



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**Περιβάλλον Προσομοίωσης  
της Μετάδοσης Κληρονομικών Παθήσεων**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΟΥ**

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Γ. ΗΛΙΑΔΗ**  
**Α.Ε.Μ 4263**

**Επιβλέπων : Δρ. Περικλής Α. Μήτσας**  
**Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ**

**Θεσσαλονίκη, Ιούλιος 2004**

*Στους γονείς μου  
Γιατί είμαι, επειδή είναι...*

**Abstract**— Simulating an Artificial Society is always an intriguing and challenging process, to help us to better understand the macroscopic way humans function. Mathematical models usually make simplifications of the law governing systems, by presuming that populations are homogeneous and corporate in peace. In order to address the problems rising for heterogeneous populations, exploitation of agent technology leads to systems where agents have a unique way of performing actions, as individuals.

The study of specific scenario-based closed models may help us deliver some useful conclusions through proper data analysis. Interpreting a society and its mentality is a difficult task though, and perhaps impossible to completely cover in full range all its aspects, which may be visible, or be hidden under a chaotic way of behaviour.

Keeping this in mind, we pursue the simulation of a closed system in an artificial society, that of a hereditary disease epidemiological behaviour and how it affects a population, as part of a multi agent system. Agents, as human, acquire human characteristics: education on the disease, fear for the birth of non healthy descendants, as well with other human-like mate selection criteria, as wealth (included in the genetic algorithm), topological distance, age differences and others.

The simulating system, called GeneCity, deploys an initial population of agents, under user specified demographical and sociological data, and can observe the changes through a period of epochs, with mate selection, marriages, deaths, births, genetic crossover and mutation, both for the biological and social genes. This thesis presents an extensive view of the work conducted.

**Index Terms**— “Epidemiological Simulation”, “Genetic Algorithms”, “Social Simulation”, “Multi Agent System”, “JADE”, “Hereditary diseases”, “Mate Selection”

**Στοιχεία Συγγραφέα:**

Ο Ηλιάδης Δημήτριος είναι προπτυχιακός φοιτητής του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Φοιτητικό μέλος IEEE - Engineers in Medicine and Biology (EMB).

Διεύθυνση: Τεμπών 32, 2408 Έγκωμη, Λευκωσία, Κύπρος

Ηλ. Διεύθυνση: [eldemet@ieee.org](mailto:eldemet@ieee.org)

## **Ευχαριστίες**

Μέσω αυτού του βήματος επιθυμώ να ευχαριστήσω όλους όσους διαδραμάτισαν κάποιο ρόλο σε αυτή τη διπλωματική:

Στον Αναπληρωτή Καθηγητή, κ. Περικλή Α. Μήτκα, για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε και στην επίβλεψή του κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας,

στον κ. Αντρέα Συμεωνίδη, που με ανέχθηκε καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου με τις απανωτές επισκέψεις μου και που οι σκέψεις του ήταν πάντα ένα βήμα πριν από τις δικές μου, που πάντα είχε μια λύση να προτείνει και ήταν πάντα εκεί,

στο κ. Διονύση Κεχαγιά, για τη βοήθεια που προσέφερε από την αρχή που ανέλαβα διπλωματική,

στην κα. Έλενα Ρώσσου, ερευνήτρια στο Ινστιτούτο Νευρολογίας και Γενετικής Κύπρου, για το πολύτιμο χρόνο και το υλικό που διέθεσε για τις γενετικές ασθένειες,

τον κ. Φάνη Μαλκίδη, Λέκτορα Κοινωνιολογίας στο ΔΠΘ, για την άμεση ανταπόκριση σε ερωτήματα που του είχα υποβάλει,

σε όλους τους φίλους που με βοήθησαν να αναπτύξω το θέμα και ειδικότερα στο Στέλιο Στυλιανού, από όπου πήρα την ιδέα για τις γενετικές ασθένειες, όπως και στο φίλο Θεόδωρο Αναστασιάδη που με υπέμενε μέχρι το πέρας αυτής της εργασίας.

## Πίνακας Περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	II
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ .....	1
1.2 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ .....	2
<b>2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΈΡΕΥΝΑ .....</b>	<b>4</b>
2.1 ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ .....	4
2.1.1 Παραδοσιακές Μαθηματικές Τεχνικές .....	4
2.1.2 Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων - Τεχνητών Κοινωνιών .....	4
2.1.3 Πράκτορες Λογισμικού (Software Agents) .....	5
2.1.4 Περιβάλλον Πρακτόρων .....	6
2.1.5 Κανόνες Πρακτόρων .....	6
2.1.6 Απάλειψη Σφαλμάτων Προσομοίωσης .....	7
2.2 ΙΑΤΡΙΚΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ .....	7
2.2.1 Εισαγωγή στην Γενετική .....	7
2.2.2 Αυτοσωματικές Υποτελείς Ασθένειες .....	8
2.2.3 Αυτοσωματικές Κυρίαρχες Ασθένειες .....	8
2.2.4 Χ-Φυλοσύνδετες Ασθένειες .....	9
2.3 ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ .....	10
2.3.1 Γενικά περί Γενετικών Αλγορίθμων .....	10
2.3.2 Τελεστές Γενετικών Αλγορίθμων .....	11
2.3.3 Παράδειγμα Γενετικού Αλγόριθμου .....	12
2.4 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΕΚΜΑΘΗΣΗ (REINFORCED LEARNING) .....	12
2.5 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΑ .....	13
2.5.1 Γενικά .....	13
2.5.2 Βασικοί Ορισμοί .....	13
2.5.3 Τύποι Εκθετικής Αύξησης Πληθυσμών .....	14
2.6 ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΔΟΜΗ .....	14
2.6.1 Γενικά για Οικογένεια .....	14
2.6.2 Επιλογή Συντρόφου .....	15
2.6.3 Γενετική Ασθένεια και Γονείς .....	16
2.7 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ .....	17
2.7.1 Μαθηματική Προσέγγιση .....	17
2.7.2 Πρακτορική (Agent-based) προσέγγιση .....	18
2.8 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ .....	19

