



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

## Εφαρμογή Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων στην Ακουστική Υγεία

Παναγιώτης Σ. Κατρακάζας

Αθήνα, Ιανουάριος 2020





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

## Εφαρμογή Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων στην Ακουστική Υγεία

Παναγιώτης Σ. Κατρακάζας

Συμβουλευτική Επιτροπή : Δημήτριος Κουτσούρης  
Κωνσταντίνα Νικήτα  
Αθανάσιος Μπίμπας

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή την 13 Ιανουαρίου 2020.

.....  
Δημήτριος Κουτσούρης  
Επιβλέπων, Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Κωνσταντίνα Νικήτα  
Καθηγήτρια ΕΜΠ

.....  
Αθανάσιος Μπίμπας  
Αν. Καθηγητής ΕΚΠΑ

.....  
Γεώργιος Ματσόπουλος  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Κωνσταντίνος Παστιάδης  
Αν. Καθηγητής ΑΠΘ

.....  
Παναγιώτης Τσανάκας  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Ανδριάνα Πρέντζα  
Καθηγήτρια ΠΑΠΕΙ

Αθήνα, Ιανουάριος 2020

.....

Παναγιώτης Σ. Κατρακάζας

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

Copyright © Παναγιώτης Σ. Κατρακάζας

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.

## Πίνακας Περιεχομένων

Ευρετήριο Εικόνων.....	8
Ευρετήριο Πινάκων.....	10
Ευχαριστίες.....	11
Περίληψη.....	13
Abstract.....	15
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	17
1.1 Συνοπτική Παρουσίαση Ερευνητικού Θέματος.....	17
1.2 Ερευνητικό Ερώτημα.....	20
1.3 Μεθοδολογία και Διάρθρωση Διδακτορικής Διατριβής.....	21
1.4 Προστιθέμενη Αξία Διδακτορικής Διατριβής.....	22
Κεφάλαιο 2 Γενικευμένη Θεωρία Συστημάτων.....	24
2.1 Εισαγωγή.....	25
2.2 Συστημική προσέγγιση.....	28
2.3 Επίλυση προβλημάτων.....	29
2.4 Η έννοια του Γενικού Συστήματος.....	33
2.4.1 Η έννοια του Συστήματος.....	35
2.4.2 Ιστορική Αναδρομή.....	36
2.5 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση σχετικά με την Εφαρμογή της Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων στο Χώρο της Υγείας.....	39
2.5.1 Αφορμή Ανασκόπησης.....	39
2.5.2 Στόχοι και Ερευνητικό Ερώτημα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης.....	40
2.5.3 Μεθοδολογία.....	40
2.5.4 Επιλογή και χαρακτηριστικά ερευνών.....	41
2.5.5 Συνθετικά ευρήματα.....	52
2.5.6 Συζήτηση Ανασκόπησης.....	55
2.5.6 Συμπεράσματα Ανασκόπησης.....	57
2.5.7 Περιορισμοί Ανασκόπησης.....	58
Κεφάλαιο 3 Μαθηματικό και Διαγραμματικό Υπόβαθρο Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων.....	60
3.1 Μαθηματικό Υπόβαθρο και Έννοιες.....	60

Δομές .....	60
L-ασαφή συστήματα .....	61
G-συστήματα .....	62
Η έννοια του Χρόνου .....	63
Εισροή, Διαταραχή και Εκροή Συστήματος .....	64
Σύστημα Εισροής-Εκροής.....	65
Ομομορφισμός Συστήματος .....	65
Χρονικό Σύστημα.....	66
Ελεγκσιμότητα Συστημάτων.....	66
Συστήματα Μονής Σχέσης.....	67
Γραμμικά Συστήματα .....	68
Σύστημα Ανάδρασης.....	70
3.2 Απεικόνιση Συστημάτων και της Συμπεριφοράς τους στο Χρόνο .....	73
Κεφάλαιο 4 Περιπτωσιολογικές Μελέτες .....	91
4.1 Εισαγωγή.....	91
4.2 Περίπτωση: Ισομορφισμός Ακουστικού και Δομοστατικού συστήματος.....	93
4.2.1 Πολυπαραγοντική Προσέγγιση Δομοστατικού Συστήματος .....	95
4.2.2 Πολύ-παραγοντική Προσέγγιση Απώλειας Ακοής .....	96
4.3 Περίπτωση: Ανιχνευτικός Έλεγχος Ακοής .....	107
4.4 Περίπτωση: Ελληνικό Κέντρο Ψυχικής Υγείας και Έρευνας.....	119
4.4.1 Εισαγωγή .....	119
4.4.2 Σημερινή κατάσταση Υπηρεσιών Ψυχικής Υγειονομικής Φροντίδας.....	119
4.4.3 Η ΓΘΣ και το Βιοψυχοκοινωνικό Μοντέλο στην Ψυχική Υγεία .....	120
4.4.4 Η περίπτωση του ΕΚΕΨΥΕ .....	120
4.4.5 Υπολογισμός πλαισίου ΓΘΣ για το ΕΚΕΨΥΕ.....	124
4.4.6 Συζήτηση Περίπτωσης .....	128
Κεφάλαιο 5 Εφαρμογή και Υλοποίηση Γενικευμένου Μοντέλου Προσομοίωσης.....	131
5.1 Εισαγωγή.....	131
5.2 Ενδεικτικά Παραδείγματα Εφαρμογών ΓΘΣ σε άλλους χώρους.....	132
5.3 Στοιχεία από το μικρο-επίπεδο (Περιφερειακή Ενότητα Λέσβου, Ελλάδα) .....	137
5.4 Στοιχεία από το μέσο-επίπεδο (Δήμος του Pazardzhik, Βουλγαρία).....	140
5.5 Στοιχεία από το μακρο-επίπεδο (Χώρα της Πολωνίας) .....	146

5.4 Υλοποίηση Εφαρμογής .....	152
5.4.1 Ορισμός Μεταβλητών, Παραμέτρων και Πλαισίου Λειτουργίας .....	152
5.4.2 Βήματα Προσομοίωσης .....	156
5.4.3 Σενάρια Προσομοίωσης .....	158
5.5 Συζήτηση .....	167
6 Κύρια Ευρήματα και Μελλοντικές Κατευθύνσεις .....	171
6.1 Εισαγωγή .....	171
6.2 Κύρια Ευρήματα .....	172
6.3 Μελλοντικές Κατευθύνσεις .....	173
Παράρτημα .....	175
Βιβλιογραφικές Αναφορές .....	187
Κατάλογος Δημοσιεύσεων .....	200
Α. Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές .....	200
Β. Δημοσιεύσεις σε πρακτικά συνεδρίων .....	200

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Μεθοδολογία Διδακτορικής Διατριβής .....	20
Εικόνα 2 Προσέγγιση Γενικής Συστημολογίας.....	26
Εικόνα 3 Οπτική αναπαράσταση της Ινδικής Παραβολής των τυφλών και του ελέφанта .....	31
Εικόνα 4 Συνολική Εικόνα Συστήματος [17] .....	31
Εικόνα 5 Διάγραμμα ροής για την επιλογή των δημοσιεύσεων .....	42
Εικόνα 6 Ομομορφισμός μεταξύ δυο συστημάτων .....	66
Εικόνα 7 Το $D$ είναι ελκυστής του $S$ και το $S(x)$ περιέχει ένα τουλάχιστον στοιχείο για κάθε $x$ που ανήκει στο $Z-D$ .....	68
Εικόνα 8 Το $D$ είναι ελκυστής του $S$ και το $S$ είναι μια συνάρτηση σε όλο το $Z$ .....	68
Εικόνα 9 Δομή ενός Συστήματος Ανάδρασης .....	71
Εικόνα 10 Δομή ενός Γενικευμένου Συστήματος Ανάδρασης.....	72
Εικόνα 11 Απεικόνιση Ροών, Αποθεμάτων και Δοσομετρητών.....	73
Εικόνα 12 Ακαθάριστος Ρυθμός Γεννήσεων ανά 1000 άτομα στην Ελλάδα για το 1960- 2017 .....	74
Εικόνα 13 Μεθοδολογία Προσέγγισης Μοντέλων Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων ..	75
Εικόνα 14 Ακαθάριστος Αριθμός Θανάτων ανά 1000 άτομα στην Ελλάδα για το 1960- 2017 .....	77
Εικόνα 15 Πληθυσμός Ελλάδος για το διάστημα 1960-2017.....	78
Εικόνα 16 Διαγράμματα Συστημάτων με Ανατροφοδότηση .....	80
Εικόνα 17 Εξισορροπητικός Βρόχος Ανατροφοδότησης .....	81
Εικόνα 18 Ενισχυτικός Βρόχος Ανατροφοδότησης.....	81
Εικόνα 19 Σύστημα πληθυσμού που διέπεται από έναν ενισχυτικό βρόχο γεννήσεων και έναν εξισορροπητικό βρόχο θανάτων. ....	82
Εικόνα 20 Τύποι Συστημάτων.....	84
Εικόνα 21 Σημεία Ισομορφισμού Συστημάτων Αυτιού και Γέφυρας.....	97
Εικόνα 22 Μίκρο, Μέσο και Μάκρο Επίπεδο Προσέγγισης Δεδομένων στο Χώρο της Ακουστικής Υγείας.....	100
Εικόνα 23 Διαχρονικά Μεταβαλλόμενο Πλαίσιο ΓΘΣ στην Ακουστική Υγεία .....	101
Εικόνα 24 Χρονικά Σημεία Αναφοράς Παραδείγματος.....	103
Εικόνα 25 Ενδεικτική χρονοσειρά ανάλυσης των αλλαγών που συντελούνται εντός του προτεινόμενου γενικού συστήματος για αναγνώριση της φύσεως των συστημικών φαινομένων.....	105
Εικόνα 26 Αρχική Προσέγγιση ενός Γενικευμένου Συστήματος Ανιχνευτικών Εξετάσεων Ακοής .....	111
Εικόνα 27 Τροποποιημένο Γενικευμένο Σύστημα Διαχείρισης Ανιχνευτικών Εξετάσεων Ακοής .....	116
Εικόνα 28 Επέκταση του Γενικού Συστήματος Ανίχνευσης Απώλειας Ακοής σε διάφορα χρονικά στιγμιότυπα στη ζωή ενός ανθρώπου .....	117
Εικόνα 29 Δημοτικά Διαμερίσματα Δήμου Αθηναίων.....	123
Εικόνα 30 Φυσιολογική Λειτουργία Συστήματος ΕΚΕΨΥΕ.....	127
Εικόνα 31 Λειτουργία Συστήματος ΕΚΕΨΥΕ σε ακραία συνθήκη εισαγωγής περιστατικών .....	127



Εικόνα 32 Πρόταση Συστημικής Σκέψης στην Αξιολόγηση Βιολογικών Συστημάτων [144].....	134
Εικόνα 33 Εφαρμογή Συστημικής Σκέψης για τον Έλεγχο Αγωγών Αερίου [149].....	135
Εικόνα 34 Εφαρμογή Συστημικής Σκέψης στη Δημόσια Πολιτική [152] .....	136
Εικόνα 35 Εφαρμογή Συστημικής Σκέψης στη Συμμόρφωση Φαρμάκων Διαβήτη [157]	137
Εικόνα 36 Κατανομή Ιατρικών Κέντρων και Νοσοκομείου στο νησί της Λέσβου .....	138
Εικόνα 37 Γενικευμένο Σύστημα Μετακίνησης Νεογνικού Πληθυσμού στη Λέσβο .....	140
Εικόνα 38 Δήμος Pazardzhik, Βουλγαρία.....	143
Εικόνα 39 Στιγμιότυπο Συστήματος Καθολικού Νεογνικού Ελέγχου Ακοής της Πολωνίας για το 2019.....	151
Εικόνα 40 Ηλικιακή Κατανομή Ελληνικού Πληθυσμού για το 2020 .....	153
Εικόνα 41 Κατανομή Εισοδήματος ανά χιλιάδες κατοίκους σε Ευρωπαϊκές χώρες [166] .....	154
Εικόνα 42 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Σεναρίου 1.....	161
Εικόνα 43 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Σεναρίου 2.....	162
Εικόνα 44 Στατιστικά Μετακίνησης Πληθυσμών για το Σενάριο Προσομοίωσης 1.....	163
Εικόνα 45 Αριθμός Αναγνωρισμένων Περιστατικών Σεναρίου Προσομοίωσης 1.....	163
Εικόνα 46 SWOT ανάλυση γενικευμένου μοντέλου προσομοίωσης.....	169
Εικόνα 47 Κατανομή ετήσιου εισοδήματος πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2 .....	180
Εικόνα 48 Κατανομή πολιτισμικών χαρακτηριστικών πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2.....	181
Εικόνα 49 Κατανομή εθνικών χαρακτηριστικών πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2.....	182
Εικόνα 50 Κατανομή επίδρασης νομοθεσίας στον πληθυσμό του Σεναρίου Προσομοίωσης 2.....	183
Εικόνα 51 Κατανομή ασφαλιστικής κάλυψης του πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2.....	184
Εικόνα 52 Κατανομή επίδρασης οικονομικής κατάστασης του πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2.....	185
Εικόνα 53 Κατανομή καταστάσεων πληθυσμού Σεναρίου Προσομοίωσης 3 .....	186
Εικόνα 54 Κατανομή καταστάσεων πληθυσμού Σεναρίου Προσομοίωσης 4.....	186
Εικόνα 55 Κατανομή καταστάσεων πληθυσμού Σεναρίου Προσομοίωσης 5 .....	186

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση ερευνών .....	52
Πίνακας 2 Δυϊκό Παράδειγμα Αναλογιών Ακουστικού Συστήματος και Συστήματος Γέφυρας .....	94
Πίνακας 3 Δείκτες Επιπτώσεων μιας Προσέγγισης ΓΘΣ στο χώρο της ακουστικής υγείας .....	106
Πίνακας 4 Ορισμός συνόλων και παραδείγματα από τη διεθνή βιβλιογραφία.....	110
Πίνακας 5 Εξισώσεις Κατάστασης Γενικευμένου Συστήματος ΕΚΕΨΥΕ.....	125
Πίνακας 6 Ονοματολογία για τον Πίνακα 5 .....	125
Πίνακας 7 Συνολικό κόστος (€) Νεογνικού Ελέγχου Ακοής (2015-2017) σε έξι Ιατρικά κέντρα στον δήμο Razardzhik, Βουλγαρία .....	142
Πίνακας 8 Συνολικό κόστος (€) Νεογνικού Ελέγχου Ακοής (2015-2017) σε έξι Ιατρικά κέντρα στον δήμο Razardzhik, Βουλγαρία .....	142
Πίνακας 9 Γεννήσεις για τον δήμο Razardzhik, Βουλγαρία τα έτη 2015-2018 .....	144
Πίνακας 10 Στατιστικά Νεογνικού Έλεγχου Ακοής (2002-2013) στην Πολωνία.....	147
Πίνακας 11 Στατιστικά Νεογνικού Έλεγχου Ακοής (2014-2019 και συνολικά) στην Πολωνία.....	149
Πίνακας 12 Γενικευμένες Εξισώσεις Κατάστασης Νεογνικού Πληθυσμού Πολωνίας για το 2019 .....	151
Πίνακας 13 Ονοματολογία Πίνακα 12.....	152
Πίνακας 14 Παράμετροι Προσομοίωσης και Κατανομές βάσει Παραδειγματικών Πηγών .....	154
Πίνακας 15 Ορισμός Δεικτών Προσομοίωσης για Δημιουργία Πληθυσμού.....	157
Πίνακας 16 Μεταβλητές και Αλληλεξαρτήσεις Ιατρικού Πλαισίου Συστήματος .....	157
Πίνακας 17 Σενάρια Προσομοίωσης .....	159
Πίνακας 18 Σενάρια Προσομοίωσης .....	160
Πίνακας 19 Πορεία βρέφους 242 στο σύστημα.....	164
Πίνακας 20 Συνολικός αριθμός Μετάβασης Διαγνωσμένων Περιστατικών Σεναρίου 2	165
Πίνακας 21 Αποτελέσματα Περιστατικών Προσομοίωσης Σεναρίων 3, 4 και 5 .....	166
Πίνακας 22 Αποτελέσματα Δημιουργίας Προσομοιωμένου Πληθυσμού (Σενάριο 1) ....	175
Πίνακας 23 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Μετακίνησης Πληθυσμών (Σενάριο 1) .....	178
Πίνακας 24 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Μετακίνησης Πληθυσμών (Σενάριο 2) .....	179
Πίνακας 25 Συνέχεια Πίνακα 24 .....	179

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Καθηγητή κ. Δημήτριο Κουτσούρη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ξεκινήσω και να ολοκληρώσω την διδακτορική μου διατριβή, καθώς επίσης και για την ενθάρρυνση, την καθοδήγηση και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής μου προσπάθειας.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αθανάσιο Μπίμπα για τις καθ' όλα εποικοδομητικές συζητήσεις και συμβουλές του σχετικά με την κατεύθυνση και εφαρμογή του θέματος της διδακτορικής διατριβής στο χώρο της ακουστικής υγείας, αλλά και για την εξαιρετική συνεργασία μας σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης του διδακτορικού μου.

Εξέχοντα ρόλο στη σύλληψη της ιδέας, στην εισαγωγή στον κόσμο της γενικευμένης θεωρίας συστημάτων και στην δημιουργική “αμφισβήτηση” της προσέγγισης που πραγματεύεται η διατριβή μου, είχε ο Αναπληρωτής Καθηγητής κ. Κωνσταντίνος Πασιτιάδης, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Καθηγητή κ. Γιώργο Ματσόπουλο για τις συζητήσεις και την αγαστή συνεργασία μας, καθώς και για τη συμμετοχή του στην Πενταμελή Εξεταστική Επιτροπή της διατριβής μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης την Καθηγήτρια κ. Νικήτα για την βοήθεια που μου προσέφερε σε ό,τι χρειάστηκε, καθώς και για τη συμμετοχή της στην Τριμελή Συμβουλευτική Επιτροπή της διατριβής μου. Ευχαριστώ επίσης την Καθηγήτρια κ. Πρέντζα και τον Καθηγητή κ. Τσανάκα για τη συμμετοχή τους στην Επταμελή Εξεταστική Επιτροπή και τη συμβολή τους στην επιτυχή περάτωση της διδακτορικής διατριβής μου.

Ευχαριστώ ιδιαιτέρως τον Ομότιμο Καθηγητή κ. Γεώργιο Κανελλαΐδη για την συμβολή και τις διορθώσεις του στο παράδειγμα ισομορφισμού του ακουστικού συστήματος με το σύστημα της γέφυρας, αλλά και για τις συνολικές συμβουλές του σχετικά με τη συγγραφή του κειμένου και την επιστημονική του προσέγγιση.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω την παιδίατρο κ. Χριστίνα Μόσχου, την γιατρό κ. Αθανασία Παπαγιάννη και τον γιατρό κ. Κωνσταντίνο Πλούκο για τη συνεργασία μας και την παροχή πληροφοριών σχετικά με τον νεογνικό έλεγχο ακοής στο νησί της Λέσβου. Ευχαριστώ επίσης την κ. Lyubon Trenkova του δήμου Pazardzhik για τις πληροφορίες που προσέφερε σχετικά με το δήμο και τα προγράμματα νεογνικού ελέγχου ακοής στη Βουλγαρία. Ευχαριστώ επίσης τις καθηγήτριες Mariola Sliwiska Kowalska (Nofer Institute of Occupational Medicine) και την γιατρό Grażyna Greczka (Department of Otolaryngology and Otolaryngological Oncology, Medical University in Poznan) για τα στοιχεία νεογνικού ελέγχου ακοής στην Πολωνία.

Οφείλω ένα ευχαριστώ στην κ. Μαρία Φριτάκη για τις συμβουλές και την βοήθειά τους στη συλλογή στοιχείων και πληροφοριών από τον ιδιωτικό τομέα, καθώς και στον κ. Pedro Fidalgo (Instituto de Informática, IP) για τις τροποποιήσεις και τη συμβολή του στην εφαρμογή της προσομοίωσης. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στην κ. Αγγελική Κουρή για την υποστήριξή της και κυρίως για την διαύγεια που μου προσέδωσαν οι συζητήσεις μας τον τελευταίο χρόνο διεκπεραίωσης αυτής της διατριβής. Η συμβολή της ήταν παραπάνω από ωφέλιμη σε προσωπικό, και όχι μόνο, επίπεδο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους και τα μέλη του εργαστηρίου για τη συνεργασία μας και τη συνεχή τους υποστήριξη: την Βασιλεία, τον Βασίλη, την Βιβή, την Γιάννα, τον Γιάννη, τον Γιώργο, την Ελευθερία, τον Θάνο, την Θέλμα, τον Κυριάκο, την Μαριλένα, τον Μάριο, τον Μιχάλη, την Ράνια, την Ρανώ, την Ολυμπία, τον Πασχάλη, τον Πέτρο και την Πηνελόπη, αλλά και τον Κώστα που “έφυγε” νωρίτερα από κοντά μας.

Ευχαριστώ την Αρετή, για τη συμβολή της στο λογοτεχνικό κομμάτι και τις συζητήσεις μας, την Τάνια για τις μεταφράσεις από και προς τα αγγλικά και την υπομονή της όσο δούλευα, αλλά και τους Γιώργο, Νίκο και Λουκά για όλες τις συζητήσεις και την συμπαράστασή τους καθ’ όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή δε θα είχε ολοκληρωθεί αν σε όλη αυτήν την πεντάχρονη πορεία μου δεν είχα δίπλα μου την οικογένειά μου. Ήταν μια δύσκολη περίοδος, ειδικά προς το τέλος της, που δοκίμασα τις αντοχές όλων τους και θα ήταν άδικο να μην τους αναγνωρίσω.

Θέλω να ευχαριστήσω αρχικά τις γιαγιάδες μου, Ισμήνη και Μεταξία, που ήταν πάντα στο πλευρό μου και, παρόλο που ήταν “ακαταλαβίστικα” αυτά που τους έλεγα για το διδακτορικό, είχαν πάντα ένα καλό λόγο να μου πουν και να με στηρίξουν.

Ευχαριστώ επιπλέον τον αδερφό μου Χρήστο, για τις διορθώσεις και τις συμβουλές που μου έδωσε καθ’ όλη τη διάρκεια συγγραφής των κεφαλαίων της παρούσας διατριβής.

Ολοκληρώνοντας, οφείλω τα πάντα (και ένα ευχαριστώ δεν μπορεί ίσως να το καλύψει αυτό) στους γονείς μου, που άντεξαν και ακόμα αντέχουν “το αγύριστο κεφάλι μου” και είναι άγρυπνοι αρωγοί σε ό,τι κάνω. Χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσα να είμαι αυτός που είμαι σήμερα.

Ξεχωριστά λοιπόν, ευχαριστώ τον πατέρα μου Σάββα, ο οποίος μέχρι τελευταία στιγμή έτρεξε, πήρε τηλέφωνα, ρώτησε και με βοήθησε όπως μπορούσε και ήταν πάντα στο πλευρό μου, να ακούσει και να με κατευθύνει ακόμα κ αν νομίζει ότι “δεν τον ακούω”.

Τέλος, ευχαριστώ την μητέρα μου, Αγγελική. Την “ταλαιπώρησα” επανειλημμένα με τις διορθώσεις, την επίβλεψη, την συντακτική και ορθογραφική επιμέλεια ολόκληρης της διδακτορικής διατριβής μου. Ήταν ίσως το πιο επίπονο και δύσκολο έργο, και θέλω να της εκφράσω την τεράστια ευγνωμοσύνη μου για τις συμβουλές της και τη συνεχή στήριξή και παρουσία της σε όλα μου τα βήματα.

## Περίληψη

Στην Γενικευμένη Θεωρία Συστημάτων (ΓΘΣ), όπως αναπτύχθηκε από τον Ludwig von Bertalanffy, ορίζεται ότι σε ένα σύστημα δεν αρκεί μόνο η γνώση της ύπαρξης ενός προβλήματος για τη λήψη μιας καλά πληροφορημένης απόφασης. Η γνώση θετικών ή αρνητικών αποτελεσμάτων από μια αλλαγή στο σύστημα, το είδος των επιπτώσεων μιας απόφασης σχετικά με το σύστημα ή το υλικό που είναι διαθέσιμο, οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανόηση της αλληλεπίδρασης των διαφόρων στοιχείων μεταξύ τους και του σκοπού της σχέσης τους, με βελτίωση των πιθανοτήτων για τη λήψη της επιθυμητής απόφασης. Η πολυ-παραγοντική πολυπλοκότητα που ενέχεται στη συνθετότητα των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του ακουστικού συστήματος, καθώς και η επίδραση εξωτερικών παραγόντων ή του ίδιου του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ορίζεται το σύστημα αυτό, είναι στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη βελτίωση της πρόγνωσης, της πρόληψης και της αντιμετώπισης των προβλημάτων που σχετίζονται με την ακουστική υγεία του ανθρώπου.

Το αντικείμενο της παρούσας διδακτορικής έρευνας πραγματεύεται την εφαρμογή της ΓΘΣ στο χώρο της Ακουστικής Υγείας. Στο παραπάνω πλαίσιο, πραγματοποιήθηκε μια εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την εφαρμογή της ΓΘΣ στο χώρο της Υγείας και στη συνέχεια, στην οριοθέτηση του μαθηματικού και διαγραμματικού υποβάθρου της. Αναλύθηκαν οι ιδιότητες και η "συμπεριφορά" των γενικών συστημάτων, με ιδιαίτερη έμφαση στα χρονικά και στα γραμμικά συστήματα, καθώς και στα συστήματα ανάδρασης. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν στην περιγραφή παραδειγμάτων από τον χώρο της ακουστικής υγείας για τον έλεγχο της εγκυρότητας της προσέγγισης, δίνοντας επιπλέον βαρύτητα στη μεθοδολογία προσέγγισης των μοντέλων της ΓΘΣ.

Μέσω της εφαρμογής μιας μεθοδολογικής προσέγγισης της ΓΘΣ και δεδομένου ότι ένα "σύστημα είναι ένα σύνολο στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση μεταξύ τους και με το περιβάλλον", ορίστηκαν οι μικρο-, μεσο- και μακρο-προοπτικές των δεδομένων που χρειάζονται για ένα πλαίσιο ΓΘΣ στο πεδίο της ακουστικής υγείας. Διερευνήθηκαν, παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν ενδεικτικά παραδείγματα πλαισίων ΓΘΣ από διαφορετικά πεδία εφαρμογών. Οι πληροφορίες, τα στοιχεία και το υλικό σε αυτά τα συστημικά αντικείμενα-μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία και παραμετροποίηση ενός γενικευμένου μοντέλου δεδομένων ΓΘΣ. Με την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου στον ανιχνευτικό έλεγχο ακοής (hearing screening), χαρακτηρίστηκαν τα επίπεδα του συστήματος νεογνικού ελέγχου ακοής από μια οπτική γωνία "υψηλότερης τάξης", ώστε να μπορεί να αποδοθεί η συνολική εικόνα, καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος, μέσα από διάφορες καταστάσεις και συνθήκες σε τρεις διαφορετικές χώρες (Ελλάδα, Βουλγαρία, Πολωνία).

Στο πλαίσιο αυτό υλοποιήθηκε μια προσέγγιση με ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα στην αντιμετώπιση των προβλημάτων, που χρειάζεται στην επακόλουθη λήψη αποφάσεων στο χώρο της Υγείας. Συγκεκριμένα, ορίστηκαν οι έννοιες της οργάνωσης και διαχείρισης των περιστατικών σε επίπεδο πληθυσμού όσον αφορά την ακουστική υγεία

(και γενικότερα το πλαίσιο των ακουστικών προβλημάτων), μέσω της δημιουργίας γενικευμένων συνθηκών και πλαισίων που σχετίζονται με πληθυσμιακές παραμέτρους. Διαμορφώθηκε κατ' αυτόν τον τρόπο ένα γενικό μοντέλο προσομοίωσης, το οποίο επαληθεύτηκε στο μικρο-επίπεδο από υπάρχοντα δεδομένα.

Αναδείχθηκε κατ' αυτόν τον τρόπο ότι μια προσέγγιση βασισμένη στη ΓΘΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό της ισορροπίας και της κατάλληλης πρόβλεψης για την αντιμετώπιση μιας κατάστασης όταν ανταγωνίζονται πολλαπλά συμφέροντα, έτσι ώστε να εξισορροπηθεί η ικανότητα κέρδους και πρόβλεψης με την πάροδο του χρόνου. Ταυτόχρονα, μπορεί να συμβάλει στην καθοδήγηση των ενδιαφερόμενων μερών στην πραγματοποίηση σχετικών αποφάσεων, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς όφελος της καλύτερης οργάνωσης και διαχείρισης των προβλημάτων στο χώρο της ακουστικής υγείας, αλλά και της υγείας σε γενικότερο πλαίσιο.

Λέξεις-κλειδιά: γενικευμένη θεωρία συστημάτων, ακουστική υγεία, πολύ-παραμετρική προσέγγιση, συστημικό μοντέλο, προσομοίωση κατάστασης πληθυσμού

## Abstract

General System Theory (GST), as formulated by Ludwig von Bertalanffy, states that simply acknowledging the existence of a problem in a system is not enough to make a well-informed decision. Knowledge regarding the positive or negative effects of a change, the kind of impact a decision might have on it and the material/information available, leads to a better understanding of the various elements' interactions and relationships. Therefore, the multi-factor complexity in the variety of the relationships between the various components of the acoustic system, as well as the impact of external factors or the environment itself, should be taken into consideration to improve prognosis, prevention and treatment of hearing health related problems.

The subject of this doctoral research lies within the application of GST in the field of hearing health. In the aforementioned context, an extensive bibliographic review was carried out regarding the application of GST in healthcare, leading to the subsequent delineation of its mathematical and diagrammatic background. The properties and "behavior" of generalised systems were analyzed, with particular emphasis given on time, linear and feedback systems. These elements were used to describe examples within the hearing health field to validate the suggested approach, focusing on the methodology of GST models. The micro-, meso- and macro-perspectives of the data required for the development of a GST framework in hearing health were subsequently defined through the application of a GST methodological approach. Indicative examples of GST frameworks stemming from different scientific and clinical fields were explored, presented and analyzed. The information, data and material in these systematic model objects were used to create and customize a generalized GST data model. By applying this model to the hearing screening concept, the neonatal hearing screening system was characterized from a "higher order" viewpoint, so that the overall picture, as well as the mechanisms and procedures within the system, were expressed based on different settings and conditions from three different countries (Greece, Bulgaria and Poland). In this model, a person-centric approach was adopted, necessary for subsequent health-related decision-making. Specifically, the concepts of observation and state management of population-based cases in hearing health, were defined through the expression of generalized conditions and frameworks related to population parameters. These led to the formulation and testing of a general simulation model, which was then verified at the micro-level with currently existing data from the island of Lesbos, Greece.

In conclusion, a GST-based approach was successfully identified as a means of striking equilibria and providing insight for appropriate decision-making when dealing with a situation where multiple interests are competing, so as to ensure cost-effectiveness and time-evolving predictions. At the same time, it was shown that GST frameworks can be used to aid relevant stakeholders in the clinical, business and public health policy field, not only in their decision-making, but in a better organization and situation management in the field of hearing health, extendable to general health.

Keywords: general system theory, hearing health, multi-parametric approach, systemic model, population-state simulation

---

*“Πρέπει να μάθεις όσα μπορείς και μετά πρέπει να τα ξεχάσεις, και ό,τι δεν μπορείς να ξεχάσεις θα δημιουργήσει το θεμέλιο της δουλειάς σου.”*

*4 3 2 1,  
Paul Aster*

---



# Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

## 1.1 Συνοπτική Παρουσίαση Ερευνητικού Θέματος

Η ανθρώπινη ακοή και η ακουστική αντίληψη ορίζεται από ένα πολύπλοκο σύστημα μηχανικών και νευρικών δομών. Είναι γνωστό ότι η ακοή, και κατά συνέπεια το ακουστικό πεδίο, μπορεί να διερευνηθούν χρησιμοποιώντας πολλές διαφορετικές τεχνικές. Οι μοριακοί βιολόγοι για παράδειγμα μελετούν τη λειτουργία των τριχωτών κυττάρων και των νευρώνων σε μοριακό επίπεδο. Οι φυσιολόγοι μετρούν τις δονήσεις της βασικής μεμβράνης, την νευρική δραστηριότητα και άλλες φυσιολογικές λειτουργίες, συχνά σε αναισθητοποιημένα ζώα, παρόλο που μερικές τεχνικές φυσιολογικών μετρήσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε ανθρώπους (π.χ., ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και λειτουργική απεικόνιση μαγνητικής απεικόνισης). Οι ψυχοφυσικοί μελετούν τη συμπεριφορά των ενσυνείδητων ανθρώπων που καθορίζει τη σχέση μεταξύ ήχων και αισθήσεων. Όλες αυτές οι διαφορετικές προσεγγίσεις συμβάλλουν στην κατανόηση της ακοής και οι αμφισβητήσεις, που μερικές φορές συνδέονται με υποστηρικτές μιας συγκεκριμένης προσέγγισης, είναι άστοχες στο συγκεκριμένο πεδίο. Εντούτοις, αρκετοί ερευνητές επισημαίνουν ότι χρειάζονται τεχνικές που διερευνούν τις διάφορες πτυχές της ακοής ως σύνολο [1].

Αντίστοιχα, στο πεδίο της δημόσιας υγείας, σχεδόν κάθε πρόβλημα που αντιμετωπίζεται είναι πολύπλοκο και απαιτεί προσοχή τόσο σε πολλαπλά επίπεδα όσο και μεταξύ πολλών διαφορετικών κλάδων. Μέρος της πολυπλοκότητας είναι το γεγονός ότι οι πληθυσμοί με τους οποίους ασχολείται η δημόσια υγεία πλήττονται δυσανάλογα, δημιουργώντας ανισότητες στην υγεία και στην πρόσβαση σε πόρους. Από τις σχέσεις που φέρνουν σε επαφή διάφορους ανθρώπους και οργανισμούς μπορεί να αναπτυχθούν νέοι και δημιουργικοί τρόποι αντιμετώπισης ζητημάτων δημόσιας υγείας. Η διεπιστημονική έρευνα παρέχει πολύτιμες ευκαιρίες συνέργειας για παρεμβάσεις και βελτιώσεις στους τομείς υγείας και ευημερίας, τόσο των ατόμων όσο και των κοινοτήτων. Καθώς οι εν λόγω κλάδοι συγκλίνουν, πολλές έννοιες είναι θεμελιώδεις για την επίτευξη μιας προσέγγισης που βασίζεται κυρίως στην τεκμηρίωση της πρακτικής της δημόσιας υγείας [2].

Στην ιδανική περίπτωση, οι επαγγελματίες στον τομέα της δημόσιας υγείας θα πρέπει πάντα να ενσωματώνουν επιστημονικά στοιχεία κατά την επιλογή και εφαρμογή προγραμμάτων, την ανάπτυξη πολιτικών και την αξιολόγηση της προόδου. Η κοινωνία πληρώνει ένα υψηλό κόστος όταν δεν υλοποιούνται παρεμβάσεις που αποφέρουν την υψηλότερη απόδοση υγείας μιας επένδυσης (δηλαδή, το όφελος που αποδίδεται από την εφαρμογή λιγότερο αποτελεσματικών παρεμβάσεων υπό το πρίσμα περιορισμένων πόρων) [3]. Στην πράξη, οι αποφάσεις συχνά βασίζονται σε βραχυπρόθεσμες επεμβάσεις, χωρίς συστηματικό προγραμματισμό και επανεξέταση των καλύτερων στοιχείων σχετικά με πιο αποτελεσματικές προσεγγίσεις. Τα εμπόδια στην εφαρμογή ενός συστημικού πλαισίου συνδέονται τόσο με παράγοντες σε οικονομικό, πολιτισμικό, ασφαλιστικό και πολιτικό περιβάλλον (συμπεριλαμβανομένης της έλλειψης πολιτικής βούλησης), όσο και με ελλείμματα σε σχετικές και πρόσφατες έρευνες, συστήματα

πληροφόρησης, πόρους, ηγεσία, οργανωτική διάρθρωση και δυνατότητα σύνδεσης της έρευνας με την ενημέρωση.

Στην προσπάθεια επομένως να επιτευχθεί μια ολιστική προσέγγιση στον τομέα της ακουστικής υγείας, χρειάζονται διαφορετικά επίπεδα εξήγησης. Μπορεί να κατανοηθεί η διαδικασία μεταγωγής στα τριχωτά κύτταρα σε ένα πολύ χαμηλό επίπεδο εξήγησης, το οποίο περιλαμβάνει νήματα πρωτεΐνης και ιόντα, και αυτή η γνώση έχει πρακτική αξία, ιδιαίτερα στην αναζήτηση των υποκείμενων αιτιών της ακοής. Από την άλλη πλευρά, αν και μπορεί να υποτεθεί ότι όλες οι αισθήσεις μας εξαρτώνται από την ηλεκτρική και χημική δραστηριότητα των κυττάρων στον εγκέφαλο, δεν μπορούν ακόμα να κατανοηθούν πολύπλοκοι μηχανισμοί, όπως η ανάλυση της ακουστικής σκηνής, όσον αφορά τη δραστηριότητα των μεμονωμένων νευρώνων. Αντ' αυτού, ίσως χρειαστεί να υπάρχει ικανοποίηση με την εξήγηση των εμπλεκόμενων γενικών διαδικασιών, οι οποίες βασίζονται κυρίως σε αποτελέσματα από διάφορα πειράματα [1]. Αυτές οι εξηγήσεις μπορούν να υποστηριχθούν από μαθηματικά και υπολογιστικά μοντέλα, που παράγουν ακριβείς προβλέψεις, οι οποίες μπορούν να δοκιμαστούν εμπειρικά (ζήτηση για μια πραγματικά επιστημονική θεωρία).

Επιπλέον, κάθε άτομο ως ζωντανό ον που “περιορίζεται” σε μεγάλο βαθμό από τα αισθητήρια όργανά του, αντιμετωπίζει τον κόσμο με ένα δικό του σύνολο αξιών και δεδομένων. Δημιουργείται έτσι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο περιβάλλον όταν οι άνθρωποι προσπαθούν ξεχωριστά να περιγράψουν αυτό που βλέπουν ή ακούν και το πώς είναι πραγματικά ο κόσμος [4].

Η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας σε ό,τι αφορά την αντίληψη της ακοής και της ακουστικής υγείας κατ' επέκταση, με μια συστημική προσέγγιση που περιλαμβάνει πολλές αμοιβαίες συζεύξεις και άγνωστους ή αβέβαιους παράγοντες, θα μπορούσε ίσως να προσεγγιστεί με την *αρχή της εντροπίας της πληροφορίας* (principle of information entropy) [5]. Στην παραδοσιακή επιστημονική προσέγγιση, κάθε αριθμός θεωρείται ως ένα σημείο στον άξονα των πραγματικών αριθμών ή ως ένα σημείο σε ένα ευκλείδειο χώρο. Κάθε ποσοτική μεταβλητή αντιμετωπίζεται ως σημείο μετατόπισης στον άξονα ή στον ευκλείδειο χώρο. Ως εκ τούτου, όταν μεγάλες μάζες τέτοιων “κινούμενων” σημείων εξετάζονται από κοινού, το πρόβλημα είναι πιθανότατα πέρα από την περιορισμένη ικανότητα της ανθρώπινης φαντασίας. Μεταξύ άλλων, αυτή η πρόκληση είναι στην πραγματικότητα ο βασικός λόγος για την εξαιρετική δυσκολία που αντιμετωπίζει ο άνθρωπος με ανοιχτά συστήματα και ιδιαίτερα στη λήψη αποφάσεων που εμπλέκονται στα περισσότερα από αυτά. Είναι λογικό επομένως να υπάρχει δυσκολία στο να μπορέσει να εισαχθεί ένα συστημικό διαισθητικό υπόβαθρο διαφορετικό από αυτό των ευκλείδειων χώρων, έτσι ώστε ένας μεγάλος αριθμός κινούμενων σημείων και ομάδες διαφόρων συνδυασμών αυτών των σημείων να μπορεί να αντιμετωπιστεί ευκολότερα [6].

Πολλές πρόσφατες αλλά και παλαιότερες προκλήσεις, όπως η μη γραμμικότητα και το χάος, είναι πραγματικές συνέπειες του τρόπου με τον οποίο αποτελείται ένας ευκλείδειος χώρος, δηλαδή από γραμμές πραγματικών αριθμών. Η επιθυμητή συστημική διαίσθηση επομένως πρέπει να είναι διαφορετική από τις ευκλείδειες αυτές προσεγγίσεις. Με άλλα λόγια, η παραδοσιακή επιστήμη επιχειρεί να ερευνήσει τις

καμπυλώσεις χρησιμοποιώντας εργαλεία που αναπτύσσονται γραμμικά σε πλασματικούς χώρους. Και η διαίσθηση είναι ότι, επειδή η επιστήμη των συστημάτων, ως δεύτερη διάσταση της επιστήμης, μελετά τη συστημικότητα (το σύνολο των συστημάτων), ενώ η παραδοσιακή επιστήμη μελετά την πραγματικότητα (το σύνολο των υπαρκτών πραγμάτων), η δυσκολία που αντιμετωπίζει κανείς όταν ασχολείται με ανοικτά, πολύπλοκα και γιγαντιαία συστήματα αφορά μόνο την πρώτη διάσταση της επιστήμης. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να υπάρχει ένα σχετικά πιο εύχρηστο μέσο στη δεύτερη διάσταση ώστε να εκτελεστούν μεγάλης κλίμακας προσπάθειες για λήψη αποφάσεων. Αυτό συμβαίνει διότι οι δυσκολίες που προκύπτουν όταν λαμβάνονται αποφάσεις που αφορούν ανοικτά, πολύπλοκα συστήματα, οφείλονται κατά κύριο λόγο στο ότι ελέγχεται μια μόνο διάσταση της επιστήμης, χωρίς να αξιοποιείται στην ουσία μια άλλη διάσταση της επιστήμης, η επιστήμη συστημάτων [6].

Κατά συνέπεια, όταν εξετάζεται ο κόσμος της ακουστικής υγείας και αντιμετωπίζεται κάθε σενάριο λήψης αποφάσεων ως επίλυση προβλημάτων συστήματος, μπορεί θεωρητικά να επιβεβαιωθεί η παρατήρηση ότι πολλές, φαινομενικά μη σχετικές, αποφάσεις σχετίζονται πράγματι με τον ένα ή τον άλλο τρόπο και διαφορετικές περιοχές του ακουστικού πεδίου (είτε είναι σε μικρό, μέσο, μακρο επίπεδο) εξελίσσονται και αναπτύσσονται από κοινού. Όταν συμβαίνει ένα γεγονός ή λαμβάνεται μια απόφαση, πολλές άλλες φαινομενικά άσχετες αποφάσεις και επακόλουθες ανθρώπινες συμπεριφορές αλλάζουν επίσης ανάλογα. Αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές στον ακουστικό κόσμο θα πρέπει να εξεταστούν στο σύνολό τους. Θα πρέπει επίσης να εξεταστεί η όλη εξέλιξη των εμπλεκόμενων συστημάτων που μελετώνται, προκειμένου να κατανοηθεί ο τρόπος με τον οποίο η ακουστική αντίληψη ή τα συστήματα ακουστικής υγείας εξελίσσονται ως σύνολα και συνδέονται μεταξύ τους.

Το πεδίο της ακουστικής αντίληψης είναι ένα δυναμικό και απρόβλεπτο, πολυμεταβλητό περιβάλλον που εξελίσσεται διαρκώς και είναι εξαιρετικά σημαντική η συνήθως υπάρχουσα ασυνέχεια με την οποία συμβαίνουν μεταβατικές μεταβολές ή εκρήξεις (blow-ups), όπως η εμφάνιση γεγονότων που προκαλούν διαταραχές [6]. Για παράδειγμα, σε μικρό-επίπεδο, μπορεί σε ένα ήσυχο περιβάλλον, όπως αυτό του σπιτιού, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού που είναι τα παράθυρα ανοικτά, να σταθμεύσει ένα αυτοκίνητο μπροστά από την είσοδό του έχοντας πολύ δυνατά την ένταση της μουσικής, με αποτέλεσμα να αλλάξει ραγδαία το ακουστικό πεδίο του εκάστοτε ακροατή. Αυτές οι μεταβολές αντιπροσωπεύουν το πώς οι σταδιακές και συνεχείς αλλαγές των υπαρχουσών δομών, όπως οι τεχνικές διαχείρισης και οι πληροφορίες που προέρχονται από το περιβάλλον, αντικαθίστανται από νέες δομές. Αν το σύστημα το οποίο εξάγεται από κάποιο σχετικό σενάριο λήψης αποφάσεων, περιγράφεται με όσο το δυνατόν πιο πιστό τρόπο από ένα μαθηματικό μοντέλο, τότε το μοντέλο είναι γενικά μη γραμμικό και οι οποιοσδήποτε μεταβολές του αντικατοπτρίζουν την καταστροφή των παλαιών δομών και τη δημιουργία νέων.

## 1.2 Ερευνητικό Ερώτημα

Το ερευνητικό ερώτημα που πραγματεύεται η παρούσα διατριβή αφορά το κατά πόσο οι έννοιες, οι αρχές και οι προσεγγίσεις που επικρατούν στη Γενικευμένη Θεωρία Συστημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν εποικοδομητικά στη μελέτη και στη διεξαγωγή έρευνας στο πλαίσιο λειτουργίας της ακουστικής υγείας. Χρησιμοποιώντας τις έννοιες που ενσωματώνονται στη Γενικευμένη Θεωρία Συστημάτων, αναλύεται το πρόβλημα της ανθρωποκεντρικής προσέγγισης σε ένα σύστημα ακουστικής υγείας και στην, καθοδηγούμενη από δεδομένα, έρευνα στο χώρο της ακουστικής υγειονομικής περίθαλψης.



Εικόνα 1 Μεθοδολογία Διδακτορικής Διατριβής

### 1.3 Μεθοδολογία και Διάρθρωση Διδακτορικής Διατριβής

Για την διερεύνηση του ερευνητικού ερωτήματος, η παρούσα διδακτορική διατριβή αποτελείται από πέντε μεθοδολογικά βήματα (Εικόνα 1), τα οποία αποτελούν και το περιεχόμενο των αντίστοιχων κεφαλαίων:

- Το πρώτο βήμα (Κεφάλαιο 2) αφορά την παρουσίαση της Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων (ΓΘΣ), όπως αναπτύχθηκε από τον Ludwig von Bertalanffy, του ιστορικού και μεθοδολογικού πλαισίου κάτω από το οποίο αναπτύχθηκε και των παράγωγων εννοιών της, όπως αυτή της συστημικής σκέψης και του βιοψυχοκοινωνικού μοντέλου. Το θεωρητικό αυτό πλαίσιο ενισχύεται από την ανάδειξη των ευρημάτων της αναλυτικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης που διεξήχθη στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής, σχετικά με την εφαρμογή και εφαρμοσιμότητα της ΓΘΣ στο χώρο της Υγείας. Σκοπός της ανασκόπησης ήταν να εξετάσει αν η ΓΘΣ έχει ενεργό ρόλο στον τομέα της Υγείας και αν έχουν εφαρμοσθεί πλαίσια σχετιζόμενα με τη ΓΘΣ, είτε σε θεωρητικό είτε σε πρακτικό επίπεδο τα τελευταία δέκα χρόνια.
- Επεκτείνοντας και αξιοποιώντας τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, παρουσιάζεται το μαθηματικό και διαγραμματικό υπόβαθρο της ΓΘΣ (Κεφάλαιο 3), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό και την προσέγγιση των παραγόντων που επηρεάζουν την πολυδιάστατη εικόνα του πεδίου της ακουστικής υγείας, την μαθηματικοποίηση των σχέσεων και του τρόπου σύνδεσης αυτών με κατάλληλες στρατηγικές διαχείρισης.
- Στο παραπάνω πλαίσιο, παρουσιάζονται και αναλύονται παραδείγματα εφαρμογής της ΓΘΣ προσανατολισμένα τόσο στο χώρο της Ακουστικής Υγείας όσο και στην επεκτασιμότητα της ΓΘΣ υπό διάφορα πρίσματα (Κεφάλαιο 4). Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται παραδείγματα που δείχνουν τον ισομορφισμό του ακουστικού συστήματος, την περιγραφή ενός γενικευμένου μοντέλου στον νεογενικό έλεγχο ακοής και την επέκταση μιας παρόμοιας λογικής στο χώρο της ψυχικής υγείας.
- Το επόμενο βήμα (Κεφάλαιο 5) αφορά την ενδεικτική υλοποίηση μιας εφαρμογής ενός γενικευμένου μοντέλου προσομοίωσης για την αλληλεπίδραση των διαφόρων παραγόντων και για την καλύτερη κατανόηση και εποπτεία των αλλαγών που επιφέρουν συνολικά σε ένα σύστημα υγείας με ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα. Αναλύονται οι διάφορες διαστάσεις (όπως για παράδειγμα η εικόνα της ακουστικής υγείας στο επίπεδο του ασθενή ή του πληθυσμού) και ο τρόπος με τον οποίον μπορούν να αξιολογηθούν σε ένα σχετικά οριζόμενο χρονικό πλαίσιο από τις επεμβάσεις που συμβαίνουν στο επίπεδο αυτό. Τα διάφορα σενάρια προσομοίωσης αποσκοπούν στο να δείξουν πώς επηρεάζεται η πορεία της εκάστοτε παρέμβασης και δίνουν την δυνατότητα να κατευθύνουν τη διαδικασία παροχής συμβουλών και λήψης αποφάσεων.
- Το τελευταίο βήμα αφορά στην κριτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων από την ολική προσέγγιση της διδακτορικής διατριβής (Κεφάλαιο 6) με σκοπό την καλύτερη κατανόηση και ακριβή πρόβλεψη των προκλήσεων που αντιμετωπίζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα, τόσο στο χώρο της ακουστικής υγείας όσο και στα γενικότερα συστημικά επίπεδα της υγείας.

## 1.4 Προστιθέμενη Αξία Διδακτορικής Διατριβής

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή αναπτύσσονται δύο βασικές συνεισφορές στα συστήματα ακουστικής υγείας τα οποία επεκτείνονται στην έρευνα σχεδιασμού και την εξυπηρέτηση της υγειονομικής περίθαλψης γενικότερα:

- Πρώτον, προτείνεται κατά τον (επανα)σχεδιασμό των παρεμβάσεων στον τομέα της ακουστικής περίθαλψης, είτε αφορά στην πρόγνωση, στην διάγνωση ή στην παρακολούθηση των ασθενών, η ταυτόχρονη εξέταση και η εκτενέστερη συλλογή στοιχείων σχετικά με την ανθρώπινη, πληθυσμιακή και εθνική συμπεριφορά, την τεχνολογία και τα πλαίσια λειτουργίας σε όλα αυτά τα επίπεδα. Ο χώρος της ακουστικής υγείας είναι ένας χρονικά και δυναμικά μεταβαλλόμενος χώρος που έχει ανάγκη από ανθρωποκεντρικά στοχευμένες και οδηγημένες από μεσό- και μακρο-δεδομένα παρεμβάσεις και στρατηγικές.
- Δεύτερον, προτείνεται μια επισκόπηση της γενικευμένης θεωρίας συστημάτων με την εισαγωγή στοιχείων που υπεισέρχονται στον σχεδιασμό παρέμβασης στον τομέα της ακουστικής περίθαλψης, κυρίως από άλλες επιστήμες. Αυτό έχει σημαντικές συνέπειες για τον σχεδιασμό της έρευνας στα συστήματα υγείας, στους ιατρούς και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής που αναζητούν τεκμηριωμένες προσεγγίσεις που βασίζονται στη θεωρία για να βελτιώσουν τις παρεμβάσεις που σχετίζονται με τη βελτίωση της υγειονομικής περίθαλψης.

Τα αποτελέσματα της διδακτορικής διατριβής μπορεί να αξιοποιηθούν στην ανάπτυξη και βελτίωση μοντέλων, προσεγγίσεων και μέτρων αντιμετώπισης σε όλες τις πτυχές της ακουστικής υγείας και να επεκταθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να περιγράψουν, να οργανώσουν και να αξιοποιήσουν τις έννοιες των συστημάτων. Συγκεκριμένα, η χρησιμότητα αυτής της προσέγγισης στην μελέτη και την ανάλυση των προβλημάτων και καταστάσεων της ακουστικής υγείας, θα βοηθήσει στην κατανόηση και οργάνωση της γνώσης σχετικά με τον ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα για τις όποιες παρεμβατικές και ενισχυτικές ενέργειες απαιτούνται στον χώρο αυτό.

Τα αναμενόμενα οφέλη από την παρούσα διδακτορική διατριβή έγκεινται στον επιστημονικό, κλινικό και κοινωνικοοικονομικό χώρο. Τα επιστημονικά οφέλη συνδέονται με τη βελτίωση της συστημικής κατανόησης και των αλληλεπιδράσεων σε μικρο-, μέσο- και μακρο-κλίμακα που θα επιτευχθεί στον χώρο της υγείας και μπορεί να αποτελέσουν τη βάση σε μια διεπιστημονική και ολιστική προσέγγιση ανεξάρτητα από την ουσία, τον τύπο ή τη χωρική και χρονική κλίμακα. Τα κλινικά οφέλη αφορούν κυρίως την ενίσχυση των υφιστάμενων μηχανισμών παρέμβασης και αξιολόγησης στρατηγικής στο χώρο της ακουστικής υγειονομικής περίθαλψης και την ενσωμάτωση επιπρόσθετων παραμέτρων (όπως πολιτισμικά στοιχεία και απροσδόκητα περιστατικά) που περιορίζουν τα πιθανά οφέλη από τις όποιες παρεμβάσεις μέχρι σήμερα λόγω έλλειψης ολιστικής γνώσης. Τέλος, τα κοινωνικοοικονομικά οφέλη αφορούν στη βιωσιμότητα και στην ανάπτυξη του ανθρωποκεντρικού μοντέλου μέσω της θέσπισης ενός συνολικού πλαισίου δεικτών που θα λαμβάνει υπόψη πτυχές της φυσιολογικής, ψυχολογικής, πολιτιστικής, συμπεριφορικής, πνευματικής, επαγγελματικής και καθημερινής ζωής.

---

*“Τα συμβάντα είναι ή φαίνονται τυχαία, ανάλογα με την οπτική γωνία από την οποία παρατηρεί κανείς την πραγματικότητα. Από μια αντίθετη οπτική γωνία, γιατί να μην υποθέσει κανείς ότι όλα όσα μας συμβαίνουν υπακούουν σε ορισμένους τελικούς σκοπούς;”*

*Περί Ηρώων και Τάφων,  
Ernesto Sabato*

---

## Κεφάλαιο 2 Γενικευμένη Θεωρία Συστημάτων

Η θεωρία των συστημάτων ή συστημική θεωρία (systems theory) χαρακτηρίζει ένα σύνολο ετερόκλητων αλλά συσχετισμένων προσεγγίσεων σε πεδία όπως η θεωρία της πληροφορίας (information theory), η κυβερνητική (cybernetics), η βιολογία, η κοινωνιολογία, η ιστορία, η λογοτεχνία και η φιλοσοφία. Η θεωρία συστημάτων σχετίζεται από τους Βορειοαμερικάνους με:

1. τη Γενικευμένη Θεωρία Συστημάτων (ΓΘΣ) που αναπτύχθηκε από τον Ludwig von Bertalanffy (1901-1972)[7], τη δουλειά από τους κυβερνητικούς (cyberneticians) πρώτης και δεύτερης γενιάς Norbert Wiener (1894-1964) [8] και Gregory Bateson (1904-1980) [9], καθώς και από τις σύγχρονες επεκτάσεις αντίστοιχης δουλειάς στην οικολογία, τις γνωστικές επιστήμες (cognitive sciences), την τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) και τις αρχές της ψυχολογίας, της λογοτεχνίας και των μέσων ενημέρωσης
2. τη θεωρία δυναμικών συστημάτων, όπως αναπτύχθηκε μεταξύ άλλων από τον Ilya Prigogine (1917-2003)[10] με την ανάπτυξη θεωριών όπως του χάους (chaos theory) και της πολυπλοκότητας (complexity theory) ή
3. την κοσμο-συστημική ανάλυση όπως εξηγήθηκε πρωτίστως από τον Immanuel Wallerstein (1930-) [11].

Σε αντίθεση με τους Βορειο-αμερικάνους, η θεωρία συστημάτων σχετίζεται από τους Γερμανούς και άλλους Ευρωπαίους με

4. τη δουλειά του Niklas Luhmann (1927-1998) [12] και της σχολής της κοινωνιολογίας.

Αυτό που ενώνει κάθε μια από αυτές τις προσεγγίσεις στη συστημική θεωρία (με εξαίρεση ίσως την κοσμο-συστημική ανάλυση, που επικεντρώνεται αποκλειστικά σε οικονομικά και πολιτικά συστήματα) είναι μια κοινή εστίαση στα γενικά χαρακτηριστικά διαφόρων συστημάτων και την πρωταρχική σημασία τους σε ποικιλόμορφους τομείς της ζωής. Παρόλα αυτά υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε αυτές τις προσεγγίσεις και κάθε μια από αυτές έχει αναπτύξει τις δικές της μεθοδολογίες, τις δικές της αξίες και τους δικούς της τρόπους ανάλυσης.

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθεί η συστημική προσέγγιση όσον αφορά στη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, τη γενικευμένη θεωρία συστημάτων, όπως αυτή πρώτο-παρουσιάστηκε από τον Ludwig von Bertalanffy και την εξέλιξή της όσον αφορά την ερμηνευτική και μεθοδολογική προσέγγισή της. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τις εφαρμογές της ΓΘΣ στο χώρο της υγείας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, ώστε να επισημανθεί η αναγκαιότητα χρήσης μιας ολιστικής προσέγγισης σε ιατρικά ζητήματα.



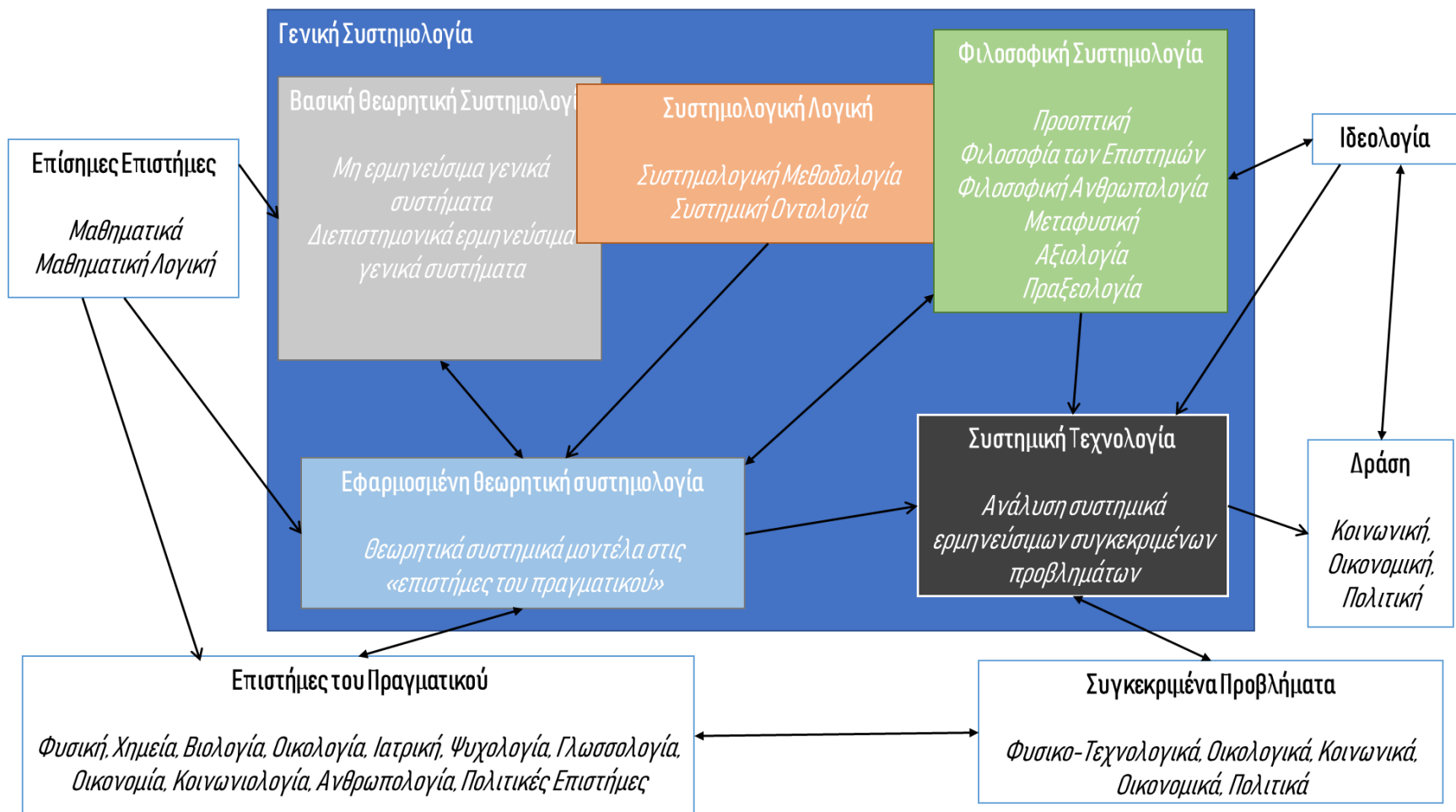
## 2.1 Εισαγωγή

Σε αρκετές περιπτώσεις προσέγγισης συστημάτων, όπως ο ανθρώπινος εγκέφαλος ή το χρηματιστήριο, αποτυγχάνονται συστηματικά να γίνονται αξιόπιστες προβλέψεις μελλοντικής συμπεριφοράς από τους επιστήμονες. Αυτό οφείλεται κυρίως στην πολυ-παραγοντική πολυπλοκότητα που ενέχεται στη συνθετότητα των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων οντοτήτων που ορίζουν ένα σύστημα, αλλά και στην επίδραση εξωτερικών παραγόντων ή του ίδιου του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο υπάρχει ένα σύστημα.

Η ΓΘΣ όπως αναπτύχθηκε από τον Ludwig von Bertalanffy [7], [13] ορίζει ότι σε ένα σύστημα δεν αρκεί μόνο να είναι γνωστή η ύπαρξη ενός προβλήματος ώστε να ληφθεί μια καλά πληροφορημένη απόφαση. Πρέπει να υπάρχει γνώση πραγμάτων όπως τί θετικά ή αρνητικά αποτελέσματα θα έχει μια αλλαγή στο σύστημα, τί είδους επιπτώσεις θα επιφέρει μια απόφαση σχετικά με το σύστημα ή τί βοήθεια/υλικό είναι διαθέσιμο. Όσο περισσότερο κατανοείται το πως αλληλεπιδρούν τα στοιχεία μεταξύ τους και με τι σκοπό, τόσο καλύτερες πιθανότητες υπάρχουν ώστε να ληφθεί η επιθυμητή απόφαση.

Δεδομένου ότι: (α) υπάρχει πεπερασμένος αριθμός επιστημονικών νόμων ή εξισώσεων για την επίλυση προβλημάτων, επομένως έχει νόημα να χρησιμοποιηθούν και να προσαρμοστούν οι ήδη υπάρχουσες γνώσεις μας, (β) μπορούν να εφαρμοστούν οι νόμοι αυτοί στον πραγματικό κόσμο και (γ) οι νόμοι αυτοί αποδεικνύονται ότι εφαρμόζονται σε περισσότερα του ενός επιστημονικά πεδία καθώς και σε μια ποικιλία καταστάσεων, η προσέγγιση των προβλημάτων του ακουστικού συστήματος μέσω της γενικευμένης θεωρίας συστημάτων αποκτά νόημα.

Παρόλο που ο von Bertalanffy θεωρείται δικαιωματικά ο κύριος ιδρυτής της “Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων”, ένα έργο που διατυπώθηκε για πρώτη φορά το 1937, η συμβολή του δεν είναι ακόμα αρκετά γνωστή. Η συλλογιστική του μέσα από τα έργα του ήταν συχνά συνοπτική, ανακριβής και διάχυτη. Το έργο του δεν είναι ούτε φιλοσοφικό δόγμα ούτε επιστημονική θεωρία, εντούτοις στόχευε να γίνει ένα φιλοσοφικά θεμελιωμένο και επιστημονικά γόνιμο σύστημα για την επεξήγηση της “πραγματικότητας”, ικανό να καθοδηγήσει τη δράση σύμφωνα με συγκεκριμένες αξίες. Η παρούσα προσέγγιση (Εικόνα 2) ακολουθεί την κατάταξη που ο ίδιος ο Bertalanffy δόμησε ως “ερμηνευτικό σύστημα της γενικής συστημολογίας”. Κάθε βέλος δηλώνει “πληροφόρηση”, ότι ένα πεδίο “πληροφορεί” ένα άλλο. Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό είναι ότι η αρχική τοποθέτηση της λογικής, της οντολογίας και της μεθοδολογίας στη διεπαφή ανάμεσα στη “βασική θεωρητική συστημολογία” και στη “φιλοσοφική συστημολογία”: η αναγκαιότητα αυτής της τοποθέτησης σαν συνέπεια του μεταθεωρητικού χαρακτήρα τη βασικής θεωρητικής συστημολογίας δικαιολογείται παρακάτω. Αυτή η προσέγγιση εκτείνεται πέρα από το έργο του Bertalanffy διότι κάνει εφικτό να απαριθμηθεί το σύνολο όλων των απόψεων που οι αρχιτέκτονες της γενικής συστημολογίας έκριναν απαραίτητες και επέμεναν σε αυτές, σύμφωνα πάντα με τις διάφορες πεποιθήσεις και τα ενδιαφέροντά τους. Το σχήμα αυτό παρέχει ένα σχεδιάγραμμα μιας συστηματοποίησης που αναδεικνύει την συμπληρωματικότητα και την ενότητά τους.



Εικόνα 2 Προσέγγιση Γενικής Συστημολογίας

Οι βασικές αρχές της συστημολογίας αναπτύχθηκαν από τον Bertalanffy ανάμεσα στο 1923 και το 1949. Εκφράστηκε ρητά το ενδιαφέρον να χρησιμοποιηθεί μια τέτοια μεθοδολογία για να ενοποιήσει τις επιστήμες. Όπως ανέφερθηκε, "ο τομέας της θεωρίας των γενικών συστημάτων" ασχολήθηκε με "τις γενικές πτυχές, τις αντιστοιχίες και τον ισομορφισμό που είναι κοινά για τα συστήματα". Οι γνώσεις που αποκτήθηκαν από τη συστηματική μορφολογία θα οδηγούσαν στην ενοποίηση της επιστήμης, αλλά όχι μέσω ενός αναγωγικού προγράμματος με βάση τη Φυσική, όπως είχε επιχειρήσει το διάσημο πρόγραμμα του Rudolf Carnap (1891-1970) και του κύκλου της Βιέννης [14]. Αντίθετα, θα σεβόταν τις διαφορετικές πειθαρχικές προσεγγίσεις, αλλά ταυτόχρονα θα υπογράμμιζε τη "δυναμική αλληλεπίδραση" μεταξύ όλων των τομέων της πραγματικότητας και τους τρόπους με τους οποίους οι διάφοροι κλάδοι θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε ένα mega-σύστημα. Παρόλο που ο Norbert Wiener, ο Ross Ashby (1903-1972) [15] και άλλοι "κυβερνητικοί" ήταν πιο μετριοπαθείς, όσον αφορά τις φιλοδοξίες να ενοποιήσουν την επιστήμη, απ' ό,τι ο Bertalanffy, είδαν αρκετά ξεκάθαρα τις παραλλαγές της επικοινωνιακής θεωρίας ως μια διευκόλυνση στη γεφύρωση των επιστημονικών κλάδων και, συνεπώς, εφάρμοσαν τη θεωρία της επικοινωνίας σε συστήματα - φυσικά ή κοινωνικά, οργανικά ή ανόργανα. Έτσι εμφανίστηκαν τα θεμέλια για να συνδεθεί η βιολογία, η χημεία και η φυσική, καθώς και οι κοινωνικές επιστήμες, με τρόπο που να επιτρέπει τον μεγαλύτερο έλεγχο της φύσης.

Σε γενικές γραμμές ένα σύστημα θεωρήθηκε ως "μια ενότητα ή ολότητα κάποιου είδους που συγκρατεί τα μέρη του μαζί". Τέτοιες προσεγγίσεις ακολουθήθηκαν και εξηγήθηκαν από πολλούς συστημικούς του πρώτου μισού του εικοστού αιώνα, όπως ο Igor V. Blauberg και άλλοι επιστήμονες: ένα σύστημα θεωρήθηκε από τον Ludwig von Bertalanffy ως "ένα σύνολο στοιχείων που βασίζεται σε αλληλεπιδράσεις", από τον W. Ross Ashby ως "οποιοδήποτε σύνολο μεταβλητών που είναι διαθέσιμες στην πραγματική μηχανή", από τον Arthur Hall και τον Robert Fagen ως "ένα σύνολο αντικειμένων μαζί με τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων και μεταξύ των χαρακτηριστικών τους" και από τους Sankar Sengupta και Russell Ackoff ως "ένα σύνολο δραστηριοτήτων (λειτουργιών) που συνδέονται τόσο στο χρόνο όσο και στο χώρο με ένα σύνολο συστημάτων λήψης αποφάσεων και αξιολόγησης συμπεριφοράς (δηλαδή ελέγχου)". Τα συστήματα καθορίστηκαν περαιτέρω ως υποκείμενα σε βρόχους ανατροφοδότησης και τυφλά σημεία, αργότερα ως αυτοποιητικά (autopoietic) και με άλλους διάφορους τρόπους.

Παρόλα αυτά, δεδομένου του γενικού χαρακτήρα αυτών των περιγραφών, διάφοροι προγενέστεροι συστημικοί στοχαστές είχαν παρόμοιο σχήμα ταξινόμησης, επισημαίνοντας κάποιες βασικές ομοιότητες μεταξύ των εννοιών των συστημάτων με έννοιες που παρουσιάστηκαν στο πεδίο της φιλοσοφίας των Immanuel Kant (1724-1804), Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), Nicolaus Cusanus (1401-1464) και άλλων. Έχει επίσης παρατηρηθεί ομοιότητα στο επίπεδο της πολυπλοκότητας στη σκέψη για συστήματα που βρίσκονται στο έργο των υπερβατικών μετα-καντιανών φιλοσόφων.

Η θεωρία συστημάτων και η κυβερνητική παρουσιάζουν ενδιαφέρον σύμφωνα με πολλές πρόσφατες έρευνες. Αρχικά, μια τέτοια προσέγγιση σχετικά με τις αλληλεξαρτήσεις των συστημάτων ώθησε την οικολογική σκέψη. Περαιτέρω - και εν

μέρει συνδεδεμένη με αυτό - η θεωρία των συστημάτων επιδρά αφενός στην εξισορρόπηση των θεμελιωδών διακρίσεων μεταξύ ανθρώπων και άλλων ζώων, και των οργανικών και ανόργανων οντοτήτων αφετέρου. Δεδομένων των πλαισίων που παρουσιάζονται μέσω των παρατηρήσεων τους - και συχνά επίσης με την ενεργητική προώθηση τους- ανοίγουν το δρόμο σε μια πιο κονστρουκτιβιστική (εποικοδομητική) ή πραγματιστική επιστημολογία. Αυτές οι εξελίξεις οδηγούν σε πολλές κατευθύνσεις, για τις οποίες μπορούν να γίνουν μόνο κάποιες γενικές και απλουστευτικές δηλώσεις. Το ολιστικό σύστημα, για παράδειγμα, όπως παρουσιάζεται στο έργο του Ludwig von Bertalanffy και του Gregory Bateson (το οποίο συνδέεται συχνά με την ιστορία των θεμελιωδών διακρίσεων μεταξύ του ανθρώπου και του ζώου και ακόμη και μεταξύ του οργανικού και του ανόργανου) θεμελίωσε τη θεωρητική σκέψη σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφόρων συστημάτων στον φυσικό κόσμο, κάτι που επηρέασε σημαντικά το οικολογικό κίνημα. Η ιδέα του Bateson για αυτό ολοκληρώνεται με έναν πνευματικό μονισμό (monism), όπου τονίζεται η ανάγκη για τους ανθρώπους να κατανοήσουν τους εαυτούς τους ως μέρος μιας αλληλένδετης αλυσίδας συστημάτων: από τα κύτταρα σε μεμονωμένους οργανισμούς, σε οικοσυστήματα, βιοσυστήματα, γεωσυστήματα και ούτω καθεξής, επισημαίνοντας ταυτόχρονα την ανάγκη για βιωσιμότητα του κάθε συστήματος.

Η θεωρία των συστημάτων γενικά είχε σημαντικές επιπτώσεις σε διάφορους τομείς της ζωής. Έχει αναπτυχθεί και εξελιχθεί στην εποικοδομητική επιστημολογία, στην τεχνητή νοημοσύνη και στη ρομποτική, και γενικότερα στον ψηφιακό πολιτισμό, στο οικολογικό κίνημα, στις θεωρίες του χάους και της πολυπλοκότητας, και έχει προωθηθεί από υποστηρικτές του ανθρωπιστικού, μεταανθρωπιστικού (posthuman) και διανθρωπιστικού (transhuman) κινήματος [16]. Έχει ποικίλα και πολύπλευρα αποτελέσματα και εξαιτίας αυτού του γεγονότος αποτελεί μια ιδιαίτερα πρόσφορη θεωρία για τον χώρο της υγείας και πιο συγκεκριμένα της ακουστικής υγείας λόγω του ιδιαίτερου χαρακτήρα της τελευταίας.

## 2.2 Συστημική προσέγγιση

Η συστημική προσέγγιση είναι μια τεχνική για την εφαρμογή μιας επιστημονικής προσέγγισης σε σύνθετα προβλήματα. Επικεντρώνεται στην ανάλυση και το σχεδιασμό του συνόλου και όχι ενός μεμονωμένου αντικειμένου ή μέρους. Επιμένει να εξετάσει ένα πρόβλημα στο σύνολό του, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πτυχές και όλες τις μεταβλητές, σε διαφορετικά επίπεδα (για παράδειγμα τεχνολογικά, κοινωνικά, φυσιολογικά). Η συστημική προσέγγιση αφορά στην εφαρμογή της συστημικής και κριτικής σκέψης, όμως δεν χρησιμοποιείται συχνά για την αντιμετώπιση διαφόρων προβλημάτων. Δεδομένου ότι η ανθρώπινη φύση έχει μια μη-συστημική προσέγγιση στον τρόπο αντιμετώπισης προβλημάτων, ο άνθρωπος τείνει να σκέφτεται τα ζητήματα από μια οπτική ή ένα σημείο αναφοράς, ακόμα και όταν έχει πολλαπλές οπτικές, που είναι μεμονωμένες, μη-τυποποιημένες απόψεις με τυχαία σειρά ανάλογα με τον παρατηρητή.

Η συστημική σκέψη μπορεί να χωριστεί σε συστημική (το να σκεφτόμαστε ένα σύστημα ως σύνολο) και συστηματική (το να εφαρμόζουμε ένα μεθοδολογικό τρόπο “βήμα-προς-βήμα” για να προσεγγίσουμε ένα θέμα) σκέψη. Η συστημική σκέψη θεωρείται ότι έχει τρία στάδια:

1. Ένα πράγμα που πρέπει να γίνει κατανοητό θεωρείται ότι αποτελεί μέρος ενός ή περισσότερων συνόλων, όχι ως ένα σύνολο που πρέπει να χωριστεί.
2. Κρίνεται απαραίτητη η κατανόηση του ευρύτερου συστήματος.
3. Το σύστημα προς κατανόηση πρέπει να εξηγηθεί ως προς το ρόλο ή τη λειτουργία του συστήματος που το περιέχει,

και δύο όψεις:

1. Ανάλυση: διαχωρισμός ενός περίπλοκου θέματος σε αρκετά μικρότερα θέματα και σκέψη για κάθε ένα από τα μικρότερα θέματα. Η ανάλυση μπορεί να θεωρηθεί ως προσέγγιση “από πάνω προς τα κάτω” (top-down approach) για τη σκέψη ενός θέματος και συνδέεται με τον René Descartes. Ονομάζεται και αναγωγισμός επειδή χρησιμοποιείται συχνά για να μειώσει ένα περίπλοκο θέμα σε μια σειρά από μικρότερα και απλούστερα θέματα.
2. Σύνθεση: Συνδυάζοντας δύο ή περισσότερες οντότητες σχηματίζεται μια πιο περίπλοκη οντότητα. Η σύνθεση μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω (bottom-up approach) για την σκέψη ενός θέματος.

Ακολουθώντας τη λογική της παραπάνω προσέγγισης, υπάρχει η τάση να χρησιμοποιηθούν βρόχοι ανάδρασης ή αιτιατότητας με συστήματα για την απεικόνιση των σχέσεων μέσα σε ένα σύστημα, ώστε να καθοριστούν κυρίως οι σχέσεις (και όχι τα μεμονωμένα αντικείμενα), τη συνδετικότητα, τη διαδικασία (παρά τη δομή), το σύνολο (και όχι τα μέρη του), τα πρότυπα (και όχι το περιεχόμενο) ενός συστήματος και του πλαισίου του, για την επίλυση προβλημάτων [17].

## 2.3 Επίλυση προβλημάτων

Η συστημική προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων βασίζεται κυρίως σε:

1. Οπτικοποίηση του προβλήματος με χρήση βρόχων αιτιότητας (causal loops) στους οποίους οι λύσεις εξελίσσονται, σε αντίθεση με τη μη-συστημική προσέγγιση της διαδικασίας επίλυσης ενός προβλήματος που είναι μια γραμμική διαδικασία που ξεκινάει από το πρόβλημα και καταλήγει στη λύση
2. Εξέταση της προβληματικής κατάστασης από διάφορες, περιμετρικές οπτικές για καλύτερη κατανόηση του προβλήματος
3. Ολιστική προσέγγιση του προβλήματος για την κατανόηση των αιτιών και των αρχικών συνθηκών που οδήγησαν σε ανεπιθύμητη κατάσταση/λειτουργία το σύστημα
4. Διαχωρισμό της αντικειμενικής και υποκειμενικής πολυπλοκότητας του προβλήματος και αφαίρεση της υποκειμενικής παραμέτρου.

Από τα παραπάνω στάδια, το πιο σημαντικό κομμάτι στη συστημική θεώρηση είναι η πολυ-επίπεδη αναγνώριση και προσέγγιση ενός προβλήματος από διαφορετικές

οπτικές αντίληψης των ζητημάτων και καταστάσεων ενός συστήματος. Η αναγνώριση διαφορετικών σημείων/επιπέδων προσέγγισης ενός ζητήματος βοηθάει στον προσδιορισμό των περιορισμών που μπορεί να εισάγει μια συγκεκριμένη οπτική και στην αλλαγή του πλαισίου αντιμετώπισης μιας κατάστασης, οδηγώντας σε νέες λύσεις. Στην εξέταση ή συζήτηση ενός αντικειμένου, όλες οι οπτικές θα πρέπει να απαριθμούνται, ώστε να υπάρχει μια ολιστική οπτική του συστήματος.

Η ολιστική προσέγγιση θεωρείται απαραίτητη δεδομένου ότι μια μονή οπτική μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά λάθη. Το παράδειγμα της ινδικής παραβολής των τυφλών ανδρών που αντιλαμβάνονται διαφορετικά τα μέρη ενός ελέφαντα, χωρίς να μπορέσουν να αντιληφθούν την πραγματική φύση του ζώου (Εικόνα 3), δείχνει ότι από τα αρχαία χρόνια οι άνθρωποι είχαν αναγνωρίσει τους περιορισμούς της αντίληψης και τη σημασία συνδυασμού διαφορετικών οπτικών για την κατανόηση ολόκληρου του πλαισίου και της πραγματικής φύσης για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος.

Μέσω μιας ολιστικής προσέγγισης εισάγονται ποσοτικά και εξελικτικά στοιχεία (χρονικά, γενικά και συνεχή) με σκοπό να διαχωριστούν τα γεγονότα από τις υποκειμενικές απόψεις και να παραχθεί ένα πλαίσιο υποστήριξης και οργάνωσης της πληροφορίας για διάφορες καταστάσεις από έρευνες και μελέτες με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολυνθεί η αποθήκευση και ανάκτηση των σχετικών με την κατάσταση πληροφοριών. Στην προσέγγιση αυτή τα παρακάτω εννιά στοιχεία μπορεί να προσφέρουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για ένα σύστημα (Εικόνα 4).

#### 1. Συνολική Εικόνα

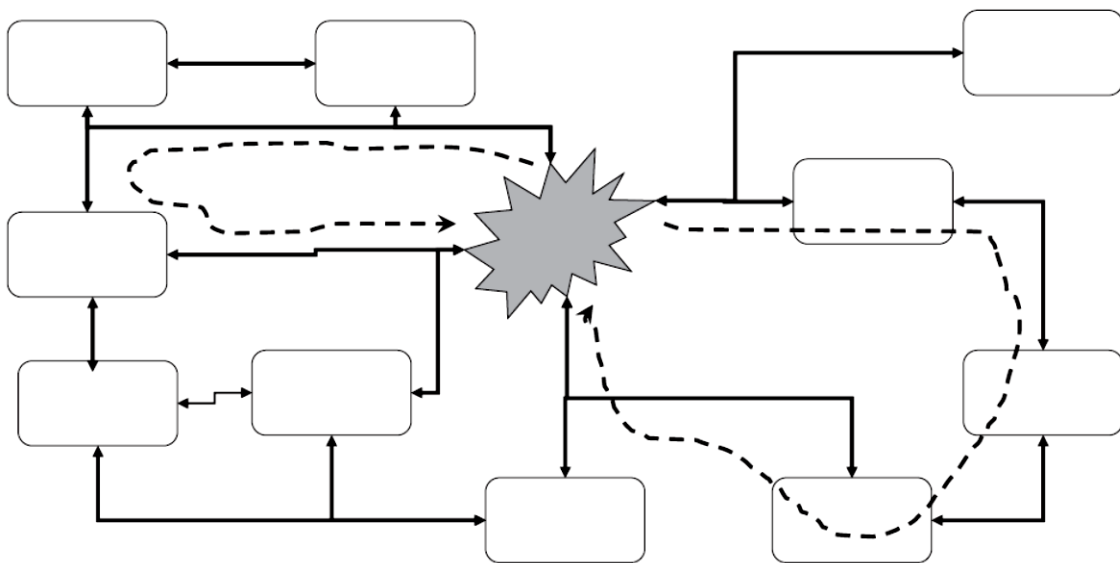
Περιλαμβάνει το περιεχόμενο, το σκοπό, το περιβάλλον και τις υποθέσεις γύρω από ένα σύστημα. Αποτελεί μια εξωτερική οπτική του συστήματος και δείχνει τα εξωτερικά όρια και τις υποθέσεις που σχετίζονται με αυτά, τις οντότητες με τις οποίες αλληλεπιδρά καθώς και το περιβάλλον στο οποίο υπάρχει. Υιοθετεί την οπτική ενός μετα-επιπέδου στην ιεραρχία των συστημάτων συμπεριλαμβάνοντας το υπο-ανάλυση σύστημα στο πλαίσιο του εμπεριεχόμενου συστήματος (περιβάλλον, προσκείμενα συστήματα, άμεσες και έμμεσες αλληλεπιδράσεις με άλλα συστήματα)

#### 2. Χρησιμότητα

Αντιστοιχεί σε μια προσέγγιση “μαύρου κουτιού”, και είναι μια εξωτερική οπτική του πως λειτουργεί ένα σύστημα βάσει της ήδη υπάρχουσας γνώσης για αυτό. Η χρησιμότητα παρέχει μια οπτική σχετικά με την κανονική και έκτακτη λειτουργία του συστήματος καθώς και των λειτουργιών υποστήριξης που εκτελούνται από ένα σύστημα. Τείνει επίσης να τεκμηριώνεται με τη μορφή των περιπτώσεων χρήσης, των εννοιών των λειτουργιών του συστήματος σε μορφές “να-είναι” (to-be) και “όπως-είναι” (as-is) καθώς και σε άλλες κατάλληλες μορφές.



Εικόνα 3 Οπτική αναπαράσταση της Ινδικής Παραβολής των τυφλών και του ελέφанта



Εικόνα 4 Συνολική Εικόνα Συστήματος [17]

### 3. Λειτουργικότητα

Είναι μια εσωτερική οπτική του τι κάνει το σύστημα και με ποιο τρόπο, ή αλλιώς μια προσέγγιση “άσπρου κουτιού”. Παρέχει μια άποψη των λειτουργιών ή των δραστηριοτήτων (και των σχέσεων μεταξύ τους) που εκτελούνται σε ένα σύστημα, χωρίς να αναφέρεται στα φυσικά στοιχεία του συστήματος που εκτελούν αυτές τις λειτουργίες. Μπορεί να είναι μια άποψη για το τι γίνεται ή για το πώς γίνεται, ανάλογα με το επίπεδο της επεξεργασίας του συστήματος.

### 4. Δομή

Αποτελεί μια εσωτερική οπτική που περιλαμβάνει την παραδοσιακή φυσική, τεχνική και αρχιτεκτονική οπτική ενός συστήματος. Μέσω της δομής παρέχονται οπτικές της ιεραρχίας, της δομικής αλληλεπίδρασης, της αρχιτεκτονικής των

μερών του συστήματος, τα όρια των εσωτερικών υποσυστημάτων, τις επιδράσεις στο σύστημα βάση της εσωτερικής του δομής, την οργάνωση των φυσικών και τεχνητών στοιχείων, τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα φυσικά στοιχεία και τα υποσυστήματα καθώς και το δίκτυο πληροφοριών εντός του συστήματος.

#### 5. Γενικότητα

Η γενικότητα είναι μια οπτική που αφορά την εξελικτική ικανότητα ενός συστήματος και την ομοιότητά του με άλλα συστήματα. Δίνει πληροφορίες σχετικά με την τάξη και τον τύπο του συστήματος και το θεωρεί σαν ένα παράδειγμα μιας τάξης συστημάτων από την οποία κληρονομεί επιθυμητές και ανεπιθύμητες λειτουργίες και ιδιότητες. Εμφανίζονται έτσι ομοιότητες του συστήματος με άλλα συστήματα από το ίδιο ή διαφορετικά πεδία και δίνεται η δυνατότητα αναγνώρισης συνδέσεων εκεί που δεν υπήρχαν, δημιουργία νέων ιδεών, κατανόησης αναλογιών και παραλληλισμών μεταξύ συστημάτων, υιοθέτησης προσεγγίσεων και αντιμετώπισης καταστάσεων με out-of-the-box τρόπο και χρήση αντιστοίχισης μοτίβων (pattern matching) και συγκριτικής αξιολόγησης (benchmarking).

#### 6. Συνεχές

Η αντίληψη του συστήματος ως εκδοχή πολλών εναλλακτικών αποτελεί επίσης μια εξελικτική οπτική του συστήματος. Η προσέγγιση αυτή εκφράζεται καλύτερα μέσω της θεωρίας του κβαντικού δαρβινισμού [18] όπου ένα σύστημα συνυπάρχει σε πολλές καταστάσεις αλλά τη στιγμή που το αντιλαμβανόμαστε γίνεται μη-συνεκτικό (decoherent) λόγω των αλληλεπιδράσεων του με το περιβάλλον και άλλα συστήματα. Υπό αυτό το πρίσμα υπάρχουν διαφορετικές οπτικές και προσεγγίσεις σε ένα πρόβλημα, οι αλλαγές που συμβαίνουν σε ένα σύστημα μπορεί να προκαλέσουν μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη και δεν είναι απαραίτητα βελτιωτικές, μπορεί να υπάρχουν πολλαπλές λειτουργίες και σκοποί σε ένα σύστημα, μπορεί να υπάρχουν περισσότερες μεταβλητές που επηρεάζουν ή όχι μια κατάσταση. Η λύση (ή το σύνολο των αποδεκτών λύσεων) για ένα πρόβλημα επομένως μπορεί να υπάρχει στο συνεχές ενός άλλου προβλήματος και να αποτελεί συνδυασμό διαφορετικών πραγμάτων και πληροφοριών από άλλα συστήματα

#### 7. Χρόνος

Η χρονική αντίληψη της παρελθοντικής, παρούσας και μελλοντικής κατάστασης του συστήματος δείχνει το δυναμικό χαρακτήρα που έχει ένα σύστημα για την επιβίωση του. Η συμπεριφορά ενός συστήματος στο παρελθόν μπορεί να το βοηθήσει στην αντιμετώπιση προβλημάτων στο μέλλον, ή στην υιοθέτηση/αντίσταση στην όποια αλλαγή για την επιβίωση του στο διηνεκές του χρόνου και την εξέλιξη του από την παρούσα κατάσταση.

