεσμάτων και των συνεπειών τους. Ο προγραμματισμός των σεναρίων έχει αποδεδειγμένο ιστορικό στην αξιοποίηση των γνώσεων μιας ομάδας ανθρώπων με ποικίλες απόψεις για την δημιουργία καινοτομιών. Πολλοί άνθρωποι έχουν ιδέες για το πού μπορεί να κατευθύνεται το μέλλον, αλλά γενικά δεν υπάρχει καθιερωμένη διαδικασία για τη συγκέντρωση αυτών των γνώσεων και την αξιοποίησή τους. Ο προγραμματισμός των σεναρίων παρέχει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο για να μοιράζονται τις ιδέες μιας ομάδας ανθρώπων με τρόπο που συχνά οδηγεί σε νέες ιδέες. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα από τον προγραμματισμό των σεναρίων είναι ένα σύνολο πιθανών μελλοντικών σεναρίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των ευκαιριών και των κατευθύνσεων. Με τον εντοπισμό των βασικών εξωτερικών μετρήσεων, είναι δυνατή η παρακολούθηση των σημείων όπου πρόκειται να υπάρξουν αλλαγές.

Σε μια ευμετάβλητη κατάσταση, το μέλλον είναι συχνά εξαιρετικά απρόβλεπτο και συνήθως εργαζόμαστε με ένα περιορισμένο εύρος προσδοκιών, το οποίο πολλές φορές αποδεικνύεται λανθασμένο. Η δημιουργία σεναρίων προσφέρει ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη πιο «ανθεκτικών» πολιτικών για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων όπου υπάρχει ανεξέλεγκτη, αναλλοίωτη αβεβαιότητα.

Η δημιουργία σεναρίων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου απαιτείται υψηλό επίπεδο συμμετοχής για τη δημιουργία ενός κοινού στόχου, όπως σε μια στρατιωτική δομή διοίκησης και ελέγχου όπου απαιτείται μεγάλος αριθμός προσωπικού για τη λήψη συλλογικών στρατηγικών αποφάσεων, αλλά και στον σύγχρονο και ανταγωνιστικό εμπορικό κόσμο. Παρέχει μια χρήσιμη διαδικασία για τη συγκέντρωση όλων των σημαντικών ενδιαφερομένων σε μια στρατηγική συζήτηση που τελικά οδηγεί σε κοινό όραμα και δράση. Χρησιμοποιείται επίσης εκτενώς σε επιχειρηματικές οργανώσεις.

Τα σενάρια εμφανίζονται σε δύο βασικές μορφές: Ποιοτικά και Ποσοτικά. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε μορφής με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους.

<b>Ποιοτικά Σενάρια</b>	<b>Ποσοτικά Σενάρια</b>
Αξιόπιστα	Εσωτερική συνοχή και συνέπεια
Όχι απίθανα	Πιθανά
Δημιουργικά (out-of-the-box thinking)	Βασίζονται στην αρχιτεκτονική ενός μοντέλου
Δημιουργούνται από τα ενδιαφερόμενα άτομα	Δημιουργούνται από επιστήμονες που διαθέτουν την κατάλληλη γνώση
Βασίζονται στις πεποιθήσεις των ενδιαφερομένων	Βασίζονται στην σύγχρονη επιστημονική σκέψη
Δεν περιορίζονται από την έλλειψη δεδομένων	Καθοδηγούνται από τα δεδομένα
Επικεντρώνονται στις κοινωνικές αλλαγές	Επικεντρώνονται στα δεδομένα

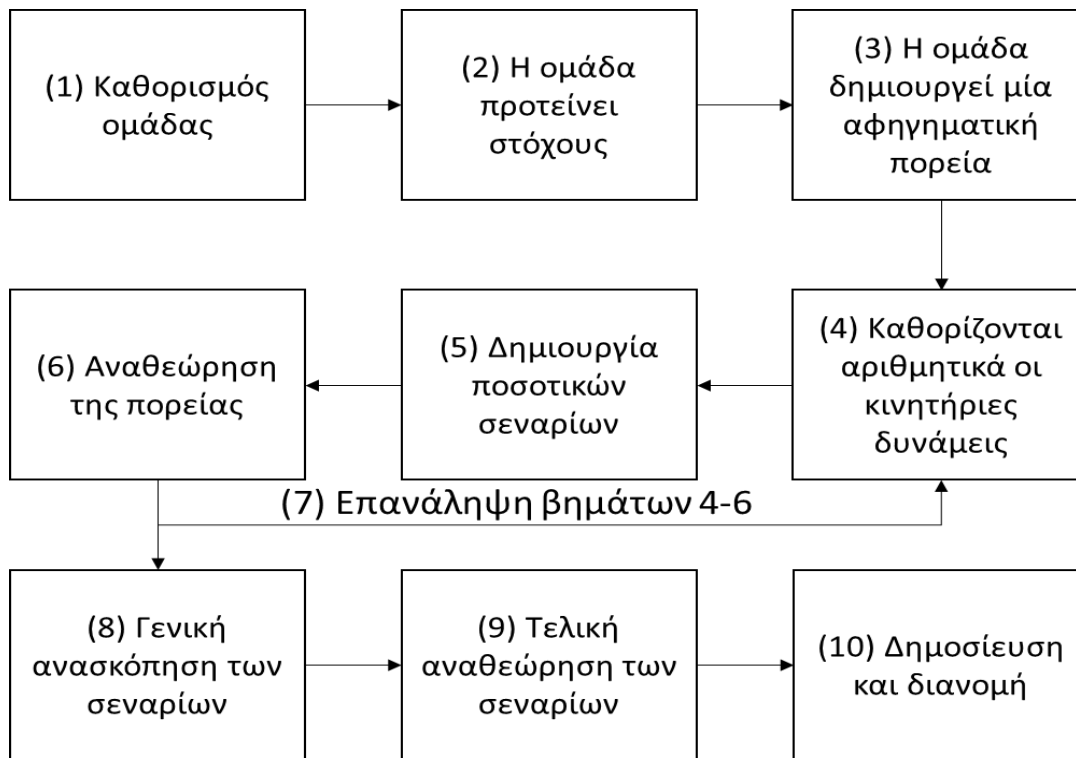
Πίνακας 6: Βασικά χαρακτηριστικά ποσοτικών και ποιοτικών σεναρίων

	<b>Ποιοτικά Σενάρια</b>	<b>Ποσοτικά Σενάρια</b>
<b>Περιγραφή</b>	Τα ποιοτικά σενάρια περιγράφουν το πιθανό μέλλον περισσότερο με λόγια ή σύμβολα και όχι τόσο με αριθμητικούς υπολογισμούς. Μπορεί να περιλαμβάνουν διαγράμματα ή κείμενο.	Τα ποσοτικά σενάρια βασίζονται σε κάποιο μοντέλο και παρέχουν πληροφορίες για το μέλλον μέσω πινάκων, γράφων ή εξισώσεων.
<b>Πλεονεκτήματα</b>	Μπορούν να παρουσιάσουν τις απόψεις διαφορετικών εμπλεκόμενων ταυτόχρονα, όταν είναι σωστά γραμμένα αποτελούν έναν κατανοητό και ενδιαφέροντα τρόπο για να παρουσιαστούν πληροφορίες που αφορούν το μέλλον σε σχέση με έναν πίνακα με νούμερα ή ένα περίπλοκο γράφημα.	Μπορούν να δώσουν τα αριθμητικά αποτελέσματα που χρειάζονται για την πλήρη κατανόηση των πληροφοριών. Οι υποθέσεις που έχουν κάνει οι δημιουργοί του σεναρίου είναι εμφανείς μέσω του μαθηματικού μοντέλου. Ακόμη, τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται πολλές φορές έχουν δημοσιευτεί σε επιστημονικά περιοδικά, γεγονός που τους προσδίδει ένα βαθμό επιστημονικής εγκυρότητας.
<b>Μειονεκτήματα</b>	Το μεγαλύτερο τους μειονέκτημα είναι πως, εξ ορισμού, δεν παρέχουν αριθμητικές πληροφορίες που είναι συνήθως απαραίτητες.	Ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι ότι πολλές φορές η μεγάλη ακρίβεια των αριθμών μας δίνει ψευδή αποτελέσματα για το πόσο καλά μπορούμε να γνωρίζουμε μελλοντικά συμβάντα. Επίσης, για την δημιουργία του μοντέλου είναι τις περισσότερες φορές απαραίτητη η ύπαρξη ειδικού, του οποίου η εικόνα για το μέλλον μπορεί να επηρεάσει την αντικειμενικότητα του σεναρίου.

Πίνακας 7: Σύγκριση ποιοτικών και ποσοτικών σεναρίων

Δεν υπάρχει καλύτερη μέθοδος καθώς εξαρτάται από τον στόχο που θέλει να πετύχει η κάθε διαδικασία ανάπτυξης σεναρίων. Συνήθως βλέπουμε ένα συνδυασμό των δύο μορφών.

Έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την ανάπτυξη σεναρίων. Σε πολλές πρόσφατες εφαρμογές παρατηρούμε την παρακάτω διαδικασία που ονομάζεται Story-and-Simulation (SAS) και συνδυάζει ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά (Alcamo, 2001).