<b>3</b>	<b>ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....</b>	<b>20</b>
3.1	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ .....	20
3.2	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΤΩΝ .....	20
3.3	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	21
3.3.1	Το Πολυπρακτορικό Σύστημα (MAS).....	21
3.3.2	Γραφικό Περιβάλλον Διεπαφής (GUI).....	21
3.4	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΞΟΔΟΥ .....	22
3.5	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΌΨΕΙΣ .....	23
3.5.1	Παράθυρο Πλέγματος Άγαμων Πρακτόρων και Οικογενειών .....	23
3.5.2	Ιατρικό Γενεαλογικό Δένδρο Πράκτορα-Οικογένειας.....	23
3.5.3	Πίνακας Πρακτόρων.....	23
3.5.4	Γενικές Μετρήσεις Ροής Προσομοίωσης.....	24
3.5.5	Παράθυρα Εισαγωγής Δεδομένων.....	24
3.5.6	Παράθυρα Γραφικών Παραστάσεων.....	26
3.6	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	26
<b>4</b>	<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ.....</b>	<b>27</b>
4.1	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΠΡΑΚΤΩΡΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ .....	27
4.1.1	Γενικά για Agent Management .....	27
4.1.2	Ονομασία Πρακτόρων.....	28
4.1.3	Υπηρεσίες Agent Management System.....	28
4.1.4	Κύκλος ζωής πρακτόρων .....	29
4.2	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΑΚΤΩΡΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ .....	29
4.2.1	Γλώσσα Αντικειμενοστραφούς Προγραμματισμού Java .....	29
4.2.2	Java Agent DEvelopment (JADE) Framework.....	30
4.2.3	Protégé-2000.....	31
4.3	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	31
4.4	ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	32
4.5	ΠΛΕΓΜΑ ΠΡΑΚΤΩΡΩΝ .....	33
4.6	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ-ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ.....	35
4.7	ΦΟΒΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	36
4.8	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ .....	37
4.9	ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΤΡΟΦΟΥ .....	40
4.9.1	Ορισμός.....	40
4.9.2	Αναλυτική Περιγραφή SMP.....	41
4.9.3	Συμπληρωματική Παράμετρος Προτίμησης .....	42
4.9.4	Χρήση του Stable Marriage Problem στο Σύστημα Προσομοίωσης.....	43
4.10	ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΑΚΤΟΡΑ .....	44
4.10.1	Χαρακτηριστικά Γενετικού Κώδικα Πράκτορα.....	44
4.10.2	Παραδείγματα Γενετικού κώδικα Πρακτόρων .....	46

4.10.3	Μέθοδος Διασταύρωσης .....	47
4.11	ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	47
4.11.1	Description (τύπου Concept).....	47
4.11.2	Families (τύπου Predicate).....	49
4.11.3	Human (Predicate).....	50
4.11.4	NewBorns (Predicate).....	50
4.11.5	Preferences (Predicate).....	50
4.12	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	50
<b>5</b>	<b>ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ GENECITY .....</b>	<b>52</b>
5.1	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΕΠΑΦΗΣ.....	52
5.1.1	Γενικά .....	52
5.1.2	Κεντρικό Παράθυρο Εφαρμογής.....	53
5.1.3	Διεπαφή Κυρίως Μενού Επιλογής .....	53
5.1.4	Διεπαφή Κομβίων Επιλογής .....	56
5.1.5	Διεπαφή Εισαγωγής Δεδομένων.....	56
5.1.6	Διεπαφή Γενικού Ελέγχου (Remote Control).....	58
5.1.7	Διεπαφή Πλέγματος Πρακτόρων .....	61
5.1.8	Διεπαφή Πίνακα Πρακτόρων και Μετρήσεων.....	62
5.1.9	Διεπαφή Ιατρικού Γενεαλογικού Δένδρου.....	64
5.1.10	Διεπαφή Γραφικής Αναπαράστασης Πληθυσμού .....	65
5.1.11	Διεπαφή Βοήθειας.....	66
5.1.12	Διεπαφή Αποθήκευσης Αρχείων.....	66
5.1.13	Διεπαφή Ανοίγματος Αρχείων.....	68
5.1.14	Διεπαφή JADE.....	68
5.2	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	69
5.3	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΞΟΔΟΥ .....	71
5.3.1	Αρχεία Εξόδου (Μετρήσεων) .....	72
5.4	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	74
<b>6</b>	<b>ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>75</b>
6.1	ΣΕΝΑΡΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	75
6.1.1	Στόχος Σεναρίου .....	75
6.1.2	Αρχικές Παράμετροι .....	76
6.1.3	Αποτελέσματα .....	77
6.1.4	Συμπεράσματα Χρήσης .....	81
6.2	ΣΕΝΑΡΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	81
6.2.1	Στόχος Σεναρίου .....	81
6.2.2	Αρχικές Παράμετροι .....	82
6.2.3	Αποτελέσματα .....	82
6.2.4	Συμπεράσματα Χρήσης .....	86