#### 8. Ποσοτικοποίηση

Οτιδήποτε έχει να κάνει με αριθμητικά μεγέθη ή άλλες ποσοτικές πληροφορίες του συστήματος, την αναγνώριση και την ποσοτικοποίηση σχετικών και όχι απόλυτων δεδομένων για συγκρίσεις σε διάφορα επίπεδα αλλά και την χρήση



ιστορικών στοιχείων/δεδομένων και μετατροπή τους σε κριτήρια αποδοχής για την πρόβλεψη, διαχείριση και αποφυγή προβλημάτων

#### 9. Επιστήμη

Η προτυποποίηση των ιδεών και των παρεμβάσεων που εισήχθησαν από τα προηγούμενα στοιχεία που οδηγούν στη λύση ή πρόβλεψη του ζητήματος που σχετίζεται με το σύστημα και η αποτύπωση των αποτελεσμάτων από τις πληροφορίες που υπάρχουν στα προηγούμενα στοιχεία.

Ένα ενδεικτικό παράδειγμα όπου γίνεται χρήση όλων των παραπάνω στοιχείων είναι η προσέγγιση ενός αυτοκινήτου ως σύστημα. Υπάρχει για κάθε ένα από τα παραπάνω εννιά στοιχεία η παρακάτω αντιστοίχιση:

1. *Συνολική εικόνα*: Οδικό δίκτυο
2. *Χρηστικότητα*: Μεταφορά ατόμων, μετακίνηση αντικειμένων
3. *Λειτουργικότητα*: Εκκίνηση, παρκάρισμα, επιτάχυνση, επιβράδυνση, τρακάρισμα
4. *Δομή*: Αυτοκίνητο με πόρτες τροχούς, κινητήρα
5. *Γενικότητα*: Φορτηγό, τζιπ, συμβατικό αυτοκίνητο
6. *Συνεχές*: Διαφορετικού τύπου μηχανές
7. *Χρόνος*: Βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, υβριδικά, ηλεκτρικά
8. *Ποσοτικοποίηση*: χιλιόμετρα ανά ώρα, ίπποι, αριθμός επιβατών, τιμή
9. *Επιστήμη*: εξαρτάται από το πρόβλημα/ζήτημα [17].

Η παραπάνω προσέγγιση στην επίλυση ενός προβλήματος αποτελεί έναν τρόπο αλλαγής της οπτικής όσον αφορά τον τρόπο αντίληψης του κόσμου μας και μια νέα ενωτική προσέγγιση για την επιστήμη σε όλους τους κλάδους της. Οι ομοιότητες που υπήρχαν σε διαφορετικά πεδία της επιστήμης προσεγγίστηκαν από τον Bertalanffy στην προσπάθειά του να γενικευθούν τα συστήματα, χωρίς όμως να εγκαταλειφθούν οι γνωσιακές βάσεις που υπήρχαν στα διάφορα επιστημονικά πεδία. Σκοπός ήταν να υπάρχει μια θεωρία διεπιστημονική όπου κάθε πεδίο να συμβάλλει ώστε να δημιουργηθεί μια κοινή βάση μεθοδολογίας και γνώσης για όλα τα επιστημονικά πεδία ενώ ταυτόχρονα να ισχύουν οι αρχές του κάθε πεδίου.

## 2.4 Η έννοια του Γενικού Συστήματος

Η έννοια των συστημάτων στη βιολογία εισήχθη από τον Bertalanffy (1934) στα τέλη της δεκαετίας του 1920, μια έννοια η οποία έχει αναπτυχθεί αρκετά από τότε. Ξεκινώντας από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, οι μελετητές άρχισαν να δημιουργούν μια θεωρία των γενικών συστημάτων για να καθορίσουν ένα θεωρητικό υπόβαθρο για όλες τις προσεγγίσεις της ανάλυσης συστημάτων που αναπτύχθηκαν σε διάφορους κλάδους. Οδηγούμενη από τον Bertalanffy και υποστηριζόμενη από αρκετούς επιστήμονες, δημιουργήθηκε μια παγκόσμια κινητικότητα σχετικά με τη συστημική προσέγγιση η οποία συνεχίστηκε για αρκετές δεκαετίες.

Κατά τη διάρκεια της αναπτυξιακής πορείας του κινήματος αυτής της συστημικής προσέγγισης, πολλοί μελετητές από διαφορετικούς κλάδους προσπάθησαν να καθορίσουν πρώτα την έννοια των γενικών συστημάτων και στη συνέχεια να

εφαρμόσουν την έννοια και τη θεωρία βάσει αυτού του ορισμού ώστε να τη χρησιμοποιήσουν στην επίλυση προβλημάτων σε διάφορους ερευνητικούς τομείς. Οι τεχνικές δυσκολίες εισαγωγής ενός ιδανικού ορισμού για τα γενικά συστήματα, και κυρίως οι ανεπιτυχείς εφαρμογές της θεωρίας των γενικών συστημάτων [19], [20], έχουν δείξει ότι:

1. Ίσως να μην υπάρχει ένας ιδανικός ορισμός για γενικά συστήματα, επί του οποίου θα μπορούσε να αναπτυχθεί μια θεωρία γενικών συστημάτων, ώστε αυτή η θεωρία να χρησιμεύσει ως θεωρητικό θεμέλιο για όλες τις προσεγγίσεις της ανάλυσης συστημάτων που αναπτύχθηκαν σε διάφορους κλάδους.
2. Χωρίς έναν ιδανικό ορισμό των γενικών συστημάτων, η "θεωρία των γενικών συστημάτων" θα ήταν άνευ αντικειμένου. Σε αυτή την περίπτωση, με την έννοια της ανάλυσης των συστημάτων, η άσκοπη μεταφορά των αποτελεσμάτων από το ένα πεδίο στο άλλο δικαιολογεί την αμφισβήτηση της αξίας της "θεωρίας των γενικών συστημάτων".
3. Με βάση την ιστορική εμπειρία και την "αδικαιολόγητη αποτελεσματικότητα" των μαθηματικών [21], έχουν ήδη δημιουργηθεί αρκετοί ορισμοί γενικών συστημάτων από τις αρχές της δεκαετίας του 1960.

Έστω και αν η θεωρία των αφηρημένων γενικών συστημάτων έχει καθιερωθεί μέσω των προσπαθειών πολλών μελετητών η πραγματική πρόκληση δεν έχει αντιμετωπιστεί ακόμα. Αυτή η πρόκληση αφορά την εμφάνιση της ισχύος της έννοιας των γενικών συστημάτων και της θεωρίας τους μέσω της επίτευξης αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά δεν έχουν επιτευχθεί ή δεν μπορούσαν να επιτευχθούν χωρίς να χρησιμοποιηθούν η έννοια και η θεωρία της. Για να ανταποκριθεί στην πρόκληση αυτή ώστε να αναδειχθεί η ανάγκη και η δύναμη της ιδέας και της θεωρίας των γενικών συστημάτων, θεωρήθηκαν τα παρακάτω προβλήματα από τον Lin [6]:

- Υπάρχει απεριόριστη ή πεπερασμένη διαίρεση του υλικού κόσμου;
- Γιατί υπάρχει έλλειψη εντατικής μελέτης της έννοιας των συστημάτων μέχρι τώρα;
- Ορίζεται η έννοια ενός συστήματος με αντιφατικές σχέσεις;
- Υπάρχει ύπαρξη απόλυτων αληθειών και αδικαιολόγητης αποτελεσματικότητας των μαθηματικών;
- Ποιά είναι η φιλοσοφία της μαθηματικής μοντελοποίησης;
- Υπάρχει η ανάγκη μελέτης μιας θεωρίας εφαρμοσμένων συνόλων;
- Πώς είναι η πολυεπίπεδη δομή του κόσμου;
- Ισχύει ο νόμος της διατήρησης της ύλης-ενέργειας;
- Υπάρχει η υλική θεμελίωση της ανθρώπινης σκέψης;
- Ποιά είναι η προέλευση του σύμπαντος; και
- Υφίσταται η ανάγκη ανάπτυξης μαθηματικών πολλαπλών επιπέδων και της εφαρμογής τους στη θεωρία της σχετικότητας του Einstein;

Από τα παραπάνω ερωτήματα, φαίνεται ότι η μελέτη των γενικών συστημάτων επηρεάζει ολόκληρο το φάσμα της ανθρώπινης γνώσης. Το πώς θα γίνει αυτό έγκειται στη γνώμη και στη θέση κάθε μελετητή. Ανεξάρτητα από το πόσο καχύποπτοι μπορεί να είναι μερικοί μελετητές, η ιστορία θα συνεχίσει με τον δικό της ρυθμό. Για το σκοπό

αυτό, οι ιστορίες ανάπτυξης της θεωρίας των συνόλων του Cantor ή της θεωρίας της σχετικότητας του Einstein έχουν διδάξει ότι δεν θα γεννηθεί νέα θεωρία χωρίς να υποφέρει από υποψίες, προκαταλήψεις και κενά. Στην πραγματικότητα, η αντιμετώπιση των προκλήσεων και ο επαναπροσδιορισμός ή η ανανέωση είναι από τα σημαντικότερα κίνητρα για μια νέα θεωρία να μεγαλώσει, να ωριμάσει και να αποκτήσει μια θέση στην επιστημονική ιστορία.

#### 2.4.1 Η έννοια του Συστήματος

Τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά ενός συστήματος είναι η ενοποίηση των “απομονωμένων” αντικειμένων, οι σχέσεις ανάμεσά τους και η δομή των επιπέδων. Ένα σύστημα επομένως είναι ένα σύνολο συσχετιζόμενων στοιχείων που δουλεύουν μαζί για να επιτύχουν ένα κοινό στόχο ή λειτουργία. Για να οριστεί ένα σύστημα, πρέπει να υπάρχουν:

1. στοιχεία
2. συσχετίσεις
3. σκοπός ή λειτουργία

Τα στοιχεία είναι τα απομονωμένα μέρη ενός συστήματος και είναι συνήθως τα πιο εύκολα να εντοπιστούν σε μια συστημική προσέγγιση. Σε μια οικογένεια για παράδειγμα τα στοιχεία αποτελούνται από τα ξεχωριστά μέλη της οικογένειας αλλά και τα συναισθήματα και οι δεσμοί όπως η αγάπη, η πίστη, η αίσθηση του να ανήκεις κάπου.

Οι συσχετίσεις είναι ο λόγος που τα στοιχεία λειτουργούν μαζί και εξαρτώνται το ένα από το άλλο. Οι συσχετίσεις δεν έχουν μόνο υλικό χαρακτήρα αλλά και άυλο, ο οποίος συνδέεται με τη ροή πληροφορίας. Η ροή πληροφορίας σχετίζεται με τη λήψη αποφάσεων και δράσης σε ένα σύστημα. Στο παράδειγμα της οικογένειας, ένα παράδειγμα συσχέτισης είναι η συμπεριφορά των παιδιών μέσα στην οικογένεια βάσει της σχέσης τους με τα αδέρφια ή της αντίδρασης των γονιών τους. Αν υπάρχει μια καλύτερη σχέση του παιδιού με τη μητέρα για παράδειγμα, το παιδί θα πάει σε εκείνη να ζητήσει λεφτά για μια βραδινή έξοδο ή να πει αν πήρε κακό βαθμό σε ένα διαγώνισμα και όχι στον πατέρα. Σε ένα σύστημα επομένως δεν αρκεί η γνώση του προβλήματος για τη λήψη μιας απόφασης, αλλά και ο θετικός ή αρνητικός αντίκτυπος μιας αλλαγής εντός ή εκτός του συστήματος, καθώς και τί επιδράσεις θα επιφέρει μια απόφαση, ή τί πληροφορία και υλικό μπορεί να χρειαστούν. Όσο περισσότερο κατανοητές είναι οι συσχετίσεις ενός συστήματος, τόσο ευκολότερα οδηγείται κανείς στα επιθυμητά αποτελέσματα.

Ο σκοπός ή η λειτουργία ενός συστήματος σχετίζεται άμεσα με την ανάγκη του συστήματος να επιβιώσει. Αρκετές φορές ο σκοπός ή η λειτουργία δεν είναι εύκολο να αναγνωριστούν απευθείας. Για αυτό το λόγο, ο καλύτερος τρόπος αναγνώρισης και κατανόησης του σκοπού ή της λειτουργίας ενός συστήματος είναι η παρακολούθηση του συστήματος όταν αυτό είναι σε λειτουργία και η συμπεριφορά του σε βάθος χρόνου. Ένα σύστημα μπορεί να έχει πολλαπλούς σκοπούς ή λειτουργίες και μπορεί ακόμα κάποιες από αυτές τις λειτουργίες να είναι ανεπιθύμητες ή ηθελημένα διατηρητέες από τα στοιχεία του. Στην περίπτωση που ένα σύστημα αποτελείται από υποσυστήματα, οι

Ξεχωριστοί σκοποί των υποσυστημάτων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αρμονική λειτουργία του συστήματος.

Όλα τα παραπάνω δομικά στοιχεία ενός συστήματος είναι εξίσου σημαντικά για την επιτυχή επιβίωση του συστήματος. Εντούτοις, ο σκοπός ενός συστήματος, που είναι και το πιο δύσκολο κομμάτι να αναγνωριστεί, έχει τις μεγαλύτερες επιδράσεις στο σύστημα, σε αντίθεση με τις όποιες αλλαγές στα στοιχεία ή στις συσχετίσεις των στοιχείων που το αποτελούν.

#### 2.4.2 Ιστορική Αναδρομή

Η ιδέα των συστημάτων εμφανίστηκε τουλάχιστον από την εποχή των Ιώνων (624-500 π.Χ.) οι οποίοι στην αναζήτηση της τάξης υιοθέτησαν μια φυσική και υλιστική τάση. Αναζήτησαν αιτίες και εξηγήσεις από την άποψη της αιώνιας διεργασίας των ίδιων των πραγμάτων και όχι από οποιαδήποτε θεϊκή, μυθολογική ή υπερφυσική παρέμβαση. Αναζητώντας μια ενιαία βασική πραγματικότητα, κάθε Ίωνας πίστευε ότι όλα τα πράγματα έχουν την προέλευσή τους σε ένα γνωστό στοιχείο: το νερό, τον αέρα, τη φωτιά ή κάποια απροσδιόριστη, νεφελώδη ουσία.

Ιστορικά, η ιδέα των συστημάτων έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς μεγάλους στοχαστές στην προσπάθειά τους να μελετήσουν διαφορετικά προβλήματα. Για παράδειγμα, η δήλωση του Αριστοτέλη " το όλον είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των μερών του" θα μπορούσε να είναι ένας πρώιμος ορισμός ενός βασικού συστημικού προβλήματος. Ο Nicolaus Cusanus εισήγαγε την έννοια της "συνυπάρχουσας αντιπολίτευσης". Η ιεραρχία των μονάδων του Leibniz μοιάζει με αυτή των σύγχρονων συστημάτων. Ο Gustav Fechen, γνωστός ως ο συγγραφέας του ψυχοφυσικού νόμου, επεξεργάστηκε τις υπερ-αντιπροσωπευτικές (supraindividual) οργανώσεις ανώτερης τάξης αντί των συνηθισμένων αντικειμένων παρατήρησης, αναμένοντας τα σύγχρονα οικοσυστήματα [13].

Ο Bertalanffy [7] έδωσε όμως μια νέα έννοια στον όρο "σύστημα":

Δεδομένου ότι ο θεμελιώδης χαρακτήρας του ζωντανού είναι η οργάνωσή του, η συνήθης έρευνα των μεμονωμένων μερών και διαδικασιών δεν μπορεί να δώσει μια πλήρη εξήγηση για τα ζωτικά φαινόμενα. Αυτή η έρευνα δεν μας δίνει πληροφορίες σχετικά με το συντονισμό των μερών και των διαδικασιών. Έτσι, το κύριο καθήκον της βιολογίας πρέπει να είναι η ανακάλυψη των νόμων των βιολογικών συστημάτων (σε όλα τα επίπεδα της οργάνωσης). Πιστεύουμε ότι οι προσπάθειες να βρεθεί μια βάση για τη θεωρητική βιολογία δείχνουν μια θεμελιώδη αλλαγή στην παγκόσμια εικόνα. Αυτή την άποψη, θεωρούμενη ως μέθοδος έρευνας, θα την αποκαλούμε "οργανική βιολογία" και, ως απόπειρα επεξήγησης, "τη θεωρία του συστήματος του οργανισμού".

Για να δημιουργηθεί μια θεωρητική θεμελίωση για όλες τις προσεγγίσεις της ανάλυσης συστημάτων, που αναπτύχθηκαν σε διάφορους κλάδους, ο Mesarovic, στις αρχές της δεκαετίας του 1960, εισήγαγε τον μαθηματικό ορισμό των (γενικών) συστημάτων, βασισμένων στη θεώρηση του Cantor [22] ως εξής:

Το (γενικό) σύστημα  $S$  είναι μια σχέση σε μη κενά σύνολα  $V_i$ :

$$S \subseteq \prod \{V_i : i \in I\} \quad (2.1)$$

όπου το  $I$  είναι ένα σύνολο δείκτης (index set).

Αυτή η δομή των γενικών συστημάτων αντικατοπτρίζεται στην ενοποίηση των "απομονωμένων" αντικειμένων, τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων και τη δομή των στρωμάτων. Τα στοιχεία στα μη κενά σύνολα  $V_i, i \in I$ , είναι τα αντικείμενα του συστήματος, ενώ το  $S$  αντιπροσωπεύει μια σχέση μεταξύ αντικειμένων, όπου τα στοιχεία των συνόλων  $V_i, i \in I$  θα μπορούσαν να είναι και συστήματα. Χρησιμοποιώντας αυτή την ιδέα των επιπέδων επαγωγικά, μπορεί ναδειχθεί ότι ένα στοιχείο  $S_1$  του  $S$  θα μπορούσε να είναι ένα σύστημα, ένα στοιχείο  $S_2$  του συστήματος  $S_1$  θα μπορούσε να είναι ένα σύστημα κ.ο.κ. Σε αυτό το σημείο, προκύπτει ένα ερώτημα: Μπορεί αυτή η διαδικασία να συνεχιστεί για πάντα; Εάν η απάντηση είναι "ναι", τότε "ο κόσμος θα είναι άπειρα διαιρέσιμος", ενώ εάν η απάντηση είναι "όχι", τότε ο κόσμος είναι κατασκευασμένος από θεμελιώδη στοιχεία:

- Η ιδέα ότι ο κόσμος είναι άπειρα διαιρετός μπορεί να βρεθεί στη φιλοσοφία του Αναξαγόρα (510-428 π.Χ.). Ο Αναξαγόρας είχε την δική του θεωρία, στην οποία υποστηριζόταν ότι όλα στη φύση αποτελούνται από μικροσκοπικά στοιχεία (σπέρματα) που δεν μπορούν να ειδωθούν με γυμνό μάτι και που μπορούν να χωριστούν σε ακόμα μικρότερα στοιχεία. Δεν ήταν πρόθυμος να ανάγει τις τεράστιες ποικιλίες των πραγμάτων σε οποιονδήποτε κοινό παρονομαστή και προτιμούσε να αποδεχθεί την άμεση ποικιλομορφία των πραγμάτων όπως είναι. Με τη φιλοσοφία του, κάθε αντικείμενο είναι απείρως διαιρούμενο. Δεν έχει σημασία πόσο πολύ ένα αντικείμενο είναι διαιρεμένο, αυτό που απομένει έχει τα χαρακτηριστικά της αρχικής ουσίας.
- Η αντίθετη ιδέα ότι ο κόσμος αποτελείται από θεμελιώδη σωματίδια εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του 500-55 π.Χ., όπου το άτομο των Λεύκιππου-Δημόκριτου συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του ιωνικού στοιχείου, των σπόρων του Αναξαγόρα και κάποιες σκέψεις άλλων σχολών και τα βελτιώνει. "Άτομο" σημαίνει " αυτό που δεν διαιρείται". Ο όρος αυτός επιλέχθηκε εκ προθέσεως από τον Δημόκριτο για να τονίσει ένα σωματίδιο τόσο μικρό που δεν μπορούσε πλέον να χωριστεί. Για τον Λεύκιππο και τον Δημόκριτο, το σύμπαν αρχικά και βασικά συνίστατο εξ ολοκλήρου από άτομα και ένα "κενό" στο οποίο μετακινούνται τα άτομα.

Λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεξάρτηση μεταξύ των συστημάτων υπό μελέτη και ορισμένων περιβαλλόντων των συστημάτων, ο Bunge [23] έδωσε το παρακάτω μοντέλο συστημάτων:

Για το μη κενό σύνολο  $T$ , η ταξινομημένη τριπλέτα  $W = (C, E, S)$  είναι ένα σύστημα πάνω από το  $T$  αν και μόνο αν τα  $C$  και τα  $E$  είναι αμοιβαία ξένα υποσύνολα του  $T$  και το  $S$  είναι ένα μη κενό σύνολο των σχέσεων στο  $C \cup E$ , όπου το  $C$  και το  $E$  ορίζονται ως μια σύνθεση και ένα περιβάλλον του συστήματος  $W$ , αντίστοιχα.

Η φιλοσοφική αντίληψη των γενικών συστημάτων που εισήχθη από τον Klir [24], αναφέρει: “ένα σύστημα είναι αυτό που διακρίνεται ως σύστημα”. Θεωρητικά, ο ορισμός του Klir περιέχει την πιο γενική έννοια της έννοιας των συστημάτων που αρχικά διαμόρφωσε ο Bertalanffy. Επιπλέον, από το 1976, μελετήθηκαν από τον Χιουμου Wu [25] πολλές διαφορετικές θεωρίες, με το όνομα “ransystems” ή “πανσυστήματα”. Η ανάλυση αυτή αποτελεί μια νέα έρευνα πολλαπλών επιπέδων σε όλους τους κλάδους. Η θεωρία της ασχολείται με γενικά συστήματα, σχέσεις, συμμετρία, μετασχηματισμό, γενικευμένο λογισμό και shengke (που σημαίνει επιβίωση και καταστροφή), που αποκαλούνται οι εμφάσεις των πανσυστημάτων. Με βάση την έρευνα αυτών των εμφάσεων, η θεωρία συνδυάζει τη φιλοσοφική λογική, τη μαθηματική λογοτεχνία και τις μηχανικές δομές σε ένα στέρεο σώμα γνώσης.

Στενά συνδεδεμένα με τη θεωρία των συστημάτων είναι οι παρακάτω ερωτήσεις:

1. Ποιο είναι το νόημα ενός συστήματος με δυο αντικρουόμενες σχέσεις ως το σύνολο σχέσεων, για παράδειγμα  $\{x > y, x \leq y\}$
2. Πως μπορούμε να ξέρουμε αν υπάρχουν αντικρουόμενες σχέσεις σε υπάρχοντα πραγματικά συστήματα;

Σύμφωνα με τον ορισμό που έδωσε ο Klir, δεν μπορούν να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα. Βάσει αυτού, το θεώρημα της μη πληρότητας του Gödel δείχνει ότι είναι αδύνατο να δείξουμε αν είναι συνεπής η συστημική αναπαράσταση των μαθηματικών, αναπτυγμένη στο αξίωμα της επιλογής ZFC (Zermelo-Fraenkel Choice). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι υπάρχουν συστήματα όπως για παράδειγμα το σύστημα του συνόλου θεωρίας ZFC, έτσι ώστε να μην είναι γνωστό αν προτάσεις με αντικρουόμενες σημασίες υπάρχουν ή όχι, κάτι το οποίο σημαίνει ότι ίσως να μην είναι όλα τα συστήματα συνεκτικά ή ότι πιθανόν κάποιο σύστημα να έχει αντικρουόμενες σχέσεις.

Μεταφέροντας το παράδοξο του Russell στη γλώσσα της θεωρίας συστημάτων, δημιουργείται η παρακάτω αληθής πρόταση:

Δεν υπάρχει ένα σύστημα του οποίου το σύνολο αντικειμένων αποτελείται μόνο από συστήματα, όπου το  $S$  είναι ένα σύστημα, εάν και μόνο αν το  $S$  είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος  $(M, R)$  συνόλων έτσι ώστε το  $R$  να είναι ένα σύνολο κάποιων σχέσεων ορισμένων στο σύνολο  $M$ .

Τα στοιχεία του  $M$  καλούνται αντικείμενα του  $S$ . Τα σύνολα  $M$  και  $R$  καλούνται σύνολο αντικειμένων και σύνολο σχέσεων του  $S$  αντίστοιχα. Για κάθε δοσμένο σύνολο  $S = (M, R)$  κάθε σχέση  $r \in R$  μπορεί να κατανοηθεί ως μια αλήθεια στο  $S$ . Δηλαδή το  $r$  ισχύει ανάμεσα στα αντικείμενα του  $S$ . Κατ’ αυτόν τον τρόπο, το παράδοξο του Russell υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει καμία δήλωση ή σχέση που να περιγράφει ένα γεγονός ανάμεσα σε όλα τα συστήματα. Εάν οποιαδήποτε δομή στον κόσμο μπορεί να μελετηθεί ως σύστημα, όπως δηλώνει ο ορισμός του Klir, το παράδοξο του Russell δείχνει ότι δεν υπάρχει μια παγκόσμια ή απόλυτη αλήθεια. Κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται στον κόσμο των μαθηματικών διότι κανένα θεώρημα δεν ισχύει σε όλα τα αξιωματικά συστήματα [26].

Ο René Descartes (1596-1650) και ο Galileo Galilei (1564-1642) ανέπτυξαν ξεχωριστά τις παρακάτω μεθόδους για την επιστημονική έρευνα και διαχείριση: διαίρεση του

προβλήματος υπό εξέταση σε όσο το δυνατόν περισσότερα τμήματα, μελέτη του κάθε απομονωμένου τμήματος και απλοποίηση του πολύπλοκου φαινομένου σε βασικά μέρη και διαδικασίες. Και οι δυο μέθοδοι έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές τόσο στην έρευνα του βασικού θεωρητικού μέρους όσο και στο εργαστηριακό μέρος. Ταυτόχρονα, λόγω της τάσης της σύγχρονης επιστήμης προς τη σύνθεση και την ταχύτατη ανάπτυξη της σύγχρονης τεχνολογίας, όλο και περισσότεροι επιστήμονες και διαχειριστές αναγκάζονται να μελετούν προβλήματα με πολλές αλυσίδες αιτίων-αποτελέσματος (δηλ. συστήματα). Μερικά παραδείγματα είναι το πρόβλημα των πολλών σωμάτων στη μηχανική και η δομή του σώματος των έμβιων οργανισμών (αλλά όχι τα σωματίδια που συνθέτουν τους έμβιους οργανισμούς). Στη μελέτη τέτοιων προβλημάτων, οι μέθοδοι του Descartes και του Galileo πρέπει να τροποποιηθούν κάπως, επειδή οι μέθοδοι τους δίνουν έμφαση στο διαχωρισμό του προβλήματος και του φαινομένου που εξετάζεται σε μεμονωμένα μέρη και διαδικασίες. Αλλά σύμφωνα με τον Bertalanffy, θα πρέπει να αναγνωριστεί ότι ολόκληρος ο κόσμος δεν είναι ένα σύνολο αμέτρητων απομονωμένων "τμημάτων" και κανένα πρακτικό πρόβλημα και φαινόμενο δεν μπορεί να περιγραφεί απόλυτα από μία μόνο αλυσίδα αιτίας-αποτελέσματος. Ο βασικός χαρακτήρας του κόσμου είναι η οργάνωσή του και η σύνδεση μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού των διαφορετικών πραγμάτων. Έτσι, το κύριο καθήκον της σύγχρονης επιστήμης πρέπει να είναι μια συστημική μελέτη του κόσμου [16].

## 2.5 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση σχετικά με την Εφαρμογή της Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων στο Χώρο της Υγείας

### 2.5.1 Αφορμή Ανασκόπησης

Οι υποκείμενες αρχές ΓΘΣ θα πρέπει να φαίνονται πλήρως εύληπτες στους σχετικούς με τα Συστήματα κλάδους. Στο ερευνητικό πεδίο όμως, υπάρχει περιορισμένη προσοχή σε θέματα σχετικά με την εφαρμογή της ΓΘΣ στον κλάδο της Υγείας. Θεωρητικά μοντέλα που έχουν εφαρμοσθεί στην ΓΘΣ μπορούν να δώσουν στοιχεία για μια πιο ολιστική προσέγγιση σε θέματα και προβλήματα που αφορούν την υγεία, συμπεριλαμβανομένων του κλάδου της ψυχολογίας και της φαρμακολογίας. Η αποτυχία των γραμμικών μοντέλων και των απλουστευτικών προσεγγίσεων να εξηγήσουν τα αποτελέσματα των υπό μελέτη μεταβλητών για ασθενείς σε διάφορες περιπτώσεις (π.χ. νευροεκφυλιστικές και μυοσκελετικές παθήσεις) έδωσε το έναυσμα στους ερευνητές να ψάξουν αλλού για εξηγήσεις.

Η ΓΘΣ και τα πιο ευρέως διαδεδομένα παράγωγά της, το Βιοψυχοκοινωνιολογικό (ΒΨΚ) μοντέλο και η Βιολογία Συστημάτων, άνοιξαν το δρόμο για τέτοιου είδους προσπάθειες. Η ενοποίηση της συστημικής μορφολογίας υπό το πλαίσιο της ΓΘΣ, σέβεται ταυτόχρονα τις διαφορετικές επιστημονικές προσεγγίσεις και τονίζει τη δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Αυτή η εννοιολογική προσέγγιση των αλληλοσχετίσεων ανάμεσα σε μεταβαλλόμενα συστήματα του φυσικού κόσμου, που εκτείνονται από τις φυσικές και τις βιολογικές έως τις κοινωνικές επιστήμες, δίνει έμφαση στην ανάγκη του ανθρώπου να καταλάβει ένα σύστημα με ολιστικό τρόπο.

Καθώς ο κλάδος της υγείας μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέγα-σύστημα [27]–[29] που αποτελείται από υποσυστήματα, η ΓΘΣ παρέχει νέες δυνατότητες αντιμετώπισης πολλαπλών προκλήσεων που προκύπτουν όχι μόνο σε μικρο-επίπεδο (π.χ. νοσοκομείο), αλλά και σε μέσο- (π.χ. χώρα) και μακρο- (π.χ. κόσμος) επίσης. Ειδικά τα τελευταία χρόνια που η ανάπτυξη της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων (big data) και υπολογιστικών μοντέλων [30] και της πληροφορικής δημόσιας υγείας ([31] προσεγγίζουν την υγεία από προσωπική και πληθυσμιακή οπτική ταυτόχρονα, η εφαρμογή της ΓΘΣ θεωρείται παραπάνω από πολλά υποσχόμενη. Είναι επομένως ασφαλές το συμπέρασμα ότι μία αναμόρφωση και αναδιάρθρωση του τομέα της υγείας με πιο συστημικό τρόπο θα λάβει χώρα τα επόμενα χρόνια.

### 2.5.2 Στόχοι και Ερευνητικό Ερώτημα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης

Δεδομένης της προαναφερθείσας οπτικής, σκοπός της ανασκόπησης ήταν να εξετάσει αν η ΓΘΣ έχει παίξει ενεργό ρόλο στον τομέα της υγείας και αν έχουν εφαρμοσθεί πλαίσια σχετιζόμενα με τη ΓΘΣ, είτε σε θεωρητικό είτε σε πρακτικό επίπεδο. Επομένως, διεξήχθη μια συστημική ανασκόπηση βιβλιογραφίας ώστε να καθοριστεί το αν και πώς η ΓΘΣ έχει εφαρμοστεί στον τομέα υγείας τα τελευταία δέκα χρόνια.

Το βασικό ερευνητικό ερώτημα της μελέτης αυτής ήταν να αξιολογηθεί η εφαρμογή της ΓΘΣ, εάν και εφόσον υπάρχει, στον κλάδο της υγείας και να αναγνωριστούν οι περιορισμοί και οι θετικές διαστάσεις της πρακτικής εφαρμογής μέσω της ερευνητικής μεθοδολογίας που ακολουθείται κατά την εφαρμογή της.

### 2.5.3 Μεθοδολογία

#### Στρατηγική Αναζήτησης

Μία ηλεκτρονική αναζήτηση διεξήχθη τον Απρίλιο του 2019 σε τρεις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τους καθορισμένους όρους ("*general systems theory*" ΚΑΙ "*health*") στο πεδίο αναζήτησης κάθε μίας ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων. Αποφεύχθηκε η χρήση άλλων λογικών τελεστών (π.χ. 'Η) λόγω της γενικής φύσης των εννοιών που χρησιμοποιήθηκαν. Το εύρος ετών ορίστηκε από το 2009 μέχρι το 2019 (τα τελευταία 10 χρόνια στη βάση δεδομένων της PubMed) και δεν εφαρμόσθηκαν άλλοι περιορισμοί.

#### Πηγές δεδομένων

Οι ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων των PubMed, IEEEExplore και ScienceDirect αναγνωρίστηκαν ως οι κύριες πηγές δεδομένων. Άλλες ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων όπως αυτές των ACM Digital Library και Cochrane, εξετάσθηκαν αλλά επέφεραν μηδέν και ένα αποτελέσματα αντιστοίχως. Με το τελευταίο αποτέλεσμα να έχει ήδη ταυτοποιηθεί στην PubMed, αποκλείστηκαν και οι δυο βάσεις δεδομένων από την ανασκόπηση.



## Ανάλυση δεδομένων

Μετά τη συλλογή των αποτελεσμάτων της ηλεκτρονικής έρευνας, ακολουθήθηκαν οι οδηγίες PRISMA [32] για τη διεξαγωγή μιας συστημικής ανασκόπησης βιβλιογραφίας. Αντίγραφα, άρθρα που δεν ήταν στην αγγλική γλώσσα, καθώς επίσης και μη διαθέσιμα άρθρα, αφαιρέθηκαν. Η διαθεσιμότητα των άρθρων καθορίστηκε από την πρόσβαση που παρείχε το πλαίσιο του Συνδέσμου Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (HEAL). Μετά από μία πρώτη ανάλυση του τίτλου και της περίληψης του κάθε άρθρου, πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση σε ολόκληρο το κείμενο των υπολειπόμενων δημοσιεύσεων. Σε αυτήν την ανασκόπηση εντοπίστηκαν άρθρα τα οποία δεν ήταν σχετιζόμενα με τον κλάδο της υγείας, και επομένως αφαιρέθηκαν. Τα τελικώς επιλεγμένα άρθρα απαρτίζουν το κύριο σώμα της ανασκόπησης. Μια τελική ανάλυση ολόκληρου του κειμένου πραγματοποιήθηκε ύστερα σε αυτά, ώστε να αξιολογηθούν αναφορικά με το ερευνητικό ερώτημα (Εικόνα 5).

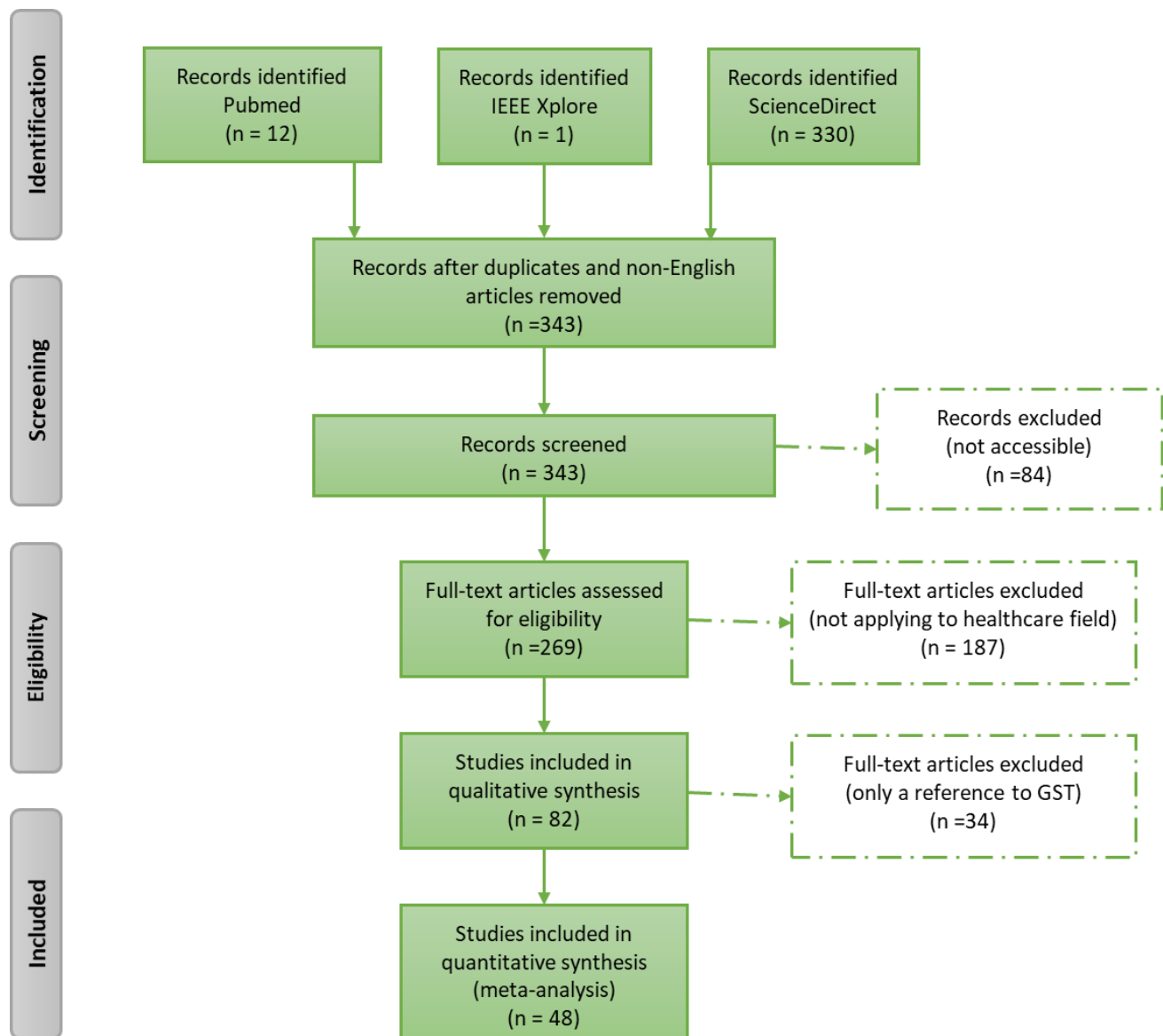
### 2.5.4 Επιλογή και χαρακτηριστικά ερευνών

Οι ακόλουθες έρευνες εξετάστηκαν διεξοδικά για την εξαγωγή των βασικών χαρακτηριστικών τους. Δόθηκε έμφαση στο να αναγνωρισθεί αν έχει υπάρξει πρακτική εφαρμογή της ΓΘΣ και σε ποιον κλάδο υγείας. Θεωρητικές προσεγγίσεις της ΓΘΣ αναγνωρίστηκαν επίσης, όμως δεν ήταν στο πλαίσιο αυτής της ανασκόπησης να τις περιγράψει περαιτέρω. Τα άρθρα που παρουσιάζονται εφεξής διαχωρίζονται με βάση το συσχετιζόμενο τομέα υγείας.

#### Έννοιες σχετιζόμενες με την υγεία

Στη δουλειά των Seiging και Limberg [33] παρουσιάστηκε μία ιστορική οπτική όσον αφορά την επιρροή της ΓΘΣ στις ιατρικές επιστήμες. Το πιο σημαντικό συμπέρασμα αυτής της δημοσίευσης είναι η “ασαφοποίηση (fuzzification) της κατάστασης υγείας” και η προσπάθεια να εκφραστούν οι έννοιες της υγείας, της ασθένειας, της πάθησης και του νοσήματος με ασαφή συστημικό τρόπο.

Μία συστημική-βιολογική πλατφόρμα για ολόκληρο το σώμα, ελαφρώς βασισμένη στη ΓΘΣ παρουσιάζεται στην έρευνα [34]. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα παρουσιάστηκε με σκοπό να εκμοντερνίσει την παραδοσιακή Κινεζική ιατρική και να εξηγήσει το θεωρητικό της πλαίσιο με έναν πιο βασιζόμενο σε ενδείξεις (evidence-based) τρόπο. Ωστόσο, οι συγγραφείς αναγνώρισαν μία τεράστια πρόκληση όσον αφορά το πού και πώς θα στήσουν την πλατφόρμα τους για να εξυπηρετήσει το σκοπό τους.



Εικόνα 5 Διάγραμμα ροής για την επιλογή των δημοσιεύσεων

Στο [35] χρησιμοποιήθηκε η βιολογία συστημάτων (ένα πλαίσιο βασισμένο στη ΓΘΣ) από τους Sobradillo και τους συνεργάτες του για να προωθηθεί το P4 (personalized, predictive, preventive and participatory), ένα εξατομικευμένο, προγνωστικό, προληπτικό και συμμετοχικό φάρμακο, καθώς κατά τα λεγόμενα των συγγραφέων "αυτή η ολιστική ή σφαιρική προσέγγιση, επιτρέπει να κατανοηθούν οι λειτουργίες των βιολογικών συστημάτων (διαδικασίες) και να ερευνηθούν ενδελεχώς το πώς οι αλληλεπιδράσεις τους, τόσο εσωτερικά όσο και με άλλα συστήματα, συντελούν στην εμφάνιση νεοσύστατων ιδιοτήτων". Η θεωρητική βάση για το P4 εξηγήθηκε με σκοπό να προετοιμαστεί το έδαφος για αυτό με έναν πιο ποσοτικό και μοντελοποιημένο τρόπο.

Στην έρευνα της Vega [36], τα συστήματα πληροφοριών υγείας και οι ηλεκτρονικοί φάκελοι υγείας μελετήθηκαν σύμφωνα με ορολογία της ΓΘΣ, δεδομένου ότι θεωρούνται υπό-συστήματα του συστήματος υγείας. Μία γενική μεθοδολογία πάνω στην εξέταση της διαλειτουργικότητας των συστημάτων πληροφοριών υγείας αναλύθηκε και περιεγράφηκε πλήρως, έτσι ώστε να παράσχει τις απαραίτητες έννοιες. Αυτές χρησιμοποιήθηκαν με τη σειρά τους για να περιγραφεί αποτελεσματικά και εκτεταμένα η διαλειτουργικότητα του πλαισίου των συστημάτων πληροφοριών υγείας και να αναγνωριστούν μοτίβα αλληλεπίδρασης για μία γενικευμένη δοκιμαστική αρχιτεκτονική συστήματος.

Στην έρευνά του Costa [37] προτείνεται ένας αλγόριθμος για να υποστηρίξει την εφαρμογή μιας θεώρησης σε συστημικό επίπεδο (βασιζόμενο στη ΓΘΣ) στην κλινική έρευνα και την εφαρμογή της στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Ο αλγόριθμος αυτός εκφράστηκε μέσω μιας απλουστευμένης εξίσωσης, όπου αναφέρεται ότι “η πολλαπλασιαστική αλληλεπίδραση της προσωπικής γονιδιωματικής επί της συστημικής παθολογίας δίνει ένα εξατομικευμένο, προγνωστικό, ακριβές, προληπτικό και επομένως συμμετοχικό φάρμακο”.

Στην έρευνα του Ravenek και των συνεργατών του [38], η ΓΘΣ χρησιμοποιείται για να συνδέσει τα δομικά στοιχεία του πλαισίου της International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) για να απεικονίσει καλύτερα της αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα. Δομικά στοιχεία της ICF όπως η διαδραστικότητα, η πολυδιάσταση, η ολιστική, η μη-γραμμικότητα, η ροή και η αυτοοργάνωση ευθυγραμμίζονται με το πλαίσιο της ΓΘΣ. Η ΓΘΣ χρησιμοποιήθηκε για να απεικονίσει τη δυναμική ικανότητα και να βελτιώσει την ικανότητα του πλαισίου της ICF έτσι ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει τις ανησυχίες, την κριτική και τα θέματα που προέκυψαν αναφορικά με προηγούμενη ερμηνεία του.

Στην έρευνα των Joly και Rondo [39] προτάθηκε μία προσέγγιση συστημικής θεώρησης για την αντιμετώπιση προβλημάτων βιοπληροφορικής και βιοϊατρικής, καθώς η πολυπλοκότητα είχε αυξηθεί με το πέρασμα των ετών, καταλήγοντας στο ότι η δημόσια υγεία προσφέρει στον πραγματικό κόσμο το πλαίσιο για την ενσωμάτωση μοριακών, φυσιολογικών και περιβαλλοντικών οπτικών στην ανθρώπινη υγεία. Κατανοώντας τις διαδικασίες και τις αλληλεπιδράσεις μέσα στον κλάδο, οι προσεγγίσεις πολύπλοκης θεώρησης προσφέρουν αξιοπιστία σε επαληθεύσιμες υποθέσεις και ανάπτυξη πιο εξελιγμένων υπολογιστικών λύσεων.

Στην έρευνα των Santolini και των συνεργατών του [40] παρουσιάστηκε το πλαίσιο Redox, ένα εννοιολογικό πλαίσιο εμπνευσμένο από τη ΓΘΣ και βασισμένο στην ανταλλαγή ηλεκτρονίων για να εξηγηθεί “ένα πολυεπίπεδο σύστημα στο οποίο ανταλλάσσονται ενδο/εσωκυτταρικές και εσω-οργανικές διαδικασίες απαραίτητες για την αίσθηση και προσαρμογή” των ζωντανών οργανισμών. Θεωρήθηκε από τους συγγραφείς ότι ένα τέτοιο πλαίσιο μπορεί να εξηγήσει καλύτερα τις μεταβολικές οδούς και την κυτταρική βιοενέργεια για την κατάσταση Redox του ανθρωπίνου σώματος σε μια πολυεπίπεδη ολιστική προσέγγιση συστημικής βιολογίας.

## Ψυχική Υγεία

Στην έρευνα των Fujino και Okamura [41] αναπτύχθηκε μια διατμηματική μελέτη βασισμένη στη θεωρία συστημάτων οικογένειας (η οποία με τη σειρά της βασίζεται στη ΓΘΣ) για να ερευνηθούν χαρακτηριστικά όπως η ακεραιότητα και η κυκλική αιτιότητα στις οικογένειες με μέλη που πάσχουν από ψυχικές ασθένειες. Τα αποτελέσματά τους, από την οπτική της θεωρίας συστημάτων οικογένειας, υπέδειξαν παράγοντες για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής αυτών των μελών, έχοντας θετική επιρροή και στα υπόλοιπα μέλη της οικογενείας.

Στο [42] παρουσιάστηκε μία οικοσυστημική προσέγγιση βασισμένη στη ΓΘΣ σε συμβουλευτικές και ψυχοθεραπευτικές συνεδρίες για παιδιά ειδικής αγωγής. Οι συγγραφείς ερεύνησαν τις σχέσεις και τα συναισθήματα που βίωναν σε στρεσογόνες καταστάσεις γονείς και δάσκαλοι που συμμετείχαν στη μελέτη τους, με σκοπό να έχουν μία πιο ξεκάθαρη εικόνα διάφορων παραμέτρων, πλευρών, μηχανισμών και διαδικασιών του θέματος υπό συζήτηση. Η θεραπευτική παρέμβαση που παρουσιάστηκε στο έργο αυτό προτάθηκε ως εργαλείο για να βοηθήσει τους δασκάλους στην κατανόηση των διαδραστικών διαδικασιών στις οποίες συμμετέχουν καθημερινά.

Στη δουλειά των Roisko και των συνεργατών του [43] ελέγχθηκε η “σχέση της Επικοινωνιακής Απόκλισης σε θετούς γονείς με υιοθετημένα παιδιά που έχουν υψηλού ή χαμηλού κινδύνου σχιζοφρένεια, συγκριτικά με τα χαρακτηριστικά γνώρισμα του υιοθετημένου παιδιού και του ίδιου του θετού γονέα” με βάση τη ΓΘΣ. Χαρακτηριστικά και παράμετροι εξετάστηκαν και συνδέθηκαν με διάφορες μεταβλητές σε ένα δείγμα Φινλανδικών οικογενειών. Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν ότι η απόκλιση στην επικοινωνία μπορεί να λειτουργήσει σαν δείκτης για προληπτικές παρεμβάσεις στα πλαίσια της ανάπτυξης και υγείας ενός παιδιού.

Στην έρευνα των Hampel και των συνεργατών του [44] προτάθηκε ένα εννοιολογικό μοντέλο για νευροεκφυλιστικές ασθένειες βασισμένο στη ΓΘΣ, το οποίο εθεωρείτο ότι είναι “ιδανικό για να φέρει ραγδαίες αλλαγές στα τρέχοντα υποδείγματα ανακάλυψης και επαλήθευσης δεικτών και θεραπευτικής εξέλιξης”. Αναγνώρισαν ότι προκειμένου να επαληθεύσουν τέτοιου είδους μοντέλα για πολυγονιδιακές ασθένειες, απαιτούνται οι παρακάτω τρεις προσεγγίσεις: (α) ταυτοποίηση όλων των αιτιολογικών στοιχείων, (β) κατανόηση της αλληλουχίας διαδράσεων σε καίριας σημασίας γεγονότα και (γ) ανάπτυξη πολλαπλών στρατηγικών που στοχεύουν στη διατήρηση/ συντήρηση της λειτουργικότητας του συστήματος. Στη μελέτη περίπτωσης της ασθένειας του Αλτσχάιμερ, τα ανεπτυγμένα προγνωστικά μοντέλα και τα μοτίβα βιοδεικτών σε σχέση με την ταυτοποίηση βιοχημικών οδών παρουσιάστηκαν για να συντελέσουν στις στοχευμένες στρατηγικές θεραπείας για την αγωγή κατά της νόσου Αλτσχάιμερ. Αυτό επετεύχθη με την απαρίθμηση και τον προσδιορισμό της ποσότητας των φαινομένων χρησιμοποιώντας ενσωματωμένες πλατφόρμες omics και στη συνέχεια βιοπληροφοριακές και στατιστικές αναλύσεις. Σύμφωνα με την πρόταση των συγγραφέων, η χρήση της ΓΘΣ θα πρέπει να ενθαρρυνθεί για την κατανόηση, σύλληψη και λειτουργικότητα των υποσυστημάτων και των σχετικών με κύριες ασθένειες, όπως η νόσος Αλτσχάιμερ, μηχανισμών.

Στην έρευνα των Elliott και Charyton [45] ερευνήθηκε το ΒΨΚ μοντέλο σε ψυχογενείς, μη-επιληπτικές κρίσεις, αναφορικά με τους βιολογικούς και βιοϊατρικούς τους παράγοντες. Στον αναδρομικό, διατμηματικό σχεδιασμό συμπεριλήφθηκαν 689 ασθενείς από το Ohio State University και τα δεδομένα που συνελέχθησαν κατηγοριοποιήθηκαν σε βιολογικούς, ψυχολογικούς και κοινωνικούς κλάδους. Αυτή η καταγραφή δεδομένων επέτρεψε μία καλύτερη κατανόηση των κρίσεων, όμως αναγνωρίστηκε από τους συγγραφείς ότι ήταν περιορισμένη όσον αφορά την αιτία αλλά και το αποτέλεσμα των παραγόντων.

Στη δουλειά του Benning [46] τέθηκε το θέμα για το αν η ΓΘΣ εκμεταλλεύεται πλήρως το βιοψυχοκοινωνικό μοντέλο για την ψυχική υγεία, που παρουσιάστηκε από τον Engel το 1977, καθώς το τελευταίο “απέτυχε να κατορθώσει όσα επρόκειτο αρχικά να κατορθώσει”. Ωστόσο, αναφέρεται επίσης ότι η ΓΘΣ επιτρέπει “πολυπρισματικές” θεωρήσεις οποιουδήποτε προβλήματος ψυχικής υγείας και πολλαπλά σημεία παρέμβασης, καθώς επίσης και ένα βαθμό ελευθερίας από πλευράς θεραπευτή αλλά και ασθενούς, με σκοπό να δώσει λιγότερη ή περισσότερη προτίμηση σε οποιονδήποτε τρόπο θεραπείας.

Στη δουλειά του Mayer [47] επανεξετάζεται το πλαίσιο των συστημάτων προσωπικότητας που βασίζεται στη ΓΘΣ και τη συστημική θεώρηση. Αναγνωρίστηκε η περιοριστική φύση της ΓΘΣ όσον αφορά την περιγραφή καθολικών αρχών των συστημάτων, λόγω της μοναδικότητας του κάθε συστήματος. Επομένως, αναπτύσσεται η θεωρία της προσωπικής ευφυΐας μαζί με τέσσερις τομείς του πλαισίου προσωπικότητας (αναγνώριση της προσωπικότητας, των μερών της, της οργάνωσης και της ανάπτυξής της) βασιζόμενη στη συστημική θεώρηση και υποστηρίζονται τα πλεονεκτήματά της στην καλύτερη κατανόηση και καθοδήγηση του τομέα της προσωπικότητας.

Στην έρευνα των Priest και των συνεργατών του [48] εξετάστηκε το βιοσυμπεριφορικό μοντέλο οικογένειας, το οποίο ανήκει στην οικογένεια ΒΨΚ, σε ένα εθνικώς αντιπροσωπευτικό δείγμα ενηλίκων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Εξετάστηκε επίσης το αλλοστατικό φορτίο ως ένα φυσιολογικό μέτρο της βιοσυμπεριφορικής αντιδραστικής δομής. Βρέθηκε από τους ερευνητές ότι οι αντικειμενικές/ φυσιολογικές και οι υποκειμενικές/ συναισθηματικές αναφορές της βιοσυμπεριφορικής αντίδρασης μετρήθηκαν καλύτερα ως δύο ξεχωριστοί παράγοντες, όπως είχε υποτεθεί αρχικά. Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε ότι χρησιμοποιώντας ένα καλύτερα προσαρμοσμένο μοντέλο μέτρησης, οι οδοί ανάμεσα στις αναγνωρισμένες μεταβλητές ήταν κατά κύριο λόγο σωστές.

Το θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε από τους Cederbaum και τους συνεργάτες του [49] βασίζεται στη θεωρία οικογενειακών συστημάτων, μία προέκταση της ΓΘΣ. Η μελέτη εξέτασε αν η συμπεριφορική υγεία των εφήβων ηλικίας 11 με 17 που είχαν εμπλακεί με συστήματα κοινωνικής πρόνοιας μπορεί να αξιολογηθεί με χαρακτηριστικά των φροντιστών και διαδικασίες της οικογένειας. Τα χαρακτηριστικά και οι προκαθορισμένες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν από προηγούμενες μελέτες, από τις οποίες προέκυψαν οι μεταβλητές ελέγχου, ενώ οι εξαρτημένες μεταβλητές αξιολογήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης. Τα συνολικά αποτελέσματα κατέληξαν

σε πολυμεταβλητές σχέσεις που οδηγούν σε ξεχωριστά συμπεριφορικά μοντέλα υγείας. Η συνολική ανάλυση συντέλεσε στην καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τις σχέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ φροντιστή και παιδιού.

### Νοσηλευτική

Η βιολογία συστημάτων, μία προέκταση της ΓΘΣ, προτάθηκε να συμπεριληφθεί στη νοσηλευτική επιστήμη, έτσι ώστε να προωθήσει την αποστολή του Εθνικού Ινστιτούτου Νοσηλευτικής Έρευνας (National Institute for Nursing Research, NINR) στο [50]. Οι προτάσεις προς χρήση διεπιστημονικών ομάδων, σχεδιασμού πειραμάτων και προσομοιωτικής παρέμβασης δημιουργήθηκαν για να απευθυνθούν στην πολυπλοκότητα, σύνθεση, μοντελοποίηση και δυναμική των αναπτυσσόμενων πλαισίων βιολογίας συστημάτων και να βελτιώσουν την παροχή υγειονομικών υπηρεσιών.

Στο [51] χρησιμοποιήθηκε η ΓΘΣ και το ΒΨΚ για τη δόμηση για την εκπαίδευση αρχινοσηλευτών σε ασθενο-κεντρικές πρακτικές σε μια ιατρική πτέρυγα. Τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης έδειξαν βελτίωση στη γνώση και την αποτελεσματικότητα των νοσηλευτών. Συνέχεια αυτής της μελέτης υπήρξε η δουλειά [52] όπου ένα αναβαθμισμένο, εμπειριστατωμένο, βασισμένο σε στοιχεία πρόγραμμα σπουδών δημιουργήθηκε με συμβουλές για την ψυχική υγεία και την ψυχοκοινωνική εκπαίδευση του μόνιμου προσωπικού της πτέρυγας. Το πρόβλημα που παρατηρήθηκε στη μελέτη ήταν η έλλειψη προσοχής στα ψυχοκοινωνικά και ψυχικής υγείας προβλήματα των ασθενών. Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν για να το αντιμετωπίσουν ήταν ειδικώς συμπεριφορικά προσδιορισμένα, με κάποια επιπλέον υποσύνολα μοντέλα με σκοπό να καλύψουν περισσότερες περιοχές. Η εφαρμογή αυτών των μοντέλων σε δύο ειδικότητες γενικής ιατρικής υπήρξε επιτυχής, οδηγώντας σε περαιτέρω εκπαίδευση για την παροχή βελτιωμένης φροντίδας.

Στη μελέτη [53] ένα ενωτικό πλαίσιο για την απουσία και την εναλλαγή των νοσηλευτών στα νοσοκομεία υιοθετήθηκε από πολυεπίπεδη άποψη. Το μοντέλο JOINT (Job, Organization, Individual, National and inTerpersonal) που παρουσιάστηκε, βασίστηκε στη συστημική ανάλυση των μεταβλητών που εξετάστηκαν στην ίδια μελέτη μαζί με μια πολυεπίπεδη προοπτική. Μικρο- και μακρο- επίπεδα αλληλεπιδράσεων μέσα στο προτεινόμενο σύστημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καθοδηγητικό πλαίσιο από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη για τη διερεύνηση και διαχείριση της συμπεριφοράς της συμμετοχής σε οργανισμούς.

Στη δουλειά των Barnett κ.α. [54] περιγράφηκε ένα περιοριστικό για μεταβλητές πλαίσιο βασισμένο στη ΓΘΣ για το Nurse Residency Program στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το προτεινόμενο πλαίσιο προσαρμόστηκε από ένα νωρίτερο έργο [55] το οποίο επίσης βασιζόταν στη ΓΘΣ. Το πλαίσιο αναγνώρισε συγκεκριμένα συστημικά χαρακτηριστικά και προσέφερε πιθανές σχέσεις ανάμεσά τους καθώς αυτά σχετίζονται με τα αποτελέσματα των ασθενών. Τα αποτελέσματα της μελέτης υπογραμμίζουν ότι υπάρχει μεγάλη μεταβλητότητα ανάμεσα στα προγράμματα νοσηλευτικής ειδικευσης και εφόσον ένας νοσηλευτής αποφασίσει ποιο να ακολουθήσει, οι διάφορες μεταβλητές τους πρέπει να ληφθούν υπόψιν.

Ένα ακόμα εννοιολογικό πλαίσιο βασισμένο στη ΓΘΣ υιοθετήθηκε από τους Bibiana και Cherian [56]. Ένα συστημικά ανεπτυγμένο προγραμματισμένο πρόγραμμα διδασκαλίας προς βοήθεια των μελλοντικών νοσηλευτών σχεδιάστηκε για να ενημερώσει 60 έφηβα κορίτσια στο Mangalote για τον τοκετό σε νερό, συμπεριλαμβάνοντας πληροφορίες για τα κριτήρια, την προετοιμασία, τα οφέλη και την φροντίδα κατά τον τοκετό. Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες αναφορικά με τη μεθοδολογία ΓΘΣ που ακολουθήθηκε σε αυτή τη δημοσίευση.

Η θεωρία της Founds επανεξετάστηκε για να επισημάνει τη διασταύρωση μεγάλων δεδομένων και προγνωστικής ιατρικής με τη βιολογία συστημάτων με την ιατρική P4 [57]. Αυτό βελτιώνει περαιτέρω την εφαρμογή της στον κλάδο της νοσηλευτικής έρευνας, εκπαίδευσης και πρακτικής, ώστε να μπορεί να εφαρμόσει τρέχουσες εξελίξεις στον κλάδο omics και στα μεγάλα δεδομένα σε ένα ολιστικό πλαίσιο υγείας ακριβείας (precision health framework) .

Στη δουλειά των Folami κ.α. [58] εξετάστηκε η νοσηλευτική διαδικασία ως πλαίσιο της ΓΘΣ. Επιλέχθηκε ένας περιγραφικός, μη πειραματικό σχεδιασμός για να επιλεγθούν οι πτέρυγες του Lagos University Teaching Hospital και να εφαρμοσθεί ένα ερωτηματολόγιο για την εφαρμογή της νοσηλευτικής διαδικασίας και τους επιδραστικούς παράγοντες ανάμεσα στους νοσηλευτές. Βρέθηκε ότι η εφαρμογή της νοσηλευτικής διαδικασίας επέφερε μια συνολικά θετική συμπεριφορά εκ μέρους των νοσηλευτών και προτάθηκε η διεύθυνση του νοσοκομείου να διατηρήσει τέτοιου είδους διαδικασίες.

### Δημόσια Υγεία και Υπηρεσίες Υγειονομικής Περίθαλψης

Στη μελέτη [59] μία συμμετοχική παρέμβαση σχεδιάστηκε στο πλαίσιο της ΓΘΣ, με έμφαση στους γονείς, για την προώθηση της σωματικής άσκησης στα νηπιαγωγεία της Γερμανίας και τις διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του. Η συγκεκριμένη παρέμβαση προτάθηκε για να αξιολογήσει τις παρεμβάσεις δημόσιας υγείας στο περιβάλλον ενός νηπιαγωγείου. Μία ελεγχόμενη, τυχαιοποιημένη σε ομάδες, δισκελής (two-armed, controlled cluster-randomized) δοκιμή “έτρεξε” σε 37 νηπιαγωγεία της Νοτίου Γερμανίας, με τους γονείς των νηπίων να είναι η ομάδα στόχος, συμπεριλαμβανομένης όλης της κοινότητας του νηπιαγωγείου (γονείς, δάσκαλοι, παιδιά, συνομήλικοι peers) ως πιθανούς παράγοντες αλλαγής συμπεριφοράς. Χρησιμοποιώντας μια στρατηγική αξιολόγησης μικτών μεθοδολογιών μετά τη δοκιμή, μπόρεσαν να έχουν μια πιο ξεκάθαρη εικόνα των παραγόντων που θεωρούνταν εμπόδια ή παράγοντες διευκόλυνσης για την επιτυχή εφαρμογή των παρεμβάσεων που προτείνουν οι ερευνητές.

Στο [60] παρουσιάστηκε η καταλληλότητα των μοντέλων ΓΘΣ για μονάδες εντατικής φροντίδας νεογνών και προτάθηκε ένα θεωρητικό μοντέλο, στο οποίο αναγνωρίζονται μεσολαβητικοί παράγοντες (πιο συγκεκριμένα η οικογενειοκεντρική και αναπτυξιακή φροντίδα) και ιατρικά/νευροσυμπεριφορικά αποτελέσματα. Στην προσέγγιση αυτή συνέκριναν τα αναμενόμενα αποτελέσματα με το αποτέλεσμα των βρεφών σε μια

ανοιχτού θαλάμου (open-bay) μονάδα με μία μονάδα φροντίδας που εφαρμόζει τη θεωρία.

Στο [61] χρησιμοποιήθηκε μια διατμηματική, αυτο-συμπληρωθείσα έρευνα βασισμένη στη ΓΘΣ για να περιγράψουν το σχολικό περιβάλλον και τη διαδικασία της διατροφικής εκπαίδευσης καθοδηγούμενης από δασκάλους δημοτικών σχολείων σε επιλεγμένα διαμερίσματα της πολιτείας της Νέας Υόρκης. 137 δάσκαλοι συμμετείχαν για να αναγνωρίσουν και να περιγράψουν τη φύση της προσφερόμενης διατροφικής εκπαίδευσης καθοδηγούμενης από τους ίδιους, μαζί με μια πληθώρα παραγόντων που επηρεάζουν το πεδίο των διατροφικών οδηγιών στην τάξη. Καθώς “τα σχολικά περιβάλλοντα λειτουργούν ως μεσολαβητές σε ομοσπονδιακές, πολιτειακές και περιφερειακές πολιτικές, σχολικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά δασκάλων” η ΓΘΣ παρέχει μία εικόνα από τα υποβόσκοντα θέματα που επηρεάζουν την εθνική και δημόσια υγεία στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Μία προσέγγιση επιπέδου – κατάστασης για την κατηγοριοποίηση ποσοτικών δεδομένων και δεδομένων που προήλθαν από παρατήρηση παρουσιάστηκε στην έρευνα [62]. Ένα μοντέλο ωριμότητας πέντε σταδίων παρουσιάστηκε ως τρόπος αναγνώρισης κοινών ακολουθιών ή μοτίβων απόκρισης σε επείγοντα περιστατικά ή καταστροφές σχετικές με την υγεία. Ο εμφωλευμένος χαρακτήρας του συστήματος (χαρακτηριστικό πλεονέκτημα της ΓΘΣ) των τοπικών δημόσιων φορέων υγείας οδήγησε σε αυξημένη ζήτηση για αναφορά και διάδοση πληροφοριών. Το μοντέλο που παρουσιάστηκε σε πιλοτικά sites “έδειξε ότι οι προσαρμοστικές αποκρίσεις από τα τοπικά τμήματα υγείας σε επείγοντα περιστατικά μπορούν να καταγραφούν μετρώντας την απόκλιση της εσωτερικής οργανωτικής υποεπάρκειας από τις συνηθισμένες καθημερινές δραστηριότητες”, βελτίωσε τον προγραμματισμό ετοιμότητας και τη διαχείριση απόκρισης και οδήγησε σε πιο εκλεπτυσμένη κατανόηση των υποβοσκόντων μηχανισμών προσαρμογής.

Στην έρευνα [63] τονίστηκε η ανάγκη για ένα επικοινωνιακό μοντέλο στη ΓΘΣ. Το προτεινόμενο μοντέλο στοχεύει στην ενδυνάμωση των ασθενών (παιδιά με μακροχρόνιες ή θανατηφόρες παθήσεις) και των γονιών τους προσφέροντας γνώση αναφορικά με το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης και τους επαγγελματίες υγείας για να αναγνωρίσουν τις συγκεκριμένες ανάγκες του κάθε ασθενή ξεχωριστά. Η προσέγγιση που προτάθηκε θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει οικονομικές, κοινωνικές και σχετικές με τη φροντίδα υπηρεσίες, θέτοντας τους ασθενείς στο κέντρο ώστε να διευθετήσουν τις ανάγκες τους πιο αποτελεσματικά.

Στο [64] έγινε μια ανασκόπηση του βιοψυχοκοινωνικό (ΒΨΚ) μοντέλο, όπου δεδομένα από το ανθρώπινο ή ψυχολογικό επίπεδο σχετίζονται από τον φυσίατρο με πληροφορίες από το βιολογικό και κοινωνικό επίπεδο για να κατασκευαστεί η ΒΨΚ περιγραφή του κάθε ασθενούς. Προτείνεται από τους συγγραφείς μία μετατροπή του γενικού μοντέλου σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο για κάθε συνάντηση με ασθενή, μέσω μιας συμπεριφορικά ορισμένης μεθόδου συνέντευξης που βασίζεται σε στοιχεία, όπως αυτή περιγράφεται στη δημοσίευσή τους.



Στο [65] παρουσιάστηκε “μια απεικόνιση του πώς τα δυναμικά μοντέλα σε πληθυσμιακό επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξερευνηθούν πολύπλοκες αιτιολογικές οδούς μέσω των οποίων οι παρεμβάσεις επηρεάζουν την πορεία της υγείας του πληθυσμού” με βάση τη ΓΘΣ και άλλες συστημικές προσεγγίσεις. Τα μοντέλα προσομοίωσης που δημιουργήθηκαν χρησιμοποιήθηκαν για να εξερευνηθούν εναλλακτικά σενάρια και να παρουσιάσουν τον αντίκτυπο των κοινωνικών καταλυτικών παραγόντων, σημαντικών παραγόντων κινδύνου υγείας του πληθυσμού και συμπεράσματα σχετικά με την υγεία στην πόλη του Τορόντο στον Καναδά. Για λόγους πολιτικής δημόσιας υγείας αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο προσομοίωσης για στρατηγική ανάλυση broad-based σε υψηλού επιπέδου αφαίρεσης και συνάθροισης, μαζί με τις γενικές τάσεις που σχετίζονται με broad-based intervention tradeoffs για υψηλού επιπέδου στρατηγικές.

Η ΓΘΣ και η θεωρία επεξεργασίας πληροφοριών συνδυάζονται σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο διεπαφών σε βασικές υπηρεσίες και πιο συγκεκριμένα σε μακροπρόθεσμη φροντίδα ηλικιωμένων στην έρευνα [66]. Δέκα διαφορετικοί τύποι διεπαφών εξετάστηκαν. Σε αυτούς συμπεριλήφθηκαν η διαρκή αξιολόγηση αναγκών, καθορισμένες γραμμές επικοινωνίας, συναντήσεις πελατών, βιβλία προϊόντων, προσυνδυασμένα στοιχεία, κανόνες προγραμματισμού για ασφάλεια και ομαλή ροή, οργανωτικές διατάξεις, εργασιακά προγράμματα και θεματολογία φορέων. Τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν για να σχηματιστεί ένα τυπολόγιο στις βασικές υγειονομικές υπηρεσίες. Αναγνωρίστηκαν επίσης περιορισμοί στη γενικοποίηση του πλαισίου των συγγραφέων, το οποίο στερούνταν εξωτερικής εγκυρότητας, ωστόσο λόγω της φύσης των υγειονομικών συστημάτων αυτό μπορεί να ερευνηθεί περαιτέρω.

Στη μελέτη [67] χρησιμοποιήθηκαν ποσοτικά εργαλεία για τη βαθμολόγηση του περιβάλλοντος του νηπιαγωγείου ως υποδείγματα για τον προσδιορισμό εφτά τομέων φιλικότητας με βάση τη ΓΘΣ και τη θεωρία Κοινωνικής Εκπαίδευσης προς τη Φυσική Αγωγή στα γερμανικά νηπιαγωγεία. Ένα πολυεπίπεδο μοντέλο δημιουργήθηκε με συνδιακυμάνσεις, ακολουθούμενες από μία περιγραφική ανάλυση, με τελικό σκοπό τη δημιουργία μιας συστοιχίας αντικειμένων για την αξιολόγηση της σωματικής άσκησης. Το συμπέρασμα των συγγραφέων ήταν ότι μια πιο περιεκτική έρευνα θα βελτίωνε τη σημασία της προσέγγισής τους

Στην έρευνα [68] η ΓΘΣ εφαρμόζεται σε ένα μοντέλο σχεδιασμένο να αντιμετωπίσει τα εμπόδια στην προθανάτια φροντίδα. Το πλαίσιο ΓΘΣ εφαρμόζεται σε ένα προγραμματιστικό μοντέλο πρακτικής, το οποίο στοχεύει να δώσει στον αναγνώστη μία καλύτερη κατανόηση για το πώς οι αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στα προσδιορισμένα συστήματα επηρεάζουν αρκετά εμπόδια σχετικά με την προθανάτια φροντίδα. Η ΓΘΣ αναλύεται στο πλαίσιο της Θεωρίας Συμβολικής Αλληλοσυσχέτισης και το πώς αλληλοσυμπληρώνει η μία την άλλη.

Στην μελέτη [69] δε χρησιμοποιείται κάποιο πλαίσιο ΓΘΣ, αλλά περισσότερο οδηγείται προς τον προσδιορισμό ενός για να αναγνωριστεί η συστημική οπτική του υγειονομικού συστήματος της Βραζιλίας. Η ποιοτική μελέτη που διεξήχθη βοήθησε τους ερευνητές στο να αναγνωρίσουν οι ανάγκες, οι οπτικές και πιο συγκεκριμένα οι αλληλεπιδράσεις

και οι σχέσεις ανάμεσα σε ασθενείς, διευθύνοντες και επαγγελματίες υγείας αναφορικά με την ασφάλεια του ασθενούς.

Στο [70] παρουσιάστηκε ένα πιθανολογικό μοντέλο παλινδρόμησης για να απεικονισθεί ένα πλαίσιο ΓΘΣ για τα συστήματα διαχείρισης της υγείας και της ασφάλειας στην εργασία στη Μαλαισία. Ισχυρίστηκε από τους συγγραφείς ότι η εφαρμογή της πιθανολογικής παλινδρόμησης βασισμένη στη προσέγγιση κυρτής θήκης μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερος κατάλληλη για την ανάλυση των επιδραστικών παραγόντων στα συστήματα διαχείρισης της υγείας και της ασφάλειας στην εργασία, και να αυξήσει τις σχετικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Η μελέτη αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως μία ακόμα μέθοδος οπτικοποίησης και επεξήγησης αποτελεσμάτων για χάραξη πολιτικής.

### Νοσοκομείο

Στην έρευνά [71] χρησιμοποιήθηκε η ΓΘΣ για μια διαγραμματική προσέγγιση αιτιατού βρόχου και μια συστημική δυναμική προσέγγιση για μια N-αποθεματική εφοδιαστική αλυσίδα νοσοκομείων. Αυτή η δομή αποτελείται από μία ομάδα νοσοκομείων, διανομένων, και κατασκευαστών έτσι ώστε να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις που έχει ο διαμοιρασμός πληροφοριών σε μια νοσοκομειακή εφοδιαστική αλυσίδα. Τα αποτελέσματά της έρευνας έδειξαν ότι η χρήση διαμοιρασμού πληροφοριών που βασίζεται σε τεχνολογίες νέφους σε νοσοκομειακές εφοδιαστικές αλυσίδες, πιθανόν να έχει θετικές επιπτώσεις, όπως για παράδειγμα την πλήρη εμφάνιση, τη μείωση των μέσων επιπέδων και της ποικιλίας του αποθεματικού υπολοίπου, και τη βελτίωση της εξυπηρέτησης πελατών.

### Μυοσκελετικές Παθήσεις

Στη δημοσίευση [72], η ΓΘΣ ήταν ανάμεσα στις θεμελιώδεις αρχές μιας θεώρησης βασισμένης σε στοιχεία για την πρόληψη και τη διαχείριση της περίπτωσης της οστεοαρθρίτιδας στο Australian WorkHealth Program Initiative. Ένα προγραμματιστικό λογικό μοντέλο για μια τόσο πολύπλοκη και πολυδιάστατη παρέμβαση επιλέχθηκε ως το πιο κατάλληλο να παρουσιαστεί στους άμεσα ενδιαφερόμενους. Η μεθοδολογία και το βασικό πλαίσιο που δημιουργήθηκαν μέσα στη μελέτη ίσως να βελτιωθούν περαιτέρω από τα στοιχεία και την αξιολόγηση που υποστηρίζουν την εφαρμογή τέτοιων πολύπλοκων παρεμβάσεων.

Μία εμπνευσμένη από τη ΓΘΣ θεώρηση ασθενών που είχε υποβληθεί σε μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων μυελού των οστών ή αιμοποιητικών βλαστοκυττάρων και των συντρόφων τους, ερευνήθηκε ώστε να εξετασθούν οι δυαδικές προσαρμογές των ασθενών και των φροντιστών τους [73]. Το μοντέλο που προέκυψε από τη μελέτη εξετάστηκε κατά τη διάρκεια μιας δωδεκάμηνης θεραπείας. Μετά το πέρας της, τα αποτελέσματα ήταν σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο. Υπήρχαν όμως αρκετοί περιορισμοί, συμπεριλαμβανομένου το ότι δε μπορούσε να χρησιμοποιήσει όλες τις διαθέσιμες μεταβλητές που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις σχέσεις και

συμπεριφορές των εμπλεκόμενων φορέων, καθώς επίσης και πολλά γεωγραφικά και δημογραφικά θέματα.

Η ΒΨΚ θεωρία συμπεριλήφθηκε επίσης στην έρευνα [74], όπου βρέθηκε ότι είναι “κατάλληλη για τη δημόσια υγεία και τις επιδημιολογικές μελέτες πάνω σε μυοσκελετικές παθήσεις”. Η συλλογιστική πίσω από τη ΒΨΚ θεωρία ήταν τα κριτήρια επιλογής των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για τα στατιστικά μοντέλα της μυοσκελετικής επιδημιολογίας. Ο τροχός της αιτιότητας (wheel of causation) χρησιμοποιήθηκε ως εννοιολογικό μοντέλο από τους συγγραφείς ώστε να ενσωματώσει μεταβλητές από κοινωνικά, φυσικά και βιολογικά περιβάλλοντα του πληθυσμού Ξενιστών. Το βασικό αποτέλεσμα της μελέτης ήταν να παρουσιαστεί ένα ακόμα μέσο κατανόησης των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στις μεταβλητές για να διευκολύνει τους ερευνητές στη διαμόρφωση υποθέσεων αναφορικά με τις μυοσκελετικές παθήσεις.

### Απεικονιστική

Στην έρευνα [75] εφαρμόστηκε η ΓΘΣ με μαθηματικό τρόπο για τη δημιουργία ενός ιεραρχικού Μπεϋζιανού μοντέλου που παρέχει συγκεκριμένες εκτιμήσεις του υποκείμενου και των δοκιμών αναφορικά με προγνωστικά λάθη που δίνουν βάρος στην ακρίβεια σε διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα υπολογισμού. Δοκιμάστηκε το μοντέλο σε υπολογιστικές fMRI μελέτες οπτικοακουστικής εκπαίδευσης και τα ευρήματά τους υποδεικνύουν τη σημασία της ύπαρξης των προγνωστικών λαθών με βαρύτητα στην ακρίβεια και τη σημασία τους στον υπολογιστικό ρόλο των νευροδιαβιβαστών.

Στο [76] αναπτύχθηκε ένα συστημικό δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης για ένα μέρος της πορείας που ακολουθεί το δερματικό κακοήθες μελάνωμα σε έναν ασθενή. Το μοντέλο περιγράφει τη ροή των ασθενών από την εμφάνιση του μελανώματος μέχρι τη διάγνυσή του και τη δυνατότητα χορήγησης αγωγής. Από διαφορετικές τιμές πληθυσμιακού μεγέθους και περιστατικών, οι ροές κατανέμονται έτσι ώστε ο όγκος σε κάθε μία από τις προτεινόμενες τέσσερις κατηγορίες να μπορεί να αποφασιστεί. Για να κατασκευαστεί αυτό το μοντέλο ΓΘΣ, τα τρέχοντα ερευνητικά αποτελέσματα και στατιστικές προσαρμόστηκαν σε ένα μοντέλο προσομοίωσης. Το μοντέλο έτυχε θετικής υποδοχής από τους χρήστες, όπως ανέφεραν οι συγγραφείς, “κυρίως για τη δυνατότητά του να παράγει ρεαλιστικά αποτελέσματα που μπορούν να βασιστούν σε ευέλικτα σενάρια”.

Στη δουλειά του Simeonov [77] παρουσιάζεται το πρότζεκτ VLC4WLIMES, στόχος του οποίου είναι να πραγματοποιήσει τον φορμαλισμό της Περιπλανητικής Λογικής Νοημοσύνης (Wandering Logic Intelligence, WLI) και των Συστημάτων Εξελικτικής Μνήμης (Memory Evolutive Systems, MES) στην ψηφιακή ογκολογία. Το έργο στοχεύει στην αντιμετώπιση των παρόντων εμποδίων από την οπτική ενός γενικού συστήματος, μιας που μια ογκολογική απεικόνιση προσδιορίζεται από την οπτική διαφορετικών δυναμικών. Εξαιτίας του γεγονότος ότι αυτό είναι ένα εν εξελίξει πρόγραμμα, δεν υπήρχαν διαθέσιμα αποτελέσματα και η δουλειά αυτή θα ήταν καλύτερο να περιγραφεί ως δημοσίευση τοποθέτησης.

## Φαρμακολογία

Στην έρευνα [78] περιγράφεται το πώς η συστημική θεώρηση εφαρμόζεται στην νευροφαρμακολογική ιατρική λόγω των πολυμηχανικών χαρακτηριστικών της. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρονται από τα μοντέλα *omics* και υπολογιστικά μοντέλα, παρέχουν μία συστημική προσέγγιση για βιολογικά και νευροφυσιολογικά σχετιζόμενες διαδικασίες, “ενσωματώνοντας την πραγματικότητα ενός διαταραγμένου δικτύου αλληλεπιδράσεων”. Η ανασκόπηση αναγνωρίζει το ρόλο της ΓΘΣ στη νευροφαρμακολογία και τα πολλά υποσχόμενα αποτελέσματά της.

Η προσέγγιση *Quality by Design*, ένα πλαίσιο βασισμένο στη ΓΘΣ, και οι εφαρμογές της στην ανάπτυξη μιας εισπνευστικής συσκευής ξηρής σκόνης και της συνολικής της κλινικής επίδοσης, μαζί με τις αλληλεπιδράσεις της, παρουσιάζονται στην έρευνα [79]. Παρέχεται μία ανασκόπηση αναφορικά με την εφαρμογή της προαναφερθείσας προσέγγισης και τονίζονται τα στοιχεία που λείπουν για την ολιστική κατανόηση των αλληλεπιδράσεων και την επιτυχία του φαρμακευτικού προϊόντος.

Στην έρευνα [80] δίνεται μία εισαγωγή στην ποσοτική συστημική φαρμακολογία, της οποίας η έμφαση δίνεται στο να “παρέχει ένα πλαίσιο για την ενσωμάτωση των συνεργειών των χαμηλού επιπέδου μηχανισμών στους υψηλού επιπέδου αμυντικούς μηχανισμούς του ξενιστή, και τελικά στα ευρύτερα περιβαλλοντικά και συμπεριφορικά σήματα, που βρίσκονται εκτός του ξενιστή”. Οι έννοιες και τα μοντέλα που παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο δίνουν επιλογές στους ερευνητές να εξετάσουν πολύπλοκες κλινικές περιπτώσεις, περιγράφοντας μηχανικά τη συμπεριφορά του φαρμάκου σε επίπεδο των οργάνων αλλά και σε μοριακό επίπεδο.

### 2.5.5 Συνθετικά ευρήματα

Ακολούθως της ανάλυσης των χαρακτηριστικών κάθε άρθρου, δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας με σκοπό να αναγνωρίσει τις επιδράσεις της ΓΘΣ και τα παράγωγά της στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Στον πίνακα παρουσιάζεται επιπλέον η μεθοδολογία έρευνας που ακολουθήθηκε σε κάθε πρακτική εφαρμογή της ΓΘΣ και ο κλάδος υγειονομικής περίθαλψης στον οποίο αναφέρεται.

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση ερευνών

Μελέτη	Πρακτική Εφαρμογή ΓΘΣ	Μεθοδολογία Έρευνας	Τομέας Υγ. Περίθαλψης
[33]	Όχι	-	Υγεία (γενικά)
[41]	Ναι	Διατμηματική μελέτη	Ψυχική Υγεία
[50]	Όχι	-	Νοσηλευτική
[42]	Ναι	Μελέτη περίπτωσης	Ψυχοθεραπεία

<i>Μελέτη</i>	<i>Πρακτική Εφαρμογή ΓΘΣ</i>	<i>Μεθοδολογία Έρευνας</i>	<i>Τομέας Υγ. Περιθαλψης</i>
<i>[59]</i>	Ναι	Κλινική δοκιμή τυχαιοποιημένων ομάδων ασθενών	Φυσική Δραστηριότητα/ Δημόσια Υγεία
<i>[72]</i>	Ναι	Μελέτη περίπτωσης	Οστεοαρθρίτιδα
<i>[34].</i>	Όχι	-	Κινεζική Ιατρική
<i>[60]</i>	Ναι	Τυχαιοποιημένη μελέτη ασθενών μαρτύρων	Φροντίδα νεογνών
<i>[43]</i>	Ναι	Διατμηματική μελέτη	Σχιζοφρένεια
<i>[51]</i>	Ναι	Διαμήκης μελέτη	Εκπαίδευση νοσηλευτών
<i>[70]</i>	Ναι	Προσομοίωση μοντελοποίησης με ανάλυση δεδομένων πραγματικού χρόνου	Επαγγελματική Υγεία και Συστήματα Διαχείρισης Ασφαλείας
<i>[35]</i>	Όχι	-	Εξατομικευμένη Ιατρική
<i>[36]</i>	Ναι	Μελέτες περίπτωσης	Ηλεκτρονική Υγεία
<i>[44]</i>	Όχι	-	Νευροεκφυλιστικές Ασθένειες
<i>[61]</i>	Ναι	Διατμηματική μελέτη	Διατροφική εκπαίδευση
<i>[37]</i>	Όχι	-	Κλινική έρευνα
<i>[62]</i>	Ναι	Πιλοτική μελέτη	Δημόσια Υγεία
<i>[73]</i>	Ναι	Διαμήκης μελέτη	Ψυχική Υγεία
<i>[38]</i>	Όχι	-	Πρωτόκολλα Υγείας
<i>[63]</i>	Ναι	Μελέτη περίπτωσης	Υγειονομικές Υπηρεσίες
<i>[64]</i>	Όχι	-	Ιατρικές Συνεντεύξεις
<i>[74]</i>	Όχι	-	Μυοσκελετική Υγεία/ Επιδημιολογία/ Δημόσια Υγεία
<i>[75]</i>	Ναι	Διατμηματική μελέτη	Νευροαπεικονιστική, fMRI

<i>Μελέτη</i>	<i>Πρακτική Εφαρμογή ΓΘΣ</i>	<i>Μεθοδολογία Έρευνας</i>	<i>Τομέας Υγ. Περιθαλψης</i>
[65]	Ναι	Μοντέλο προσομοίωσης από πληθυσμιακά δεδομένα	Δημόσια Υγεία
[53]	Όχι	-	Νοσηλευτική
[54]	Ναι	Διατμηματική μελέτη	Νοσηλευτική
[66]	Ναι	Μελέτη περίπτωσης	Φροντίδα Ηλικιωμένων
[56]	Ναι	Πιλοτική μελέτη	Τοκετός, Νοσηλευτική
[67]	Ναι	Μελέτη μεικτής μεθοδολογίας	Φυσική δραστηριότητα, Δημόσια Υγεία
[45]	Ναι	Διαμήκης μελέτη	Μη-επιληπτικές και ψευδο-κρίσεις
[52]	Όχι	-	Ψυχική Υγεία
[46]	Όχι	-	Ψυχική Υγεία
[47]	Όχι	-	Ψυχολογία
[48]	Ναι	Διατμηματική μελέτη	Σωματική/ Ψυχική Υγεία
[76]	Ναι	Προσομοίωση μοντελοποίησης βασισμένα σε δεδομένα ασθενών	Καρκίνος δέρματος
[68]	Ναι	Μελέτη περίπτωσης	Προθανάτια φροντίδα
[78]	Όχι	-	Νευροφαρμακολογία
[77]	Όχι	-	Ψηφιακή Ογκολογία
[49]	Ναι	Διαμήκης Μελέτη	Ψυχική Υγεία
[39]	Όχι	-	Βιοϊατρική
[79]	Όχι	-	Φαρμακολογία
[57]	Όχι	-	Νοσηλευτική
[71]	Όχι	-	Νοσοκομείο
[80]	Όχι	-	Φαρμακολογία
[40]	Όχι	-	Φυσιολογία
[69]	Όχι	-	Ασφάλεια Ασθενούς

[58]	Ναι	Μη-πειραματική μελέτη	Νοσηλευτική
------	-----	-----------------------	-------------

Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ότι 22 από τις 47 μελέτες (46,8% του κύριου σώματος) παρουσίασαν ένα εννοιολογικό και θεωρητικό μοντέλο της ΓΘΣ και/ ή τα παράγωγά του, ενώ 25 μελέτες (53.2% του κύριου σώματος) προσέφεραν μια συλλογιστική μέθοδο για πλαίσια ΓΘΣ. Ο πιο κοινός τομέας εφαρμογής είναι η ψυχική υγεία (10 μελέτες), με τις νοσοκομειακές/ υγειονομικές υπηρεσίες να ακολουθούν (8 μελέτες). Η νοσηλευτική παρουσιάζει επίσης μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον (7 μελέτες), ενώ θέματα δημόσιας υγείας ερευνώνται σε 6 μελέτες.