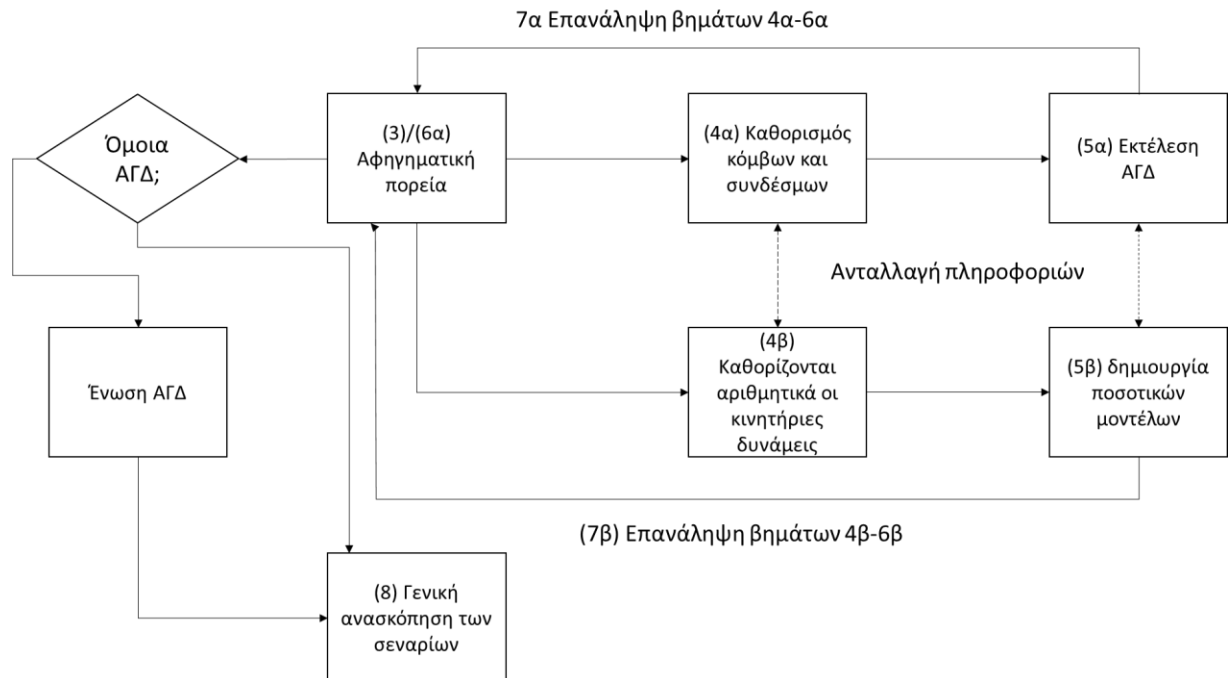
Εικόνα 12: Βήματα ανάπτυξης σεναρίων SAS.

Παρά τα πλεονεκτήματά της και τη σημασία της, έχει σημειωθεί μικρή πρόοδος στη δημιουργία σεναρίων. Μπορούν να παρατηρηθούν τα ακόλουθα τρία σημαντικά γεγονότα (Khor & Khan, 2003):

- Οι περισσότερες πρακτικές σχεδιασμού σεναρίων στερούνται την χρονική συνιστώσα, η οποία είναι απαραίτητη για την απόδοση ενός πιο ρεαλιστικού σεναρίου.
- Ο προγραμματισμός των σεναρίων είναι μια χρονοβόρα διαδικασία. Με τα παγκόσμια γεγονότα να γίνονται ταχύτερα από πριν, η συμβατική πρακτική σχεδιασμού σεναρίων καθυστερεί.
- Οι υπεύθυνοι στρατηγικού σχεδιασμού βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις δεξιότητες των ατόμων για να απεικονίσουν πώς ζετυλίζονται τα διαφορετικά και συχνά

σύνθετα σενάρια. Είναι δύσκολο να φανταστούν πως αλληλοεπηρεάζονται οι διαφορετικοί παράγοντες σε διαφορετικές χρονικές περιόδους στο σενάριο.

Η προσομοίωση με την χρήση ΑΓΔ μπορεί να περιλαμβάνει την συνιστώσα του χρόνου. Αντί για ένα στατικό στιγμιότυπο μπορούμε να δούμε το σενάριο για ολόκληρο το χρονικό διάστημα καθώς και σε οποιοδήποτε συγκεκριμένο βήμα. Τα ΑΓΔ βοηθούν τους υπεύθυνους για την στρατηγική να οπτικοποιήσουν το σενάριο καθώς αυτό ξετυλίγεται και οι ενδιάμεσες καταστάσεις μπορούν να αξιολογηθούν.



Εικόνα 13: Βήματα ανάπτυξης σεναρίων με την χρήση ΑΓΔ

Κατά αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ορίσουμε τα στάδια ανάπτυξης σεναρίων ως εξής μετά την προσθήκη των ΑΓΔ ως εξής:

1. Συγκροτείται η ομάδα που θα δημιουργήσει και θα αξιολογήσει τα σενάρια που θα προκύψουν. Αυτή η ομάδα περιλαμβάνει αντιπροσώπους του εκάστοτε οργανισμού ή επιχείρησης και ειδικούς που θα δημιουργήσουν το μοντέλο για την ποσοτικοποίηση των σεναρίων.
2. Η ομάδα προτείνει τους βασικούς στόχους των σεναρίων. Σκοπός τους βήματος αυτού είναι ο περιορισμός του αριθμού των σεναρίων που είναι δυνατό να προκύψουν, αν και δεν πρέπει να περιοριστεί η δημιουργικότητα της ομάδας.
3. Σε αυτό το στάδιο πρέπει να καθοριστούν ο αριθμός των σεναρίων, οι δείκτες και οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν και ο χρονικός ορίζοντας των σεναρίων, καθώς και να δημιουργηθεί ένα προσχέδιο για την πορεία των γεγονότων στο σενάριο.

4. Η ομάδα δίνει τιμές στις κινητήριες δυνάμεις του σεναρίου. Στην περίπτωση των ΑΓΔ δημιουργεί τους κόμβους και τους συνδέσμους του ΑΓΔ με τις τιμές τους.
5. Δημιουργούνται τα σενάρια ή αντίστοιχα εκτελείται το ΑΓΔ.
6. Με βάση τα αποτελέσματα γίνεται αναθεώρηση της αφηγηματικής πορείας και μπορεί να προστεθούν νέα στοιχεία στα σενάρια.
7. Είναι πιθανό τα στοιχεία που προστίθενται στο προηγούμενο βήμα να απαιτούν την επανάληψη των τριών τελευταίων βημάτων ώστε να προκύψουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Μετά από αυτό το στάδιο μπορεί να προκύψουν παρόμοια ΑΓΔ οπότε και μπορούν να συγχωνευτούν.
8. Γίνεται ανασκόπηση όλων των σεναρίων από όσον το δυνατόν περισσότερα άτομα.
9. Λαμβάνοντας υπόψιν τα σχόλια αυτών που έκαναν την ανασκόπηση πραγματοποιείται η τελική αναθεώρηση των σεναρίων
10. Τα τελικά σενάρια διανέμονται και δημοσιεύονται.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω ο κατάλληλος αριθμός σεναρίων είναι συνήθως τρία με τέσσερα. Κατά την εκτέλεση των ΑΓΔ όπου δημιουργούνται τα διαφορετικά σενάρια γίνεται συνήθως η επιλογή δύο κινητήριων δυνάμεων που είναι είτε αβέβαιες είτε είναι αδύνατον να ελεγχθούν και δημιουργούνται τα σενάρια. Επειδή είναι αδύνατο να γνωρίζουμε με ακρίβεια το μέλλον, μία καλή στρατηγική είναι κάθε σενάριο να διαφέρει αξιοσημείωτα από το άλλο. Για παράδειγμα, το σενάριο 1 στον παρακάτω πίνακα μπορεί να αποτελεί ένα πιο αναμενόμενο σενάριο καθώς περιλαμβάνει τα πιο πιθανά αποτελέσματα Α1 και Β1, ενώ το σενάριο 4 αποτελεί το πιο ακραίο σενάριο. Εάν είναι απαραίτητο μετά την αναθεώρηση μπορούν να επιλεγθούν άλλες μεταβλητές.

		Αβεβαιότητα	
		Χαμηλή	Υψηλή
		Μεταβλητή Α	
		A1	A2
Αβεβαιότητα	Χαμηλή	B1	Σενάριο 1
	Υψηλή	B2	Σενάριο 3
			Σενάριο 2
			Σενάριο 4

Πίνακας 8: Επιλογή σεναρίων



Επιπλέον αξίζει να τονίσουμε πως η προσθήκη ενός ποσοτικού μοντέλου που δημιουργείται από τα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως τα ΑΓΔ, βελτιώνει άμεσα την συνοχή και την σαφήνεια της αφηγηματικής πορείας και της διαδικασίας ανατροφοδότησης. Έτσι, όπως φαίνεται και στο τελευταίο διάγραμμα, μπορεί να δημιουργηθεί σύνδεση μεταξύ του ΑΓΔ και του αρχικού μοντέλου (βήματα 4α-4β, 5α-5β). Η πιθανότητα ενσωμάτωσης των ΑΓΔ στην διαδικασία Story-and-Simulation μεγαλώνει όταν ισχυροποιείται ο δεσμός μεταξύ ΑΓΔ και των μαθηματικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία σεναρίων.