6.3	ΣΕΝΑΡΙΟ 3.....	87
6.3.1	Στόχος Σεναρίου .....	87
6.3.2	Αρχικές Παράμετροι .....	87
6.3.3	Αποτελέσματα .....	88
6.3.4	Συμπεράσματα Χρήσης .....	90
<b>7</b>	<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....</b>	<b>91</b>
7.1	ΣΥΝΟΨΗ .....	91
7.2	ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ .....	91
7.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	92
7.4	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ .....	93
7.5	ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΣΚΕΨΕΙΣ... ..	93
<b>8</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>94</b>
8.1	ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ - ΆΡΘΡΑ.....	94
8.2	ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ- ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	95
8.3	ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	95
8.4	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ .....	96
8.5	URL .....	96
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....</b>	<b>97</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....</b>	<b>103</b>



# 1

## Εισαγωγή

*«Η σκακιέρα είναι ο κόσμος, τα πιόνια είναι τα φαινόμενα του σύμπαντος· οι κανόνες του παιχνιδιού είναι αυτό που ονομάζουμε, νόμοι της Φύσης»*

*T. H. Huxley*

Σε μια κλειστή κοινωνία, (όπως αυτή του νησιού Κύπρος), λόγω του μικρού γεωγραφικού μεγέθους και πληθυσμού, μπορεί κάποιος σχετικά εύκολα, σε σχέση με άλλες πολυπληθέστερες κοινωνίες, να παρατηρήσει την πορεία εξάπλωσης των γενετικών ασθενειών, ο οποίες μεταβιβάζονται από τη μια γενεά στην επόμενη. Ασθένειες όπως η Μυϊκή Δυστροφία του Duchenne (Muscular Dystrophy), η Μείζων Μεσογειακή Αναιμία (νόσος του Cooley), αλλά και άλλες λιγότερο γνωστές όπως ο Οικογενής Μεσογειακός Πυρετός (Familial Mediterranean Fever) -ο οποίος τα τελευταία μόλις χρόνια μελετάται στο νησί- υπάρχουν στη κοινωνία εξ' αιτίας κάποιων συγκεκριμένων μεταλλάξεων στα χρωματοσώματα. Μπορούμε λοιπόν να θεωρήσουμε πως μια τέτοια κλειστή κοινωνία μπορεί να προσομοιωθεί και άρα είναι εφικτή η παρακολούθηση της εξέλιξης ενός τέτοιου φαινομένου, διατηρώντας τις ιατρικές και κοινωνιολογικές παραμέτρους σταθερές.

### 1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Σκοπός της διπλωματικής αποτελεί η ανάπτυξη ενός συστήματος προσομοίωσης επιδημιολογικών ασθενειών σε μια κλειστή κοινωνία και η εξαγωγή συμπερασμάτων για όλες τις πτυχές του συστήματος. Αποτέλεσμα είναι η υλοποίηση

ενός περιβάλλοντος εργασίας, το οποίο υλοποιεί μια πολυπρακτορική κοινωνία με ανάπτυξη του συστήματος δια μέσου της χρήσης πολλαπλών πρακτόρων (*multi-agent community*) και προσομοιώνει την εξάπλωση της πάθησης και των φορέων αυτής. Η κοινωνία αυτή αποτελείται από πράκτορες (ανθρώπους) και λαμβάνει υπόψη μια σειρά από παράγοντες, όπως ο βαθμός προκατάληψης ανάμεσα στους γάμους ατόμων-φορέων, οι γενετικά αναμενόμενες τυχαίες μεταλλάξεις της ασθένειας, καθώς επίσης και κοινωνιολογικά στοιχεία η μέση διαφορά ηλικίας ανάμεσα στα ζευγάρια, το όριο ζωής, ο φαινότυπος της ασθένειας και άλλα.

Ανάλογα με το είδος της κληρονομικότητας, θα χωρίσουμε τον «ανθρώπινο» πληθυσμό πρακτόρων ως:

- **Ασθενείς:** Τα άτομα στα οποία εκδηλώθηκε η ασθένεια μετά από κάποιες συνθήκες (κληρονομικότητα, μετάλλαξη)
- **Φορείς:** Τα άτομα τα οποία μεταφέρουν γονιδιακά την πάθηση και που δεν θα τους εκδηλωθεί
- **Υγιείς:** Τα άτομα που δε φέρουν κανένα γονίδιο της πάθησης

Μέσα στα πλαίσια της διπλωματικής, θα επιχειρηθεί να σχεδιαστεί και να αναπτυχθεί κάποιο ευέλικτο, εύκολο στη χρήση και στη λειτουργία αλλά παράλληλα εξειδικευμένο, ερευνητικό εργαλείο, το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον μελετητή ιατρικών, βιολογικών ή και κοινωνιολογικών θεμάτων, με χρήση παραμετροποίησης ανάλογα με τις δικές του/της ανάγκες, σε σχέση με τη μετάδοση παθήσεων, μέσω κληρονομικότητας, των τύπων Αυτοσωματική Κυρίαρχη, Αυτοσωματική Υπολειπόμενη καθώς και Χ-Χρωματοσωματική και την επίδραση αυτών σε ένα σύνολο.