Οι βασικές ερευνητικές μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν σε κάθε αναγνωρισμένη πρακτική εφαρμογή της ΓΘΣ από τις επιλεγμένες δημοσιεύσεις εφαρμόστηκαν μέσω:

- μιας διατμηματικής μελέτης: [41], [43], [48], [54], [61], [75]
- μιας διαμήκου μελέτης: [45], [49], [51], [73]
- μιας μελέτης μικτής μεθοδολογίας: [67]
- μιας μελέτης περίπτωσης: [42], [72], [36], [63], [66], [68]
- μιας πιλοτικής μελέτης: [56], [62]
- μιας τυχαιοποιημένης κλινικής δοκιμής: [59], [60]
- μιας μη-πειραματικής μελέτης: [58]
- μιας προσομοίωσης βασισμένης σε δεδομένα από τον πραγματικό κόσμο: [65], [70], [76]

Οι κύριες διαστάσεις και τα ευρήματα των επιλεγμένων άρθρων προσφέρουν μία πλούσια βάση για την περαιτέρω ανάπτυξη συγκεκριμένων θεμάτων. Στην επόμενη ενότητα, αναλύονται οι περιορισμοί και οι θετικές πλευρές της εφαρμογής της ΓΘΣ με βάση τα ευρήματα των μεθοδολογιών έρευνας που ακολουθήθηκαν σε αυτά τα άρθρα.

### 2.5.6 Συζήτηση Ανασκόπησης

Εμπειρικές και θεωρητικές αναλύσεις περιβαλλόντων συστημικής προσέγγισης έχουν δείξει ότι στοιχεία και ερμηνείες των σχέσεων, μοτίβων και αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα δομικά στοιχεία παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση ενός συστήματος όπως αυτό είναι, καθώς επίσης και το πώς λειτουργεί. Η πολυπλοκότητα των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα μέσα και έξω από ένα σύστημα, είτε αυτό είναι το ανθρώπινο [77], μία οικογένεια [49], ένα νηπιαγωγείο [67] ή μία ολόκληρη χώρα [65] εξαρτάται από την οπτική και τους περιορισμούς των παρατηρητών. Όχι μόνο στα προηγούμενα άρθρα, αλλά και σε κάθε άρθρο που επιλέχθηκε για αυτήν την ανασκόπηση, οι ερευνητές προσπάθησαν να κατηγοριοποιήσουν και να αναγνωρίσουν συστημικά χαρακτηριστικά, λειτουργίες, αλληλεπιδράσεις και σχέσεις, εκεί που προηγούμενες θεωρίες και μοντέλα απέτυχαν να παράσχουν μία εξήγηση ή μία αντικειμενική αξιολόγηση της δομής και των λειτουργιών ενός συστήματος.

Η ανάλυση ολόκληρου του κειμένου όλων των άρθρων, δίνοντας περισσότερο βάρος σε αυτά που παρουσιάζαν μία πρακτική εφαρμογή ενός πλαισίου ΓΘΣ, κατευθύνεται σε δύο βασικούς περιορισμούς και δύο σημαντικές θετικές πλευρές της ΓΘΣ στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

### Περιορισμοί

1. Αν και το πλαίσιο της ΓΘΣ είναι γεμάτο με πολλά υποσχόμενα στοιχεία για τη μελλοντική εφαρμογή του στην υγειονομική περίθαλψη, οι αναγνωρισμένες προσεγγίσεις σε αυτόν τον κλάδο βρέθηκε ότι είναι περιοριστικές όσον αφορά το αντικείμενό τους. Είναι κοινό χαρακτηριστικό της πλειοψηφίας των άρθρων που επιλέχθηκαν για την παρούσα ανασκόπηση το ότι οι συγγραφείς τους θεωρούν την εφαρμογή των προτεινόμενων πλαισίων τους περιορισμένη, αναφορικά με τη γενίκευση των ευρημάτων. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί μόνο σε εννοιολογικά μοντέλα, όπως αυτό των [69], αλλά και σε πρακτικά μοντέλα, όπως αυτά που προτείνονται από τους [61] και [71]).
2. Ένας ακόμα περιοριστικός παράγοντας είναι η διαθεσιμότητα των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για να εξετάσουν τις πιθανές επιρροές των μεταβλητών (π.χ. στην έρευνα των [48]) ή το μέγεθος των δεδομένων που χρησιμοποιούνται (π.χ. στην έρευνα των [54]) περιορίζοντας την κατανόηση του πώς κάποια αποτελέσματα προκύπτουν σε σχεσιακό επίπεδο στο πλαίσιο μιας συστημικής προσέγγισης.

### Θετικές πλευρές

1. Από την άλλη πλευρά, η χρήση προσομοιωτικών τεχνικών που βασίζονται σε δεδομένα πραγματικού χρόνου έχει αποδειχθεί λειτουργική και παρουσιάζει πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα, αναφορικά με την εφαρμοσιμότητα της ΓΘΣ στον υγειονομικό κλάδο. Για παράδειγμα, στην έρευνα [76] οι χρήστες βρήκαν “θετική τη δυνατότητα να παράγουν ρεαλιστικά αποτελέσματα που μπορούν να βασιστούν σε ευέλικτα σενάρια”, ενώ χρήστες στην έρευνα [65] μπόρεσαν να “αναγνωρίσουν, αξιολογήσουν και αναπτύξουν αποτελεσματικές εναλλακτικές πολιτικές για να βελτιώσουν την κυριότητα της υγείας” χρησιμοποιώντας προσομοιωτικά σενάρια.
2. Επιπλέον, η ΓΘΣ και τα παράγωγά της προσφέρουν ένα τεράστιο πεδίο ελέγχου υποθέσεων, όπου οι ερευνητές μπορούν να εξερευνήσουν και πραγματοποιήσουν ουσιαστικές ιδιότητες, σχέσεις και αλληλεπιδράσεις σε προηγούμενως άγνωστα περιβάλλοντα, έχοντας έτσι μια καλύτερη εικόνα αυτών των συστημάτων. Χαρακτηριστικά, οι [74] προτείνουν το ΒΨΚ μοντέλο να ερευνήσει τη σχέση ανάμεσα στον πόνο της μέσης και το κάπνισμα ανάμεσα σε διάφορες άλλες μεταβλητές, ενώ στην έρευνά τους οι [79] προτείνουν ένα πλαίσιο (Quality by Design) για να βελτιώσει και να τροποποιήσει τη δημιουργία μιας εισπνευστικής συσκευής ξηρής σκόνης, αποδεχόμενοι όλη την απαραίτητη γνώση και χωρίς να συμμορφώνονται αυστηρά στις κατευθυντήριες γραμμές.

Για να αντιμετωπιστούν οι υπάρχοντες περιορισμοί και για να βελτιωθούν περαιτέρω οι θετικές πλευρές της ΓΘΣ στον κλάδο της υγείας, προτείνεται μια μεγαλύτερη



ενσωμάτωση της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και των μοντέλων προσομοίωσης για την κατανόηση σύγχρονων συστημάτων από πολλές πλευρές. Οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε στοιχεία σε μακρο-, μεσο- και μικρο- επίπεδο χρειάζεται να ενσωματωθούν σε εννοιολογικά και πραγματικά πλαίσια. Ταυτόχρονα, η ανάγκη για επαναπροσέγγιση της επιστημολογικής και θεμελιώδους έννοιας κάθε σχετικού με την υγεία συστήματος και η παροχή μιας εμπειρικής γνωστικής βάσης με άμεση αναφορά στο περιβάλλον, όπως αυτό έχει ορισθεί από οποιονδήποτε παρατηρητή του συστήματος, θα παράσχει μια ιεραρχία συστημικών επιπέδων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί όταν όλοι οι σχετικοί φορείς (π.χ. οργανισμοί, ασθενείς, κλινικοί, φορείς δημόσιας υγείας και αναλυτές δεδομένων) αναγνωρίσουν και διαμοιράσουν τις απόψεις τους και τις παρατηρήσεις τους, καθώς αυτοί οι φορείς πιθανώς να παίξουν τόσο εσωτερικό όσο και εξωτερικό ρόλο στο σύστημα. Είναι η καθοριστική επίγνωση και το μεθοδολογικό πλαίσιο που θα πρέπει να διατηρηθούν έτσι ώστε να δωθεί στη ΓΘΣ ένα πλαίσιο δράσης, όπου ο σχεσιακός χαρακτήρας κάθε συστήματος θα οδηγήσει στην περαιτέρω κατανόηση και χαρτογράφηση των δομικών στοιχείων, αλληλεπιδράσεων, σχέσεων και μοτίβων στα πλαίσια μιας μελλοντικής υγειονομικής ιδέας.

#### 2.5.6 Συμπεράσματα Ανασκόπησης

Οι αρχές και η σημασία της θεώρησης των σχέσεων και αλληλεπιδράσεων τόσο ανάμεσα στα συστατικά μέρη ενός συστήματος, όσο και μέσα σε ένα μεγαλύτερο συστημικό περιβάλλον, γίνονται ένα ολοένα και πιο σημαντικό θέμα με το πέρασμα των ετών, ειδικά με τον ερχομό της εποχής των μεγάλων δεδομένων (big data). Η οργάνωση, αλληλεπίδραση και αλληλεξάρτηση μιας συστημικά απευθυνόμενης προσέγγισης στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης λαμβάνει όλο και περισσότερη προσοχή και μετατοπίζει το ενδιαφέρον σε μια ολιστική και δυναμική οπτική σε διαφορετικά πεδία. Η ΓΘΣ προτείνεται ως ένα αξιόπιστο μέσο και μπορεί να γίνει κινητήριο δύναμη στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, αν εφαρμοσθεί με τρόπο βασισμένο σε στοιχεία.

Στην ανασκόπηση που διεξήχθη, δόθηκε έμφαση σε εφαρμογές της ΓΘΣ στον πραγματικό κόσμο (πρακτικές) δεδομένης της θεωρητικής φύσης της ΓΘΣ. Αναγνωρίστηκαν 47 δημοσιεύσεις στο σύνολο, όπου σχεδόν οι μισές είχαν εφαρμοσθεί σε πραγματικές συνθήκες. Η μεθοδολογία έρευνας που ακολουθήθηκε σε αυτές τις δημοσιεύσεις βοήθησε στο να αναγνωρισθούν τόσο οι περιορισμοί, όσο και οι θετικές πλευρές της εφαρμογής της ΓΘΣ.

Είμαι σημαντικό να αναφερθεί ότι η αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών και η εστίαση στις θετικές πλευρές της ΓΘΣ θα πρέπει σταδιακά να ενταχθούν στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης μετά από εκτεταμένους ελέγχους σε προσομοιώσεις, μοντέλα συστημικών περιβαλλόντων, δοκιμαστικά συστήματα και τελικώς, σε πειράματα στον πραγματικό κόσμο.

Η ΓΘΣ και η εφαρμογή της θα είναι άμεσα σχετιζόμενα με τον υγειονομικό κλάδο, στη δημιουργία ενός πλαισίου ανταλλαγής γνώσεων στο οποίο αναγνωρίζεται η αμοιβαιότητα που περιλαμβάνει η δημιουργία παρεμβάσεων βασισμένων σε στοιχεία και λαμβάνει υπόψιν τις ανάγκες των εμπλεκόμενων ενδιαφερόμενων. Επομένως, τα

μοντέλα προσομοίωσης και οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε στοιχεία σε μικρο-, μεσο- και μακρο- επίπεδο των υπό έρευνα συστημάτων θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ώστε να παράσχουν σχετικές πληροφορίες απαραίτητες για την καθιέρωση της ΓΘΣ ως κινητήριας δύναμης στον υγειονομικό κλάδο του μέλλοντος.

### 2.5.7 Περιορισμοί Ανασκόπησης

Οι περιορισμοί της παρούσας ανασκόπησης αναφέρονται εφεξής:

Δε χρησιμοποιήθηκαν όλες οι υπάρχουσες ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων για την αναγνώριση μελετών που πιθανόν πληρούν τις προδιαγραφές. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο άρθρα στην αγγλική γλώσσα, επομένως άρθρα σε άλλες γλώσσες δεν έχουν συμπεριληφθεί, περιορίζοντας το μέγεθος του κυρίως σώματος. Τέλος, η επιλογή των μελετών για την ενσωμάτωση στην μετα-ανάλυση βασίστηκε σε ποιοτικά και όχι σε ποσοτικά κριτήρια, λόγω της φύσης του πλαισίου της ΓΘΣ.

---

*“5.475 Αυτό που χρειάζεται είναι να φτιάξουμε ένα σύστημα σημείων  
- με μια ορισμένη μαθηματική πολλαπλότητα.*

*5.555 ...Όπου όμως μπορούμε να φτιάχνουμε σύμβολα σύμφωνα με  
ένα σύστημα, εκεί το λογικά σημαντικό είναι το σύστημα και όχι τα  
ξεχωριστά σύμβολα.”*

*Tractatus Logico-Philosophicus*

*Ludwig Wittgenstein*

---

## Κεφάλαιο 3 Μαθηματικό και Διαγραμματικό Υπόβαθρο Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων

### 3.1 Μαθηματικό Υπόβαθρο και Έννοιες

Η πιο πρόσφατη προσέγγιση στον ορισμό ενός γενικού συστήματος, είναι αυτή που ορίστηκε από τον Lin [6] παρακάτω:

Έστω  $A$  ένα σύνολο και  $n$  ένας κανονικός αριθμός. Κάθε  $n$ -ιοστή σχέση  $r$  στο  $A$  είναι ένα υποσύνολο του καρτεσιανού γινομένου  $A^n$ , όπου  $A^n$  σημαίνει είτε το καρτεσιανό γινόμενο  $n$  αντιγράφων του  $A$  ή το σύνολο των απεικονίσεων του  $n$  στο  $A$ . Από τη θεωρία συνόλων οι δυο αυτοί ορισμοί του  $A$  είναι ισοδύναμοι.

Εάν η  $r$  είναι μια σχέση στο  $A$ , τότε υπάρχει ένας κανονικός αριθμός  $n = n(r)$ , συνάρτηση της  $r$  ώστε:

$$r \subseteq A^n \quad (3.1)$$

Ο κανονικός αριθμός  $n = n(r)$  καλείται το μήκος της σχέσης  $r$ . Όταν η  $r$  είναι η κενή σχέση  $\emptyset$ , τότε  $n(\emptyset) = 0$ , δηλαδή το μήκος της σχέσης  $\emptyset$  είναι 0.

Το  $S$  είναι ένα (γενικό) σύστημα, εάν το  $S$  είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος συνόλων  $(M, R)$  όπου, το  $R$  είναι ένα σύνολο σχέσεων στο σύνολο  $M$ . Κάθε στοιχείο του  $M$  καλείται αντικείμενο του  $S$  και τα  $M, R$  καλούνται σύνολα αντικειμένων και σχέσεων του  $S$  αντίστοιχα. Το σύστημα  $S$  είναι διακριτό ένα  $R = \emptyset$  ή  $R = \emptyset, M \neq \emptyset$ . Δεν έχει σημασία αν το  $M = \emptyset$

Παρακάτω παρουσιάζονται τρεις (3) μαθηματικές δομές σχετιζόμενες με την έννοια των γενικών συστημάτων: δομή, L-ασαφή συστήματα και G-συστήματα.

#### Δομές

Έστω  $A$  ένα σύνολο και  $n$  ένας μη αρνητικός ακέραιος. Μια  $n$ -ιοστή πράξη στο  $A$  είναι μια απεικόνιση  $f$  του  $A^n$  στο  $A$ . Μια  $n$ -ιοστή σχέση  $r$  στο σύνολο  $A$  είναι ένα υποσύνολο του  $A^n$ . Ένας τύπος  $r$  δομών είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος:

$$(n_0, \dots, n_\nu, \dots)_{\nu < 0_{0(\tau)}, (m_0, \dots, m_\nu, \dots)_{\nu < 0_{1(\tau)}} \quad (3.2)$$

Όπου  $0_{0(\tau)}$  και  $0_{1(\tau)}$  είναι σταθεροί κανονικοί και οι  $n_\nu, m_\nu$  μη αρνητικοί ακέραιοι. Για κάθε  $\nu < 0_{0(\tau)}$  υπάρχει ένα σύμβολο  $f_\nu$  μια  $n_\nu$  πράξης και για κάθε  $\nu < 0_{1(\tau)}$  υπάρχει ένα σύμβολο  $r_\nu$  μιας  $m_\nu$  σχέσης.

Μια δομή  $U$  είναι μια τριπλέτα  $(A, F, R)$  όπου το  $A$  είναι ένα μη κενό σύνολο. Για κάθε  $\nu < 0_{0(\tau)}$  υλοποιούμε το  $f_\nu$  σαν μια πράξη  $(f_\nu)_U$  στο  $A$ , για κάθε  $\nu < 0_{1(\tau)}$  υλοποιούμε το  $r_\nu$  σαν μια σχέση  $(r_\nu)_U$  στο  $A$  και:

$$\begin{aligned} F &= \{(f_o)_U, \dots, (f_v)_U, \dots\}, v < 0_{0(\tau)} \\ R &= \{(r_o)_U, \dots, (r_v)_U, \dots\}, v < 0_{1(\tau)} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Εάν  $0_{1(\tau)} = 0$ , το  $U$  αποκαλείται άλγεβρα, ενώ αν  $0_{0(\tau)} = 0$ , το  $U$  αποκαλείται σχεσιακό σύστημα.

Κάθε  $n$  πράξη είναι μια  $(n + 1)$  σχέση. Επομένως η έννοια του σχεσιακού συστήματος γενικεύει την έννοια της άλγεβρας και η έννοια της δομής συνδυάζει αυτές της άλγεβρας και του σχεσιακού συστήματος. Το γεγονός επίσης ότι κάθε τοπολογικός χώρος είναι ένα σχεσιακό σύστημα δείχνει ότι η έρευνα των σχεσιακών συστημάτων μπορεί να οδηγήσει στην ανακάλυψη των ιδιοτήτων που οι τοπολογίες και οι άλγεβρες έχουν από κοινού.

### L-ασαφή συστήματα

Η έννοια των ασαφών συστημάτων (fuzzy systems) βασίζεται στην έννοια των ασαφών συνόλων όπως τα εισήγαγε το 1965 ο Zadeh [81]. Ένα διατεταγμένο σύνολο  $(L, \leq)$  καλείται πλέγμα (lattice) εάν για οποιαδήποτε στοιχεία  $a, b \in L$ , υπάρχει ακριβώς ένα ανώτατο χαμηλότερο όριο των  $a$  και  $b$ , που συμβολίζεται με  $a \vee b$  και υπάρχει ακριβώς ένα ανώτερο όριο των  $a$  και  $b$  που συμβολίζεται  $a \wedge b$  έτσι ώστε:

$$\begin{aligned} a \vee a &= a, \\ a \wedge a &= a, \\ a \vee b &= b \vee a, \\ a \wedge b &= b \wedge a, \\ a \vee (b \vee c) &= (a \vee b) \vee c, \\ a \wedge (b \wedge c) &= (a \wedge b) \wedge c, \\ a \wedge (a \vee b) &= a, \\ a \vee (a \wedge b) &= a \end{aligned} \quad (3.4)$$

Ένα πλέγμα καλείται επιμεριστικό (distributive) όταν το πλέγμα ικανοποιεί επιπλέον:

$$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c) \text{ and } a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c) \quad (3.5)$$

Ένα πλέγμα καλείται ολοκληρωμένο (ή πλήρες) εάν για κάθε μη κενό υποσύνολο  $A \subseteq L$ , υπάρχει ακριβώς ένα ελάχιστο ανώτερο όριο των στοιχείων στο  $A$ , που υποδηλώνεται από το  $\vee A$  ή  $\text{sup}A$ , και υπάρχει μόνο ένα μέγιστο κατώτερο όριο των στοιχείων στο  $A$ , που δηλώνεται από το  $\wedge A$  ή  $\text{inf}A$ .

Ένα πλέγμα καλείται πλήρες επιμεριστικό (completely distributive) εάν για κάθε  $\alpha \in L$  και κάθε υποσύνολο  $\{b_i : i \in I\} \subseteq L$ , όπου το  $I$  είναι ένα index σύνολο,  $\vee \{b_i : i \in I\}$  και  $\wedge \{b_i : i \in I\}$  υπάρχουν και ικανοποιούν:

$$a \vee (\wedge \{b_i: i \in I\}) = \wedge \{a \vee b_i: i \in I\} \quad (3.6)$$

και

$$a \wedge (\vee \{b_i: i \in I\}) = \vee \{a \wedge b_i: i \in I\}. \quad (3.8)$$

Το  $L$  λέγεται αντίστροφης τάξης ενείλιξη (involution) αν υπάρχει ένας τελεστής ' που ορίζεται στο  $L$  τέτοιος ώστε για κάθε  $a, b \in L$  να ισχύει:

$$\text{αν } a \leq b \text{ τότε } a' \geq b' \quad (3.7)$$

Παρακάτω, θεωρείται ότι υπάρχει ένα σταθερό, πλήρες καταναμημένο πλέγμα  $L$  με αντίστροφης τάξης ενείλιξη και ότι το 0 και 1 είναι τα ελάχιστα και μέγιστα στοιχεία στο  $L$ .

Έστω  $X$  ένα σύνολο. Το  $A$  είναι ένα ασαφές σύνολο στο  $X$  αν και μόνο αν υπάρχει μια αντιστοίχιση  $\mu_A \in L^X$ , τέτοια ώστε  $A = \{(x, \mu_A(x)): x \in X\}$ . Για να μην υπάρχει σύγχυση, θεωρείται ότι το  $A$  είναι η αντιστοίχιση  $\mu_A$  στο  $L^X$ . Εάν η  $\mu_A$  ή  $A$  έχει το πολύ δυο τιμές, 0 και 1, τότε το L-ασαφές σύνολο  $A$  μπορεί να αντιμετωπιστεί ως υποσύνολο του  $X$ .

Έστω η υπόθεση ότι το  $A$  και το  $B$  είναι δυο L-ασαφή σύνολα στο  $X$ .

- $A = B$  αν και μόνο αν  $\mu_A(x) = \mu_B(x)$  για κάθε  $x \in X$
- $A \subset B$  αν και μόνο αν  $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$  για κάθε  $x \in X$
- $Y \subset X$  τότε  $A|Y = \{(x, \mu_A(x)): x \in Y\}$

Έστω  $\{A_i: i \in I\}$  είναι ένα σύνολο L-ασαφών συνόλων στο  $X$ . Τότε το  $C = \bigcup_{i \in I} A_i$  και το  $D = \bigcap_{i \in I} A_i$  ορίζοντας από:

$$\mu_C(x) = \sup\{\mu_{A_i}(x): i \in I\} \quad (3.8)$$

$$\mu_D(x) = \inf\{\mu_{A_i}(x): i \in I\} \quad (3.9)$$

για κάθε  $x \in X$ .

Το  $S$  είναι ένα L-ασαφές σύστημα εάν και μόνο αν το  $S$  είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος  $(M, R)$  συνόλων, όπου το  $R$  είναι ένα σύνολο κάποιων L-ασαφών σχέσεων που ορίζονται στο σύνολο  $M$ . Δηλαδή για κάθε L-ασαφή σχέση υπάρχει ένας κανονικός αριθμός  $n = n(r)$  τέτοιος ώστε το  $r$  να είναι ένα L-ασαφές σύνολο στο καρτεσιανό γινόμενο  $M^n$ . Ο κανονικός αριθμός  $n$  καλείται μήκος της L-ασαφής σχέσης  $r$ .

## G-συστήματα

Το  $S$  είναι ένα (γενικό, general) σύστημα εάν το  $S$  είναι διατεταγμένο ζεύγος  $(M, R)$  συνόλων, όπου το  $R$  είναι ένα σύνολο κάποιων σχέσεων στο σύνολο  $M$ . Κάθε στοιχείο του  $M$  καλείται αντικείμενο του  $S$  και τα  $M, R$  καλούνται σύνολα αντικειμένων και σχέσεων του  $S$  αντίστοιχα.

## Η έννοια του Χρόνου

Όλες οι διαδικασίες, οι κινήσεις και οι συμπεριφορές των συστημάτων και οι αντιδράσεις τους, καθώς και όλες οι εξωτερικές ενέργειες που επιδρούν στα συστήματα, εμφανίζονται και διαδίδονται στο χρόνο. Είναι φυσικό επομένως να μελετηθούν τα όποια συστήματα απευθείας στον χρονικό τομέα. Αυτό απαιτεί να είναι σαφές πώς κατανοείται τι είναι ο χρόνος και ποιες είναι οι ιδιότητές του, οι οποίες εξηγούνται εν συντομία ως εξής:

### Ορισμός Χρόνου

Ο χρόνος (πιο συγκεκριμένα, η χρονική μεταβλητή) που δηλώνεται με το  $t$  ή  $\tau$  είναι μια ανεξάρτητη βαθμωτή φυσική μεταβλητή έτσι ώστε:

- η αξία του που ονομάζεται στιγμή ή λεπτό καθορίζει μοναδικά πότε κάποιος ή κάτι ξεκίνησε /σταμάτησε να υπάρχει
- οι τιμές του προσδιορίζουν μοναδικά από πότε και μέχρι πότε κάποιος ή κάτι υπήρξε / υπάρχει ή θα υπάρχει,
- οι τιμές του καθορίζουν με μοναδικό τρόπο πόσο καιρό υπήρξε/υπάρχει ή θα υπάρξει κάποιος ή κάτι,
- οι τιμές του προσδιορίζουν με μοναδικό τρόπο εάν συμβαίνει ένα συμβάν  $E_1$  τότε όταν ένα άλλο συμβάν  $E_2$  δεν έχει συμβεί ακόμα ή το συμβάν  $E_1$  λαμβάνει χώρα ακριβώς τότε που συμβαίνει το συμβάν  $E_2$  ή το γεγονός  $E_1$  συμβαίνει όταν το γεγονός  $E_2$  έχει ήδη συμβεί,
- η τιμή του καταλαμβάνει (καλύπτει, περικλείει, διαπερνά, ξεπερνά και διεισδύει) όλους και όλα (δηλαδή όντα, αντικείμενα, ενέργεια, ύλη και χώρο) παντού και πάντοτε
- η αξία του ήταν, είναι, και θα είναι μόνιμα, ομαλά, αυστηρά μονότονα συνεχώς και εξίσου μεταβαλλόμενη σε όλες τις χωρικές κατευθύνσεις και τις αισθήσεις, μέσα και γύρω από όλους και όλα ανεξάρτητα από όλους και όλα (ανεξάρτητα από όντα, αντικείμενα, ενέργεια και χώρο), ανεξάρτητα από όλες τις άλλες μεταβλητές, ανεξάρτητα από όλα τα συμβάντα και τις διαδικασίες.

Ο χρόνος είναι ένα βασικό και στοιχειώδες συστατικό της ύπαρξης όλων και η φύση, το φαινόμενο και το περιεχόμενο του σε όρους άλλων σαφώς καθορισμένων εννοιών, από άποψη άλλων φυσικών μεταβλητών και φαινομένων δεν έχει εξηγηθεί ακόμα [82]. Μια αυθαίρετη τιμή του χρόνου  $t(\tau)$ , δηλαδή μια αυθαίρετη στιγμή, είναι μια στιγμιαία (σημαντική) και στοιχειώδης τιμή χρόνου. Μπορεί να συμβεί ακριβώς μια φορά και είναι το ίδιο παντού για (και σε) όλους και όλα (δηλαδή, όντα, ενέργεια, ύλη, αντικείμενα και χώρο), για όλες τις μεταβλητές, για όλα τα συμβάντα, για όλες τις διαδικασίες, για όλα τα βιολογικά, οικονομικά, οικονομικά, φυσικά και κοινωνικά συστήματα. Είναι μια τιμή που δεν είναι επαναλαμβανόμενη και τίποτα δεν μπορεί να επηρεάσει τη ροή της και των επακόλουθων στιγμών.

Μπορεί να ανατεθεί ακριβώς ένας (συμβολίζεται με  $\exists!$ ) πραγματικός αριθμός σε κάθε στιγμή (στιγμιαία), και αντίστροφα. Η αριθμητική τιμή  $num t$  της στιγμής  $t$  είναι ένας πραγματικός αριθμός και αδιάστατος,  $num t \in R$  και  $num t [-]$ , όπου  $R$  είναι το σύνολο όλων των πραγματικών αριθμών.

Ένα χρονικό σύνολο  $T$  είναι το σύνολο όλων των στιγμών. Είναι ένα ανοιχτό, χωρίς όρια και συνεκτικό σύνολο με μια προς μια αντιστοίχιση στο σύνολο  $R$  των πραγματικών αριθμών:

$$T = \{t : num t \in R; dt > 0; t^{(1)} \equiv 1\};$$

$$\forall t \in T; \exists! x \in R \rightarrow x = num t \text{ and } \forall x \in R; \exists! t \in T \rightarrow num t = x, \quad (3.10)$$

$$num inf T = num t_{inf} = -\infty \notin T \text{ and } num sup T = num t_{sup} = \infty \notin T$$

Ο κανόνας της αντιστοιχίας καθορίζει μια αποδεκτή σχετική τιμή μηδενικού αριθμητικού χρόνου  $t_{zero} = t_0, num t_0 = 0$ , μια κλίμακα χρόνου και μια μονάδα χρόνου που δηλώνεται με  $1_t$ , όπου η μονάδα χρόνου μπορεί να είναι: χιλιοστά του δευτερολέπτου, δευτερόλεπτο, λεπτό, ώρα, ημέρα κ.ο.κ. βάσει της αίσθησης του σχετικού χρόνου.

Ο χρόνος είναι βασικό συστατικό του περιβάλλοντος κάθε συστήματος. Το χρονικό πεδίο είναι το χρονικό περιβάλλον, δηλαδή το περιβάλλον χρόνου του συστήματος. Ο λόγος που αρχικά εξετάζεται ο χρόνος, είναι διότι τα περισσότερα συστήματα εξετάζονται ως προς τη συμπεριφορά τους τόσο εντός όσο και εκτός του περιβάλλοντός τους.

Βάσει του χρόνου, μπορεί να οριστεί ως αντικείμενο σύστημα ( $OS$ ) ένα σύστημα το οποίο πρέπει κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες που ονομάζονται ονομαστικές (χωρίς διαταραχές) να λειτουργεί με την απαιτούμενη συμπεριφορά του και υπό άλλες (μη οριακές, διαταραγμένες, πραγματικές) συνθήκες να προσαρμόσει τη συμπεριφορά του αρκετά κοντά στην απαιτούμενη του συμπεριφορά κατά τη διάρκεια κάποιου (οριοθετημένου ή απεριόριστου) χρονικού διαστήματος [83], [84].

### Εισροή, Διαταραχή και Εκροή Συστήματος

Μια μεταβλητή που επιδρά στο σύστημα και η επίδραση της είναι απαραίτητη για τη συμπεριφορά του συστήματος είναι η μεταβλητή εισόδου του συστήματος, που συμβολίζεται με  $I \in R$ . Το εκάστοτε σύστημα μπορεί να έχει πολλές αμοιβαία ανεξάρτητες  $n$  –μεταβλητές, που ορίζουν το διάνυσμα εισόδου του συστήματος  $I$  (ή αλλιώς την εισροή):

$$I = [I_1 I_2 \dots I_n]^T \in R^n \quad (3.11)$$

η οποία είναι στοιχείο του χώρου εισροής  $R^n$ .

Αντίστοιχα ορίζονται οι διαταραχές ενός συστήματος, που είναι μεταβλητές εισόδου χωρίς καμία πρότερη γνώση (πληροφορία) για το σύστημα και τη συμπεριφορά του οι



οποίες επιδρούν πάνω σε αυτό ή το χρησιμοποιούν για να διαταράξουν τη συμπεριφορά του:

$$\mathbf{D} = [D_1 : D_2 : \dots : D_d]^T \in R^d \quad (3.12)$$

Μια διαταραχή σε ένα σύστημα δεν είναι απορριπτέα σε αρκετές περιπτώσεις. Η διαταραχή δρα στο σύστημα στην καλύτερη περίπτωση ανεξάρτητα από τη συμπεριφορά του συστήματος, διότι αν η διαταραχή εκμεταλλευτεί τις πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά του συστήματος, οι διαταράξεις αυτές θεωρούνται ως μια *εχθρική διαταραχή*. Για να διακόψει τη δράση της στο σύστημα, η πηγή της διαταραχής πρέπει να καταστραφεί, κάτι που είναι αρκετές φορές δύσκολο ή και αδύνατο. Ο φυσικός χαρακτήρας των διαταραχών μπορεί να είναι οποιοσδήποτε.

Τέλος, η συμπεριφορά εξόδου ενός συστήματος καθορίζεται από τη χρονική εξέλιξη των μεταβλητών εξόδου και των παραγώγων τους, κατά την έννοια των ακόλουθων ορισμών:

Η μεταβλητή  $Y \in R$  είναι μια μεταβλητή εξόδου του συστήματος εάν και μόνο εάν οι τιμές της προκύπτουν από τη συμπεριφορά του συστήματος, είναι (άμεσα ή έμμεσα) μετρήσιμες και αποτελούν αντικείμενο ενδιαφέροντος.

Ο αριθμός  $m$  είναι ο μέγιστος αριθμός γραμμικά ανεξάρτητων μεταβλητών εξόδου  $Y_1 Y_2 \dots Y_m$  στο χρονικό πλαίσιο που δρα το σύστημα. Δημιουργούν το διάνυσμα εξόδου  $Y$  του συστήματος, το οποίο είναι ένα στοιχείο του χώρου εξόδου  $R^m$ :

$$\mathbf{Y} = [Y_1 Y_2 \dots Y_m]^T \in R^m \quad (3.13)$$

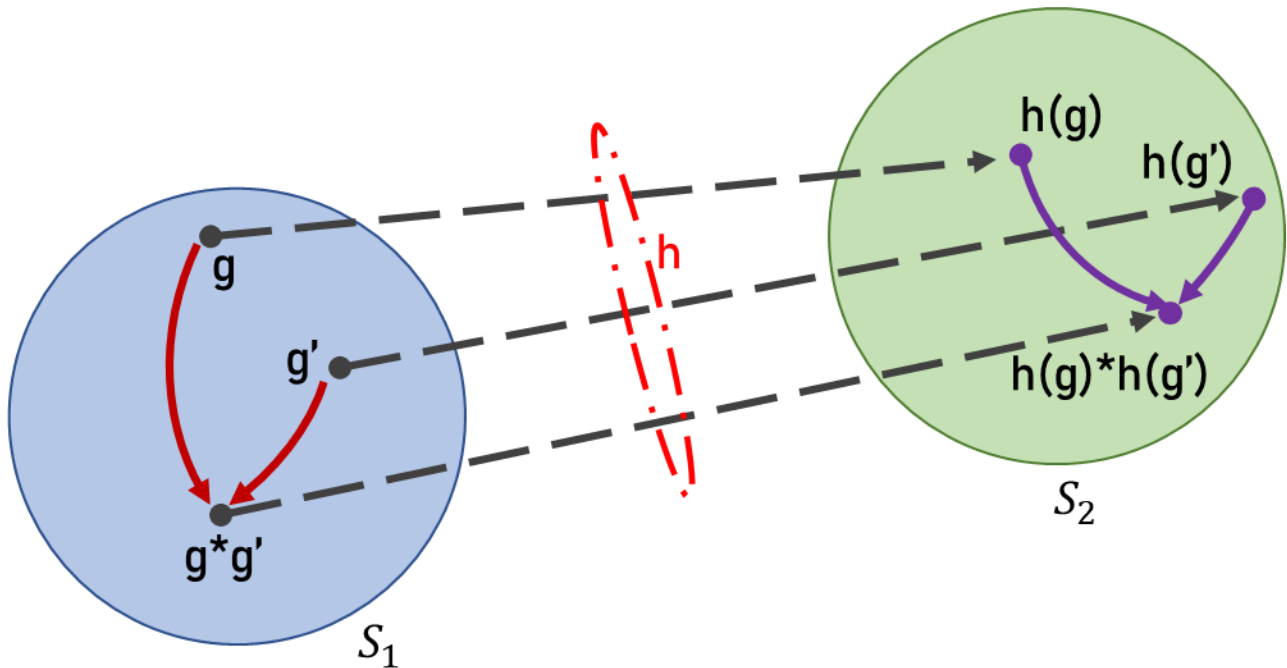
### Σύστημα Εισροής-Εκροής

Ένα γενικό σύστημα  $S = (M, R)$  είναι ένα σύστημα εισροής-εκροής (input-output) εάν τα σύνολα  $I, Y$  είναι τέτοια ώστε να ισχύει  $I \cup Y = M$  και για κάθε σχέση  $r \in R$  υπάρχουν μη μηδενικοί αριθμοί  $n = n(r)$  και  $m = m(r)$  ώστε  $r \subseteq I^n \times Y^m$ . Τα σύνολα  $I, Y$  είναι οι χώροι εισροής και εκροής του συστήματος  $S$  αντίστοιχα.

### Ομομορφισμός Συστήματος

Για δυο συστήματα  $S_1, S_2$  ορίζεται ο ομομορφισμός (Εικόνα 6) ως:

$$\text{Hom}(S_1, S_2) = \{h: S_1 \rightarrow S_2\} \quad (3.14)$$



Εικόνα 6 Ομομορφισμός μεταξύ δυο συστημάτων

### Χρονικό Σύστημα

Για ένα μερικώς διατεταγμένο σύνολο  $(T, \leq)$  με τάξη τύπου  $\alpha$ , μια  $\alpha$ -τύπου ιεραρχία  $S$  συστημάτων είναι μια συνάρτηση που ορίζεται στο σύνολο  $T$  τέτοια ώστε:

$$\forall t \in T, S(t) = S_t = (M_t, R_t) \quad (3.15)$$

με το  $S_t$  να είναι η κατάσταση της  $\alpha$ -τύπου ιεραρχίας  $S$  τη στιγμή  $t$ .

Μια συνδεδεμένη  $\alpha$ -τύπου ιεραρχία  $S$  συστημάτων ορίζεται ως  $\{S, l_{ts}, T\}$  ή  $\{S(t), l_{ts}, T\}$  όταν υπάρχει μια οικογένεια συνδετικών απεικονίσεων  $\{l_{ts}: t, s \in T, s \geq t\}$ .

Ένα χρονικό σύστημα είναι μια ιεραρχία  $S$  συστημάτων στο χρόνο όταν το μερικώς διατεταγμένο σύνολο  $(T, \leq)$  είναι πλήρους διάταξη; η συνδεδεμένη ιεραρχία  $\{S, l_{ts}, T\}$  των συστημάτων καλείται συνδεδεμένο χρονικό σύστημα. Το  $T$  σε αυτήν την περίπτωση είναι το χρονικό σύνολο του συστήματος  $S$ .

### Ελεγχιμότητα Συστημάτων

Η έννοια της ελεγχιμότητας των συστημάτων εισήχθη αρχικά ως ιδιότητα των συστημάτων εισόδου-εξόδου. Η κύρια ιδέα θεωρεί ότι ένα σύστημα εισόδου-εξόδου  $S$  είναι ελέγξιμο με την προϋπόθεση ότι, εάν χρειαστεί να αποκτηθεί κάποια έξοδος του συστήματος με ορισμένες προκαθορισμένες ιδιότητες, τότε μπορεί να βρεθεί κάποια είσοδος τέτοια ώστε η αντίστοιχη έξοδος να ικανοποιεί τις απαιτούμενες ιδιότητες.

Η γενική ελεγχιμότητα στα συστήματα αφορά την παρακάτω ιδέα: έστω ότι υπάρχει ένα σύνολο επιθυμητών στόχων  $V$ . Για κάθε  $v \in V$ , υπάρχει ένα σύνολο "εντολών" που

δίδονται σε ένα σύστημα  $S$  έτσι ώστε το  $S$  να μπορεί να υλοποιήσει τον επιθυμητό στόχο  $v$ . Όταν το  $S$  λαμβάνει τις εντολές, θα υπάρξουν μερικά "καλά οργανωμένα" αντικείμενα του  $S$  για να ολοκληρώσουν την εργασία. Επομένως, θα πρέπει να υπάρχουν ορισμένοι "δέκτες" και "επιτελεστές" στο  $S$  έτσι ώστε όλη η διαδικασία εκτέλεσης του έργου να είναι υπό καλό έλεγχο με μια "ωραία" συνεργασία μεταξύ των "δεκτών" και των "επιτελεστών".

Η ελεγχιμότητα ενός χρονικού συστήματος  $\{S, l_{tS}, T\}$  προκύπτει όταν υπάρχει  $t \in T$  τέτοιο ώστε:

- (1)  $S_t$  είναι ένα μη διακριτό σύστημα εισροής-εκροής
- (2)  $l_{st}(R_t) \cap R_s \neq \emptyset$  για κάθε  $s < t$
- (3)  $l_{ts}(R_s) \cap R_t \neq \emptyset$  για κάθε  $s < t$

Τότε κάθε κατάσταση  $S_s$  του συνδεδεμένου χρονικού συστήματος έχει ένα μη διακριτό μερικό σύστημα που είναι σύστημα εισροής-εκροής.

### Συστήματα Μονής Σχέσης

Ένα (γενικό) σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο αντικειμένων και ένα σύνολο σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων. Ωστόσο, στην πράξη, πολλά συστήματα, τα οποία μπορούν να περιγραφούν με μία μόνο σχέση, έχουν πολλές πολύπλοκες δομές και ιδιότητες που ακόμα δεν κατανοούμε πλήρως και για αυτό υπάρχουν δύο ιδιότητες, οι χαοτικοί και οι ελκυστικοί παράγοντες στα συστήματα μιας σχέσης για το χαρακτηρισμό τους.

#### a. Χαοτικοί Παράγοντες

Ένα σύστημα  $S = (M, \{r\})$  καλείται σύστημα εισροής-εκροής εάν υπάρχουν μη μηδενικοί διατακτικοί αριθμοί  $n$  και  $m$  τέτοιοι ώστε:

$$\emptyset \neq r \subset M^n \times M^m \quad (3.16)$$

όπου χωρίς να χαθεί η γενικότητα, ορίζουμε την είσοδο του συστήματος ως  $I = M^n$  και  $Y = M^m$  και αντί για το διατεταγμένο ζεύγος  $(M, \{r\})$  να ορίσουμε το  $S$  ως τη δυαδική σχέση  $r$ , τέτοια ώστε:

$$\emptyset \neq S \subset I \times Y \quad (3.17)$$

με τα  $I, Y$  να είναι οι χώροι εισόδου, εξόδου του συστήματος  $S$  αντίστοιχα. Στον πραγματικό κόσμο για παράδειγμα ο άνθρωπος είναι ένα σύστημα εισόδου-εξόδου.

Εάν ορίζουμε το  $Z = I \cup Y$ , τότε το σύστημα  $S$  είναι μια δυαδική σχέση στο  $Z$ . Έστω τώρα  $C \subset Z$  ένα αυθαίρετο υποσύνολο. Εάν το  $C^2 \cap S = \emptyset$ , τότε το  $C$  καλείται ένα χάος του  $S$ . Διαισθητικά, ο λόγος που το  $C$  είναι γνωστό ως χάος του  $S$  είναι γιατί το τελευταίο δεν έχει καμία επίδραση στα στοιχεία του  $C$ .

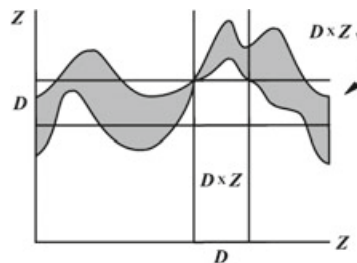
Μια απαραίτητη και αναγκαία συνθήκη υπό την οποία ένα σύστημα εισροής-εκροής  $S$  στο  $Z$  έχει ένα χαοτικό υποσύνολο  $C$  είναι, το  $S$  να μην είναι υποσύνολο του  $D$ , όπου  $D$  είναι η διαγώνιος του συνόλου  $Z$  ορισμένη ως  $D = \{(x, x) : x \in Z\}$

b. Ελκυστές

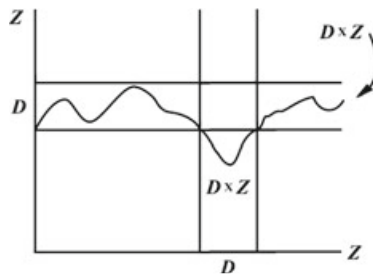
Έστω  $S$  ένα σύστημα εισόδου-εξόδου σε ένα σύνολο  $Z$ . Ένα υποσύνολο  $D$  καλείται ελκυστής του  $S$  εάν:

$$x \in Z - D, S(x) \cap D \neq \emptyset \quad (3.18)$$

Όπου  $S(x) = \{y \in Z: (x, y) \in S\}$ . Οι εικόνες δείχνουν πως εκφράζεται γεωμετρικά ένας ελκυστής. Όταν το  $S$  δεν εκφράζεται με μια συνάρτηση η Εικόνα 7 δείχνει ότι η γραφική παράσταση του  $S$  εκτός της κάθετης μπάρας  $D \times Z$  αλληλεπικαλύπτει την οριζόντια μπάρα  $Z \times D$ . Όταν το  $S$  είναι μια συνάρτηση, η Εικόνα 8 δείχνει ότι το γράφημα εκτός της κάθετης μπάρας  $D \times Z$  πρέπει να περιορίζεται στην οριζόντια μπάρα  $Z \times D$ .



Εικόνα 7 Το  $D$  είναι ελκυστής του  $S$  και το  $S(x)$  περιέχει ένα τουλάχιστον στοιχείο για κάθε  $x$  που ανήκει στο  $Z-D$



Εικόνα 8 Το  $D$  είναι ελκυστής του  $S$  και το  $S$  είναι μια συνάρτηση σε όλο το  $Z$ .

### Γραμμικά Συστήματα

Τα συστήματα μονής σχέσης έχουν πρακτικές εφαρμογές σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών τομέων. Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα γενικά γραμμικά συστήματα, η έννοια της ανατροφοδότησης (feedback) και οι χαρακτηρισμοί των συστημάτων ανατροφοδότησης.

Έστω  $A$  ένα πεδίο,  $X$  και  $Y$  γραμμικοί χώροι στο  $A$  και  $S$  ένα σύστημα εισόδου-εξόδου τέτοιο ώστε:

- I.  $\emptyset \neq S \subset X \times Y$
- II.  $s \in S \text{ και } s' \in S \rightarrow s + s' \in S$
- III.  $s \in S \text{ και } \alpha' \in A \rightarrow \alpha \cdot s \in S$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το  $+$  και το  $\cdot$  είναι η πρόσθεση και ο βαθμωτός πολλαπλασιασμός στο  $X \times Y$  αντίστοιχα και ορίζονται ως εξής:

$$(x_1, y_1) + (x_2, y_2) = (x_1 + x_2, y_1 + y_2) \quad (3.19)$$

$$a(x_1, y_1) = (ax_1, ay_1) \quad (3.20)$$

Το σύστημα  $S$  τότε καλείται γραμμικό σύστημα. Παρακάτω δίνονται δυο ενδεικτικά παραδείγματα:

### Παράδειγμα 1

Έστω ότι το  $S$  είναι ένα σύστημα που περιγράφεται από τις παρακάτω γραμμικές εξισώσεις:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ &\dots \dots \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_m \end{aligned} \quad (3.21)$$

Όπου το  $x_i, i = 1, 2, \dots, n$  είναι μεταβλητές,  $m$  ο αριθμός των εξισώσεων  $a_{ij}$  οι συντελεστές του συστήματος και  $b_j, j = 1, 2, \dots, m$  οι περιορισμοί του συστήματος. Το σύστημα  $S$  μπορεί να περιγραφεί ως ένα γραμμικό σύστημα  $(M, \{r\})$  όπου το αντικείμενο σύνολο  $M$  είναι το σύνολο των πραγματικών αριθμών και:

$$\begin{aligned} r = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) \in M^n: a_{i1}(x_1 + y_1) + a_{i2}(x_2 + y_2) + \\ + \dots + a_{in}(x_n + y_n) = b_i, i = 1, 2, \dots, m \} \end{aligned} \quad (3.22)$$

όπου το  $(y_1, y_2, \dots, y_n) \in M^n$  είναι ορισμένο ώστε  $a_{i1}y_1 + a_{i2}y_2 + \dots + a_{in}y_n = b_i, \forall i = 1, 2, \dots, m$ .

### Παράδειγμα 2

Έστω ότι το  $S$  είναι ένα σύστημα που περιγράφεται από τις παρακάτω διαφορικές εξισώσεις:

$$\frac{d^n x}{dt^n} + a_1(t) \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1}(t) \frac{dx}{dt} + a_n(t)x = f(t) \quad (3.23)$$

όπου  $a_i(t), i = 1, 2, \dots, n$  και  $f(t)$  είναι συνεχείς συναρτήσεις στο διάστημα  $[\alpha, b]$ . Το σύστημα  $S$  μπορεί να περιγραφεί ως ένα γραμμικό σύστημα  $(M, \{r\})$  με τον εξής τρόπο: το αντικείμενο σύνολο  $M$  είναι το σύνολο όλων των συνεχών συναρτήσεων ορισμένων στο  $[\alpha, b]$ , με:

$$r = \{x \in M: \frac{d^n(x+y)}{dt^n} + a_1(t) \frac{d^{n-1}(x+y)}{dt^{n-1}} \dots + a_{n-1}(t) \frac{d(x+y)}{dt} + a_n(t)(x+y) = f(t)\} \quad (3.24)$$

όπου το  $f(t)$  είναι μια συνάρτηση τέτοια ώστε:

$$\frac{d^n y}{dt^n} + a_1(t) \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1}(t) \frac{dy}{dt} + a_n(t)y = f(t) \quad (3.25)$$

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, το  $S$  δεν είναι ένα γραμμικό σύστημα εισόδου-εξόδου. Γενικά, η έννοια του γενικευμένου γραμμικού συστήματος είναι ως εξής:

Έστω  $A$  ένα πεδίο και  $S = (M, R)$  ένα σύστημα τέτοιο ώστε το αντικείμενο σύνολο  $M$  είναι ένας γραμμικός χώρος στο  $A$ . Τότε, το  $S$  είναι ένα γραμμικό σύστημα εάν για κάθε σχέση  $r \in R$  υπάρχει ένας διατακτικός αριθμός  $n = n(r)$  τέτοιος ώστε το  $r$  να είναι γραμμικός υποχώρος του  $M^n$ .

### Σύστημα Ανάδρασης

Ένα σύστημα εισόδου-εξόδου  $S \subset X \times Y$  είναι ένα λειτουργικό σύστημα, εάν το  $S$  είναι μια συνάρτηση από το χώρο εισόδου  $X$  στο χώρο εξόδου  $Y$ . Έστω  $S \subset X \times Y$  και  $S_f: Y \rightarrow X$  ένα γραμμικό σύστημα και ένα γραμμικό λειτουργικό σύστημα αντιστοίχως. Τότε το σύστημα ανάδρασης του  $S$  από το  $S_f$  ορίζεται ως το σύστημα εισόδου-εξόδου  $S'$  τέτοιο ώστε:

$$(x, y) \in S' \leftrightarrow (\exists z \in X) \left( (x + z, y) \in S \text{ και } (y, z) \in S_f \right) \quad (3.26)$$

Τα συστήματα  $S, S_f$  καλούνται πρωτότυπο και αναδραστικό σύστημα αντίστοιχα. Έστω

$$S = \{S \subset X \times Y: S \text{ γραμμικό σύστημα}\} \quad (3.27)$$

$$S_f = \{S_f: Y \rightarrow X: S_f \text{ γραμμικό λειτουργικό σύστημα}\} \quad (3.28)$$

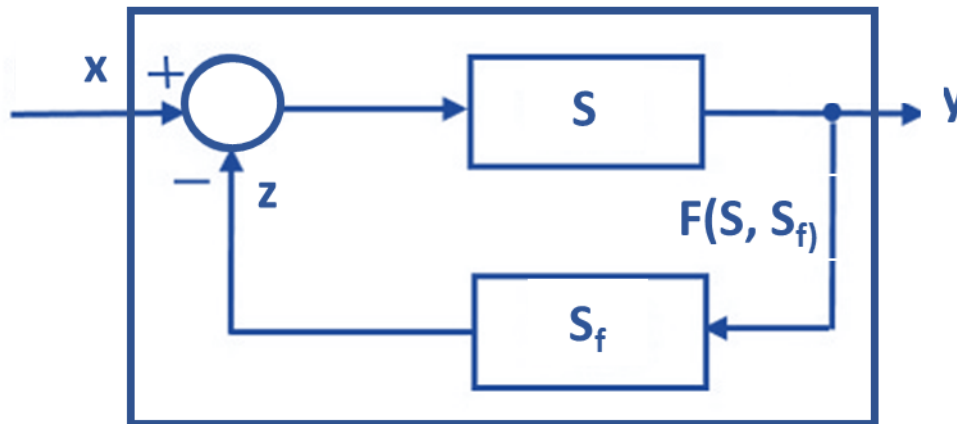
και

$$S' = \{S' \subset X \times Y: S' \text{ υποσυνολο}\} \quad (3.29)$$

Τότε ο αναδραστικός μετασχηματισμός  $F: S \times S_f \rightarrow S'$  ορίζεται από την εξίσωση (25) και καλείται μετασχηματισμός ανάδρασης πάνω στους χώρους  $X, Y$ . Η Εικόνα 9 δείχνει τη γεωμετρική έννοια ενός συστήματος ανάδρασης.

Εάν ένα σύστημα  $S \subset X \times Y$  είναι ένα γραμμικό σύστημα και  $S_f: Y \rightarrow X$  ένα γραμμικό λειτουργικό σύστημα, τότε το υποσύνολο  $S' \subset X \times Y$  είναι το σύστημα ανάδρασης του  $S$  από το  $S_f$ , εάν και μόνο αν:

$$S' = \{(x - S_f(y), y) : (x, y) \in S\} \quad (3.30)$$



Εικόνα 9 Δομή ενός Συστήματος Ανάδρασης

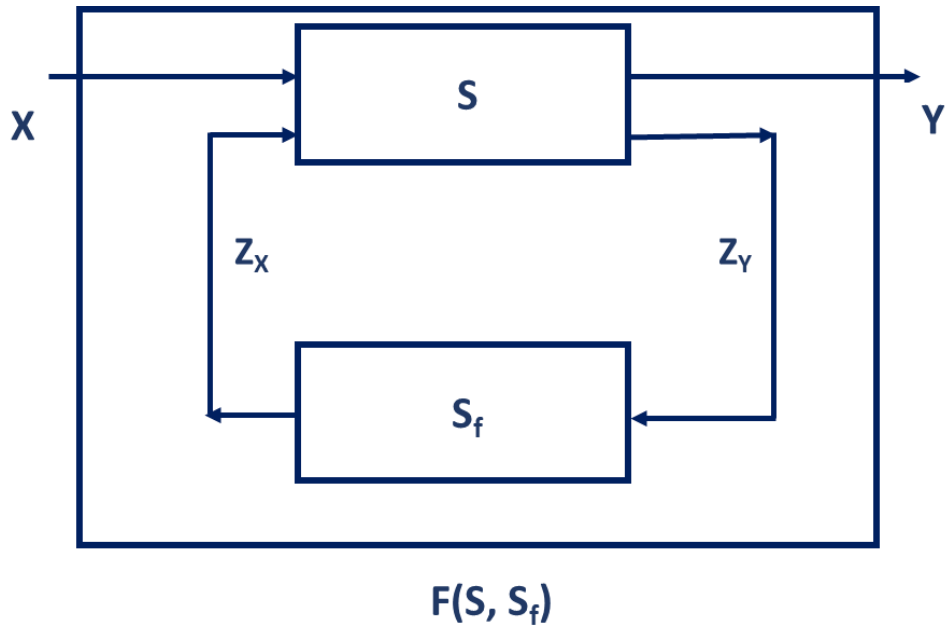
Αν τώρα ορίσουμε τα  $S$  και  $S_f$  ως δυο συστήματα εισόδου-εξόδου τέτοια ώστε:

$$S \subset (X \times Z_s) \times (Y \times Z_y) \quad (3.31)$$

Και

$$S_f \subset Z_y \times Z_s \quad (3.32)$$

όπου το  $S_f$  καλείται στοιχείο ανάδρασης του  $S$ . Η σχέση μεταξύ των δυο συστημάτων φαίνεται στην Εικόνα 10.



Εικόνα 10 Δομή ενός Γενικευμένου Συστήματος Ανάδρασης

Το σύστημα ανάδρασης  $F(S, S_f)$  ορίζεται από την εξίσωση:

$$(x, y) \in F(S, S_f) \leftrightarrow (\exists(z_y, z_x) \in S_f) ((x, z_x), (y, z_y)) \in S \text{ και } (y, z) \in S \quad (3.33)$$

Για την κατασκευή του συστήματος, αρχικά συνδέονται σε συστοιχία τα  $S, S_f$  (βρίσκουμε δηλαδή το κλιμακωτό γινόμενο  $S * S_f$  και στη συνέχεια έχουμε ως είσοδο μια από τις δυο εξόδους του συστήματος  $S * S_f$ ).

Όλα τα ζωντανά συστήματα μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με τις αλλαγές στο περιβάλλον τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι συστήματα ανάδρασης, όπου ο μηχανισμός ανάδρασης χρησιμοποιείται για να πει τι προσαρμογές χρειάζονται και πόσο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο ανθρώπινος οργανισμός και ειδικότερα το ακουστικό σύστημα και ο μηχανισμός αντίληψης μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύστημα ανάδρασης; το ακουστικό σύστημα που δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει τον μηχανισμό ανατροφοδότησης γενικά εγκαταλείπει τις λειτουργίες του αργά ή γρήγορα. Ταυτόχρονα, ο μηχανισμός ανάδρασης λειτουργεί επίσης με πολλά μη ζωντανά συστήματα, όπως για παράδειγμα το νομοθετικό σύστημα. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του μετασχηματισμού ανατροφοδότησης και αποσύνδεσης της ανάδρασης ρίχνει φως στο "ολόκληρο" του συστήματος καθώς και στα "μέρη" που αλληλοσυνδέονται μεταξύ τους. Από κοινού, αυτές οι έννοιες δείχνουν πότε το υπό εξέταση σύστημα μπορεί να χωριστεί σε μικρότερα συστήματα.

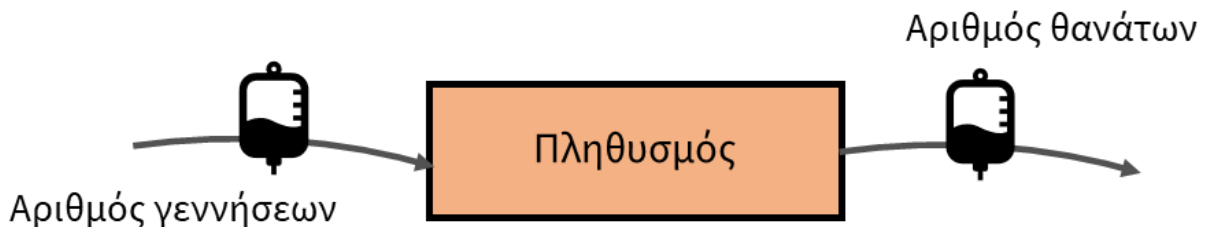
Επομένως, ένα συστημικό "πρότυπο αντικείμενο" κατασκευάζεται τόσο μέσω ομομορφισμού σε ένα επιστημονικό αντικείμενο, όσο και μέσω ισομορφίας σε ένα γενικό σύστημα (εδώ είναι η μια προς μια αντιστοιχία μεταξύ των στοιχείων και των δικών τους αντίστοιχων σχέσεων). Μια ανάλυση των τελευταίων παρέχει πληροφορίες



που μπορούν να ερμηνευτούν στο επίπεδο του πρότυπου-αντικειμένου και αυτό, σε συνδυασμό με την γνώση που προέρχεται από τις "επιστήμες του ρεαλισμού", δίνει τη δυνατότητα να προσδιοριστεί μια κατασκευή αυτού του μοντέλου-αντικειμένου, δηλαδή μια μοντελοποίηση. Το αποτέλεσμα είναι ένα συστηματικό μοντέλο, έτοιμο να δοκιμαστεί εμπειρικά. Η πιθανή ανεπάρκεια αυτού του μοντέλου μπορεί να είναι μια τροποποίηση των προδιαγραφών που εμπλέκονται στη μοντελοποίηση ή τη χρήση ενός άλλου γενικού συστήματος ή ακόμα και μιας αλλαγής στο ίδιο το πρότυπο αντικείμενο (Εικόνα 12).

### 3.2 Απεικόνιση Συστημάτων και της Συμπεριφοράς τους στο Χρόνο

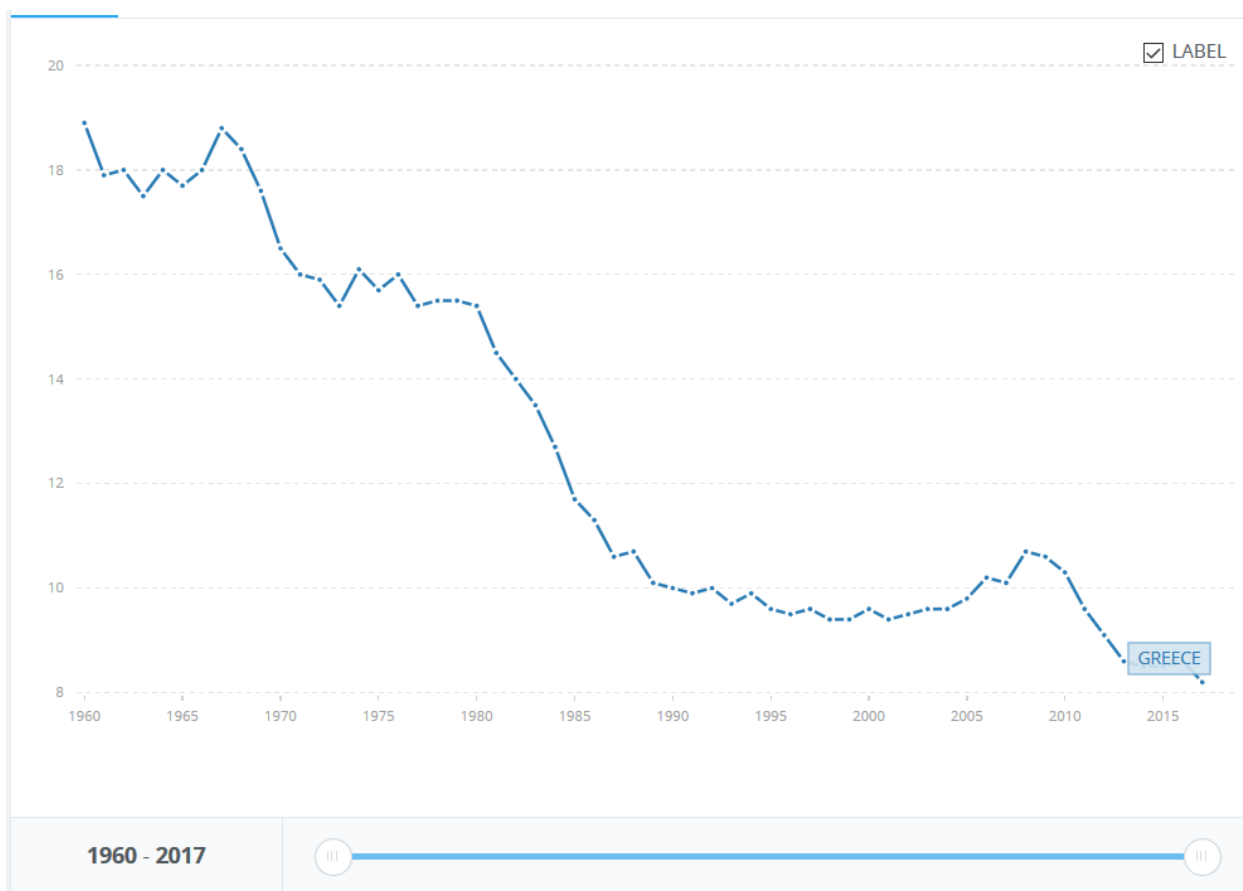
Ένα απόθεμα (stock) είναι το θεμέλιο κάθε συστήματος. Τα αποθέματα είναι τα στοιχεία του συστήματος που μπορούν να μετρηθούν και να ποσοτικοποιηθούν ανά πάσα στιγμή. Ένα απόθεμα συστήματος είναι ακριβώς μια αποθηκευμένη ποσότητα, μια ποσότητα, μια συσσώρευση υλικού ή πληροφορίες που έχουν δημιουργηθεί με την πάροδο του χρόνου. Ένα απόθεμα δεν χρειάζεται να είναι φυσικό. Τα αποθέματα αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου μέσω των ενεργειών μιας ροής. Ένα απόθεμα, λοιπόν, είναι η τωρινή μνήμη της ιστορίας της αλλαγής ροών μέσα στο σύστημα. Τα αποθέματα εμφανίζονται συνήθως ως κουτιά και οι ροές ως "κατευθύνσεις" με μορφή βέλους που οδηγούν μέσα ή έξω από τα αποθέματα. Οι δοσομετρητές σε μορφή δοχείου σε κάθε ροή αντιστοιχούν σε μια "βρύση" που μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο ανοιχτή. Οι αρχές των βέλων αντιπροσωπεύουν τις πηγές απ' όπου προέρχονται οι ροές. Για παράδειγμα στην Εικόνα 11, έχουμε το απόθεμα του πληθυσμού μιας χώρας που αυξάνεται μέσω του αριθμού γεννήσεων και μειώνεται μέσω του αριθμού θανάτων.



Εικόνα 11 Απεικόνιση Ροών, Αποθεμάτων και Δοσομετρητών

Τα γραφήματα συμπεριφοράς ενός συστήματος χρησιμοποιούνται για να κατανοηθούν οι τάσεις με την πάροδο του χρόνου, αντί να εστιαστεί η προσοχή σε μεμονωμένα γεγονότα. Τα γραφήματα συμπεριφοράς χρησιμοποιούνται επίσης κατά τη διάρκεια του χρόνου για να φανεί αν το σύστημα προσεγγίζει ένα στόχο ή ένα όριο και αν ναι, πόσο γρήγορα. Η μεταβλητή στο γράφημα μπορεί να είναι ένα απόθεμα ή μια ροή. Το μοτίβο -το σχήμα δηλαδή της μεταβλητής γραμμής- είναι σημαντικό, όπως και τα σημεία στα οποία η γραμμή αυτή αλλάζει σχήμα ή κατεύθυνση. Οι ακριβείς αριθμοί στους άξονες είναι συχνά λιγότερο σημαντικοί. Ο οριζόντιος άξονας του χρόνου επιτρέπει να διατυπωθούν ερωτήσεις για το τι ήρθε προηγουμένως και τι θα μπορούσε να συμβεί στη συνέχεια. Μπορεί να βοηθήσει επίσης στον προσδιορισμό του χρονικού ορίζοντα

που είναι κατάλληλος για την ερώτηση ή το πρόβλημα που διερευνάται. Στις Εικόνες 12 και 14 για παράδειγμα, απεικονίζεται ο ακαθάριστος ρυθμός γεννήσεων και ο ρυθμός θανάτου ανά 1000 άτομα στην Ελλάδα για το διάστημα 1960-2017 αντίστοιχα. Τα στοιχεία αυτά (αγνοώντας όλους τους υπόλοιπους πιθανούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τον ρυθμό γεννήσεων και θανάτου στη χώρα) δίνουν την εικόνα του πληθυσμού σε όλο το διάστημα αυτό (Εικόνα 15).



Εικόνα 12 Ακαθάριστος Ρυθμός Γεννήσεων ανά 1000 άτομα στην Ελλάδα για το 1960-2017<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.CBRT.IN?locations=GR>



Εικόνα 13 Μεθοδολογία Προσέγγισης Μοντέλων Γενικευμένης Θεωρίας Συστημάτων

Όλα τα μοντέλα, είτε πρόκειται για θεωρητικά είτε για μαθηματικά μοντέλα, είναι απλοποιήσεις του πραγματικού κόσμου. Όλες οι δυναμικές ιδιότητες ενός απλού συστήματος όπως αυτό της Εικόνας 9, μπορεί να ορίσουν αρκετές σημαντικές αρχές που επεκτείνονται σε πιο πολύπλοκα συστήματα:

- Όσο το άθροισμα όλων των εισροών υπερβαίνει το άθροισμα όλων των εκροών, το επίπεδο του αποθέματος θα αυξηθεί.
- Όσο το άθροισμα όλων των εκροών υπερβαίνει το άθροισμα όλων των εισροών, το επίπεδο του αποθέματος θα μειωθεί.
- Εάν το άθροισμα όλων των εκροών ισούται με το άθροισμα όλων των εισροών, το επίπεδο αποθεμάτων δεν θα αλλάξει. Θα διατηρηθεί σε μια δυναμική ισορροπία στο επίπεδο που αυτό συνέβη όταν τα δύο σύνολα ροών έγιναν ίσα.

Τα αποθέματα γενικά χρειάζονται χρόνο για να αλλάξουν, επειδή οι ροές χρειάζονται χρόνο για να ρέουν. Αυτό είναι ένα κλειδί για την κατανόηση της συμπεριφοράς των συστημάτων. Τα αποθέματα συνήθως αλλάζουν αργά, ακόμα και όταν οι ροές μέσα ή έξω από αυτά αλλάζουν ξαφνικά ή απότομα. Ως εκ τούτου, τα αποθέματα λειτουργούν ως στοιχεία καθυστέρησης, ρύθμισης (buffer) ή απορρόφησης (absorber) στα συστήματα. Τα αποθέματα, ιδιαίτερα τα μεγάλα, ανταποκρίνονται στην αλλαγή, ακόμη και στην ξαφνική αλλαγή, μόνο με σταδιακή πλήρωση ή εκκένωση.

Οι άνθρωποι συχνά υποτιμούν την εγγενή δυναμική ενός αποθέματος. Χρειάζεται πολύς χρόνος για να αναπτυχθούν ή να σταματήσουν να αναπτύσσονται οι πληθυσμοί, για να συσσωρευτεί το ξύλο σε ένα δάσος ή για να εξαντληθεί ένα ορυχείο. Μια οικονομία δεν μπορεί να δημιουργήσει ένα μεγάλο απόθεμα λειτουργικών εργοστασίων και αυτοκινητοδρόμων και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων μέσα με μια νύχτα, ακόμη και αν υπάρχουν πολλά χρήματα διαθέσιμα για αυτό το σκοπό. Χρειάστηκαν δεκαετίες να συσσωρευθούν οι στρατοσφαιρικοί ρύποι που καταστρέφουν τη ζώνη του όζοντος της γης και θα χρειαστούν δεκαετίες για την απομάκρυνση αυτών των ρύπων. Σε ένα πιο σχετικό παράδειγμα, η απώλεια ακοής σχετίζεται με τον αριθμό των τριχωτών κυττάρων του έσω ωτός τα οποία αφενός δεν αναπλάθονται και αφετέρου επηρεάζονται τόσο από την ηλικία όσο και από την έκθεση σε θόρυβο (όπως για παράδειγμα όταν πάμε σε συναυλίες ή αν ακούμε συνέχεια μουσική από ακουστικά). Οι μεταβολές των αποθεμάτων επομένως καθορίζουν το ρυθμό της δυναμικής των συστημάτων.

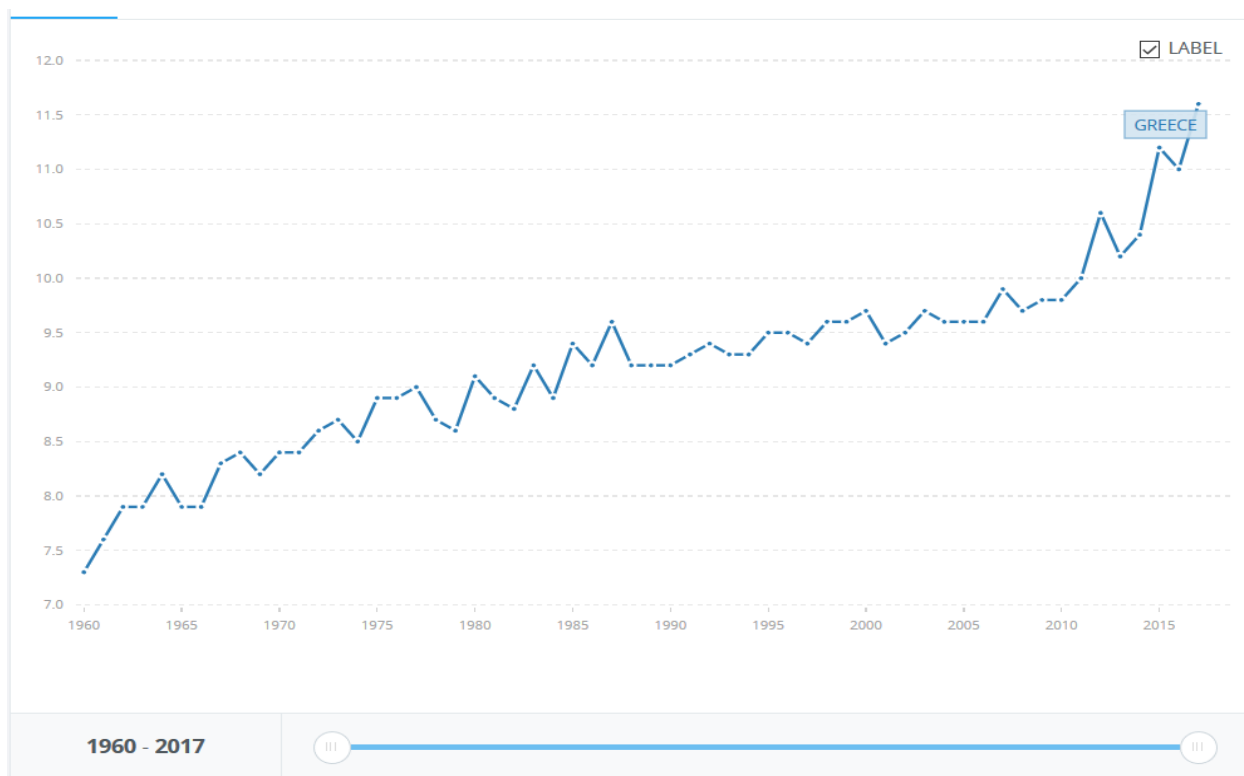
Οι χρονικές υστερήσεις που προέρχονται από αργές μεταβολές των αποθεμάτων μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στα συστήματα, αλλά μπορούν επίσης να αποτελέσουν και πηγές σταθερότητας. Οι ίδιες αυτές χρονικές υστερήσεις που επιβάλλονται από τα αποθέματα επιτρέπουν περιθώρια ελιγμών, πειραματισμού και αναθεώρησης πολιτικών που δεν λειτουργούν μέσα στο ίδιο το σύστημα.

Υπάρχει μια ακόμη σημαντική αρχή σχετικά με το ρόλο των αποθεμάτων στα συστήματα, μια αρχή που θα οδηγήσει άμεσα στην έννοια της ανατροφοδότησης. Η παρουσία των αποθεμάτων επιτρέπει την ανεξαρτησία των εισροών και των εκροών μεταξύ τους και την προσωρινή εξισορρόπηση μεταξύ τους. Οι περισσότερες ατομικές και θεσμικές αποφάσεις έχουν σχεδιαστεί για να ρυθμίζουν τα επίπεδα των

αποθεμάτων. Η καταγραφή των αποθεμάτων και η λήψη αποφάσεων και δράσης με σκοπό την αύξηση, μείωση ή διατήρηση των επιπέδων τους σε επιτρεπτά όρια, οδηγεί στο μηχανισμό της ανατροφοδότησης [85].

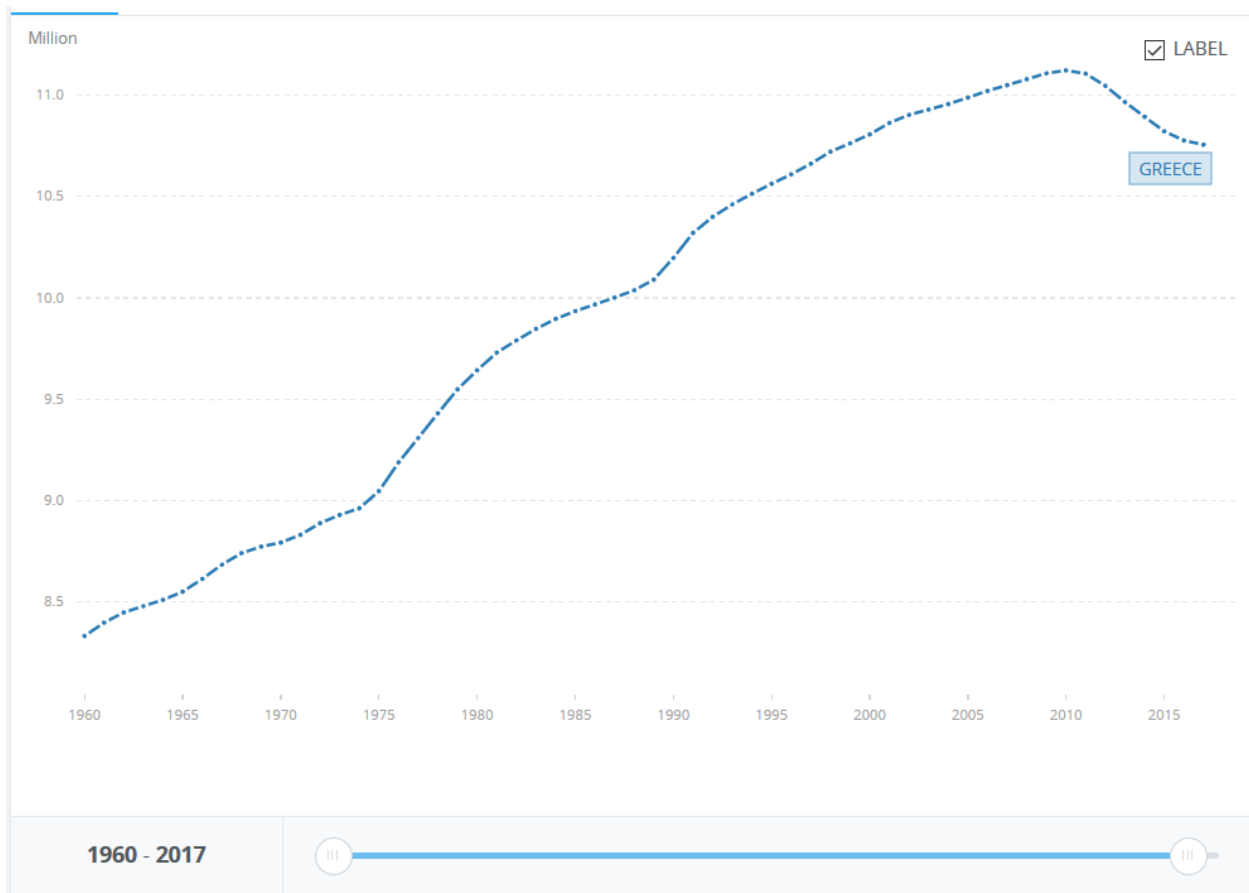
### Ανατροφοδότηση

Όταν ένα απόθεμα αναπτύσσεται ή μειώνεται πολύ γρήγορα ή κρατιέται σε ένα ορισμένο εύρος, ανεξάρτητα από το τι συμβαίνει γύρω του, είναι πιθανό ότι υπάρχει ένας μηχανισμός ελέγχου στις διαδικασίες του. Με άλλα λόγια, αν υπάρχει μια συμπεριφορά που επιμένει με την πάροδο του χρόνου, υπάρχει πιθανώς ένας μηχανισμός που δημιουργεί αυτή τη συνεπή συμπεριφορά. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί μέσω ενός βρόχου ανατροφοδότησης. Ένα σταθερό μοτίβο συμπεριφοράς για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι ο πρώτος υπαινιγμός για την ύπαρξη ενός βρόχου ανατροφοδότησης. Ένας βρόχος ανατροφοδότησης σχηματίζεται όταν οι αλλαγές σε ένα απόθεμα επηρεάζουν τις ροές μέσα ή έξω από το ίδιο απόθεμα. Ένας βρόχος ανατροφοδότησης μπορεί να είναι αρκετά απλός και άμεσος.



Εικόνα 14 Ακαθάριστος Αριθμός Θανάτων ανά 1000 άτομα στην Ελλάδα για το 1960-2017<sup>2</sup>

<sup>2</sup> <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.CDRT.IN?locations=GR>



Εικόνα 15 Πληθυσμός Ελλάδος για το διάστημα 1960-2017<sup>3</sup>

Οι βρόχοι ανάδρασης μπορούν να προκαλέσουν στα αποθέματα τη διατήρηση του επιπέδου τους σε ένα εύρος τιμών ή την ανάπτυξη ή την παρακμή τους. Σε κάθε περίπτωση, οι ροές προς ή από το απόθεμα ρυθμίζονται λόγω των αλλαγών στο μέγεθος του ίδιου του αποθέματος. Όποιος ή ό,τι παρακολουθεί το επίπεδο του αποθέματος, αρχίζει μια διορθωτική διαδικασία, ρυθμίζοντας τα ποσοστά εισροής ή εκροής (ή και τα δύο), αλλάζοντας το επίπεδο του αποθέματος. Το επίπεδο αποθεμάτων τροφοδοτείται επομένως από μια αλυσίδα σημάτων και δράσεων για τον αυτό-έλεγχό του.

Ένας βρόχος ανατροφοδότησης επομένως είναι μια κλειστή αλυσίδα αιτιωδών συνδέσεων από ένα απόθεμα, μέσω ενός συνόλου αποφάσεων ή κανόνων ή φυσικών νόμων ή πράξεων που εξαρτώνται από το επίπεδο του αποθέματος και ξανά μέσω μιας ροής για την αλλαγή του αποθέματος. Στην Εικόνα 16 εμφανίζεται ο τρόπος απεικόνισης του μηχανισμού ανατροφοδότησης. Σε κάθε διάγραμμα διακρίνεται το απόθεμα, η ροή που αλλάζει το απόθεμα και η σχέση πληροφοριών (που εμφανίζεται ως ένα λεπτό,

<sup>3</sup> <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.CDRT.IN?locations=GR>

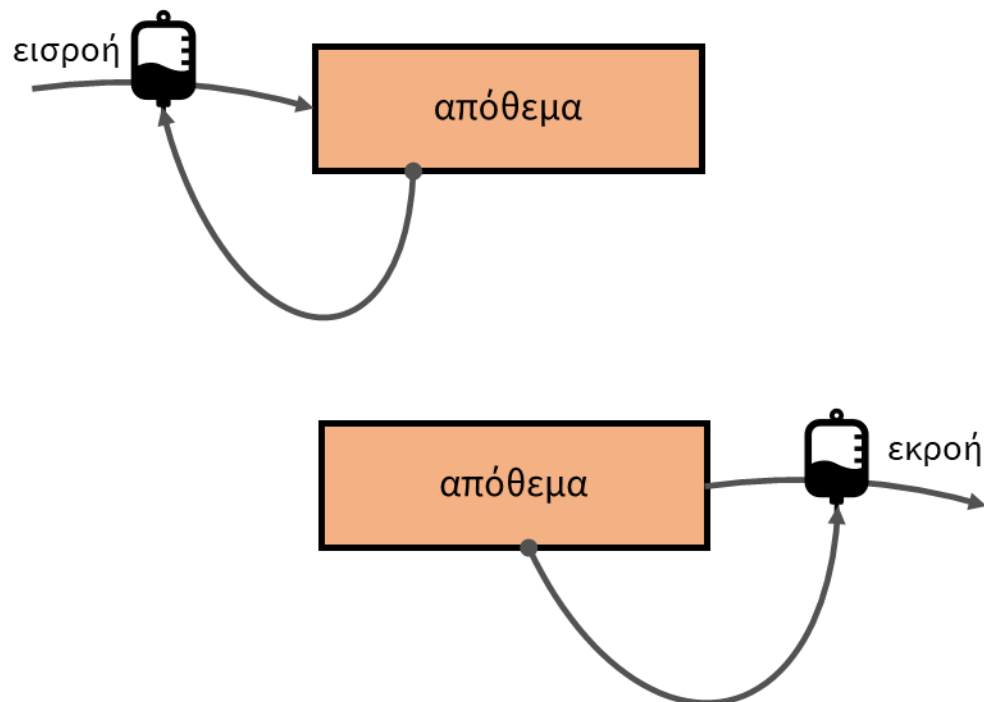
καμπύλο βέλος) που κατευθύνει τη δράση. Τονίζεται κατ' αυτόν τον τρόπο ότι η δράση ή η αλλαγή συνεχίζονται πάντα με την προσαρμογή των ροών.

Δεν έχουν όλα τα συστήματα πάντως βρόχους ανατροφοδότησης. Ορισμένα συστήματα είναι σχετικά απλές ανοικτές αλυσίδες αποθεμάτων και ροών. Η αλυσίδα αυτή μπορεί να επηρεαστεί από εξωτερικούς παράγοντες, αλλά τα επίπεδα των αποθεμάτων της αλυσίδας δεν επηρεάζουν τις ροές της. Ωστόσο, τα συστήματα που περιέχουν βρόχους ανατροφοδότησης είναι αρκετά κοινά και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δυο κατηγορίες:

- Σταθεροποιητικός βρόχος ανατροφοδότησης (balancing feedback loop)  
Αυτό το είδος σταθεροποιητικού ή ρυθμιστικού βρόχου συμβολίζεται με ένα (B) στο εσωτερικό του βρόχου στο διάγραμμα (Εικόνα 17). Οι σταθεροποιητικοί βρόχοι ανατροφοδότησης αναζητούν ένα στόχο ή μια σταθερότητα. Κάθε ένας από αυτούς προσπαθεί να διατηρεί ένα απόθεμα σε μια δεδομένη τιμή ή μέσα σε ένα εύρος τιμών. Τέτοιοι βρόχοι αντιτίθενται σε όποια κατεύθυνση αλλαγής επιβάλλεται στο σύστημα. Αν ξεφύγει ένα απόθεμα πάρα πολύ ψηλά, ο σταθεροποιητικός βρόχος θα προσπαθήσει να το τραβήξει προς τα κάτω. Αν ξεφύγει πάρα πολύ κάτω, ένας σταθεροποιητικός βρόχος, θα προσπαθήσει να το επαναφέρει πίσω. Αποτελούν επομένως δομές εξισορρόπησης ή επιδίωξης στόχου σε συστήματα και αποτελούν αμφοτέρως πηγές σταθερότητας και πηγές αντίστασης στην αλλαγή.  
Η παρουσία ενός μηχανισμού ανατροφοδότησης δεν σημαίνει απαραίτητα ότι ο μηχανισμός λειτουργεί καλά. Ο μηχανισμός ανατροφοδότησης μπορεί να μην είναι αρκετά ισχυρός για να φέρει το απόθεμα στο επιθυμητό επίπεδο. Οι ανατροφοδοτήσεις - οι διασυνδέσεις, το πληροφοριακό μέρος του συστήματος - μπορούν να αποτύχουν για πολλούς λόγους. Οι πληροφορίες μπορούν να φτάσουν πολύ αργά ή σε λάθος μέρος. Μπορεί να είναι ασαφές ή ελλιπές ή δύσκολο το περιεχόμενο της πληροφορίας ώστε να ερμηνευτεί. Η ενέργεια που το ενεργοποιεί μπορεί να είναι υπερβολικά αδύναμη ή καθυστερημένη ή περιορισμένη σε πόρους ή απλώς αναποτελεσματική. Ο στόχος του βρόχου ανατροφοδότησης σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να μην επιτευχθεί ποτέ από το πραγματικό απόθεμα.
- Ενισχυτικός βρόχος ανατροφοδότησης (reinforcing feedback loop)  
Ο ενισχυτικός βρόχος ανατροφοδότησης συμβολίζεται με (R) στα αντίστοιχα διαγράμματα (Εικόνα 18). Παράγει μεγαλύτερη εισροή σε ένα απόθεμα όσο περισσότερο από αυτό υπάρχει (και μικρότερη εισροή, όσο μικρότερο απόθεμα υπάρχει). Η ενίσχυση που προσφέρει είναι προς την κατεύθυνση στην οποία επιβάλλεται. Οι ενισχυτικοί αυτοί βρόχοι συναντώνται κάθε φορά όπου ένα στοιχείο συστήματος έχει την ικανότητα να αναπαράγεται ή να αναπτύσσεται ως ένα σταθερό κλάσμα του εαυτού του. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν τους πληθυσμούς και τις οικονομίες. Η παρουσία των βρόχων είναι αυτό-ενισχυτική

και οδηγεί ένα σύστημα σε εκθετική ανάπτυξη ή κατάρρευση στην πάροδο του χρόνου.