Μετά από ανασκόπηση μεγάλου αριθμού σεναρίων παγκοσμίως, (Cumming et al., 2005), προέκυψε το συμπέρασμα πως υπάρχουν πολλές αβεβαιότητες και πιθανές ασυνέπειες στα υπάρχοντα σενάρια αλλά και στην αντίληψη που έχουμε για τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών παραγόντων που επηρεάζουν τα κοινωνικά και οικονομικά συστήματα. Παρομοίως τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται παραμένουν αυτόνομα και δεν συνδυάζονται με την αφηγηματική πορεία και την διαδικασία δημιουργίας των σεναρίων.

Όπως έχει αναφερθεί, σε γενικές γραμμές το σημαντικότερο πλεονέκτημα των ΑΓΔ είναι η δυνατότητα να περιλαμβάνουν και να συνυπολογίζουν τους δρόμους ανατροφοδότησης μέσα σε ένα σύστημα, οι οποίοι τις περισσότερες φορές είναι «κρυμμένοι». Επίσης, τα ΑΓΔ προσφέρουν σαφή εργαλεία παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Από την άλλη το αδύναμο σημείο των ΑΓΔ εντοπίζεται στην διαδικασία καθορισμού των σχέσεων και της έντασης των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Αυτή η αδυναμία μπορεί να αντιμετωπιστεί όταν συμμετέχουν αρκετά άτομα στην διαδικασία με τις απαραίτητες επιστημονικές γνώσεις.

Η πιο σημαντική προστιθέμενη αξία των ΑΓΔ εμφανίζεται όταν ενσωματώνονται στην διαδικασία δημιουργίας σεναρίων και γενικότερα στην διαμόρφωση πολιτικών. Τα ΑΓΔ μπορούν να δημιουργηθούν από τα ίδια τα ενδιαφερόμενα μέρη που επιθυμούν να εφαρμόσουν μία πολιτική ή να αξιολογήσουν μία ήδη υπάρχουσα ώστε να ανακαλύψουν πιθανές βελτιώσεις. Έτσι η εικόνα που έχουν τα ενδιαφερόμενα άτομα μπορεί άμεσα να συγκριθεί με το ΑΓΔ που απεικονίζει τις πεποιθήσεις τους. Λόγω της απλότητάς τους, καθώς είναι εύκολο να εξηγηθεί η λειτουργία τους, τα ΑΓΔ μπορούν να εφαρμοστούν σε περιπτώσεις όπου το χρονικό και οικονομικό πλαίσιο είναι περιορισμένο. Επιπλέον, η ενσωμάτωση των ΑΓΔ δεν περιορίζει την δημιουργικότητα, ενώ η υποχρέωση να δοθούν συγκεκριμένοι αριθμοί στις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών αναγκάζει τα άτομα που διαμορφώνουν την πολιτική να είναι πιο συγκεκριμένοι στις απόψεις τους.

Από την άλλη θα πρέπει να τονίσουμε και τα μειονεκτήματα της ενσωμάτωσης των ΑΓΔ και της σύνδεσής τους με μια αφηγηματική διαδικασία. Πρώτο και κυριότερο, όπως αναφέραμε, είναι πως τα ΑΓΔ απαιτούν τα ενδιαφερόμενα άτομα να έχουν ένα υψηλό επίπεδο κατανόησης του συστήματος και των δυνάμεων που το διαμορφώνουν. Θα πρέπει να διαθέτουν αρκετές πληροφορίες ώστε να καθορίσουν την ένταση των συνδέσμων σε ένα ΑΓΔ. Κατά αυτό τον τρόπο μπορεί να αποκλειστούν από την διαδικασία άτομα που σκέφτονται πιο ελεύθερα (out-of-the-box), τα οποία είναι πολύ χρήσιμα όταν δημιουργείται η αφηγηματική πορεία. Δεύτερον, η προσήλωση στους αριθμούς μπορεί να αποπροσανατολίσει τα ενδιαφερόμενα άτομα και να

καθυστερήσει την διαδικασία. Τέλος, η προσθήκη του ΑΓΔ μπορεί να παρατείνει την διαδικασία, η οποία χρησιμοποιεί ήδη ένα μαθηματικό μοντέλο. Ίσως η καλύτερη λύση όταν ο χρόνος είναι περιορισμένος είναι η πλήρης αντικατάσταση του μαθηματικού μοντέλου με ένα ΑΓΔ, κάτι το οποίο φυσικά εξαρτάται από την σημασία του μοντέλου.

Δεδομένου ότι τα μειονεκτήματα είναι μικρά και μπορούν να ξεπεραστούν με τις κατάλληλες τροποποιήσεις, η αξία που μπορεί να έχει η χρήση ΑΓΔ ως ένα πρόσθετο εργαλείο στην διαδικασία διαμόρφωσης μίας πολιτικής είναι μεγάλη.

Πλεονεκτήματα	Σχόλια	Μειονεκτήματα	Σχόλια
<b>Γενικά</b>			
Περιλαμβάνει ανατροφοδότηση	Πιθανό να ανακαλύψει στοιχεία του συστήματος που δεν ήταν εμφανή προηγουμένως	Η μέθοδος δεν είναι καλά δομημένη ως προς τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν στην διαδικασία υπολογισμού/επιλογής της βαρύτητας των συνδέσμων	
Παρέχει σαφή αναπαράσταση περίπλοκων συστημάτων			
<b>Ενσωμάτωση στην διαδικασία διαμόρφωσης σεναρίων</b>			
Απλή μέθοδος που γίνεται εύκολα κατανοητή	Μπορούν να την εφαρμόσουν τα ίδια άτομα που διαμορφώνουν τα σενάρια	Προσήλωση στους αριθμούς	Μπορεί να καθυστερήσει την διαδικασία
Υψηλός βαθμός ενσωμάτωσης	Δεν περιορίζεται η δημιουργικότητα	Για να είναι συμπαγές χρειάζονται ειδικοί	Ίσως κάποια από τα ενδιαφερόμενα άτομα χρειαστεί να αποκλειστούν από την διαδικασία
Αναγκάζει τους χρήστες να είναι συγκεκριμένοι ως προς την ένταση των σχέσεων	Αυξάνεται η συνοχή και η διαφάνεια του σεναρίου	Η προσθήκη του ΑΓΔ μπορεί να δημιουργήσει πίεση χρόνου	Συνήθως προστίθεται στην διαδικασία και δεν αντικαθιστά κάτι άλλο
Παρέχει άμεσες πληροφορίες για τα	Τα ενδιαφερόμενα μέρη αποκτούν		

αποτελέσματα της εκάστοτε δράσης	περισσότερες πληροφορίες		
<b>Σύνδεση με άλλα μοντέλα</b>			
Οι υποθέσεις που γίνονται για την δημιουργία των μοντέλων αποκτούν συγκεκριμένη δομή	Το δίκτυο απεικονίζει τις υποθέσεις	Μη συγκρίσιμοι παράγοντες συγκρίνονται	Δεν είναι δυνατόν να συμπεριληφθούν όλοι οι παράγοντες
Τα αποτελέσματα του ΑΓΔ μπορούν να αξιοποιηθούν από άλλα μοντέλα		Η διαδικασία υπολογισμού των βαρών είναι αυθαίρετη	Δεν υπάρχει γενικευμένη διαδικασία, εφαρμόζεται διαφορετικός τρόπος ανάλογα με την κάθε περίπτωση
		Δεν μπορεί να καθοριστεί ακριβώς ο χρόνος στο ΑΓΔ	

Πίνακας 9: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης ΑΓΔ

### iii) Εφαρμογή

Σήμερα περισσότερο από τον παρελθόν δεδομένης της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης και των οικονομικών ανισοτήτων, υπάρχει η ανάγκη για έρευνα και ανάπτυξη νέων μοντέλων και μεθοδολογιών για την μελέτη της οικονομίας. Είναι αναγκαίο να βρεθούν νέες λύσεις για τα καθημερινά οικονομικά προβλήματα. Σήμερα οι περισσότερες προσεγγίσεις δεν παρέχουν πάντοτε ρεαλιστικές και αποδεκτές λύσεις. Το οικονομικό περιβάλλον παγκοσμίως είναι πολύπλοκο δυναμικό και αβέβαιο. Τα μακροοικονομικά συστήματα είναι περίπλοκα και ασαφή (Chian, 2007). Τα άτομα που λαμβάνουν τις αποφάσεις και ιδιαίτερα αυτοί που διαμορφώνουν τις πολιτικές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες όταν προσεγγίζουν δυναμικά συστήματα του πραγματικού κόσμου. Τα ασαφή γνωστικά δίκτυα έχουν προταθεί ως μία ποιοτική εναλλακτική προσέγγιση που μοντελοποιεί τη δυναμική περίπλοκων συστημάτων.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ασαφές γνωστικό δίκτυο που περιγράφει την ελληνική οικονομία. Στόχος της διπλωματικής εργασίας δεν είναι τόσο να βρει λύση στο οικονομικό πρόβλημα της Ελλάδας και να προτείνει μία συγκεκριμένη πολιτική, όσο να παρουσιάσει τα ασαφή γνωστικά δίκτυα ως μία εναλλακτική μέθοδο προσέγγισης. Για την δημιουργία του ΑΓΔ

χρησιμοποιήθηκαν και επεξεργάστηκαν πληροφορίες από τις εξής δημοσιεύσεις: (Farid et al., 2015; Zombanakis & Mateou, 2013).