## 1.2 Οργάνωση των Κεφαλαίων

Το παρών σύγγραμμα επιχειρεί να παρουσιάσει μια ενδελεχή και όσο το δυνατό λεπτομερή περιγραφή κάθε πτυχής της ανάπτυξης του συστήματος, παρέχοντας τις απαραίτητες επισημάνσεις και επεξηγήσεις σε θέματα που εμπίπτουν σε άλλους επιστημονικούς χώρους, από αυτό της πληροφορικής μηχανικής. Η δομή που ακολουθείται είναι ως εξής:

- **Κεφάλαιο 2, Μεθοδολογία και Έρευνα.** Για τη μελέτη του συστήματος, είναι αναγκαία μια αναφορά σε όλες τις παραμέτρους οι οποίες είναι απαραίτητες για την όσο το δυνατό ορθότερη προβολή της προσομοίωσης. Στις επόμενες παραγράφους, θα μελετηθούν θέματα από την τεχνολογία των Πολλαπλών

Πρακτόρων [2.1] και την εφαρμογή τους σε μοντέλα προσομοίωσης, μια εισαγωγή στην Ιατρική Γενετική [2.2] για να εισαχθούν οι απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζονται για κατανόηση του μοντέλου, μια εισαγωγή στην επιστήμη της Δημογραφίας [2.3] καθώς και κάποια γενικά για την Οικογενειακή Δομή [2.4], τα οποία θα χρησιμεύσουν στο καθορισμό των αρχικών συνθηκών του πληθυσμού και εσωτερική επικοινωνία των πρακτόρων, και τέλος σχετικά με την επιστήμη της Επιδημιολογίας [2.5], με παράθεση κάποιων μαθηματικών μοντέλων και παραβολή των αδυναμιών τους.

- *Κεφάλαιο 3, Ανάλυση Απαιτήσεων.* Στο παρών κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι απαιτήσεις των χρηστών [3.2] και η αρχιτεκτονική συστήματος που θα υλοποιηθεί [3.3]. Θα καθοριστούν ποια θα αποτελούν τα δεδομένα εξόδου του συστήματος [3.4] και θα αναπτυχθεί αυστηρό πρότυπο επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων, όπως [3.5], αιτιολόγηση της επιλογής ως εργαλείων ανάπτυξης στη γλώσσα προγραμματισμού και στη πλατφόρμα ανάπτυξης πρακτόρων [3.6]. Επίσης, θα προδιαγραφούν οι όψεις του συστήματος [3.7]
- *Κεφάλαιο 4, Ανάλυση Μοντέλου και Σχεδίαση.* Σε αυτό το κεφάλαιο θα θεμελιωθούν οι βάσεις της προσομοίωσης, θέτοντας παραδοχές [4.1] και ορίζοντας τους πράκτορες που θα υλοποιηθούν [4.2]. Ακόμη θα περιγραφούν το Πλέγμα Πρακτόρων, που αποτελεί μέρος των όψεων του συστήματος, [4.3], οι μέθοδοι εισαγωγής ενημέρωσης στους πράκτορες, την αύξηση του φόβου μετάδοσης [4.4&4.5], τα θέματα επιλογής συντρόφου, με τη σχετική συνάρτηση που υπολογίζεται ο βαθμός προτίμησης [4.6&4.7]. Ακόμη θα καθοριστεί η διαμόρφωση του γενετικού κώδικα κάποιου πράκτορα [4.8], και θα καθοριστεί η οντολογία με την οποία θα επικοινωνεί [4.9].
- *Κεφάλαιο 5, Υλοποίηση Προσομοίωσης GeneCity.* Θα περιγραφεί η υλοποίηση των διεπαφών του λογισμικού εργαλείου «GeneCity» [5.1] και θα αναλυθεί η επικοινωνία όλων των πρακτόρων μεταξύ τους κατά τη λειτουργία του συστήματος [5.2]. Ακόμη θα οριστούν επακριβώς τα περιεχόμενα των μετρήσεων που θα εκτελεί η προσομοίωση.
- *Κεφάλαιο 6, Δοκιμή Σεναρίων-Πειράματα*
- *Κεφάλαιο 7, Επίλογος, συμπεράσματα και πολυπλοκότητα αλγορίθμων.*
- *Κεφάλαιο 8, Βιβλιογραφία*

# 2

## Μεθοδολογία και Έρευνα

*«Δεν είναι το μακροσκοπικό αντικείμενο καθεαυτό που ξαφνιάζει, αλλά η γενικευμένη επάρκεια των απλών τοπικών κανόνων»*

*Epstein & Axtell, 1996*

### 2.1 Πολυπρακτορικό Σύστημα Προσομοίωσης

Σύμφωνα με τους Epstein και Axtell [EPS96], η agent-based (με χρήση πρακτόρων) μοντελοποίηση, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη μελέτη κοινωνικών φαινομένων και συμπεριφορών. Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τη μετάδοση μιας κουλτούρας, την εξάπλωση μιας ασθένειας και τη δυναμική εξέλιξη των πληθυσμών.