Οι πληροφορίες που παρέχονται από ένα βρόχο ανατροφοδότησης, ακόμη και στην περίπτωση της μη φυσικής ανατροφοδότησης, μπορούν να επηρεάσουν μόνο τη μελλοντική συμπεριφορά του συστήματος, διότι ο βρόχος δεν μπορεί να παραδώσει ένα σήμα αρκετά γρήγορα ώστε να διορθώσει τη συμπεριφορά που οδήγησε στην τρέχουσα ανατροφοδότηση. Ακόμα και οι μη φυσικές πληροφορίες χρειάζονται χρόνο για να ανατροφοδοτηθούν στο σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι οποιεσδήποτε αποφάσεις σχετίζονται με το μηχανισμό ανατροφοδότησης δεν μπορεί να έχουν αρκετό αντίκτυπο ώστε να διορθώσουν τη συμπεριφορά που οδήγησε στην τρέχουσα ανατροφοδότηση. Μια απόφαση που λαμβάνεται με βάση την ανατροφοδότηση δεν μπορεί να αλλάξει τη συμπεριφορά του συστήματος που οδήγησε στην τρέχουσα ανατροφοδότηση. Όποιες αποφάσεις ληφθούν θα επηρεάσουν μόνο τη μελλοντική συμπεριφορά. Αυτό σημαίνει ότι θα υπάρχουν πάντα καθυστερήσεις στην απάντηση, που σημαίνει ότι μια ροή δεν μπορεί να αντιδρά αμέσως σε ροή. Μπορεί να αντιδράσει μόνο σε μια αλλαγή σε ένα απόθεμα, και μόνο μετά από μια μικρή καθυστέρηση για την καταγραφή των εισερχόμενων πληροφοριών.

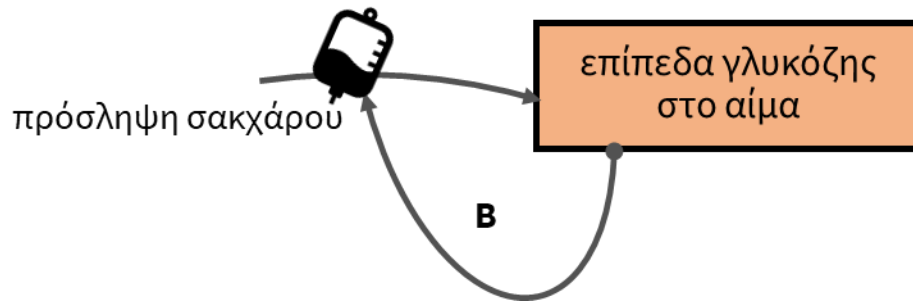


Εικόνα 16 Διαγράμματα Συστημάτων με Ανατροφοδότηση

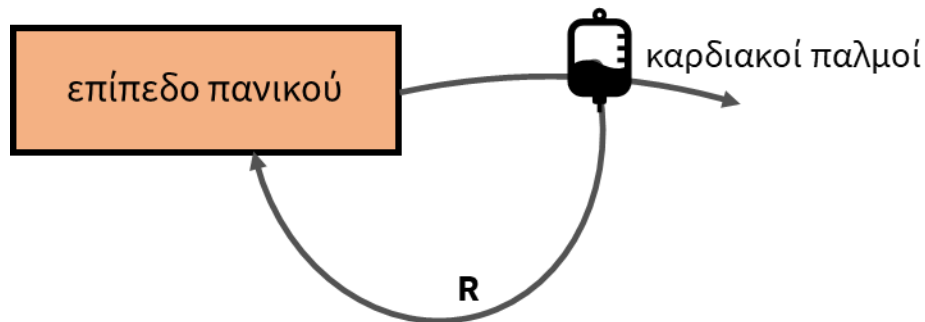
Οι καθυστερήσεις επίσης είναι αρκετά διαδεδομένες στα συστήματα και είναι ισχυροί καθοριστικοί παράγοντες συμπεριφοράς. Η αλλαγή του χρόνου μιας καθυστέρησης



μπορεί (ή όχι, ανάλογα με τον τύπο καθυστέρησης και τη διάρκεια των άλλων καθυστερήσεων) να προκαλέσει μια μεγάλη αλλαγή στη συμπεριφορά ενός συστήματος.



Εικόνα 17 Εξισορροπητικός Βρόχος Ανατροφοδότησης



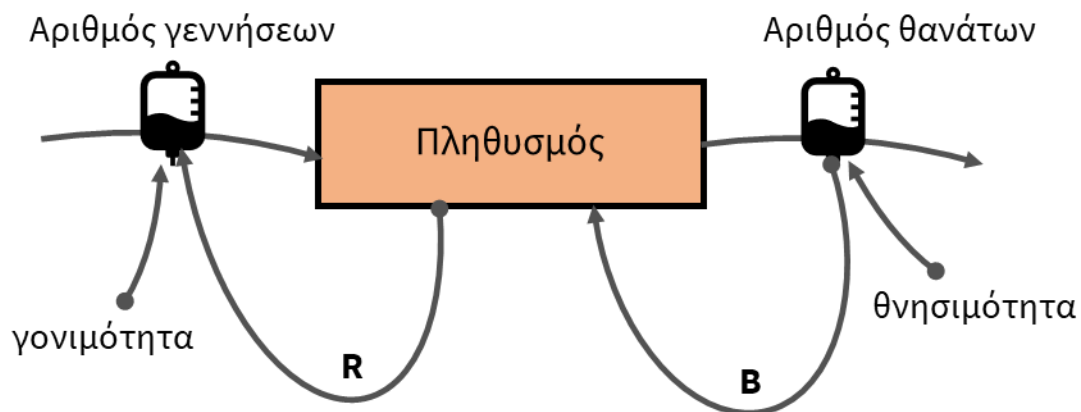
Εικόνα 18 Ενισχυτικός Βρόχος Ανατροφοδότησης

Ένας βρόχος ανατροφοδότησης για την εξισορρόπηση του αποθέματος πρέπει να έχει τον στόχο του ρυθμισμένο κατάλληλα για να αντισταθμίσει τις διαδικασίες εκροής ή εισροής που επηρεάζουν αυτό το απόθεμα. Διαφορετικά, η διαδικασία ανάδρασης θα υπολείπεται ή θα υπερβαίνει τον στόχο που έχει τεθεί για το απόθεμα.

Φυσικά, στα πραγματικά συστήματα οι βρόχοι ανάδρασης σπάνια βρίσκονται μεμονωμένα. Συνδέονται μεταξύ τους συχνά σε σύνθετα και περίπλοκα πρότυπα. Ένα ενιαίο απόθεμα είναι πιθανό να έχει αρκετούς βρόχους ενίσχυσης και εξισορρόπησης με διαφορετικές δυνάμεις που το κατευθύνουν σε διαφορετικές καταστάσεις. Μια ενιαία ροή μπορεί να ρυθμιστεί από το περιεχόμενο τριών ή πέντε ή είκοσι αποθεμάτων. Μπορεί να "γεμίσει" ένα απόθεμα ενώ "αποστραγγίζει" κάποιο άλλο και να "τροφοδοτεί" αποφάσεις που αλλάζουν κάποιο άλλο απόθεμα. Κάθε βρόχος ζεύξης εξισορρόπησης έχει ένα σημείο κατάρρευσης (breakdown point) όπου άλλοι βρόχοι απομακρύνουν το απόθεμα μακριά από το στόχο του με πιο έντονο ρυθμό από ό,τι μπορεί να κρατήσει πίσω. Η παρουσία πολλών βρόχων ανατροφοδότησης σε ένα σύστημα τους κάνει ανταγωνιστικούς για την επιβίωσή τους, προσπαθώντας να

αυξήσουν τα αποθέματά τους, να πεθάνουν ή να βρεθούν σε ισορροπία μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα, τα πολύπλοκα συστήματα κάνουν πολλά περισσότερα από το να παραμείνουν σταθερά ή να εκρήγνυνται εκθετικά ή να προσεγγίσουν ομαλά τους στόχους τους.

Ένα ενδεικτικό σύστημα παρουσιάζεται στην Εικόνα 19. Ένας πληθυσμός έχει έναν ενισχυτικό βρόχο που τον αναγκάζει να αναπτυχθεί μέσω των γεννήσεων, και ένα βρόχο εξισορρόπησης που τον προκαλεί να μειώνεται λόγω των θανάτων. Όσο η γονιμότητα και η θνησιμότητα είναι σταθερές (που σε ένα πραγματικό σύστημα είναι σπάνια σταθερές), αυτό το σύστημα έχει μια απλή συμπεριφορά. Αναπτύσσεται εκθετικά ή πεθαίνει, ανάλογα με το αν ο ενισχυτικός κύκλος ανατροφοδότησης που καθορίζει τις γεννήσεις είναι ισχυρότερος από τον βρόχο εξισορρόπησης ανάδρασης που καθορίζει τους θανάτους.



Εικόνα 19 Σύστημα πληθυσμού που διέπεται από έναν ενισχυτικό βρόχο γεννήσεων και έναν εξισορροπητικό βρόχο θανάτων.

Αυτή η συμπεριφορά είναι ένα παράδειγμα μετατόπισης της κυριαρχίας των βρόχων ανάδρασης. Η κυριαρχία είναι μια σημαντική ιδέα στη συστημική προσέγγιση. Όταν ένας βρόχος κυριαρχεί ενός άλλου, έχει ισχυρότερο αντίκτυπο στη συμπεριφορά του συστήματος. Επειδή τα συστήματα συχνά έχουν αρκετούς ανταγωνιστικούς βρόχους ανάδρασης που λειτουργούν ταυτόχρονα, αυτοί οι βρόχοι που κυριαρχούν στο σύστημα θα καθορίσουν και τη συμπεριφορά του συστήματος. Οι σύνθετες συμπεριφορές των συστημάτων συχνά προκύπτουν καθώς μεταβάλλονται οι σχετικές δυνάμεις των βρόχων ανάδρασης, προκαλώντας πρώτα έναν βρόχο και έπειτα έναν άλλο να κυριαρχήσει και να καθορίσει τη συμπεριφορά του συστήματος.

Μια από τις κεντρικές ιδέες της θεωρίας συστημάτων, τόσο κεντρική όσο και η παρατήρηση ότι τα συστήματα προκαλούν σε μεγάλο βαθμό τη δική τους συμπεριφορά, είναι ότι συστήματα με παρόμοιες δομές ανάδρασης παράγουν παρόμοιες δυναμικές συμπεριφορές, ακόμη και αν η εξωτερική εμφάνιση αυτών των συστημάτων είναι τελείως διαφορετική.

Κάθε φορά που υπάρχει ένα σενάριο για ένα προς εξέταση σύστημα, υπάρχουν κάποια ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν, τα οποία θα βοηθήσουν να αποφασιστεί το πόσο καλή είναι η αναπαράσταση της πραγματικότητας που εκπροσωπεί ένα υποκείμενο μοντέλο.

1. Είναι πιθανό οι κινητήριοι παράγοντες να επηρεάσουν το σύστημα με ένα συγκεκριμένο τρόπο;
2. Εάν το έκαναν, θα αντιδράσει το σύστημα με αυτόν τον τρόπο;
3. Τι προκαλεί τους κινητήριους αυτούς παράγοντες;

Το πρώτο ερώτημα αφορά το μέλλον ενός συστήματος, όσο απρόβλεπτο και αν είναι αυτό. Μια συστημική ανάλυση μπορεί να ελέγξει μια σειρά σεναρίων για να εντοπίσει τι συμβαίνει εάν οι κινητήριοι παράγοντες ενός συστήματος κάνουν διαφορετικά πράγματα. Αυτός είναι συνήθως ένας σκοπός μιας ανάλυσης συστημάτων. Η *δυναμική* του μοντέλου ενός συστήματος διερευνά πιθανά μελλοντικά συμβάντα και αφορούν τις ερωτήσεις τύπου “τι θα συμβεί εάν” (what-if).

Το δεύτερο ερώτημα αφορά το πόσο καλό είναι το μοντέλο και εάν καταγράφει την εγγενή δυναμική του συστήματος. Δηλαδή, ανεξάρτητα από το αν έχει υποτεθεί ότι οι κινητήριοι παράγοντες θα το επηρεάσουν κατά ένα τρόπο, η αντίδραση και η συμπεριφορά του συστήματος σε αυτόν τον τρόπο να είναι αναμενόμενη. Η *χρησιμότητα* δηλαδή του μοντέλου δεν εξαρτάται από το αν τα σενάρια οδήγησης είναι ρεαλιστικά (αφού κανείς δεν μπορεί να το γνωρίζει αυτό σίγουρα) αλλά από το αν ανταποκρίνεται με ένα ρεαλιστικό πρότυπο συμπεριφοράς.

Το τρίτο ερώτημα αφορά τα όρια ενός συστήματος. Απαιτεί μια διερευνητική και αυστηρή οπτική σε αυτούς τους κινητήριους παράγοντες για να αποδειχθεί εάν είναι πραγματικά ανεξάρτητοι, ή εάν είναι επίσης ενσωματωμένοι στο σύστημα [85]. Τα όρια είναι αυτά που καθορίζουν και τον τύπο του συστήματος και την κατηγοριοποίηση του σε ανοιχτό ή κλειστό.

### Ανοιχτά και Κλειστά Συστήματα

Σύμφωνα με τον Bertalanffy [7], υπάρχουν δυο τύποι συστημάτων:

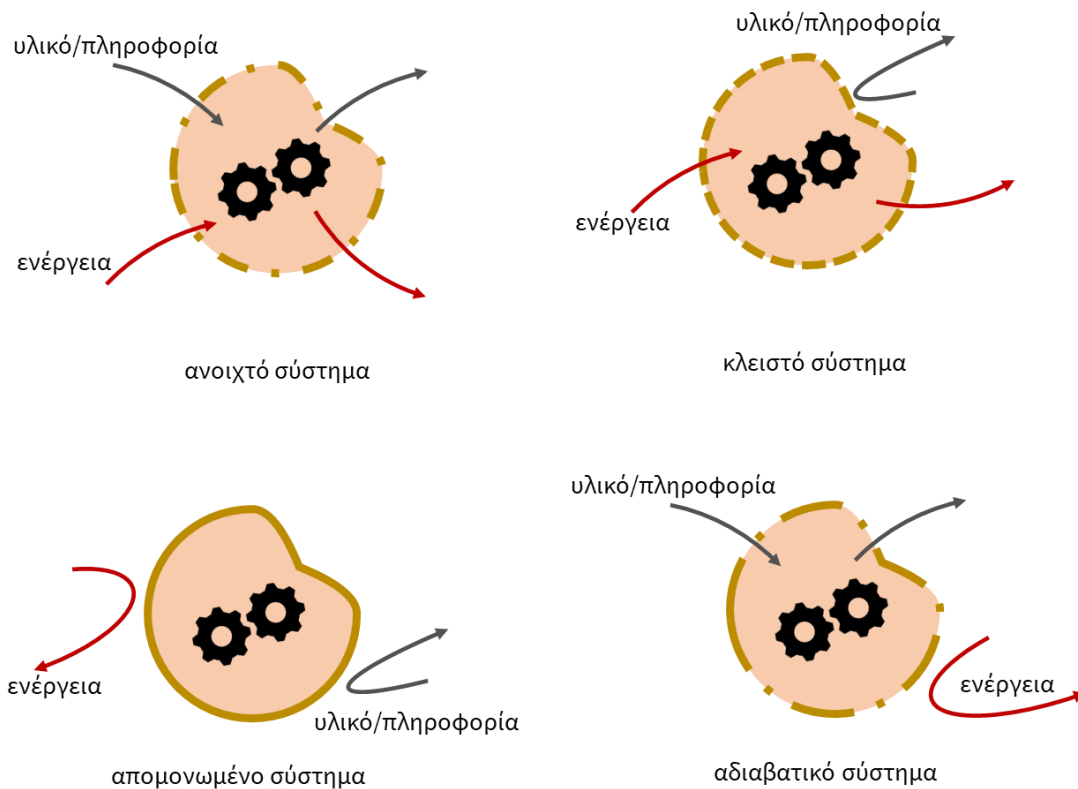
1. Τα ανοιχτά συστήματα, στα οποία υπάρχει εισροή/εκροή υλικού ή/και πληροφορίας
2. Τα κλειστά συστήματα, στα οποία δεν υπάρχει εισροή/ εκροή υλικού ή/και πληροφορίας

Υπάρχουν επιπλέον δυο τύποι συστημάτων, δεδομένου ότι τόσο τα ανοιχτά όσο και τα κλειστά συστήματα ανταλλάσσουν ενέργεια με το περιβάλλον τους:

3. Τα απομονωμένα συστήματα, τα οποία είναι κλειστά συστήματα που δεν ανταλλάσσουν ενέργεια με το περιβάλλον

4. Τα αδιαβατικά συστήματα, στα οποία υπάρχει μόνο εισροή/εκροή υλικού ή/και πληροφορίας αλλά όχι ενέργειας.

Σχηματικά οι παραπάνω τύποι συστημάτων απεικονίζονται στην Εικόνα 20. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής παρουσιάζονται μόνο οι πρώτοι δύο τύποι συστημάτων και κυρίως τα ανοιχτά συστήματα.



Εικόνα 20 Τύποι Συστημάτων

Η εισροή και εκροή υλικού ή πληροφορίας στα ανοιχτά συστήματα εξυπηρετεί στην διαρκή αλλαγή του συστήματος επειδή τα επιμέρους στοιχεία μέσα στο σύστημα αλλάζουν διαρκώς. Τα περισσότερα βιολογικά φαινόμενα θεωρούνται ανοιχτά συστήματα, όπως λόγου χάρη ο μεταβολισμός, η ανάπτυξη ή η διαδικασία της πέψης. Αντίθετα, σε ένα κλειστό σύστημα οι αλληλεπιδράσεις συμβαίνουν εντός του συστήματος, χωρίς καμία επίδραση από το περιβάλλον. Είναι ένας τύπος συστήματος με καθαρές διαδικασίες που δεν επηρεάζονται από εξωτερικά ερεθίσματα. Ένα κλειστό σύστημα είναι ένα σύστημα που ανταλλάσσει μόνο ενέργεια με το περιβάλλον, όχι ύλη ή/και πληροφορία. Το ψυγείο για παράδειγμα είναι ένα κλειστό σύστημα το οποίο λόγω του αεροστεγούς χαρακτήρα του δεν επιτρέπει την ανταλλαγή της ύλης από και προς το σύστημα.

Όταν οι αλλαγές στο χρόνο εξαφανιστούν, τα κλειστά συστήματα γίνονται στατικά. Επιτυγχάνουν μια κατάσταση ισορροπίας όπου η σύσταση του συστήματος παραμένει σταθερή. Τα κλειστά συστήματα πρέπει εντέλει να φτάσουν σε αυτή την κατάσταση ισορροπίας, βάσει του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής. Τα ανοιχτά συστήματα μπορούν επίσης να επιτύχουν μια σταθερή κατάσταση, παρόλο που οι εισροές και οι εκροές συνεχίζουν. Τα επίπεδα στο σύστημα παραμένουν σε ισορροπία και σε ίσες ποσότητες έτσι ώστε το σύστημα να είναι σταθερό, ακόμα και αν τα υλικά ή η πληροφορία εισέρχονται και εξέρχονται στο σύστημα με τον ίδιο ρυθμό. “Κάθε ζωντανός οργανισμός διατηρείται με μια συνεχή εισροή και εκροή, με την οικοδόμηση και τη διάσπαση των συστατικών, χωρίς να είναι, εφόσον παραμένει ζωντανός, σε μια κατάσταση χημικής και θερμοδυναμικής ισορροπίας, αλλά διατηρείται σε μια σταθερή κατάσταση” [7] η οποία διακρίνεται από αυτήν των κλειστών συστημάτων.

### Χαρακτηριστικές Ιδιότητες Συστημάτων

Όλα τα συστήματα υψηλής λειτουργικότητας χαρακτηρίζονται από τρία κύρια χαρακτηριστικά:

#### 1. Ανθεκτικότητα (resilience)

Η ανθεκτικότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας του συστήματος να επιβιώνει και να παραμένει μέσα σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Το αντίθετο της ανθεκτικότητας είναι η ευθραυστότητα ή η ακαμψία. Η ανθεκτικότητα προκύπτει από μια πλούσια δομή πολλών βρόχων ανατροφοδότησης που μπορούν να λειτουργήσουν με διάφορους τρόπους για την αποκατάσταση ενός συστήματος ακόμη και μετά από μια μεγάλη διατάραξη. Ένας μόνο βρόχος εξισορρόπησης φέρνει ένα σύστημα αποθεμάτων πίσω στην επιθυμητή κατάσταση. Η ανθεκτικότητα παρέχεται από διάφορους παρόμοιους βρόχους, οι οποίοι λειτουργούν με διαφορετικούς μηχανισμούς, σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες και με πλεονασμό – ένας βρόχος ενεργοποιείται αν κάποιος άλλος αποτύχει.

Ένα σύνολο βρόχων ανατροφοδότησης που μπορεί να αποκαταστήσει ή να ανοικοδομήσει βρόχους ανάδρασης αποτελεί μια έκφραση της ανθεκτικότητας σε ακόμα υψηλότερο επίπεδο, αυτό της μετα-ανθεκτικότητας (meta-resilience). Ακόμα υψηλότερα επίπεδα μετα-ανθεκτικότητας μπορεί να προέρχεται από βρόχους ανατροφοδότησης που μπορούν να μάθουν, να δημιουργήσουν, να σχεδιάσουν και να εξελίξουν όλο και πιο περίπλοκες αποκαταστατικές δομές. Τα συστήματα που μπορούν να το κάνουν αυτό είναι αυτο-οργανωτικά.

Η ανθεκτικότητα δεν έχει να κάνει με τη στασιμότητα ή την σταθερότητα με την πάροδο του χρόνου. Τα ανθεκτικά συστήματα μπορεί να είναι πολύ δυναμικά. Οι βραχυχρόνιες ταλαντώσεις ή οι περιοδικές εκδηλώσεις ή οι μακροχρόνιοι κύκλοι διαδοχής, κορύφωσης και κατάρρευσης μπορεί στην πραγματικότητα να είναι μια φυσιολογική κατάσταση, η οποία μπορεί να αποκαταστήσει την ανθεκτικότητα σε ένα

σύστημα. Και, αντιστρόφως, τα συστήματα που είναι σταθερά με την πάροδο του χρόνου μπορεί να είναι άκαμπτα.

Αυτή η διάκριση μεταξύ στατικής σταθερότητας και ανθεκτικότητας είναι σημαντική. Η στατική σταθερότητα είναι κάτι μετρήσιμο που μετριέται με την μεταβολή της κατάστασης ενός συστήματος ανά μια χρονική περίοδο (πχ. ανά εβδομάδα ή ανά έτος). Η ανθεκτικότητα είναι κάτι που μπορεί να είναι πολύ δύσκολο να δει κανείς, εκτός εάν υπερβληθούν τα όρια ενός συστήματος και διαταραχθούν ή καταστραφούν οι βρόχοι εξισορρόπησης και σπάσει η δομή του συστήματος. Επειδή η ανθεκτικότητα μπορεί να μην είναι προφανής χωρίς μια άποψη ολόκληρου του συστήματος, οι άνθρωποι συχνά θυσιάζουν την ανθεκτικότητα ενός συστήματος για τη σταθερότητα ή για την παραγωγικότητα ή για κάποια άλλη πιο άμεσα αναγνωρίσιμη ιδιότητα του συστήματος. Πολλές χρόνιες ασθένειες, όπως ο καρκίνος και οι καρδιακές παθήσεις, προέρχονται από την αποσύνθεση των μηχανισμών ανθεκτικότητας του ανθρωπίνου σώματος, οι οποίοι επισκευάζουν το DNA, διατηρούν τα αγγεία ευέλικτα ή ελέγχουν την κυτταρική διαίρεση.

Τα συστήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται επομένως όχι μόνο από πλευράς παραγωγικότητας ή σταθερότητας, αλλά και για την ανθεκτικότητά τους, την ικανότητα ανάκαμψης από τις διαταραχές, την ικανότητα αποκατάστασης ή επισκευής. Η συνειδητοποίηση της ανθεκτικότητας επιτρέπει σε κάποιον παρατηρητή να δει πολλούς τρόπους για να διατηρήσει ή να ενισχύσει τις δυνάμεις αποκατάστασης σε ένα σύστημα.

## 2. Αυτό-οργάνωση (self-organization)

Ένα από τα πιο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάποιων σύνθετων συστημάτων είναι η ικανότητά τους να μαθαίνουν, να διαφοροποιούν, να περιπλέκουν και να εξελίσσονται. Αυτή η ικανότητα ενός συστήματος να καταστήσει τη δική του δομή πιο περίπλοκη θεωρείται ως αυτο-οργάνωση. Ακόμη και περίπλοκες μορφές αυτο-οργάνωσης μπορεί να προκύψουν από σχετικά απλούς κανόνες οργάνωσης. Η αυτό-οργάνωση είναι μια τόσο κοινή ιδιότητα, ιδιαίτερα των ζωντανών συστημάτων, που θεωρείται πολλές φορές δεδομένη. Όπως η ανθεκτικότητα, έτσι και η αυτό-οργάνωση συχνά θυσιάζεται για σκοπούς βραχυπρόθεσμης παραγωγικότητας και σταθερότητας.

Η αυτό-οργάνωση σε ένα σύστημα παράγει ετερογένεια και μη προβλεψιμότητα. Είναι πιθανό να παρουσιαστούν ολόκληρες νέες δομές, εντελώς νέοι τρόποι για να γίνουν οι διαδικασίες. Απαιτεί ελευθερία και πειραματισμό, και μια ορισμένη αταξία. Αυτές οι συνθήκες που ενθαρρύνουν την αυτό-οργάνωση συχνά μπορεί να είναι τρομακτικές για τα μεμονωμένα άτομα και να απειλούν τις δομές εξουσίας. Παρόλα αυτά, η αυτό-οργάνωση είναι μια βασική ιδιότητα των ζωντανών συστημάτων, που ακόμη και η πιο αυστηρή ή υπερβολική δομή εξουσίας δεν μπορεί ποτέ να την απαλείψει, αν και μπορεί να την καταστρέφει για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

## 3. Ιεραρχία (hierarchy)

Στη διαδικασία δημιουργίας νέων δομών και αυξανόμενης πολυπλοκότητας, ένα πράγμα που συχνά δημιουργεί ένα αυτο-οργανωτικό σύστημα είναι η ιεραρχία. Ο κόσμος μας ή τουλάχιστον τα τμήματα που θεωρητικά είναι κατανοήτα, είναι οργανωμένα σε υποσυστήματα συγκεντρωμένα σε μεγαλύτερα υποσυστήματα, συγκεντρωμένα σε ακόμα μεγαλύτερα υποσυστήματα. Ένα κύτταρο στο αυτί είναι ένα υποσύστημα ενός οργάνου, το οποίο είναι ένα υποσύστημα ενός ανθρώπου ως οργανισμός, που είναι ένα υποσύστημα μιας οικογένειας, μιας αθλητικής ομάδας, μιας μουσικής ομάδας και ούτω καθεξής. Αυτές οι ομάδες είναι υποσυστήματα μιας πόλης ή μιας κοινότητας, και έπειτα ενός έθνους και στη συνέχεια ολόκληρου του παγκόσμιου κοινωνικοοικονομικού συστήματος που υπάρχει μέσα στο σύστημα της βιόσφαιρας. Η συρρίκνωση αυτή των συστημάτων και των υποσυστημάτων ονομάζεται ιεραρχία.

Τα σύνθετα συστήματα μπορούν να εξελιχθούν από απλά συστήματα μόνο εάν υπάρχουν σταθερές ενδιάμεσες μορφές. Οι προκύπτουσες σύνθετες μορφές θα είναι φυσικά ιεραρχικές. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί οι ιεραρχίες είναι τόσο συνηθισμένες στα συστήματα που υπάρχουν στη φύση. Μεταξύ όλων των πιθανών πολύπλοκων μορφών, οι ιεραρχίες είναι οι μόνες που είχαν τον χρόνο να εξελιχθούν.

Οι ιεραρχίες είναι στην ουσία ευρηματικές εφευρέσεις συστημάτων, όχι μόνο επειδή προσδίδουν στην σταθερότητα και την ανθεκτικότητα του συστήματος, αλλά και επειδή μειώνουν την ποσότητα πληροφοριών που πρέπει να παρακολουθεί οποιοδήποτε τμήμα του συστήματος. Στα ιεραρχικά συστήματα, οι σχέσεις εντός κάθε υποσυστήματος είναι πυκνότερες και ισχυρότερες από τις σχέσεις μεταξύ των υποσυστημάτων. Τα πάντα εξακολουθούν να συνδέονται με όλα τα υπόλοιπα στοιχεία, αλλά όχι εξίσου έντονα. Τα κύτταρα που συνιστούν το ήπαρ για παράδειγμα βρίσκονται σε στενότερη επικοινωνία μεταξύ τους παρά με τα κύτταρα της καρδιάς. Αν αυτοί οι διαφορικοί σύνδεσμοι πληροφοριών εντός και μεταξύ κάθε επιπέδου της ιεραρχίας σχεδιάζονται σωστά, ελαχιστοποιούνται οι καθυστερήσεις ανάδρασης. Κανένα επίπεδο δεν είναι γεμάτο από πληροφορίες. Το σύστημα λειτουργεί με αποδοτικότητα και ανθεκτικότητα.

Τα ιεραρχικά συστήματα μπορούν εν μέρει να αποσυντεθούν. Μπορούν να διαχωριστούν και τα υποσυστήματα με τους ιδιαίτερα πυκνούς δεσμούς πληροφόρησης μπορούν να λειτουργήσουν, τουλάχιστον μερικώς, ως συστήματα από μόνα τους. Όταν οι ιεραρχίες αυτές καταρρέουν, συνήθως διασπώνται κατά μήκος των ορίων του υποσυστήματος τους. Πολλά πράγματα μπορούν να ερμηνευτούν με την απόσπαση συστημάτων σε διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα -κυττάρων ή οργάνων, για παράδειγμα- και τη μελέτη τους ξεχωριστά. Ως εκ τούτου, η αναγωγική αυτή ανατομή της τακτικής επιστήμης μπορεί να προσφέρει πολλές πληροφορίες. Ωστόσο, δεν πρέπει να ξεχνάμε τις σημαντικές σχέσεις που δεσμεύουν κάθε υποσύστημα με τα άλλα και με τα υψηλότερα επίπεδα της ιεραρχίας, αλλιώς θα χάσουμε εξίσου σημαντική πληροφορία.

Οι ιεραρχίες δουλεύουν κατά κύριο λόγο από κάτω προς τα πάνω. Ο αρχικός σκοπός της ιεραρχίας είναι πάντα να βοηθήσει τα αρχικά υποσυστήματα να λειτουργούν καλύτερα. Πολλές φορές όμως αυτό αμελείται με αποτέλεσμα πολλά συστήματα να μην μπορούν να επιτύχουν τους στόχους τους. Στην περίπτωση που οι στόχοι ενός υποσυστήματος κυριαρχούν με κόστος τους συνολικούς στόχους του συστήματος, η τελική συμπεριφορά του συστήματος καλείται υπό-βελτιστοποίηση (sub-optimization). Αντίστοιχη βλάβη στη συμπεριφορά του συστήματος προκύπτει και όταν υπάρχει αρκετός κεντρικός έλεγχος, Για να είναι ένα σύστημα ιδιαίτερα λειτουργικό, η ιεραρχία πρέπει να εξισορροπεί την ευημερία, τις ελευθερίες και τις ευθύνες των υποσυστημάτων και των συνολικών συστημάτων. Πρέπει να υπάρχει δηλαδή επαρκής κεντρικός έλεγχος για να επιτευχθεί ο συντονισμός προς το στόχο του μεγάλου συστήματος και αρκετή αυτονομία για να διατηρηθούν όλα τα υποσυστήματα λειτουργικά, ευέλικτα και αυτο-οργανωτικά.

### Συμπεριφορά Συστημάτων

Η συμπεριφορά ενός συστήματος έχει να κάνει με την απόδοσή του στο χρόνο. Η ύπαρξη αναδρομικών δεδομένων για ένα συγκεκριμένο γεγονός, μπορεί να καταστήσει προβλέψιμο το αποτέλεσμά του όταν αυτό ξανασυμβεί. Παρόλα αυτά η μελέτη ενός μόνο γεγονότος δεν μπορεί να δώσει απαντήσεις σε αντίθεση με μια ανάλυση συμπεριφοράς στο χρόνο (behavior over time analysis). Τα δεδομένα και οι προηγούμενες καταστάσεις ενός συστήματος παρέχουν αρκετές πληροφορίες, ιδιαίτερα για το εάν ένα σύστημα υπήρξε ξανά στην ίδια κατάσταση ή αν υπάρχουν επαναλαμβανόμενα μοτίβα. Η μελέτη και ανάλυση της μακροχρόνιας συμπεριφοράς ενός συστήματος μπορεί να εξηγήσει τους εσωτερικούς μηχανισμούς και τις υλοποιούμενες διαδικασίες εντός του συστήματος, παρέχοντας αρκετές πληροφορίες για το *πώς* αλλά κυρίως το *γιατί* συμβαίνει κάτι. Η ανάλυση σε επίπεδο συμπεριφοράς επομένως με χρήση αναδρομικών αλλά και πρόσφατων στοιχείων/δεδομένων μπορεί να μας δώσει μια καλύτερη εικόνα της απόδοσης ενός συστήματος στο χρόνο και να μας βοηθήσει στην πρόβλεψη και καλύτερη αντιμετώπιση σε κάποιο βαθμό μελλοντικών καταστάσεων.

Στα ίδια πλαίσια, τα ανοιχτά συστήματα ουσιαστικά δεν έχουν όρια. Τα όρια ορίζονται από τους ανθρώπους για να μπορέσουν να εξηγήσουν προβλήματα και καταστάσεις, αλλά αντίστοιχα μπορεί να δημιουργήσουν νέα προβλήματα εάν δεν κατανοηθούν σωστά. Πρέπει επομένως κάθε φορά τα όρια να επανεξετάζονται και να ελέγχονται δεδομένης της κατάστασης και των στοιχείων που υπάρχουν, ώστε να εξηγήσουν τη συμπεριφορά και τις ανάγκες ενός συστήματος. Το γεγονός αυτό όμως (ότι δεν υπάρχουν όρια) δε σημαίνει ότι δεν υπάρχουν και περιορισμοί. Οι περιορισμοί έχουν να κάνουν κυρίως με τη δυνατότητα ενός συστήματος να αναπτύσσεται και είναι είτε αυτό-οριζόμενοι είτε συστημικά-οριζόμενοι. Η αναγνώριση των περιορισμών σε ένα



σύστημα κάνει πιο εύκολη την διάκριση των ελάχιστων απαιτήσεων, συνθηκών και επιτρεπτών ορίων μέσα στα οποία ένα σύστημα μπορεί να επιβιώσει.

Σύμφωνα με τον Herbert Simon και τη θεωρία της οριοθετημένης λογικής (theory of bounded rationality) [86], οι περιορισμοί που συνδέονται με τη λήψη αποφάσεων έχουν να κάνουν με τις αντιληπτικές και συλλογιστικές ικανότητες, την ποιότητα της πληροφορίας και το διαθέσιμο χρόνο. Η λογική αυτή επεκτείνεται και στη λήψη αποφάσεων σε συστημικό επίπεδο, σχετικά με την παρέμβαση που μπορεί να γίνει σε ένα σύστημα για να προβλεφθεί η συμπεριφορά του. Για το συγκεκριμένο σκοπό υπάρχουν τα παρακάτω βασικά σημεία:

#### 1. Σημεία μόχλευσης (leverage points)

Τα σημεία μόχλευσης είναι τα σημεία εκείνα του συστήματος, στα οποία μια μικρή αλλαγή φέρνει τεράστια διαφορά στη συμπεριφορά του συστήματος. Η αναγνώριση των σημείων μόχλευσης είναι ιδιαίτερα σημαντική στη λήψη αποφάσεων και στην προσέγγιση των προβλημάτων και των τρόπων αντιμετώπισής τους.

#### 2. Αλλαγή παραμέτρων

Μια παράμετρος είναι ένα χαρακτηριστικό που βοηθάει στον ορισμό και την εκτίμηση ενός συστήματος. Αλλάζοντας τις παραμέτρους ως προς τις οποίες μελετάμε ένα σύστημα και το σκοπό του, μπορεί να προκαλέσει τεράστιες αλλαγές σε ολόκληρο το σύστημα, συνήθως βραχυχρόνια. Γενικά, η αλλαγή παραμέτρων δεν είναι ένα γρήγορος ή αποδοτικός τρόπος παρέμβασης σε ένα σύστημα.

#### 3. Ρυθμιστές (buffers)

Ένα απόθεμα που λειτουργεί με σκοπό να σταθεροποιεί ένα σύστημα είναι γνωστό ως ρυθμιστής. Οι ρυθμιστές αποτελούν μια πρόσθετη υποστήριξη σε ένα σύστημα για να το βοηθήσουν να παραμείνει σταθερό, όταν υπάρχουν αντίξοες συνθήκες. Το μέγεθος του ρυθμιστή παίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη της σταθερότητας, αλλά προσθέτει χρόνο (και πιθανώς κόστος) στη λήψη αποφάσεων σε ένα σύστημα.

#### 4. Κανόνες και Κίνητρα

Οι κανόνες σε ένα σύστημα καθορίζουν το πεδίο δράσης του, τους περιορισμούς και την ανεξαρτησία του. Η αλλαγή των κανόνων ή η αναδόμησή τους, προσαρμόζει και τη συμπεριφορά του συστήματος ανάλογα.

---

*“Συμπεράσματα ως τα παρόντα ανοίγουσιν ευρεία πεδία θεωρητικής μελέτης και συναρπαστικών εικασιών. Θα πρέπει όπως να συσχετισθώσι με άλλα ολιγότερον λεπτομερή γεγονότα της αφηγήσεως αν και οι κρίκοι της αλύσεως δεν είναι συμπληρωμένοι”*

*Η αφήγηση του Άρθουρ Γκόρντον Πιμ από το Ναντάκετ,  
Edgar Allan Poe*

---

## Κεφάλαιο 4 Περιπτώσιολογικές Μελέτες

### 4.1 Εισαγωγή

Στον τομέα της υγείας, τα περισσότερα, αν όχι όλα, τα εξεταζόμενα σενάρια, θεωρούν ανοιχτά συστήματα, δηλαδή συστήματα που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους και είναι πολύπλοκα, πράγμα που σημαίνει ότι συνεπάγονται αμοιβαία επηρεαζόμενους παράγοντες. Αυτό το γεγονός καθιστά ιδιαίτερο δύσκολο να οριοθετηθεί ποιος παράγοντας επηρεάζει ποιον, ειδικά σε αρκετά μεγάλα συστήματα, που σημαίνει ότι πολλές μεταβλητές εμπλέκονται, καθιστώντας δύσκολη τη συμβατική επιστημονική μελέτη. Συγκεκριμένα, ο μεγάλος αριθμός μεταβλητών που εμπλέκονται μόνο σε μια μελέτη κάνει γενικά δύσκολες τέτοιες έρευνες σε μεγάλη κλίμακα. Και η μεγάλης κλίμακας πολυπλοκότητα μπορεί να κάνει τα ήδη υπάρχοντα και δύσκολα προβλήματα ακόμη πιο απαιτητικά.

Οι έννοιες της οργάνωσης και διαχείρισης των προβλημάτων που αφορούν την ακουστική υγεία (και γενικότερα το πλαίσιο των ακουστικών προβλημάτων) μπορούν και πρέπει να εξεταστούν από διαφορετικές οπτικές. Η λήψη αποφάσεων και η δημιουργία συνθηκών για μια αποτελεσματική πραγματοποίηση των αποφάσεων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπέρ της οργάνωσης και διαχείρισης προβλημάτων στο χώρο της ακουστικής υγείας. Η διάγνωση μιας συγκεκριμένης κατάστασης και η προσπάθεια βελτίωσης της αποδοτικότητας του οποιουδήποτε οργανισμού όσον αφορά τον χώρο της ακουστικής υγείας, υποστηρίζεται από την υιοθέτηση μιας προσέγγισης σε τρία διαφορετικά επίπεδα απόδοσης: σε επίπεδο ατόμου, σε επίπεδο ομάδας και σε επίπεδο πληθυσμού/χώρας. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να οριστεί η αποτελεσματικότητα μιας απόφασης ως εξαρτώμενη από τη λογική της εμπλεκόμενης διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων και καθορίζοντας την από τους πρωταρχικούς και υποστηρικτικούς στόχους, καθώς και τις στρατηγικές που αναπτύσσονται για την πραγματοποίηση και την ποιότητα των εσωτερικών προσπαθειών τους. Η ποιότητα των εσωτερικών προσπαθειών περιλαμβάνει την ετοιμότητα για προσαρμογή σε νέες συνθήκες και την ευελιξία του ακουστικού συστήματος προς τις όποιες αλλαγές.

Όταν μελετάται ο κόσμος της υγείας και αντιμετωπίζεται κάθε σενάριο λήψης αποφάσεων ως επίλυση προβλημάτων συστήματος, μπορεί θεωρητικά να επιβεβαιωθεί η παρατήρηση ότι πολλές φαινομενικά μη σχετικές αποφάσεις σχετίζονται πράγματι με τον ένα ή τον άλλο τρόπο και διαφορετικές περιοχές του ακουστικού τοπίου σε μικρο-, μέσο- και μέγα- κλίμακα να εξελίσσονται και να αναπτύσσονται από κοινού. Όταν αλλάζει μια απόφαση, πολλές άλλες φαινομενικά άσχετες αποφάσεις και επακόλουθες συμπεριφορές των ανθρώπων και του περιβάλλοντος επίσης αλλάζουν αναλόγως. Αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές στον κόσμο της ακουστικής υγείας θα πρέπει να θεωρηθούν στο σύνολό τους και θα πρέπει να εξεταστεί η όλη εξέλιξη κάθε συστήματος που παρακολουθείται προκειμένου να κατανοηθεί ο τρόπος με τον οποίο οι εμπλεκόμενες οντότητες ή τα συστήματα εξελίσσονται ως ολότητες και πώς συνδέονται μεταξύ τους.

Στο πλαίσιο του παρόντος κεφαλαίου παρουσιάζονται και αναλύονται τρεις περιπτώσεις προσέγγισης ενός πλαισίου δεδομένων ΓΘΣ. Το πρώτο παράδειγμα αφορά τον ισομορφισμό του ακουστικού συστήματος με ένα δομοστατικό σύστημα και συγκεκριμένα ένα σύστημα γέφυρας για την ανάδειξη της ανάγκης μιας πολυπαραγοντικής προσέγγισης στην ακουστική υγεία. Το δεύτερο παράδειγμα αφορά στην εφαρμογή στον τομέα της ακουστικής υγείας και ειδικότερα στην περίπτωση του νεογνικού ελέγχου ακοής και της διαχείρισής του. Το τελευταίο παράδειγμα αφορά στην εφαρμογή μιας παρόμοιας προσέγγισης σε ένα άλλο χώρο της υγείας, συγκεκριμένα στο χώρο της ψυχικής υγείας και επικεντρώνεται ειδικά σε μια περίπτωση που αφορά την διαγνωστική και θεραπευτική προσέγγιση ατόμων με ψυχο-κοινωνικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένων πιθανώς και ατόμων με προβλήματα στην ακοή.

Οι τρεις αυτές προσεγγίσεις επαφίονται στα βασικά αποτελέσματα εφαρμογής της ΓΘΣ, όπως ορίστηκαν από τον Bertalanffy:

- i. Η ανάλυση των αρχών της ΓΘΣ δείχνει ότι πολλές έννοιες που συχνά θεωρήθηκαν ως ανθρωπομορφικές, μεταφυσικές ή ζωτικές μπορούν να προσεγγιστούν για να εξάγουν νέες διατυπώσεις. Είναι συνέπειες του ορισμού κάποιων συστημάτων ή ορισμένων συνθηκών του συστήματος.
- ii. Η έρευνα αυτή είναι μια χρήσιμη προϋπόθεση για συγκεκριμένα προβλήματα στην επιστήμη. Συγκεκριμένα, οδηγεί στην αποσαφήνιση των προβλημάτων τα οποία η οποία δεν προβλέπεται βάσει των συνηθισμένων προσεγγίσεων και των εξειδικεύσεων από τα αντίστοιχα πεδία τους. Επομένως, η θεωρία συστημάτων είναι ένα σημαντικό μέσο στη διαδικασία ανάπτυξης νέων κλάδων της γνώσης σε ακριβή επιστήμη, δηλαδή σε συστήματα που διέπονται από μαθηματικούς νόμους.
- iii. Η έρευνα αυτή είναι εξίσου σημαντική για τη φιλοσοφία της επιστήμης, μεγάλα προβλήματα της οποίας αποκτούν νέες και συχνά εκπληκτικές πτυχές.
- iv. Το γεγονός ότι ορισμένες αρχές εφαρμόζονται γενικά σε διάφορα συστήματα, ανεξάρτητα από τη φύση των συστημάτων και των σχετικών οντοτήτων, εξηγεί ότι οι συναφείς αντιλήψεις και νόμοι εμφανίζονται ανεξάρτητα σε διάφορους επιστημονικούς τομείς, προκαλώντας τον αξιολογούμενο παραλληλισμό στη σύγχρονη ανάπτυξή τους. Έτσι, σε διαφορετικά πεδία της φυσικής επιστήμης, καθώς και στην ψυχολογία και στην κοινωνιολογία, εντοπίζονται έννοιες όπως η ολότητα και το άθροισμα, η μηχανοποίηση, η συγκέντρωση, η ιεραρχική τάξη, οι σταθερές και μόνιμες καταστάσεις και η ισότητα [7]

Με την παρουσίαση των συγκεκριμένων παραδειγμάτων, αποδεικνύεται ότι μια προσέγγιση της ΓΘΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό της ισορροπίας και της κατάλληλης πρόβλεψης αντιμετώπισης μιας κατάστασης όταν ανταγωνίζονται πολλαπλά συμφέροντα, έτσι ώστε να εξισορροπηθεί η ικανότητα κέρδους και πρόβλεψης με την πάροδο του χρόνου και να ενισχυθεί σημαντικά ο τομέας των στρατηγικών θεραπείας και διαχείρισης στον τομέα της ακουστικής υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον αναδεικνύεται το ότι παρόλο που όλες οι πτυχές της επιστήμης των συστημάτων πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της παραδοσιακής επιστήμης, μερικές από τις σημαντικότερες

επιστημονικές διεργασίες που αφιερώνονται σε αυτόν τον τομέα, πρέπει άμεσα να κατευθύνονται προς την παραγωγή απτών αποτελεσμάτων και γνώσεων που θα διεγείρουν την επίλυση των προκλήσεων που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σε διαφορετικά πεδία. Με άλλα λόγια, είναι σημαντικό για τους συστημικούς επιστήμονες και επαγγελματίες να εντοπίσουν κάποιες αδυναμίες και ανικανότητες στην παραδοσιακή επιστήμη που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της πρακτικής λήψης αποφάσεων σε πεδία, όπως αυτό της ακουστικής υγείας και προκλήσεις που η παραδοσιακή επιστήμη δεν κατάφερε να επιτύχει μέχρι σήμερα.

#### 4.2 Περίπτωση: Ισομορφισμός Ακουστικού και Δομοστατικού συστήματος

Η πρώτη περίπτωση που παρουσιάζεται αφορά τον ισομορφισμό (ο ισομορφισμός αποτελεί 1-1 ομομορφισμό, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2) του ακουστικού συστήματος και πώς το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιήσει στοιχεία από μια άλλη επιστήμη και συγκεκριμένα αυτή της δομοστατικής για να αντιστοιχηθούν κάποια φαινόμενα. Αποτέλεσμα της ύπαρξης ιδιοτήτων γενικού συστήματος είναι η εμφάνιση δομικών ομοιοτήτων ή ισομορφισμών σε διάφορους τομείς. Υπάρχουν αντιστοιχίες στις αρχές που διέπουν τη συμπεριφορά των οντοτήτων που είναι εν γένει πολύ διαφορετικές όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση ένα βιολογικό και ένα δομοστατικό σύστημα.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα θέλει να δείξει το πώς μπορούν να προσεγγιστούν καταστάσεις και φαινόμενα εντός του νοήματος της ΓΘΣ, όπως ορίστηκε από τον Bertalanffy: *“Η έννοια αυτού του κλάδου μπορεί να περιγραφεί ως εξής: η φυσική ασχολείται με συστήματα διαφορετικών επιπέδων γενικότητας, ο μηχανικός με την κατασκευή μιας γέφυρας ή μηχανής, σε ειδικούς νόμους των φυσικών κλάδων, όπως η μηχανική, η οπτική κλπ, σε νόμους μεγάλης γενικότητας, όπως οι αρχές της θερμοδυναμικής που ισχύουν για συστήματα με διαφορετική φύση (μηχανική, θερμιδική, χημική ή κάτι άλλο). Τίποτα δεν ορίζει ότι πρέπει να καταλήξουμε στα συστήματα που παραδοσιακά αντιμετωπίζονται στη φυσική. Αντίθετα, μπορούμε να ζητήσουμε αρχές που ισχύουν για τα συστήματα γενικά, ανεξάρτητα από το αν έχουν φυσικό, βιολογικό ή κοινωνιολογικό χαρακτήρα. Αν θέσουμε αυτό το ερώτημα και ορίσουμε με ευκολία την έννοια του συστήματος, διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν μοντέλα, αρχές και νόμοι που ισχύουν για γενικευμένα συστήματα, ανεξάρτητα από το ιδιαίτερο είδος, τα στοιχεία τους και τις “δυνάμεις” που εμπλέκονται”* [7]. Αξίζει να σημειωθεί ότι μια τέτοια προσέγγιση δεν έχει αναλυθεί σε ότι αφορά το θέμα του ακουστικού συστήματος στη διεθνή βιβλιογραφία.

Προσεγγίζοντας το σύστημα μιας γέφυρας και συγκεκριμένα της γέφυρας Ρίου-Αντιρρίου λόγω της πολυπλοκότητας των φυσικών δυσκολιών που συνδέονται με το γεωφυσικό περιβάλλον του έργου, ορισμένα στοιχεία (όπως τα πλαγίως σημαινόμενα στην παρακάτω πρόταση) εμφανίζουν μια κατά προσέγγιση αντιστοίχιση με παρόμοιες καταστάσεις ή γεγονότα που συμβαίνουν στο ακουστικό σύστημα (για παράδειγμα τα έκτακτα συμβάντα θα μπορούσαν να είναι φαινόμενα έντονου θορύβου) και περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

“Η εκτίμηση δομικού κινδύνου κατέληξε στο ότι εκτός από την *κανονική γήρανση* και *υποβάθμιση λόγω των λειτουργικών φορτίων στη διάρκεια του χρόνου* που πρέπει να ληφθούν υπόψη, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις επιπτώσεις του *δυσμενούς περιβάλλοντος*, συμπεριλαμβανομένων των *ασυνήθιστων φορτίων σε περίπτωση έκτακτων συμβάντων, όπως οι ισχυροί σεισμοί, οι δυνατοί άνεμοι, η πρόσκρουση πλοίων*”<sup>4</sup>

Πίνακας 2 Δυϊκό Παράδειγμα Αναλογιών Ακουστικού Συστήματος και Συστήματος Γέφυρας

Ακουστικό Σύστημα	Λειτουργία	Σύστημα Γέφυρας
Έξω αυτί	Κατευθυντικό Φιλτράρισμα	Λωρίδες Κυκλοφορίας
Μέσο αυτί	Μετατροπή αντίστασης (αέρας σε νερό)	Μετατροπή Κινητικής Ενέργειας σε Δυναμική
Έσω αυτί	Μετατροπή σε νευρική διέγερση, συχνοτήτων τοποθέτηση	Μετατροπή Δυναμικής ενέργειας σε Ψηφιακή
Κοχλίας	Αντίληψη ήχου	Ειδικός Εξοπλισμός παρακολούθησης
Ακουστικό Νεύρο	Κωδικοποίηση πληροφορίας, διαμόρφωσης	Κέντρο Ελέγχου
Ημικυκλικά Κανάλια	Ισορροπία	Δοκοί/ Καλώδια Ισορροπίας
Πληροφορίες		Λειτουργικό Φορτίο
Δονήσεις		Ταλαντώσεις / Περιβαλλοντικό Φόρτιο
Ακουστικά Οστάρια		Σύνδεσμοι Γέφυρας / Κατάστρωμα
Έξω ακουστικός πόρος		Σημεία Εισόδου

Μπορεί επομένως να αντιμετωπισθούν ή και να ελεγχθούν κάποιες καταστάσεις που σχετίζονται με την διαχείριση και την καλή λειτουργία του ακουστικού συστήματος, επεκτείνοντας, ή καλύτερα ισο-μορφοποιώντας, τις αντίστοιχες συνθήκες ελέγχου και καλής διαχείρισης του συστήματος της γέφυρας. Ένας ισομορφισμός των στοιχείων του Πίνακα 2 απεικονίζεται στην Εικόνα 21.

<sup>4</sup> <https://www.gefyra.gr/bridge/Domikh-Diaxeirish-Parakolouthhsh-kai-Sunthrhsh/>

Σε αυτό το πλαίσιο θα παρουσιαστεί ενδεικτικά το σύνολο δεδομένων που χρειάζονται για τη συνολική επίβλεψη του δομοστατικού συστήματος μιας γέφυρας και της ανάγκης για μια αντίστοιχη προσέγγιση στο ακουστικό σύστημα.

#### 4.2.1 Πολυπαραγοντική Προσέγγιση Δομοστατικού Συστήματος

Για την ανάπτυξη ενός συστήματος γέφυρας, θα πρέπει να συγκεντρωθούν βασικά δεδομένα που σχετίζονται ειδικότερα με τις τοπογραφικές, γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες. Μπορεί επίσης να απαιτηθούν δεδομένα υδραυλικών συνθηκών, εάν είναι σχετικά με την περίπτωση σχεδιασμού, πιθανά σεισμικά δεδομένα, περιβαλλοντικές και οποιεσδήποτε άλλες συνθήκες που σχετίζονται με τη θέση της γέφυρας; όπως για παράδειγμα η κατάσταση του εδάφους θεμελίωσης.

Εκτός από τα δεδομένα αυτά, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι απαιτήσεις σχεδιασμού που σχετίζονται με τις γεωμετρικές συνθήκες διαμήκους και εγκάρσιας χάραξης, που ορίζονται γενικά από τον σχεδιασμό του αυτοκινητόδρομου ή του σιδηροδρόμου. Επίσης, εκτός από τα στοιχεία που πρέπει να ενσωματωθούν στο κατάστρωμα της γέφυρας, όπως η διατομή της γέφυρας η στεγάνωση, το δομικό σύστημα, το σύστημα αποστράγγισης, οι αρμοί διαστολής, το σύστημα φωτισμού και κάθε άλλο στοιχείο του εξοπλισμού της γέφυρας.

Πρέπει επίσης να συγκεντρωθούν τοπογραφικά, γεωλογικά, υδραυλικά και άλλα στοιχεία όπως:

- Τοπικές συνθήκες - πρόσβαση στο χώρο της γέφυρας, διαθεσιμότητα δομικών υλικών και τεχνολογίες εκτέλεσης από τοπικούς εργολάβους, διάθεση νερού στο χώρο, απαιτήσεις για τα δίκτυα οργανισμών κοινής ωφέλειας.
- Ύπαρξη επιρροής/επίδρασης του νερού στα δομικά υλικά. όπως για παράδειγμα η βυθισμένη ενίσχυση πριν από τις εργασίες σκυροδέματος, η επικάλυψη μαλακίων σε προσωρινά ξύλινα στηρίγματα σε ορισμένους ποταμούς, ο κυματισμός και ο ψεκασμός αλμυρού νερού στις κατασκευές γεφυρών σκυροδέματος που βρίσκονται σε θαλάσσια περιβάλλοντα, κ.λ.π.
- Σεισμικές και περιβαλλοντικές συνθήκες (άνεμοι, κυματισμοί)
- Συνθήκες ένταξης γεφυρών στο φυσικό περιβάλλον που επηρεάζουν τη σχέση μεταξύ αισθητικής και δομικής τυπολογίας, καθώς και συγκεκριμένα ζητήματα στους αστικούς χώρους που σχετίζονται με την αισθητική, τις επιπτώσεις του θορύβου και τις μεθόδους κατασκευής

καθώς και άλλα στοιχεία.

Εκτός από αυτά όμως, στο σχεδιασμό της γέφυρας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφορες σχεδιαστικές δράσεις κατά την κατασκευή ή στο τελικό στάδιο (τελικό στατικό σύστημα). Υπό συνθήκες λειτουργίας, η γέφυρα υπόκειται σε μόνιμες ενέργειες (νεκρά φορτία), φαινόμενα ερπυσμού και συρρίκνωσης και μεταβλητές δράσεις, όπως δυναμικά φορτία (πχ αυτοκίνητα σε κυκλοφορία) και φαινόμενα θερμικής, αιολικής και σεισμικής ενέργειας. Τυχαίες ενέργειες επίσης πρέπει και μπορούν να ληφθούν υπόψη

στο τελικό στάδιο της γέφυρας ή στα στάδια κατασκευής. Σήμερα, οι επαληθεύσεις σχεδιασμού γέφυρας βασίζονται συνήθως σε μια ημι-πιθανοτική προσέγγιση.

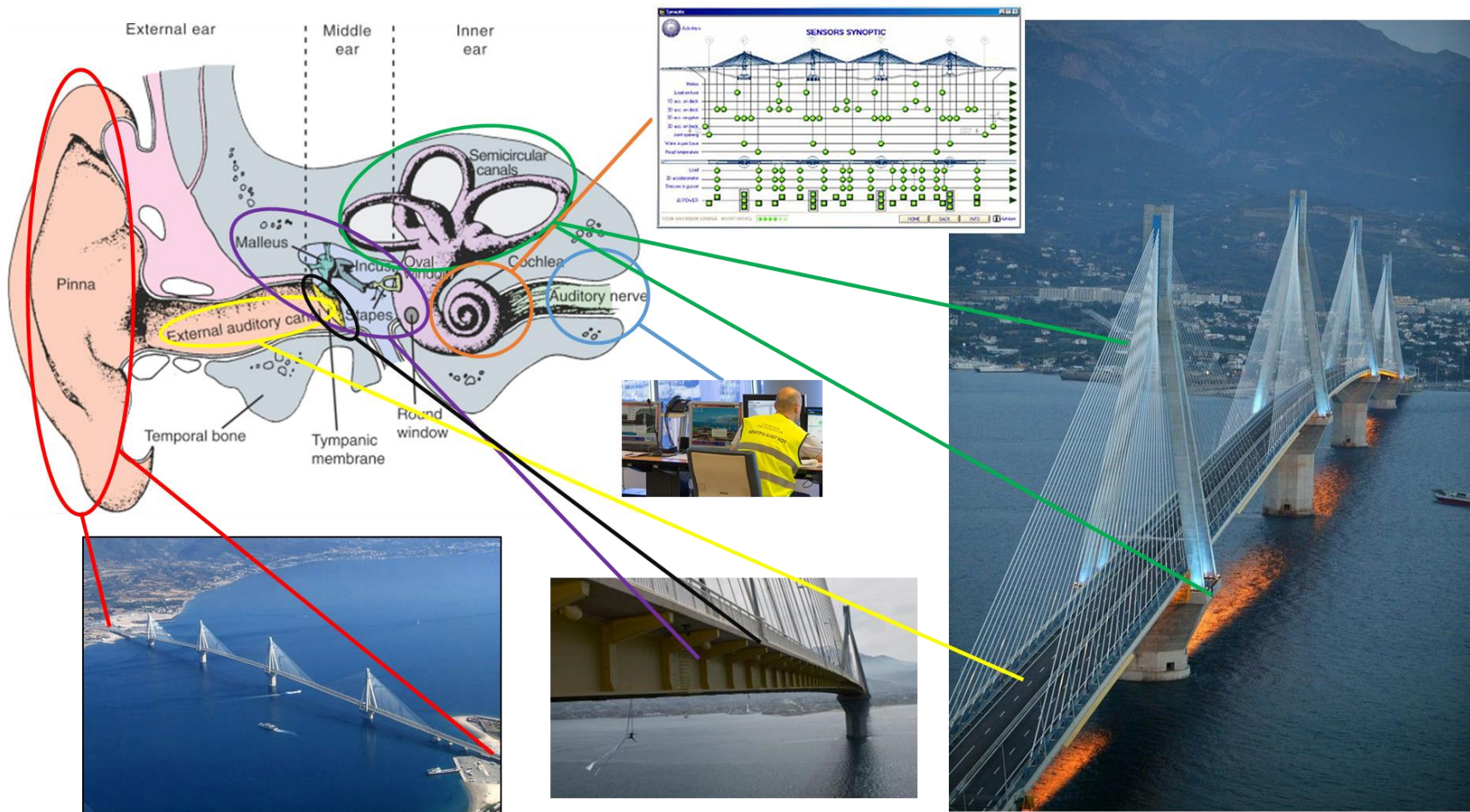
Τα φορτία επίσης προσδιορίζονται ποσοτικά με τις χαρακτηριστικές τιμές, εκτός από τις τυχαίες ενέργειες που συνήθως καθορίζονται με βάση τις ονομαστικές τιμές. Μια χαρακτηριστική τιμή είναι μια τιμή με κάποια πιθανότητα (π.χ. 5%) να μην ξεπεραστεί. [87]. Οι επιλογές που συνδέονται με όλες αυτές τις παραμέτρους πρέπει να αντικατοπτρίζουν την ισορροπία μεταξύ λειτουργικών απαιτήσεων, διαρθρωτικής ασφάλειας και ανθεκτικότητας, κόστους, σχεδιασμού για την εκτέλεση, την αισθητική και την ενσωμάτωσή της στο περιβάλλον. Αν οι περισσότερες από αυτές τις πτυχές μπορούν να συγκριθούν βάσει αντικειμενικών κριτηρίων, κριτήρια όπως η αισθητική και η περιβαλλοντική ενσωμάτωση μπορεί να είναι αρκετά υποκειμενικά. Εκτός από αυτά, μια ακόμα πιο δύσκολη πτυχή για τον ορισμό της παραπάνω ισορροπίας είναι η σημασία (σημαντικότητα) μιας παραμέτρου για τη σύγκριση λύσεων που μπορεί να συνοδεύουν το σχεδιασμό και τη συντήρηση αυτού του συστήματος.

Επομένως υπάρχουν αρκετές μικρο-, μέσο- και μακρο-οπτικές στον σχεδιασμό, την κατασκευή αλλά και τη συντήρηση ενός δομοστατικού συστήματος, όπως η γέφυρα. Υπάρχουν επίσης αρκετά κοινά σημεία αναφοράς ενός συστήματος γέφυρας με το ακουστικό σύστημα. Για παράδειγμα, οι ακουστικές πληροφορίες που εισέρχονται συνεχώς στο ακουστικό μας σύστημα μέχρι να φτάσουν στο ακουστικό νεύρο, μπορούν να προσομοιωθούν με το περιβαλλοντικό και λειτουργικό φορτίο που δέχεται μια γέφυρα στο χρόνο. Το σύστημα υποστήριξης αλλά και η ίδια η γέφυρα “γηράσκει” όπως και το ακουστικό σύστημα, καθώς επίσης και η διατάραξή τους από έκτακτα συμβάντα (δυνατοί άνεμοι ή σεισμοί στην μια περίπτωση και δυνατοί θόρυβοι ή εμβοές στην άλλη) εμφανίζουν ομοιότητες.

#### 4.2.2 Πολύ-παραγοντική Προσέγγιση Απώλειας Ακοής

Η έμπνευση του ανωτέρω παραδείγματος από το χώρο της δομοστατικής οδηγεί στο χώρο της ακουστικής υγείας, όπου είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο χώρος αντιμετωπίζει πολυάριθμες προκλήσεις και δεν αξιοποιείται επαρκώς από εκείνους που το χρειάζονται, απαιτώντας έτσι σημαντική προσπάθεια, γνώση και συντονισμό μεταξύ των τμημάτων της ώστε να είναι αποτελεσματική η οποιαδήποτε παρέμβαση [88], [89]. Η εφαρμογή μιας προσέγγισης ΓΘΣ, αλλάζοντας την προοπτική των σημερινών προσεγγίσεων και μετατοπίζοντας την οπτική προς ένα γενικό σύστημα υγειονομικής περίθαλψης στην ακουστική υγεία, μπορεί να εντοπίσει και να αποκαλύψει τη φύση των υπολογισμών και των συστημάτων επεξεργασίας πληροφοριών, να χαρτογραφήσει τα μοτίβα συνδεσιμότητας και να αποκαλύψει τις λειτουργικές και διαρθρωτικές δραστηριότητες της υγειονομικής περίθαλψης στο χώρο της ακοής.





Εικόνα 21 Σημεία Ισομορφισμού Συστημάτων Αυτιού και Γέφυρας

Για παράδειγμα, τα στοιχεία για τη σύνδεση των πληροφοριών που σχετίζονται με τη διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης στην απώλεια ακοής με τις κατάλληλες, εξατομικευμένες στρατηγικές διαχείρισης εξακολουθούν να λείπουν, ιδίως επειδή η θεραπεία της απώλειας της ακοής με ακουστικά βοηθήματα απαιτεί μια καλύτερη κατανόηση και πρόβλεψη των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι χρήστες σε διαφορετικά περιβάλλοντα ακρόασης. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες πέραν των ηχητικών χαρακτηριστικών τέτοιων περιβαλλόντων, περιλαμβανομένων π.χ. των δραστηριοτήτων στις οποίες ο χρήστης ακουστικού βοηθήματος άμεσα εμπλέκεται ή αντιμετωπίζει σε αυτές τις συνθήκες και σε άλλες φυσιολογικές, γνωστικές και ιατρικές συνθήκες ότι το ακουστικό βοήθημα μπορεί να έχει.

Η ηλικία είναι σαφώς ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για την απώλεια της ακοής [90], [91]. Άλλοι παράγοντες περιλαμβάνουν τη διατροφική κατάσταση [92], [93] και τους καρδιαγγειακούς παράγοντες κινδύνου, όπως ο διαβήτης, η υπέρταση και η παχυσαρκία, καθώς και το κάπνισμα [94], [95]. Η απώλεια ακοής μπορεί επίσης να προκληθεί από τη χρήση φαρμάκων που είναι επιβλαβή για το ακουστικό σύστημα, όπως αντιβιοτικά με βάση αμινογλυκοσίδες ή τη χημειοθεραπευτική σισπλατίνη [96]. Για πολλούς ανθρώπους, ωστόσο, η απώλεια ακοής δεν προκαλείται από τη γήρανση, τα φάρμακα ή τις υπάρχουσες ασθένειες αλλά από έναν τραυματισμό που προκαλείται από την έκθεση σε δυνατό ήχο. Ο ήχος αυτός μπορεί να προέλθει από μια ποικιλία πηγών, συμπεριλαμβανομένων των μηχανών (που παράγουν επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο), τη δυνατή μουσική (συναυλίες ή προσωπικούς ποδοσφαιριστές), αθλητικά γεγονότα γήπεδο, ηλεκτρικά εργαλεία, μηχανές που κουρεύουν το γκαζόν, τις οικιακές συσκευές και άλλες πηγές που είναι υπερβολικά πολλές για να καταγραφούν. Ο θόρυβος φαίνεται να είναι η κύρια αιτία της απώλειας ακοής που μπορεί να αποφευχθεί, και ειδικότερα αυτή η κατηγορία απώλειας ακοής επηρεάζει ένα μεγάλο αριθμό πεδίων (όπως για παράδειγμα την γνωσιακή ικανότητα, τη δημόσια υγεία, την κοινωνία και την οικονομία). Ίσως χρειαστεί επομένως να υπάρχει ικανοποίηση με εξηγήσεις των γενικών διαδικασιών που εμπλέκονται σε πειράματα συμπεριφοράς και υποστηρίζονται από μαθηματικά και υπολογιστικά μοντέλα που παράγουν ακριβείς προβλέψεις, επιτρέποντας εμπειρικές δοκιμές. Διαφορετικοί κλάδοι μπορούν να εργαστούν από κοινού για να αναπτύξουν θεωρίες στο ίδιο επίπεδο εξήγησης, καθώς και να παράσχουν αποδείξεις κατάλληλες για διαφορετικά επίπεδα επεξηγήσεων.

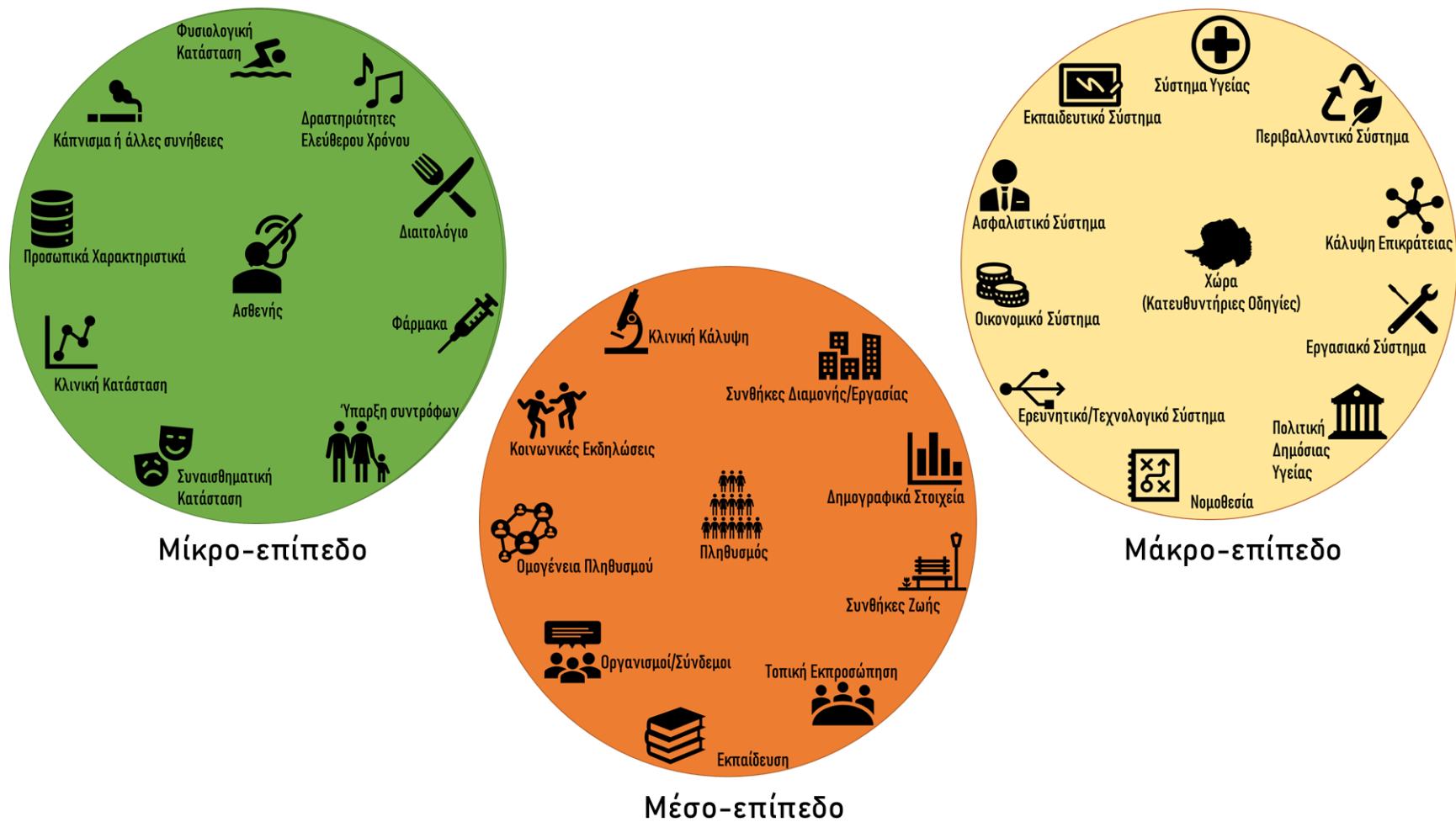
Εφαρμόζοντας μια μεθοδολογική προσέγγιση της ΓΘΣ στο οικοσύστημα της ακουστικής υγείας και δεδομένου ότι ένα "σύστημα είναι ένα σύνολο στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση μεταξύ τους και με το περιβάλλον", θα πρέπει πρώτα να κατασκευαστούν οι μικρο-, μεσο- και μακρο-προοπτικές της απώλειας ακοής. Οι πληροφορίες και το υλικό (δηλ. τα δεδομένα) σε αυτά τα συστημικά αντικείμενα-μοντέλα θα πρέπει να χαρακτηρίζουν τα επίπεδα αυτά από μια οπτική γωνία "υψηλότερης τάξης", να υπάρχει δηλαδή η συνολική εικόνα καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία σε μια ολιστική προσέγγιση, όπως αυτή παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην Εικόνα 22 είναι ενδεικτικά και μπορούν να επεκταθούν ή να τροποποιηθούν ανάλογα με τις κοινωνιολογικές, γεωγραφικές και πολιτισμικές πτυχές του κάθε ενδιαφερόμενου μέρους. Εντούτοις, όλα θεωρούνται

απαραίτητα δεδομένου ότι επί του παρόντος δεν υπάρχουν διαχρονικά συστηματικά δεδομένα για τις ομάδες ασθενών με απώλεια ακοής, όπου οι ασθενείς μπορούν να θεωρηθούν ως ένα "ενεργό σύστημα προσωπικότητας" ανοιχτό και επηρεασμένο από το κοινωνικό, πολιτιστικό και υλικό περιβάλλον τους, το οποίο το τροφοδοτεί προκειμένου να δομηθεί σταδιακά, παραμένοντας μακριά από μια κατάσταση "ισορροπίας".

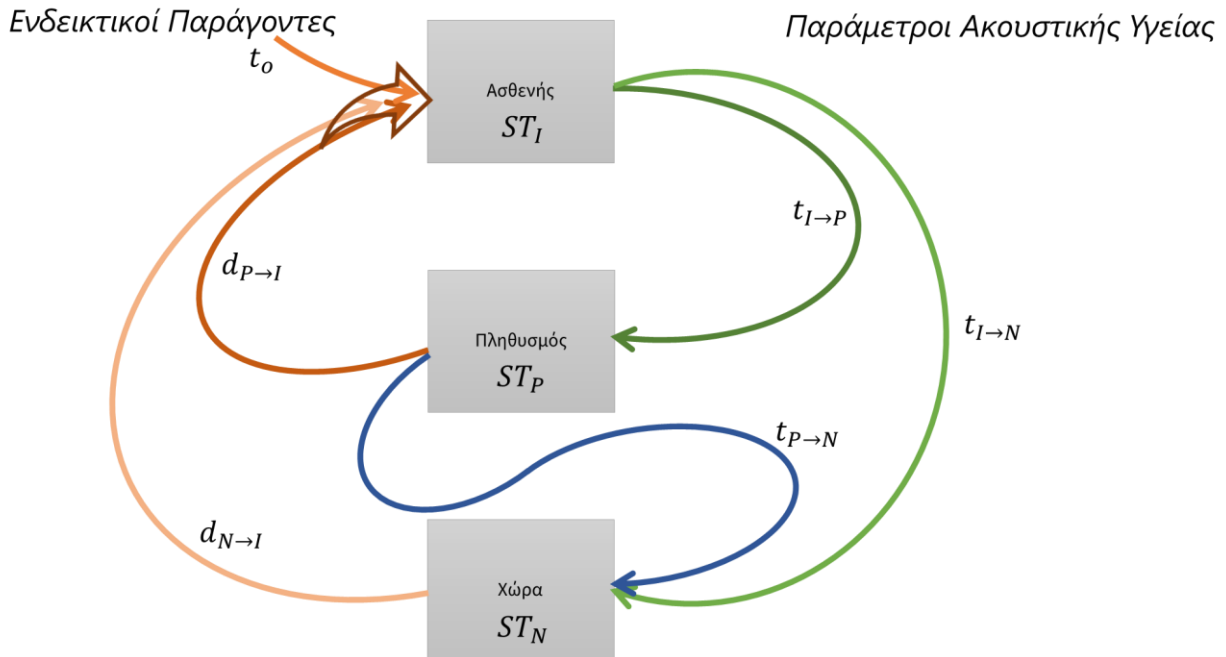
Στο πρώτο επίπεδο, το μικρο-επίπεδο αντιμετωπίζεται ο ασθενής ως ένα σύστημα, που αποτελείται από διάφορα όργανα, μέρη του σώματος, σκέψεις, ακόμη και κύτταρα. Η προσέγγιση της απώλειας ακοής αυτού του ατόμου επηρεάζεται από την ιδιαίτερη ταυτότητά του (π.χ. προσωπικά, συναισθηματικά και φυσιολογικά δεδομένα) και τις αλληλεπιδράσεις του με άλλους (π.χ. ψυχαγωγικές δραστηριότητες, παρουσία σημαντικών προσώπων στη ζωή του).

Στο μεσο-επίπεδο προσεγγίζεται ο πληθυσμός (π.χ. μια ομάδα ασθενών) με παρόμοιο τρόπο. Η προσέγγιση απώλειας ακοής στο μεσο-επίπεδο σχετίζεται με την απόδοση (π.χ. επίπεδα εκπαίδευσης), τη δομή (π.χ. ομοιογένεια) και τη συμπεριφορά (π.χ. ενώσεις ασθενών) μιας εθνικής ή περιφερειακής ομάδας ανθρώπων. Τέλος, στο μακρο-επίπεδο προσεγγίζεται ένα ολόκληρο έθνος ή μια χώρα ως ένα σύστημα που αποτελείται από δομές και επικοινωνία (τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά) μεταξύ των φορέων δημόσιας υγείας, των νοσοκομείων, των πολιτικών φορέων αλλά και των επιχειρήσεων.

Αυτά τα μικρο-, μεσο- και μακρο-δεδομένα (που θα πρέπει να συλλέγονται για μια ή και περισσότερες χρονικές περιόδους) παρέχουν μια ποσοτική ανάλυση της φύσης τους προκειμένου να εισαχθούν σε εκφράσεις σε μια στατιστική μορφή για να μπορούν να κατασκευαστούν οι σχέσεις τους. "Οι διατομεακές επιδημιολογικές μελέτες που μετρούν την ευαισθησία του ακουστικού συστήματος σε ένα μόνο χρονικό σημείο σπάνια διακρίνουν το πρότυπο της εμφάνισης ή του υποτύπου της απώλειας ακοής" [97]. Είναι λογικό επομένως, όπως θεωρείται απαραίτητη η συγκέντρωση πολυδιάστατων στοιχείων σε ένα άλλο σύστημα (αυτό της γέφυρας), να είναι κρίσιμη και η συλλογή πολυδιάστατων δεδομένων και στο ακουστικό σύστημα.



Εικόνα 22 Μίκρο, Μέσο και Μάκρο Επίπεδο Προσέγγισης Δεδομένων στο Χώρο της Ακουστικής Υγείας



Εικόνα 23 Διαχρονικά Μεταβαλλόμενο Πλαίσιο ΓΘΣ στην Ακουστική Υγεία

Στην Εικόνα 23 εντοπίζονται τα παρακάτω σημεία-κλειδιά στην προσέγγιση αυτή:

- $t_0$ : σημείο του χρόνου που ο ένας ενδεικτικός παράγοντας επηρεάζει έναν ασθενή
- $ST_x$ , με  $x = I, P, N$ : χρονικό πλαίσιο μετάβασης κατάστασης ενός παράγοντα ώστε να αναγνωρισθεί ως εν δυνάμει παράγοντας που επηρεάζει την ακουστική υγεία
- $t_{x \rightarrow y}$  όπου  $x \rightarrow y = I \rightarrow P, I \rightarrow N, P \rightarrow N$ : χρονικό πλαίσιο στο οποίο ένας παράγοντας επηρεάζει ένα υψηλότερο υπό-σύστημα (χρησιμοποιείται ως είσοδος σε ένα άλλο σύστημα)
- $d_{y' \rightarrow x'}$ , όπου  $y' \rightarrow x' = P \rightarrow I, N \rightarrow I$ : χρονικό πλαίσιο στο οποίο ένας παράγοντας από ένα υψηλότερο υπό-σύστημα επηρεάζει ένα χαμηλότερης τάξης υπό-σύστημα

Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι τα προαναφερθέντα χρονικά πλαίσια μπορεί να μην σχετίζονται μέσω μαθηματικών εκφράσεων, δηλαδή σχέσεις του τύπου  $t_{(I \rightarrow P)} < t_{(P \rightarrow N)}$  είναι σχετικής φύσεως και μπορούν να εκτιμηθούν μόνο εάν τα δεδομένα για αυτά τα χρονικά πλαίσια υπάρχουν και μπορούν να εφαρμοστούν όταν καθορίζονται αυτά τα χρονικά πλαίσια. Αυτό οφείλεται στα χαρακτηριστικά αιτιότητας των εμπλεκόμενων συστημάτων, καθώς δεν μπορεί να υπάρξει αποτέλεσμα σε ένα σύστημα χωρίς κάποια εξωτερική ή εσωτερική αιτία. Τα προτεινόμενα χρονικά πλαίσια μπορούν να κλιμακοποιηθούν σε χρονικές στιγμές (π.χ. ημέρα) ή και σε χρονικές περιόδους (π.χ. έτη) και να υποδείξουν πότε και πόσο γρήγορα μια αιτία (ενδεικτικός παράγοντας) επηρεάζει την κατάσταση ενός συστήματος ( $ST_x$ ) και παράγει ένα αποτέλεσμα (παράμετρος ακουστικής υγείας) σε άλλο σύστημα ( $t_{(x \rightarrow y)}$  ή  $d_{(y' \rightarrow x')}$ ). Για

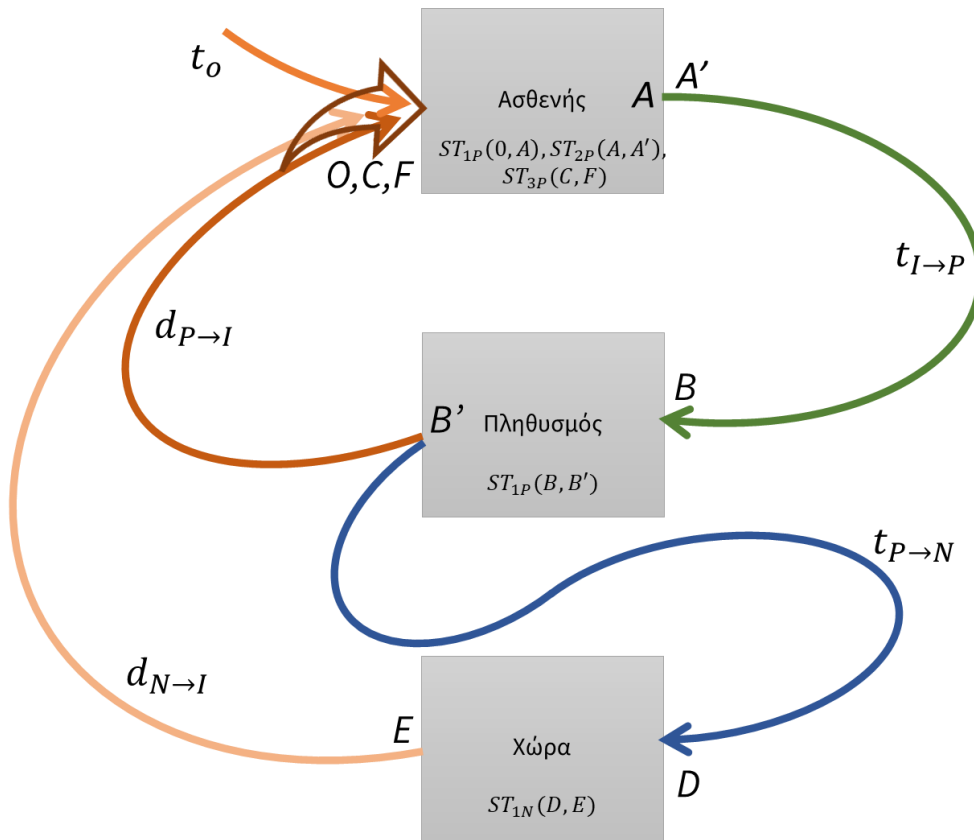
τους σκοπούς αυτούς θα πρέπει να οριστεί επιπλέον ένας δείκτης  $j$  με  $j = 0,1,2 \dots$ , ο οποίος δείχνει τον αριθμό των κύκλων σε μία ανατροφοδότηση όπου λαμβάνει χώρα η επίδραση:  $ST_{jx} \rightarrow ST_{(j+1)x}$ . Σε μια περίπτωση ενός τέτοιου ενδεικτικού παράγοντα, μπορεί να απαιτούνται δυο κύκλοι ανάδρασης μεταξύ του μεμονωμένου και του πληθυσμιακού συστήματος προτού επηρεαστεί το εθνικό σύστημα.

Αυτή η έννοια μπορεί να θεωρηθεί ως ένα διάνυσμα του κάθε υποσυστήματος στο χρόνο, όπου για κάθε χρονική περίοδο που βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση, αλλάζει ταυτόχρονα την επιρροή του στα άλλα υποσυστήματα. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικούς συμβολισμούς  $(t, d)$  λαμβάνονται υπόψη οι χρονικές διαφορές όταν ένα σύστημα κατώτερης ή ανώτερης κλίμακας επηρεάζει κάποιο άλλο σύστημα. Για παράδειγμα, οι παράγοντες που σχετίζονται με ένα μικρο-σύστημα (ασθενής) ενδέχεται να επηρεάσουν ένα μέσο-σύστημα (πληθυσμός) σε συντομότερο χρόνο ( $t_{(I \rightarrow P)}$ ) από τον χρόνο που χρειάζεται στον μηχανισμό ανάδρασης από την πλευρά του πληθυσμού ( $d_{(P \rightarrow I)}$ ) για να ενημερωθεί το μικρο-σύστημα μέσω του μηχανισμού ανατροφοδότησης. Στην Εικόνα 24 δίνεται ένα ενδεικτικό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο η εισαγωγή νέων παραγόντων σε ένα υποσύστημα αναλύεται σε σχετικά χρονικά πλαίσια, έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη οι επικαλυπτόμενες αλλαγές των εσωτερικών καταστάσεων των υποσυστημάτων του γενικού συστήματος, ενώ στην Εικόνα 25 αναλύονται χρονικά τα ανωτέρω πλαίσια μέσω μιας ενδεικτικής χρονοσειράς.

Κατά την μετακίνηση από το σημείο  $O$  στο  $O'$  ( $t_0 \rightarrow t_1$ ) στο χρονικό άξονα ( $OO'$ ), εντοπίζεται η πλειοψηφία των αλλαγών που συμβαίνουν εντός και εκτός των διαφόρων υποσυστημάτων του προτεινόμενου γενικού συστήματος. Έστω ότι οι αρχικές καταστάσεις των υποσυστημάτων είναι  $ST_{(I,N,P)}^0 = [ST_{OI}, ST_{OP}, ST_{ON}]$ .