Αρχικά επιλέχθηκαν οι μεταβλητές/έννοιες που αποτελούν τους κόμβους του ΑΓΔ.

- Έλλειμα ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών – current account deficit
- Εξαγωγές – exports
- Εισαγωγές – imports
- Ανάπτυξη – growth
- Παραγωγικές επενδύσεις – productive investments
- Εξωτερικό χρέος – external debt
- Επιτόκιο – interest rate
- Ανεργία – unemployment
- Πληθωρισμός – inflation

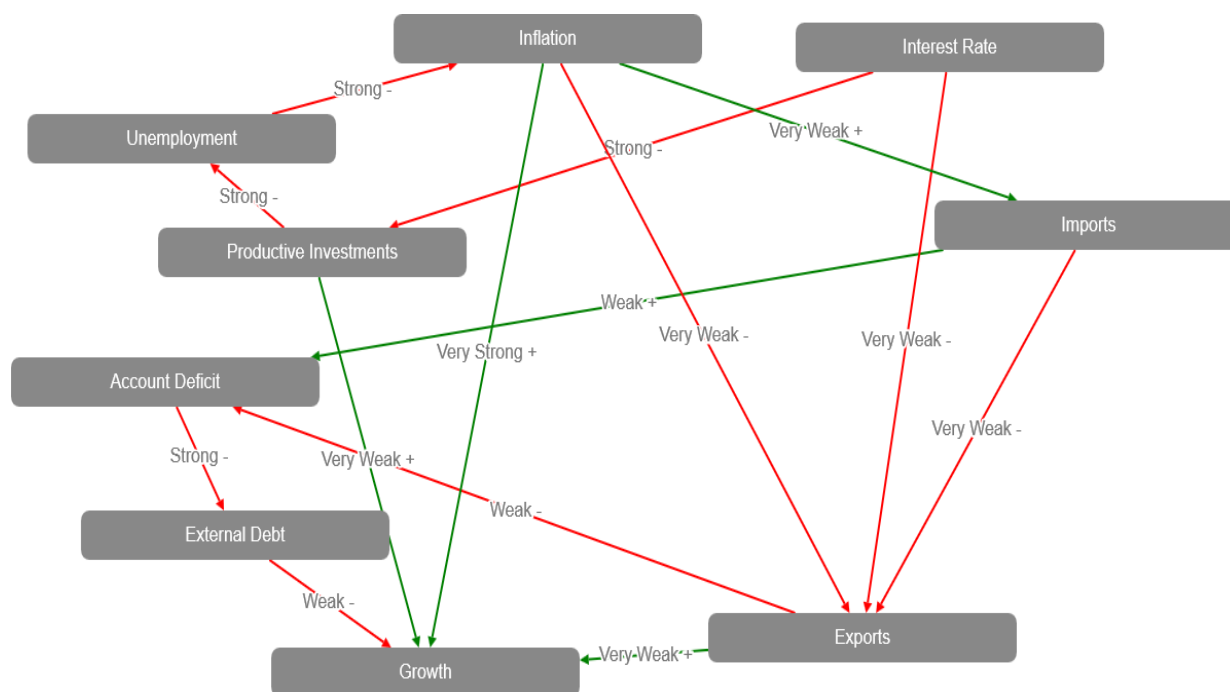
Στην συνέχεια ορίστηκαν οι σχέσεις μεταξύ των κόμβων με την δημιουργία του απαραίτητου πίνακα βαρών.

<b>Greek economy</b>	<b>current account deficit</b>	<b>exports</b>	<b>imports</b>	<b>growth</b>	<b>productive investment</b>	<b>external debt</b>	<b>interest rate</b>	<b>unemployment</b>	<b>inflation</b>
<b>current account deficit</b>	1.00	-0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>exports</b>	0.00	1.00	-0.30	0.00	0.00	0.00	-0.30	0.00	-0.20
<b>imports</b>	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
<b>growth</b>	0.00	0.20	0.00	1.00	0.20	-0.50	0.00	0.00	0.90
<b>productive investments</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	-0.70	0.00	0.00
<b>external debt</b>	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
<b>interest rate</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
<b>unemployment</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	0.00	0.00	1.00	0.00
<b>inflation</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	-0.80	1.00

Πίνακας 10: Βάρη ΑΓΔ

Η τιμή ένα στην κύρια διαγώνιο υπάρχει ώστε για κάθε τιμή της μεταβλητής να συνυπολογίζεται και η προηγούμενη σύμφωνα με τον τύπο που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο καταγραφής των μοντέλων αιτιότητας.

Ακολουθεί ο χάρτης που απεικονίζει τις παραπάνω σχέσεις αιτιότητας με κόμβους και συνδέσμους μεταξύ των κόμβων.<sup>1</sup>



Εικόνα 14: Ασαφές γνωστικό δίκτυο ελληνικής οικονομίας

Στην συνέχεια ορίστηκαν οι αρχικές τιμές των κόμβων βάσει της παρούσας κατάστασης της οικονομίας.

<b>Έλλειμα ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών</b>	0.80
<b>Εξαγωγές</b>	0.30
<b>Εισαγωγές</b>	0.70
<b>Ανάπτυξη</b>	0.10

<sup>1</sup> Ο χάρτης διαμορφώθηκε με την χρήση του Policy Compass ( <https://policycompass.eu/>)

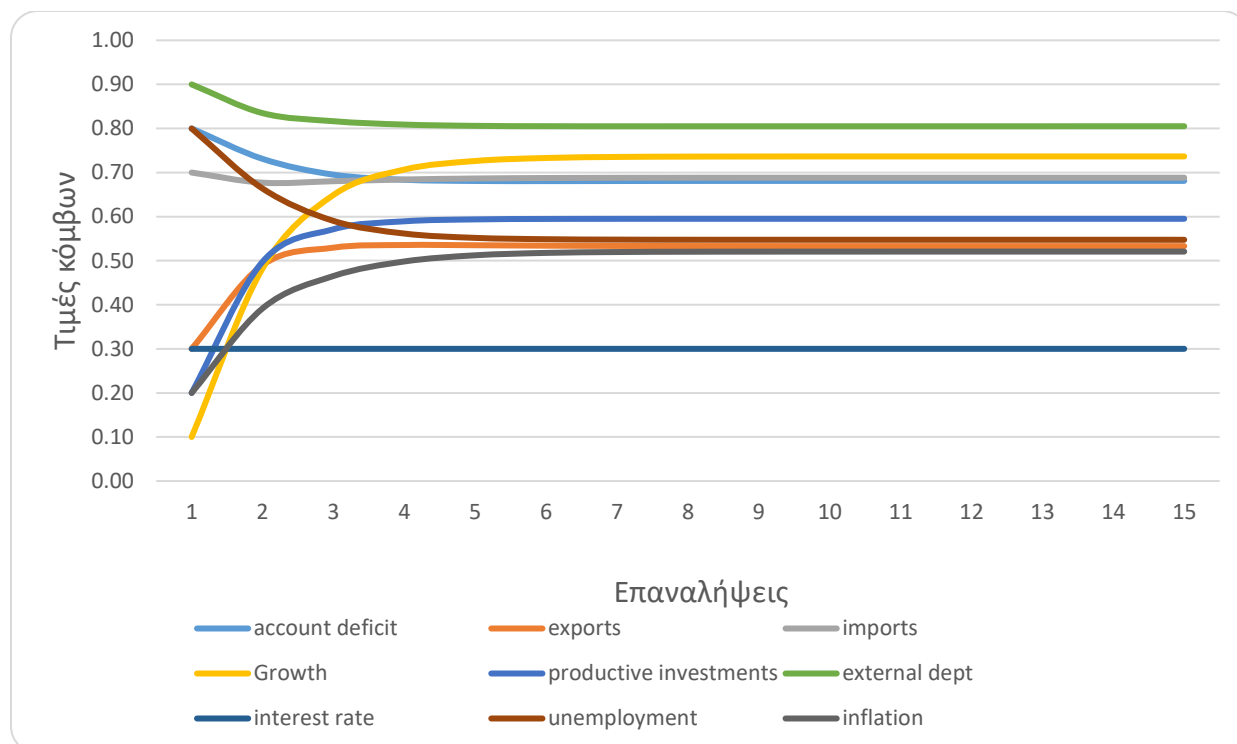
<b>Παραγωγικές επενδύσεις</b>	0.20
<b>Εξωτερικό χρέος</b>	0.90
<b>Επιτόκιο</b>	0.30
<b>Ανεργία</b>	0.80
<b>Πληθωρισμός</b>	0.20

Πίνακας 11: Αρχικές τιμές κόμβων

Αφού ορίστηκαν οι αρχικές τιμές με την χρήση ενός υπολογιστικού φύλλου πραγματοποιήθηκε προσομοίωση του μοντέλου και έπειτα από 15 επαναλήψεις οι κόμβοι συγκλίνουν στις παρακάτω τιμές.