#### 2.1.1 Παραδοσιακές Μαθηματικές Τεχνικές

Ο Stender [HIL94] ανάμεσα σε άλλους παρατηρεί ότι οι παραδοσιακές τεχνικές που βασίζονται στις διαφορικές εξισώσεις και συσχετίζουν κοινές παραμέτρους με άλλες, περιγράφοντας τη δυναμική κάποιου συστήματος, εμπεριέχουν σοβαρούς περιορισμούς. Ο κυριότερος είναι η απαίτηση το σύνολο να είναι ομοιογενή, ενώ στη πραγματικότητα είναι ετερογενή. Το γεγονός αυτό κάνει τις τεχνικές αυτές μη ικανές να αναπαραστήσουν ορθά το μοντέλο.

#### 2.1.2 Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων - Τεχνητών Κοινωνιών

Από την άλλη, τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων (multi-agent systems), μας βοηθούν να μοντελοποιήσουμε καταστάσεις όπου τα άτομα έχουν περίπλοκες και ξεχωριστές συμπεριφορές. Επίσης, μπορούν να λάβουν υπόψη τόσο ποσοτικές, όσο

και ποιοτικές ιδιότητες του συστήματος στο μοντέλο. Κατά συνέπεια λοιπόν, με τη συσχέτιση πολλών πρακτόρων με διαφορετικές συμπεριφορές, είναι δυνατό να προσομοιώσουμε ένα τεχνητό κόσμο που «κατοικείται» από αλληλεπιδράσεις. Η εξέλιξη τέτοιων συστημάτων πολλών πρακτόρων, μπορεί να οδηγήσει σε πολύ εξειδικευμένες ή περίπλοκες συμπεριφορές.

Από την άλλη, σύμφωνα με τον Ferber [HIL94], οι στόχοι μιας προσομοίωσης πολλαπλών πρακτόρων καθορίζονται ως:

- Η επικύρωση μιας υπόθεσης για εμφάνιση κοινωνικών δομών, η οποία προκαλείται από τη συμπεριφορά κάθε ατόμου και από τις αλληλεπιδράσεις του. Έτσι, παραμετροποίηση σε μικρο-επίπεδο, είναι ικανή να οδηγήσει σε ενδιαφέροντα φαινόμενα σε μακρο-επίπεδο.
- Η ανάπτυξη θεωριών που να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη μια γενικευμένης αντίληψης για τα ηθολογικά, κοινωνιολογικά και ψυχοκοινωνιολογικά συστήματα, πάντα σε σχέση με τις δομικές και οργανωτικές ιδιότητες.
- Η συνένωση διαφόρων «λειψών» θεωριών, οι οποίες προέρχονται από διαφορετικούς επιστημονικούς χώρους όπως η κοινωνιολογία, η εθνολογία, η ηθολογία και η γνωστική ψυχολογία, σε ένα ενιαίο πλαίσιο, με την παροχή εργαλείων που να το επιτρέπουν.

Σε μια προσομοίωση πάντως, ο χρήστης προσπαθεί να κατανοήσει πως λειτουργεί το μοντέλο του και να το συγκρίνει με δεδομένα από τον πραγματικό κόσμο.

### **2.1.3 Πράκτορες Λογισμικού (Software Agents)<sup>1</sup>**

Οι Epstein και Axtell [EPS96], ορίζουν τους πράκτορες, ως τους «ανθρώπους» των τεχνητών κοινωνιών. Κάθε πράκτορας έχει εσωτερικές καταστάσεις και κανόνες συμπεριφοράς. Μερικές καταστάσεις είναι σταθερές καθ' όλη τη ζωή του πράκτορα, ενώ άλλες αλλάζουν μέσα από την αλληλεπίδρασή του με άλλους πράκτορες ή με το εξωτερικό του περιβάλλον. Έτσι, ενώ δεν αλλάζει το φύλο, ο μεταβολισμός και ο βαθμός όρασης, αλλάζουν οι προτιμήσεις του, η οικονομική του κατάσταση, η υγεία του κ.ο.κ.

Ένας πράκτορας κατά τον Stender, αποτελείται εσωτερικά από τα «δεδομένα» και το «πρόγραμμα», το οποίο χωρίζεται στη «δράση», η οποία είναι ανάλογη με την

---

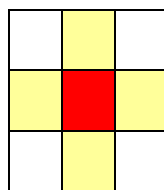
<sup>1</sup> Ορισμένοι ερευνητές θεωρούν πως πιο σωστά εννοιολογική ερμηνεία του όρου «Agent» είναι «Δρων», αλλά στη παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιηθεί η συνήθης μετάφραση ως «Πράκτορας».

κατάταξη στις επιλογές του πράκτορα ανάλογα με το πως «βλέπει» τα πράγματα, και την «προσαρμογή», οι αλλαγές στα δεδομένα του συστήματος.