Στο σημείο  $t_0$  μια νέα ακουστική εξέταση εισάγεται στους ασθενείς (πχ. μέσω μιας κλινικής δοκιμής) στο  $t_0$ . Το διάστημα  $ST_{1I} = (OA)$  είναι το χρονικό διάστημα που υποδεικνύεται από τα σημεία  $O$  και  $A$ , όπου τυχόν αλλαγές συμβαίνουν στο μικρο-επίπεδο ( $ST_{OI} \rightarrow ST_{1I}$ ). Κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος δεν εμφανίζονται αλλαγές στο μεσο- ή μακρο-επίπεδο. Μετά το χρονικό σημείο  $A$ , τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να έχουν δείξει ότι πρέπει να προταθεί μια συγκεκριμένη θεραπεία σε αυτούς τους ασθενείς.

Μετά τα αποτελέσματα της θεραπείας ξεκινάει ένα μεταβατικό στάδιο  $ST_{1I} \rightarrow ST_{2I} (AA')$ , η οποία είναι εσωτερική (συμβαίνει μόνο στο υποσύστημα,  $I$ ). Μετά από αυτές τις αλλαγές που συμβαίνουν στο χρονικό σημείο  $A'$ , τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μεγαλύτερες ομάδες πληθυσμού (π.χ. μια συγκεκριμένη ομάδα ασθενών με ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως ασθενείς με εμβοές) θα μπορούσαν να επωφεληθούν από ένα τέτοιο σχήμα διάγνωσης/θεραπείας. Αυτό επικοινωνείται (διαδίδεται από το ένα σύστημα στο άλλο) κατά  $(A'B) = t_{(I \rightarrow P)}$  και εφαρμόζεται σε πληθυσμιακό επίπεδο ( $B$ ). Οι αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτό το μέσο-επίπεδο προκύπτουν από το  $B$  στο  $B'$ , ( $ST_{0P} \rightarrow ST_{1P}$ ), ενώ τα υπόλοιπα υποσυστήματα διατηρούν την κατάστασή τους (οι ασθενείς βρίσκονται στο  $ST_{2I}$  ενώ η χώρα παραμένει στο  $ST_{0N}$ ).



Εικόνα 24 Χρονικά Σημεία Αναφοράς Παραδείγματος

Οι ανατροφοδοτήσεις (π.χ. προσαρμογές στη θεραπεία, εισαγωγή νέων παραγόντων) που παρέχονται από την εφαρμογή τέτοιων επιλογών σε πληθυσμιακό επίπεδο, κοινοποιούνται στη συνέχεια τόσο στους ασθενείς σε  $(B'C) = d_{(P \rightarrow I)}$  χρονικό διάστημα, όσο και σε εθνικό επίπεδο (λχ. υπουργειακοί φορείς) σε  $(B'D) = t_{(P \rightarrow N)}$  χρονικό διάστημα. Και οι δυο αυτές οι ροές μπορεί να έχουν ξεκινήσει ταυτόχρονα, αλλά η χρονική διάρκεια τους μπορεί να είναι διαφορετική, χωρίς το τελευταίο να είναι περιοριστικό σε οποιαδήποτε μορφή.

Αν υποθεθεί ότι τα εκάστοτε υπουργεία και αρμόδιοι φορείς αρχίζουν να εργάζονται για την εφαρμογή των ευρημάτων σε ένα νέο κλινικό πρωτόκολλο, υπάρχει μια αλλαγή κατάστασης σε εθνικό επίπεδο  $ST_{0N} \rightarrow ST_{1N}$  κατά το  $(DE)$  και σε επίπεδο ασθενούς  $ST_{2I} \rightarrow ST_{3I}$  κατά το  $(CE)$ . Το E υποδηλώνει το χρονικό σημείο όπου λαμβάνει χώρα η εφαρμογή του νέου πρωτοκόλλου και είναι πλέον τυποποιημένο  $(EF) = d_{(N \rightarrow I)}$ , οδηγώντας το γενικό σύστημα σε νέα κατάσταση (με τα υποσυστήματα του στις ακόλουθες καταστάσεις:  $ST'_{(I,N,P)} = [ST_{3I}, ST_{1P}, ST_{1N}]$  στο  $t_1$ .

Με βάση τα προαναφερθέντα σημεία, έχει νόημα να προταθεί ένα πλαίσιο δεδομένων που εμπνέεται από τη ΓΘΣ για τον τομέα της ακουστικής υγειονομικής περίθαλψης. Η

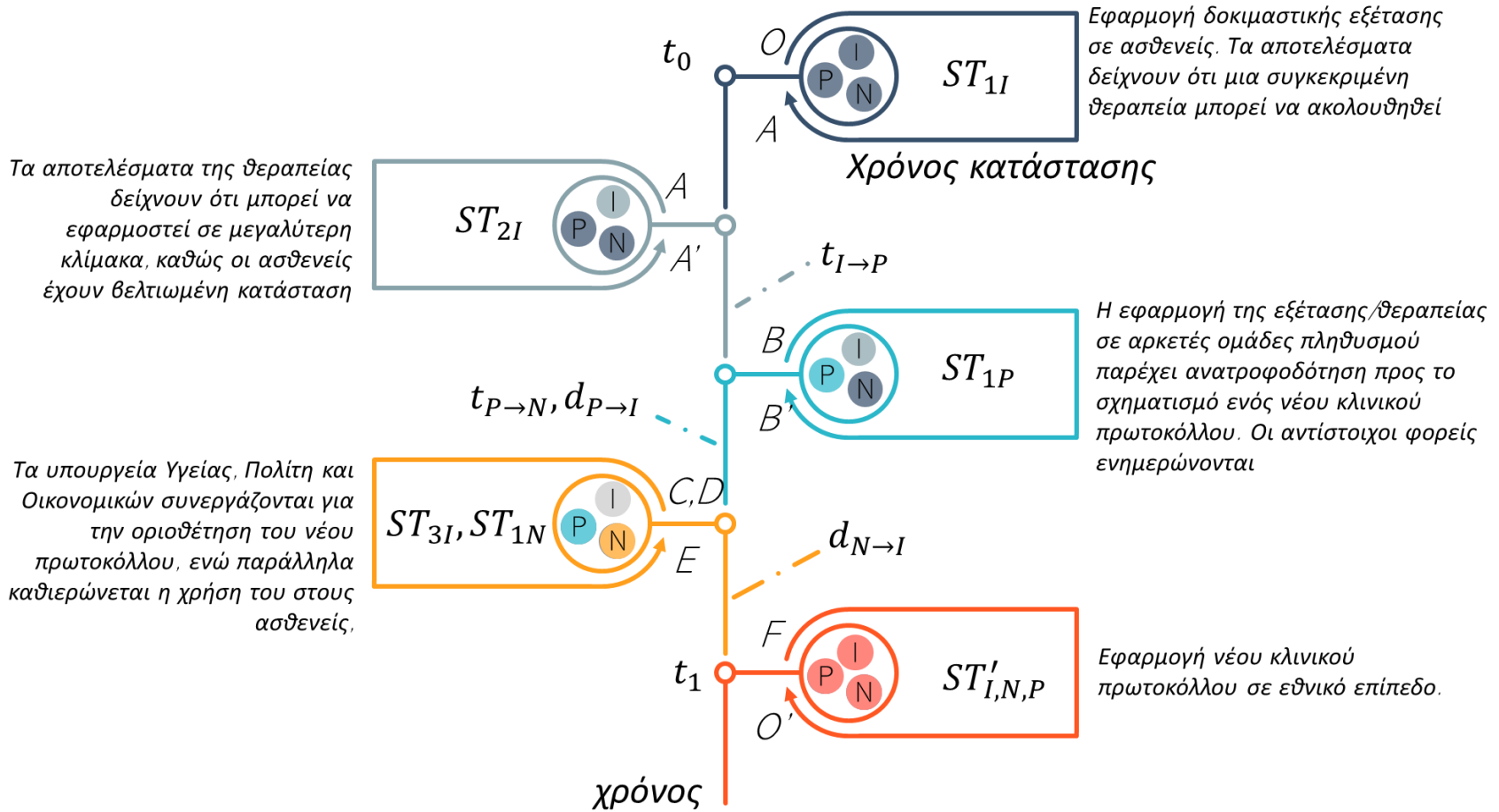
μετατροπή των δεδομένων υπό την οπτική γωνία της ΓΘΣ, υποδεικνύει μια αλλαγή παραδείγματος στον τρόπο με τον οποίο η πολιτική δημόσιας υγείας μπορεί να ξεπεράσει τους όποιους περιορισμούς αντιμετωπίζει μέχρι σήμερα και να είναι ευέλικτη βάσει των ευρειών δυνατοτήτων που παρέχουν τέτοιου είδους προσεγγίσεις που βασίζονται σε τεκμήρια. Το πρακτικό ενδιαφέρον για τα συστήματα ασθενών, πληθυσμού και εθνών, μαζί με τους μηχανισμούς ανταλλαγής πληροφοριών και μετάδοσης, θα επιτρέψει την απεικόνιση και την πρόβλεψη των φαινομένων που σχετίζονται με την ακοή (και όχι μόνο) στο διαχρονικό άξονα.

Σε αυτό το χρονικό σημείο όμως, η εξειδίκευση όλων των μεμονωμένων σχέσεων που απαιτούνται για τον ορισμό ενός τέτοιου γενικού συστήματος με την πάροδο του χρόνου δεν είναι εύκολη υπόθεση. Μπορεί συχνά να υπάρχουν συστηματικά στοιχεία, αντικείμενα ή σχέσεις (π.χ. μέσω κλινικών ή τυχαιοποιημένων δοκιμών και επιδημιολογικών μελετών), όμως χρειάζονται πρόσθετα δεδομένα και πληροφορίες (π.χ. μετα-ανάλυση, συστηματικές ανασκοπήσεις) καθώς και εργαλεία και τεχνικές μοντελοποίησης δικτύου για να οικοδομηθεί στέρεα μια τόσο περίπλοκη ιδέα. Αυτός ο συνδυασμός δεδομένων και τεχνικών από διεπιστημονικές προσεγγίσεις πρέπει να χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί με πληροφορίες τα στοιχεία ενός γενικού συστήματος, όχι μόνο στην ακουστική υγεία αλλά και σε άλλους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης. Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι να δείξει ότι η εφαρμογή και η εκμετάλλευση των τεχνικών δεδομένων σε μια πολύ εξειδικευμένη και στοχοθετημένη προσπάθεια μπορεί να συμβάλει στον καθορισμό των μεμονωμένων σχέσεων, χαρακτηριστικών και αλληλεπιδράσεων εντός και εκτός ενός συστήματος προς την μικρο-, μεσο- και μακροσκοπική επικύρωση του.

Ακολουθώντας μια προσέγγιση ΓΘΣ, επιτρέπεται η δυνατότητα πρόβλεψης φαινομένων απώλειας ακοής που δεν έχουν ακόμη παρατηρηθεί μέσω ενός αριθμού επιβεβαιωτικών πειραμάτων που είναι ανεξάρτητα από οποιοδήποτε μοντέλο. Πρόσφατα έργα [98], [99] στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης επισημαίνουν την ανάγκη τέτοιων δεδομένων από την άποψη της κλινικής και της δημόσιας πολιτικής για την ανάπτυξη και την προώθηση μετρήσιμων μέτρων για την αξιολόγηση και τη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης της ακοής. Ταυτόχρονα, προωθούν τη βελτίωση της συμβατότητας και της διαλειτουργικότητας των τεχνολογιών ακουστικών βοηθημάτων με τα συστήματα επικοινωνιών και την προσιτή αλληλο-κάλυψη της υγειονομικής περίθαλψης σε όλα τα επίπεδα σε βάθος χρόνου, δεδομένων των απαραίτητων μετατροπών.

Η αξιολόγηση και η εφαρμογή μιας τέτοιας προσέγγισης με βάση τη ΓΘΣ στο χώρο της ακουστικής υγείας, θα βελτιώσει κατά πάσα πιθανότητα την πρόσβαση, την ποιότητα και την οικονομική προσιτότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και παράλληλα θα προωθήσει δράσεις ατομικής, πληθυσμιακής και εθνικής εμβέλειας για την υποστήριξη και διαχείριση της ακοής και την αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ όλων των επιπέδων. Τα οφέλη από αυτήν την προσέγγιση συνοψίζονται στον Πίνακα 3.





Εικόνα 25 Ενδεικτική χρονοσειρά ανάλυσης των αλλαγών που συντελούνται εντός του προτεινόμενου γενικού συστήματος για αναγνώριση της φύσεως των συστημικών φαινομένων

Πίνακας 3 Δείκτες Επιπτώσεων μιας Προσέγγισης ΓΘΣ στο χώρο της ακουστικής υγείας

Χώρος Επίδρασης	Δείκτες Μέτρησης Επιπτώσεων
Οφέλη για το πολιτικό σύστημα	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Αύξηση των πρακτικών που βασίζονται σε δεδομένα για τη διαμόρφωση πολιτικών υγείας που σχετίζονται με τη θεραπεία και διάγνωση των ακουστικών προβλημάτων</li> <li>2. Ανανέωση των πρακτικών άμεσα χάρη στην συνεχόμενη ενημέρωση και ανάλυση δεδομένων (εξέλιξη στην τρέχουσα κατάσταση) σε κοινωνικό, οικονομικό και πολιτικό επίπεδο</li> <li>3. Παροχή ολιστικών λύσεων βασισμένων σε επιμέρους συστήματα και μοντέλα που βασίζονται σε μια ποικιλία δεδομένων για την περαιτέρω διερεύνηση και ενδεχομένως διαμόρφωση νέων πολιτικών δημόσιας υγείας</li> <li>4. Παροχή υποστήριξης εύχρηστων και δυναμικών εργαλείων για την εξέταση, μοντελοποίηση και διερεύνηση σεναρίων για τη χάραξη πολιτικής σε προβλήματα δημόσιας υγείας</li> <li>5. Παροχή δυνατοτήτων για εκστρατείες κοινωνικών μέσων ενημέρωσης για τη διάδοση των αποτελεσμάτων των μοντέλων ΓΘΣ και τη συλλογή και ανάλυση διαφορετικών απόψεων των ενδιαφερομένων</li> </ol>
Οφέλη για το προσωπικό / και κοινωνικό σύστημα	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. έγκαιρη διάγνωση και πρόληψη ακουστικών προβλημάτων</li> <li>2. δυνατότητα πρώιμης θεραπείας διάγνωσης των ακουστικών προβλημάτων</li> <li>3. Η μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση των προβλημάτων ακουστικής υγείας μέσω συστηματικών ελέγχων, θεραπευτικών σχημάτων και την πρόβλεψη άλλων υπηρεσιών αποκατάστασης ζωτικής σημασίας</li> <li>4. Προστασία των ατόμων με προβλήματα ακοής από τις βλαβερές συνέπειες του δυνατού θορύβου σε αστικό ή μη περιβάλλον</li> <li>5. Βελτίωση της ποιότητας ζωής</li> <li>6. Εξοικονόμηση για το κόστος της πρόληψης και</li> </ol>

Χώρος Επίδρασης	Δείκτες Μέτρησης Επιπτώσεων
	<p>θεραπείας</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Επαυξημένη τήρηση των σχημάτων θεραπείας, μείωση του χρόνου για τον συντονισμό και την προσαρμογή του θεραπευτικού σχήματος και κατά συνέπεια κέρδος χρόνου και εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει από την ελαχιστοποίηση των συχνών επισκέψεων στα νοσοκομεία ή στις διάφορες κλινικές</li> <li>8. Αύξηση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, των διαπροσωπικών σχέσεων, του επιπέδου δραστηριότητας και του προσδόκιμου εργασίας</li> <li>9. Αυξημένη χρήση ακουστικών βοηθημάτων, βελτίωση ακουστικών συνθηκών και επιπέδων ικανοποίησης που προκύπτουν από αυτά</li> <li>10. Νέοι τρόποι αλληλεπίδρασης με τους επαγγελματίες της υγειονομικής περίθαλψης και τους φροντιστές τους</li> <li>11. Μείωση της οξείας παρόξυνσης ή/και των επιπλοκών των ακουστικών προβλημάτων</li> <li>12. Αύξηση της αυτοεκτίμησης του ασθενούς</li> </ol>
Οφέλη για το υγειονομικό σύστημα	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Μείωση των ετήσιων αριθμών επισκέψεων των ασθενών</li> <li>2. Εισαγωγή καλύτερων στρατηγικών πρόληψης και θεραπείας</li> <li>3. Αποφυγή περιττού κόστους για διάγνωση/θεραπεία</li> <li>4. Μείωση της νοσηλείας και της κατανάλωσης πόρων</li> <li>5. Βελτιστοποίηση στη χρήση πόρων σε επίπεδο οργανισμών</li> <li>6. Μείωση των επιπτώσεων στον προϋπολογισμό των συστημάτων υγείας</li> <li>7. Αυξημένο επίπεδο ικανοποίησης των φορέων της υγειονομικής περίθαλψης</li> </ol>

### 4.3 Περίπτωση: Ανιχνευτικός Έλεγχος Ακοής

Για να παρουσιαστούν οι δυνατότητες ενός πλαισίου ΓΘΣ στην ακουστική υγειονομική περίθαλψης, θα παρουσιαστεί αρχικά η κατασκευή ενός ενδεικτικού παραδείγματος-πλαισίου της ΓΘΣ που μπορεί να εφαρμοστεί στον ανιχνευτικό έλεγχο ακοής (hearing screening).

Ο ανιχνευτικός έλεγχος ακοής μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιαδήποτε ηλικία, αλλά συνήθως υπάρχουν τρεις βασικοί έλεγχοι στη διάρκεια ζωής ενός ανθρώπου:

- (1) Ο καθολικός νεογνικός έλεγχος
- (2) Ο προσχολικός/σχολικός έλεγχος (παιδιά και έφηβοι)
- (3) Ο κανονικός έλεγχος (ενήλικες/ηλικιωμένοι)

Ο (καθολικός) νεογνικός έλεγχος ακοής αποτελεί ένα πρόγραμμα νεογνικού ελέγχου (screening) της ακοής που εφαρμόζεται σε όλα τα νεογνά, ακόμη και σε αυτά χωρίς παράγοντες κινδύνου, για την έγκαιρη διάγνωση, άρα και παρέμβαση στη βαρηκοΐα [100].

“Στόχος του προγράμματος αυτού είναι η έγκαιρη ανίχνευση και διάγνωση της συγγενούς βαρηκοΐας δηλαδή βαρηκοΐας που υπάρχει σε ένα νεογνό στη γέννηση του. Επειδή η απόκτηση ομιλίας στα νεογνά επηρεάζεται από την καλή λειτουργία του μηχανισμού ακοής, τυχόν ανωμαλία στο μηχανισμό αυτό προκαλεί προβλήματα επικοινωνίας και μάθησης με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ακαδημαϊκή τους επίδοση, η ψυχική τους υγεία και η κοινωνική τους ένταξη. Αυτές οι επιπτώσεις μπορούν να αντιστραφούν αν η διάγνωση, η παρέμβαση και η στήριξη γίνουν τους πρώτους μήνες ζωής. Με την έγκαιρη διάγνωση και παρέμβαση μεγιστοποιούνται οι δυνατότητες απόκτησης της ικανότητας επικοινωνίας και εξασφαλίζεται η ομαλή ανάπτυξη και κοινωνικοποίηση των παιδιών-νεογνών”<sup>5</sup>.

Η ανιχνευτική εξέταση για την ακοή των νεογνών (newborn hearing screening) αναφέρεται ότι απαιτεί καλύτερη κατανόηση των διαχρονικών και έμμεσων επιπτώσεών της, παράλληλα με την αποτελεσματική διαχείριση και τα κατάλληλα προγράμματα έγκαιρης αναγνώρισης [101]. Ξεκινώντας από τον καθολικό νεογνικό έλεγχο ακοής (universal hearing screening) [102], υπάρχει εμφανής ανάγκη να αυξηθεί ο αριθμός των επακόλουθων εξετάσεων και η στενότερη συνεργασία μεταξύ των μονάδων υγειονομικής περίθαλψης για την εξάλειψη περιττών εξετάσεων και τη διασφάλιση σωστών παρεμβάσεων.

Παρόλα αυτά η απώλεια ακοής μπορεί να μην εντοπιστεί στη νεογέννητη περίοδο (πριν από την ηλικία των 30 ημερών). Ορισμένοι τύποι απώλειας ακοής είναι προοδευτικής φύσεως, μπορεί να εμφανιστούν καθυστερημένα ή να αποκτηθούν μέσω γνωστών (π.χ. λοίμωξη, χημειοθεραπεία, ωτοτοξικότητα) ή άγνωστων αιτιών. Η συγγενής απώλεια ακοής μπορεί επίσης να μην εντοπιστεί στη νεογέννητη περίοδο λόγω απόρριψης της εξέτασης του νεογνού από τους γονείς, του ψευδώς αρνητικού αποτελέσματος της εξέτασης ή της έλλειψης ενός ολοκληρωμένου προγράμματος ελέγχου. Είναι σημαντικό επομένως να εξετάζονται τα παιδιά προσχολικής και σχολικής ηλικίας για απώλεια ακοής επειδή η εκτιμώμενη συχνότητα απώλειας ακοής στα παιδιά αυτά είναι τουλάχιστον διπλάσια από αυτή των νεογέννητων, με 50% έως 90% περισσότερα παιδιά να έχουν διαγνωστεί με απώλεια ακοής πριν από την ηλικία των 9 ετών [103].

---

<sup>5</sup> <https://www.cpp.org.cy/el/page/anixneutiko-programma-akois-neognon>

Εντούτοις, η εξέταση των ακοής των παιδιών προσχολικής και σχολικής ηλικίας είναι γνωστό ότι πάσχει από “την έλλειψη πρωτογενών δεδομένων και τη μεταβολή των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση” [104], ενώ υπάρχει επίσης η ανάγκη για τις αρχές να συνεργαστούν με τους επαγγελματίες υγείας για να εφαρμοστούν οι ανιχνευτικές εξετάσεις σε περιοχές όπου λείπει ένα αντίστοιχο πλαίσιο [105]. Παρόλα αυτά, η σπουδαιότητα αυτής της πρακτικής έχει αναγνωριστεί τόσο από τα συστήματα υγείας όσο και από τα εκπαιδευτικά συστήματα, με τα περισσότερα κράτη να υποχρεώνουν τα παιδιά να λαμβάνουν περιοδικές ανιχνευτικές εξετάσεις καθ’ όλη τη διάρκεια των ετών προσχολικής και σχολικής ηλικίας τους.

Όσον αφορά τους ενήλικες ο έλεγχος της ακοής έχει προταθεί για την πρόωση της αναζήτησης βοήθειας και της αποκατάστασης σε όσους αντιμετωπίζουν προβλήματα ακοής. Ωστόσο, ορισμένες διαχρονικές μελέτες δείχνουν χαμηλή αναζήτηση βοήθειας και επακόλουθη αποκατάσταση μετά από μια αποτυχημένη εξέταση ακοής (θετικό αποτέλεσμα εξέτασης) [106]. Η διάγνωση της απώλειας της ακοής γίνεται μέσω της ακουομετρίας καθαρού τόνου (pure tone audiometry, PTA) και της φωνητικής ακουομετρίας για τον προσδιορισμό της ακουστικής ευαισθησίας και της ποιότητας των περιφερικών ακουστικών πληροφοριών με βάση την ακουστότητα ηχητικών συχνοτήτων και την ομιλίας αναγνώρισης ομιλίας. Αυτές οι εξετάσεις, μαζί με δοκιμές ακουστικής, χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του τύπου και του βαθμού απώλειας της ακοής.

Ο χαρακτήρας του ελέγχου ακοής στους ενήλικους είτε είναι καθολικός, στοχευμένος ή ευκαιριακός, μπορεί να αντιμετωπίσει τις επικρατούσες, περιστασιακές και μελλοντικές ανάγκες για τις παρεχόμενες υπηρεσίες ακοής, καθώς και να καθορίσει καλύτερα την έκταση της ανάγκης. Ο καθολικός έλεγχος μπορεί να μην είναι μια επιλογή για την αντιμετώπιση προβλημάτων απώλειας ακοής, καθώς υπάρχει υπερβολική ανάγκη και τα βοηθήματα ακοής μπορεί να μην είναι ακόμη αρκετά αποδεκτά από τους ασθενείς ή/και τους φροντιστές/συντρόφους τους, ακόμα και για τους γιατρούς πρωτοβάθμιας φροντίδας. Η βελτίωση αυτής της αντίληψης με την πάροδο του χρόνου θα μπορούσε να αυξήσει την πρόσληψη και την παραπομπή στον γιατρό καθώς και να μειώσει την πιθανότητα των ηλικιωμένων ασθενών να αισθάνονται ότι η κατάσταση βαρηκοΐας τους είναι φυσιολογική για την ηλικία τους. Από την άλλη πλευρά, ο στοχευμένος έλεγχος πρέπει να επικεντρώνεται στο πού μπορεί να επιτευχθεί η μεγαλύτερη πληθυσμιακή αξία, όπως ασθενείς με μακροχρόνιες παθήσεις που βρίσκονται ήδη σε επαφή με άλλες κλινικές υπηρεσίες ή που παρουσιάζονται στην πρωτοβάθμια περίθαλψη με άλλες ασθένειες [107]. Υπάρχει επομένως ένας αυξανόμενος ηλικιακά πληθυσμός με αυξανόμενες ανάγκες και προσδοκίες για υπηρεσίες ακουστικής υγείας, όπου η ύπαρξη ενός εθνικού προγράμματος ανίχνευσης της ακοής (σε σύγκριση με την μη ύπαρξη αντίστοιχου προγράμματος) αποτελεί μια οικονομικά αποδοτική παρέμβαση που βοηθάει στην αύξηση της ποιότητας ζωής των ατόμων με απώλεια ακοής [108].

Παρατηρείται ότι και στις τρεις προσεγγίσεις, υπάρχει ανάγκη γενίκευσης και μεταφορισιμότητας των αποτελεσμάτων και σε άλλες χώρες ανεξάρτητα από τις

διεθνείς ομοιότητες και διαφορές όσον αφορά το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης και τον πολιτισμό της εκάστοτε χώρας. Ιδιαίτερη σημασία επίσης θα πρέπει να δοθεί στην εκπαίδευση, την κοινωνικο-οικονομική κατάσταση και την ενημέρωση που σχετίζεται με το εκάστοτε πρόγραμμα, όπως για παράδειγμα έδειξε μια πρόσφατη έρευνα για τον νεογνικό έλεγχο [109] αλλά και στην πολύ-παραγοντική λήψη αποφάσεων (λόγω ατομικών και διαπροσωπικών λόγων, κυρίως όσον αφορά τη σχέση με τον προσωπικό ιατρό) [110].

Από μαθηματική άποψη και βασισμένη στα μαθηματικά θεμέλια της ΓΘΣ, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 3), ένα γενικό σύστημα διαχείρισης των ανιχνευτικών εξετάσεων ακοής (*HSGS*) μπορεί να οριστεί ως ένα διατεταγμένο ζεύγος συνόλων ( $M, R$ ). Σε αυτά τα σύνολα, το  $M$  ορίζεται ως ένα σύνολο αντικειμένων του συστήματος, ενώ το  $R$  είναι το σύνολο των σχετικών με το  $M$  σχέσεων σε σχέση με το περιεχόμενο της πληροφορίας, τη χωρική δομή και τις διάφορες μορφές αλληλεπιδράσεων στο σύστημα της υγειονομικής περίθαλψης. Η εξίσωση (1) δίνει μια επισκόπηση της μαθηματικής διατύπωσης ενός τέτοιου συστήματος:

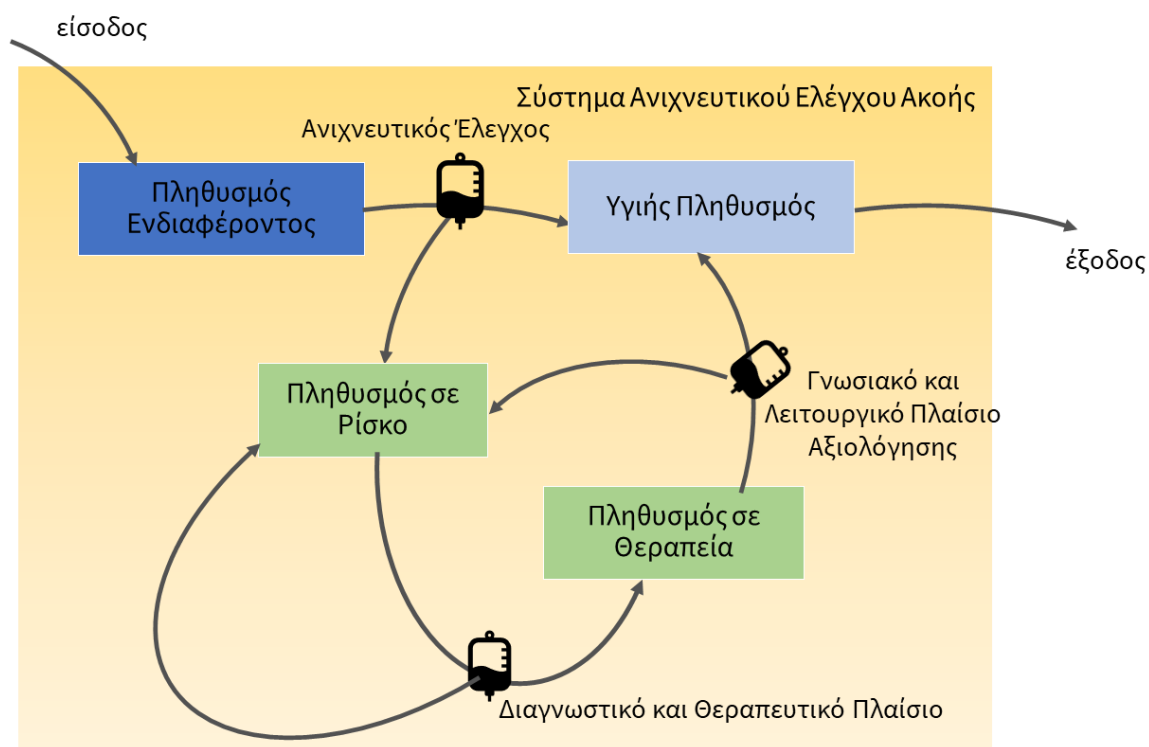
$$HSGS = \begin{bmatrix} (M_I, R_I) \\ (M_P, R_P) \\ (M_N, R_N) \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Τα σύνολα καθώς και τα αντίστοιχα σύνολα σχέσεων της εξίσωσης (39) μπορούν να οριστούν σύμφωνα με τις παρακάτω προσεγγίσεις, μαζί με ενδεικτικά παραδείγματα από τη διεθνή βιβλιογραφία, τα οποία στο παρόν πλαίσιο θα χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση των σχέσεων και των αλληλεπιδράσεων στο σύνολό τους:

Πίνακας 4 Ορισμός συνόλων και παραδείγματα από τη διεθνή βιβλιογραφία

(σύνολο, σύνολο σχέσεων)	ορισμός συνόλων	παραδείγματα συνόλων
$(M_I, R_I)$	$M_I$ : σύστημα ασθενή $R_I$ : σχέσεις συστήματος $I$	Μεμονωμένοι Ασθενείς ( $I$ ) Ανιχνευτικές Εξετάσεις [111], [112] για παράδειγμα: $(R_I) =$ <i>(Pass when results of hearing han</i> <i>10 – 24)</i>
$(M_P, R_P)$	$M_P$ : πληθυσμιακό σύνολο $R_P$ : σχέσεις συνόλου $P$	Παιδιά προσχολικής ηλικίας ( $P_1$ ), Έφηβοι ( $P_2$ ) Εξετάσεις σε πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση [103], [105], [113]–[115] Για παράδειγμα:

(σύνολο, σύνολο σχέσεων)	ορισμός συνόλων	παραδείγματα συνόλων
		$(R_p) = (Age \leq 4 \text{ less able to test, } Age > 4 \text{ likely to pass, ethnicity does not})$
$(M_N, R_N)$	$M_N$ : εθνικό σύνολο $R_N$ : σχέσεις συνόλου $N$	<b>Νεογέννητα (<math>N</math>)</b> Χρήση ανιχνευτικών εξετάσεων σε νοσοκομεία [116]-[120] Για παράδειγμα: $(R_N) = (Pass\ Weight = 2697.6 \pm 795.7g, Pass\ Age = 37.9 \pm 2.7\ weeks)$



Εικόνα 26 Αρχική Προσέγγιση ενός Γενικευμένου Συστήματος Ανιχνευτικών Εξετάσεων Ακοής

Με βάση τις προαναφερθείσες υποθέσεις, μια προσέγγιση ΓΘΣ μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

1. Τα αποθέματα δείχνουν τα στοιχεία του συστήματος που μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου και περιλαμβάνουν τον πληθυσμό ενδιαφέροντος, τον πληθυσμό κινδύνου, τον πληθυσμό-στόχο της θεραπείας και τους τελικούς πληθυσμούς-στόχους.
2. Οι σχέσεις (ροές) περιλαμβάνουν τις ανιχνευτικές εξετάσεις, την αξιολόγηση της κατάστασης και τις προσφερόμενες θεραπευτικές επιλογές, καθώς και τις εξετάσεις γνωστικής και λειτουργικής αξιολόγησης
3. Οι σκοποί του συστήματος είναι (α) να αξιολογηθούν οι ακουστικές λειτουργίες και ικανότητες του εκάστοτε πληθυσμού και (β) να υπάρχει ένας λειτουργικός (π.χ. σε γνωστικό, ομιλητικό, κοινωνικό και μαθησιακό επίπεδο) πληθυσμός βάσει του (α).

Μια αρχική έκδοση του *HSGS* απεικονίζεται στην Εικόνα 26 και ερμηνεύεται ως εξής:

1. Ο πληθυσμός ενδιαφέροντος (π.χ. νεογνά ή ενήλικες) αυξάνεται από οποιοδήποτε εισερχόμενο μέλος (π.χ. γέννηση παιδιού ή μετάβαση από μια ομάδα στην άλλη, όταν λόγου χάρη ένας έφηβος ενηλικιωθεί)
2. Οι ανιχνευτικές εξετάσεις (π.χ. οτοακουστικές εκπομπές, προκλητά δυναμικά εγκεφαλικού στελέχους ή άλλος τύπος ανιχνευτικού ελέγχου που προσδιορίζονται από τα σύνολα σχέσεων της τρέχουσας βιβλιογραφίας στον Πίνακα 1) χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της κατάστασης της ακοής του πληθυσμού και την αξιολόγηση των δυνατοτήτων τους.
3. Με βάση τα αποτελέσματα και την αποτελεσματικότητα αυτών των εξετάσεων ελέγχου, τα μέλη μετακινούνται είτε στον υγιή πληθυσμό (που αποτελείται από λειτουργικά μέλη) είτε στον πληθυσμό σε ρίσκο για περαιτέρω εξέταση
4. Ο πληθυσμός σε ρίσκο αξιολογείται ως προς την κατάστασή του (π.χ. με επισκέψεις παρακολούθησης ή με πιο εμπεριστατωμένες εξετάσεις) και προτείνονται επιλογές θεραπείας (π.χ. καμία θεραπεία, θεραπεία με βοηθήματα ακοής). Από εκείνο το σημείο και μετά, η ροή κατευθύνει τα μέλη του πληθυσμού σε ρίσκο είτε πίσω σε αυτό (βρόχος ανάδρασης) είτε στον πληθυσμό σε θεραπεία.
5. Ο πληθυσμός σε θεραπεία επανεξετάζεται με βάση τις γνωστικές, ομιλητικές, κοινωνικές και μαθησιακές δυνατότητές του για να προσδιοριστεί εάν η θεραπεία ήταν επιτυχής ή όχι και σε ποιο επίπεδο. Σε περίπτωση αξιολόγησης αυτών των δυνατοτήτων, ένα μέλος μπορεί να επιστρέψει στον υγιή πληθυσμό, διαφορετικά επιστρέφει στον πληθυσμό σε ρίσκο (βήμα 4).
6. Ο υγιής πληθυσμός μειώνεται από τον αριθμό των εξερχόμενων μελών του (π.χ. θάνατος ή γήρανση των μελών του)

Ο προσδιορισμός της ιεραρχίας  $H$  σε σχέση με το χρόνο  $T$  σε αυτά τα συστήματα (καθώς τα νεογνά μεγαλώνουν σε παιδιά που στη συνέχεια γίνονται έφηβοι και ενηλικιώνονται), δημιουργεί ένα συνδεδεμένο σύστημα χρόνου:

$$\{H, m_s, T\}; \text{ όπου } s = \{N \rightarrow P_1, P_1 \rightarrow P_2, P_2 \rightarrow I\} \quad (4.2)$$



με  $m_s$  τη χαρτογράφηση από το μακρο- στο μεσο- ( $N \rightarrow P$ ), μέσο- σε μέσο- ( $P_1 \rightarrow P_2$ ) και (του μεσο- στο μικρο-σύστημα ( $P_2 \rightarrow I$ ) αντίστοιχα. Δεδομένου ότι τα παραπάνω υποσυστήματα είναι ομάδες (ενήλικες, έφηβοι, παιδιά, νεογνά), η χαρτογράφηση από ένα σύστημα σε άλλο υποδηλώνει ομομορφισμό μεταξύ αυτών των συστημάτων, ειδικά εάν το  $m_s$  αποτελεί μια αντιστοιχίση συμπεριφοράς στο χρόνο, κάτι που συμβαίνει στην προκειμένη περίπτωση (καθώς τα νεογνά μεγαλώνουν σε παιδιά και έφηβους που ενηλικιώνονται) μπορούν να παρακολουθηθούν οι συγκεκριμένες ομάδες στο διηνεκές του χρόνου, όπως είχε οριστεί αρχικά, στην Εικόνα 26.

Ενσωματώνοντας και επεκτείνοντας όλες τις παραπάνω πληροφορίες, διαμορφώνεται ένα γενικό σύστημα διαχείρισης των ανιχνευτικών εξετάσεων για την απώλεια ακοής στην Εικόνα 27. Η παραπάνω προσέγγιση δίνει μια ενδεικτική επισκόπηση του τρόπου με τον οποίο ένα γενικό μοντέλο συστήματος για τον έλεγχο της απώλειας ακοής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη και την αξιολόγηση των οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων του. Για παράδειγμα, προσθέτοντας το οικονομικό/εκπαιδευτικό/κλινικό πλαίσιο ως εξωτερικό παράγοντα στο σύστημα (Εικόνα 27), μπορεί να εμφανιστεί ότι επηρεάζει τις σχέσεις που βασίζονται στα δεδομένα που παρέχονται σε όλα τα στάδια (μια καλύτερη ή χειρότερη κλινική και οικονομική κατάσταση σε οποιοδήποτε δεδομένο χρονικό σημείο επηρεάζει την ποιότητα / ποσότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών). Αυτό φαίνεται επίσης στην τρέχουσα βιβλιογραφία [121], [122], όπου τα αποτελέσματα της οικονομικής εκτίμησης, των αναλύσεων κόστους-αποτελεσματικότητας και των οικονομικών εκτιμήσεων του κόστους και των οφελών που σχετίζονται με τις ανιχνευτικές εξετάσεις στο νεογέννητο πληθυσμό παίζουν αποφασιστικό ρόλο στην υιοθέτηση σχετικών πολιτικών, αποδεικνύοντας ότι είναι μια στρατηγική εξοικονόμησης κόστους σε σύγκριση με την μη διεξαγωγή των αντίστοιχων εξετάσεων.

Είναι επομένως ασφαλές να υποτεθεί ότι η εισαγωγή τέτοιων μοντέλων και μιας αντίστοιχης προσέγγισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό της ισορροπίας σε διάφορα επίπεδα (κοινωνικό, εκπαιδευτικό, οικονομικό, πολιτικό) όταν ανταγωνίζονται πολλαπλά συμφέροντα (δηλ. πολιτική δημόσιας υγείας και οικονομική χρησιμότητα/ βιωσιμότητα των προσεγγίσεων θεραπείας απώλειας ακοής). Οι εκάστοτε φορείς μπορούν να καθορίζουν τις ενέργειές τους κατ' αυτόν τον τρόπο ώστε να εξισορροπήσουν το κέρδος αλλά και την ικανότητα πρόβλεψης αντιμετώπισης διαφορετικών συνθηκών με την πάροδο του χρόνου.

Η απεικόνιση του συστήματος της Εικόνας 25 μπορεί να απεικονιστεί και σε χρονικό ορίζοντα (Εικόνα 28) για την καλύτερη επόπτευση στα διάφορα στάδια, χωρίς απώλεια της γενίκευσης. Επιπλέον μπορούν να ελεγχθούν τα παραπάνω και σε επίπεδο δεδομένων ώστε να εμφανιστεί η δυνατότητα χρήσης μιας τέτοιας προσέγγισης, μέσω της αναγνώρισης των σημείων μόχλευσης του συστήματος, τα σημεία δηλαδή εκείνα στα οποία η οποιαδήποτε παρέμβαση είναι σημαντική, ανεξαρτήτως του μεγέθους της. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η ύπαρξη ανιχνευτικού ελέγχου στα νοσοκομεία, οι δυνατότητες διάγνωσης με τις επιλογές θεραπειών και το πλαίσιο ελέγχου σε γνωσιακό

επίπεδο είναι τα τρία σημεία που καθορίζουν και η κατανομή των διαφόρων πληθυσμών στα αντίστοιχα αποθέματα τους.

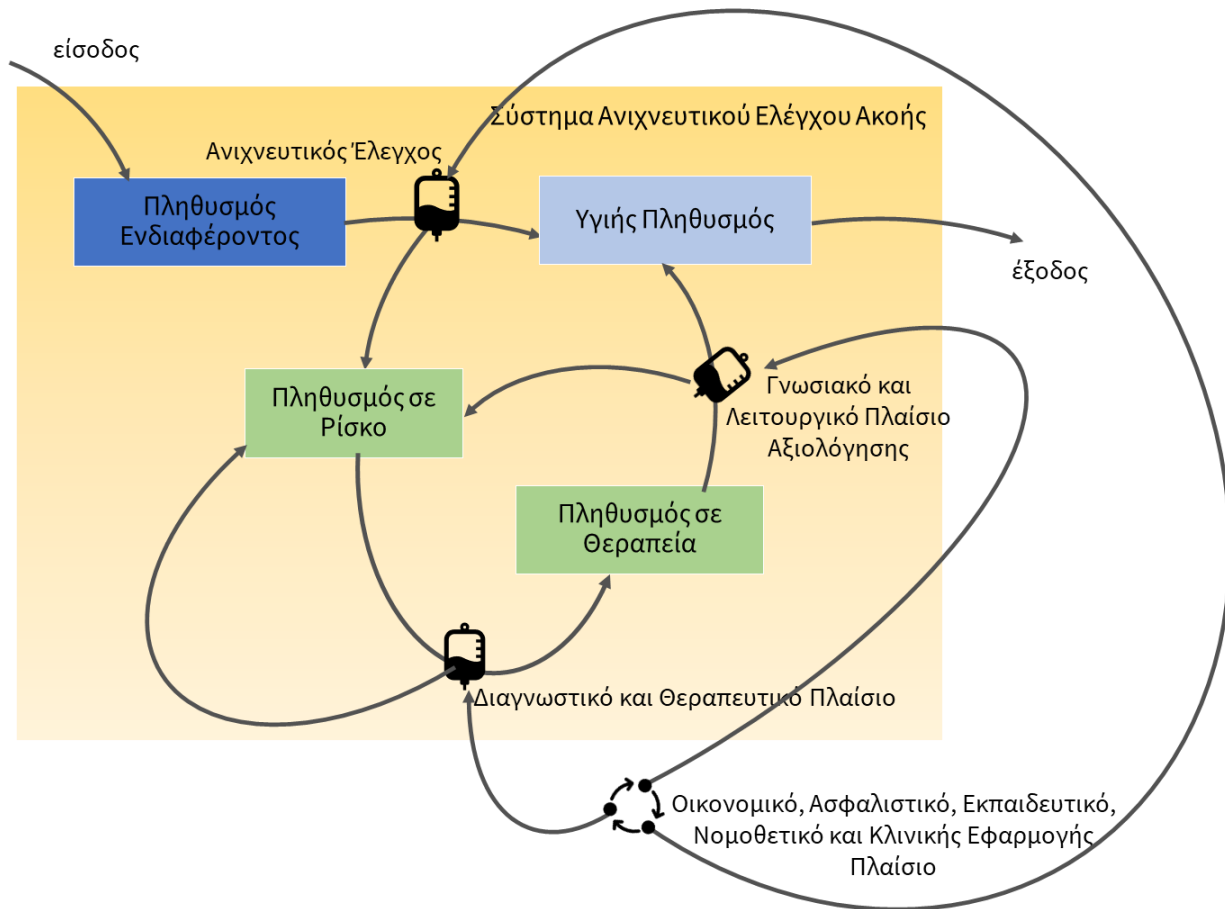
Το οικονομικό, εκπαιδευτικό, ασφαλιστικό, νομοθετικό και κλινικό υπόβαθρο επομένως θεωρείται απαραίτητο όσον αφορά τις πληροφορίες που προσφέρονται για τη ρύθμιση αυτών των “βαλβίδων ρύθμισης”. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι:

- Το οικονομικό πλαίσιο προσφέρει πληροφορίες σχετικά με το κόστος των διαγνωστικών και επαναληπτικών εξετάσεων στα νοσοκομεία, το προσωπικό που απασχολείται με αυτές, τις φορολογικές ελαφρύνσεις που υπάρχουν στο θέμα των θεραπευτικών προσεγγίσεων, τις οικονομικές δυνατότητες που παρέχει το κράτος σε άτομα ή οικογένειες που αντιμετωπίζουν μια αντίστοιχη κατάσταση.
- Το εκπαιδευτικό πλαίσιο προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την ενημέρωση που υπάρχει στο θέμα των ανιχνευτικών ελέγχων και τις επιλογές για θεραπεία και αξιολόγηση, την ανανέωση και τον έλεγχο του γνωσιακού και λειτουργικού πλαισίου της εκτίμησης της κατάστασης ενός ατόμου και τις παρεχόμενες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις σε αντίστοιχες περιπτώσεις
- Το κλινικό πλαίσιο προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τις επιλογές που υπάρχουν όσον αφορά τους διαγνωστικούς ελέγχους, τις θεραπείες και τις εξετάσεις αξιολόγησης, καθώς και στοιχεία σχετικά με την παροχή κάλυψης και σε ποιο ποσοστό των εκάστοτε πληθυσμών στα διάφορα αποθέματα.

Είναι ενδεικτική η ανάγκη μιας τέτοιας προσέγγισης, αν λάβει κανείς υπόψιν τις τελευταίες οδηγίες του The Joint Committee on Infant Hearing [123]:

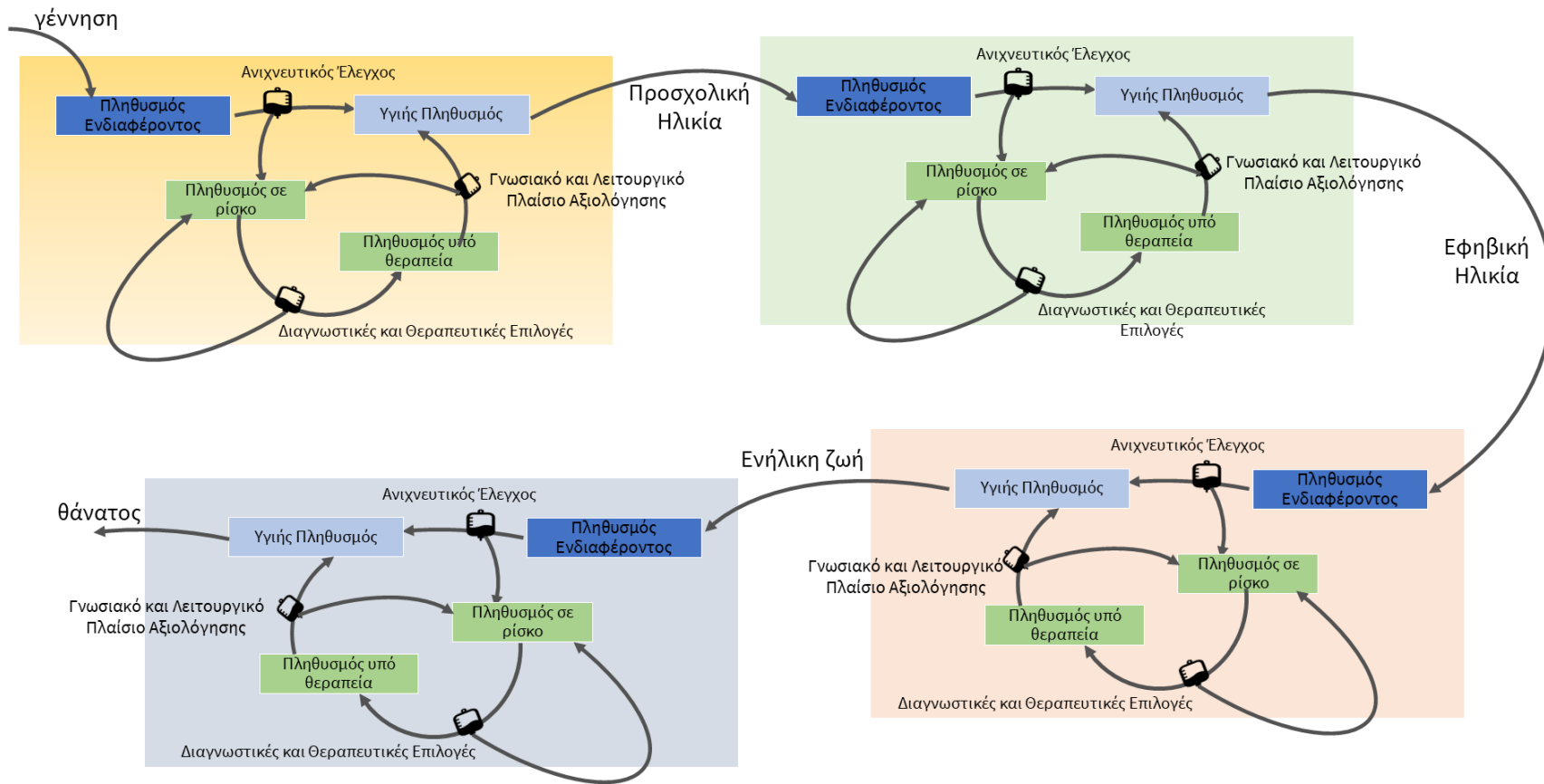
1. *Όλα τα βρέφη* πρέπει να υποβληθούν σε εξέταση ακοής πριν από το εξιτήριο τους από το νοσοκομείο στο οποίο γεννιούνται και *το αργότερο μέσα σε ένα μήνα*, χρησιμοποιώντας φυσιολογικά μέτρα με αντικειμενικό προσδιορισμό του αποτελέσματος.
2. Όλα τα βρέφη των οποίων ο αρχικός έλεγχος και κάθε επακόλουθη επανεξέταση δικαιολογούν πρόσθετες εξετάσεις θα πρέπει να έχουν κατάλληλη ακουολογική αξιολόγηση για να επιβεβαιωθεί η κατάσταση της ακοής του βρέφους το αργότερο *μέχρι την ηλικία των 3 μηνών*.
3. Θα πρέπει να πραγματοποιείται ταυτόχρονη ή άμεση ολοκληρωμένη ωτολογική αξιολόγηση σε βρέφη που επιβεβαιώνονται ότι είναι κωφά ή αντιμετωπίζουν δυσκολίες ακοής.
4. Όλα τα βρέφη που είναι κωφά ή βαρήκοα σε ένα ή και στα δύο αυτιά θα πρέπει να παραπέμπονται αμέσως σε πρόωρη παρέμβαση για να λαμβάνουν στοχευμένες και κατάλληλες υπηρεσίες.
5. Ένα απλοποιημένο, συντονισμένο σημείο εισόδου στο σύστημα παρέμβασης κατάλληλο για διαγνωσμένα παιδιά είναι το βέλτιστο.

6. Οι υπηρεσίες πρώιμης παρέμβασης θα πρέπει να παρέχονται μέσω μιας προσέγγισης που να αντικατοπτρίζει τις προτιμήσεις και τους στόχους της οικογένειας για το παιδί τους και να ξεκινήσει το συντομότερο δυνατό μετά τη διάγνωση, αλλά *όχι αργότερα από έξι μήνες*.
7. Το παιδί και η οικογένεια θα πρέπει να έχουν άμεση πρόσβαση, μέσω του ακουολόγου τους, σε υψηλής ποιότητας, καλά εξοπλισμένη και βελτιστοποιημένη τεχνολογία ακουστικών βοηθημάτων. Πρέπει επίσης να διασφαλίζεται η πρόσβαση, ανάλογα με τις ανάγκες του παιδιού, σε κοχλιακά εμφυτεύματα, βοηθητικές τεχνολογίες ακρόασης και συσκευές οπτικής προειδοποίησης και πληροφόρησης.
8. Το σύστημα πρέπει να είναι οικογενειακού χαρακτήρα και να διασφαλίζεται η προστασία της ιδιωτικής ζωής και των οικογενειακών δικαιωμάτων μέσω της ενημερωμένης και κοινής λήψης αποφάσεων, καθώς και η συγκατάθεση των γονέων σύμφωνα με τις κρατικές και ομοσπονδιακές κατευθυντήριες γραμμές.
9. Οι οικογένειες πρέπει να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με όλες τις πηγές και τα προγράμματα παρέμβασης, φροντίδας και συμβουλευτικής σχετικά με τις εκπαιδευτικές ανάγκες και τις ανάγκες επικοινωνίας / γλώσσας του παιδιού
10. Όλα τα βρέφη και τα παιδιά, ανεξάρτητα από την έκβαση του νεογνικού ελέγχου ακοής, πρέπει να παρακολουθούνται στο ιατρείο σύμφωνα με τους περιοδικούς πίνακες σχετικά με την επικοινωνιακή τους ανάπτυξη
11. Οι επαγγελματίες με κατάλληλη εκπαίδευση πρέπει να παρέχουν συνεχή παρακολούθηση της επικοινωνιακής ανάπτυξης όλων των παιδιών με ή χωρίς δείκτες κινδύνου.
12. Τα κατάλληλα διεπιστημονικά προγράμματα πρώιμης παρέμβασης για τα διεγνωσμένα βρέφη και τις οικογένειές τους θα πρέπει να παρέχονται από επαγγελματίες που γνωρίζουν τις ανάγκες και τις ανάγκες των παιδιών που είναι κωφά ή βαρήκοα.
13. Τα προγράμματα πρώιμης παρέμβασης θα πρέπει να αναγνωρίζουν τις *πρακτικές που βασίζονται σε στοιχεία* και να βασίζονται σε *δυνατά σημεία, ενημερωμένες επιλογές, γλωσσικές παραδόσεις και πολιτιστικές πεποιθήσεις των οικογενειών που υπηρετούν*.
14. Τα πληροφοριακά συστήματα θα πρέπει να σχεδιάζονται και να εφαρμόζονται για τη διασύνδεσή τους με τα κλινικά ηλεκτρονικά συστήματα υγείας και τα πληροφοριακά συστήματα που βασίζονται στον πληθυσμό, ώστε να επιτρέπουν την ανταλλαγή ηλεκτρονικών πληροφοριών υγείας για τους σκοπούς της μέτρησης των αποτελεσμάτων, της βελτίωσης της ποιότητας και της αναφοράς της αποτελεσματικότητας των υπηρεσιών για τον ασθενή / οικογένεια στο ιατρείο, την κοινότητα, το κράτος και τις ομοσπονδιακές αρχές.



Εικόνα 27 Τροποποιημένο Γενικευμένο Σύστημα Διαχείρισης Ανιχνευτικών Εξετάσεων Ακοής

Τα προγράμματα νεογνικού ελέγχου που ανταποκρίνονται στους τρέχοντες στόχους θα μπορούσαν να καθορίσουν έναν νέο στόχο στους πρώτους τρεις μήνες (ολοκλήρωση ανιχνευτικού ελέγχου σε ηλικία ενός μηνός, ολοκλήρωση ακουολογικής διάγνωσης σε ηλικία δύο μηνών και η πρώιμη παρέμβαση να ξεκινάει το αργότερο στην ηλικία των τριών μηνών) [123]. Απαιτούνται επίσης διεπιστημονικές ομάδες επαγγελματιών, συμπεριλαμβανομένων των ακουολόγων, των ιατρών και του νοσηλευτικού προσωπικού. Ένας ακουολόγος με εμπειρία στην αξιολόγηση των νεογνών και των μικρών παιδιών θα πρέπει να συμμετέχει στην ανάπτυξη και επίβλεψη κάθε συνιστώσας του προγράμματος ανίχνευσης ακοής, ιδιαίτερα σε επίπεδο κρατικής εφαρμογής και, όπου είναι δυνατόν, σε επίπεδο νοσοκομείων. Τα νοσοκομεία και οι οργανισμοί θα πρέπει επίσης να ορίζουν έναν ιατρό/πάροχο για να επιβλέπουν τις ιατρικές πτυχές του προγράμματος [123].



Εικόνα 28 Επέκταση του Γενικού Συστήματος Ανίχνευσης Απώλειας Ακοής σε διάφορα χρονικά στιγμιότυπα στη ζωή ενός ανθρώπου

Επιπλέον, τα προγράμματα νεογνικού ελέγχου ακοής επίσης που βασίζονται σε νοσοκομεία πρέπει να εξετάζουν μια ποικιλία θεμάτων, συμπεριλαμβανομένου του πληθυσμού των βρεφών που θα υποβληθούν σε εξέταση, των επιλογών τεχνολογίας της ανιχνευτικής εξέτασης, της εγκυρότητας της συγκεκριμένης συσκευής εξέτασης, των πρωτοκόλλων ελέγχου (συμπεριλαμβανομένου του χρονικού διαστήματος της εξέτασης σχετικά με το εξιτήριο νοσηλείας) την καταλληλότητα των ηχητικών και ηλεκτρικών περιβαλλόντων, τα κριτήρια και τις οδούς παραπομπής/παρακολούθησης, τη διαχείριση πληροφοριών και τον έλεγχο και τη βελτίωση της ποιότητας. Τα πρωτόκολλα αναφοράς και επικοινωνίας πρέπει να είναι καλά καθορισμένα και τα πρωτόκολλα αυτά πρέπει να περιλαμβάνουν το περιεχόμενο των εκθέσεων προς τους γιατρούς και τις οικογένειες, την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων στα ιατρικά αρχεία, τη ροή πληροφοριών σχετικά με τα αποτελέσματα των εξετάσεων από νοσοκομειακά ιατρικά αρχεία έως τα αρχεία εξωτερικών ασθενών, την υποβολή εκθέσεων στα κρατικά μητρώα και στα εθνικά σύνολα δεδομένων [123].

Επιπροσθέτως, τόσο η ανάλυση της βιβλιογραφίας, όσο και στοιχεία που έχουν σημειωθεί στις προηγούμενες ενότητες, δείχνουν ότι παράγοντες όπως ο ανεπαρκής αριθμός ειδικών παιδιατρικών ακουολόγων, η απόσταση από τον τόπο κατοικίας, η έλλειψη παραπομπής, η ανεπαρκής παρακολούθηση από τους παιδίατρους και η ανεπαρκής γνώση των γονέων, οι οποίοι δεν είναι πάντοτε σε θέση να παρατηρήσουν κλινικά συμπτώματα απώλειας της ακοής, είναι οι κύριοι λόγοι μη συμμόρφωσης με επαναληπτικές επισκέψεις [124].

Οι ερευνητικές ανάγκες ενός συστήματος εφαρμογής καθολικού νεογνικού ελέγχου απαιτούν:

- Συνεχιζόμενη και επιταχυνόμενη έρευνα σχετικά με τη βελτιστοποίηση των πρωτοκόλλων παρέμβασης διαλογής, διάγνωσης και ενίσχυσης, με έμφαση στην επικαιρότητα και την ακρίβεια βάσει αυστηρών στοιχείων σχετικά με την αποτελεσματικότητα.
- Εξερεύνηση προ-σχολικών προγραμμάτων ανίχνευσης της ακοής για να προσδιοριστεί η ικανότητα αναγνώρισης της καθυστερημένης έναρξης ή της απώλειας βαρηκοΐας ή/και άλλων προβλημάτων του ακουστικού συστήματος.
- Αυξημένη διαχρονική έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα και την ποιότητα των στρατηγικών έγκαιρης παρέμβασης για τη διασφάλιση βέλτιστων αποτελεσμάτων (ανάπτυξη και ποιότητα ζωής) για τα παιδιά που είναι κωφά ή βαρήκοα και τις οικογένειές τους.
- Αυξημένη διερεύνηση και μελέτη της χρησιμότητας / ωφελειών κόστους των προγραμμάτων και συστημάτων ελέγχου
- Εστιασμένη έρευνα σχετικά με τον αντίκτυπο των κοινωνικών καθοριστικών παραγόντων των αποτελεσμάτων της υγείας σε σχέση με την κώφωση ή την απώλεια ακοής.

- Περαιτέρω εξέταση και οριοθέτηση των ανισοτήτων υγείας που οφείλονται στη γεωγραφική θέση (αγροτικές περιοχές, αστικά κέντρα), στην κοινωνικοοικονομική κατάσταση, εθνικές / φυλετικές ομάδες και εκπαίδευση [123].

#### 4.4 Περίπτωση: Ελληνικό Κέντρο Ψυχικής Υγείας και Έρευνας

Στην τελευταία περίπτωση που εξετάζεται, αναφέρεται η περίπτωση του πλαισίου λειτουργίας του ΕΚΕΨΥΕ<sup>6</sup> (Ελληνικό Κέντρο Ψυχικής Υγιεινής και Ερευνών). Ο σκοπός της παρουσίασης αυτού του παραδείγματος είναι να δείξει ότι η εφαρμογή ενός πλαισίου ΓΘΣ μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους χώρους υγειονομικής περίθαλψης με την αντίστοιχη μετατροπή των σχετικών παραμέτρων και διαδικασιών.

##### 4.4.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ)<sup>7</sup>, η παιδική ηλικία και η εφηβεία θεωρούνται ως κρίσιμα στάδια για την ανάπτυξη ικανοτήτων στον αυτοέλεγχο, την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη μάθηση. Παρά το υψηλό και αυξανόμενο ποσοστό των προβλημάτων ψυχικής υγείας και των προβλημάτων συμπεριφοράς σε επίπεδο πληθυσμού, τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσαν να επωφεληθούν από τη χρήση πρόσθετων εργαλείων και μεθοδολογιών. Αυτό θα ήταν εξαιρετικά χρήσιμο για να αντιμετωπιστούν οι συνέπειες ενός υψηλού κοινωνικοοικονομικού βάρους, εκτός από το ιατρικό και συναισθηματικό, όχι μόνο στο μικρο-επίπεδο (π.χ. ατόμων και των οικογενειών τους) αλλά στο μεσο-επίπεδο (π.χ. σχολικό πληθυσμό) και στο μακρο-επίπεδο (π.χ. έθνος). Δύο από τους στόχους που προσδιορίζονται στο ολοκληρωμένο σχέδιο για την ψυχική υγεία του ΠΟΥ [125] αναφέρονται στην α) παροχή ολοκληρωμένων και εφαρμόσιμων υπηρεσιών ψυχικής υγείας και κοινωνικής φροντίδας και β) την ενδυνάμωση πληροφοριακών συστημάτων που βασίζονται σε τεκμηριωμένες προσεγγίσεις (evidence-based information systems). Ο στόχος του παραδείγματος είναι μια πρόταση προσέγγισης ενός ολοκληρωμένου συστήματος βασισμένο στη ΓΘΣ για να τονιστεί ότι η εφαρμογή και εκμετάλλευση τέτοιων πλαισίων σε μια πολύ εξειδικευμένη και στοχοθετημένη προσπάθεια μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό των ατομικών και πληθυσμιακών σχέσεων, εντός και εκτός του συστήματος.

##### 4.4.2 Σημερινή κατάσταση Υπηρεσιών Ψυχικής Υγειονομικής Φροντίδας

Στην πρόσφατη βιβλιογραφία εντοπίζεται μια έλλειψη ποιότητας, αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας στις υπηρεσίες ψυχικής υγείας [126]. Ενώ η ψυχική υγεία αναγνωρίζεται προοδευτικά ως παγκόσμια προτεραιότητα για την υγεία

<sup>6</sup> <http://www.ekepsy.gr/>

<sup>7</sup> [https://www.who.int/mental\\_health/maternal-child/child\\_adolescent/en/](https://www.who.int/mental_health/maternal-child/child_adolescent/en/)

αλλά και την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη, δεν έχουν ληφθεί υπόψη διάφορες πτυχές, συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικών, πολιτιστικών και ιατρικών κριτηρίων του πληθυσμού, όπως ερευνήθηκε στην περίπτωση του Ιαπωνικού λαού [127] και των νοτιοαφρικανικών πληθυσμών [128]. Όσον αφορά ειδικότερα στα παιδιά, για να είναι αποτελεσματική η παροχή της ψυχιατρικής περίθαλψης, θα πρέπει να προσεγγιστούν από την κοινότητα με εμπειριστατωμένα στοιχεία περίθαλψης και αποδοτικής χρήσης διεπαγγελματικών ομάδων [129], [130]. Επιπλέον, προηγουμένως ανεξερεύνητα στοιχεία όπως η περιβαλλοντική θερμοκρασία [131] και αστικής φύσεως προβλήματα που επηρεάζουν τις οικογένειες [132], θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη κατά την παροχή υπηρεσιών ψυχικής υγειονομικής περίθαλψης. Ως εκ τούτου, απαιτείται μια διεπιστημονική [133]–[135] και ταυτόχρονα τεκμηριωμένη προσέγγιση [136] στην παροχή υπηρεσιών από την απαρχή της εμφάνισης των προβλημάτων στην ψυχική υγεία, προκειμένου να συγκριθούν και να κατανοηθούν οι βασικοί μηχανισμοί της ψυχικής ευεξίας.

#### 4.4.3 Η ΓΘΣ και το Βιοψυχοκοινωνικό Μοντέλο στην Ψυχική Υγεία

Οι βάσεις της ΓΘΣ, ήρθαν πρόσφατα στο προσκήνιο [137] σε μια προσπάθεια επανεξέτασης της κατανόησης των διανοητικών διαδικασιών και της ψυχολογικής λειτουργίας μαζί με τα εννοιολογικά θεμέλια για μια ποικιλία ψυχολογικών δομών. Το πιο συνηθισμένο παράγωγο της ΓΘΣ είναι το ΒΨΚ μοντέλο, το οποίο αναφέρεται συνήθως στην ψυχική φροντίδα [138]–[140]. Ωστόσο, ένα κανονικό και λειτουργικό πλαίσιο βασισμένο στην ΓΘΣ δεν έχει παρουσιαστεί ακόμα στην προοπτική και διάθεση των ενδιαφερόμενων φορέων, όπως επισημαίνεται στη βιβλιογραφία [141], όπου αξιολογήθηκε η κλινική εφαρμογή του ΒΨΚ μοντέλου σε περιπτώσεις ασθενών με γναθοπροσωπικό πόνο. Παρόλο που τα στοιχεία και οι πληροφορίες, που θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν από όλους τους τρεις γενικούς τομείς του βιοψυχοκοινωνικού μοντέλου, μπορεί να μην είναι περιεκτικά σε σχέση με τα μεμονωμένα συστατικά του ίδιου μοντέλου, οι πολιτισμικές πτυχές και οι κοινωνικές προσδοκίες είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ψυχική υγεία. Η αξιολόγηση βάσει των στοιχείων αυτών και η αξιολόγηση σε πολλαπλά επίπεδα θεωρείται περισσότερο από αναγκαία.

#### 4.4.4 Η περίπτωση του ΕΚΕΨΥΕ

Το ΕΚΕΨΥΕ είναι Μονάδα Ψυχικής Υγείας του ευρύτερου Δημόσιου Τομέα, υπάγεται στο Υπουργείο Υγείας από το οποίο χρηματοδοτείται και έχει οχτώ Δομές Ψυχικής Υγείας πανελλαδικά. Η πλήρης ονομασία της υπηρεσίας που περιγράφεται είναι “*Μονάδα Παιδιών και Εφήβων της Δομής Ψυχικής Υγείας Αθήνας ΕΚΕΨΥΕ*”. Η Μονάδα βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας (Νοταρά) και εξυπηρετεί 3 από τις 7 δημοτικές κοινότητες του δήμου Αθηναίων (Εικόνα 29) και πιο συγκεκριμένα το 4ο, 5ο και 6ο δημοτικό διαμέρισμα, τα οποία έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



1. 4<sup>η</sup> Δημοτική Κοινότητα: Περιλαμβάνει τις Δ. συνοικίες (Κολωνός, Ακαδημία Πλάτωνος, Κολοκυνθού, Προφ. Δανιήλ, Σεπόλια, Νιρβάνα). Πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011: 85.629 (2001: 92.310).
2. 5<sup>η</sup> Δημοτική Κοινότητα: Περιλαμβάνει τις Β.Δ. συνοικίες από τα Κάτω Πατήσια μέχρι τον Προμπονά (Άγιος Ελευθέριος, Πατήσια, Ριζούπολη, Προμπονά). Πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011: 98.665 (2001: 105.539).
3. Περιλαμβάνει τις βόρειες κεντρικές συνοικίες (Πλατεία Αμερικής, Πλατεία Αττικής, Κυψέλη, Νέα Κυψέλη, Άνω Κυψέλη). Πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011: 130.582 (2001: 162.366)<sup>8</sup>

Επιπλέον, εξυπηρετεί και το Δήμο Γαλατσίου, αλλά την ίδια γεωγραφική περιοχή εξυπηρετεί και το Κοινοτικό Κέντρο Ψυχικής Υγείας Παιδιών και Εφήβων του Γ.Ν.ΣΩΤΗΡΙΑ (Πλ. Αττικής).

Αυτό σημαίνει ότι σύμφωνα με την απογραφή του 2011 συνολικά 314.876 κάτοικοι εξυπηρετούνται από ένα κέντρο σε επίπεδο πληθυσμού. Το ανθρώπινο δυναμικό του κέντρου αποτελείται από 13 άτομα στο σύνολο (2 διοικητικούς, 3 παιδοψυχιάτρους, 5 ψυχολόγους, 2 κοινωνικοί λειτουργοί, 1 λογοπεδικό) το οποίο θεωρείται επαρκές σύμφωνα με το τωρινό πλαίσιο λειτουργίας και χρηματοδοτείται από το Υπουργείο Υγείας.

Η λειτουργία του ΕΚΕΨΥΕ είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς οι προσφερόμενες υπηρεσίες σε παιδιά και εφήβους με ψυχικές και αναπτυξιακές διαταραχές και δυσκολίες ψυχοκοινωνικής λειτουργικότητας (όπως δυσλεξία, διαταραχές του φάσματος του αυτισμού, προβλήματα άγχους ή συμπεριφοράς) περιλαμβάνουν α)διαγνωστική αξιολόγηση(και ενδεχομένως αντίστοιχη γνωμάτευση για σχολική χρήση, πχ σε περιπτώσεις μαθησιακών δυσκολιών, είτε για ασφαλιστικό ταμείο, όταν υπάρχει ένδειξη ειδικών θεραπειών) και β)θεραπευτική αντιμετώπιση.

Σύμφωνα με τα στατιστικά του τελευταίου χρόνου και συγκεκριμένα για το διάστημα 10 Οκτωβρίου 2018 με 10 Οκτωβρίου 2019, το κέντρο είχε 445 νέα περιστατικά που καλύπτουν όλες τις ηλικίες (0-18 ετών). Ιδιαίτερα ζητήματα σχετικά με την όλη διαδικασία μπορεί να προκύψουν από υπο-ομάδες πληθυσμού λόγω διαφορετικής εθνικότητας και πολιτισμικής ταυτότητας (παραδείγματος χάριν συνεργασία με διερμηνείς σε παραπομπές παιδιών προσφύγων), αλλά σε γενικές γραμμές υπάρχει αντιπροσώπευση από όλες τις κοινωνικές ομάδες, επομένως το ΕΚΕΨΥΕ μπορεί να θεωρηθεί ως ένα γενικό σύστημα σε επίπεδο ασθενή το οποίο αλληλεπιδρά με το επίπεδο του πληθυσμού.

Η συνήθης διαδικασία που ακολουθείται με την εισαγωγή ενός νέου περιστατικού (μαζί με τους σχετικούς χρόνους) είναι η εξής:

1. Προσέλευση νέου περιστατικού: επικοινωνία και κλείσιμο συνάντησης για συνεδρία με κάποιον ειδικό στο ΕΚΕΨΥΕ (συνήθως σε διάστημα 1-3 εβδομάδων γίνεται η συνάντηση)

<sup>8</sup> <http://www.statistics.gr/el/demographic-data>

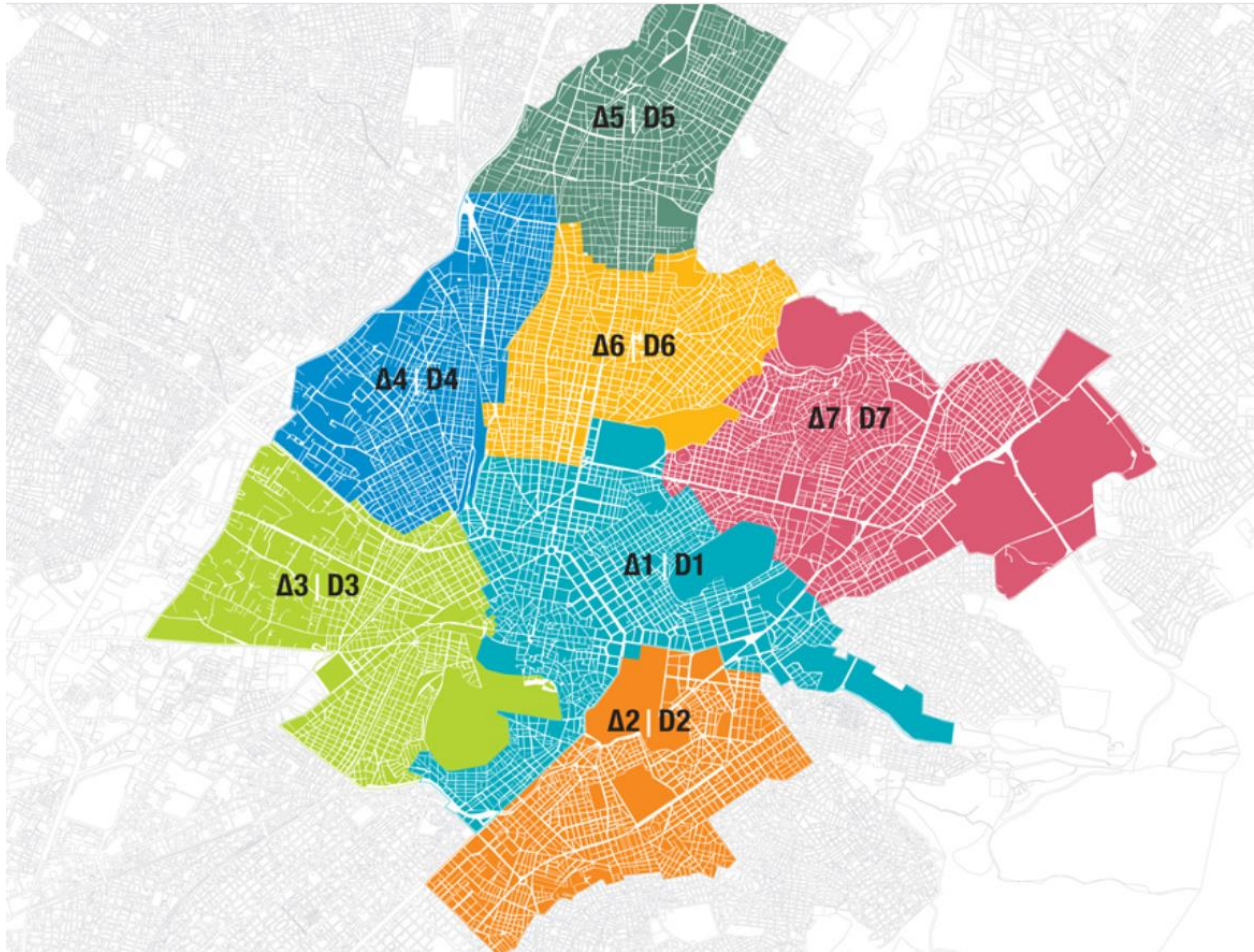
2. Στάδιο αξιολόγησης: στο στάδιο αυτό στο στάδιο αυτό εκτιμώνται οι μαθησιακές και αναπτυξιακές δυσκολίες, τα προβλήματα άγχους, συμπεριφοράς και κρίνεται αν θα προχωρήσει σε θεραπεία το παιδί ή ο έφηβος. Υπάρχει η περίπτωση το παιδί ή ο έφηβος να μην συνεχίσει ή να παραπεμφθεί σε εξωτερική υπηρεσία (υπάρχει ένα drop-out ποσοστό της τάξης του 2-5%). Στο στάδιο αυτό μπορεί να υπάρχει συνεννόηση και με άλλες ειδικότητες για επιπλέον συνεδρίες.
3. Στάδιο Θεραπείας: οι διάφορες ειδικότητες (αναλόγως του περιστατικού) μπορούν να πραγματοποιηθούν συνεδρίες για ψυχοθεραπεία, συμβουλευτική, λογοθεραπεία, πραγματοποιούνται συνεδρίες ανάλογα με το περιστατικό για 1 χρόνο σε εβδομαδιαία βάση (παιδοψυχίατρος) και 1 φορά ανά 15 ημέρες με συμβουλευτική, σε συνδυασμό πιθανώς με κάποια θεραπεία φαρμάκων. Οι συνεδρίες διαρκούν 45 λεπτά και γίνονται σε εβδομαδιαία βάση με μέσο όρο 40 συνεδρίες ανά εβδομάδα, μη λαμβάνοντας υπόψιν το χρόνο γνωμάτευσης.
4. Στάδιο Επαναξιολόγησης: στο τέλος του χρόνου θεραπείας γίνεται επανεκτίμηση της κατάστασης και το περιστατικό θεωρείται “κλειστό”. Συνήθως το 45-50% των περιπτώσεων έχει ολοκληρώσει τον κύκλο του στο τέλος του χρόνου.

#### Αναλυτικό παράδειγμα περιστατικού στο ΕΚΕΨΥΕ

Αναλύοντας την περίπτωση εισαγωγής νέου περιστατικού στο ΕΚΕΨΥΕ ακολουθείται ενδεικτικά η παρακάτω διαδικασία:

1. Η οικογένεια ενός παιδιού επικοινωνεί τηλεφωνικά με το ΕΚΕΨΥΕ. Κανονίζεται μια συνάντηση του παιδιού και των γονιών με έναν ειδικό σε διάστημα 1-3 εβδομάδων.
2. Στη συνάντηση ο ειδικός συζητάει με τους γονείς και το παιδί και καταλήγει σε μια διάγνωση σχετικά με το ενδεχόμενο ή όχι κάποιου θεραπευτικού σχήματος (με τον ίδιο ή και περισσότερους ειδικούς, αναλόγως του συμπεράσματος στο οποίο καταλήγει ο ειδικός μετά την πρώτη συνάντηση). Υπάρχει ενδεχόμενο να παραπεμφθεί επίσης το περιστατικό σε εξωτερική υπηρεσία
3. Εφόσον υπάρχει διάγνωση, ενημερώνεται το παιδί/ο έφηβος και οι γονείς του σε διάστημα 1-2 εβδομάδων σε αντίστοιχες συνεδρίες σχετικά με το πόρισμα. Εφόσον υπάρχει θετική απόφαση από πλευράς και των δυο μερών (γονέων και παιδιού), προχωράει σε θεραπευτικό πλαίσιο, αναλόγως του περιστατικού. Μπορούν να πραγματοποιηθούν συνεδρίες για ψυχοθεραπεία, συμβουλευτική ή/και με τον λογοπεδικό. Οι συνεδρίες που πραγματοποιούνται ανάλογα με το περιστατικό έχουν διάρκεια 1 χρόνου και γίνονται σε εβδομαδιαία βάση (παιδοψυχίατρος) και 1 φορά ανά 15 ημέρες με συμβουλευτική, σε συνδυασμό πιθανώς με κάποια θεραπεία φαρμάκων (εφόσον κριθεί απαραίτητο). Οι συνεδρίες διαρκούν 45 λεπτά και γίνονται σε εβδομαδιαία βάση με μέσο όρο 40 συνεδρίες ανά εβδομάδα (στο πλαίσιο εργασίας όλων των ειδικών του ΕΚΕΨΥΕ), μη λαμβάνοντας υπόψιν το χρόνο γνωμάτευσης.
4. Στο τέλος του χρόνου θεραπείας γίνεται επανεκτίμηση της κατάστασης (παρέχεται αντίστοιχη γνωμάτευση εφόσον ζητηθεί από τους γονείς) και το

περιστατικό θεωρείται “κλειστό”. Συνήθως το 45-50% των περιπτώσεων έχει ολοκληρώσει τον κύκλο του στο τέλος του χρόνου.



Εικόνα 29 Δημοτικά Διαμερίσματα Δήμου Αθηναίων<sup>9</sup>

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση που υπάρχουν πολλές εισαγωγές περιστατικών, ώστε να μην μπορεί το σύστημα του ΕΚΕΨΥΕ να ανταπεξέλθει. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα “επιβιώνει” μέσω εσωτερικών μηχανισμών αντιμετώπισης, περιορίζοντας τις θεραπευτικές ώρες (θεραπευτικό πλαίσιο) που προσφέρει (Εικόνα 30). Ο ακάλυπτος πληθυσμός εξυπηρετείται από ιδιώτες, αλλά έχει ιδιαίτερη σημασία αυτό, διότι το ΕΚΕΨΥΕ προσπαθεί να εξυπηρετήσει κυρίως οικογένειες με κριτήριο το οικονομικό πλαίσιο τους, οπότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα για τις οικογένειες να μην ακολουθήσουν κάποιο θεραπευτικό σχήμα, λόγω του κόστους του. Αυτό το χαρακτηριστικό προσαρμοστικότητας έχει κοινά χαρακτηριστικά με τα ζωντανά συστήματα, τα οποία “προσαρμόζονται σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο

<sup>9</sup> <http://modmov.ellet.gr/maps/#>

περιβάλλον και αντιμετωπίζουν καταστάσεις πίεσης ή καταπόνησης τόσο εντός όσο και εκτός” [142]. Αυτό χρησιμεύει ως έμπνευση για το μετασχηματισμό του ΕΚΕΨΥΕ σε ένα γενικευμένο σύστημα.

#### 4.4.5 Υπολογισμός πλαισίου ΓΘΣ για το ΕΚΕΨΥΕ

Αρχικά τα όρια του ΕΚΕΨΥΕ καθορίζονται από το δίκτυο των μονάδων του και των υπηρεσιών που προσφέρονται μέσω αυτών. Τα στοιχεία και οι σχέσεις (αλληλεπιδράσεις) του συστήματος καθώς και ο σκοπός τους ορίζονται ως εξής:

1. Τα αποθέματα περιλαμβάνουν τον πληθυσμό ενδιαφέροντος, τον πληθυσμό που έχει διαγνωσθεί, τον πληθυσμό που ακολουθεί μια θεραπεία και τον πληθυσμό ανοιχτού φακέλου.
2. Οι σχέσεις (ροές) περιλαμβάνουν τις συνεδριάσεις αξιολόγησης και τις συνεδριάσεις για το πλάνο θεραπείας
3. Οι σκοποί του συστήματος είναι (α) να αξιολογηθούν οι γνωστικές, γνωσιακές και ψυχικές λειτουργίες και ικανότητες του πληθυσμού και (β) να βγει μια γνωμάτευση (εφόσον είναι επιθυμητή και απαραίτητη) βάσει του (α).

Το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει τον ορισμό των καταστάσεων του συστήματος, καθώς και τα σχετικά χρονικά πλαίσια τους. Υπάρχουν φυσικά συνθήκες στατικών καταστάσεων που πρέπει να ληφθούν υπόψιν (για παράδειγμα όταν δεν υπάρχουν νέα περιστατικά ή όταν έχει καταργηθεί ως φορέας το ΕΚΕΨΥΕ) αλλά θεωρούνται αρκετά απίθανες περιπτώσεις, δεδομένης της τωρινής κατάστασης λειτουργίας του οργανισμού. Οι αντίστοιχες καταστάσεις λοιπόν περιγράφονται ως εξής:

- Ρυθμός νέων περιστατικών: νέα περιστατικά + 50% από προηγούμενα περιστατικά
- Ρυθμός αξιολόγησης: 40 συνεδρίες ανά εβδομάδα
- Ρυθμός διαγνωστικού και θεραπευτικού πλαισίου: 25-30% των περιστατικών ανά εβδομάδα
- Ρυθμός επαναξιολόγησης: ~45-50% αριθμός επαναξιολογήσεων ανά χρόνο

Βάσει της πληροφορίας που μας παρέχουν οι παραπάνω σχέσεις, μπορούμε να κατασκευάσουμε τον παρακάτω πίνακα καταστάσεων των πληθυσμών του ΕΚΕΨΥΕ για ένα σχετικό χρονικό πλαίσιο (ο χρόνος στην περίπτωση μας προκύπτει από τις μέχρι τώρα πληροφορίες που διαθέτουμε και ορίζεται σε μονάδες εβδομάδων).

Οι προκύπτουσες πέντε εξισώσεις παρέχουν μια πρωτόλεια λογικο-μαθηματική μορφή του ΕΚΕΨΥΕ ως γενικευμένο σύστημα. Οι λύσεις των εξισώσεων για ένα συγκεκριμένο χρόνο, δείχνουν την σταθερότητα ή τη σταθερή κατάσταση που επιτρέπει στο ΕΚΕΨΥΕ να συνεχίσει τη λειτουργία του κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η διαγραμματική αναπαράσταση των εξισώσεων απεικονίζεται στην Εικόνα 30.