<b>Έλλειμα ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών</b>	0.68107909
<b>Εξαγωγές</b>	0.533054723
<b>Εισαγωγές</b>	0.688367971
<b>Ανάπτυξη</b>	0.736586755
<b>Παραγωγικές επενδύσεις</b>	0.595103384
<b>Εξωτερικό χρέος</b>	0.805023836
<b>Επιτόκιο</b>	0.3
<b>Ανεργία</b>	0.54745498
<b>Πληθωρισμός</b>	0.52066291

Πίνακας 12: Τελικές τιμές κόμβων



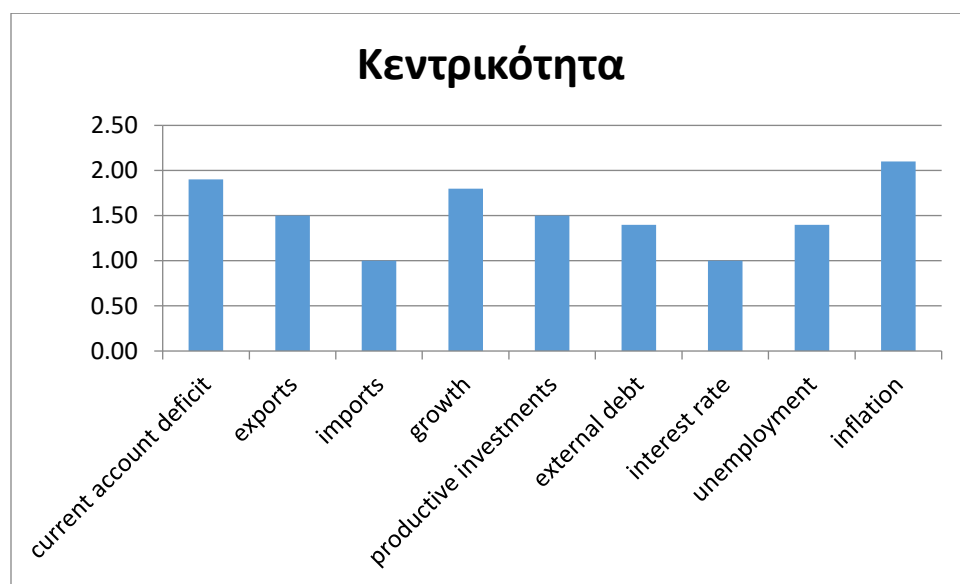
Εικόνα 15: Τιμές κόμβων/Σενάριο βάση

Σε αυτό το σενάριο το οποίο μπορούμε να θεωρήσουμε ως το σενάριο βάση οι κόμβοι αφέθηκαν να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους χωρίς να ορίσουμε κάποια παρέμβαση. Εδώ μπορούμε να αναφέρουμε και κάποια χαρακτηριστικά που αφορούν την δομή του ΑΓΔ.

Κόμβοι	Transmitter	Receiver	Ordinary
Έλλειμα ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών			1
Εξαγωγές			1
Εισαγωγές			1
Ανάπτυξη		1	
Παραγωγικές επενδύσεις			1
Εξωτερικό χρέος			1
Επιτόκιο	1		
Ανεργία			1
Πληθωρισμός			1

Πίνακας 13: Είδος κόμβων

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται το είδος των μεταβλητών. Το επιτόκιο υποθέτουμε ότι καθορίζεται εξωτερικά και δεν επηρεάζεται από το σύστημα ενώ η ανάπτυξη είναι ο τελικός κόμβος και επηρεάζεται από άλλους, ενώ δεν επηρεάζει κάποιον άλλον κόμβο. Οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι κανονικές, δηλαδή και δέχονται αλλαγές και προκαλούν αλλαγές σε άλλες μεταβλητές.

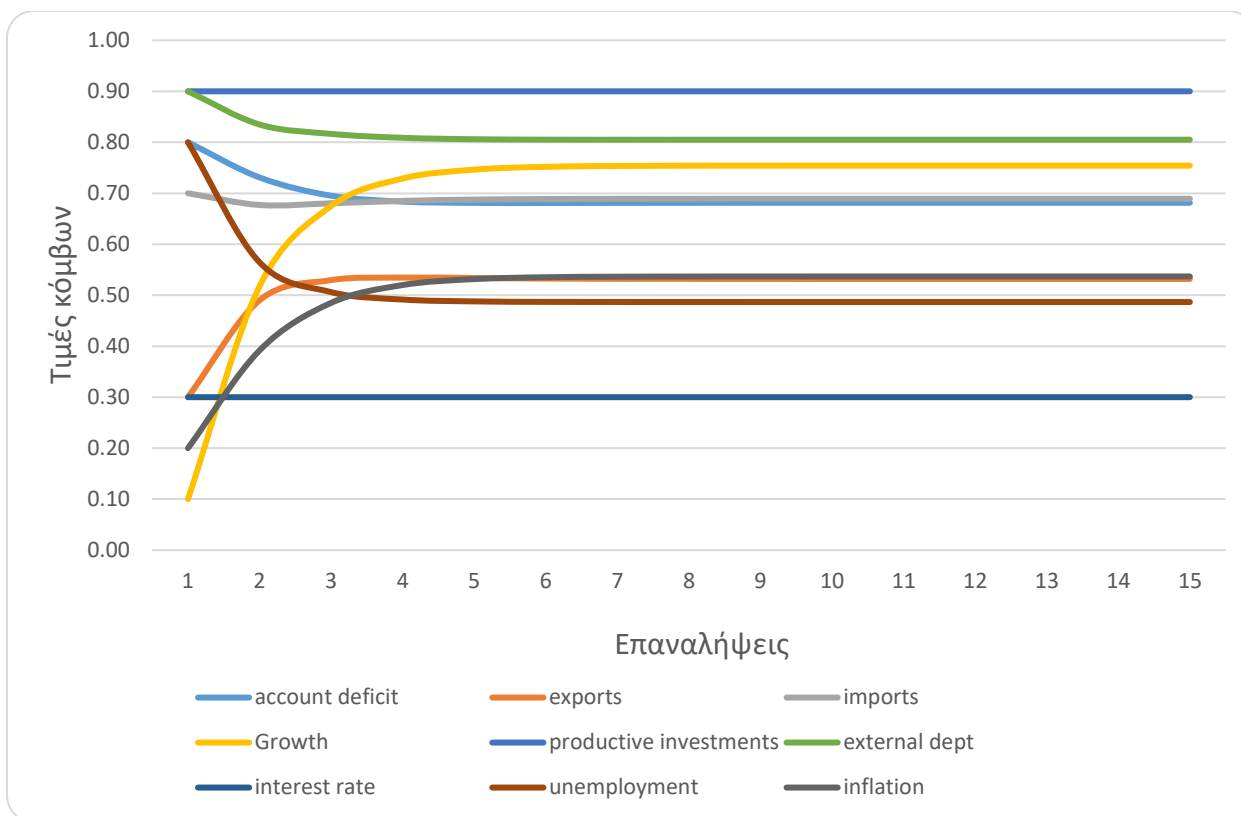


Εικόνα 16: Κεντρικότητα κόμβων ΑΓΔ

Η κεντρικότητα καταδεικνύει την σημασία του κάθε κόμβου στο ΑΓΔ. Έτσι φαίνεται η σημασία του ελλείματος ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών, του πληθωρισμού και της ανάπτυξης που φυσικά είναι το ζητούμενο.

Αν η κυβέρνηση ή το άτομα που διαμορφώνουν τις πολιτικές αποφασίσουν να εφαρμόσουν μία πολιτική που θα ενισχύει σημαντικά τις παραγωγικές επενδύσεις θα έχουμε τα εξής αποτελέσματα.