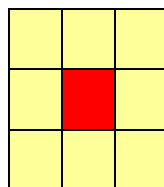
#### 2.1.4 Περιβάλλον Πρακτόρων

Ο χώρος δράσης των πρακτόρων ορίζεται ως ένα φυσικό μοντέλο 2-διάστατου πλέγματος, στηριγμένο στη θεωρία των Cellular Automata [EPS96]. Θεωρώντας το σημείο στάσης του πράκτορα ως την ενεργό κυψέλη, ορίζουμε:

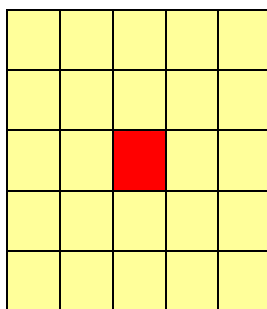
- **Γειτονιά von Neumann**: Το σύνολο των κυψέλων που βρίσκονται στα αμέσως νότια, βόρεια, δυτικά και ανατολικά της ενεργούς κυψέλης



- **Γειτονιά Moore**: Η γειτονιά von Neumann μαζί με τις διαγώνιους



- **Extended Γειτονιά Moore**: Είναι η Γειτονιά Moore, σε βάθος  $n=2$



#### 2.1.5 Κανόνες Πρακτόρων

Θεμελιώδεις κοινωνικές δομές και συμπεριφορές ομάδων πηγάζουν από την αλληλεπίδραση ξεχωριστών πρακτόρων, οι οποίοι λειτουργούν σε ένα τεχνητό περιβάλλον, κάτω από κάποιους κανόνες. Συνήθως αυτές αφορούν τις σχέσεις μεταξύ πράκτορα-περιβάλλον, περιβάλλον-περιβάλλον, πράκτορα-πράκτορα. Στα

πλαίσια της παρούσας μελέτης θα θεωρηθεί πως «Οι ξεχωριστοί πράκτορες υπολογίζουν μόνο ότι είναι το καλύτερο γι' αυτούς, κι όχι για τη κοινότητα των πρακτόρων σαν σύνολο». Ακόμη, όπως διατυπώθηκε από τον Axelrod [AXE87], συναρτήσει του χρόνου οι κανόνες εξελίσσονται και ενώ η κοινωνία μαθαίνει, τα ξεχωριστά άτομα όχι. Σε τελική ανάλυση, ένας μεμονωμένος πράκτορας δε προσαρμόζεται, αλλά (όπως στην εξελικτική θεωρία παιγνίων) αυτοί που ευδοκιμούν, αναπαράγονται και πληθαίνουν, ενώ αυτοί που δεν αναπαράγονται, δεν μεταβιβάζουν τα υπολειπόμενα χαρακτηριστικά τους, και τελικά λιγοστεύουν.

### **2.1.6 Απόλειψη Σφαλμάτων Προσομοίωσης**

Κατά τους Huberman και Glance [HUB93], υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο τρόπο προσομοίωσης ενός συστήματος πολλών αλληλεπιδρώντων οντοτήτων σε ένα υπολογιστή και σε πειράματα πραγματικού χρόνου. Για την όσο το δυνατό καλύτερη λειτουργία του συστήματος, είναι σημαντικό να ορίζουμε σε τυχαία σειρά τους πράκτορες, ανάμεσα σε περιοδικά διαστήματα, ώστε να διασφαλίσουμε ότι δεν θα παρουσιαστούν ενδεχομένως λανθασμένα αποτελέσματα στη προσομοίωση. Η χρήση αλγορίθμου την για παραγωγή τυχαίων αριθμών με βάση τη χρονική στιγμή εκκίνησης μπορεί να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα.

## **2.2 Ιατρική Γενετική**

### **2.2.1 Εισαγωγή στην Γενετική**

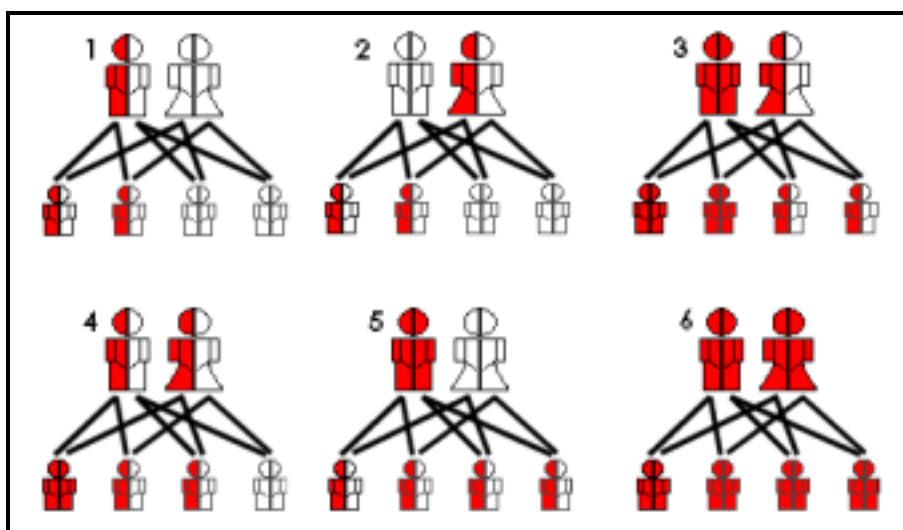
Ο Mendel, κάνοντας πειράματα σε φυτά μπιζελιού, παρατήρησε και συμπέρανε ότι η κληρονομηση καθενός από τους χαρακτήρες, συσχετίζεται με ένα ζεύγος «κληρονομικών παραγόντων», τα σημερινά γονίδια. Για παράδειγμα, οι γονείς ΑΒ, γδ, με διασταύρωση θα δημιουργήσουν με ίδια πιθανότητα τους Αγ, Αδ, Βγ, Βδ.