Πίνακας 5 Εξισώσεις Κατάστασης Γενικευμένου Συστήματος ΕΚΕΨΥΕ

$S_{y_0}^{P_i} = \frac{1}{2} S_{y_{52}}^{P_{oc}}$	(1)
$S_{t_n}^{P_i} = 0.98 NC(t_n) + S_{t_{n-1}}^{P_i}$	(2)
$S_{t_n}^{P_d} = 0.98 (S_{t_{n-1}}^{P_d} + 0.3 S_{t_{n+d_1}}^{P_i})$	(3)
$S_{t_n}^{P_{tr}} = S_{t_{n-1}}^{P_{tr}} + 0.3 S_{t_{n+d_2}}^{P_d}$	(4)
$S_{t_n}^{P_{oc}} = 0.7 S_{t_n}^{P_i} + \frac{1}{2} S_{t_{n+d_3}}^{P_{tr}}$	(5)

Πίνακας 6 Ονοματολογία για τον Πίνακα 5

Μεταβλητή	Περιγραφή	Μονάδες
$y_0$	αρχή τωρινού χρονικού πλαισίου	εβδομάδα
$y_{52}$	τέλος προηγούμενου χρονικού πλαισίου	εβδομάδα
$t_n$ , όπου $n = [1,51]$	τρέχον χρονικό πλαίσιο	εβδομάδα
$t_{n-1}$	χρονικό πλαίσιο προηγούμενης κατάστασης	εβδομάδα
$NC(t_n)$	αριθμός νέων περιστατικών για δεδομένο χρονικό πλαίσιο	θετικός ακέραιος
$P_x$ , όπου $x = \{i, d, tr, oc\}$	πληθυσμοί ενδιαφέροντος, διαγνωσμένοι, σε θεραπεία και ανοιχτού φακέλου	θετικός ακέραιος
$S_{t_n}^{P_x}$ , όπου $x = \{i, d, tr, oc\}$	κατάσταση πληθυσμού για ένα χρονικό πλαίσιο	θετικός ακέραιος
$d_1 = \{2,3,4\}$	χρονικό πλαίσιο μετάβασης για $P_i \rightarrow P_d$	εβδομάδα
$d_2 = \{1,2\}$	χρονικό πλαίσιο μετάβασης για $P_d \rightarrow P_{tr}$	εβδομάδα
$d_3 \leq 52$	χρονικό πλαίσιο μετάβασης για $P_{tr} \rightarrow P_{oc}$	εβδομάδα

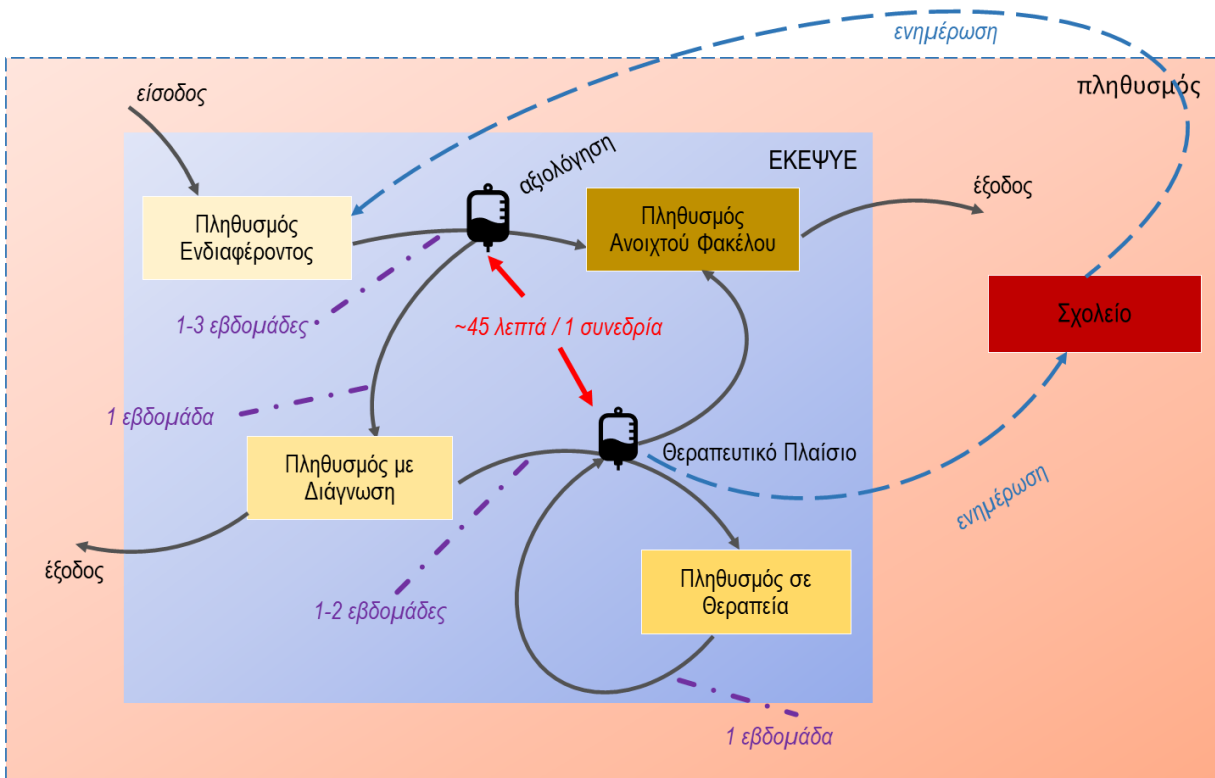
Πιο αναλυτικά:

- Η εξίσωση (1) δείχνει την αρχική κατάσταση του πληθυσμού ενδιαφέροντος ( $P_i$ ) στην αρχή ενός νέου χρονικού πλαισίου ( $y_0$ ) που περιλαμβάνει το 50% του πληθυσμού ανοιχτού φακέλου ( $P_{oc}$ ) της προηγούμενης ολοκληρώμενης περιόδου ( $y_{52}$ )

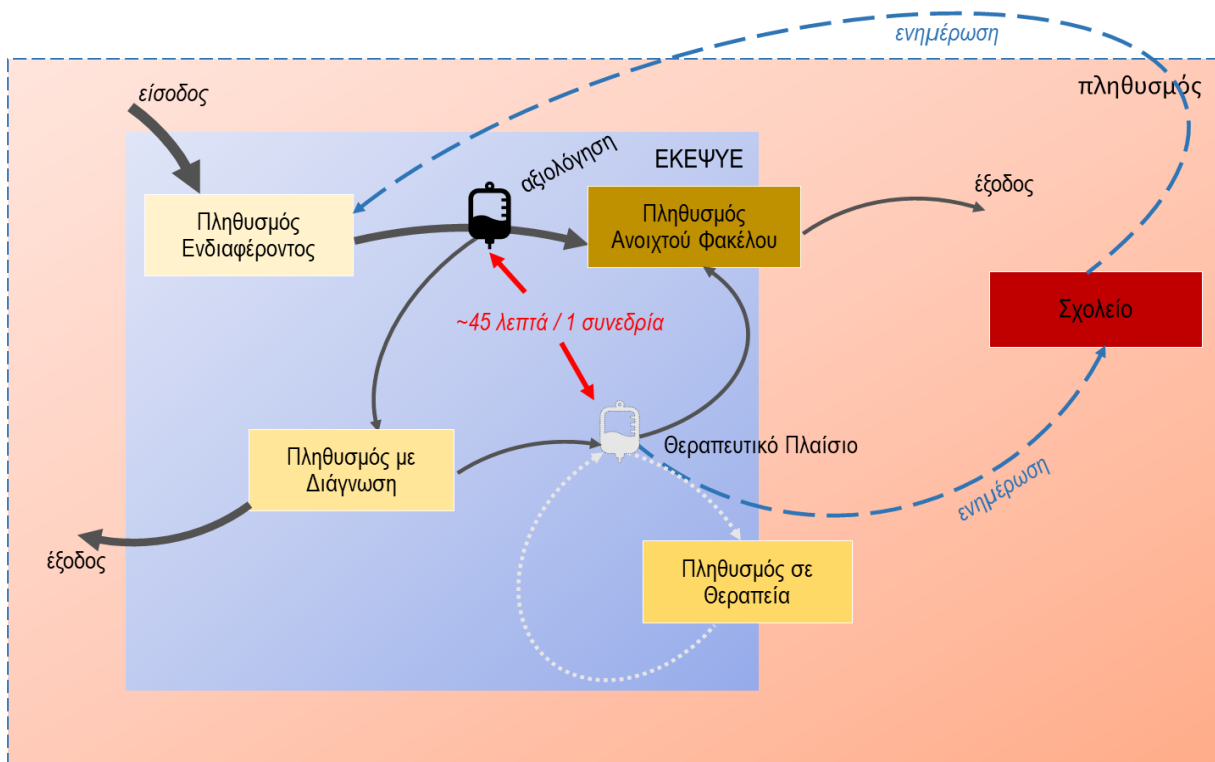
- Η εξίσωση (2) δείχνει την κατάσταση ( $S_{t_n}^{Pi}$ ) του πληθυσμού ενδιαφέροντος ( $P_i$ ) σε ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο ( $t_n$ ). Αυτή η κατάσταση αποτελείται από τα νέα περιστατικά ( $NC$ ), λαμβάνοντας υπόψιν ένα drop-out ποσοστό (ενδεικτικά εδώ έχει οριστεί το 2%).
- Η εξίσωση (3) δείχνει την κατάσταση του διαγνωσμένου πληθυσμού ( $S_{t_n}^{Pd}$ ) και πως αλλάζει στη διάρκεια του παρόντος χρονικού πλαισίου, όπου έχει δηλαδή το 30% των διαγνωσμένων νέων περιπτώσεων ( $S_{t_{n+d_1}}^{Pi}$ ) μαζί με τις περιπτώσεις της προηγούμενης εβδομάδας ( $S_{t_{n-1}}^{Pd}$ ). Αντίστοιχα ένα ενδεικτικό drop-out ποσοστό της τάξης του 2% έχει οριστεί και εδώ.
- Η εξίσωση (4) δείχνει την κατάσταση του πληθυσμού σε θεραπεία για το τρέχον χρονικό πλαίσιο ( $S_{t_n}^{Ptr}$ ). Υπάρχει αντίστοιχη λογική με την εξίσωση (3), καθώς το 30% των νέων περιπτώσεων πληθυσμού που ξεκινάει θεραπεία ( $S_{t_{n+d_2}}^{Pd}$ ) προσαυξάνει τον υπό θεραπεία πληθυσμό της προηγούμενης εβδομάδας ( $S_{t_{n-1}}^{Ptr}$ ).
- Η τελευταία εξίσωση (5) δείχνει την κατάσταση του πληθυσμού ανοιχτού φακέλου ( $S_{t_n}^{Poc}$ ). Περιλαμβάνει το 70% του μη διαγνωσμένου πληθυσμού ( $S_{t_n}^{Pi}$ ) και το 50% αυτών που έχουν τελειώσει το πλάνο θεραπείας τους ( $S_{t_{n+d_3}}^{Ptr}$ ).

Το μπλε ορθογώνιο αντιπροσωπεύει το σύστημα του ΕΚΕΨΥΕ σε επίπεδο ασθενούς, ενώ το κόκκινο δείχνει το σύστημα του πληθυσμού (στην περίπτωσή μας τις τρεις περιοχές). Περιγράφεται επίσης ένα ενδεικτικό σύστημα πληθυσμιακού επιπέδου (σχολείο). Τα βέλη δείχνουν κίνηση από τη μια κατάσταση στην άλλη (δηλαδή όταν ένας συγκεκριμένος ασθενής μετακινείται από έναν πληθυσμό στον άλλο μέσα στο ίδιο σύστημα), μαζί με τους αντίστοιχους χρόνους (μοβ διακεκομμένες γραμμές). Αυτό είναι επίσης σύμφωνο με το ενδεικτικό παράδειγμα που παρουσιάζεται στην Ενότητα 4.4.2.

Η Εικόνα 31 δείχνει το πλαίσιο λειτουργίας του ΕΚΕΨΥΕ υπό καταπόνηση, όταν έχει δηλαδή πάρα πολλά εισερχόμενα. Τα βέλη δείχνουν την ποσότητα κίνησης σε κάθε στάδιο / κατάσταση. Σε αυτή την περίπτωση, το πλαίσιο θεραπείας μειώνεται (αχνό φωτισμένο χρώμα) καθώς το ΕΚΕΨΥΕ δεν παρέχει θεραπεία σε όλες τις περιπτώσεις που έχουν διαγνωστεί. Ως εκ τούτου, ένα μειωμένο ποσοστό του πληθυσμού που βρίσκεται υπό θεραπεία παραμένει εντός των ορίων του συστήματος του ΕΚΕΨΥΕ, ενώ το υπόλοιπο βασίζεται σε εξωτερικές, ιδιωτικές υπηρεσίες. Το ενημερωτικό πλαίσιο μπορεί να κοινοποιηθεί μετά την έγκριση γονέων (μπλε διακεκομμένα βέλη).



Εικόνα 30 Φυσιολογική Λειτουργία Συστήματος ΕΚΕΨΥΕ



Εικόνα 31 Λειτουργία Συστήματος ΕΚΕΨΥΕ σε ακραία συνθήκη εισαγωγής περιστατικών

#### 4.4.6 Συζήτηση Περίπτωσης

Οι προσβάσιμες και τεκμηριωμένες προσεγγίσεις σε μια πολυεπίπεδη προοπτική πρέπει να ενσωματωθούν στην πρόληψη της ψυχικής υγείας, αντιμετωπίζοντας παράλληλα τους κινδύνους σε πρώιμες παρεμβάσεις. Τα ανοικτά συστήματα είναι δύσκολο να καθιερωθούν και να περιγραφούν εκ των πραγμάτων λόγω της έλλειψης απόλυτων κριτηρίων που καθορίζουν τις ακριβείς καταστάσεις τους. Οι δυσκολίες δεν οφείλονται μόνο στην πολυπλοκότητα των φαινομένων αλλά και στον ορισμό των υπό εξέταση οντοτήτων τους.

Αυτό σημαίνει ότι η προσέγγιση που παρουσιάστηκε έχει τους περιορισμούς της. Μπορεί να μην έχουν συμπεριληφθεί όλες οι πιθανές παράμετροι που επηρεάζουν τις καταστάσεις κάθε πληθυσμού και οι εσωτερικοί μηχανισμοί του ΕΚΕΨΥΕ να μην έχουν αναλυθεί πλήρως. Οι προοπτικές και οι διαχρονικές μελέτες του ΕΚΕΨΥΕ μπορούν να παρέχουν πρόσθετη εικόνα των ποσοτικών και ποιοτικών μηχανισμών δράσης όσον αφορά τόσο τους ασθενείς όσο και το προσωπικό του κέντρου. Επιπλέον, λόγω των περιορισμών του Κανονισμού Γενικής Προστασίας Δεδομένων (GDPR), οι πληροφορίες που σχετίζονται με ευαίσθητους πληθυσμούς όπως αυτούς που περιγράφονται εδώ, δεν θα μπορούσαν να παρουσιαστούν λεπτομερώς.

Ωστόσο, είναι πρόθεση του συγγραφέα να χρησιμοποιηθούν τέτοιες προσεγγίσεις και εργαλεία στο πλαίσιο του συστήματος του ΕΚΕΨΥΕ, επιτρέποντάς του να αντιμετωπίσει τους υπάρχοντες περιορισμούς και να ενισχύσει περαιτέρω μέσω μιας πολυμεταβλητής ανάλυσης των υπηρεσιών του την εφαρμογή ενός αντίστοιχου πλαισίου ΓΘΣ. Αυτό περιλαμβάνει μια περαιτέρω ενσωμάτωση αναλύσεων (μεγάλων) δεδομένων και μοντέλων προσομοίωσης στα κέντρα παροχής υπηρεσιών ψυχικής υγείας, προκειμένου να προσφερθούν προσεγγίσεις βασισμένες σε αποδεικτικά στοιχεία στο μικρο-και μεσο-επίπεδο. Προτείνεται επίσης να ληφθούν υπόψη αλληλεπιδράσεις μακροοικονομικού επιπέδου (π.χ. νομοθετικά και οικονομικά πλαίσια) με άμεση αναφορά στο περιβάλλον, όπως αυτό ορίζεται από οποιονδήποτε παρατηρητή στο σύστημα.

Πρακτικά πλαίσια, όπως αυτά που παρουσιάστηκαν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν τους ερευνητές ψυχικής υγείας για την ενσωμάτωση κλινικών δεδομένων με πολιτιστικά, κοινωνικά και άλλα είδη ασθενών, πληθυσμού και εθνικών δεδομένων. Η έγκαιρη αναγνώριση των κινδύνων μπορεί να δημιουργήσει ικανότητες και οικονομικά αποδοτικές λύσεις για τις λειτουργίες των κέντρων υγειονομικής περίθαλψης και παράλληλα να συμβάλει σημαντικά στον τομέα της έρευνας για την ψυχική υγεία.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έχουν δώσει μια λεπτομερή προσέγγιση ενός πλαισίου ΓΘΣ σε ένα κέντρο ψυχικής υγείας. Αν και η ΓΘΣ μπορεί να είναι μια προκλητική προσέγγιση που απαιτεί διαφορετικά εργαλεία από διάφορες επιστήμες (συμπεριλαμβανομένων των βιολογικών, κοινωνικών και μαθηματικών επιστημών), περιλαμβάνει τη ρητή χρήση της θεωρίας και των μοντέλων και κυρίως της γενίκευσης. Αυτό είναι το πιο δύσκολο και ενδιαφέρον έργο σε οποιαδήποτε



επιστήμη ή πεδίο γνώσης. Συνολικά, η γενική προσαρμογή αυτών των προσεγγίσεων είναι ενθαρρυντική. Η περίπτωση του ΕΚΕΨΥΕ που παρουσιάστηκε δίνει έμφαση στις πληθυσμιακές πτυχές τέτοιων συστημάτων σε ένα χρονικό πλαίσιο. Αν και υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί σε ορισμένες πτυχές, η πλειοψηφία των συγκεκριμένων οντοτήτων του συστήματος περιγράφηκε ικανοποιητικά στο πλαίσιο των νέων κατευθυντήριων γραμμών που ορίστηκαν από τη ΓΘΣ. Ως εκ τούτου, προτείνεται η εφαρμογή νέων αρχών εξήγησης μέσω της διάδοσης εργαλείων που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και μεθόδους που βασίζονται σε δεδομένα. Θα ήταν επωφελές να συμπεριληφθούν προσομοιώσεις ή διαδικασίες των επιπλέον διαδικασιών, καθώς και γεγονότα που σχετίζονται με τα πλαίσια αξιολόγησης και θεραπείας στην ψυχική υγεία, ώστε να αυξηθεί η συνολική ευαισθητοποίηση, ενημέρωση και συμπερίληψη των προοπτικών μεσοπρόθεσμου και μακροοικονομικού επιπέδου.

Το συμπέρασμα που πρέπει να συναχθεί από τα παραπάνω είναι ότι συστήματα τέτοιας φύσεως (δηλαδή συστήματα ψυχικής υγείας, σχολεία ή φορείς) πρέπει να επικεντρώνονται και να ανταγωνίζονται για το χρόνο και την ενέργεια των μεμονωμένων ασθενών, ιδίως όταν ανήκουν σε ευαίσθητες υποομάδες, όπως τα παιδιά και οι έφηβοι. Η διατήρηση του τρόπου ζωής τους εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ αυτών των συστημάτων. Η κουλτούρα, η κοινωνική και η προσωπική αλλαγή συμβαίνουν μέσα από μικρές παραλλαγές σε ένα ή περισσότερα συστήματα που αναπτύσσονται, μετατοπίζονται ή ενισχύονται και εξελίσσονται σε διαφορετικό επίπεδο. Η στρατηγική της προσέγγισης της ΓΘΣ είναι συνεπώς να ενσωματώσει κάθε σύστημα και να το μελετήσει ως φορέα μιας χρονικής κατάστασης. Ο τελικός στόχος είναι η ανασυγκρότηση σε πραγματικό χρόνο του συνόλου των αλληλεπιδράσεων συστημάτων για να περιγραφούν οι διαδικασίες με τις οποίες οι αλλαγές σε ένα πεδίο δραστηριότητας (υποσύστημα) ενίοτε ενεργούν για την προώθηση αλλαγών σε άλλα πεδία (υποσυστήματα) και με τη σειρά τους ενεργούν στο αρχικό υποσύστημα σε ένα περιβάλλον πολλαπλών συστημάτων.

---

*“Περισσότεροι ίσως κι απ’ τους μισούς ήξεραν να διαβάζουν και να γράφουν. Σε ποιο άλλο μέρος της Ρωσίας όπου ξέρετε να υπάρχουν μεγάλες λαϊκές μάζες, μπορείτε να ξεδιαλέξετε διακόσους πενήντα ανθρώπους που οι μισοί να ξέρουν γράμματα; Άκουσα αργότερα πως από παρόμοια δεδομένα, άρχισε κάποιος να βγάζει το συμπέρασμα πως η μόρφωση καταστρέφει το λαό.”*

*Αναμνήσεις από το Σπίτι των Πεθαμένων,  
Fyodor Dostoevsky*

---

## Κεφάλαιο 5 Εφαρμογή και Υλοποίηση Γενικευμένου Μοντέλου Προσομοίωσης

### 5.1 Εισαγωγή

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση και η ανάλυση μιας μη συμβατικής προσέγγισης των παραπάνω καταστάσεων μέσω μιας λύσεως βασισμένης στη γενικευμένη θεωρία συστημάτων. Τα στοιχεία που έχουν παρουσιαστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελούν εφελκυστικό για την υλοποίηση ενός εργαλείου με χρήση προσεγγίσεων από διάφορους τομείς με σκοπό τη χρησιμοποίηση “έξυπνων” και μικρών συνόλων δεδομένων από διάφορες περιπτώσεις, ώστε να επιτρέπουν τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης και παρακολούθησης τόσο του μικρο-, μέσο- και μακρο-επιπέδου των προβλημάτων που σχετίζονται με το ακουστικό (και όχι μόνο) σύστημα του ανθρώπου.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται ενδεικτικά στοιχεία από διαφορετικές πηγές που προέρχονται από το μικρο-επίπεδο (στοιχεία Περιφερειακής Ενότητας στην Ελλάδα), το μέσο-επίπεδο (στοιχεία δημοτικού διαμερίσματος στη Βουλγαρία) και το μακρο-επίπεδο (στοιχεία που αφορούν την χώρα της Πολωνίας), λαμβάνοντας υπόψιν πολλαπλούς παράγοντες επίδρασης στα εκάστοτε συστήματα. Τα στοιχεία αυτά προσεγγίζονται και συνδέονται στη συνέχεια με στοιχεία γραμμικού προγραμματισμού (προσέγγιση παραμέτρων μέσα από γενικευμένες εξισώσεις), οικονομετρικής θεωρίας, δυναμικής συστημάτων και συστημικής προσέγγισης, αλλά και μικρο-προσομοίωσης και πρόβλεψης βασισμένων στα παραπάνω δεδομένα.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται αφορά στην μετατροπή των στοιχείων από τις διάφορες πηγές σε γενικευμένα συστήματα, στον προσδιορισμό των επιμέρους πληροφοριών και παραγόντων που επιδρούν στο κάθε σύστημα και στην ενσωμάτωση των ανωτέρω στοιχείων σε ένα σύστημα αλληλεπίδρασης παραγόντων που βασίζεται στη ΓΘΣ. Σημειώνεται ότι η υλοποίηση της εφαρμογής που βασίζεται στις παραπάνω προσεγγίσεις, έχει κάποια σημεία τα οποία βασίζονται σε λογικές παραδοχές και όχι σε υπάρχοντα δεδομένα, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην έλλειψη αντίστοιχων μελετών και συγκέντρωσης στοιχείων σε ένα πολύ-επίπεδο πλαίσιο για την ακουστική υγεία σε βάθος χρονικού ορίζοντα.

Το σκεπτικό πίσω από αυτήν την προσέγγιση αφορά:

1. στην αντιμετώπιση αδυναμιών όπως:
  - i. περιορισμοί στη συγκέντρωση δεδομένων που αφορούν την ακουστική υγεία, για παράδειγμα ακουστικά περιβάλλοντα, προκαταλήψεις πληθυσμού
  - ii. περιορισμένη ικανότητα αλληλεπίδρασης με εργαλεία και βάσεις δεδομένων ακουστικής υγείας
  - iii. έλλειψη οικονομικής ανάλυσης παραμέτρων που αφορούν την ακουστική υγεία

2. στην δημιουργία ευκαιριών για:
  - i. αναγνώριση παραγόντων που επηρεάζουν την ακουστική υγεία
  - ii. επιρροή δημόσιων και κυβερνητικών φορέων σχετικά με την άσκηση πολιτικών και στρατηγικών υγείας στο χώρο της ακουστικής
  - iii. ενημέρωση και ανανέωση οδηγιών και κανονισμών για τις συνθήκες εργασίας και εργασιακού περιβάλλοντος
  - iv. επέκταση σε υπο-ομάδες πληθυσμού που έχουν περισσότερες ανάγκες
  - v. προέκταση εφαρμογής δεδομένων σε σενάρια που αφορούν άλλες χώρες
  - vi. ελαχιστοποίηση του κόστους για την εξειδικευμένη και χρονοβόρα παραγωγή πολύπλοκων/δύσχρηστων εργαλείων για την ακουστική υγεία

Πριν την παρουσίαση της εφαρμογής, θεωρήθηκε σκόπιμο να γίνει μια επιπλέον έρευνα σχετικά με εφαρμογές που βασίζονται στη συστημική σκέψη (παράγωγο της ΓΘΣ) στο χώρο της υγείας αλλά και σε άλλους χώρους, ώστε να ενσωματωθούν όσο το δυνατόν περισσότερα παραδείγματα παρόμοιας προσέγγισης καταστάσεων.

## 5.2 Ενδεικτικά Παραδείγματα Εφαρμογών ΓΘΣ σε άλλους χώρους

Πρόσφατα έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες δημιουργίας συστημάτων λήψης απόφασης (decision support systems), ειδικά στο χώρο της γεωργίας [143] και της βιομηχανίας παραγωγής τροφίμων [144], όπου προτάθηκε μια ιδέα που βασίζεται στη συστημική σκέψη (η συστημική σκέψη [145], [146] είναι παράγωγο της ΓΘΣ [147] και προκύπτει από την παρατήρηση ότι όλες οι παρατηρήσεις σχετίζονται με τα συστήματα) για την αξιολόγηση βιολογικών συστημάτων όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις οικονομικές δυνατότητες (Εικόνα 32).

Ο χώρος της πρόληψης ατυχημάτων και εξήγησης παραγόντων που συνδέονται με αυτά αποτελεί ένα επιπλέον πεδίο θεωρητικής προσέγγισης της συστημικής σκέψης [148]–[151]. Ενδεικτικά αναφέρεται η μελέτη [149], η οποία ασχολήθηκε με την εξήγηση των παραγόντων σε ένα εργατικό ατύχημα με έκρηξη αγωγών αερίου στην Ταιβάν. Η συγκεκριμένη μελέτη μεταμόρφωσε πρώτα εξακριβωμένες και χρήσιμες πληροφορίες σε περιγραφές κειμένων και δημιούργησε ένα θεμελιώδες δομικό μοντέλο που χρησιμοποίησε ως βάση για την εγκυρότητα της μελέτης. Χρησιμοποιώντας τη διάσπαση του θεμελιωτικού δομικού μοντέλου και χρησιμοποιώντας έννοιες συστημικής σκέψης, δημιουργήθηκαν αιτιώδεις βρόχοι (causal loops) τριών υποσυστημάτων: της παραγωγής, της ασφάλειας και του ελέγχου των αγωγών. Αυτοί οι βρόχοι στη συνέχεια συνδυάστηκαν στον αιτιώδη βρόχο ενός πολύπλοκου συστήματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 34. Η καταστροφή έκρηξης αερίου του αγωγού Kaohsiung ήταν η αλυσιδωτή αντίδραση και η έξοδος του πολύπλοκου αυτού συστήματος.

Στο χώρο της δημόσια πολιτικής, στο ευρωπαϊκό έργο SENSE4US<sup>10</sup> (GA 611242) δημιουργήθηκε ένα σύστημα λήψης απόφασης με στοιχεία συστημικής σκέψης, αιτιατών βρόχων και σεναρίων προσομοίωσης για τη δημόσια πολιτική [152]. Στο χώρο

<sup>10</sup> <http://www.sense4us.eu/>

της υγείας έγιναν προσπάθειες ενσωμάτωσης της συστημικής σκέψης στην ιατρική εκπαίδευση και ασφάλεια [153]–[156] αλλά και στην κατανόηση της συμμόρφωσης με τα φάρμακα του διαβήτη [157] (Εικόνα 35), στην οφθαλμολογία [158] και στην πρόληψη της παχυσαρκίας [159]. Οι προσεγγίσεις αυτές αναγνωρίζουν τη δυσκολία των ποικίλων παρεμβάσεων στο χώρο της υγείας τόσο λόγω της έλλειψης δεδομένων σχετικά με το κόστος και τα αποτελέσματα τους, αλλά και λόγω των διαφόρων παραλλαγών στην καθημερινή πράξη. Στο χώρο της ακουστικής υγείας και της ακοής γενικότερα, όπως και στην περίπτωση της ΓΘΣ (Κεφάλαιο 2), δεν υπάρχουν αντίστοιχες προσεγγίσεις, ειδικότερα σε ένα θέμα όπως αυτό του καθολικού νεογνικού ελέγχου ακοής.

Η φύση και τα πλαίσια λειτουργίας των παραπάνω περιπτώσεων, καθώς και οι υποδομές του πλαισίου δεδομένων υπό το οποίο λειτουργούν οι σημερινοί οργανισμοί, αποτελούν εφιαλτήριο για τη δημιουργία μιας εφαρμογής η οποία θα συνδυάζει “έξυπνα” δεδομένα σε έναν οριζόμενο από το χρήστη χρονικό ορίζοντα, κάτω από τις αρχές που διέπουν τη ΓΘΣ και τη συστημική σκέψη. Αξίζει να σημειωθεί ότι εμπορικές εφαρμογές που υποστηρίζουν τη συστημική σκέψη υπάρχουν (ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω: STELLA<sup>11</sup>, AnyLogic<sup>12</sup> Simulation Software, Insight Maker<sup>13</sup> και Kumu<sup>14</sup>). Τα παραπάνω εργαλεία όμως απαιτούν (α) εξειδικευμένους χρήστες για τη σχεδίαση και τη διαμόρφωση/προσαρμογή τους (β) υψηλό κόστος για την άδεια χρήσης τους. Για αυτό το λόγο, θεωρήθηκε προτιμότερο να σχεδιαστεί μια εφαρμογή σε Visual Basic for Application (VBA) πάνω σε εργαλεία που χρησιμοποιούν ήδη οι χρήστες σε διάφορους χώρους υγείας και συγκεκριμένα στο Microsoft® Excel®.

Η χρήση της εφαρμογής είναι ενδεικτική για τα παραδείγματα που έχουν αναλυθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Ειδικότερα, ενσωματώνοντας στοιχεία από το πλαίσιο λειτουργίας του ΕΚΕΨΥΕ στο παράδειγμα του νεογνικού ελέγχου στην περίπτωση της εισαγωγής ενός αντίστοιχου προγράμματος στην Περιφερειακή Ενότητα Λέσβου για την μελλοντική εκτίμηση της παρακολούθησης του πληθυσμού αυτού, η εφαρμογή αποσκοπεί στην ενσωμάτωση όσων το δυνατόν περισσότερων παραμέτρων στην υλοποίηση και προσομοίωση σεναρίων που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση των μερών ενός συστήματος παρακολούθησης, με στοιχεία από το μεσο- και μακρο-επίπεδο. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι η εφαρμογή δεν αποτελεί στην παρούσα της μορφή ένα σύστημα λήψης αποφάσεων, αλλά ένα εργαλείο προσομοίωσης αλληλεπίδρασης παραγόντων σε χρονικά πλαίσια, σύμφωνα με τις αργές της ΓΘΣ.

Σε δεύτερο επίπεδο, τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως άξονας για τη δημιουργία μιας αντίστοιχης προσέγγισης στην Ελλάδα και στην αξιοποίησή τους από κλινικούς και κρατικούς φορείς.

---

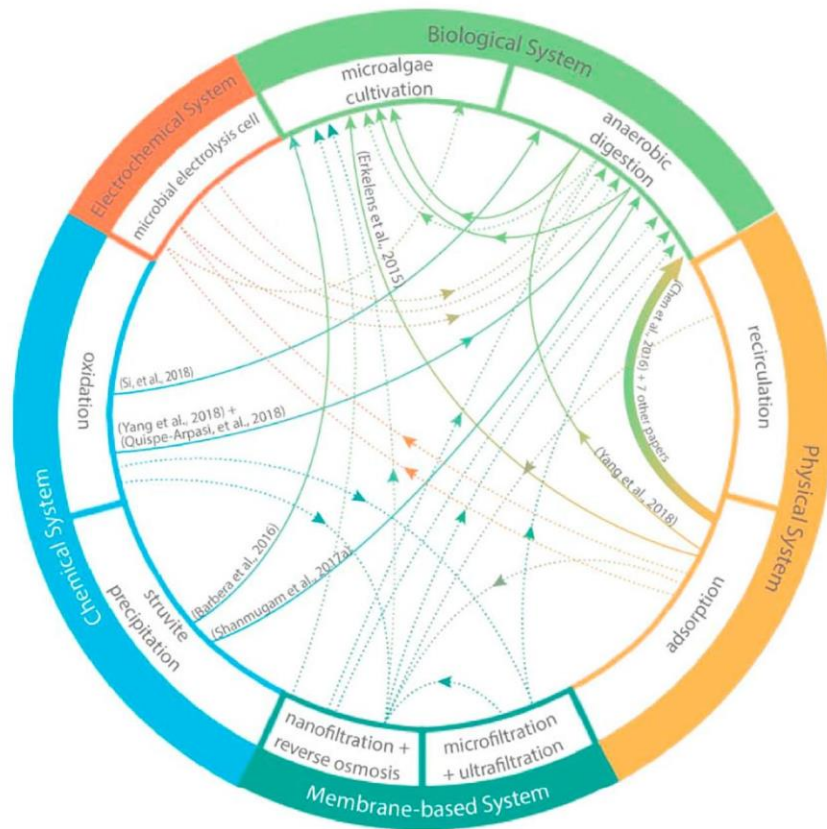
<sup>11</sup> <https://www.iseesystems.com/store/products/stella-online.aspx>

<sup>12</sup> <https://www.anylogic.com/>

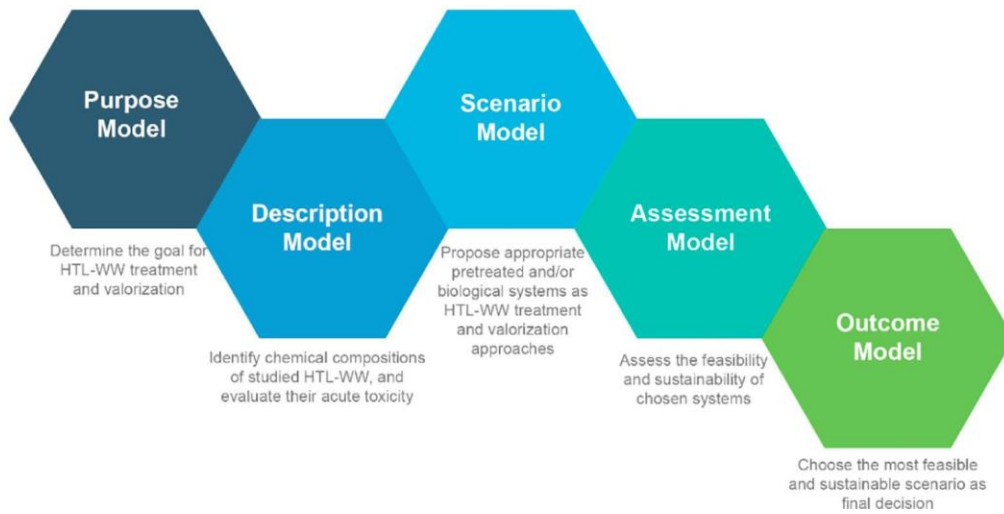
<sup>13</sup> <https://insightmaker.com>

<sup>14</sup> <https://kumu.io/>

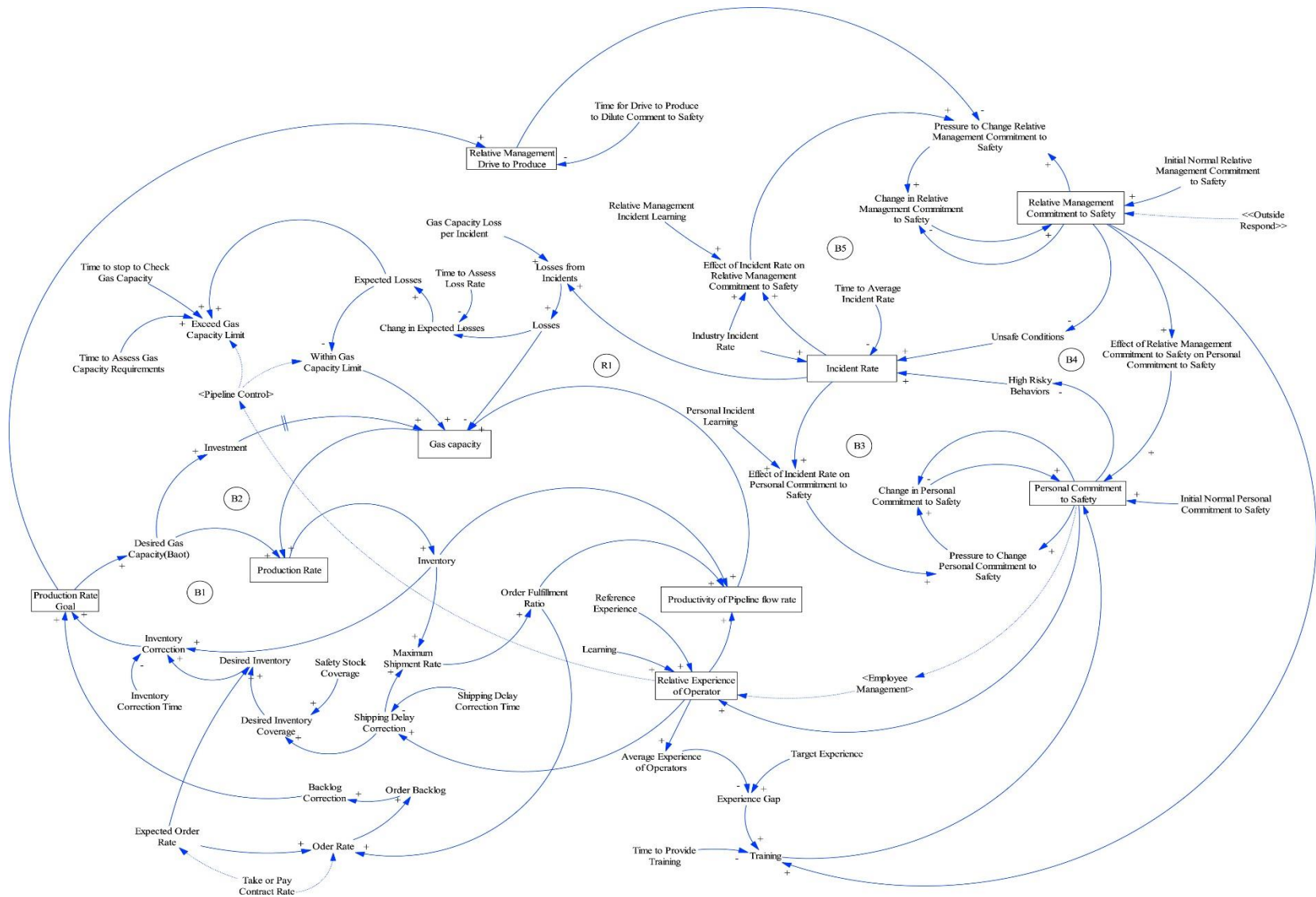
A



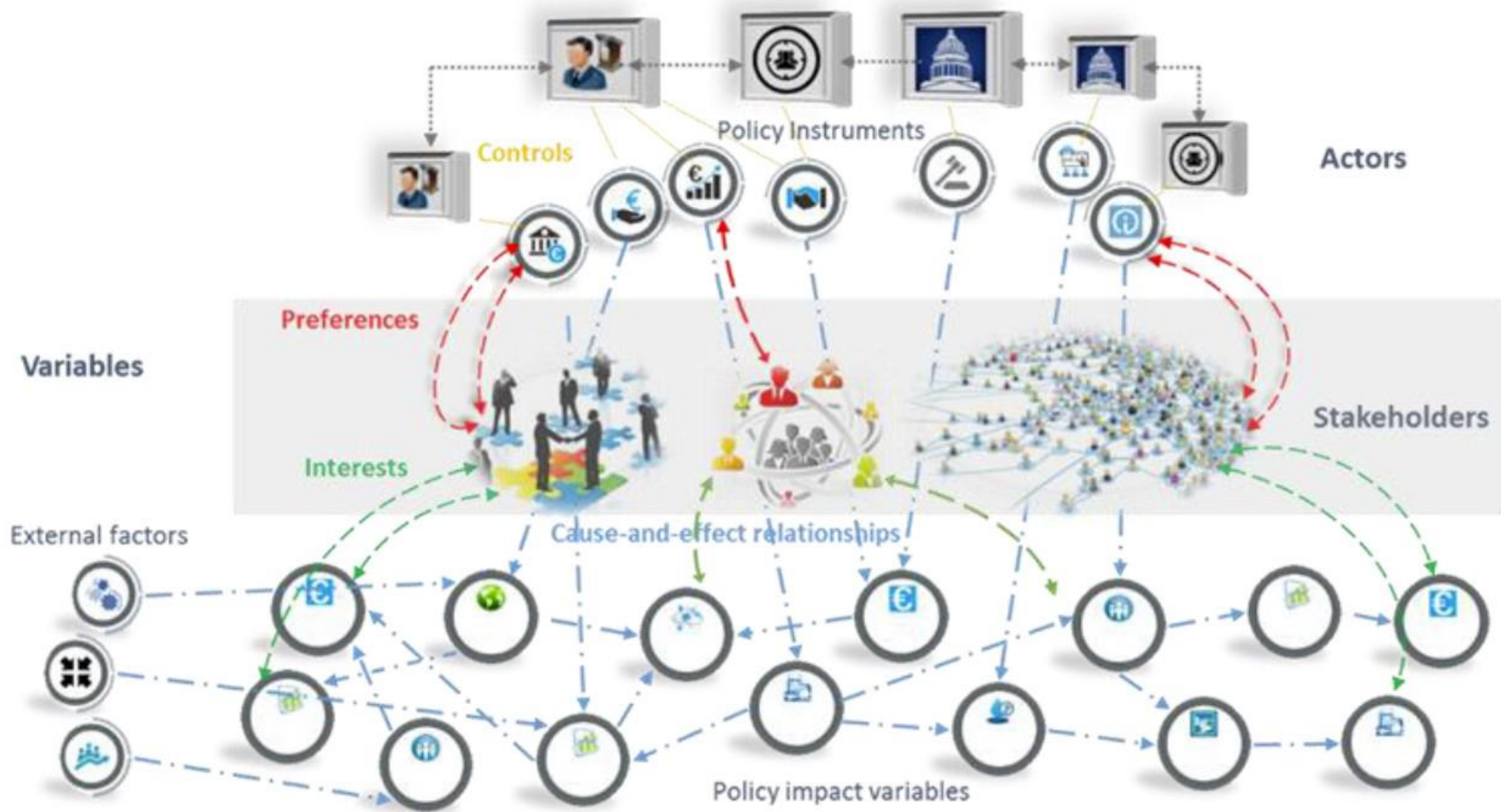
B



Εικόνα 32 Πρόταση Συστημικής Σκέψης στην Αξιολόγηση Βιολογικών Συστημάτων [144].

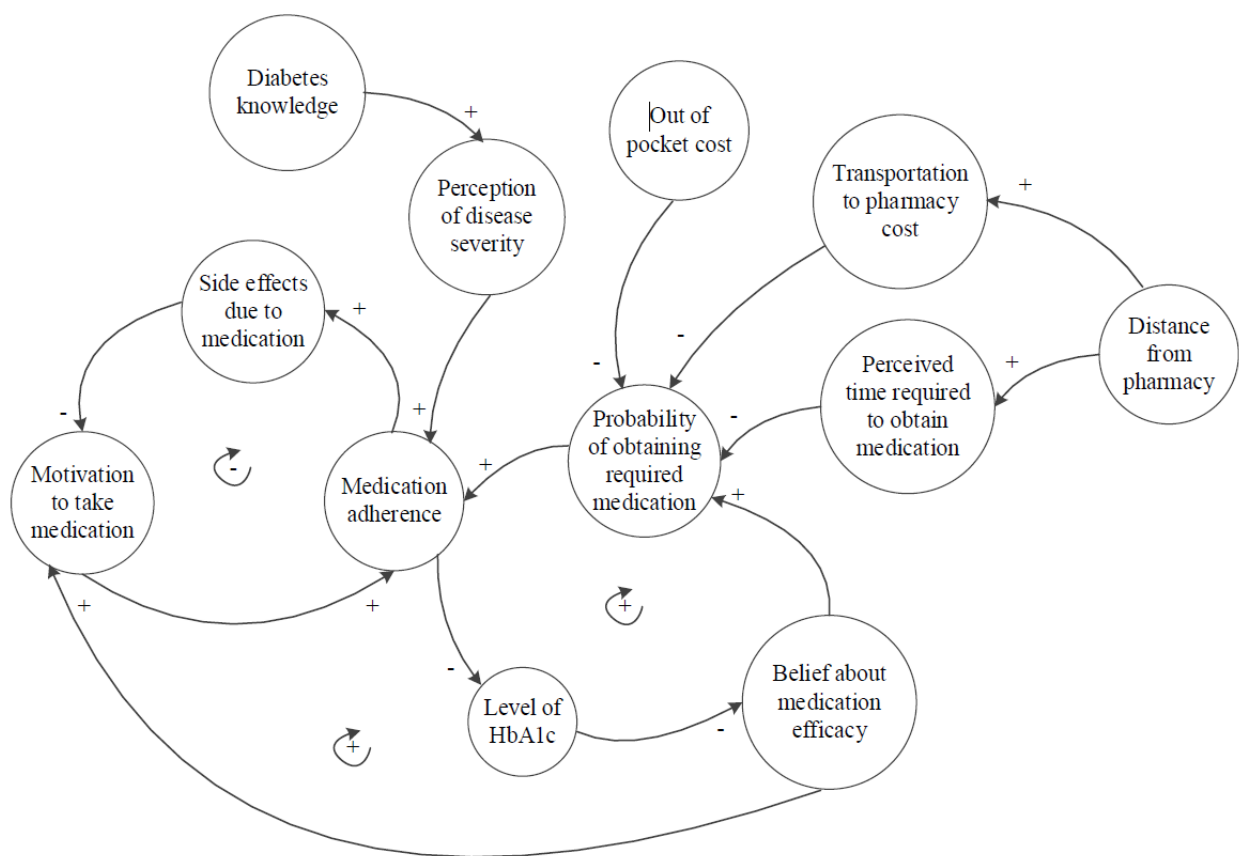


Εικόνα 33 Εφαρμογή Συστημικής Σκέψης για τον Έλεγχο Αγωγών Αερίου [149]



Εικόνα 34 Εφαρμογή Συστημικής Σκέψης στη Δημόσια Πολιτική [152]





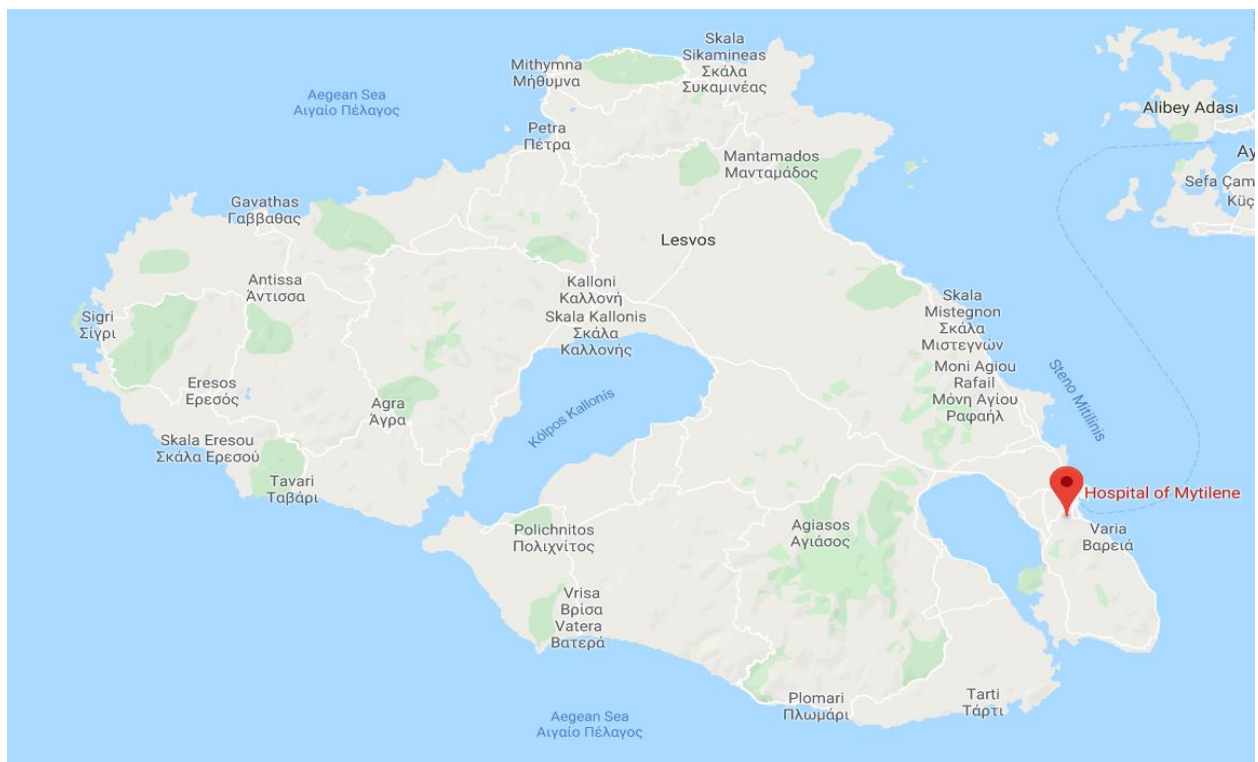
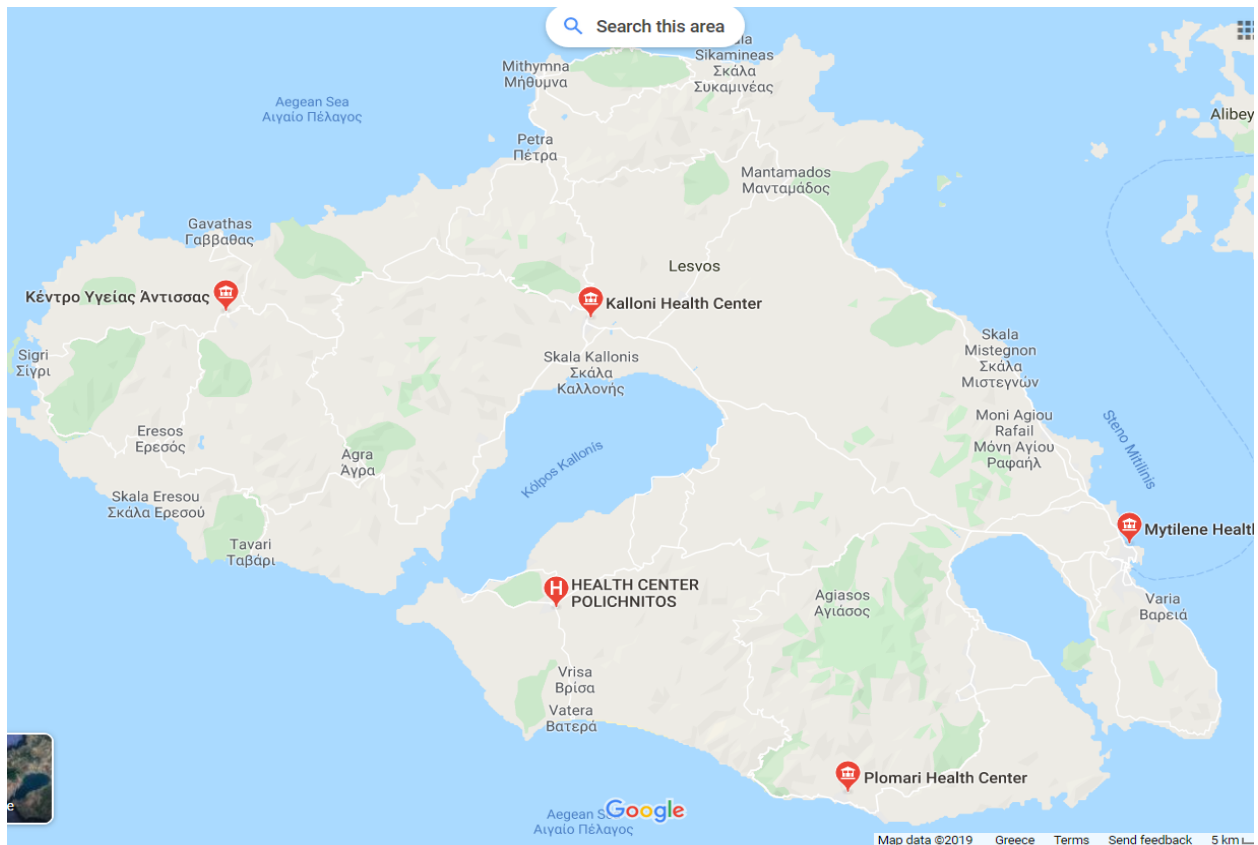
Εικόνα 35 Εφαρμογή Συστημικής Σκέψης στη Συμμόρφωση Φαρμάκων Διαβήτη [157]

### 5.3 Στοιχεία από το μικρο-επίπεδο (Περιφερειακή Ενότητα Λέσβου, Ελλάδα)

Στο πλαίσιο του μικρο-επιπέδου, θα εξεταστεί η περίπτωση της Περιφερειακής Ενότητας Λέσβου<sup>15</sup>, όπου δεν υπάρχει πρόγραμμα νεογνικού ελέγχου ακοής. Η Λέσβος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο λόγω του γεγονότος ότι είναι το τρίτο σε έκταση και πληθυσμό νησί της Ελλάδος, όσο και λόγω των πρόσφατων εξελίξεων σε σχέση με το μεταναστευτικό ζήτημα<sup>16</sup>, που έχει αλλάξει το υγειονομικό τοπίο στο νησί. Σε όλο το νησί της Λέσβου υπάρχουν πέντε κέντρα υγείας και ένα νοσοκομείο για την κάλυψη των υγειονομικών αναγκών του νησιού (Εικόνα 36). Επιπλέον, από τους έξι ιδιώτες ιατρούς ειδικότητας ΩΡΛ που υπάρχουν στην πόλη της Μυτιλήνης (πέντε ιατροί) και της Καλλονής (ένας ιατρός), μόνο οι δυο από αυτούς υποστηρίζουν στα ιατρεία τους ΩΑΕ εξετάσεις για παιδιά, με το κόστος να ανέρχεται στα €50-70, ενώ από το 2020 θα έχει τη δυνατότητα ακόμα ένας ιατρός να τις προσφέρει.

<sup>15</sup> <https://www.pvaigaiou.gov.gr/>

<sup>16</sup> <https://government.gov.gr/enimerotiko-deltio-gia-to-prosfigiko-metanasteftiko-4/>

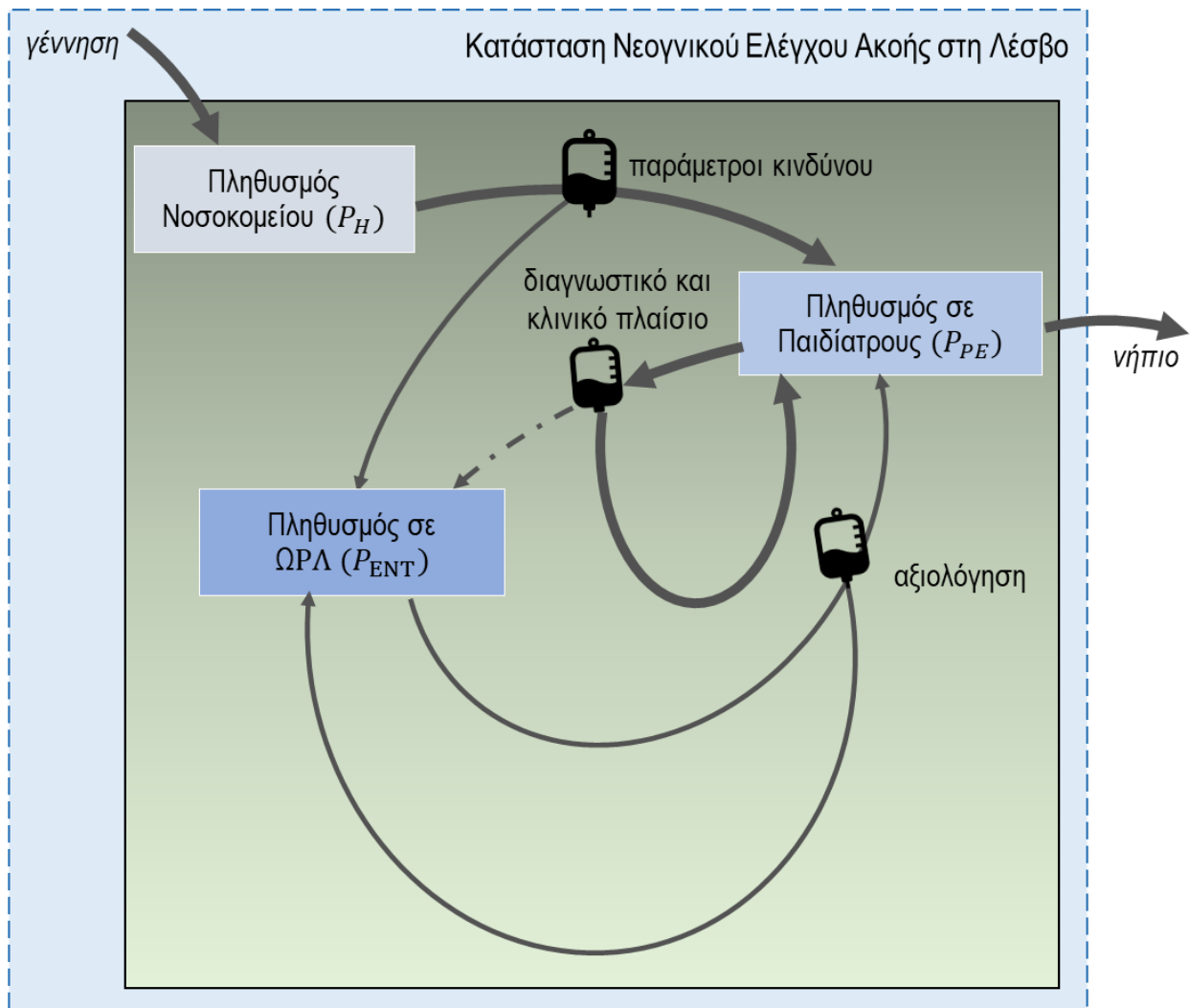


Εικόνα 36 Κατανομή Ιατρικών Κέντρων και Νοσοκομείου στο νησί της Λέσβου

Έπειτα από τηλεφωνικές και προσωπικές συνεντεύξεις για το συγκεκριμένο θέμα, αναφέρονται τα παρακάτω στοιχεία που συνθέτουν την κατάσταση στο νησί της Λέσβου:

- οι ετήσιες γεννήσεις στο νησί ήταν στα 600 βρέφη ανά έτος, αλλά τα δυο τελευταία χρόνια λόγω της αυξημένης προσφυγικής ροής, ο αριθμός αυτός ανέρχεται στα 800 βρέφη ανά έτος
- σε περίπτωση ύπαρξης ενδείξεων παραγόντων κινδύνου (και μόνο τότε), οι νεογνολόγοι ή οι παιδίατροι παραπέμπουν το περιστατικό σε εξωτερικά ιατρεία, όπου το κόστος για ωτοακουστικές εκπομπές ανέρχεται στα €50-70.
- σε ένα εξωτερικό ιατρείο υπάρχουν κατά μέσο όρο τέσσερα περιστατικά που αφορούν παιδιά ανά μήνα (ενδεικτικά ο αριθμός των παιδιών ηλικίας 0-4 ετών είναι 150 σε ένα ιατρείο σε βάθος τεσσάρων χρόνων 2015-2019)
- υπάρχουν αρκετά λανθασμένα ως αρνητικά (false negative) περιστατικά
- το κόστος για ένα θεραπευτικό σχήμα σε περίπτωση βαρηκοΐας ανέρχεται στα €1500-2000, ενώ στην περίπτωση κώφωσης που θα χρειαστεί κοχλιακό εμφύτευμα, το κόστος είναι ιδιαίτερα υψηλό και καλύπτεται από την ασφάλεια
- σε περίπτωση που χρειαστεί να γίνει εξέταση ABR, το περιστατικό παραπέμπεται στην Αθήνα.
- Η επαναληπτική επίσκεψη γίνεται συνήθως σε διάστημα ενός μήνα και οι επικείμενες επισκέψεις συμβαίνουν σε διάστημα τριών έως έξι μηνών
- Οι τρεις κύριοι λόγοι μετάβασης κάποιου περιστατικού σε ιδιώτη ΩΡΛ οφείλονται σε παραπομπή από κάποιον λογοθεραπευτή, παιδίατρο ή στην αντίληψη των γονέων
- το μορφωτικό επίπεδο των γονέων μπορεί να συμβάλλει στην απόφαση για την εξέταση του βρέφους, σε αντίθεση με πολιτισμικούς ή κοινωνικούς παράγοντες, τον τόπο κατοικίας, το εισόδημα και άλλους παράγοντες
- η άποψη του παιδίατρου και η αντίστοιχη γνώση του παιδίατρου σχετικά με το θέμα του νεογνικού ελέγχου, έχει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο τόσο στην παραπομπή για εξετάσεις ΩΑΕ σε προγνωστικό επίπεδο όσο και για τη συνέχιση της παρακολούθησης της ακουστικής υγείας του βρέφους.

Το γενικευμένο σύστημα μετακίνησης του νεογνικού πληθυσμού στη Λέσβο απεικονίζεται στην Εικόνα 36.



Εικόνα 37 Γενικευμένο Σύστημα Μετακίνησης Νεογνικού Πληθυσμού στη Λέσβο

#### 5.4 Στοιχεία από το μέσο-επίπεδο (Δήμος του Pazardzhik, Βουλγαρία)

Η εφαρμογή ενός προγράμματος μαζικής καθολικής νεογνικής παρακολούθησης της ακοής ξεκίνησε στη Βουλγαρία στο πλαίσιο του Εθνικού Προγράμματος για τη Βελτίωση της Υγείας της Μητέρας και του Παιδιού για τα έτη 2014-2020<sup>17</sup> του Υπουργείου Υγείας της Βουλγαρίας. Από τον Οκτώβριο του 2017 περίπου 89.000 βρέφη έχουν υποβληθεί σε έλεγχο και έχουν συμπεριληφθεί σε αυτό το πρόγραμμα 107 νοσοκομεία και κλινικές στη χώρα. Προϋπόθεση είναι να υπάρχει ένας χώρος μαιευτηρίου ή/και νεογνολογικών διαδικασιών και να υπάρχει σύμβαση με το Υπουργείο Υγείας για χρηματοδότηση μέσω του εθνικού προϋπολογισμού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τέτοια χρηματοδότηση δεν παρέχεται από το Εθνικό Ταμείο Ασφάλισης Υγείας,

<sup>17</sup> <https://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=907>

δηλαδή από τον φόρο ασφάλισης για την υγεία που καταβάλλεται από τον ενεργό πληθυσμό. Τα συνολικά ειδικά κεφάλαια για ολόκληρη την περίοδο του προγράμματος είναι περίπου €312.000, ενώ για το 2019 και το 2020 θα διατεθούν αντίστοιχα €60.000 και €62.000.

Το πεδίο εφαρμογής του καθολικού νεογνικού ελέγχου ακοής στο πλαίσιο του παραπάνω Εθνικού Προγράμματος διευρύνεται και βελτιστοποιείται συνεχώς. Ωστόσο, ο νεογνικός έλεγχος της ακοής διεξάγεται μάλλον ανομοιόμορφα σε ολόκληρη τη χώρα - σε μεγάλες πόλεις και μεγάλα νοσοκομεία προσφέρεται είτε δωρεάν για ασθενείς (που χρηματοδοτούνται από το εθνικό πρόγραμμα είτε από τα ίδια τα νοσοκομεία) ή σε συγκεκριμένη τιμή (για παράδειγμα η κλινική Acidadem City Clinic<sup>18</sup> στη Σόφια προσφέρει ένα ολιστικό πρόγραμμα για ανιχνευτικό ακουστικό έλεγχο σε νεογνά με τιμή €20/βρέφος, τόσο για συγγενή απώλεια ακοής όσο και για ανωμαλίες της ακοής χρησιμοποιώντας την υπερηχητική των προκληθέντων δυναμικών).

Η ευρέως υιοθετημένη μέθοδος στον νεογνικό έλεγχο είναι η δοκιμή στοακουστικών εκπομπών (OAE). Όταν εντοπιστούν διαταραχές της ακοής, η δοκιμή επαναλαμβάνεται ένα μήνα αργότερα. Εάν η διαταραχή επιμένει, μια παραπομπή για μια εξέταση προκλητών δυναμικών εγκεφαλικού στελέχους (auditory brainstem response, ABR) γίνεται σε εξειδικευμένες ωτορινολαρυγγολογικές (ΩΡΛ) κλινικές και στο μοναδικό στη Βουλγαρία κλινικό κέντρο στη Σόφια, στο οποίο εξειδικεύονται στη συγγενή βαρηκοΐα. Σε ομάδες υψηλού κινδύνου, παραδείγματος χάριν στα πρόωρα νεογνά ή σε νεογνά με βεβαρυμένο οικογενειακό ιστορικό, τα περισσότερα νοσοκομεία και κλινικές εκτελούν υποχρεωτικά τον ανιχνευτικό έλεγχο ακοής νεογνών σύμφωνα με τα δικά τους προγράμματα, χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό OAE και παραπομπές για αυτοματοποιημένα ABR (automated ABR, aABR).

Εντούτοις, υπάρχουν δυο κυρίως λόγοι για την μη εισαγωγή της μαζικής καθολικής νεογνικής παρακολούθησης της ακοής στη Βουλγαρία:

- Ανεπαρκής δημόσια χρηματοδότηση
- Σκεπτικισμός λόγω της υψηλής συχνότητας των λανθασμένα θετικών (false positive) αποτελεσμάτων απώλειας ακοής: 1 στα 40 βρέφη που παρουσιάζουν μη φυσιολογικά αποτελέσματα στον ανιχνευτικό έλεγχο, εμφανίζουν πραγματικά διαταραχές στην ακοή τους σε μεταγενέστερο στάδιο ηλικίας. Αυτό θέτει τους γονείς σε περιττές ανησυχίες και δαπάνες στη συνέχεια.

Η νεογνική εξέταση ακοής διεξάγεται από διάφορες ειδικότητες ιατρών με αντίστοιχες διαδικασίες και η επιλογή εξαρτάται από το συγκεκριμένο νοσοκομείο ή την κλινική. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως πρέπει να εγκριθεί από το Υπουργείο Υγείας αν θα χρηματοδοτηθεί ή όχι από το εθνικό πρόγραμμα (εθνικός προϋπολογισμός). Οι διάφορες ειδικότητες περιλαμβάνουν νεογνολόγους ή ειδικευμένους νοσηλευτές σε θαλάμους νεογέννητων αλλά και ακοολόγους, με τις εξετάσεις να γίνονται σε ειδικό μονωμένο δωμάτιο. Εάν εντοπιστούν προβλήματα, γίνονται παραπομπές σε ειδικούς

---

<sup>18</sup> <https://www.acibademcityclinic.bg/>

ΩΡΛ ή εξειδικευμένες κλινικές ΩΡΛ. Στους Πίνακες 7 και 8 φαίνεται το κόστος των εξετάσεων για τον νεογνικό έλεγχο ακοής σε έξι νοσοκομεία στον δήμο του Pazardzhik για τα έτη 2015-2019

Πίνακας 7 Συνολικό κόστος (€) Νεογνικού Ελέγχου Ακοής (2015-2017) σε έξι Ιατρικά κέντρα στον δήμο Pazardzhik, Βουλγαρία

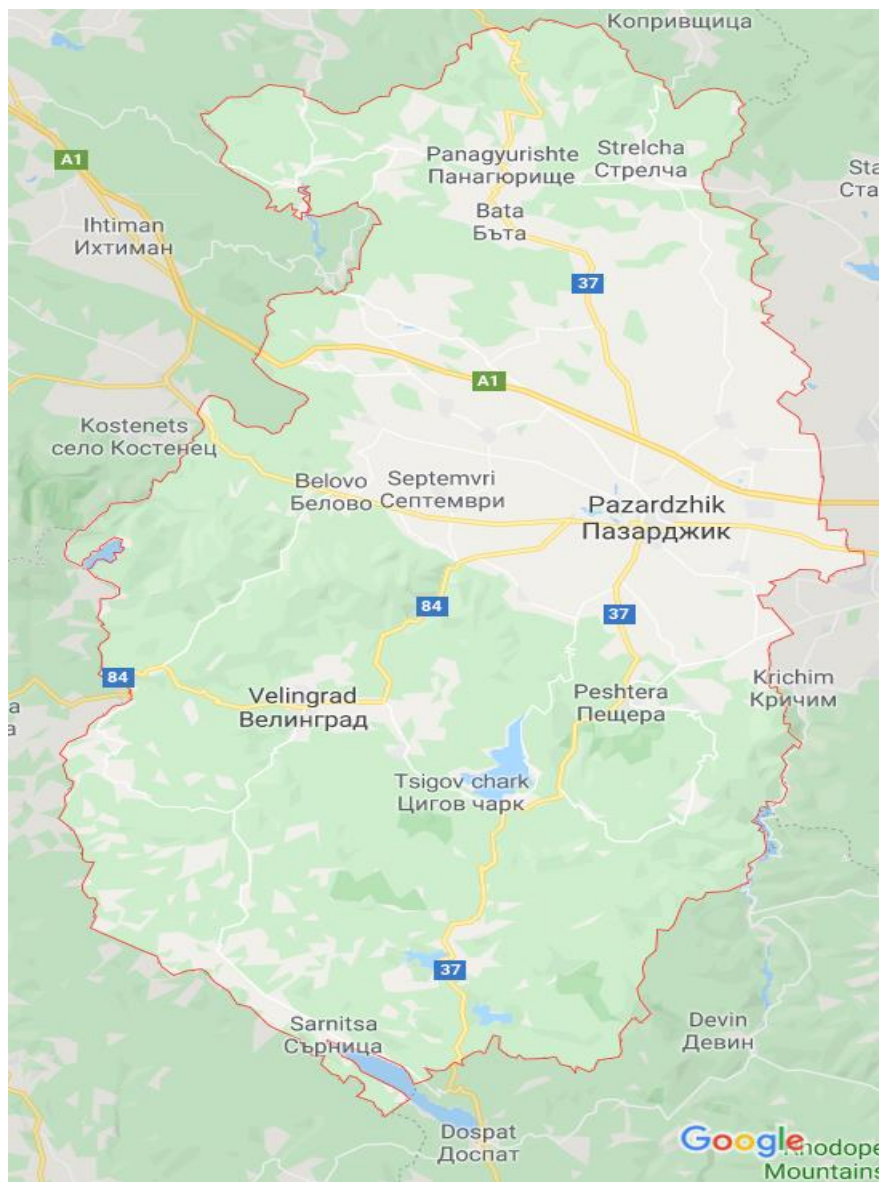
Ιατρικό Κέντρο	2015	2016	2017	2018	2019
Χρονική περίοδος (μήνες)	09-12	01-12	01-12	01-12	01-09
"МБАЛ-Хигия" АД (МBAL Hygia, Pazardzhik)	194	2199	1391	1744	1278
"МБАЛ-Уни Хоспитап" ООД (МBAL Unihospital, Panagyurishte)	0	189	977	905	818
"МБАЛ Велинград" ЕООД (МBAL Velingrad)	31	251	654	767	639
"МБАЛ Здраве Велинград" ЕООД (МBAL Zdrave,Velingrad)	0	639	839	205	56
"МБАЛ Пазарджик АД (МBAL Pazardzhik)	854	2894	3978	3052	2516
МБАЛ .Здраве" ООД, (Пълмед) (МBAL Zdrave/ Palmed,Pazardzhik)	184	1830	1360	1345	808
<b>Σύνολο</b>	<b>1263</b>	<b>8002</b>	<b>9198</b>	<b>8017</b>	<b>6115</b>

Πίνακας 8 Συνολικό κόστος (€) Νεογνικού Ελέγχου Ακοής (2015-2017) σε έξι Ιατρικά κέντρα στον δήμο Pazardzhik, Βουλγαρία

Ιατρικό Κέντρο	2015	2016	2017	2018	2019
Χρονική περίοδος (μήνες)	09-12	01-12	01-12	01-12	01-09
"МБАЛ-Хигия" АД (МBAL Hygia, Pazardzhik)	194	2199	1391	1744	1278
"МБАЛ-Уни Хоспитап" ООД (МBAL Unihospital, Panagyurishte)	0	189	977	905	818
"МБАЛ Велинград" ЕООД (МBAL Velingrad)	31	251	654	767	639
"МБАЛ Здраве Велинград" ЕООД (МBAL Zdrave,Velingrad)	0	639	839	205	56
"МБАЛ Пазарджик АД (МBAL Pazardzhik)	854	2894	3978	3052	2516
МБАЛ .Здраве" ООД, (Пълмед) (МBAL Zdrave/ Palmed,Pazardzhik)	184	1830	1360	1345	808
<b>Σύνολο</b>	<b>1263</b>	<b>8002</b>	<b>9198</b>	<b>8017</b>	<b>6115</b>

Συχνά, οι δημοτικές αρχές ή τοπικές μη κυβερνητικές οργανώσεις εκτελούν επιλεκτικά προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου για μία φορά, με σχετικά χαμηλή κάλυψη πληθυσμού π.χ. όλα τα παιδιά στα νηπιαγωγεία σε μια πόλη. Οι μέσες ετήσιες γεννήσεις

στη Βουλγαρία είναι περίπου 70000, με 70-80 παιδιά να αντιμετωπίζουν σοβαρή βαρηκοΐα/κώφωση (περίπου 1-2 στα 1000 βρέφη). Ο συνολικός αριθμός ατόμων με μέτρια έως σοβαρή βαρηκοΐα/κώφωση είναι πάνω από 400.000, με 40.000 από αυτά είναι παιδιά.



Εικόνα 38 Δήμος Pazardzhik, Βουλγαρία<sup>19</sup>

Τα στατιστικά γεννήσεων στο δήμο του Pazardzhik φαίνονται στον Πίνακα 9:

<sup>19</sup> [shorturl.at/lmGU1](http://shorturl.at/lmGU1)

Πίνακας 9 Γεννήσεις για τον δήμο Pazardzhik, Βουλγαρία τα έτη 2015-2018

Χρονολογίες	2015	2016	2017	2018
Συνολικές Γεννήσεις	2467	2403	2347	2414

Επιπλέον, όσον αφορά εκπαιδευτικές ή ενημερωτικές εκστρατείες, τα νοσοκομεία ή οι κλινικές ενημερώνουν μέσω διαδικτύου στους σχετικούς ιστοτόπους τους μαζί με σχετικές πληροφορίες σχετικά με τη μέθοδο, τη χρέωση (σε περίπτωση που δεν είναι δωρεάν) για τον ασθενή ή τη σύμβαση για δημόσια χρηματοδότηση. Το εθνικό πρόγραμμα εντός του οποίου παρέχεται δημόσια χρηματοδότηση, μεταφορτώνεται στην Πύλη Διαβούλευσης του Υπουργικού Συμβουλίου της Βουλγαρίας<sup>20</sup> (κυβέρνηση) όπου όλα τα έγγραφα στρατηγικής, σχεδιασμού και προγραμματισμού μεταφορτώνονται και δημοσιοποιούνται.

Πριν από τον έλεγχο, οι γονείς ενημερώνονται για τους στόχους της εξέτασης από τον εκάστοτε γιατρό και μέσω ενός φυλλαδίου πληροφορούνται για τα προβλήματα απώλειας ακοής και τους παράγοντες κινδύνου. Στη συνέχεια καλούνται να συμπληρώσουν ένα έντυπο "ενημερωμένης συναίνεσης" πριν από τον ανιχνευτικό έλεγχο. Όλα τα κρατικά και δημοτικά νοσοκομεία / κλινικές έχουν δημιουργήσει Κέντρα Συμβουλευτικής για την Υγεία της Μητέρας και του Παιδιού όπου παρέχονται συμβουλές στις έγκυες γυναίκες και ελέγχονται τακτικά πριν από τη γέννηση παιδιών σε διάφορα θέματα συμπεριλαμβανομένης της νεογνικής εξέτασης για την ακοή.

Μετά τον αρχικό έλεγχο, οι γονείς ενημερώνονται για τα αποτελέσματα και αν εντοπιστούν αποκλίσεις από τις κανονικές, τους δίνονται οδηγίες να μεταβούν σε εξειδικευμένες κλινικές ΩΡΛ (νοσοκομειακή κλινική) μέσα στις επόμενες 7 ημέρες για μετρήσεις παρακολούθησης και τελικά για περαιτέρω θεραπεία, εφόσον συνιστάται από τους ειδικούς της ΩΡΛ. Ωστόσο, δεν υπάρχουν ενοποιημένα αρχεία σε περιφερειακό ή / και εθνικό επίπεδο από όλα τα πιθανά νοσοκομεία, τις κλινικές ή τους θαλάμους νεογνών (σε δημόσιο και ιδιωτικό επίπεδο), απ' όπου οι γονείς θα μπορούσαν να επιλέξουν να πάνε για την επαναληπτική εξέταση. Μεμονωμένα οι κλινικές και τα νοσοκομεία έχουν τα δικά τους στοιχεία φυσικά αλλά δεν συλλέγονται για στατιστικούς σκοπούς. Λόγοι για τους οποίους οι γονείς δεν πηγαίνουν στην επαναληπτική εξέταση δεν είναι επίσης διαθέσιμοι.

Το κόστος του νεογνικού ελέγχου εκτιμάται στα 10 λεβ (лев10, περίπου €5) στην περίπτωση που υπάρχει πρόγραμμα δημόσιας χρηματοδότησης, ενώ σε κάποιες ιδιωτικές κλινικές παρέχεται σε κόστος €6-10. Η δημόσια χρηματοδότηση από το Εθνικό Ταμείο Υγειονομικής Ασφάλισης (οι φόροι ασφάλισης ασθενείας καταβάλλονται από τους μισθωτούς και εργαζόμενους) για κοχλιακά εμφυτεύματα παρέχεται μόνο για παιδιά (μέχρι την ηλικία των 18 ετών) και μόνο μετά από ευρείες συζητήσεις και διαβουλεύσεις σε ένα συμβούλιο εθνικών εμπειρογνομώνων. Παρέχεται επίσης μια

<sup>20</sup> <http://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=907>



βάση για επιστροφή χρημάτων η οποία καλύπτει συνήθως μόνο μέρος του πραγματικού κόστους (το οποίο κυμαίνεται στα €10.000).

Η διαδικασία χορήγησης για θεραπευτικό σχήμα (κοχλιακό ή ακουστικό) έχει ως εξής:

1. Οι γονείς κατευθύνονται από τους ιατρούς τους σε έναν ειδικό ΩΡΛ όπου γίνονται επαναληπτικές εξετάσεις.
2. Για τα παιδιά κάτω των 18 ετών, ένα ειδικό πρωτόκολλο εκδίδεται από επιτροπές εντός εξειδικευμένων κλινικών ΩΡΛ και πανεπιστημιακών κλινικών.
3. Το ιατρικό αυτό πρωτόκολλο υποβάλλεται στην περιφερειακή διεύθυνση για την Κοινωνική Υποστήριξη (στον τόπο κατοικίας του ασθενή), μαζί με έντυπο αίτησης για χορήγηση ενίσχυσης χρηματικής επιστροφής.
4. Μέσα σε ενάμιση μήνα το αντίστοιχο ποσό καταβάλλεται στον τραπεζικό λογαριασμό της οικογένειας. Το ποσό της ενίσχυσης εξασφαλίζει μια μέτρια προς καλή ποιότητα του θεραπευτικού σχήματος. Εάν στη συνέχεια επιλεγεί ένα ακριβότερο σχήμα, η διαφορά πληρώνεται από τους γονείς.
5. Στην περίπτωση του ακουστικού βαρηκοΐας, η οικογένεια επιλέγει έναν προμηθευτή από τον κατάλογο του δημόσιου ηλεκτρονικού μητρώου των εγκεκριμένων εμπόρων/προμηθευτών που τηρεί ο Οργανισμός Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες και πηγαίνει στον προμηθευτή για τοποθέτηση. Υπάρχει ένας ειδικός κανονισμός που καθορίζει τις απαιτήσεις και την εποπτεία για τους προμηθευτές ακουστικών βαρηκοΐας:
  - πρέπει να περιλαμβάνονται στον κατάλογο του ηλεκτρονικού μητρώου του Οργανισμού Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες.
  - έχουν την υποχρέωση να παρέχουν εγγύηση και οδηγίες χρήσης στη βουλγαρική γλώσσα, ένα υπογεγραμμένο έντυπο παράδοσης και ένα τιμολόγιο μαζί με την απόδειξη πληρωμής. Πολύ σημαντικό, οι προμηθευτές υποχρεούνται να έχουν το δικό τους κέντρο για πρόθεση ή θα πρέπει να αναθέτουν υπεργολαβία σε κάποιο άλλο.

Αναλόγως του τύπου βαρηκοΐας, επιλέγεται ο τύπος του ακουστικού και πραγματοποιείται δοκιμαστική τοποθέτηση (μερικές φορές δοκιμάζονται διάφορα ακουστικά) και πραγματοποιούνται όλες οι απαραίτητες προσαρμογές (με προσομοιώσεις ήχου και θορύβου) και ο προγραμματισμός του λογισμικού. Επίσης, στο ίδιο κέντρο παρέχεται η απαραίτητη εκπαίδευση για τη χρήση του ακουστικού βοηθήματος (όχι όμως ακουστική εκπαίδευση) και τα αναλώσιμα (μπαταρίες, σωληνάκια) καθώς και η συντήρηση και οι επισκευές εγγύησης μετά την πώληση. Είναι υποχρεωτικό για τα κέντρα αυτά να διαθέτουν εξειδικευμένα δωμάτια για τις παραπάνω δραστηριότητες και ένα εξειδικευμένο σύστημα πληροφορικής με ακουστικούς ελέγχους, λογισμικό και τεχνική χύτευσης. Είναι επίσης υποχρεωτικό να χρησιμοποιεί το κέντρο αυτό τουλάχιστον ένα ακουολόγο/ακουοπροθετιστή και να τηρεί αρχεία όλων των ασθενών. Τα κέντρα αυτά δεν αποτελούν μέρος του συστήματος δημόσιας υγείας αλλά είναι συνήθως, ιδιωτικές εμπορικές οντότητες.

## 5.5 Στοιχεία από το μακρο-επίπεδο (Χώρα της Πολωνίας)

Στην Πολωνία, το πρόγραμμα καθολικού νεογνικού ελέγχου ακοής ξεκίνησε το 2002. Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται σε εξετάσεις ωτοακουστικών εκπομπών (OAE) και σε ένα ερωτηματολόγιο με στόχο τον προσδιορισμό παραγόντων κινδύνου που καθορίστηκαν το 2000 από μια μεικτή επιτροπή για την ακρόαση νηπίων που δημοσιεύθηκε σε όλα τα νεογέννητα πριν πάρουν εξιτήριο από το νοσοκομείο (πρώτο επίπεδο του προγράμματος ανίχνευσης της ακοής). Τα παιδιά στα οποία το αποτέλεσμα των OAE είναι θετικό, δηλ. το ότι λαμβάνουν το αποτέλεσμα “παραπομπή” για τουλάχιστον ένα αυτί ή / και εκείνα που έχουν τουλάχιστον έναν παράγοντα κινδύνου για εξασθένηση της ακοής, παραπέμπονται για περαιτέρω αξιολόγηση με ABR και άλλες τεχνικές σε ακουστικά κέντρα που είναι υπεύθυνα για την αξιολόγηση της ακοής και παρέχουν το κατάλληλο πλαίσιο παρέμβασης (δεύτερο επίπεδο του προγράμματος ανίχνευσης της ακοής). Το τρίτο επίπεδο του προγράμματος κατευθύνεται από προηγμένα ακουολογικά κέντρα, τα οποία είναι υπεύθυνα για την τελική θεραπεία και αποκατάσταση των παιδιών με απώλεια ακοής ή κώφωση. Συνιστάται επίσης ότι σε όλα τα βρέφη που επανεισάγονται στο νοσοκομείο κατά το πρώτο μήνα της ζωής τους, όταν υπάρχουν καταστάσεις που συνδέονται με πιθανή απώλεια ακοής (π.χ. υπερβιλιμυϊναιμία, θετική σε σήψη καλλιέργεια, βακτηριακή μηνιγγίτιδα ή θεραπεία με ωτοτοξικά φάρμακα), πραγματοποιείται επαναληπτική εξέταση προ του εξιτηρίου [160].

Τα παραπάνω δεδομένα (Πίνακες 10 και 11) μας δείχνουν ότι σε περίοδο 18 χρόνων, το 0.002% του πληθυσμού αντιμετωπίζει ακουστικά προβλήματα. Επιπλέον, τα δεδομένα αυτά αποτελούν τη βάση σε δεύτερο επίπεδο για να υπολογιστεί μια γενικευμένη εξίσωση του συστήματος καθολικού νεογνικού ελέγχου ακοής για τη χώρα της Πολωνίας. Αρχικά σχεδιάζεται εποπτικά το συγκεκριμένο σύστημα για μια συγκεκριμένη χρονολογία (ενδεικτικά χρησιμοποιούνται τα δεδομένα της τελευταίας χρονιάς, δηλαδή του 2019). Η Εικόνα 37 δείχνει το στιγμιότυπο του συστήματος για το 2019. Η εικόνα αυτή αποτελεί μια μεγενθυμένη και κοντινότερη εποπτική προσέγγιση του γενικευμένου συστήματος που είχε παρουσιαστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, προσεγγίζοντας μόνο στο διαγνωστικό πλαίσιο. Υπάρχει επιπλέον η παραδοχή (χωρίς άρση της αρχικής εκτίμησης) ότι τα βρέφη μετά το διαγνωστικό πλαίσιο περνάνε από την κατάσταση του πληθυσμού ρίσκου απευθείας στο στάδιο του υγίη πληθυσμού, λόγω του χρονικού πλαισίου κάτω από το οποίο εξετάζουμε τη συγκεκριμένη περίπτωση. Οι πληθυσμοί ρίσκου ( $P_{R_1}$ ) και ( $P_{R_2}$ ) αφορούν τους πληθυσμούς που έχουν διαγνωσθεί με OAE (πρώτο στάδιο ανιχνευτικού ελέγχου) και ABR (δεύτερο στάδιο ανιχνευτικού ελέγχου).