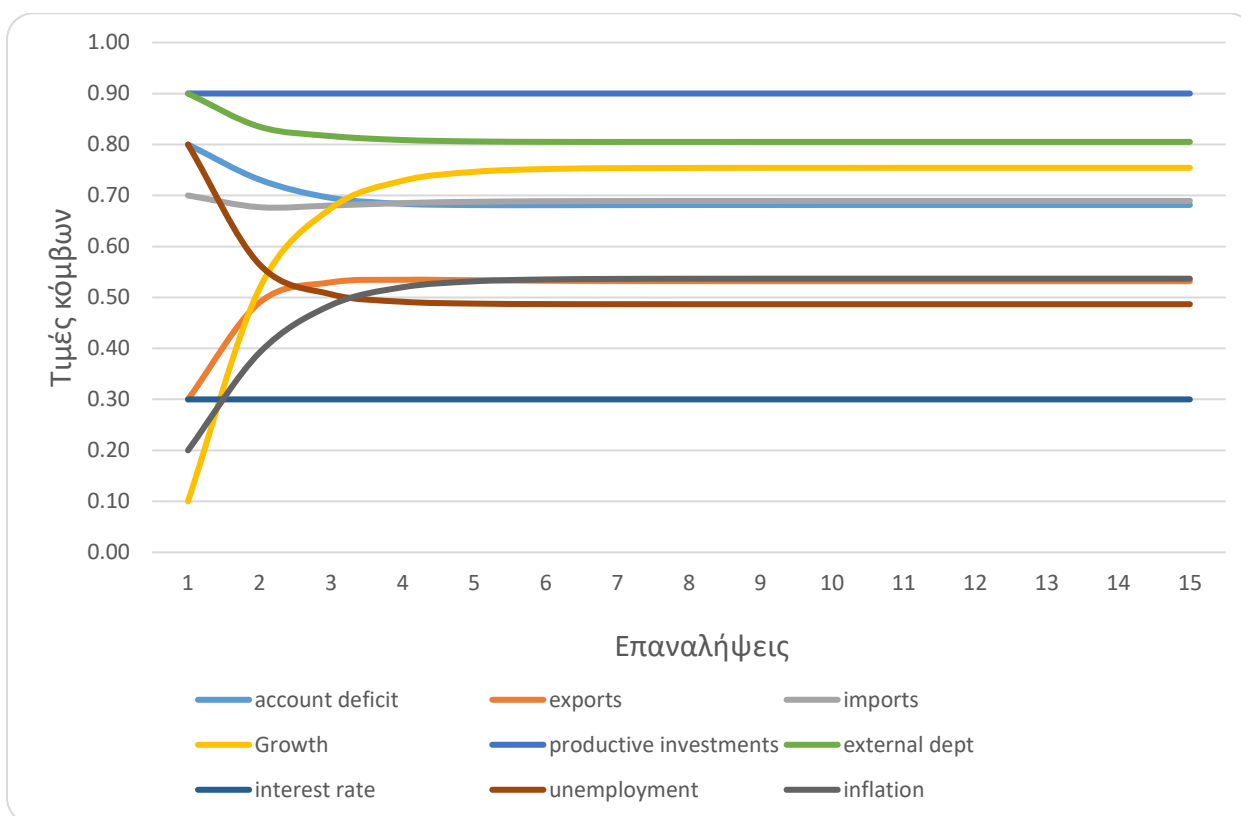
Εικόνα 17: Τιμές κόμβων/Σενάριο 2

	Σενάριο βάση	Σενάριο με υψηλές παραγωγικές επενδύσεις
<b>Έλλειμα ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών</b>	0.68107909	0.681362
<b>Εξαγωγές</b>	0.533054723	0.531897
<b>Εισαγωγές</b>	0.688367971	0.689248
<b>Ανάπτυξη</b>	0.736586755	0.754205
<b>Παραγωγικές επενδύσεις</b>	0.595103384	0.9
<b>Εξωτερικό χρέος</b>	0.805023836	0.805071
<b>Επιτόκιο</b>	0.3	0.3
<b>Ανεργία</b>	0.54745498	0.486671
<b>Πληθωρισμός</b>	0.52066291	0.536799

Πίνακας 14: Σύγκριση σεναρίων 1-2

Παρατηρούμε πως μία τέτοια πολιτική θα προκαλούσε αισθητή μείωση στην ανεργία, με συνέπεια να υπάρχει αύξηση της ανάπτυξης και του πληθωρισμού. Οι υπόλοιπες μεταβλητές εμφανίζουν πολύ μικρές αυξομειώσεις.

Μία άλλη πολιτική θα μπορούσε να είναι να δοθούν κίνητρα και ενίσχυση στις εξαγωγικές επιχειρήσεις και ταυτόχρονα η δημιουργία επενδύσεων ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από τις εισαγωγές.



Εικόνα 18: Τιμές κόμβων/Σενάριο 3

	Σενάριο βάση	Σενάριο αύξησης εξαγωγών και μείωσης εισαγωγών
<b>Έλλειμα ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών</b>	0.68107909	0.613951057
<b>Εξαγωγές</b>	0.533054723	0.7
<b>Εισαγωγές</b>	0.688367971	0.4
<b>Ανάπτυξη</b>	0.736586755	0.745879596
<b>Παραγωγικές επενδύσεις</b>	0.595103384	0.595103384

<b>Εξωτερικό χρέος</b>	0.805023836	0.793480956
<b>Επιτόκιο</b>	0.3	0.3
<b>Ανεργία</b>	0.54745498	0.54745498
<b>Πληθωρισμός</b>	0.52066291	0.52066291

Πίνακας 15: Σύγκριση σεναρίων 1-3

Με την εφαρμογή αυτής της πολιτικής παρατηρείται σημαντική μείωση του ελλείματος ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών, όπως είναι λογικό. Αυτό οδηγεί σε μείωση του χρέους και αύξηση της ανάπτυξης.

Ολοκληρώνοντας, για την δημιουργία του παραπάνω μοντέλου έγινε αναζήτηση του κατάλληλου εργαλείου που θα μπορούσε να δώσει ρεαλιστικά αποτελέσματα. Σε αυτή τη διαδικασία εξετάστηκαν τα εργαλεία FCMappers, Policy Compass και JFCM (JavaFCM). Διαπιστώθηκε ότι αυτά είναι είτε παρωχημένα, είτε απαιτούν πολύ καλές γνώσεις προγραμματισμού, είτε δεν μπορούν να επεξεργαστούν με ακρίβεια λόγω έλλειψης του πηγαίου κώδικα.

Έτσι προτιμήθηκε να δημιουργηθεί από την αρχή ένα υπολογιστικό φύλλο στο excel. Αυτή η μέθοδος είναι πιο απλουστευμένη και χρήζει περαιτέρω ανάλυσης όσον αφορά στο μαθηματικό υπόβαθρο αλλά και σε επίπεδο οικονομίας. Για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ΑΓΔ απαιτείται ένα πιο σύνθετο εργαλείο λογισμικού.

Παρ' όλα αυτά η παραπάνω ανάλυση δείχνει την αξία που μπορούν να έχουν τα ΑΓΔ στην διαδικασία διαμόρφωσης πολιτικών. Μπορούν να δημιουργηθούν πολλά εναλλακτικά σενάρια και να επιλεχθούν οι απαραίτητες επεμβάσεις που θα οδηγήσουν στα επιθυμητά αποτελέσματα. Η αξιολόγηση των σεναρίων μπορεί να βοηθήσει στην λήψη αποφάσεων αλλά και στην πρόβλεψη των επιπτώσεων που θα έχει η εφαρμογή της πολιτικής.

## Κεφάλαιο 5: Επίλογος

### i) Ανασκόπηση

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αυτής, θα είχε ιδιαίτερη αξία να γίνει αναφορά στους αρχικούς στόχους της εργασίας και στο κατά πόσο αυτοί οι στόχοι επιτεύχθηκαν, στην διαδικασία που ακολουθήθηκε και στις δυσκολίες που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

Στόχος της εργασίας ήταν να αναδειχθεί η αξία των μοντέλων αιτιότητας στην διαμόρφωση των πολιτικών. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει μία καταγραφή των μοντέλων αιτιότητας και τη δημιουργία των απαραίτητων κριτηρίων ώστε αυτά να ταξινομηθούν και να γίνει αντιληπτό το κατά πόσα αυτά τα μοντέλα μπορούν να αξιοποιηθούν από άτομα που δεν έχουν την απαραίτητη εξειδικευμένη γνώση. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μία έρευνα γύρω από τον κύκλο ζωής των πολιτικών και κατά πόσο τα μοντέλα μπορούν να ενσωματωθούν σε αυτόν αξιοποιώντας και τα ανοιχτά δεδομένα. Τέλος, δημιουργήθηκε ένα ασαφές γνωστικό δίκτυο που προσπαθεί να απεικονίσει την ελληνική οικονομία και να παρουσιάσει διάφορα εναλλακτικά σενάρια.

Σε αυτό το σημείο όμως, έχει επίσης αξία να γίνει αναφορά στους παράγοντες οι οποίοι παρακώλυσαν την πορεία αυτής της εργασίας ή σε παράγοντες που αν υπήρχαν θα αύξαναν ακόμα περισσότερο την αξιοπιστία των τελικών μας συμπερασμάτων. Ο λόγος που είναι σημαντικό να γίνουν αυτές οι αναφορές είναι, όχι μόνο για να εντοπιστούν πιθανά αδύναμα σημεία της εργασίας, αλλά κυρίως για να δοθούν και κάποιες χρήσιμες κατευθύνσεις και μελλοντικές προτάσεις που θα ακολουθήσουν.

Το σημαντικότερο γεγονός στο οποίο θα πρέπει να γίνει αναφορά είναι η σαφής έλλειψη εργαλείων λογισμικού για την δημιουργία μοντέλων τα οποία να υποστηρίζονται και να μην είναι παρωχημένα, να προσφέρουν ένα γραφικό περιβάλλον το οποίο να είναι φιλικό προς τον χρήστη και να είναι ελεύθερα προς αξιοποίηση. Άμεση συνέπεια αυτού ήταν να δημιουργηθεί το μοντέλο από το μηδέν, χωρίς να είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί πλήρως η υπάρχουσα γνώση. Επιπλέον, μία ακόμη δυσκολία ήταν πως για την δημιουργία του μοντέλου είναι αναγκαία η πολύ βαθιά γνώση του αντικειμένου που περιγράφει. Για την περιγραφή επομένως την ελληνικής οικονομίας θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί μία εκτεταμένη ανάλυση από οικονομολόγους και να δημιουργηθεί ένα μεγάλο δίκτυο. Σκοπός της εργασίας όμως δεν ήταν να παρουσιάσει μία λύση για το οικονομικό πρόβλημα της Ελλάδας, αλλά να δείξει έναν εναλλακτικό δρόμο για την εύρεση αυτής.

ii) Μελλοντικές προοπτικές

Εν κατακλείδι θα θέλαμε, με υπόβαθρο την ουσιώδη μελέτη που εκπονήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, να προχωρήσουμε σε ορισμένες μελλοντικές προτάσεις που μπορούν να αξιοποιηθούν στα πλαίσια περαιτέρω έρευνας στον τομέα των μοντέλων αιτιότητας. Οι προτάσεις, δεδομένων των συμπερασμάτων που προέκυψαν στο προηγούμενο στάδιο και των δυσκολιών που αναφέρθηκαν, αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα.