Τα χρωματοσώματα είναι οι φορείς των γονιδίων, και το DNA ο φορέας της κληρονομικής πληροφορίας. Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει 46 χρωμοσώματα. Αυτοσωματικά είναι όλα τα χρωμοσώματα, πλην των δυο φυλετικών.

- **Ομοζυγωτικό** ονομάζεται το άτομο όταν φέρει δύο όμοια μέλη ενός γονιδιακού ζεύγους
- **Ετεροζυγωτικό**, εάν τα μέλη του ζεύγους είναι διαφορετικά μεταξύ τους
- **Υποτελής** είναι κάποιο «γνώρισμα» που εμφανίζεται μόνο σε ομόζυγα άτομα
- **Κυρίαρχο** είναι όταν το «γνώρισμα» εκφράζεται πάντα όταν υπάρχει

### 2.2.2 Αυτοσωματικές Υποτελείς Ασθένειες

Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει πιθανότητα 25% να γεννηθεί ομοζυγωτικό παιδί ασθενής, 50% να γεννηθεί ως ετεροζυγωτικός φορέας, χωρίς όμως συμπτώματα της ασθένειας και 25% να γεννηθεί ομοζυγωτικός φυσιολογικός. Να σημειωθεί όμως, πως είναι απίθανο μια και μόνη οικογένεια να αποκτήσει ικανό αριθμό παιδιών, ώστε να παρατηρηθεί αυτή η κατανομή πιθανότητας. Ακόμη, επειδή υπάρχει η τάση να παρακολουθούνται ιατρικά μόνο όσες οικογένειες απέκτησαν παιδί που πάσχει, ουσιαστικά αγνοούνται οι οικογένειες που είναι απλά φορείς της νόσου και που λόγω τύχης απέκτησαν άρρωστο τέκνο. Στο Σχήμα 2-1 φαίνονται όλες οι περιπτώσεις αναπαραγωγής και μεταβίβασης της μετάλλαξης στους απογόνους. Τονίζεται πως το ίδιο διάγραμμα ισχύει με τις ίδιες αναλογίες και πιθανότητες και για τα κορίτσια απογόνους.



Σχήμα 2-1: Πιθανές περιπτώσεις Αυτοσωματικής Κληρονομικότητας

### 2.2.3 Αυτοσωματικές Κυρίαρχες Ασθένειες

Τα δύο φύλα προσβάλλονται στις ίδιες αναλογίες, από άνδρες σε γυναίκες και αντίστροφα. Τα υγιή άτομα δε μεταβιβάζουν τη νόσο. Υπάρχει όμως πιθανότητα 50% για τη γέννηση άρρωστου παιδιού. Ο φαινότυπος της ασθένειας μπορεί να είναι είτε φυσιολογικός, είτε μη φυσιολογικός. Εάν δεν αναπαραχθεί ο φορέας, χάνεται η ασθένεια στην οικογένεια. Άρα, στο παράδειγμα του Σχήματος 2-1, οι ετεροζυγώτες απόγονοι στα (1), (2), (3), (4) και (5), είναι ασθενείς, σε αντίθεση με την Αυτοσωματική Υπολειπόμενη, όπου είχαν υγιή φαινότυπο.

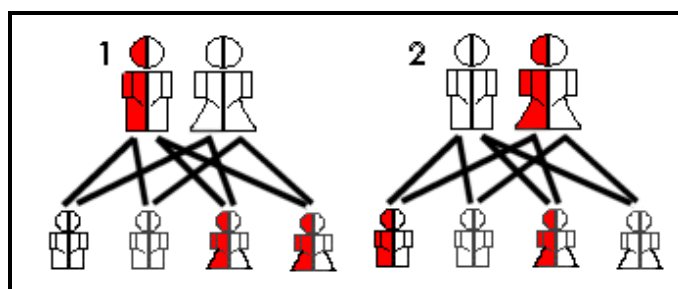


#### 2.2.4 Χ-Φυλοσύνδετες Ασθένειες

Τα χρωματοσώματα που καθορίζουν το φύλο του ανθρώπου, είναι τα Χ και Υ. Η γυναίκα διαθέτει δύο Χ χρωματοσώματα, ένα μητρικής και ένα πατρικής προέλευσης. Κάθε γιος ή κόρη κληρονομεί αναγκαστικά το ένα από τα δύο Χ χρωματοσώματα της μητέρας. Ο άντρας, αντίθετα, διαθέτει ένα Χ και ένα Υ χρωματοσώμα, άρα μόνο ένα αντίγραφο από το Χ-φυλοσύνδετο γονίδιο. Κάθε κόρη κληρονομεί ένα Χ χρωματοσώμα από τον πατέρα, ενώ ο υιός το Υ χρωματοσώμα του. Άρα οι πατέρες δε μεταβιβάζουν Χ χρωματοσώματα στους γιους τους.

Στην περίπτωση της Χ-Φυλοσύνδετης υποτελούς κληρονομικότητας τα θηλυκά ετεροζυγωτικά άτομα, δεν παρουσιάζουν κλινικά συμπτώματα της νόσου, είναι όμως φορείς που τη μεταφέρουν στην επόμενη γενεά. Έτσι οι άντρες που προσβάλλονται έχουν μητέρα φορέα.