Πίνακας 10 Στατιστικά Νεογνικού Έλεγχου Ακοής (2002-2013) στην Πολωνία

Περίοδος	2002*	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Πρώτο Επίπεδο ελέγχου												
Αριθμός Παιδιών καταχωρημένων στη ΒΔ	78732	340869	341612	351775	357386	372446	392748	393919	399300	373862	372861	354647
Αριθμός Παιδιών με ΩΑΕ	78399	336449	334197	343638	349531	364002	382351	386017	392681	366087	365540	348201
Αριθμός Παιδιών με (-) ΩΑΕ (-) Παράγοντες Κινδύνου	68550	305981	308669	320207	327608	340672	357942	362487	367911	339631	338634	322618
Αριθμός Παιδιών με (-) ΩΑΕ (+) Παράγοντες Κινδύνου	3689	12473	12336	10960	10352	11440	12442	12380	13950	14120	14259	14429
Αριθμός Παιδιών με (+) ΩΑΕ (-) Παράγοντες Κινδύνου	5286	15839	11482	10872	10015	10333	10418	9609	9292	10621	10992	9562
Αριθμός Παιδιών με (+) ΩΑΕ (+) Παράγοντες Κινδύνου	874	2156	1710	1599	1556	1557	1549	1541	1528	1715	1655	1592
Αριθμός Παιδιών χωρίς ΩΑΕ την πρώτη μέρα ζωής	333	4420	7415	8137	7855	8444	10397	7902	6619	7775	7321	6446

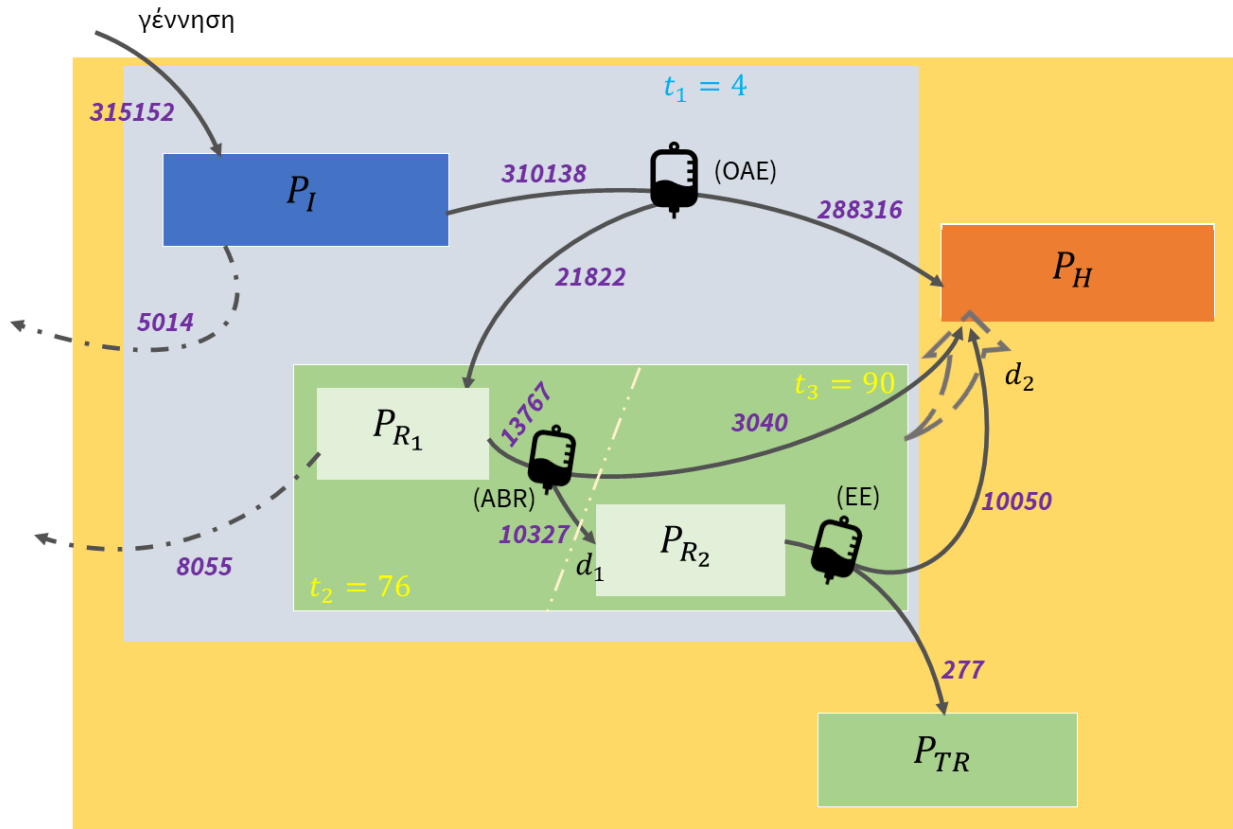
Περίοδος	2002*	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Δεύτερο Επίπεδο Ελέγχου</b>												
Αριθμός Παιδιών σε Διάγνωση	4640	19241	20219	21277	22155	23981	24220	20944	24474	27620	28557	27449
Αριθμός Παιδιών με Τελική Διάγνωση	4593	19053	19635	19275	19520	21545	21755	18783	21966	23619	24134	22930
<b>Μέσος Χρόνος Παραμονής στο Δεύτερο Επίπεδο (μέρες)</b>												
Μέσος Χρόνος Παραμονής στο Δεύτερο Επίπεδο (μέρες)	88.0	86.0	84.0	84.0	74.0	77.0	77.0	79.0	79.0	77.0	82.0	84.0
<b>Τελική Διάγνωση</b>												
Κανονική Ακοή	4279	17885	18380	18209	18559	20246	20431	17580	20848	22775	23332	22270
<b>Μονόπλευρη Απώλεια Ακοής</b>												
Μη επιλέξιμος τύπος	28	117	76	37	63	68	49	37	19	0	0	0
Νευροαισθητήρια Βαρηκοΐα	22	85	64	84	79	88	96	91	151	138	105	95
Επαγωγική Βαρηκοΐα	6	38	51	49	59	82	69	76	104	92	123	65
Μικτη Βαρηκοΐα	4	13	15	23	20	34	32	26	32	39	33	26
<b>Αμφίπλευρη Απώλεια Ακοής</b>												
Μη επιλέξιμος τύπος	40	145	144	97	106	156	119	71	21	0	0	0

Περίοδος	2002*	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Νευροαισθητήρια Βαρηκοΐα	108	410	364	291	230	275	275	335	443	367	365	295
Επαγωγική Βαρηκοΐα	54	113	128	107	102	98	96	127	159	129	119	109
Μικτή	12	99	89	66	43	45	45	52	80	78	57	70
Μη επιλέξιμος τύπος	40	148	324	312	259	453	543	388	109	1	0	0

Πίνακας 11 Στατιστικά Νεογνικού Έλεγχου Ακοής (2014-2019 και συνολικά) στην Πολωνία

Περίοδος	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2002-2018
<b>Πρώτο Επίπεδο ελέγχου</b>							
Αριθμός Παιδιών καταχωρημένων στη ΒΔ	359958	357720	368464	388056	372164	315152	6291671
Αριθμός Παιδιών με ΩΑΕ	353177	350823	362488	381776	365351	310138	6170846
Αριθμός Παιδιών με (-) ΩΑΕ (-) Παράγοντες Κινδύνου	328825	326847	336498	356167	339501	288316	5737064
Αριθμός Παιδιών με (-) ΩΑΕ (+) Παράγοντες Κινδύνου	13487	13781	15109	14268	12441	9717	221633
Αριθμός Παιδιών με (+) ΩΑΕ (-) Παράγοντες Κινδύνου	9408	8740	9377	9845	11830	10821	184342
Αριθμός Παιδιών με (+) ΩΑΕ (+) Παράγοντες Κινδύνου	1457	1455	1504	1496	1579	1284	27807
Αριθμός Παιδιών χωρίς ΩΑΕ την πρώτη μέρα ζωής	6781	6897	5976	6280	6813	5014	120825
<b>Δεύτερο Επίπεδο Ελέγχου</b>							
Αριθμός Παιδιών σε Διάγνωση	25934	26030	27221	26152	24459	13767	408340
Αριθμός Παιδιών με Τελική Διάγνωση	21722	21862	22543	21357	20001	10327	354620

Περίοδος	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2002-2018
Μέσος Χρόνος Παραμονής στο Δεύτερο Επίπεδο (μέρες)							
	86.0	91.0	89.0	89.0	91.0	76.0	
Τελική Διάγνωση							
Κανονική Ακοή	21002	21124	21813	20706	19325	10050	338814
Μονόπλευρη Απώλεια Ακοής							
Μη επιλέξιμος τύπος	0	0	0	0	0	0	494
Νευροαισθητήρια Βαρηκοΐα	102	95	115	93	76	46	1625
Επαγωγική Βαρηκοΐα	71	93	107	84	81	44	1294
Μικτη Βαρηκοΐα	28	28	23	19	25	15	435
Αμφίπλευρη Απώλεια Ακοής							
Μη επιλέξιμος τύπος	2	0	0	0	0	0	901
Νευροαισθητήρια Βαρηκοΐα	321	325	299	278	339	102	5422
Επαγωγική Βαρηκοΐα	125	135	120	109	87	46	1963
Μικτή	71	62	66	67	68	24	1094
Μη επιλέξιμος τύπος							
	0	0	0	1	0	0	2578



Εικόνα 39 Στιγμιότυπο Συστήματος Καθολικού Νεογνικού Ελέγχου Ακοής της Πολωνίας για το 2019

Βάσει λοιπόν της παραπάνω εποπτείας των δεδομένων για το συγκεκριμένο σύστημα και διάστημα (έτος 2019), οι εξισώσεις κατάστασης πληθυσμού μπορούν να οριστούν όπως φαίνονται στον πίνακα 12:

Πίνακας 12 Γενικευμένες Εξισώσεις Κατάστασης Νεογνικού Πληθυσμού Πολωνίας για το 2019

$0.98P_I(t_1) = P_{R1}(t_1) + P_H(t_1) - P_H(t_1 - 1)$	(1)
$0.63P_{R1}(t_2) = P_{R2}(t_2) + P_H(t_2) - P_H(t_2 - 1)$	(2)
$P_{TR}(t_3) = P_{R2}(t_3) + P_H(t_3) - P_H(t_3 - 1)$	(3)
$P_H = \sum_{i=1,2,3} P_H(t_i)$	(4)

Πίνακας 13 Ονοματολογία Πίνακα 12

Μεταβλητή	Περιγραφή	Μονάδες
$t_1 = \{2,3,4\}$	χρόνος διεξαγωγής πρώτου ανιχνευτικού ελέγχου	μέρες
$t_2 = \{\leq 30\}$	χρόνος διεξαγωγής δεύτερου ανιχνευτικού ελέγχου	μέρες
$t_3 = \{\sim 90\}$	χρόνος διεξαγωγής τρίτου ανιχνευτικού ελέγχου	μέρες
$P_{R_1}(t_n), P_{R_2}(t_n), n = 1,2,3$	Κατάσταση πληθυσμών ρίσκου ( $R_1, R_2$ ) μετά τους ανιχνευτικούς ελέγχους ΩΑΕ και ΑΒΡ αντίστοιχα	θετικός ακέραιος
$P_x, = \text{όπου } x = \{I, R_1, R_2, TR, H\}$	πληθυσμοί ενδιαφέροντος, διαγνωσμένοι με ΟΑΕ, ΑΒΡ, σε θεραπεία και υγιής αντίστοιχα	θετικός ακέραιος
$d_1 = t_1 + t_2$	χρονικό πλαίσιο μετάβασης για $P_{R_1} \rightarrow P_{R_2}$	μέρες
$d_2 = t_2 + t_3$	χρονικό πλαίσιο μετάβασης για $P_{R_2} \rightarrow P_{TR}$	μέρες

Παρατηρείται ότι ακόμα και στην περίπτωση που απομονωθούν στοιχεία από τη γενικευμένη θεώρηση (στη συγκεκριμένη περίπτωση ακολουθήθηκε μια καθοδηγούμενη από δεδομένα (data-driven) προσέγγιση και χρήση γενικευμένων εξισώσεων κατάστασης), οι αρχές του συστήματος παραμένουν ως έχουν.

## 5.4 Υλοποίηση Εφαρμογής

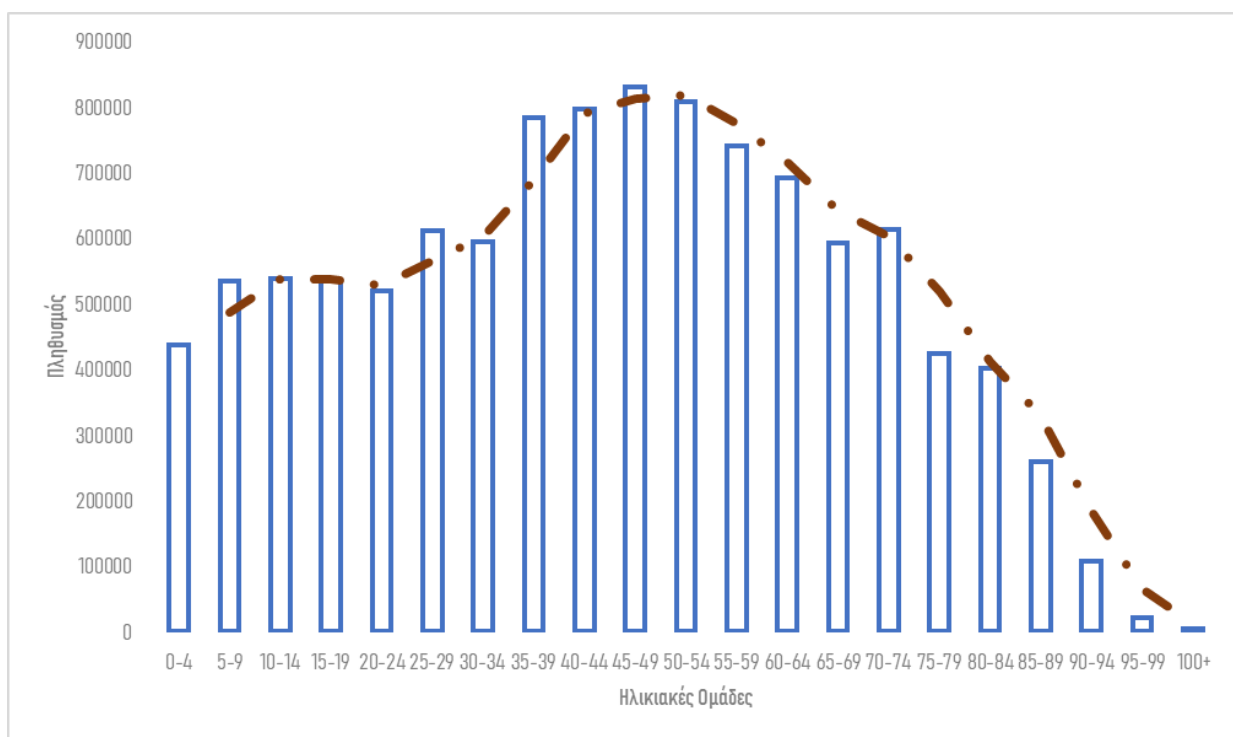
### 5.4.1 Ορισμός Μεταβλητών, Παραμέτρων και Πλαισίου Λειτουργίας

Τα συγκεκριμένα τρία παραδείγματα δεν είναι μοναδικά (ενδεικτικά αναφέρονται τα υπάρχοντα συστήματα νεογνικού ελέγχου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής [161], το Ηνωμένο Βασίλειο [162] αλλά και το πρόσφατο παράδειγμα του Βελγίου [163]). Ωστόσο, παρουσιάζει ενδιαφέρον ο συνδυασμός στοιχείων στις χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Πολωνίας λόγω του ότι κατατάσσονται με παραπλήσια βαθμολογία, για διαφορετικούς λόγους η καθεμιά, στο Euro Health Index 2018 (615, 591 και 585 αντίστοιχα) [164].

Στο πλαίσιο υλοποίησης της εφαρμογής, επιλέγεται να παρουσιαστεί ένα σύνολο παραμέτρων ικανών ώστε να καλύφθούν και να προσομοιωθούν επιτυχώς διάφορες πτυχές ενός ανθρώπινου πληθυσμού. Η επιλογή των διαφορετικών κατανομών για τα

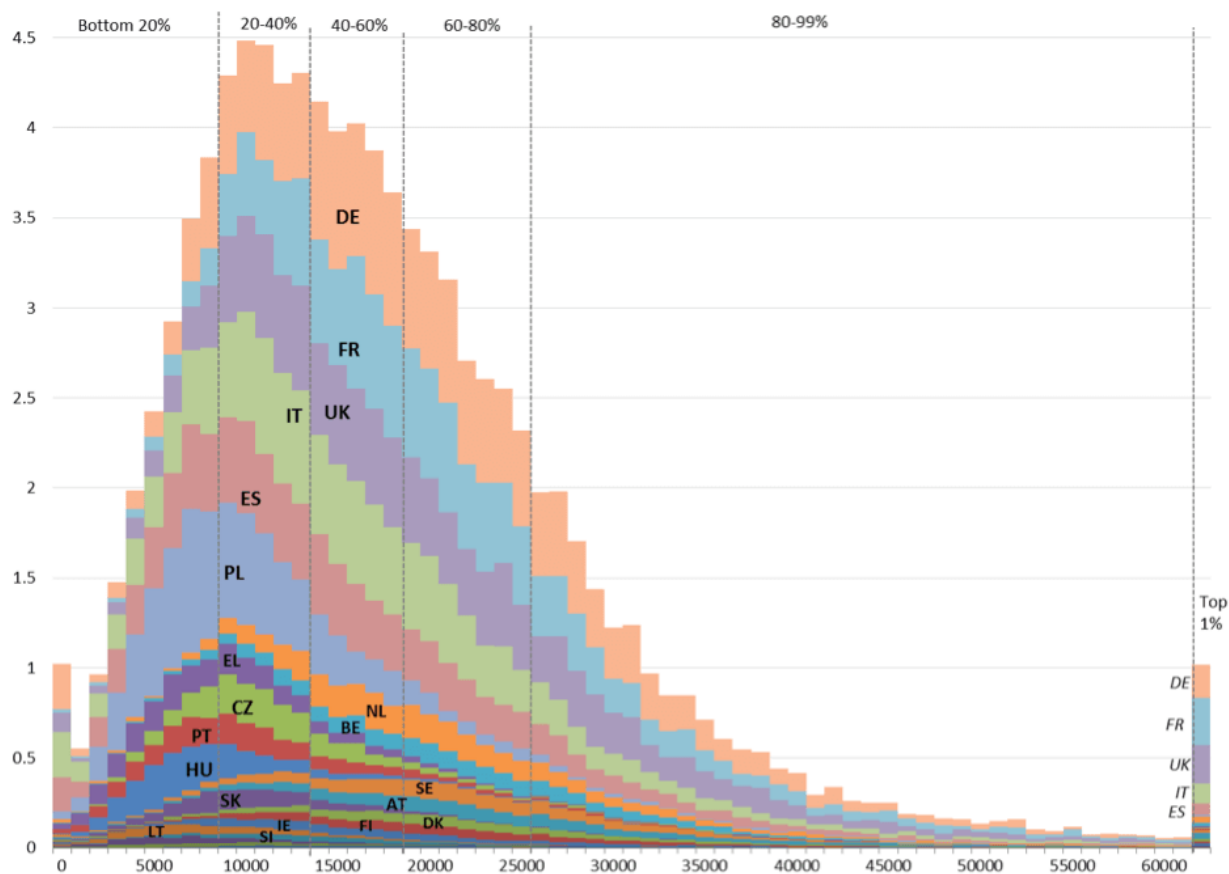


διάφορα χαρακτηριστικά βασίζεται στον ετερογενή χαρακτήρα του πληθυσμού. Οι πληθυσμοί στην πραγματικότητα είναι εγγενώς ετερογενείς, με τα άτομα να διαφέρουν ανάλογα με την ηλικία, την χωρική τοποθεσία, το δίκτυο επαφών τους, τις κοινωνικές συνήθειες, τη σύνθεση του γονιδιώματος τους και άλλα στοιχεία. Στην μοντελοποίηση εξελικτικών διαδικασιών με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων, αυτή η ετερογενής δομή των πληθυσμών πρέπει να συμπεριληφθεί στο μοντέλο [165]. Η ηλικία, για παράδειγμα, ενός πληθυσμού προσεγγίζεται από την κανονική κατανομή, κάτι το οποίο φαίνεται και στην στατιστική κατανομή του ελληνικού πληθυσμού για το 2020 (Εικόνα 40) ενώ το ετήσιο εισόδημα προσεγγίζεται καλύτερα από την εκθετική κατανομή, όπως απεικονίζεται στην έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το εισόδημα στις χώρες της [166] (Εικόνα 41). Αντίστοιχες πηγές και έρευνες διαμορφώνουν την επιλογή κατανομών που φαίνονται στον Πίνακα 14. Επιπλέον, λόγω των στοιχείων που ήταν διαθέσιμα από τις τρεις χώρες, αποφασίστηκε η επιλογή των προβλημάτων της μονόπλευρης (unilateral) και αμφίπλευρης (bilateral) βαρηκοΐας, ως παράγοντες επιλογής και λόγους αναζήτησης ιατρικής βοήθειας.



Εικόνα 40 Ηλικιακή Κατανομή Ελληνικού Πληθυσμού για το 2020<sup>21</sup>

<sup>21</sup> <https://www.populationpyramid.net/greece/2020/>



Εικόνα 41 Κατανομή Εισοδήματος ανά χιλιάδες κατοίκους σε Ευρωπαϊκές χώρες [166]

Πίνακας 14 Παράμετροι Προσομοίωσης και Κατανομές βάσει Παραδειγματικών Πηγών

Παράμετρος	Κατανομή	Πηγή
ηλικία (age)	Gauss	[167]
φύλο (gender)	Bernoulli	[168]
εισόδημα (income)	λογαριθμική-κανονική	[166]
πολιτισμικό πλαίσιο (culture)	λογαριθμική-κανονική	[169]
εθνικότητα (nationality)	λογαριθμική-κανονική	[170]
νομοθετικό πλαίσιο (legislation)	εκθετική	[171]
ασφαλιστικό πλαίσιο (insurance)	εκθετική	[172]
οικονομικό πλαίσιο (economic status)	εκθετική	[172]
κόστος νοσηλείας (hospital coverage)	εκθετική	[172]

Παράμετρος	Κατανομή	Πηγή
εκπαιδευτικό πλαίσιο (education)	εκθετική	[173]
τόπος διαμονής (residence)	Bernoulli	[174]
τυχαία γεγονότα (random event)	Bernoulli	[175]

Οι παράμετροι αυτοί αποτελούν τους δείκτες προσομοίωσης (Πίνακας 15) για έναν πληθυσμό και ενσωματώνονται σε μεταβλητές που ορίζουν τα πλαίσια λειτουργίας (Πίνακας 16). Στη συνέχεια, προσφέρεται μια συνοπτική περιγραφή των σχέσεων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραμέτρων και των μεταβλητών, όσον αφορά την προσέγγιση που ακολουθείται:

1. Στο διαγνωστικό πλαίσιο περιλαμβάνεται το κόστος εξέτασης (δηλαδή πόσο κοστίζει η διεξαγωγή μιας εξέτασης π.χ. ΩΑΕ ή ABR), το κόστος νοσηλείας (κόστος εξοπλισμού, πρωτοκόλλων ελέγχου, παραμονή στο νοσοκομείο), ο εργασιακός συντελεστής (πόσες ώρες είναι διαθέσιμοι οι γιατροί), ο αριθμός των ιατρών που είναι διαθέσιμοι και το αποτέλεσμα της εξέτασης.
2. Στο θεραπευτικό πλαίσιο περιλαμβάνεται το κόστος του θεραπευτικού σχήματος (δηλαδή το κόστος για ένα ή δυο ακουστικά βαρηκοΐας, κοχλιακά εμφυτεύματα) το κόστος των επανελέγχων (πόσο συχνά γίνεται παρακολούθηση και το κόστος αυτής), ο αριθμός των ειδικών που χρειάζονται (αν χρειάζεται πέρα από ακουολόγο κάποια άλλη ειδικότητα, όπως για παράδειγμα λογοπεδικός), κοινωνικός συντελεστής (πόσο επιδράει η εκπαίδευση, η προσβασιμότητα, η κοινωνική ομάδα, φυλετικές ή θρησκευτικές πεποιθήσεις στην επιλογή) και το αποτέλεσμα της θεραπείας.
3. Το κόστος διάγνωσης/θεραπείας εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια της εξέτασης, τον οικονομικό και τον ασφαλιστικό συντελεστή (αν υπάρχει από το κράτος κάποια παροχή οικονομικής βοήθειας ή ασφάλισης σχετικά με τα συγκεκριμένα πλαίσια) και την γεωγραφική κάλυψη (αν υπάρχει δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε προσφερόμενες υπηρεσίες ή όχι)
4. Το κόστος νοσηλείας εξαρτάται από τον οικονομικό συντελεστή (αν υπάρχει σχετικό κονδύλιο ή επένδυση από την πλευρά του νοσοκομείου ή της κλινικής για την κοστολόγηση των επιπρόσθετων προσφερόμενων υπηρεσιών) και το αποτέλεσμα της θεραπείας (επιστημονική ακρίβεια)
5. Το κόστος επανελέγχων εξαρτάται από την επιστημονική ακρίβεια (συχνότητα και ανάγκη για επανέλεγχο, εμπειρία γιατρού) και τον ασφαλιστικό συντελεστή (εάν καλύπτει η ασφάλεια πολλαπλές επισκέψεις για επανέλεγχο)
6. Ο αριθμός των γιατρών ή των αντίστοιχων ειδικών εξαρτάται από τον πολιτικό συντελεστή (πόσες θέσεις είναι διαθέσιμες για μια ειδικότητα μέσω διαγωνισμών/προσλήψεων) και τον οικονομικό συντελεστή (αμοιβές γιατρών)

7. Ο εργασιακός συντελεστής εξαρτάται από τον οικονομικό, τον πολιτικό και τον εκπαιδευτικό συντελεστή μιας χώρας, και
8. Ο κοινωνικός συντελεστής εξαρτάται από τον εκπαιδευτικό και τον ασφαλιστικό συντελεστή

Οι παραπάνω μεταβλητές είναι ενδεικτικές και σχετίζονται κυρίως με το ιατρικό και κοινωνικο-οικονομικό κομμάτι του γενικευμένου συστήματος και τους λόγους μετάβασης από το ένα επίπεδο πληθυσμού στο άλλο. Για να γίνει περισσότερο κατανοητή αυτή η συσχέτιση, πρέπει να ληφθεί υπόψιν ο ανθρωποκεντρικός χαρακτήρας της προσέγγισης που ακολουθείται στην παρούσα διατριβή. Ως παράδειγμα μπορεί να θεωρηθεί η περίπτωση ενός βρέφους που μπορεί να έχει διαγνωστεί με πρόβλημα βαρηκοΐας αλλά η έλλειψη οικονομικής ασφάλισης να αποτρέπει την οικογένεια να κινηθεί στην αναζήτηση κάποιου θεραπευτικού σχήματος, ή η ύπαρξη κάποιας συννοσηρότητας να υπερτερεί σε σχέση με το πρόβλημα ακοής. Αντίστοιχα πρέπει να ληφθούν υπόψιν παράγοντες όπως οι χρόνοι αναμονής για την αξιολόγηση ή την εκτίμηση του προβλήματος και το ωράριο εργασίας των γιατρών σε πραγματικές συνθήκες (συνυπολογίζοντας δηλαδή και πιθανά διαλείμματα ξεκούρασης). Οι προσεγγίσεις που έχουν ακολουθηθεί μέχρι τώρα θεωρούν δεδομένο το ότι εφόσον υπάρχει κάποιο πρόβλημα, ο ασθενής θα ακολουθήσει μέχρι τέλους μια θεραπευτική και κλινική οδό, κάτι το οποίο δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα [176], [177]. Η προσωπική επιλογή ενός ασθενή [178] ή οι αποτρεπτικοί χρόνοι αναμονής [177] για μια συνάντηση με κάποιον ειδικό, είναι ένας παράγοντας που πρέπει να συνυπολογίζεται σε όσα σενάρια αφορούν ανθρώπινους πληθυσμούς. Επιπλέον γεγονότα που μπορεί να επηρεάζουν ένα άτομο, όπως για παράδειγμα κάποια φυσική ή μαζική καταστροφή, πρέπει να συμπεριληφθούν στα οποιαδήποτε σενάρια.

#### 5.4.2 Βήματα Προσομοίωσης

Η προσομοίωση προσεγγίζεται μέσω των παρακάτω βημάτων:

1. Μόλις ένα άτομο επιλεγεί από ολόκληρο τον πληθυσμό (όλα τα άτομα επιλέγονται τυχαία), ελέγχεται αν το άτομο πρέπει να εισέλθει στο σύστημα ή αν είναι ήδη εκεί.
2. Για να ελεγχθεί αν το άτομο εισέρχεται στο σύστημα χρησιμοποιείται η παράμετρος της ηλικίας και το αν έχει αμφίπλευρη ή μονόπλευρη απώλεια ακοής (αντίστοιχα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες καταστάσεις ή συνθήκες).
3. Τα άτομα που θεωρούνται "έγκυρα" να μπουν στο σύστημα, σημειώνονται ως πληθυσμός ενδιαφέροντος ( $P_i$ ).
4. Στην επόμενη επανάληψη, αν επιλεγεί ένα άτομο που βρίσκεται στο σύστημα, θα ελεγχθεί αν η προηγούμενη κατάσταση είναι  $P_i$  καθώς και για πόσες εβδομάδες είναι το άτομο στην κατάσταση αυτή, καθώς η αξιολόγηση παίρνει από μια έως δυο εβδομάδες για να ολοκληρωθεί (το διάστημα μπορεί να αλλάξει στο παράθυρο παραμέτρων αναλόγως των πληροφοριών που διατίθενται).

Πίνακας 15 Ορισμός Δεικτών Προσομοίωσης για Δημιουργία Πληθυσμού

<i>Person Id</i>	<i>Age</i>	<i>Gender</i>	<i>Income</i>	<i>Culture</i>	<i>Nationality</i>	<i>Legislation</i>	<i>Insurance</i>	<i>Economy</i>	<i>Hospital Coverage</i>	<i>Education</i>	<i>Residence</i>	<i>Random Event</i>	<i>BHL</i>	<i>UHL</i>
------------------	------------	---------------	---------------	----------------	--------------------	--------------------	------------------	----------------	--------------------------	------------------	------------------	---------------------	------------	------------

Πίνακας 16 Μεταβλητές και Αλληλεξαρτήσεις Ιατρικού Πλαισίου Συστήματος

μεταβλητή	εξάρτηση				
διαγνωστικό πλαίσιο	κόστος διάγνωσης	κόστος νοσηλείας	εργασιακός συντελεστής	αριθμός γιατρών	αποτέλεσμα εξέτασης
θεραπευτικό πλαίσιο	κόστος θεραπείας	κόστος επανελέγχων	αριθμός ειδικών	κοινωνικός συντελεστής	αποτέλεσμα θεραπείας
κόστος διάγνωσης	επιστημονική ακρίβεια	οικονομικός συντελεστής	ασφαλιστικός συντελεστής		
κόστος θεραπείας	επιστημονική ακρίβεια	οικονομικός συντελεστής	ασφαλιστικός συντελεστής	γεωγραφική κάλυψη	
κόστος νοσηλείας	οικονομικός συντελεστής	αποτέλεσμα εξέτασης	επιστημονική ακρίβεια		
κόστος επανελέγχων	επιστημονική ακρίβεια	ασφαλιστικός συντελεστής			
αριθμός γιατρών	πολιτικός συντελεστής	οικονομικός συντελεστής			
εργασιακός συντελεστής	οικονομικός συντελεστής	πολιτικός συντελεστής	εκπαιδευτικός συντελεστής		
κοινωνικός συντελεστής	εκπαιδευτικός συντελεστής	ασφαλιστικός συντελεστής			

5. Μόλις το άτομο είναι μεταξύ μιας και τριών εβδομάδων στο  $P_i$  (αξιολόγηση), γίνεται η απόφαση αν θα μεταβεί στην κατάσταση ανοιχτού φακέλου ή διάγνωσης ( $P_0, P_{tr}$ )
6. Η απόφαση της αξιολόγησης βασίζεται σε παράγοντες κόστους, την επιστημονική ακρίβεια και το διαθέσιμο χρόνο του γιατρού. Αυτό σημαίνει ότι σε μια συγκεκριμένη εβδομάδα υπάρχουν στον πλήρη χάρτη προσομοίωσης (πλήρης μήτρα καταστάσεων) καταστάσεις όπως  $P_i|P_d|$  ή  $P_i|P_{oc}|$  που δηλώνουν ότι εκείνη την εβδομάδα το άτομο μεταξύ των καταστάσεων  $P_i \rightarrow P_d$  ή  $P_i \rightarrow P_{oc}$  αντίστοιχα
7. Εάν το άτομο δεν αξιολογήθηκε λόγω των παραγόντων κόστους, αυτό ορίζεται ως εξής:  $P_i|Ne\$|$
8. Η λογική είναι παρόμοια για το πλαίσιο θεραπείας. Σε μια συγκεκριμένη εβδομάδα επιλέγεται κάποιο άτομο σε τυχαία βάση. Στη συνέχεια, ελέγχεται αν το άτομο βρίσκεται στο σύστημα ή αν πρέπει να εισέλθει στο σύστημα. Εάν το άτομο βρίσκεται ήδη στο σύστημα και εάν η προηγούμενη κατάσταση είναι  $P_d|$  φαίνεται ότι το άτομο είναι έτοιμο για να ακολουθήσει θεραπευτικό σχήμα. Εάν το άτομο αυτό είναι σε κατάσταση  $P_{tr}$  αξιολογείται εάν η θεραπεία πρέπει να συνεχιστεί ή όχι το πρόσωπο να μεταφερθεί σε  $P_{oc}$ . Στο πλαίσιο αξιολόγησης θεραπείας υπάρχουν συνθήκες όπως:  $P_d|Nt\$|$  που σημαίνει ότι το άτομο διαγνώστηκε αλλά δεν αντιμετωπίστηκε λόγω κόστους.
9. Κάθε άτομο μπορεί να εισέλθει στο σύστημα περισσότερο από μία φορά σε περίπτωση που η θεραπεία ολοκληρωθεί και έφυγε από το σύστημα (συνυπολογίζεται δηλαδή και το ενδεχόμενο για επανεπίσκεψη στο ιατρείο).

Οι καταστάσεις που σημειώνονται με  $N$  αναφέρονται σε περιπτώσεις όπου το άτομο δεν αξιολογήθηκε ή δεν κατάφερε να περάσει σε επόμενο στάδιο:

- $Ne\$$  - δεν αξιολογήθηκε λόγω κόστους
- $Nt$  - δεν αξιολογήθηκε λόγω έλλειψης χρόνου γιατρού

Όσον αφορά το κόστος υπολογίζεται ένα μέσο καθαρό εισόδημα, ενώ συμπεριλαμβάνεται και ένα μηνιαίο ποσοστό εξοικονόμησης μεταξύ δύο ποσοστιαίων τιμών (20 και 80%). Ελέγχεται επιπλέον αν η απόλυτη αξία της μηνιαίας αποταμίευσης καλύπτει το κόστος (λαμβάνοντας υπόψη μόνο την εκατοστιαία αξία που υποστηρίζει το άτομο, εξαιρουμένης της ασφαλιστικής κάλυψης). Μέσω της εφαρμογής προσφέρονται δυνατότητες παραγωγής στατιστικών όπως: ο αριθμός των ατόμων που δεν αξιολογήθηκαν ή δεν ακολούθησαν κάποιο θεραπευτικό σχήμα λόγω εισοδήματος.

#### 5.4.3 Σενάρια Προσομοίωσης

Το πλαίσιο προσομοίωσης της εφαρμογής αφορά δυο σενάρια βάσει των δεδομένων που διατίθενται για την επαλήθευση και την εξακρίβωση της σωστής λειτουργίας του πλαισίου. Στη συνέχεια υλοποιούνται τρία υποθετικά σενάρια για τη διαμόρφωση ενός

πλαίσιου στην Περιφερειακή Ενότητα Λέσβου με χρήση των μηχανισμών του μέσο- και μακρο-επιπέδου δεδομένων από τις άλλες χώρες. Στον Πίνακα 17 απεικονίζονται όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν στην παρούσα διδακτορική διατριβή.

### Σενάριο 1

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 5.2, δεν υπάρχει σύστημα νεογνικού ελέγχου ακοής στην Περιφέρεια Λέσβου. Το ΚΕΝ (Κλειστό Ενοποιημένο Νοσήλειο) Λ26Α<sup>22</sup> για προγεννητική και άλλη μαιευτική εισαγωγή ορίζει το κόστος στα €200 για νοσηλεία πέντε ημερών και το ΚΕΝ Λ20Α<sup>23</sup> ορίζει το κόστος στα €600 για τον τοκετό (φυσιολογικό) για τρεις ημέρες, επομένως το συνολικό κόστος ανέρχεται στα €800. Το κόστος εξέτασης για ΩΑΕ είναι στα €50. Θεωρείται αρχικά διάστημα μελέτης ο ένας μήνας (τέσσερις εβδομάδες) και πληθυσμός 70 ατόμων (δεδομένου ότι στο νησί της Λέσβου ετησίως υπάρχουν 600 γεννήσεις) και στη συνέχεια διάστημα μελέτης ο ένας χρόνος (48 εβδομάδες) και πληθυσμός 700 ατόμων. Η μέση τιμή ετήσιου οικογενειακού εισοδήματος είναι στα €14.000 σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής<sup>24</sup>. Επιπλέον θεωρείται ότι 2% του πληθυσμού έχει ενδείξεις μονόπλευρης απώλειας ακοής και 1% αμφίπλευρης απώλειας ακοής (δηλαδή, δύο στα 70 βρέφη θα αντιμετωπίσουν πρόβλημα και 21 βρέφη στα 700 αντίστοιχα), βάσει των στατιστικών από το μέσο και μακρο επίπεδο. Η παράμετρος  $\lambda$  των εκθετικών κατανομών ορίζεται στα 0.02 (θεωρείται ότι οι αλλαγές σε παραμέτρους, όπως το νομοθετικό και εκπαιδευτικό πλαίσιο συμβαίνουν σε διάστημα ενός χρόνου)

Στα δυο πρώτα σενάρια, δεν λαμβάνεται υπόψη η παράμετρος της ηλικίας (τα βρέφη θεωρούνται όλα ηλικίας μηδέν (0) ετών). Σκοπός των δυο πρώτων σεναρίων είναι η επαλήθευση της δυνατότητας ανίχνευσης των ορισμένων περιστατικών στις αλλαγές κατάστασης, βάσει των υποθέσεων που έχουν γίνει.

Πίνακας 17 Σενάρια Προσομοίωσης

Σενάριο	1	2	3	4	5
Πληθυσμός	70	700	700	700	700
Αριθμός ιατρών	1 (3)	1(3)	3(6)	1(3)	1(3)
Ώρες εργασίας (h)	4-8	4-8	4-8	4-8	4-8
Διάστημα αξιολόγησης (εβδομάδες)	0.5-1	0.5-1	0.5-1	0.5-1	0.5-1
Κόστος εξέτασης (€)	60	60	60	60	40
Κόστος παραμονής (€)	180	180	180	180	180
Εβδομαδιαίο Κόστος €	800	800	800	800	800
Ετήσιο Εισόδημα (€)	14000	14000	14000	14000	14000
Ποσοστό Ασφάλισης (%)	60	60	60	90	60
Ποσοστά Βαρηκοΐας (BHL-UHL) (%)	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2

<sup>22</sup> [shorturl.at/uA678](https://shorturl.at/uA678)

<sup>23</sup> [shorturl.at/fnWX7](https://shorturl.at/fnWX7)

<sup>24</sup> <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SEL33/->

Από τον Πίνακα 22 (Παράρτημα) που αφορά το σενάριο 1, παρατηρείται ότι τα βρέφη με αναγνωριστικό αριθμό 46 και 70 έχουν ενδείξεις για βαρηκοΐα, μονόπλευρη και αμφίπλευρη αντίστοιχα. Στον Πίνακα 23 με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τις τέσσερις εβδομάδες, παρατηρείται ότι και οι δυο περιπτώσεις έχουν αναγνωριστεί ως περιστατικά εντός της πρώτης εβδομάδας. Συγκεκριμένα, η περίπτωση (70) έχει διαγνωστεί εντός της δεύτερης εβδομάδας, ενώ η άλλη περίπτωση (46) έχει δεύτερη επίσκεψη στο σύστημα την τέταρτη εβδομάδα, λόγω του ότι τη δεύτερη εβδομάδα χαρακτηρίστηκε ως “ανοιχτή” υπόθεση. Επιπλέον, υπάρχουν άλλες έξι περιπτώσεις, που ενώ έχουν περαστεί ως περιστατικά στο σύστημα, γεγονός το οποίο οφείλεται στον υπολογισμό της παραμέτρου που σχετίζεται με την επιστημονική ακρίβεια της εξέτασης (εμπειρία του γιατρού, τα αποτελέσματα εξετάσεων μπορεί να έδειξαν κάποιον παράγοντα κινδύνου) και τον οικονομικό συντελεστή (το κόστος του διαγνωστικού πλαισίου δεν μπορούσε να καλυφθεί από την οικογένεια) δεν προχώρησαν τελικά σε κάποιο επόμενο στάδιο.

Στην Εικόνα 44 δίνονται τα στατιστικά μετακίνησης ατόμων στους διάφορους πληθυσμούς τα οποία εξετάστηκαν από τους ιδιώτες γιατρούς ΩΡΛ. Στην Εικόνα 45 απεικονίζεται η συχνότητα εμφάνισης περιστατικών ανά εβδομάδα βάσει της προσομοίωσης. Τα παραγόμενα αποτελέσματα συζητήθηκαν και επαληθεύτηκαν ως προς την πραγματικότητα, βάσει του αριθμού επισκέψεων για τηνστα ιδιωτικά ιατρεία του νησιού.

## Σενάριο 2

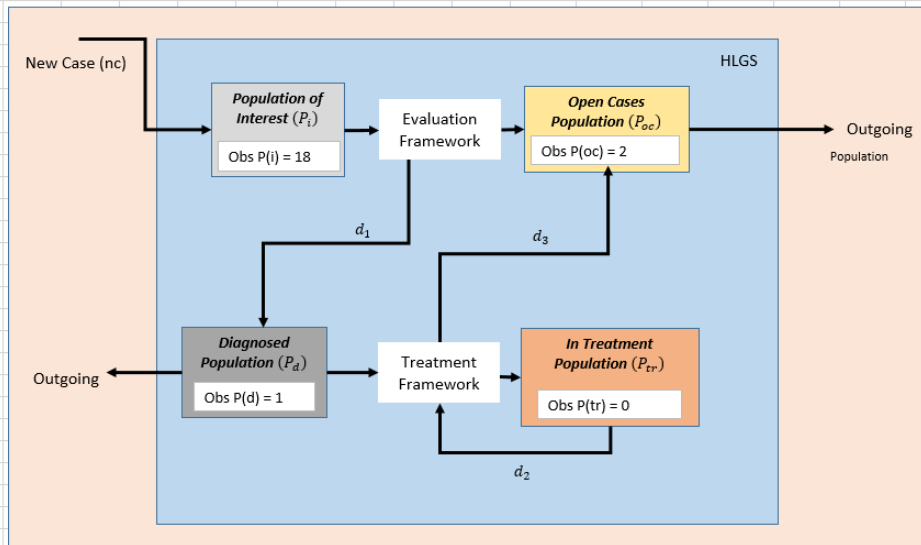
Το δεύτερο σενάριο σχετίζεται με την μελέτη 700 ατόμων στην περίοδο ενός χρόνου (48 εβδομάδες) και τον όγκο ασθενών που διαχειρίζονται οι γιατροί στην Περιφέρεια της Λέσβου, λαμβάνοντας υπόψη την παρούσα κατάσταση στο νησί. Στους Πίνακες 20 και 21 του Παραρτήματος απεικονίζονται τα στατιστικά μετακίνησης του πληθυσμού. Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, αναλύεται αρχικά η ενδεικτική περίπτωση ενός ατόμου με αμφίπλευρη βαρηκοΐα (υπ’ αριθμόν 242) με τα παρακάτω στοιχεία και στη συνέχεια το σύνολο του πληθυσμού με μονόπλευρη και αμφίπλευρη βαρηκοΐα.

Πίνακας 18 Σενάρια Προσομοίωσης

Person Id	Age	Gender	Income	Cultural	Nationality	Legislation	Insurance	Economic Status	Hospital Coverage	Educational	Residence	PandE/vt	UHL	BHL
242	0	0	10000	87	200	26.4	27.2	37.8	45.8	133	0	1	0	1



Metric	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Total
Num Obs P(i)	5	6	3	4	18
Num Obs P(d)	0	1	0	0	1
Num Obs P(tr)	0	0	0	0	0
Num Obs P(oc)	0	1	0	1	2
Num Doctors	2	2	2	2	
Avg Minutes Doctor	270	240	180	300	



Simulation Parameters

**Population General Parameters**

Population Size: 70    UHL (%): 2    BHL (%): 1

**Annual Income Parameters (Log-Normal Distribution)**

Mean Value: 14000    Std Deviation: 5000

**Applies to Age attribute or Age related / influenced decisions (Normal Distribution)**

Mean Value: 0    Std Deviation: 0.5

**Exponential Distribution Parameters, applies to Nation-related factors, slow pace changes**

Lambda: 0.02

**Simulation Parameters**

Number of Weeks: 4    Min Number Doctors: 1    Max Number Doctors: 3

Min Working Hours: 4    Max Working Hours: 8

Min Session Time (mins): 30    Max Session Time (mins): 45

Min Eval. Weeks: 0.5    Max Eval. Weeks: 1

Evaluation Exam Cost (€): 60

Eval. Accomm. Daily Cost (€): 180

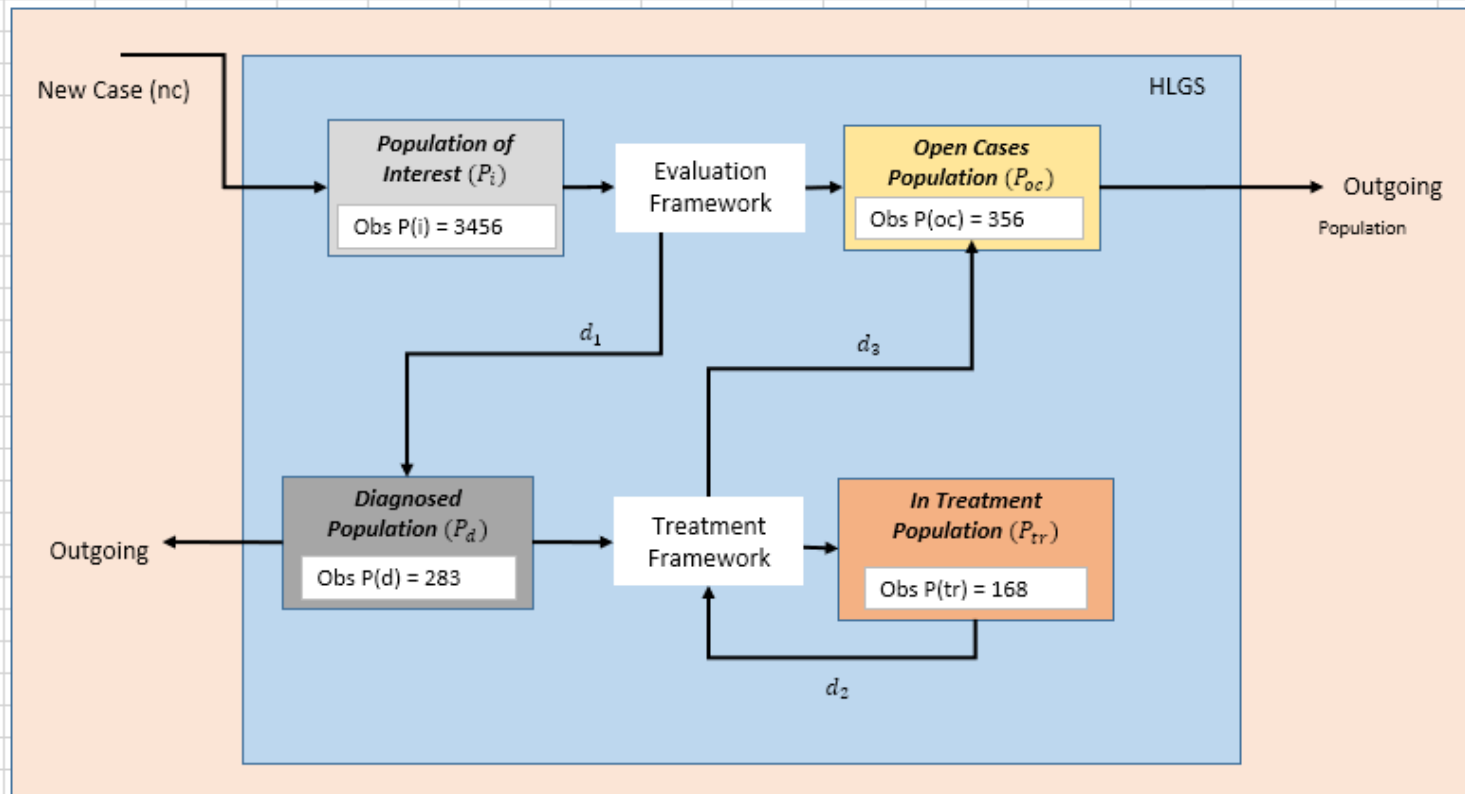
Treat. Accomm. Week Cost (€): 800

Avg Insurance Coverage (%): 60

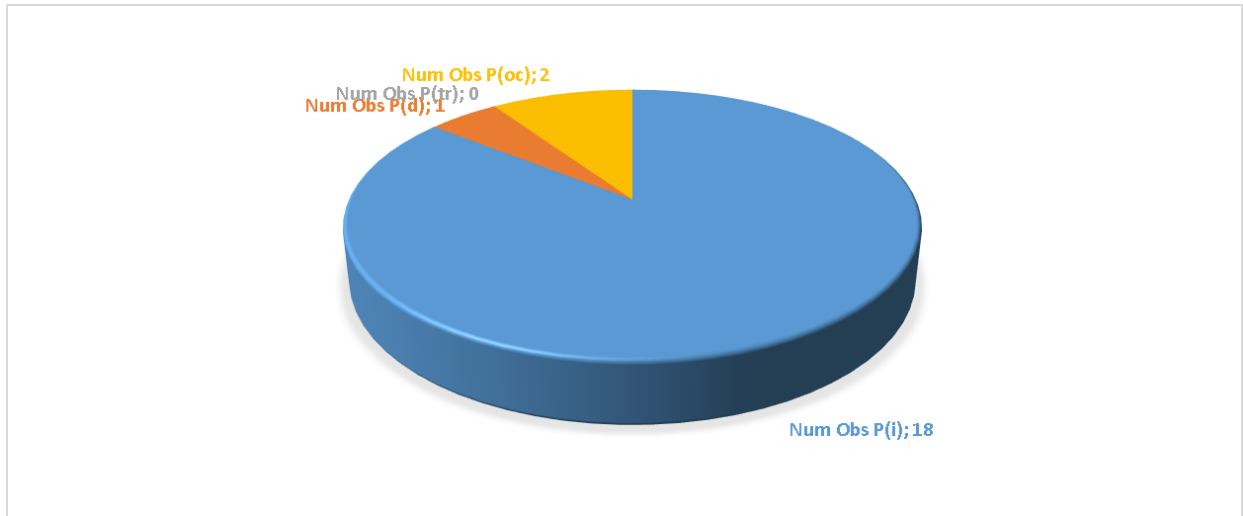
Generate Base Population    Run Simulation    Cancel    Exit

Εικόνα 42 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Σεναρίου 1

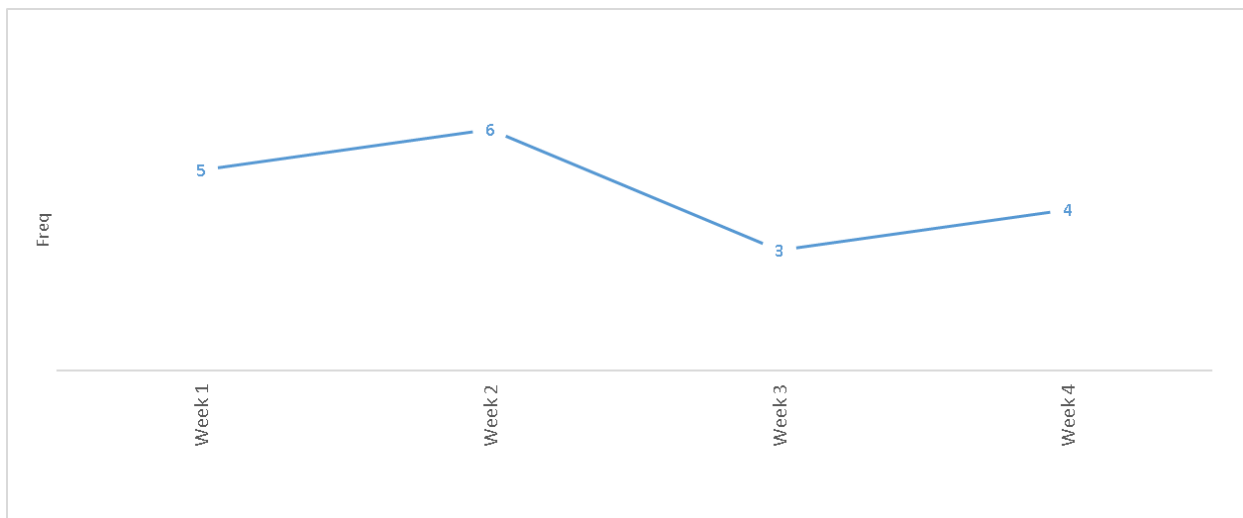
Metric	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17
Num Obs P(i)	44	71	67	74	74	71	66	72	70	68	66	65	66	64	71	71	62
Num Obs P(d)	0	2	11	2	7	4	3	5	11	5	1	3	1	1	1	8	5
Num Obs P(tr)	0	0	0	0	5	7	4	2	0	1	3	4	3	2	1	0	0
Num Obs P(oc)	0	4	6	4	12	6	4	9	9	8	3	5	5	4	13	7	11
Num Doctors	3	1	3	1	3	2	1	2	3	2	1	1	1	1	2	2	2
Avg Minutes Doctor	240	240	280	240	300	270	180	270	240	270	240	360	240	180	240	270	300



Εικόνα 43 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Σεναρίου 2



Εικόνα 44 Στατιστικά Μετακίνησης Πληθυσμών για το Σενάριο Προσομοίωσης 1



Εικόνα 45 Αριθμός Αναγνωρισμένων Περιστατικών Σεναρίου Προσομοίωσης 1

Η πορεία του βρέφους υπ'αριθμόν 242 στο σύστημα απεικονίζεται στον Πίνακα 19. Παρατηρείται ότι ενώ η αμφίπλευρη βαρηκοΐα ανιχνεύεται εντός της πρώτης εβδομάδας, λόγοι όπως έλλειψη χρόνου από τον γιατρό (*Net*) και το κόστος για την θεραπεία (*Nesf, Ne\$*), αποτρέπουν την άμεση μετάβαση του βρέφους στον πληθυσμό υπό θεραπεία για αρκετό διάστημα, κάτι το οποίο φαίνεται να συμβαίνει την 46η εβδομάδα, περίπου στον ένα χρόνο μετά τη γέννησή του.

Πίνακας 19 Πορεία βρέφους 242 στο σύστημα

242	week	242	week
Pil	W27	Pil	W1
Pil Pocl	W28	Pil Netl	W2
X	W29	Pil	W3
Pil	W30	Pil Nesfl	W4
Pil Pocl	W31	Pil	W5
X	W32	Pil Nesfl	W6
Pil	W33	Pil	W7
Pil Netl	W34	Pil Netl	W8
Pil	W35	Pil	W9
Pil Netl	W36	Pil Pocl	W10
Pil	W37	X	W11
Pil Ne\$	W38	Pil	W12
Pil	W39	Pil Netl	W13
Pil Netl	W40	Pil	W14
Pil	W41	Pil Netl	W15
Pil Netl	W42	Pil	W16
Pil	W43	Pil Pocl	W17
Pil Pdl	W44	X	W18
Pdl	W45	Pil	W19
Pdl Ptrl	W46	Pil Netl	W20
Pil	W47	Pil	W21
X	W48	Pil Netl	W22
X	W49	Pil	W23
X	W50	Pil Netl	W24
X	W51	Pil	W25
X	W52	Pil Netl	W26

Τα γενικότερα χαρακτηριστικά του πληθυσμού βρίσκονται στα διαγράμματα των Εικόνων 46-51 που βρίσκονται στο Παράρτημα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της μετακίνησης των περιπτώσεων με την μονόπλευρη και αμφίπλευρη βαρηκοΐα, που φαίνεται στον Πίνακα 20.

Συγκεκριμένα, από τα 21 περιστατικά, τα 19 διαγνώστηκαν επιτυχώς (90%), ενώ δύο περιστατικά δεν ανιχνεύθηκαν. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά κοντά στα επίπεδα ανίχνευσης πληθυσμού στο μακρο-επίπεδο (τα ποσοστά ανίχνευσης στην Πολωνία φτάνουν το 98.4%). Επιπλέον, από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης φαίνεται ότι τα άτομα που εντοπίστηκαν προσεγγίζουν αρκετά καλά τόσο τα στοιχεία του μέσο-επιπέδου του δήμου Pazardzhik (0.027% στο σενάριο 2 έναντι 0.02% στο δήμο Pazardzhik) όσο και τα στοιχεία του μακρο-επιπέδου (0.01% στη χώρα της Πολωνίας), όπως και τα αντίστοιχα στοιχεία που παρέχονται σε πρόσφατη έρευνα που διεξήχθη στο Αττικό [100], όπου το 0.013% (5/2494 νεογνά) των περιπτώσεων του πληθυσμού που διαγνώστηκε στο Αττικό Νοσοκομείο πρέπει να ακολουθήσει θεραπευτικό σχήμα. Επιπλέον, το αποτέλεσμα των 11/17 περιστατικών (64.7%) που οδηγήθηκαν σε κάποιο θεραπευτικό σχήμα, επαληθεύει την παρούσα κατάσταση στο νησί της Λέσβου, καθώς και τις αρχικές υποθέσεις που είχαν τεθεί, λόγω της έλλειψης κάποιου συστήματος καταγραφής νεογνικού ελέγχου ακοής.

### Σενάρια 3, 4 και 5

Τα επόμενα σενάρια προσομοίωσης αφορούν την μετατροπή τριών ενδεικτικών παραμέτρων (αύξηση αριθμού γιατρών από τρεις σε έξι, αύξηση μέτρων υγειονομικής ασφάλισης στον πληθυσμό στο 90% και μείωση του κόστους εξέτασης στα €40) για τον ίδιο πληθυσμό.

Πίνακας 20 Συνολικός αριθμός Μετάβασης Διαγνωσμένων Περιστατικών Σεναρίου 2

Περιπτώσεις	Αριθμός Επισκέψεων ( $P_d$ )	Αριθμός Επισκέψεων ( $P_{tr}$ )
38	12	0
41	4	2
48	18	3
54	9	0
61	16	0
75	21	0
187	4	3
213	0	0
242	3	1
259	6	4
316	9	4
351	8	2
455	6	4
490	9	0
550	6	4
563	6	0
572	0	0
582	20	3
592	9	2
645	14	0
690	7	0

Παρατηρείται ότι η αύξηση των ασφαλιστικών ρυθμίσεων στον πληθυσμό επιφέρει τη μεγαλύτερη αύξηση στον αριθμό των επισκέψεων (μετάβασης σε μια κατάσταση), σε αντίθεση με την αύξηση του αριθμού των γιατρών και τη μείωση του κόστους εξέτασης (Πίνακας 21). Αυτό εξηγείται και από την πρόσφατη έρευνα σχετικά με την αίσθηση ασφάλειας των πολιτών σχετικά με την παροχή υπηρεσιών υγειονομικής φροντίδας [179]. Συνολικά και οι τρεις παρεμβάσεις στην υπάρχουσα κατάσταση επιφέρουν αύξηση

του συνολικού αριθμού επισκέψεων συγκριτικά με την παρούσα κατάσταση. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων βρίσκονται στο Παράρτημα (Εικόνες 53-55).

Πίνακας 21 Αποτελέσματα Περιστατικών Προσομοίωσης Σεναρίων 3, 4 και 5

Γερίπώσεις	Αριθμός σε κατάσταση ( $P_d$ ) [Σ2, 3, Σ4, Σ5]				Αριθμός σε κατάσταση ( $P_{tr}$ ) [Σ2, Σ3, Σ4, Σ5]			
38	12	11	7	11	0	1	3	0
41	4	5	21	3	2	2	1	1
48	18	6	8	3	3	1	5	0
54	9	10	6	14	0	2	0	1
61	16	8	12	6	0	2	0	3
75	21	13	5	11	0	3	0	2
187	4	9	4	6	3	4	3	1
213	0	0	8	0	0	0	0	0
242	3	7	9	12	1	0	0	1
259	6	3	20	3	4	5	3	1
316	9	3	21	4	4	1	0	0
351	8	16	7	6	2	7	2	0
455	6	3	15	7	4	1	1	2
490	9	6	4	11	0	2	4	0
550	6	16	7	19	4	3	1	0
563	6	12	13	11	0	2	1	1
572	0	3	9	15	0	1	2	7
582	20	15	15	6	3	2	3	0
592	9	3	7	4	2	4	4	5
645	14	7	11	5	0	1	0	4
690	7	4	13	15	0	1	1	3
#ανεκτέλεστων μεταβάσεων	2	1	0	1	10	2	7	8

## 5.5 Συζήτηση

Τα παραπάνω σενάρια είχαν ως σκοπό να δείξουν τις επιπτώσεις που υπάρχουν στη λήψη αποφάσεων σε μικρο-, μέσο- και μακρο- επίπεδο, με ανθρωποκεντρικά κριτήρια. Η επαλήθευση των στοιχείων που χρησιμοποιούνται στα τρία τελευταία σενάρια δεν αποτελούν περιεχόμενο αυτής της έρευνας, τόσο λόγω των αλλαγών που πρέπει να αντικατοπτριστούν στα παραπάνω σενάρια μέσω της πραγματικής εφαρμογής τους, όσο και λόγω του χρονικού πλαισίου στο οποίο πρέπει να μελετηθούν. Οι ελλείψεις σε δεδομένα, σχέσεις και αλληλεπιδράσεις που υπάρχει στο χώρο της ακουστικής υγείας εντοπίζονται τόσο στο μικρό-επίπεδο, όσο και στο μέσο-επίπεδο και το μακρο-επίπεδο των οριζόμενων συστημάτων νεογνικού ελέγχου που μελετήθηκαν. Ειδικότερα για το νησί της Λέσβου (που αποτελεί μια μικρό-εικόνα του υγειονομικού συστήματος στην Ελλάδα) και δεδομένου ότι μέχρι σήμερα δεν έχει καθιερωθεί πλήρως ο νεογνικός έλεγχος ακοής στο υγειονομικό σύστημα στην Ελλάδα, τα παραπάνω σενάρια μπορούν να ενισχυθούν από κάποιες κατευθυντήριες οδηγίες, βασιζόμενα στις περιπτώσεις στο δήμο Pazardzhik στη Βουλγαρία αλλά και στην Πολωνία:

- Κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος ακοής αμέσως μετά τη γέννηση, όπως η εξέταση για τον ίκτερο, και η ύπαρξη εξοπλισμού στα δημόσια νοσοκομεία και στις ιδιωτικές κλινικές τουλάχιστον για την παροχή εξετάσεων ΩΑΕ. Με την αλλαγή αυτή θα μπορούν να κατευθυνθούν οι γονείς σωστά, σε περίπτωση παθολογίας, για να αποφευχθεί πιθανό επιπλέον κόστος, δεδομένου ότι υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες ανακαλύπτεται η βαρηκοΐα, αφού το παιδί έχει ξεκινήσει την βασική του σχολική εκπαίδευση, και έχουν πιθανόν δαπανηθεί χρήματα σε λογοθεραπευτές, επαναλήψεις εργαστηριακών εξετάσεων, επισκέψεις σε ιατρούς.
- Να υπάρχει ενημέρωση των γονιών για την σημαντικότητα της εξέτασης κατά τις πρώτες ημέρες της γέννησης, καθώς η ψυχολογική επίπτωση στους γονείς σε περίπτωση μη έγκυρης διάγνωσης και αντιμετώπισης [100] είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη.
- Η ενημέρωση των παιδιάτρων, των γυναικολόγων και των νεογνολόγων σχετικά με την παραπομπή αλλά και την μετέπειτα παρακολούθηση της ακουστικής εξέλιξης του παιδιού αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα θετικής επιρροής που αφορά την απόφαση των γονέων, κυρίως σε παθολογικά αποτελέσματα των ΩΑΕ.

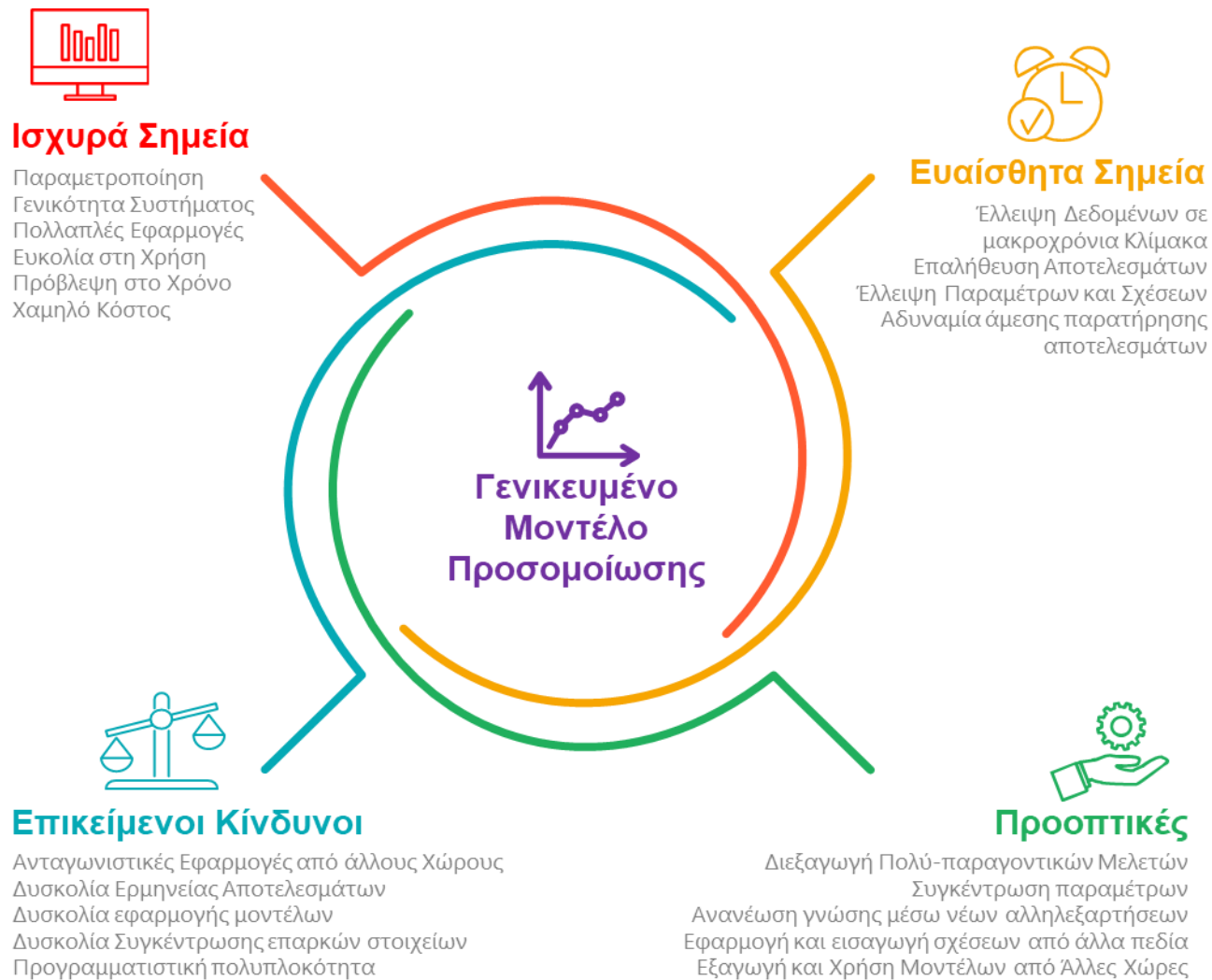
Σκοπός ήταν να υλοποιηθεί και να εξακριβωθεί η δυνατότητα εφαρμογής ενός εργαλείου βασισμένου στη ΓΘΣ, με γενικό και προσαρμόσιμο πλαίσιο εφαρμογής, ικανό να εμπλουτιστεί με δεδομένα και να χρησιμοποιηθεί σε ένα χώρο, όπως αυτόν της ακουστικής υγείας, που κυριαρχείται από έλλειψη και ανάγκη τέτοιων προσεγγίσεων. Είναι εμφανές ότι μια πληθώρα άλλων παραγόντων επηρεάζουν την Υγεία, οι οποίοι δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής των παραδοσιακών θεωριών. Η εκπαίδευση, η πολιτιστική συνείδηση, τα προγράμματα κοινωνικής στήριξης και οι δημόσιες πολιτικές έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην εξέλιξη των στάσεων, των αντιλήψεων, των γνώσεων και των πρακτικών που προωθούν την Υγεία. Αυτά επαφίενται στη σφαίρα άλλων θεωριών, που προσφέρουν προοπτικές οι οποίες δεν λαμβάνονται συχνά υπόψη

κατά την εξέταση της πολυπλοκότητας των κοινωνικο-τεχνικών και υγειονομικών συστημάτων. Αυτές οι θεωρίες έχουν ιδιαίτερη βαρύτητα όταν εφαρμόζονται σε ασθενείς των οποίων η υγεία δεν εμπίπτει στον έλεγχο τους ή σε επίπεδο οργανισμού.

Τα συστήματα παροχής υγειονομικής περίθαλψης είναι σύνθετα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα που ορίζονται από δυναμικά δίκτυα εσωτερικών συνιστωσών (άνθρωποι, τεχνολογίες, διαδικασίες, οργανωτικές και εργασιακές δομές) και περιβαλλοντικές επιρροές (τεχνολογικές τάσεις, αγορές / οικονομίες, κανονισμοί / πολιτική και πληθυσμοί). Τα συστήματα εξακολουθούν να είναι προσαρμοσμένα κατά κύριο λόγο σε ένα συμβατικό μοντέλο παροχής κεντρικής, αντιδραστικής, επεισοδιακής και πληθυσμιακής φροντίδας. Οι παρεμβάσεις υγειονομικής περίθαλψης πρέπει συχνά να προσαρμόζονται στο σύστημα στο οποίο θα εφαρμοστούν. Έχει αρχίσει να γίνεται αντιληπτό από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους φορείς παροχής φροντίδας υγείας ότι πολλά εμπόδια, όπως η αναποτελεσματικότητα της διαδικασίας, οι περιορισμοί του προϋπολογισμού, το αυξανόμενο κόστος υιοθεσίας τεχνολογίας και η έλλειψη προσωπικού φροντίδας, πρέπει να αναγνωριστούν για να αντιμετωπιστεί η πολυπλοκότητα των προβλημάτων. Η ΓΘΣ και η αντίστοιχη έρευνα σε συστημικό επίπεδο, όπως φαίνεται και από την παραπάνω εφαρμογή του γενικευμένου μοντέλου, προσφέρει δυνατότητες αξιολόγησης των συστημάτων αυτών, εξετάζοντας τις αλληλοσυσχετίσεις των επιμέρους στοιχείων, τις μετακινήσεις και τις καταστάσεις ενός πληθυσμού με ανθρωποκεντρική προσέγγιση, αλλά και τον πιθανό αντίκτυπό τους στην ποιότητα και το κόστος των προσφερόμενων υπηρεσιών. Οι επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις οφείλουν να οδηγήσουν σε μια μετατόπιση των παραδειγμάτων, με μια τροχιά περισσότερο συγκεντρωμένη στον ασθενή και πιο ανθρωποκεντρική, πέρα από τον κλινικό και τεχνολογικό-επιχειρηματικό χαρακτήρα τους.

Ολοκληρώνοντας την παρούσα ενότητα, χρησιμοποιούνται στοιχεία από τον επιχειρηματικό χώρο για να αναδειχθούν τα στοιχεία του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος που επιδρούν σε σχέση με τους στόχους που έχει θέσει η εφαρμογή και η παρούσα διδακτορική διατριβή ή με σκοπό την επίτευξή τους. Η Εικόνα 46 δείχνει μια SWOT (Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats: Ισχυρά σημεία, Ευαίσθητα σημεία, Προοπτικές, Επικείμενοι Κίνδυνοι) ανάλυση της εφαρμογής και της προσέγγισης που δίνεται από την παρούσα διδακτορική διατριβή. Ο σκοπός της προσέγγισης αυτής είναι να δημιουργηθεί μια πιο ισχυρή παρέμβαση, μέσω ενός προσομοιωτικού εργαλείου για να αναγνωριστούν και να μελετηθούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ανθρώπινης συμπεριφοράς, ιατρικού και κοινωνικο-πολιτικού περιβάλλοντος αλλά και της τεχνολογίας. Με αυτόν τον τρόπο, θα ενισχυθεί η ενημέρωση των σχεδιαστών αντίστοιχων συστημάτων υγείας, των ερευνητών, των επαγγελματιών στον τομέα της υγείας και των πολιτικών ιθυνόντων. Υπογραμμίζοντας την πολυπλοκότητα των σημερινών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης μέσα από το παράδειγμα του νεογνικού ελέγχου σε τρεις χώρες αναδεικνύεται η ανάγκη για περαιτέρω κατανόηση των συστημάτων προκειμένου να προσδιοριστούν αποτελεσματικές παρεμβάσεις. Η σύνδεση στρατηγικών που σχετίζονται με τη ΓΘΣ και βασίζονται σε αντίστοιχα μοντέλα μπορεί να οδηγήσει σε μια ισχυρή βάση για το σχεδιασμό παρεμβάσεων και πλαισίων λειτουργίας στην υγειονομική περίθαλψη.





Εικόνα 46 SWOT ανάλυση γενικευμένου μοντέλου προσομοίωσης

---

*“Είχε συλλάβει τη σοφία και στο τέλος της μακράς πορείας μέσα στα χρόνια είχε βρει την άγνοια. Τι άλλο; σκέφτηκε. Τι άλλο; Τι περίμενες; ρώτησε τον εαυτό του”*

*Ο Στόουνερ,  
John Williams*

---

## 6 Κύρια Ευρήματα και Μελλοντικές Κατευθύνσεις

### 6.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει επιτακτικές οι ανάγκες της αλληλεξάρτησης και της μείωσης των ατελειώτων πολυπλοκοτήτων. Υπάρχει ανάγκη να προκύψουν διαχειρίσιμες απλότητες που απαιτούν μια λειτουργική μεθοδολογία συστημάτων, ένα ολιστικό πλαίσιο αναφοράς που θα επιτρέψει να επικεντρωθεί το ενδιαφέρον στα σχετικά ζητήματα και να αποφευχθεί η ατελείωτη αναζήτηση για περισσότερες λεπτομέρειες, ενώ συνεχίζεται ο πολλαπλασιασμός άχρηστων πληροφοριών. Αντίθετα από μια ευρέως διαδεδομένη πεποίθηση, η δημοφιλής αντίληψη μιας διεπιστημονικής προσέγγισης δεν είναι μια προσέγγιση συστημάτων. Η ικανότητα σύνθεσης ξεχωριστών ευρημάτων σε ένα συνεκτικό σύνολο είναι πολύ πιο κρίσιμη από την ικανότητα παραγωγής πληροφοριών από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Και ο λόγος είναι ότι υπάρχουν ή μπορούν να αποκτηθούν όλες αυτές οι πληροφορίες από τις διάφορες οπτικές στη σημερινή εποχή. Εντούτοις τα υπάρχοντα συμβατικά εργαλεία δεν είναι πλέον ικανά να αντιμετωπίσουν τις αναδυόμενες πολυπλοκότητες.

Τα μεγάλα δεδομένα (big data) έχουν τη θέση τους στον χώρο της υγείας, χωρίς βεβαίως την αποδοχή του ότι "τα περισσότερα (δεδομένα) είναι και καλύτερα". Ανάλογα με τον τύπο και τους στόχους που υπάρχουν, τα μεγάλα δεδομένα καταλήγουν σε μια περίπλοκη και δύσκολη στη διαχείρισή τους κατάσταση. Εξαιτίας αυτού, μπορεί να θεωρηθούν ως "ακατέργαστα" δεδομένα. Είναι πληροφορίες που μπορεί να χρησιμοποιηθούν, αλλά χρειάζονται πρώτα τα κατάλληλα εργαλεία οργάνωσης και οπτικοποίησης δεδομένων που απαιτούνται για να γίνει η πληροφορία που διαθέτουν χρήσιμη. Αυτό δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Σκοπός δεν είναι να υπάρχουν δύσκολες και δύσχρηστες εφαρμογές και εργαλεία, αλλά να υπάρχει καλύτερη αξιοποίηση και εξήγηση στα υπάρχοντα, με κατάλληλη ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών προς γενικό όφελος.

Ο στόχος της παροχής υγειονομικής περίθαλψης θα πρέπει να είναι η χρήση των δεδομένων και των μοντέλων με έξυπνο τρόπο. Ειδικά τα τελευταία χρόνια, οι γιατροί είναι σε σύγχυση από αυτό που αναφέρεται ως "το παράδοξο των ιατρικών δεδομένων" (physician data paradox<sup>25</sup>) [180], δηλαδή ενώ είναι υπερφορτωμένοι με την είσοδο δεδομένων είναι ακόμη ανεπαρκώς ενημερωμένοι. Υπάρχουν αρκετά προβλήματα ακόμη σχετικά με την αποτελεσματικότητα και τα ευρήματα της έρευνας που βασίζεται στα υγειονομικά δεδομένα, όπως προβλήματα που σχετίζονται με την ασφάλεια, την ιδιωτική ζωή των ασθενών, την ασυμβατότητα μιας πλατφόρμας και το κόστος δημιουργίας δεδομένων. Σήμερα, μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό των Οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης φαίνεται να οδηγεί τις εξελίξεις στις αναλύσεις δεδομένων για την υγειονομική περίθαλψη. Η μεγάλη πλειοψηφία βρίσκεται σε αρχικό στάδιο στη διαδικασία επιχειρηματικής πληροφόρησης / ανάλυσης ή ακόμη δεν έχει ξεκινήσει.

<sup>25</sup> <https://www.healthcareittoday.com/2016/06/29/physician-data-paradox/>

Είναι σαφές ότι υπάρχει ανάγκη τόσο για αλλαγή νοοτροπίας, όσο και για καλύτερη αξιοποίηση των τεχνολογιών διαχείρισης, αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

## 6.2 Κύρια Ευρήματα

Η εφικτότητα της ανάπτυξης ενός συστήματος αναφοράς και ενσωμάτωσης παραμέτρων σε ένα πολυ-επίπεδο περιβάλλον ακουστικής (και όχι μόνο) υγείας που να είναι σύμφωνο με τις βασικές αρχές της γενικευμένης θεωρίας συστημάτων, θεωρείται ως κύριο εύρημα της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Στην αρχή αυτού του ερευνητικού εγχειρήματος, εξ όσων ήταν γνωστά από την πρόσφατη βιβλιογραφία, δεν υπήρχαν τέτοια συστήματα στην πράξη. Υπήρχαν αμφιβολίες ως προς το αν θα ήταν δυνατόν να αναπτυχθεί ένα σύστημα ανάλογης συμπεριφοράς και επίσης, αν θα ήταν δυνατόν (α) η αναγνώριση των επιπέδων που συμβάλλουν στους παράγοντες ακουστικής υγείας και (β) η αναφορά σε συστημικά, και όχι μόνο μεμονωμένες εμπέλειας, θέματα που σχετίζονται με τη διαχείριση, τη ρύθμιση και την διακυβέρνηση.

Στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής παρουσιάστηκε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση και εφαρμογή ενός θεωρητικού πλαισίου σε έναν νευραλγικό χώρο της υγειονομικής περίθαλψης, αυτόν της ακουστικής υγείας. Ακολουθήθηκε μια μη συμβατική προσέγγιση και ένας πρακτικός προσανατολισμός με θεωρητική στήριξη. Αναδείχτηκε το ότι ο τομέας της ακουστικής υγείας και της ακουολογίας έχει ανάγκη από διαφορετικά επίπεδα εξήγησης, από το μικρο- μέχρι το μακρο-επίπεδο. Ένας από τους λόγους αυτής της προσέγγισης είναι ίσως γιατί η ακοή ως αίσθηση είναι αρκετά υποκειμενική για να αντιμετωπιστεί αντικειμενικά. Για αυτόν το λόγο χρειάζεται μια συστημική προσέγγιση, όχι τόσο για να προβλεφθεί το μέλλον, αλλά για να κατανοηθούν οι διάφορες διαστάσεις (ανάμεσά τους η λογική, συναισθηματική και πολιτισμική) των καταστάσεων που συνδέονται με τα προβλήματα της ακουστικής υγείας και το σχεδιασμό της επίλυσής τους.

Πρέπει επίσης να τονιστεί η σημασία της υιοθέτησης μιας επαναληπτικής προσέγγισης σχεδιασμού, η οποία συμπεριλαμβάνει πολλαπλές ευκαιρίες για τη δοκιμή και την τελειοποίηση των στοιχείων του συστήματος αναφοράς και της αναγνώρισης παραγόντων που επηρεάζουν την έκβαση των αποτελεσμάτων σε χρονική έκταση.

Υπάρχει ένα χάσμα που χαρακτηρίζεται από διαφορές στις μεθόδους που εφαρμόζουν οι επιστήμονες ερευνητές και οι επαγγελματίες στο χώρο της υγείας στη διερεύνηση/αντιμετώπιση των ίδιων θεμάτων. Οι διάφοροι περιορισμοί στην ικανότητα των επαγγελματιών να χρησιμοποιούν σχετικές θεωρίες και μεθόδους είναι γνωστοί. Οι μέθοδοι είναι συχνά υπερβολικά πολύπλοκες και δυσνόητες ώστε να εφαρμοστούν σωστά, και απαιτούν μια σημαντική επένδυση χρόνου για την παραγωγή ακόμα και μιας απλής ανάλυσης. Υπάρχει επίσης συχνά η πεποίθηση ότι δεν απαιτούνται νέες μέθοδοι αν οι τρέχουσες μέθοδοι είναι λειτουργικές. Οι περιορισμοί αυτοί εξετάστηκαν κατά το σχεδιασμό και τη δοκιμή του μοντέλου που αναπτύχθηκε.

Τέλος, ειδικότερα στον τομέα της ανάλυσης δεδομένων και εξήγησης πιθανών μοτίβων που συνδέονται με την επίλυση προβλημάτων και την αντιμετώπιση καταστάσεων της ακουστικής υγείας, θεωρείται από τον συγγραφέα, ότι η προσπάθεια που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή είναι δυνατόν να συμβάλει σε μια θεώρηση που βασίζεται περισσότερο σε τεκμηριωμένα δεδομένα, χρήση της τεχνολογίας και της δημόσιας υγείας ως ουσιαστικούς παράγοντες επιρροής. Η εφαρμογή ανάλογων παραδειγμάτων με σκοπό να ωφελήσουν τους ασθενείς με προβλήματα ακοής, τους κλινικούς ιατρούς, τους ακουολόγους και τον τομέα συνολικά, είναι δυνατή, υπό τον όρο ότι οι ενδιαφερόμενοι φορείς είναι πρόθυμοι να προσαρμοστούν σε μεθόδους πέρα από την παραδοσιακή ακουστική πρακτική και να πειραματιστούν με μη συμβατικές λύσεις. Ο ισομορφισμός του συστήματος γέφυρας με το ακουστικό σύστημα ως αποτελέσει μια πρώτη ένδειξη των δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει μια παν-επιστημονική και συστημα-λογική προσέγγιση.

### 6.3 Μελλοντικές Κατευθύνσεις

Σκοπός αυτής της διδακτορικής διατριβής ήταν η ανάπτυξη μιας διαδικασίας για το σχεδιασμό, τη δοκιμή και την εφαρμογή ενός πλαισίου γενικευμένης θεωρίας συστημάτων για ένα σύστημα αναφοράς στην ακουστική υγειονομική περίθαλψη. Ενώ τα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της διατριβής αφορούν περιορισμένες περιπτώσεις οι οποίες σχετίζονται με διαφορετικές πλευρές του καθολικού νεογνικού ελέγχου ακοής, η ίδια διαδικασία είναι γενική και μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε κρίσιμο τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, όπως αυτός που σχετίζεται με την ψυχική υγεία.

Για να υποστηριχθεί η χρήση αυτού του πλαισίου (ή τμημάτων αυτού), στην παρούσα διατριβή περιγράφηκαν μερικά από τα βασικά τμήματα της συστημικής θεωρίας και προσέγγισης κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του πλαισίου γενικευμένης θεωρίας συστημάτων. Επιπλέον, το γενικευμένο μοντέλο προσομοίωσης που παρουσιάστηκε είναι ένα χρήσιμο πλαίσιο για τη διεξαγωγή μιας τέτοιας εκτίμησης και ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των παραμέτρων. Το πλαίσιο και η προσομοίωση βοηθά τον χρήστη να αξιολογήσει πρώτον, εάν οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων ήταν κατάλληλες, δεύτερον, κατά πόσο έχουν διαπραχθεί σφάλματα κατά το σχεδιασμό, τη διεξαγωγή και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και τέλος, τί επιπτώσεις είχαν αυτά τα σφάλματα και οι μετατροπές στα αναφερόμενα ευρήματα. Η περιγραφή παραμέτρων που αφορούν τη συλλογή, την ανάλυση και την ερμηνεία δεδομένων, θέτει ερωτήματα σχετικά με τα δεδομένα στο ίδιο πλαίσιο και τους στόχους της προσομοίωσης, την επιλογή του πληθυσμού και την πιθανότητα για την μεροληψία της επιλογής, προκατειλημμένη πληροφορία και σύγχυση. Η ανάλυση των δεδομένων μπορεί να ανιχνεύει μεθόδους αντιμετώπισης στρατηγικών, ανάλυση των πληθυσμών και της χρονικής τους κατανομής εντός και εκτός του γενικευμένου συστήματος, αλλά και τα μέτρα σύνδεσης και στατιστικής σταθερότητας. Αντίστοιχα, η ερμηνεία των δεδομένων καλύπτει τα κυριότερα αποτελέσματα και τον τρόπο με τον οποίο η ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να

επηρεαστεί από τις διάφορες παραμέτρους, απρόβλεπτα γεγονότα αλλά και τη μη διαφορική/γραμμική ταξινόμηση των μεταβλητών.

Προσδιορίστηκαν επίσης μια σειρά πεδίων για περαιτέρω έρευνα τα οποία συνδέονται με συστήματα αναφοράς καταστάσεων και λήψης αποφάσεων για την ακουστική υγεία και για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους. Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω μελλοντικά βήματα:

- Η επέκταση του εργαλείου προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διδακτορική διατριβή, καθώς και ο εμπλουτισμός του με δεδομένα από περισσότερες πηγές
- Η ενσωμάτωση του εργαλείου σε πραγματικές συνθήκες κλινικού και δημοσιονομικού περιβάλλοντος και η επέκταση/αξιολόγηση της χρήσης του από τους αρμόδιους φορείς
- Εξερεύνηση και ενσωμάτωση ιδεών και αρχών από περισσότερα ερευνητικά πεδία και αντιστοίχισή τους με τα διάφορα επίπεδα δεδομένων και καταστάσεων που συνδέονται με την ακοή και το ακουστικό πεδίο.

Το εύρος και η σημασία αυτών των θεμάτων υποδηλώνουν ότι η ΓΘΣ επηρεάζει άμεσα την καθημερινή ζωή των περισσότερων ανθρώπων. Επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα λαμβάνουν προσωπικές αποφάσεις για τη ζωή τους και τον τρόπο με τον οποίο η κυβέρνηση, Οι οργανισμοί δημόσιας υγείας και οι ιατρικοί Οργανισμοί λαμβάνουν αποφάσεις και στρατηγικές που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο ζούν. Αναμφίβολα υπάρχουν περισσότερα θέματα και στοιχεία από αυτά που ερευνήθηκαν στο συγκεκριμένο κείμενο. Σκοπός είναι όλα αυτά να αποτελέσουν ένα νέο πεδίο γνώσης και να ενθαρρύνουν άλλους ερευνητές και επαγγελματίες ώστε να ακολουθήσουν αυτές τις ιδέες και να εξετάσουν τα όρια των πολύ-επίπεδων αλληλοσυσχετίσεων και των γενικών συστημάτων που υπάρχουν στο χώρο της ακουστικής υγείας, αλλά και της υγείας γενικότερα.