Σημαντικότερο κομμάτι περαιτέρω μελέτης αποτελεί η σύγκριση διαφορετικών μοντέλων για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων. Η δυνατότητα δημιουργίας ενός μοντέλου αντιπαραδειγμάτων για την ελληνική οικονομία θα μπορούσε να επιβεβαιώσει ή να απορρίψει τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Τα μοντέλα αντιπαραδειγμάτων αποτελούν ίσως την μοναδική αποδεκτή λύση από όλους για την επιβεβαίωση των σχέσεων αιτιότητας. Στο παράδειγμα της ελληνικής οικονομίας κάτι τέτοιο ίσως να ήταν πολύ δύσκολο, καθώς θα πρέπει να αναζητηθούν οικονομίες παρόμοιες με την ελληνική και να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με την εφαρμογή της πολιτικής και χωρίς την εφαρμογή της πολιτικής. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό όταν εφαρμόζονται πολιτικές σε μικρότερη κλίμακα.

Επιπλέον ένα πολύ σημαντικό κομμάτι για μελλοντική έρευνα είναι η δημιουργία ενός εργαλείου λογισμικού το οποίο θα παρέχει ένα φιλικό περιβάλλον για την δημιουργία ενός ασαφούς γνωστικού δικτύου. Τα περισσότερα μοντέλα αιτιότητας απαιτούν από τον χρήστη να έχει γνώσεις πέρα από τον τομέα εφαρμογής του μοντέλου ώστε να μπορέσει να το κατασκευάσει. Τα ασαφή γνωστικά δίκτυα όμως παρέχουν την δυνατότητα δημιουργίας ενός μοντέλου αιτιότητας με τρόπο απλό. Η δημιουργία ενός εργαλείου λογισμικού θα μπορούσε να αξιοποιηθεί σε κάθε επιστημονικό τομέα.

Τέλος, όπως αναφέρθηκε το ασαφές γνωστικό δίκτυο που κατασκευάστηκε είναι σχετικά απλό για να περιγράψει πλήρως ένα τόσο περίπλοκο ζήτημα όπως είναι η ελληνική οικονομία. Η δημιουργία ενός δικτύου μέσω της συνεργασίας ατόμων με γνώση πάνω στα μοντέλα αιτιότητας και οικονομολόγων θα περιλάμβανε πολλούς περισσότερους κόμβους και θα είχε προκύψει από μια εκτενέστερη οικονομική ανάλυση, καθιστώντας το ως ένα εργαλείο με άμεση πρακτική εφαρμογή.

## Βιβλιογραφία

3ie. (n.d.). *Principles for Impact Evaluation*.

Acar, W., & Druckenmiller, D. (2006). Endowing cognitive mapping with computational properties for strategic analysis. *Futures*, 38(8), 993–1009. <http://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.018>

Alcamo, J. (2001). *Scenarios as tools for international environmental assessments. Environmental issue report*. Retrieved from [http://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_24/issue\\_report\\_no\\_24.pdf](http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_24/issue_report_no_24.pdf)

Anthony, K. D. (2006). Introduction to Causal Modeling , Bayesian Theory and Major Bayesian Modeling Tools for the Intelligence Analyst. *European Journal Of Operational Research*, 1–31.

Breitung, J., & Swanson, N. R. (2002). Temporal aggregation and spurious instantaneous causality in multiple time series models. *Journal of Time Series Analysis*, 23(6), 651–665. <http://doi.org/10.1111/1467-9892.00284>

Buchatskaya, V., Buchatsky, P., & Teploukhov, S. (2015). Forecasting Methods Classification and its Applicability. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(November). <http://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i>

Campbell, S., & Harper, G. (2012). *Quality in policy impact evaluation* :

Carvalho, J. P., & Tome, J. A. B. (2009). Rule Based Fuzzy Cognitive Maps in Socio-Economic Systems, 1821–1826.

Chian, A. C.-L. (2007). *Complex Systems Approach to Economic Dynamics* (Vol. 592). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-540-39753-3>

Cumming, G., Peterson, G. D., Carpenter, S. R., Pingali, P. L., Bennett, E. M., & Zurek, M. B. (2005). Ecology in Global Scenarios. *Millennium Ecosystem Assessment : Scenarios*, (August 2014), 45–69. Retrieved from [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=Q6jUX\\_BgWpIC&oi=fnd&pg=PA45&dq=Ecology+in+Global+Scenarios&ots=QJptT8P07H&sig=b6TJxAVhmqw8OBXYG4Ug1Ov9fBo](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=Q6jUX_BgWpIC&oi=fnd&pg=PA45&dq=Ecology+in+Global+Scenarios&ots=QJptT8P07H&sig=b6TJxAVhmqw8OBXYG4Ug1Ov9fBo)

DELOITTE, A. L. (2012). Open data Driving growth, ingenuity and innovation, 36.

Dickerson, J. A., & Kosko, B. (1994). Virtual Worlds as Fuzzy Cognitive Maps. *Presence*. <http://doi.org/10.1109/VRAIS.1993.380742>

Dunn, W. (2015). Forecasting Expected Policy Outcomes. In *Public Policy Analysis* (pp. 145–155).

Elwert, F. (2013). Handbook of Causal Analysis for Social Research. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-6094-3>

Farid, A. L., Glikman, Y., Gordon, T. F., Löhe, M., Kirstein, F., Meyer, A., ... Mouzakitis, S. (2015). D2. 2-- Policy Compass Architecture Year 2. *EU Project "Policy Compass, (Ccc)*.

Friston, K. J., Harrison, L., & Penny, W. (2003). Dynamic causal modelling. *NeuroImage*, 19(4), 1273–1302. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00202-7](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00202-7)

Goodwin, P., & Wright, G. (2004). *Decision Analysis for Management Judgment*. John Wiley & Sons.

- Gopnik, A., & Schulz, L. (2007). Causal Bayes Nets for Dummies, The Psychology of Causal Inference for Nerds - A Correspondence. *Causal Learning: Psychology, Philosophy, and Computation*.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424–438. <http://doi.org/10.2307/1912791>
- Granger, C. W. J. (1980). Testing for causality. A personal viewpoint. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2(C), 329–352. [http://doi.org/10.1016/0165-1889\(80\)90069-X](http://doi.org/10.1016/0165-1889(80)90069-X)
- Halanay, A., & Samuel, J. (1997). *Differential Equations, Discrete Systems and Control* (Vol. 3). Dordrecht: Springer Netherlands. <http://doi.org/10.1007/978-94-015-8915-4>
- Haynes, L., & Goldacre, B. (n.d.). Test , Learn , Adapt : Randomised Controlled Trials.
- Hicks, J. (1979). *Causality in economics*. Basic Books. Retrieved from <https://books.google.gr/books?id=nsbrAAAAMAAJ>
- HM Treasury. (2003). The Green Book : Appraisal and Evaluation in Central Government. *Evaluation*, (October 2002), 118. <http://doi.org/http://greenbook.treasury.gov.uk/index.htm>
- Hood, W., & Koopmans. (1953). *Studies in Econometric Methods*. Yale University Press, Cowles Com.
- Hoover, K. D. (2008). Causality in Economics and Econometrics. *The New Palgrave Dictionary of Economics*, (June). <http://doi.org/10.2139/ssrn.930739>
- Imbens, G. W., & Rubin, D. B. (2012). *Causal Inference for Statistics, Social, and Biomedical Sciences: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9781139025751>
- Kassen, M. (2013). A promising phenomenon of open data: A case study of the Chicago open data project. *Government Information Quarterly*, 30(4), 508–513. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.giq.2013.05.012>
- Khandker, S.R., Koolwal, G.B., Samad, H. A. (2010). *Handbook on impact evaluation. Quantitative methods and practices*. Washington D.C. Retrieved from [http://dspace.khazar.org/jspui/bitstream/123456789/2771/1/handbook on impact evaluation.pdf](http://dspace.khazar.org/jspui/bitstream/123456789/2771/1/handbook%20on%20impact%20evaluation.pdf)
- Khor, S. W., & Khan, M. S. (2003). Scenario Planning Using Fuzzy Cognitive Maps. *Proc. ANZIS2003 8th Australian and New Zealand ...*, 311–316.
- Komito, L. (2005). e-Participation and Governance : Widening the net. *Electronic Journal of E-Government*, 3(1), 39–48.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), 65–75. [http://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](http://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)
- Lampathaki, F., Charalabidis, Y., Passas, S., Osimo, D., Bicking, M., Wimmer, M. A., & Askounis, D. (2010). Defining a Taxonomy for Research Areas on ICT for Governance and Policy Modelling. In M. A. Wimmer, J.-L. Chappelet, M. Janssen, & H. J. Scholl (Eds.), *Electronic Government: 9th IFIP WG 8.5 International Conference, EGOV 2010, Lausanne, Switzerland, August 29 - September 2, 2010. Proceedings* (pp. 61–72). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/978-3-642-14799-9\\_6](http://doi.org/10.1007/978-3-642-14799-9_6)
- Larsson, A., & Ibrahim, O. (2015). Modeling for policy formulation: Causal mapping, scenario generation, and decision evaluation. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in*

- Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*) (Vol. 9249, pp. 135–146).  
[http://doi.org/10.1007/978-3-319-22500-5\\_11](http://doi.org/10.1007/978-3-319-22500-5_11)
- Lee, S.-Y. (2007). *Structural Equation Modeling*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.  
<http://doi.org/10.1002/9780470024737>
- Linders, D. (2013). Towards open development: Leveraging open data to improve the planning and coordination of international aid. *Government Information Quarterly*, 30(4), 426–434.  
<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.giq.2013.04.001>
- Macintosh, A. (2009). European eParticipation Summary Report. *European Commission - Information Society and Media DG*, 30. Retrieved from [http://europa.eu/information\\_society](http://europa.eu/information_society)
- Macintosh, A., & Whyte, A. (2006). Evaluating how eParticipation changes local democracy. *Communication*, 6(Macintosh 2004), 1–16. Retrieved from  
[http://74.125.155.132/scholar?q=cache:VrnjOV3rnxMJ:scholar.google.com/+whyte+a+macintosh&hl=en&as\\_sdt=2000](http://74.125.155.132/scholar?q=cache:VrnjOV3rnxMJ:scholar.google.com/+whyte+a+macintosh&hl=en&as_sdt=2000)
- Manyika, J., Chui, M., Groves, P., Farrell, D., Van Kuiken, S., & Doshi, E. A. (2013). Open Data: Unlocking Innovation and Performance with Liquid Information. *McKinsey*, (October), 24.  
[http://doi.org/http://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/Insights/Business%20Technology/Open%20data%20Unlocking%20innovation%20and%20performance%20with%20liquid%20information/MGI\\_Open\\_data\\_Full\\_report\\_Oct\\_2013.ashx](http://doi.org/http://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/Insights/Business%20Technology/Open%20data%20Unlocking%20innovation%20and%20performance%20with%20liquid%20information/MGI_Open_data_Full_report_Oct_2013.ashx)
- Mazlack, L. (2009). Representing Causality Using Fuzzy Cognitive Maps. *Fuzzy Information Processing Society, 2009*. .... <http://doi.org/10.1109/NAFIPS.2009.5156434>
- Montibeller, G., & Belton, V. (2006). Causal maps and the evaluation of decision options - a review. *Journal of the Operational Research Society*, 57(7), 779–791.  
<http://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602214>
- Nadkarni, S., & Shenoy, P. P. (2001). Bayesian network approach to making inferences in causal maps. *European Journal of Operational Research*, 128(3), 479–498. [http://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00368-9](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00368-9)
- Nadkarni, S., & Shenoy, P. P. (2004). A causal mapping approach to constructing Bayesian networks. *Decision Support Systems*, 38(2), 259–281. [http://doi.org/10.1016/S0167-9236\(03\)00095-2](http://doi.org/10.1016/S0167-9236(03)00095-2)
- OECD. (2007). OECD Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding.
- Papageorgiou, E. I. (2013). Review Study on Fuzzy Cognitive Maps and Their Applications during the Last Decade, (1998), 281–298. [http://doi.org/10.1007/978-3-642-28409-0\\_11](http://doi.org/10.1007/978-3-642-28409-0_11)
- Papageorgiou, E. I., & Stylios, C. D. (2008). Fuzzy Cognitive Maps. *Handbook of Granular Computing*, 755–774. <http://doi.org/10.1002/9780470724163.ch34>
- Pearl, J. (1985). Bayesian Networks A Model of Self-Activated Memory for Evidential Reasoning. *Proceedings of the 7th Conference of the Cognitive Science Society*. <http://doi.org/citeulike-article-id:3847802>
- Pearl, J. (2000). Causality, 1–386. <http://doi.org/citeulike-article-id:3888442>
- Pearl, J. (2009). Causal inference in statistics: An overview. *Statistics Surveys*, 3(0), 96–146.  
<http://doi.org/10.1214/09-SS057>



- Pearl, J. (2012). The Causal Foundations of Structural Equation Modeling, (June), 68–91.
- Rosenbaum, B. Y. P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects, *70*(1), 41–55.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1984). Reducing Bias in Observational Studies Using Subclassification on the Propensity Score, *79*(387), 516–524.
- Russo, F. (2009). *Causality and Causal Modelling in the Social Sciences. Causality and Causal Modelling in the Social Sciences*. <http://doi.org/10.1007/978-1-4020-8817-9>
- Salmeron, J. L., & Froelich, W. (2016). Dynamic optimization of fuzzy cognitive maps for time series forecasting. *Knowledge-Based Systems, 105*, 29–37. <http://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.04.023>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling*. <http://doi.org/10.1002/9781118133880.hop202023>
- Scott, J., & Marshall, G. (n.d.). A Dictionary of Sociology. Oxford University Press. Retrieved from [//www.oxfordreference.com/10.1093/acref/9780199533008.001.0001/acref-9780199533008](http://www.oxfordreference.com/10.1093/acref/9780199533008.001.0001/acref-9780199533008)
- Scriven, M. (2008). A Summative Evaluation of RCT Methodology: & An Alternative Approach to Causal Research, *5*(9), 11–24.
- Sekhon, J. S. (2008). The Neyman-Rubin Model of Causal Inference and Estimation Via Matching Methods. *The Oxford Handbook of Political Methodology*. <http://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286546.003.0011>
- Simon, H. (1953). Causal Ordering and Identifiability. *Studies in Econometric Method*. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-9521-1\\_5](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-9521-1_5)
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica*. <http://doi.org/10.2307/1912017>
- Smith, R. M. (2011). *Multilevel Modeling of Social Problems. A Causal Perspective*.
- Stephan, K. E., Harrison, L. M., Kiebel, S. J., David, O., Penny, W. D., & Friston, K. J. (2007). Dynamic causal models of neural system dynamics: current state and future extensions. *Journal of Biosciences, 32*(1), 129–144. <http://doi.org/10.1007/s12038-007-0012-5>
- Stylios, C. D., Georgopoulos, V. C., & Groumpos, P. P. (n.d.). THE USE OF FUZZY COGNITIVE MAPS IN MODELING SYSTEMS.
- Sutcliffe, S., & Court, J. (2005). Evidence-Based Policymaking : What is it ? How does it work ? What relevance for developing countries ? *Young*, (November), 1–50. Retrieved from Institute. Consult? en ligne au : <http://www.odi.org.uk/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/3683.pdf>
- Tejay, G., Dhillon, G., & Chin, A. (2006). Data quality dimensions for information systems security: A theoretical exposition. *Security Management, Integrity, and Internal Control in ...*, (1995). Retrieved from [/citations?view\\_op=view\\_citation&continue=/scholar?hl=it&start=10&as\\_sdt=0,5&scilib=1&citilm=1&citation\\_for\\_view=1DBVPZUAAAAJ:Wp0glr-vW9MC&hl=it&oi=p](http://www.elsevier.com/locate/S0167404806000000)
- Todd, P. E., & Wolpin, K. I. (2008). Ex Ante Evaluation of Social Programs.
- United Nations, E. O. (n.d.). Handbook on Monitoring and Evaluating for Results.

- VanLandingham, G. (2014). Evidence-Based policymaking: A guide for effective government. *MacArthur Foundation*, 30. Retrieved from <http://www.pewtrusts.org/es/research-and-analysis/reports/2014/11/evidence-based-policymaking-a-guide-for-effective-government>
- Walker, W. E. (1982). Models in the Policy Process: Past, Present, and Future. *Interfaces*, 12(5), 91–100. <http://doi.org/10.1287/inte.12.5.91>
- Wellstead, A., & Stedman, R. (2015). Mainstreaming and Beyond : Policy Capacity and Climate Change Decision- - Making. *Michigan Journal of Sustainability*, 3, 47–63. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.3998/mjs.12333712.0003.003>
- White, H. (2009). Theory-Based Impact Evaluation : Principles and Practice, (June).
- Woller, G., & Downing, J. (2007a). CAUSAL MODELS AS A USEFUL PROGRAM MANAGEMENT TOOL : CASE STUDY OF PROFIT ZAMBIA CAUSAL MODELS AS A USEFUL PROGRAM MANAGEMENT TOOL :, (October).
- Woller, G., & Downing, J. (2007b). DEVELOPING A CAUSAL MODEL FOR PRIVATE SECTOR DEVELOPMENT PROGRAMS PRIVATE SECTOR DEVELOPMENT, (January).
- Zellner, A. (1979). Causality and econometrics. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 10, 9–54. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0167-2231\(79\)90002-2](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0167-2231(79)90002-2)
- Zombanakis, G., & Mateou, N. (2013). Fuzzy cognitive maps face the question of the Greek current account de cit sustainability, (47061).