## Παράρτημα

Πίνακας 22 Αποτελέσματα Δημιουργίας Προσομοιωμένου Πληθυσμού (Σενάριο 1)

Person Id	Age	Gender	Income	Cultural	Nationality	Legislation	Insurance	Economic Status	Hospital Coverage	Educational	Residence	PandEvt	UHL	BHL
1	0	0	10000	126	107	44,6	20,8	14,4	44,6	5,8	0	1	0	0
2	0	0	12000	84	96	160,9	75,7	48,4	12,4	75,7	1	0	0	0
3	0	1	12000	93	136	43,4	9,9	30,8	71,4	52,5	0	1	0	0
4	0	0	10000	48	160	34,7	29	29,9	12,4	26,4	0	1	0	0
5	0	0	11000	90	74	75,7	175,3	26,4	75,7	8,7	1	0	0	0
6	0	1	21000	112	90	149,8	140,7	9,3	91,6	24,7	0	0	0	0
7	0	0	11000	52	47	88,6	73,5	106	102	25,5	1	0	0	0
8	0	0	13000	95	43	44,6	5,3	42,2	15,7	6,4	1	1	0	0
9	0	0	23000	99	132	34,7	24,7	32,7	28,1	149,8	0	1	0	0
10	0	0	24000	129	100	49,7	7	8,7	5,8	12,4	0	1	0	0
11	0	1	18000	64	84	78	23,9	12,4	175,3	8,1	1	1	0	0
12	0	1	14000	80	97	30,8	106	9,9	88,6	126,3	1	1	0	0
13	0	1	23000	74	103	49,7	36,7	25,5	4,2	0,5	0	1	0	0
14	0	1	19000	102	100	88,6	3,1	55,4	2,6	1	1	1	0	0
15	0	0	12000	126	120	13,7	12,4	23,1	22,3	38,8	0	1	0	0
16	0	0	12000	73	126	9,3	7,5	2,6	13,7	75,7	1	1	0	0
17	0	1	15000	108	188	11,2	4,7	42,2	75,7	133	1	0	0	0
18	0	1	13000	59	121	120,4	160,9	102	19,3	33,7	0	0	0	0
19	0	0	14000	93	149	6,4	63,6	37,8	19,3	2	0	1	0	0
20	0	1	18000	89	81	230,3	65,5	230,3	9,3	29	1	0	0	0
21	0	0	15000	128	99	98,3	25,5	2	17,8	42,2	0	1	0	0
22	0	0	11000	84	97	133	44,6	67,4	71,4	27,2	1	0	0	0
23	0	1	9000	117	121	91,6	9,3	0	58,6	13,7	0	1	0	0

Person Id	Age	Gender	Income	Cultural	Nationality	Legislation	Insurance	Economic Status	Hospital Coverage	Educational	Residence	RandEvt	U/L	B/L
24	0	1	16000	91	81	41	71,4	0,5	23,9	149,8	1	1	0	0
25	0	1	17000	93	76	160,9	98,3	75,7	120,4	73,5	1	0	0	0
26	0	1	16000	121	74	32,7	51,1	27,2	6,4	71,4	0	0	0	0
27	0	0	7000	102	85	85,7	115,1	14,4	49,7	32,7	1	1	0	0
28	0	0	8000	129	103	94,9	91,6	57	26,4	23,9	0	1	0	0
29	0	1	14000	154	111	36,7	78	42,2	115,1	25,5	1	1	0	0
30	0	1	12000	73	75	71,4	115,1	1	115,1	13,7	0	1	0	0
31	0	0	13000	115	81	20	7,5	35,7	4,2	85,7	0	0	0	0
32	0	0	11000	112	85	75,7	53,9	35,7	11,2	14,4	0	0	0	0
33	0	1	10000	108	96	0,5	6,4	98,3	49,7	80,5	0	0	0	0
34	0	1	11000	117	123	110,4	3,6	20,8	20,8	140,7	0	1	0	0
35	0	1	8000	157	111	24,7	45,8	26,4	52,5	18,6	1	0	0	0
36	0	1	13000	79	119	6,4	75,7	8,7	24,7	18,6	0	0	0	0
37	0	0	8000	124	123	51,1	0,5	55,4	37,8	22,3	1	0	0	0
38	0	0	9000	112	85	53,9	8,7	1,5	57	110,4	1	1	0	0
39	0	0	35000	85	103	5,3	80,5	91,6	88,6	0	1	0	0	0
40	0	0	26000	111	0	39,9	28,1	38,8	49,7	102	1	1	0	0
41	0	1	9000	96	78	27,2	52,5	23,9	42,2	48,4	0	0	0	0
42	0	0	11000	93	112	53,9	110,4	71,4	41	52,5	0	1	0	0
43	0	0	20000	116	12	98,3	4,7	42,2	48,4	126,3	1	1	0	0
44	0	0	11000	87	98	140,7	88,6	115,1	52,5	21,5	1	0	0	0
45	0	0	17000	93	102	6,4	15,7	98,3	9,9	18,6	0	1	0	0
46	0	1	10000	88	120	0,5	55,4	17,1	61,9	11,8	1	0	1	0
47	0	0	9000	113	106	11,8	91,6	5,3	17,1	39,9	1	0	0	0
48	0	0	21000	108	108	37,8	8,1	16,4	67,4	58,6	0	1	0	0
49	0	0	10000	104	116	63,6	55,4	7	73,5	73,5	0	0	0	0



Person Id	Age	Gender	Income	Cultural	Nationality	Legislation	Insurance	Economic Status	Hospital Coverage	Educational	Residence	RandEvt	U/L	B/L
50	0	0	35000	96	113	11,2	9,9	17,8	65,5	33,7	0	1	0	0
51	0	1	13000	168	101	1	12,4	60,2	33,7	195,6	0	0	0	0
52	0	0	19000	123	105	11,8	24,7	42,2	48,4	38,8	0	0	0	0
53	0	0	7000	97	206	8,1	78	94,9	160,9	29,9	0	0	0	0
54	0	0	15000	85	95	115,1	9,9	2	140,7	2,6	1	1	0	0
55	0	1	11000	84	108	31,7	63,6	126,3	85,7	115,1	1	0	0	0
56	0	1	9000	92	124	11,2	21,5	71,4	29	80,5	1	0	0	0
57	0	0	11000	93	113	7,5	149,8	33,7	4,2	85,7	1	0	0	0
58	0	0	10000	186	109	88,6	30,8	80,5	98,3	5,8	1	1	0	0
59	0	1	17000	45	135	58,6	20,8	149,8	28,1	80,5	1	0	0	0
60	0	0	7000	81	132	57	51,1	5,8	45,8	0,5	0	0	0	0
61	0	1	10000	115	90	195,6	75,7	57	115,1	98,3	0	0	0	0
62	0	0	13000	104	132	43,4	57	2	42,2	51,1	0	0	0	0
63	0	0	10000	110	109	24,7	13,1	67,4	44,6	17,8	0	1	0	0
64	0	1	23000	79	129	39,9	5,3	140,7	0	24,7	1	1	0	0
65	0	1	10000	87	25	9,3	31,7	18,6	58,6	61,9	1	1	0	0
66	0	0	14000	112	104	9,3	15,1	8,7	7	39,9	1	1	0	0
67	0	0	8000	104	99	69,3	11,8	83	2	126,3	0	1	0	0
68	0	0	14000	106	93	160,9	28,1	10,5	69,3	22,3	0	0	0	0
69	0	0	14000	112	114	115,1	8,1	28,1	31,7	21,5	1	0	0	0
70	0	0	10000	73	87	67,4	91,6	52,5	52,5	47,1	0	0	0	1

Πίνακας 23 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Μετακίνησης Πληθυσμών (Σενάριο 1)

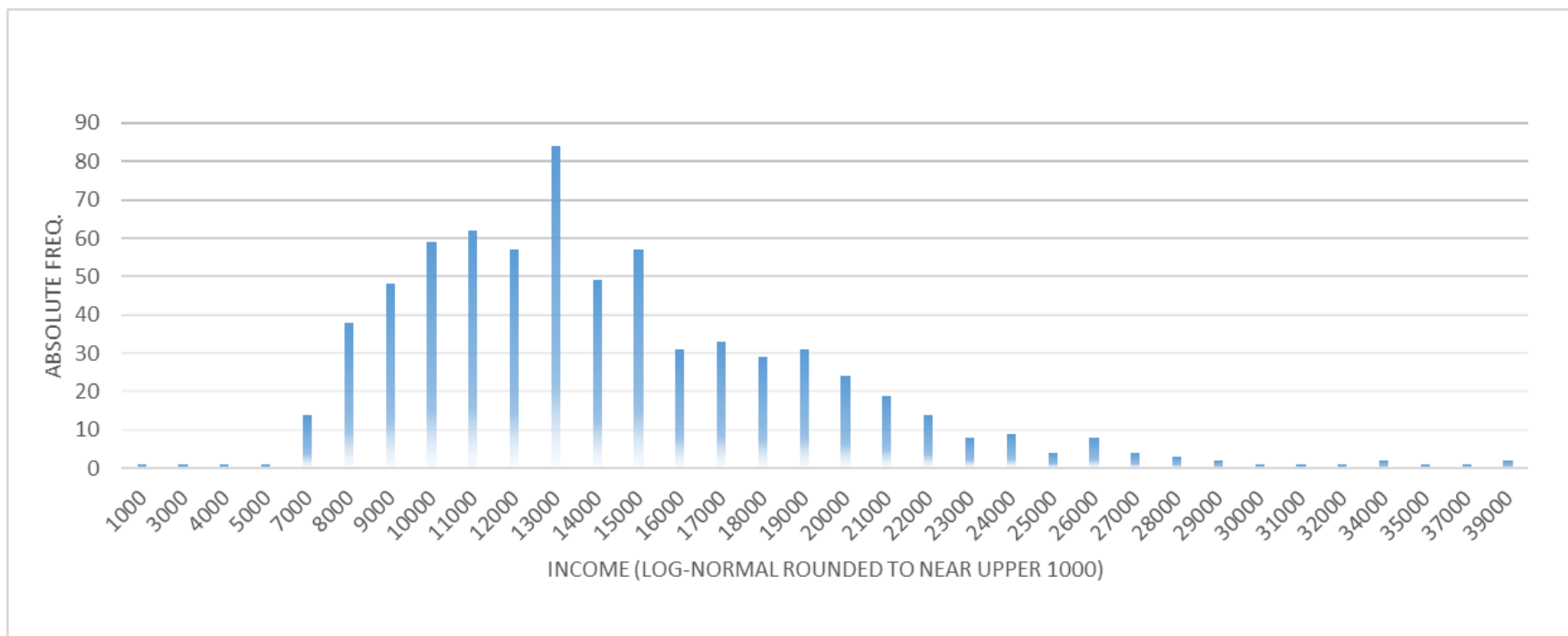
Person Id	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Person Id	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
1	Pi	Pi Nesf	X	X	36	X	X	X	X
2	X	X	X	X	37	X	X	X	X
3	X	X	X	X	38	X	X	X	X
4	X	X	X	X	39	X	X	X	X
5	X	X	X	X	40	X	X	X	X
6	X	X	X	Pi	41	X	X	X	X
7	Pi	Pi Ne\$	X	X	42	X	X	X	X
8	X	X	X	X	43	X	X	X	X
9	X	X	X	X	44	X	X	X	X
10	X	X	X	X	45	X	X	X	X
11	X	X	X	X	46	Pi	Pi Poc	X	Pi
12	X	X	X	X	47	X	X	X	X
13	X	X	X	X	48	X	X	X	X
14	X	X	X	X	49	X	X	X	X
15	X	X	X	X	50	X	X	X	X
16	X	X	X	X	51	X	X	X	X
17	X	X	X	X	52	X	X	X	X
18	X	X	X	X	53	X	X	X	X
19	X	X	X	X	54	X	X	X	X
20	X	X	X	X	55	X	X	X	X
21	X	X	X	X	56	X	X	X	X
22	X	X	X	X	57	X	X	X	X
23	X	X	Pi	Pi Nesf	58	X	X	X	X
24	X	X	X	X	59	X	X	X	X
25	X	X	X	X	60	X	X	X	X
26	X	X	Pi	Pi Poc	61	X	X	X	X
27	X	X	X	X	62	X	X	X	X
28	X	X	X	X	63	X	X	X	X
29	Pi	Pi Nesf	X	X	64	X	X	X	X
30	X	X	X	X	65	X	X	X	X
31	X	X	X	X	66	X	X	X	X
32	X	Pi	Pi Ne\$	X	67	X	X	X	X
33	X	X	X	X	68	X	X	X	X
34	X	X	X	X	69	X	X	X	X
35	X	X	X	X	70	Pi	Pi Pd	Pd	Pd

Πίνακας 24 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Μετακίνησης Πληθυσμών (Σενάριο 2)

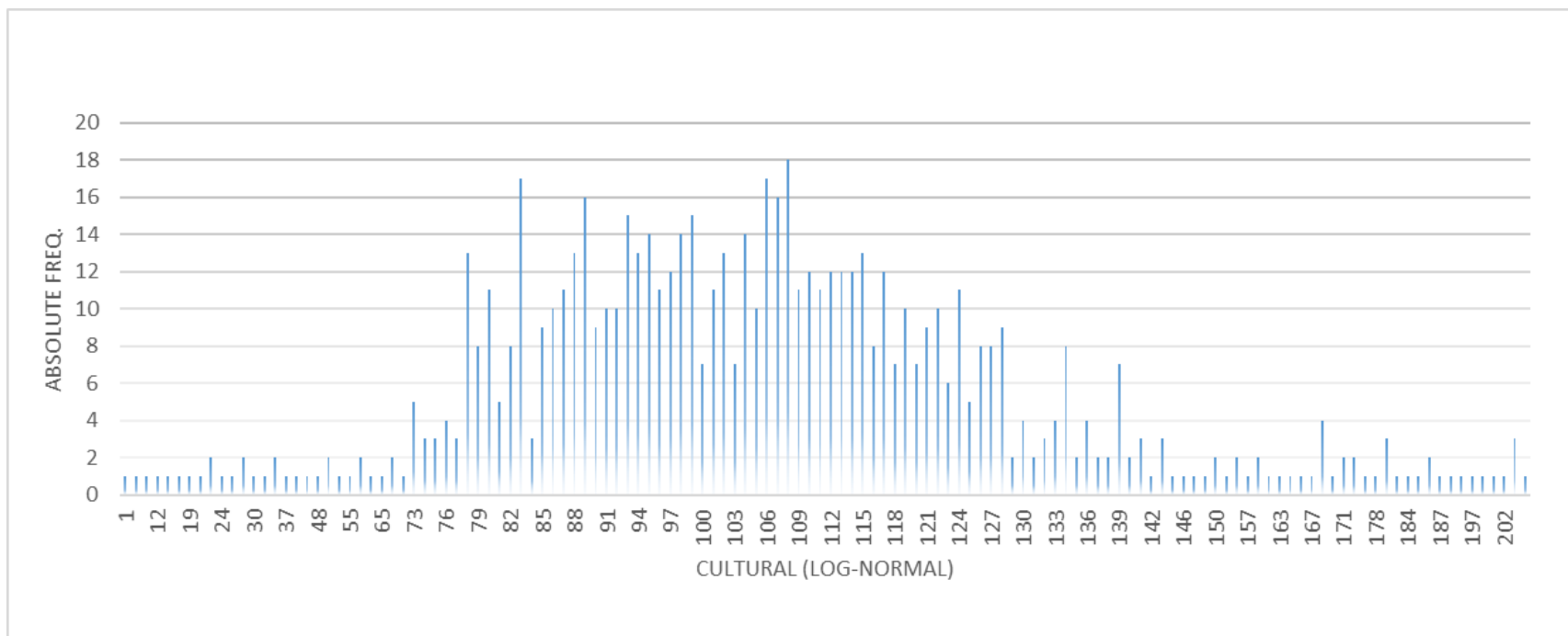
Metric	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24	W25	W26
NumObs P(i)	44	71	67	74	74	71	66	72	70	68	66	65	66	64	71	71	62	65	64	74	67	67	63	60	73	74
NumObs P(d)	0	2	11	2	7	4	3	5	11	5	1	3	1	1	1	8	5	9	7	5	10	11	6	2	9	5
NumObs P(tr)	0	0	0	0	5	7	4	2	0	1	3	4	3	2	1	0	0	1	3	3	6	5	7	3	6	5
NumObs P(oc)	0	4	6	4	12	6	4	9	9	8	3	5	5	4	13	7	11	4	5	8	11	9	7	4	11	3
NumDoctors	3	1	3	1	3	2	1	2	3	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	3	1
Avg Minutes Doctor	240	240	280	240	300	270	180	270	240	270	240	360	240	180	240	270	300	270	270	270	300	260	200	180	300	300

Πίνακας 25 Συνέχεια Πίνακα 24

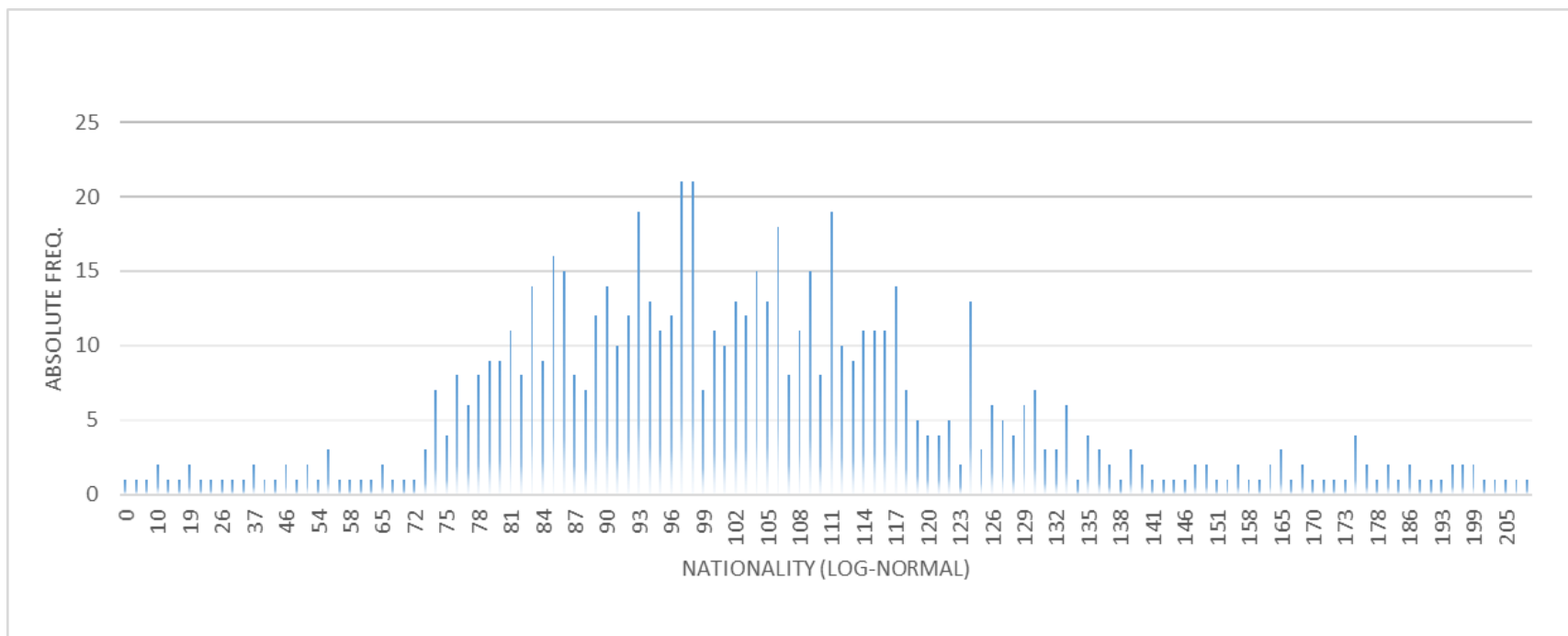
W27	W28	W29	W30	W31	W32	W33	W34	W35	W36	W37	W38	W39	W40	W41	W42	W43	W44	W45	W46	W47	W48	W49	W50	W51	W52	Total
64	55	43	62	64	60	66	74	57	67	78	72	80	68	61	72	76	77	69	64	63	61	70	54	61	69	3456
10	8	3	6	8	5	3	2	2	4	10	5	11	10	2	3	2	4	7	4	15	7	2	11	2	3	283
5	8	5	6	8	4	2	2	3	3	3	3	1	3	1	6	3	1	1	4	4	4	2	6	6	3	168
9	13	5	6	8	7	5	3	6	5	8	9	9	10	8	7	5	7	2	9	10	11	3	7	8	4	356
3	3	1	3	3	1	1	1	1	1	3	2	2	3	1	2	1	1	1	2	3	2	1	3	1	1	
240	320	240	200	260	360	300	240	360	360	240	300	360	280	300	300	180	360	360	300	320	360	180	300	360	240	



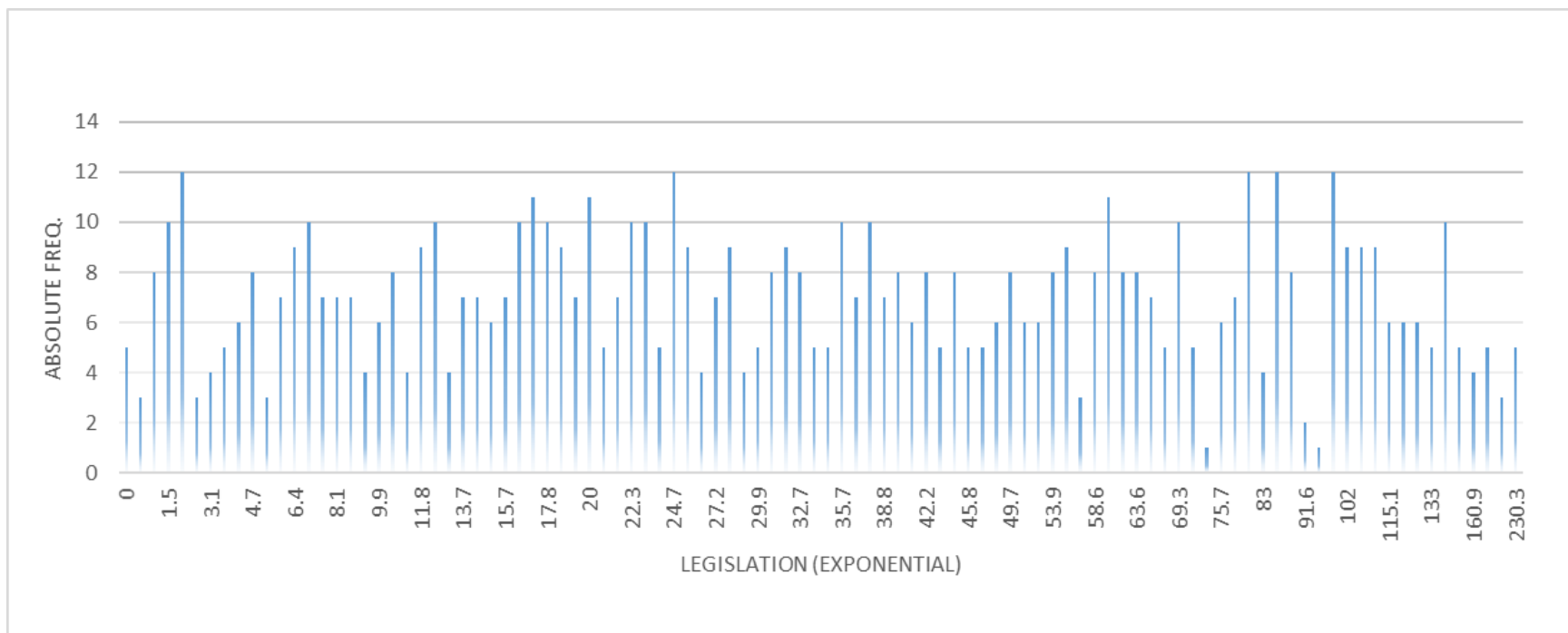
Εικόνα 47 Κατανομή ετήσιου εισοδήματος πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2



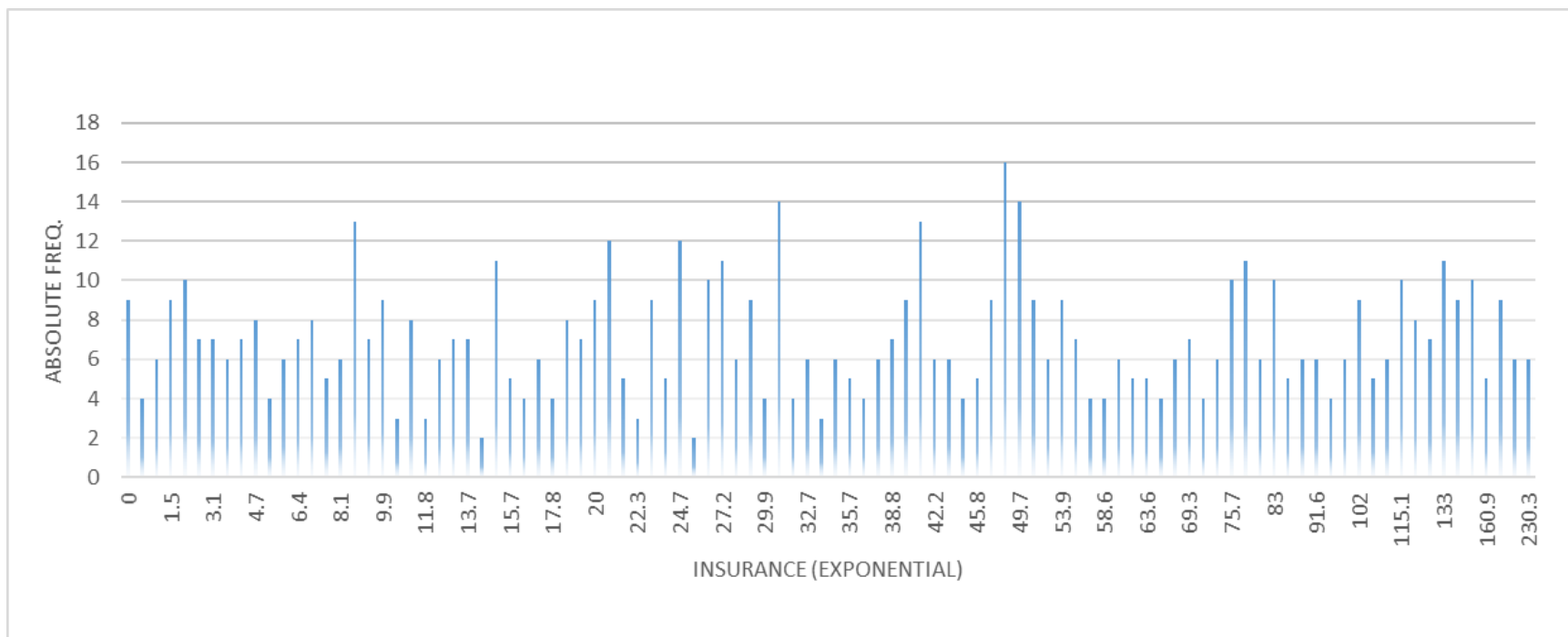
Εικόνα 48 Κατανομή πολιτισμικών χαρακτηριστικών πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2



Εικόνα 49 Κατανομή εθνικών χαρακτηριστικών πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2

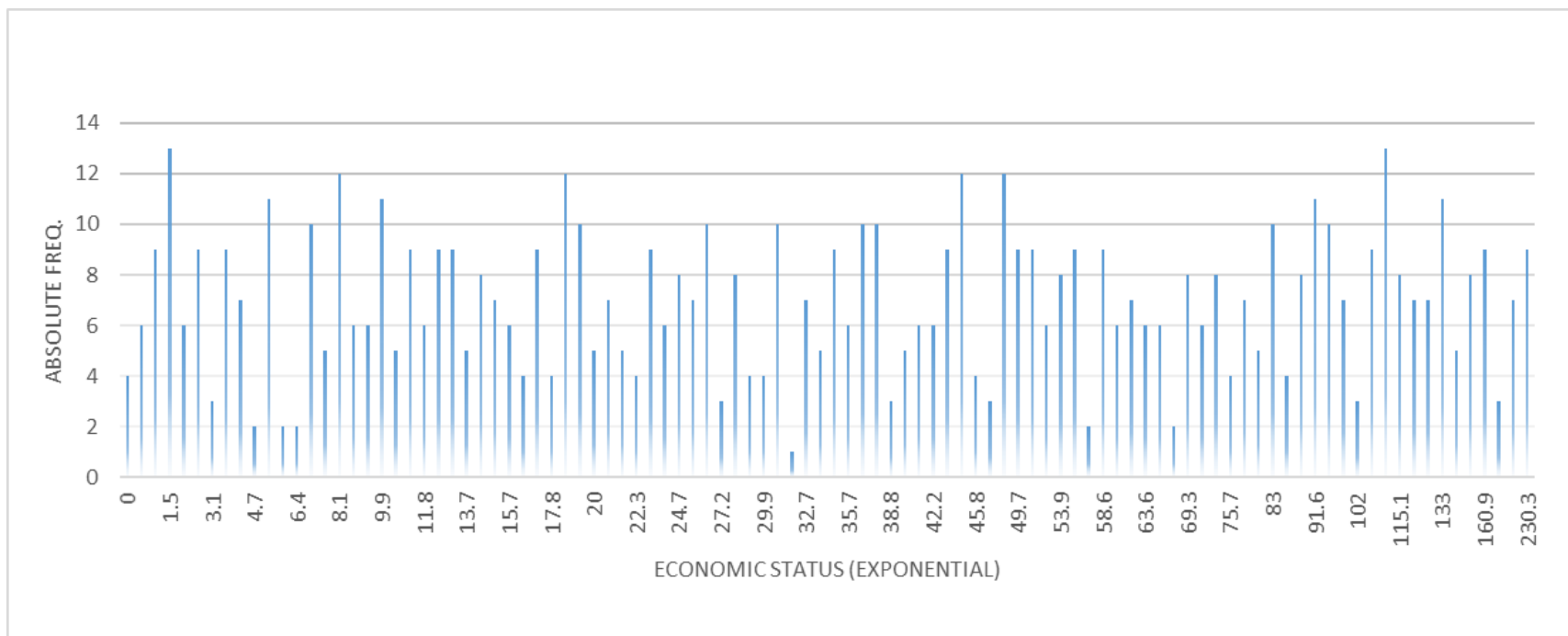


Εικόνα 50 Κατανομή επίδρασης νομοθεσίας στον πληθυσμό του Σεναρίου Προσομοίωσης 2

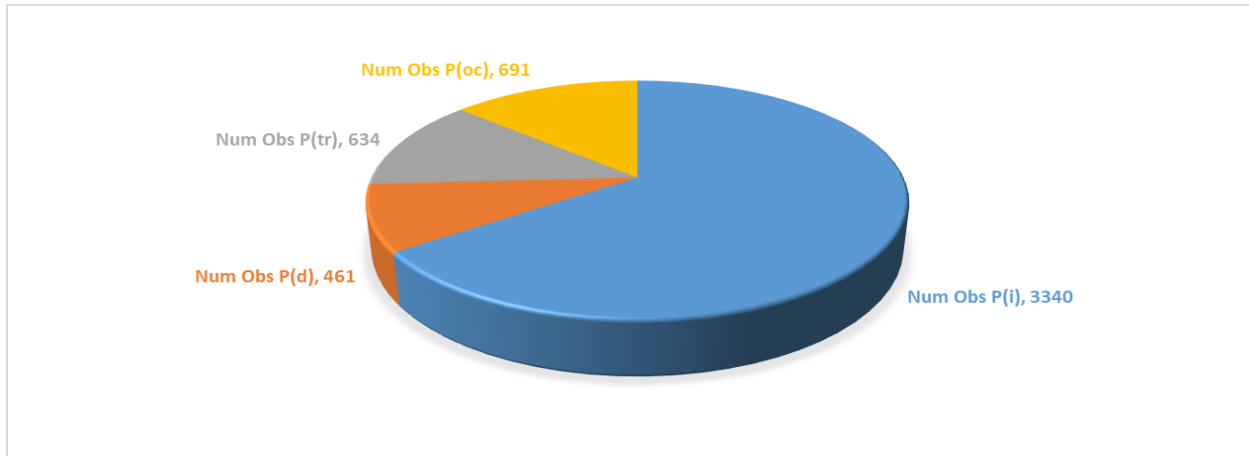


Εικόνα 51 Κατανομή ασφαλιστικής κάλυψης του πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2

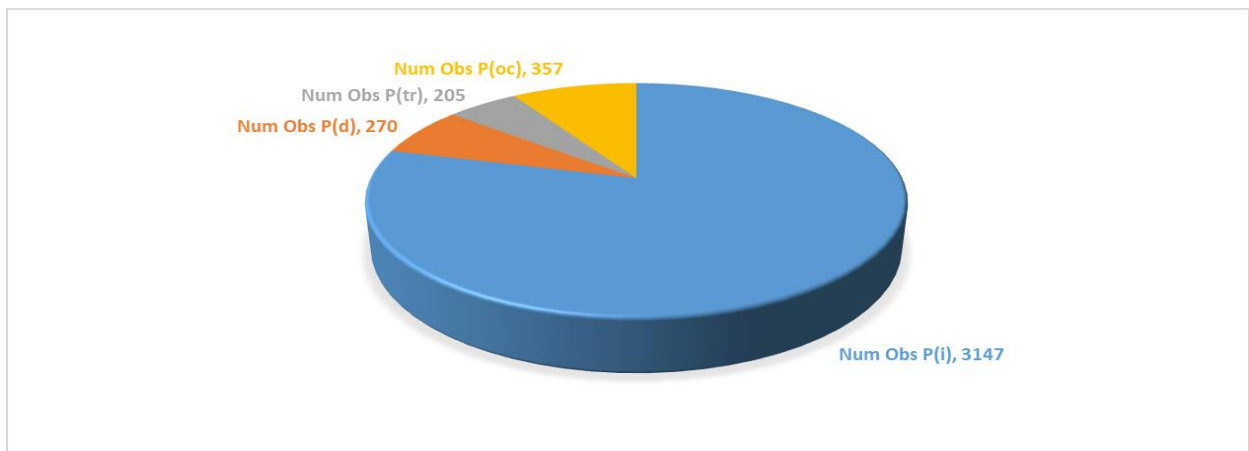




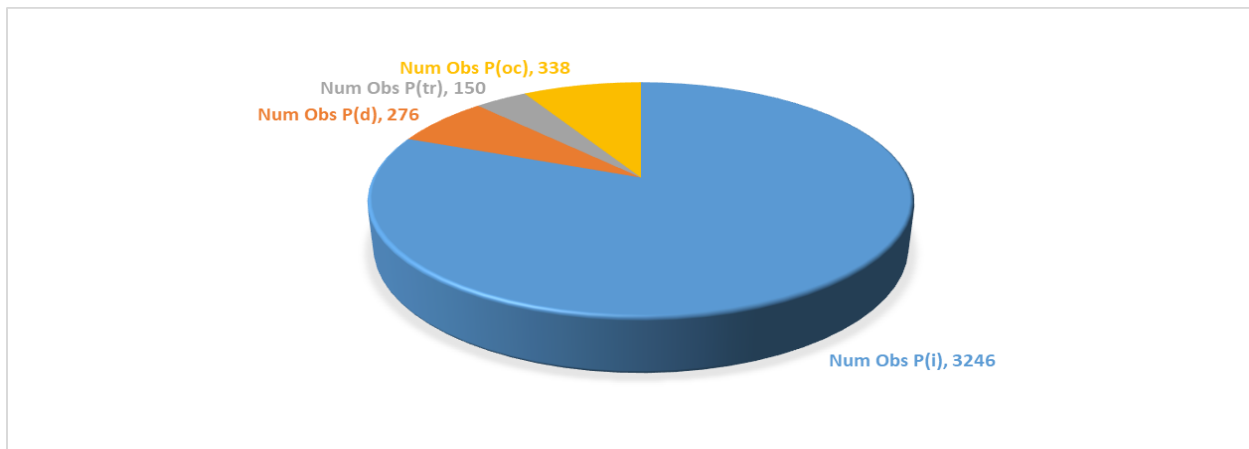
Εικόνα 52 Κατανομή επίδρασης οικονομικής κατάστασης του πληθυσμού του Σεναρίου Προσομοίωσης 2



Εικόνα 53 Κατανομή καταστάσεων πληθυσμού Σεναρίου Προσομοίωσης 3



Εικόνα 54 Κατανομή καταστάσεων πληθυσμού Σεναρίου Προσομοίωσης 4



Εικόνα 55 Κατανομή καταστάσεων πληθυσμού Σεναρίου Προσομοίωσης 5

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] C. J. Plack, *The Sense of Hearing*. Routledge, 2018.
- [2] A. Aschengrau and G. R. Seage, *Essentials of epidemiology in public health*. 2020.
- [3] R. C. Brownson, E. A. Baker, A. D. Deshpande, and K. N. Gillespie, *Evidence-Based Public Health*, Third Edition. Oxford, New York: Oxford University Press, 2017.
- [4] G. Mather, *Foundations of sensation and perception*. 2016.
- [5] D. Kuic, "Maximum information entropy principle and the interpretation of probabilities in statistical mechanics - a short review," *Eur. Phys. J. B*, vol. 89, no. 5, p. 124, May 2016, doi: 10.1140/epjb/e2016-70175-6.
- [6] Y. Lin, *General Systems Theory: A Mathematical Approach*. Springer US, 2002.
- [7] L. Von Bertalanffy, "General system theory: foundations, development, applications (Revised Edition)," 1969.
- [8] D. Sholl, "Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine. By Norbert Wiener," *British Journal of Statistical Psychology*, vol. 2, no. 2, pp. 122–124, 1949, doi: 10.1111/j.2044-8317.1949.tb00272.x.
- [9] L. B. Slobodkin, "Mind, Bind, and Ecology: A Review of Gregory Bateson's Collected Essays," *Human Ecology*, vol. 2, no. 1, pp. 67–74, 1974.
- [10] D. Kondepudi, T. Petrosky, and J. A. Pojman, "Dissipative structures and irreversibility in nature: Celebrating 100th birth anniversary of Ilya Prigogine (1917–2003)," *Chaos*, vol. 27, no. 10, p. 104501, Oct. 2017, doi: 10.1063/1.5008858.
- [11] I. M. Wallerstein, *World-systems Analysis: An Introduction*. Duke University Press, 2004.
- [12] M. Albert, "Luhmann and Systems Theory," *Oxford Research Encyclopedia of Politics*, Aug. 2016, doi: 10.1093/acrefore/9780190228637.013.7.
- [13] L. Von Bertalanffy, "The History and Status of General Systems Theory," *AMJ*, vol. 15, no. 4, pp. 407–426, Dec. 1972, doi: 10.5465/255139.
- [14] R. Carnap and M. Black, *The Unity of Science*. London: K. Paul, Trench, Trubner & Co., 1934.
- [15] W. R. Ashby, *An introduction to cybernetics*. New York, J. Wiley, 1956.
- [16] D. Arnold, *Traditions of Systems Theory: Major Figures and Contemporary Developments*. New York, NY, 10001: Routledge, 2013.
- [17] J. Eli Kasser, *Systems Thinker's Toolbox: Tools for Managing Complexity*. 2018.
- [18] W. H. Zurek, "Quantum Darwinism," *Nature Phys*, vol. 5, no. 3, pp. 181–188, Mar. 2009, doi: 10.1038/nphys1202.
- [19] D. Berlinski, *On systems analysis: an essay concerning the limitations of some mathematical methods in the social, political, and biological sciences*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1976.
- [20] R. Lilienfeld, *The Rise of Systems Theory: An Ideological Analysis*. R.E. Krieger, 1988.
- [21] E. P. Wigner, "The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences," in *Mathematics and Science*, World Scientific, 1990, pp. 291–306.

- [22] M. D. Mesarović and Y. Takahara, *General systems theory: mathematical foundations*. New York : Academic Press, 1975.
- [23] M. Bunge, *Treatise on Basic Philosophy: Ontology II: A World of Systems*. Springer Netherlands, 1979.
- [24] G. Klir and D. Elias, *Architecture of Systems Problem Solving*, 2nd ed. Springer US, 2003.
- [25] W. Xue-mou, "Pansystems philosophy, pansystems mathematics (PPPM) and applications to APTMS: Affairiology, physics, technology, medicine and strategics (I)," *Appl Math Mech*, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, Jan. 1993, doi: 10.1007/BF02451215.
- [26] J. Y.-L. Forrest, *General Systems Theory: Foundation, Intuition and Applications in Business Decision Making*. Springer International Publishing, 2018.
- [27] H. Durrani, "Healthcare and healthcare systems: inspiring progress and future prospects," *Mhealth*, vol. 2, Feb. 2016, doi: 10.3978/j.issn.2306-9740.2016.01.03.
- [28] G. Harris, "Transforming Health Through Multisector Partnerships," *North Carolina Medical Journal*, vol. 77, no. 4, pp. 286–289, Jul. 2016, doi: 10.18043/ncm.77.4.286.
- [29] L. A. Lipsitz, "Understanding Health Care as a Complex System," *JAMA*, vol. 308, no. 3, pp. 243–244, Jul. 2012, doi: 10.1001/jama.2012.7551.
- [30] S. M. Reza Soroushmehr and K. Najarian, "Transforming big data into computational models for personalized medicine and health care," *Dialogues Clin Neurosci*, vol. 18, no. 3, pp. 339–343, Sep. 2016.
- [31] T. J. Carney and C. M. Shea, "Informatics Metrics and Measures for a Smart Public Health Systems Approach: Information Science Perspective," *Comput Math Methods Med*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/1452415.
- [32] A. Liberati *et al.*, "The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration," *Journal of Clinical Epidemiology*, vol. 62, no. 10, pp. e1–e34, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.006.
- [33] R. Seising and J. Limberg, "Cybernetics, systems, and medical thinking – scientific theories, fuzziness and the state of health," in *NAFIPS 2009 - 2009 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society*, 2009, pp. 1–6, doi: 10.1109/NAFIPS.2009.5156472.
- [34] Z. Xu, Z. Yufeng, H. Yiyang, L. Ping, and Z. Liping, "Gut Microbiota-targeted, Whole-Body Systems Biology for Understanding Traditional Chinese Medicine," *World Science and Technology*, vol. 13, no. 2, pp. 202–212, Apr. 2011, doi: 10.1016/S1876-3553(12)60007-6.
- [35] P. Sobradillo, F. Pozo, and Á. Agustí, "P4 Medicine: the Future Around the Corner," *Archivos de Bronconeumología ((English Edition))*, vol. 47, no. 1, pp. 35–40, Jan. 2011, doi: 10.1016/S1579-2129(11)70006-4.
- [36] D. Elena Vega, "Automated Interoperability Testing of Healthcare Information Systems," in *Advances in Computers*, vol. 85, A. Memon, Ed. Elsevier, 2012, pp. 213–276.

- [37] J. Costa, "Systems pathology: A critical review," *Molecular Oncology*, vol. 6, no. 1, pp. 27–32, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.molonc.2011.11.007.
- [38] M. J. Ravenek, E. Skarakis-Doyle, S. J. Spaulding, M. E. Jenkins, and P. C. Doyle, "Enhancing the conceptual clarity and utility of the international classification of functioning, disability & health: the potential of a new graphic representation," *Disability and Rehabilitation*, vol. 35, no. 12, pp. 1015–1025, Jun. 2013, doi: 10.3109/09638288.2012.717582.
- [39] M. Joly and P. H. C. Rondó, "The future of computational biomedicine: Complex systems thinking," *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 132, pp. 1–27, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.matcom.2015.06.010.
- [40] J. Santolini, S. A. Wootton, A. A. Jackson, and M. Feelisch, "The Redox architecture of physiological function," *Current Opinion in Physiology*, vol. 9, pp. 34–47, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.cophys.2019.04.009.
- [41] N. Fujino and H. Okamura, "Factors Affecting the Sense of Burden Felt by Family Members Caring for Patients With Mental Illness," *Archives of Psychiatric Nursing*, vol. 23, no. 2, pp. 128–137, Apr. 2009, doi: 10.1016/j.apnu.2008.05.006.
- [42] E. Kourkoutas, S. Plexousakis, and M. Georgiadi, "An ecosystemic intervention in the context of a special education setting," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 4773–4779, Jan. 2010, doi: 10.1016/j.sbspro.2010.03.768.
- [43] R. Roisko, K.-E. Wahlberg, H. Hakko, L. Wynne, and P. Tienari, "Communication Deviance in parents of families with adoptees at a high or low risk of schizophrenia-spectrum disorders and its associations with attributes of the adoptee and the adoptive parents," *Psychiatry Research*, vol. 185, no. 1, pp. 66–71, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2010.04.018>.
- [44] H. Hampel, S. Lista, and Z. S. Khachaturian, "Development of biomarkers to chart all Alzheimer's disease stages: The royal road to cutting the therapeutic Gordian Knot," *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, vol. 8, no. 4, pp. 312–336, Jul. 2012, doi: 10.1016/j.jalz.2012.05.2116.
- [45] J. O. Elliott and C. Charyton, "Biopsychosocial predictors of psychogenic non-epileptic seizures," *Epilepsy Research*, vol. 108, no. 9, pp. 1543–1553, Nov. 2014, doi: 10.1016/j.eplepsyres.2014.09.003.
- [46] T. B. Benning, "Limitations of the biopsychosocial model in psychiatry," *Adv Med Educ Pract*, vol. 6, pp. 347–352, May 2015, doi: 10.2147/AMEP.S82937.
- [47] J. D. Mayer, "The personality systems framework: Current theory and development," *Journal of Research in Personality*, vol. 56, pp. 4–14, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.jrp.2015.01.001.
- [48] J. B. Priest, S. B. Woods, C. A. Maier, E. O. Parker, J. A. Benoit, and T. R. Roush, "The Biobehavioral Family Model: Close relationships and allostatic load," *Social Science & Medicine*, vol. 142, pp. 232–240, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.socscimed.2015.08.026.
- [49] J. A. Cederbaum *et al.*, "Caregiver qualities, family closeness, and the well-being of adolescents engaged in the child welfare system," *Children and Youth Services Review*, vol. 73, pp. 113–120, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.childyouth.2016.12.007.

- [50] S. A. Founds, "Introducing Systems Biology for Nursing Science," *Biological Research For Nursing*, vol. 11, no. 1, pp. 73–80, Jul. 2009, doi: 10.1177/1099800409331893.
- [51] H. S. Laird-Fick *et al.*, "Training residents and nurses to work as a patient-centered care team on a medical ward," *Patient Education and Counseling*, vol. 84, no. 1, pp. 90–97, Jul. 2011, doi: 10.1016/j.pec.2010.05.018.
- [52] R. C. Smith *et al.*, "Addressing mental health issues in primary care: An initial curriculum for medical residents," *Patient Education and Counseling*, vol. 94, no. 1, pp. 33–42, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.pec.2013.09.010.
- [53] L. Daouk-Öyry, A.-L. Anouze, F. Otaki, N. Y. Dumit, and I. Osman, "The JOINT model of nurse absenteeism and turnover: A systematic review," *International Journal of Nursing Studies*, vol. 51, no. 1, pp. 93–110, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.ijnurstu.2013.06.018.
- [54] J. S. Barnett, A. F. Minnick, and L. D. Norman, "A description of U.S. post-graduation nurse residency programs," *Nursing Outlook*, vol. 62, no. 3, pp. 174–184, May 2014, doi: 10.1016/j.outlook.2013.12.008.
- [55] A. Minnick, "General design and implementation challenges in outcomes assessment," *Outcome Assessment for Advanced Practice Nursing*, pp. 114–115, Jan. 2009.
- [56] D. Bibiana and J. Cherian, "A study to assess the effectiveness of planned teaching programme on water birth among adolescent girls in a selected college at Mangalore," *Apollo Medicine*, vol. 11, no. 2, pp. 84–87, Jun. 2014, doi: 10.1016/j.apme.2013.10.011.
- [57] S. Founds, "Systems biology for nursing in the era of big data and precision health," *Nursing Outlook*, vol. 66, no. 3, pp. 283–292, May 2018, doi: 10.1016/j.outlook.2017.11.006.
- [58] F. Folami, A. Olowe, and J. Olugbade, "Factors affecting the use of nursing process in Lagos University Teaching Hospital, Lagos, Nigeria," *International Journal of Africa Nursing Sciences*, vol. 10, pp. 26–30, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.ijans.2018.12.001.
- [59] F. De Bock, J. E. Fischer, K. Hoffmann, and H. Renz-Polster, "A participatory parent-focused intervention promoting physical activity in preschools: design of a cluster-randomized trial," *BMC Public Health*, vol. 10, no. 1, p. 49, Jan. 2010, doi: 10.1186/1471-2458-10-49.
- [60] B. M. Lester *et al.*, "Infant Neurobehavioral Development," *Seminars in Perinatology*, vol. 35, no. 1, pp. 8–19, Feb. 2011, doi: 10.1053/j.semperi.2010.10.003.
- [61] S. O. Watts, D. J. Piñero, M. M. Alter, and K. J. Lancaster, "An Assessment of nutrition education in selected counties in New York State elementary schools (kindergarten through fifth grade)," *J Nutr Educ Behav*, vol. 44, no. 6, pp. 474–480, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.jneb.2012.01.010.
- [62] R. G. Schuh *et al.*, "Developing a measure of local agency adaptation to emergencies: A metric," *Evaluation and Program Planning*, vol. 35, no. 4, pp. 473–480, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.evalprogplan.2012.02.003.
- [63] F. Brooks, L. Bloomfield, M. Offredy, and P. Shaughnessy, "Evaluation of services for children with complex needs: mapping service provision in one NHS Trust,"

- Primary Health Care Research & Development*, vol. 14, no. 1, pp. 52–62, Jan. 2013, doi: 10.1017/S1463423612000217.
- [64] R. C. Smith, A. H. Fortin, F. Dwamena, and R. M. Frankel, “An evidence-based patient-centered method makes the biopsychosocial model scientific,” *Patient Education and Counseling*, vol. 91, no. 3, pp. 265–270, Jun. 2013, doi: 10.1016/j.pec.2012.12.010.
- [65] A. Mahamoud, B. Roche, and J. Homer, “Modelling the social determinants of health and simulating short-term and long-term intervention impacts for the city of Toronto, Canada,” *Social Science & Medicine*, vol. 93, pp. 247–255, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.socscimed.2012.06.036.
- [66] C. de Blok, B. Meijboom, K. Luijckx, J. Schols, and R. Schroeder, “Interfaces in service modularity: A typology developed in modular health care provision,” *Journal of Operations Management*, vol. 32, no. 4, pp. 175–189, May 2014, doi: 10.1016/j.jom.2014.03.001.
- [67] C. S. Dörr, C. Bock, J. E. Fischer, and F. De Bock, “Preschools’ Friendliness Toward Physical Activity: Item Battery and Two Scores Developed by Mixed Methods,” *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 46, no. 6, pp. 593–604, Jun. 2014, doi: 10.1016/j.amepre.2014.01.015.
- [68] C. L. Wallace, “Overcoming barriers in care for the dying: Theoretical analysis of an innovative program model,” *Social Work in Health Care*, vol. 55, no. 7, pp. 503–517, Aug. 2016, doi: 10.1080/00981389.2016.1183552.
- [69] P. F. de Vasconcelos *et al.*, “Safety attributes in primary care: understanding the needs of patients, health professionals, and managers,” *Public Health*, vol. 171, pp. 31–40, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.puhe.2019.03.021.
- [70] A. A. Ramli, J. Watada, and W. Pedrycz, “Possibilistic regression analysis of influential factors for occupational health and safety management systems,” *Safety Science*, vol. 49, no. 8, pp. 1110–1117, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.ssci.2011.02.014.
- [71] C. Gonul Kochan, D. R. Nowicki, B. Sauser, and W. S. Randall, “Impact of cloud-based information sharing on hospital supply chain performance: A system dynamics framework,” *International Journal of Production Economics*, vol. 195, pp. 168–185, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.ijpe.2017.10.008.
- [72] N. Reavley, J. Livingston, R. Buchbinder, K. Bennell, C. Stecki, and R. H. Osborne, “A systematic grounded approach to the development of complex interventions: The Australian WorkHealth Program – Arthritis as a case study,” *Social Science & Medicine*, vol. 70, no. 3, pp. 342–350, Feb. 2010, doi: 10.1016/j.socscimed.2009.10.006.
- [73] B. L. Fife, M. T. Weaver, W. L. Cook, and T. T. Stump, “Partner interdependence and coping with life-threatening illness: The impact on dyadic adjustment,” *Journal of Family Psychology*, vol. 27, no. 5, pp. 702–711, 2013, doi: 10.1037/a0033871.
- [74] B. N. Green and C. D. Johnson, “Establishing a theoretical basis for research in musculoskeletal epidemiology: a proposal for the use of biopsychosocial theory in investigations of back pain and smoking,” *J Chiropr Humanit*, vol. 20, no. 1, pp. 1–8, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.echu.2013.10.004.

- [75] S. Iglesias *et al.*, "Hierarchical prediction errors in midbrain and basal forebrain during sensory learning," *Neuron*, vol. 80, no. 2, pp. 519–530, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.neuron.2013.09.009.
- [76] S. Hallberg, M. Claeson, P. Holmström, J. Paoli, A.-M. Wennberg Larkö, and H. Gonzalez, "Developing a simulation model for the patient pathway of cutaneous malignant melanoma," *Operations Research for Health Care*, vol. 6, pp. 23–30, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.orhc.2015.08.003.
- [77] P. L. Simeonov, "Towards a first implementation of the WLIMES approach in living system studies advancing the diagnostics and therapy in augmented personalized medicine," *Biosystems*, vol. 162, pp. 177–204, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.biosystems.2017.10.001.
- [78] D. G. Margineanu, "Neuropharmacology beyond reductionism – A likely prospect," *Biosystems*, vol. 141, pp. 1–9, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.biosystems.2015.11.010.
- [79] F. Buttini, S. Rozou, A. Rossi, V. Zoumpliou, and D. M. Rekkas, "The application of Quality by Design framework in the pharmaceutical development of dry powder inhalers," *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 113, pp. 64–76, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.ejps.2017.10.042.
- [80] C. Hartmanshenn *et al.*, "Chapter 1 - Quantitative systems pharmacology: Extending the envelope through systems engineering," in *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 42, D. Manca, Ed. Elsevier, 2018, pp. 3–34.
- [81] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, Jun. 1965, doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
- [82] L. T. Gruyitch, *Time and Consistent Relativity: Physical and Mathematical Fundamentals*. Apple Academic Press, 2015.
- [83] L. T. Gruyitch, *Observability and Controllability of General Linear Systems*. CRC Press, 2018.
- [84] L. T. Gruyitch, *Trackability and Tracking of General Linear Systems*. CRC Press, 2018.
- [85] D. H. Meadows, *Thinking in systems : a primer*. London ; Sterling, VA : Earthscan, 2009. ©2008, 2009.
- [86] G. Wheeler, "Bounded Rationality," in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Fall 2019., E. N. Zalta, Ed. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2019.
- [87] A. Reis and J. J. Oliveira Pedro, *Bridge Design: Concepts and Analysis / Wiley*. 2019.
- [88] D. Forum on Aging, B. on H. S. Policy, D. of B. and S. S. and Education, I. of Medicine, and N. R. Council, *Contemporary Issues in Hearing Health Care*. National Academies Press (US), 2014.
- [89] D. G. Blazer *et al.*, *Hearing Health Care Services: Improving Access and Quality*. National Academies Press (US), 2016.
- [90] T.-C. Lin, M. Yen, and Y.-C. Liao, "Hearing loss is a risk factor of disability in older adults: A systematic review," *Arch Gerontol Geriatr*, vol. 85, p. 103907, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.archger.2019.103907.



- [91] T. C. Michels, M. T. Duffy, and D. J. Rogers, "Hearing Loss in Adults: Differential Diagnosis and Treatment," *Am Fam Physician*, vol. 100, no. 2, pp. 98–108, Jul. 2019.
- [92] C. Spankovich, L. J. Hood, H. J. Silver, W. Lambert, V. M. Flood, and P. Mitchell, "Associations between diet and both high and low pure tone averages and transient evoked otoacoustic emissions in an older adult population-based study," *J Am Acad Audiol*, vol. 22, no. 1, pp. 49–58, Jan. 2011, doi: 10.3766/jaaa.22.1.6.
- [93] P. Dawes, K. J. Cruickshanks, A. Marsden, D. R. Moore, and K. J. Munro, "Relationship Between Diet, Tinnitus, and Hearing Difficulties," *Ear Hear*, Jul. 2019, doi: 10.1097/AUD.0000000000000765.
- [94] Y. Agrawal, E. A. Platz, and J. K. Niparko, "Risk factors for hearing loss in US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2002," *Otol. Neurotol.*, vol. 30, no. 2, pp. 139–145, Feb. 2009, doi: 10.1097/MAO.0b013e318192483c.
- [95] L. H. Tietz *et al.*, "Associations Between Hearing Performance and Physiological Measures—An Overview and Outlook," *Stud Health Technol Inform*, vol. 238, pp. 100–3, 2017.
- [96] K. C. M. Campbell and C. G. L. Prell, "Potential Therapeutic Agents," *Semin Hear*, vol. 32, no. 3, pp. 281–296, Aug. 2011, doi: 10.1055/s-0031-1286622.
- [97] E. National Academies of Sciences, *Hearing Health Care for Adults: Priorities for Improving Access and Affordability*. 2016.
- [98] J. Gutenberg, L. H. Tietz, N. H. Meedom, and A. Laplante-Lévesque, "Big Data Supporting Public Hearing Health Policies," presented at the Medico Bazar 2018, Technical University of Denmark, Mar-2018.
- [99] P. Katrakazas, O. Manta, and D. Koutsouris, "A Big-Data Informed Model Approach to Hearing Health Policy Decision Making," in *2018 14th International Conference on Signal-Image Technology Internet-Based Systems (SITIS)*, 2018, pp. 725–729, doi: 10.1109/SITIS.2018.00116.
- [100] Α. Δημητρίου, "Πρώιμη ανίχνευση παιδικής βαρηκοΐας στον πληθυσμό των υγιών νεογνών της γυναικολογικής κλινικής του Αττικού Νοσοκομείου," Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Χειρουργικής. Κλινική Β' Πανεπιστημιακή Ωτορινολαρυγγολογική, 2017.
- [101] J. Wang *et al.*, "Academic, behavioural and quality of life outcomes of slight to mild hearing loss in late childhood: a population-based study," *Arch. Dis. Child.*, May 2019, doi: 10.1136/archdischild-2019-316917.
- [102] K. E. Wroblewska-Seniuk, P. Dabrowski, W. Szyfter, and J. Mazela, "Universal newborn hearing screening: methods and results, obstacles, and benefits," *Pediatr. Res.*, vol. 81, no. 3, pp. 415–422, 2017, doi: 10.1038/pr.2016.250.
- [103] B. A. Prieve, T. Schooling, R. Venediktov, and N. Franceschini, "An Evidence-Based Systematic Review on the Diagnostic Accuracy of Hearing Screening Instruments for Preschool- and School-Age Children," *Am J Audiol*, vol. 24, no. 2, pp. 250–267, Jun. 2015, doi: 10.1044/2015\_AJA-14-0065.

- [104] J. Bamford *et al.*, "Current practice, accuracy, effectiveness and cost-effectiveness of the school entry hearing screen," *Health Technol Assess*, vol. 11, no. 32, pp. 1-168, iii-iv, Aug. 2007.
- [105] K. Stenfeldt, "Preschool hearing screening in Sweden. An evaluation of current practices and a presentation of new national guidelines," *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 110, pp. 70-75, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.ijporl.2018.04.013.
- [106] A. Laplante-Lévesque, K. J. Brännström, E. Ingo, G. Andersson, and T. Lunner, "Stages of change in adults who have failed an online hearing screening," *Ear Hear*, vol. 36, no. 1, pp. 92-101, Jan. 2015, doi: 10.1097/AUD.000000000000085.
- [107] Davis Adrian and Smith Pauline, "Adult Hearing Screening: Health Policy Issues—What Happens Next?," *American Journal of Audiology*, vol. 22, no. 1, pp. 167-170, Jun. 2013, doi: 10.1044/1059-0889(2013/12-0062).
- [108] A. M. Linssen, L. J. C. Anteunis, and M. A. Joore, "The Cost-Effectiveness of Different Hearing Screening Strategies for 50- to 70-Year-Old Adults: A Markov Model," *Value in Health*, vol. 18, no. 5, pp. 560-569, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.jval.2015.03.1789.
- [109] M. E. Jatto, S. A. Ogunkeyede, A. A. Adeyemo, K. Adeagbo, and O. Saiki, "Mothers' perspectives of newborn hearing screening programme," *Ghana Med J*, vol. 52, no. 3, pp. 158-162, Sep. 2018, doi: 10.4314/gmj.v52i3.9.
- [110] A. Sutkowi-Hemstreet, M. Vu, R. Harris, N. T. Brewer, R. J. Dolor, and S. L. Sheridan, "Adult Patients' Perspectives on the Benefits and Harms of Overused Screening Tests: a Qualitative Study," *J Gen Intern Med*, vol. 30, no. 11, pp. 1618-1626, Nov. 2015, doi: 10.1007/s11606-015-3283-9.
- [111] S. K. Aremu, "Evaluation of the Hearing Test Pro Application as a Screening Tool for Hearing Loss Assessment," *Niger Med J*, vol. 59, no. 5, pp. 55-58, 2018, doi: 10.4103/nmj.NMJ\_160\_18.
- [112] K. M. Khan, S. L. Bielko, P. A. Barnes, S. S. Evans, and A. L. K. Main, "Feasibility of a low-cost hearing screening in rural Indiana," *BMC Public Health*, vol. 17, no. 1, p. 715, 18 2017, doi: 10.1186/s12889-017-4724-7.
- [113] E. Cedars, H. Kriss, A. A. Lazar, C. Chan, and D. K. Chan, "Use of otoacoustic emissions to improve outcomes and reduce disparities in a community preschool hearing screening program," *PLoS One*, vol. 13, no. 12, Dec. 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0208050.
- [114] J. A. P. M. de Laat, L. van Deelen, and K. Wiefferink, "Hearing Screening and Prevention of Hearing Loss in Adolescents," *Journal of Adolescent Health*, vol. 59, no. 3, pp. 243-245, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.jadohealth.2016.06.017.
- [115] V. Ramkumar, R. Nagarajan, V. C. Shankarnarayan, S. Kumaravelu, and J. W. Hall, "Implementation and evaluation of a rural community-based pediatric hearing screening program integrating in-person and tele-diagnostic auditory brainstem response (ABR)," *BMC Health Serv Res*, vol. 19, Jan. 2019, doi: 10.1186/s12913-018-3827-x.
- [116] L. Bouillot, M. Vercherat, and C. Durand, "Implementing universal newborn hearing screening in the French Rhône-Alpes region. State of affairs in 2016 and the

- 1st half of 2017," *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 117, pp. 30–36, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.ijporl.2018.11.011.
- [117] A. Chays, M. Labrousse, and X. Dubernard, "[Epidemiology and newborns universal hearing screening]," *Rev Prat*, vol. 68, no. 8, pp. 857–861, Oct. 2018.
- [118] M. B. Mallmann, Y. T. Tomasi, and A. F. Boing, "Neonatal screening tests in Brazil: prevalence rates and regional and socioeconomic inequalities," *J Pediatr (Rio J)*, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.jpmed.2019.02.008.
- [119] W. Poonual, N. Navacharoen, J. Kangsanarak, S. Namwongprom, and S. Saokaew, "Hearing loss screening tool (COBRA score) for newborns in primary care setting," *Korean J Pediatr*, vol. 60, no. 11, pp. 353–358, Nov. 2017, doi: 10.3345/kjp.2017.60.11.353.
- [120] K. Thangavelu *et al.*, "Prevalence and risk factors for hearing loss in high-risk neonates in Germany," *Acta Paediatr.*, May 2019, doi: 10.1111/apa.14837.
- [121] S.-T. Chiou *et al.*, "Economic evaluation of long-term impacts of universal newborn hearing screening," *Int J Audiol*, vol. 56, no. 1, pp. 46–52, 2017, doi: 10.1080/14992027.2016.1219777.
- [122] S. D. Grosse, C. A. Mason, M. Gaffney, V. Thomson, and K. R. White, "What Contribution Did Economic Evidence Make to the Adoption of Universal Newborn Hearing Screening Policies in the United States?," *International Journal of Neonatal Screening*, vol. 4, no. 3, p. 25, Sep. 2018, doi: 10.3390/ijns4030025.
- [123] "Year 2019 Position Statement: Principles and Guidelines for Early Hearing Detection and Intervention Programs." Utah State University, 23-Oct-2019.
- [124] G. Greczka, M. Zych, M. Wróbel, P. Dąbrowski, J. Szyfter Harris, and W. Szyfter, "Analysis of follow-up at the diagnostic level in the Polish Universal Neonatal Hearing Screening Programme," *J Med Screen*, vol. 25, no. 1, pp. 13–16, Mar. 2018, doi: 10.1177/0969141317695848.
- [125] S. Saxena, M. Funk, and D. Chisholm, "World Health Assembly adopts Comprehensive Mental Health Action Plan 2013–2020," *The Lancet*, vol. 381, no. 9882, pp. 1970–1971, Jun. 2013, doi: 10.1016/S0140-6736(13)61139-3.
- [126] D. V. Vigo, D. Kestel, K. Pendakur, G. Thornicroft, and R. Atun, "Disease burden and government spending on mental, neurological, and substance use disorders, and self-harm: cross-sectional, ecological study of health system response in the Americas," *The Lancet Public Health*, vol. 4, no. 2, pp. e89–e96, Feb. 2019, doi: 10.1016/S2468-2667(18)30203-2.
- [127] S. Kikuzawa, B. Pescosolido, M. Kasahara-Kiritani, T. Matoba, C. Yamaki, and K. Sugiyama, "Mental health care and the cultural toolboxes of the present-day Japanese population: Examining suggested patterns of care and their correlates," *Social Science & Medicine*, vol. 228, pp. 252–261, May 2019, doi: 10.1016/j.socscimed.2019.03.004.
- [128] M. Bimerew, "Information systems for community mental health services in South Africa," *International Journal of Africa Nursing Sciences*, vol. 11, p. 100127, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.ijans.2019.01.001.
- [129] R. M. McCarron *et al.*, "Integrated Medicine and Psychiatry Curriculum for Psychiatry Residency Training: A Model Designed to Meet Growing Mental Health

- Workforce Needs," *Academic Psychiatry*, vol. 39, no. 4, pp. 461–465, 2015, doi: 10.1007/s40596-015-0348-3.
- [130] K. R. Delaney and N. S. Karnik, "Building a Child Mental Health Workforce for the 21st Century: Closing the Training Gap," *Journal of Professional Nursing*, vol. 35, no. 2, pp. 133–137, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.profnurs.2018.07.002.
- [131] E. Baker, N. T. A. Pham, L. Daniel, and R. Bentley, "New evidence on mental health and housing affordability in cities: A quantile regression approach," *Cities*, vol. 96, p. 102455, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.cities.2019.102455.
- [132] J. T. Mullins and C. White, "Temperature and mental health: Evidence from the spectrum of mental health outcomes," *Journal of Health Economics*, vol. 68, p. 102240, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.jhealeco.2019.102240.
- [133] K. Kelsay, M. Bunik, M. Buchholz, B. Burnett, and A. Talmi, "Incorporating Trainees' Development into a Multidisciplinary Training Model for Integrated Behavioral Health Within a Pediatric Continuity Clinic," *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, vol. 26, no. 4, pp. 703–715, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.chc.2017.06.001.
- [134] B. X. Yang, T. E. Stone, and S. A. Davis, "The effect of a community mental health training program for multidisciplinary staff," *Archives of Psychiatric Nursing*, vol. 32, no. 3, pp. 413–417, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.apnu.2017.12.007.
- [135] J. Deenik, D. E. Tenback, E. C. P. M. Tak, F. Rutters, I. J. M. Hendriksen, and P. N. van Harten, "Changes in physical and psychiatric health after a multidisciplinary lifestyle enhancing treatment for inpatients with severe mental illness: The MULTI study I," *Schizophrenia Research*, vol. 204, pp. 360–367, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.schres.2018.07.033.
- [136] B. M. Melnyk, "Reducing Healthcare Costs for Mental Health Hospitalizations With the Evidence-based COPE Program for Child and Adolescent Depression and Anxiety: A Cost Analysis," *Journal of Pediatric Health Care*, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.pedhc.2019.08.002.
- [137] F. Tramonti, F. Giorgi, and A. Fanali, "General system theory as a framework for biopsychosocial research and practice in mental health," *Systems Research and Behavioral Science*, vol. 36, no. 3, pp. 332–341, 2019, doi: 10.1002/sres.2593.
- [138] L. Meyer and T. P. Melchert, "Mental health intake assessments from a biopsychosocial perspective," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 5, pp. 362–366, Jan. 2010, doi: 10.1016/j.sbspro.2010.07.105.
- [139] N. Halfon and C. B. Forrest, "The Emerging Theoretical Framework of Life Course Health Development," in *Handbook of Life Course Health Development*, N. Halfon, C. B. Forrest, R. M. Lerner, and E. M. Faustman, Eds. Cham (CH): Springer, 2018.
- [140] S. Sockalingam, Z. K. Chaudhary, R. Barnett, J. Lazor, and M. Mylopoulos, "Developing a Framework of Integrated Competencies for Adaptive Expertise in Integrated Physical and Mental Health Care," *Teaching and Learning in Medicine*, Sep. 2019.
- [141] S. Sharma *et al.*, "Challenges in the clinical implementation of a biopsychosocial model for assessment and management of orofacial pain," *J Oral Rehabil*, Aug. 2019, doi: 10.1111/joor.12871.

- [142] L. Skyttner, "A Selection of Systems Theories," in *General Systems Theory: An Introduction*, L. Skyttner, Ed. London: Macmillan Education UK, 1996, pp. 69–131.
- [143] K. C. Paterson and N. M. Holden, "Assessment of policy conflict using systems thinking: A case study of carbon footprint reduction on Irish dairy farms," *Environmental Science & Policy*, vol. 101, pp. 38–45, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.envsci.2019.07.008.
- [144] R. Jagustović, R. B. Zougmore, A. Kessler, C. J. Ritsema, S. Keesstra, and M. Reynolds, "Contribution of systems thinking and complex adaptive system attributes to sustainable food production: Example from a climate-smart village," *Agricultural Systems*, vol. 171, pp. 65–75, May 2019, doi: 10.1016/j.agsy.2018.12.008.
- [145] R. L. Ackoff, "Systems thinking and thinking systems," *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2–3, pp. 175–188, 1994, doi: 10.1002/sdr.4260100206.
- [146] J. W. Forrester, "System dynamics—a personal view of the first fifty years," *System Dynamics Review*, vol. 23, no. 2–3, pp. 345–358, 2007, doi: 10.1002/sdr.382.
- [147] M. Kudret Yurtseven and Walter W. Buchanan, "Complexity Decision Making and General Systems Theory: An Educational Perspective," *SS*, vol. 6, no. 2, Feb. 2016, doi: 10.17265/2159-5526/2016.02.001.
- [148] J. Rehman, O. Sohaib, M. Asif, and B. Pradhan, "Applying systems thinking to flood disaster management for a sustainable development," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 36, p. 101101, May 2019, doi: 10.1016/j.ijdrr.2019.101101.
- [149] C. L. Lin and C. F. Chien, "Systems thinking in a gas explosion accident – lessons learned from Taiwan," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 62, p. 103987, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.jlp.2019.103987.
- [150] A. Hulme, N. A. Stanton, G. H. Walker, P. Waterson, and P. M. Salmon, "What do applications of systems thinking accident analysis methods tell us about accident causation? A systematic review of applications between 1990 and 2018," *Safety Science*, vol. 117, pp. 164–183, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.ssci.2019.04.016.
- [151] W. Zhang, S. Zhu, X. Zhang, and T. Zhao, "Identification of critical causes of construction accidents in China using a model based on system thinking and case analysis," *Safety Science*, vol. 121, pp. 606–618, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ssci.2019.04.038.
- [152] O. Ibrahim and A. Larsson, "Intelligibility and Transparency in Model-based Collaborative Governance," in *Proceedings of the 20th Annual International Conference on Digital Government Research*, New York, NY, USA, 2019, pp. 214–226, doi: 10.1145/3325112.3325247.
- [153] J. M. Phillips, A. M. Stalter, M. A. Dolansky, and G. M. Lopez, "Fostering Future Leadership in Quality and Safety in Health Care through Systems Thinking," *Journal of Professional Nursing*, vol. 32, no. 1, pp. 15–24, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.profnurs.2015.06.003.
- [154] T. Niskanen, K. Louhelainen, and M. L. Hirvonen, "A systems thinking approach of occupational safety and health applied in the micro-, meso- and macro-levels: A Finnish survey," *Safety Science*, vol. 82, pp. 212–227, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.ssci.2015.09.012.

- [155] T. Tetuan, R. Ohm, L. Kinzie, S. McMaster, B. Moffitt, and M. Mosier, "Does Systems Thinking Improve the Perception of Safety Culture and Patient Safety?," *Journal of Nursing Regulation*, vol. 8, no. 2, pp. 31–39, Jul. 2017, doi: 10.1016/S2155-8256(17)30096-0.
- [156] K. Clark and A. Hoffman, "Educating Healthcare Students: Strategies to Teach Systems Thinking to Prepare New Healthcare Graduates," *Journal of Professional Nursing*, vol. 35, no. 3, pp. 195–200, May 2019, doi: 10.1016/j.profnurs.2018.12.006.
- [157] S. Ferreira and G. Castleberry, "A Systems Thinking Perspective of Medication Adherence for Patients with Diabetes Mellitus," *Procedia Computer Science*, vol. 153, pp. 218–224, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.05.073.
- [158] J. P. Ansah, V. Koh, D. De Korne, T. Jayabaskar, D. B. Matchar, and D. Quek, "Modeling manpower requirement for a changing population health needs: The case of ophthalmic nurses and allied health ophthalmic professionals," *Health Policy and Technology*, vol. 8, no. 3, pp. 282–295, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.hlpt.2019.08.004.
- [159] M. S. Jalali, H. Rahmandad, S. L. Bullock, S. H. Lee-Kwan, J. Gittelsohn, and A. Ammerman, "Dynamics of intervention adoption, implementation, and maintenance inside organizations: The case of an obesity prevention initiative," *Social Science & Medicine*, vol. 224, pp. 67–76, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.socscimed.2018.12.021.
- [160] K. Wroblewska-Seniuk *et al.*, "Sensorineural and conductive hearing loss in infants diagnosed in the program of universal newborn hearing screening," *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 105, pp. 181–186, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.ijporl.2017.12.007.
- [161] A. E. Shearer, J. Shen, S. Amr, C. C. Morton, and R. J. Smith, "A proposal for comprehensive newborn hearing screening to improve identification of deaf and hard-of-hearing children," *Genet Med*, vol. 21, no. 11, pp. 2614–2630, 2019, doi: 10.1038/s41436-019-0563-5.
- [162] S. A. Wood, G. J. Sutton, and A. C. Davis, "Performance and characteristics of the Newborn Hearing Screening Programme in England: The first seven years," *Int J Audiol*, vol. 54, no. 6, pp. 353–358, Jun. 2015, doi: 10.3109/14992027.2014.989548.
- [163] B. Vos, C. Senterre, M. Boutsen, R. Lagasse, and A. Levêque, "Improving early audiological intervention via newborn hearing screening in Belgium," *BMC Health Serv Res*, vol. 18, Jan. 2018, doi: 10.1186/s12913-018-2878-3.
- [164] Health Consumer Powerhouse, "Euro health consumer index. 2018," Health Consumer Powerhouse, 2018.
- [165] G. P. Karev and A. S. Novozhilov, "How trait distributions evolve in populations with parametric heterogeneity," *Mathematical Biosciences*, vol. 315, p. 108235, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.mbs.2019.108235.
- [166] C. Vacas-Soriano and E. Fernández-Macías, "Income inequalities and employment patterns in Europe before and after the Great Recession," 2017.
- [167] A. Dasgupta and A. Wahed, "Chapter 4 - Laboratory Statistics and Quality Control," in *Clinical Chemistry, Immunology and Laboratory Quality Control*, A. Dasgupta and A. Wahed, Eds. San Diego: Elsevier, 2014, pp. 47–66.

- [168] S. W. S. MacDonald and R. S. Stawski, "Chapter 2 - Methodological Considerations for the Study of Adult Development and Aging," in *Handbook of the Psychology of Aging (Eighth Edition)*, K. W. Schaie and S. L. Willis, Eds. San Diego: Academic Press, 2016, pp. 15–40.
- [169] P. Dai, S. Zhang, Z. Chen, Y. Gong, and H. Hou, "Perceptions of Cultural Ecosystem Services in Urban Parks Based on Social Network Data," *Sustainability*, vol. 11, no. 19, p. 5386, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11195386.
- [170] R. Avila-Tapias, "Co-ethnic Spatial Concentrations and Japan's 1930s Concord Project for Manchukuo," *Geographical review of Japan series B*, vol. 88, no. 2, pp. 47–65, 2016, doi: 10.4157/geogrevjapanb.88.47.
- [171] A. Hollingsworth, A. Soni, A. Carroll, J. Cawley, and K. Simon, "Gains in health insurance coverage explain variation in Democratic vote share in the 2008–2016 presidential elections," *PLOS ONE*, vol. 14, p. e0214206, Apr. 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0214206.
- [172] J. S. Kazungu and E. W. Barasa, "Examining levels, distribution and correlates of health insurance coverage in Kenya," in *Tropical medicine & international health : TM & IH*, 2017, doi: 10.1111/tmi.12912.
- [173] N. De Wet, "Gendered differences in AIDS and AIDS-related cause of death among youth with secondary education in South Africa, 2009–2011," *SAHARA-J: Journal of Social Aspects of HIV/AIDS*, vol. 13, no. 1, pp. 170–177, Jan. 2016, doi: 10.1080/17290376.2016.1242434.
- [174] M. P. Kwan, *Geographies of Health, Disease and Well-being*. Routledge, 2014.
- [175] U. of B. C. S. R. W. Anthony J.F. Griffiths University of California, Riverside; Sean B. Carroll, Howard Hughes Medical Institute, University of Wisconsin--Madison; John Doebley, University of Wisconsin--Madison, *Introduction to genetic analysis*. Eleventh edition. New York, NY : W.H. Freeman & Company, [2015] ©2015, 2015.
- [176] R. Konrad, B. Tulu, and M. Lawley, "Monitoring Adherence to Evidence-Based Practices," *Appl Clin Inform*, vol. 4, no. 1, pp. 126–143, Mar. 2013, doi: 10.4338/ACI-2012-06-RA-0026.
- [177] K. Flott, A. Darzi, and E. Mayer, "Care pathway and organisational features driving patient experience: statistical analysis of large NHS datasets," *BMJ Open*, vol. 8, no. 7, Jul. 2018, doi: 10.1136/bmjopen-2017-020411.
- [178] C. Doyle, L. Lennox, and D. Bell, "A systematic review of evidence on the links between patient experience and clinical safety and effectiveness," *BMJ Open*, vol. 3, no. 1, Jan. 2013, doi: 10.1136/bmjopen-2012-001570.
- [179] J. Cylus and I. Papanicolas, "An analysis of perceived access to health care in Europe: How universal is universal coverage?," *Health Policy*, vol. 119, no. 9, pp. 1133–1144, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.healthpol.2015.07.004.
- [180] D. D. Miller, "The Big Health Data–Intelligent Machine Paradox," *The American Journal of Medicine*, vol. 131, no. 11, pp. 1272–1275, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.amjmed.2018.05.038.

## Κατάλογος Δημοσιεύσεων

### A. Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές

Katrakazas, P., Pasiadis, K., Bibas A., Koutsouris, D., (2019) A General Systems Theory Approach in Public Hearing Health: Lessons learned from a Systematic Review of General Systems Theory in Healthcare. *IEEE Access Under Review/Considered for publication*.

Katrakazas, P., Koutsouris, D. (2019) Applying a General Systems Theory framework in Mental Health Treatment Pathways: the case of the Hellenic Center of Mental Health and Research. *International Journal of General Systems, Under Review/Considered for publication*.

Gutenberg, J., Katrakazas, P., Trenkova, L., Murdin, L., Brdarić, D., Koloutsou, N., . . . Laplante-Lévesque, A. (2018). Big Data for sound policies: Toward evidence-informed hearing health policies. *American Journal of Audiology*, 27(3S), 493–502. [https://doi.org/10.1044/2018\\_AJA-IMIA3-18-0003](https://doi.org/10.1044/2018_AJA-IMIA3-18-0003)

Voutyrakou, D.A., Papanastasis, A., Chatsikian, M., Katrakazas, P., Koutsouris, D. "Transoral Robotic Surgery (TORS) Advantages and Disadvantages: A Narrative Review". *The Journal of Engineering*, IET Digital Library, DOI: 10.1049/joe.2017.0409, 2017.

Katrakazas, P., Trenkova, L., Milas, J., Brdaric, D., Koutsouris, D. "The EVOTION decision support system: Utilizing it for public health policy-making in hearing loss", *Studies in Health Technology and Informatics*, Househ M.S.,Mantas J.,Hasman A.,Gallos P (Eds), vol. 238, pp. 88 – 91, Elsevier, IOS Press, 2017.

Tietz, L.H.B., Katrakazas, P., Laplante-Lévesque, A., Pontoppidan, N.H., Koloutsou, N., Spanoudakis, G., Koutsouris, D. "Associations between hearing performance and physiological measures - An overview and outlook", *Studies in Health Technology and Informatics*, Househ M.S.,Mantas J.,Hasman A.,Gallos P (Eds), vol. 238, pp. 100 – 103, Elsevier, IOS Press, 2017.

Giokas, K., Katrakazas, P., Koutsouris, D. "A Collaborative m-Health Platform for Evidence-Based Self-Management and Detection of Chronic Multimorbidity Development and Progression" In: *M-Health Innovations for Patient-Centered Care*, chapter 3, pp. 52-71, A. Moumtzoglou (Editor), IGI Eds, 2016.

### B. Δημοσιεύσεις σε πρακτικά συνεδρίων

P. Katrakazas, O. Manta and D. Koutsouris, "A Big-Data Informed Model Approach to Hearing Health Policy Decision Making," *2018 14th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)*, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2018, pp. 725-729. doi: 10.1109/SITIS.2018.00116



- P. Katrakazas and D. Koutsouris, "A (Lack of) Review on Cyber-Security and Privacy Concerns in Hearing Aids," *2018 IEEE 31st International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, Karlstad, 2018, pp. 223-226. doi: 10.1109/CBMS.2018.00046
- P. Katrakazas *et al.*, "Business Process Modelling for a Greek Hospital's Medical Equipment Data Center," *2018 IEEE 31st International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, Karlstad, 2018, pp. 328-332. doi: 10.1109/CBMS.2018.00064
- S. Michael, P. Katrakazas, O. Petronoulou, A. Anastasiou, D. Iliopoulou and D. Dionisios Koutsouris, "NutritionBuddy: a Childhood Obesity Serious Game," *2018 Second World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4)*, London, 2018, pp. 5-8. doi: 10.1109/WorldS4.2018.8611473
- Spanoudakis, G., Kikidis, D., Bibas, A., Katrakazas, P., Koutsouris, D. Pontopidan, N. H. "Public health policy for management of hearing impairments based on big data analytics: EVOTION at Genesis". In: *17th IEEE International Bio-Informatics and Bio-Engineering Conference, BIBE 2017*, October, Washington D.C., USA, 2017.
- Katrakazas, P., Trenkova, L., Milas, J., Brdaric, D., Koutsouris, D. "The EVOTION decision support system: Utilizing it for public health policy-making in hearing loss", In: *ICIMTH 2017 (International Conference on Informatics, Management, and Technology in Healthcare), Studies in Health Technology and Informatics*, Househ M.S., Mantas J., Hasman A., Gallos P (Eds), vol. 238, pp. 88 – 91, Elsevier, IOS Press, Athens, Greece, July, 2017.
- Tietz, L.H.B., Katrakazas, P., Laplante-Lévesque, A., Pontoppidan, N.H., Koloutsou, N., Spanoudakis, G., Koutsouris, D. "Associations between hearing performance and physiological measures - An overview and outlook", In: *ICIMTH 2017 (International Conference on Informatics, Management, and Technology in Healthcare), Studies in Health Technology and Informatics*, Househ M.S., Mantas J., Hasman A., Gallos P (Eds), vol. 238, pp. 100 – 103, Elsevier, IOS Press, Athens, Greece, July, 2017
- Lambrou, G. I. Katrakazas, P. Iliopoulou, D., Koutsouri, Tz. Iliopoulou, I. Koutsouris D. "The Thermodynamic Cost of Intelligence", In : *Joint conference of the European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC 17) and the Nordic-Baltic cinference in Biomedical Engineering and Medical Physics(NBC 17)*, ), *IFMBE Proceedings* , vol. 65, pp. 998-991, 2018, Tampere, Finland, June, 2017.
- Zaires, S., Perrakis, G., Bekri, E., Katrakazas, P. Lambrou, G. I. Koutsouris D. "Chronic Disease Management via Mobile Apps: The Diabetes Case", In : *Joint conference of the European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC 17) and the Nordic-Baltic cinference in Biomedical Engineering and Medical Physics(NBC 17)*, *IFMBE Proceedings* , vol. 65, pp. 177 – 180, 2018, Tampere, Finland, June, 2017.
- Pitsaris, M. Katrakazas, P. Koutsouris D. "Design and Development of a Low-Budget Infrasonic Detector", ", In : *Joint conference of the European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC 17) and the Nordic-Baltic cinference in Biomedical Engineering and Medical Physics(NBC 17)*, Tampere, Finland, June, 2017.

Lambrou, G., Barbounaki, I., Tzortzatou-Stathopoulou, F., Petropoulou, O., Katrakazas, P., Iliopoulou, D., Koutsouris D. "Computational Analysis of BRCA1 Mutations in Pediatric Patients with Malignancies and Their Mothers". In: *30<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems - IEEE CBMS 2017*, Thessaloniki, Greece. June 2017.

Ioannidou, P., Katrakazas, P., Kollias, S., Sarafidis, M., Koutsouris D. "HEAR? INFO: A modern mobile-web platform addressed to hard-of-hearing elderly individuals". In: *30<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems - IEEE CBMS 2017*, Thessaloniki, Greece. June 2017.

Katrakazas, P., Tarousi, M., Giokas, K., Koutsouris, D. "Analysis of Cervical cancer: an Evidence-based treatments" In: *30<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems - IEEE CBMS 2017*, Thessaloniki, Greece. June 2017.

Kalogeropoulou, M.; Katrakazas, P., Giokas, K.; Koutsouris, D. "A Nanobots-based Methodology for Assessing the Acoustic Signal's Attenuation in the Auditory System's Pathway" In: *SAN2016 Meeting*, Corfu, Greece. October, 2016.

Mpostanis, A., Katsios, A., Argyriou, A., Vakalis, S., Marousis, N., Katrakazas, P., Koutsouris, D. "Online Alexithymia Questionnaire for Children with Type 1 Diabetes", *38<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Orlando, USA, August, 2016.

Kalogeropoulou, M., Katrakazas, P., Koutsouris, D. "Bat Algorithm Guided Navigation of Nanobots Swarm Inside Brain" *38<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Orlando, USA, August, 2016.

Androutsou, Th. Katrakazas, P., Toumpaniaris, P., Kouris, I., Koutsouris, D. "A General-Purpose Clinical Decision Support System Concept", *38<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Orlando, USA, August, 2016.

Lambrou, G.I; Braoudaki, M; Katrakazas, P.; Kouris, I.; Iliopoulou, D.; Koutsouri, Tz.; Petropoulou, O.; Koutsouris, D. "Complex Dynamics in Tumor Gene Regulatory Networks: Oncogenesis Dynamics Driven by "Genes Gone Crazy" *XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016, MEDICON 2016*, vol. 57 of the series IFMBE Proceedings, pp, 501-505, Springer International Publishing, Cyprus, March-April 2016.

Lambrou, G.I., Katrakazas, P., Iliopoulou, D., Kouris, I., Giokas, K., Petropoulou, O., Koutsouris, D.-D. "Σkynet: A Novel Biologically Inspired Near Extinction Reconstruction Model", *XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016, MEDICON 2016*, vol. 57 of the series IFMBE Proceedings, pp, 162-166, Springer International Publishing, Cyprus, March-April 2016.

Plakas, K., Katrakazas, P., Giokas, K., Kouris, I., Bibas, A., Koutsouris, D.D. "Otosclerosis and Tympanosclerosis Modeling Using the Finite Element Method", *XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016, MEDICON 2016*,

vol. 57 of the series IFMBE Proceedings, pp, 720-724, Springer International Publishing, Cyprus, March-April 2016.

Katrakazas, P., Giokas, K., Koutsouris D. "Mobile-Cloud Platform for Raising Hearing Loss Awareness", *ACM-International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments-PETRA15*, Proceedings, art. no. a91, Corfu, Greece, July 2015.

K. Plakas, P. Katrakazas, K. Giokas, D. Koutsouris, "Inner-ear modelling, with the use of FEM", *6th Panhellenic Conference on Biomedical Technology*, p. 41, Athens, May 2015.

P. Katrakazas, K. Giokas, D. Koutsouris, "Proposed Microphone Array System for Assisting hard-of-hearing Drivers", *6th Panhellenic Conference on Biomedical Technology*, p. 58, Athens, May 2015.