Στο παράδειγμα του Σχήματος 2-2 παρατηρούμε πως στο (1), ο πατέρας είναι ασθενής, και μεταβιβάζει τη μετάλλαξη του Χ-χρωματοσώματος σε όλες τις κόρες του, στις οποίες όμως δεν εκδηλώνεται η ασθένεια, λόγω του άλλου «υγιούς» Χ τους. Αντίθετα, όταν η μητέρα είναι φορέας, μεταβιβάζει στους μισούς υιούς της, το μεταλλαγμένο γονίδιο και, η ασθένεια εκδηλώνεται. Αντίθετα, στους άλλους μισούς υιούς, καμία μετάλλαξη δε μεταβιβάζεται. Παρόμοια, οι μισές κόρες του ζευγαριού είναι φορείς, χωρίς να εκδηλώνεται η ασθένεια, ενώ οι άλλες δε φέρουν καμία μετάλλαξη.



Σχήμα 2-2

Έτσι στην περίπτωση (2) του Σχήματος 2-2, η πιθανότητα να γεννηθεί άρρωστο αγόρι είναι 25%, φορέας κορίτσι είναι 25% και 50% να γεννηθεί υγιές αγόρι ή κορίτσι. Να σημειωθεί, όμως πως υπάρχει η πιθανότητα μια μετάλλαξη να είναι καινούργια στην οικογένεια, όπως συμβαίνει στο 1/3 των περιπτώσεων, σύμφωνα με τους Connor και Ferguson-Smith [CON96].

## 2.3 Γενετικοί Αλγόριθμοι

### 2.3.1 Γενικά περί Γενετικών Αλγορίθμων

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι είναι μια μοντελοποίηση της μηχανικής μάθησης, η οποία έχει τις βάσεις της στη μεταφορική χρήση των διαδικασιών της εξέλιξης στη φύση. Αναπτύχθηκε από τον John Holland κατά τη δεκαετία του 1960-70. Γενικά είναι μια προσπάθεια μίμησης των βιολογικών συστημάτων, στηριζόμενοι πάνω σε αρχές που η ίδια η φύση εφαρμόζει για βελτιστοποίηση, προσαρμογή και επιβίωση των ειδών. Οι γενετικοί αλγόριθμοι έχουν αντιστοιχίσει τις ιδιότητές τους με τις αντίστοιχες βιολογικές, όπως μπορούμε να δούμε και στον πίνακα

Πίνακας 1: Αντιστοιχίες Βιολογικών Ορισμών και Γενετικών Αλγορίθμων

Φύση	Γενετικός Αλγόριθμος
Χρωματόσωμα	Συμβολοσειρά
Γονίδιο	Δυαδικό ψηφίο
Αλληλόμορφο	Τιμή δυαδικού ψηφίου
Τόπος	Θέση στη συμβολοσειρά
Γονότυπος	Δομή (σύνολο συμβολοσειρών)
Φαινότυπος	Αποκωδικοποιημένη Δομή

Ο αλγόριθμος υλοποιείται με τη δημιουργία ενός τεχνητού πληθυσμού από άτομα, που αναπαρίστανται με χρωματοσώματα, δηλαδή ένα σετ με χαρακτήρες, αντίστοιχα με το σετ ενός πραγματικού DNA. Τα άτομα του πληθυσμού υπόκεινται σε εξέλιξη. Καθώς μερικοί είναι πιο ικανοί, είναι γι' αυτούς πιο πιθανό να επιβιώσουν και να μεταδώσουν το γενετικό τους υλικό. Η αναπαραγωγή, δημιουργεί διαφορετικά άτομα σαν απογόνους, τα οποία φέρουν χαρακτηριστικά από τους γονείς, ανήκοντας στο ίδιο «είδος».

Ένας γενετικός αλγόριθμος, συνήθως αποτελείται από

- Χρωματοσώματα (που αποτελούνται από γονίδια - όπως περιγράφει το βιολογικό μοντέλο). Για σταθερού μήκους  $l$ , έχουμε  $2^l$  πιθανά χρωμοσώματα
- Αρχικό Πληθυσμό

- **Σύνολο μεθόδων** για τη δημιουργία νέων χρωματοσωμάτων από τους προηγούμενους πληθυσμούς. Αυτές είναι οι *φυσική επιλογή (selection)*, *γενετική διασταύρωση (crossover)* και *μετάλλαξη (mutation)*
- **Συνάρτηση «fitness»**

Η Επιλογή, μπορεί να γίνεται με τη χρήση κάποιου αλγόριθμου όπως τον Roulette-wheel, που δίνει στον κάθε πράκτορα ευκαιρία ανάλογη με το fitness του σε σχέση με το ολικό άθροισμα, ή με τον αλγόριθμο Tournament, όπου επιλέγονται αυτοί με το πιο ψηλό fitness και αφαιρούνται οι υπόλοιποι από τον πληθυσμό. Η Γενετική Διασταύρωση, μπορεί να είναι ενός ή πολλών σημείων. Οι Μεταλλάξεις προκαλούν τυχαίες αλλαγές στα γονίδια με χαμηλή πιθανότητα.

Οι εφαρμογές της εξελικτικής θεωρίας, μας επιτρέπουν να καταλάβουμε περισσότερα για τις παρατηρήσεις διαφόρων οργανισμών όπως για την μελέτη της κοινωνικής συμπεριφοράς μεγάλων ζώων [ΑΧΕ84].

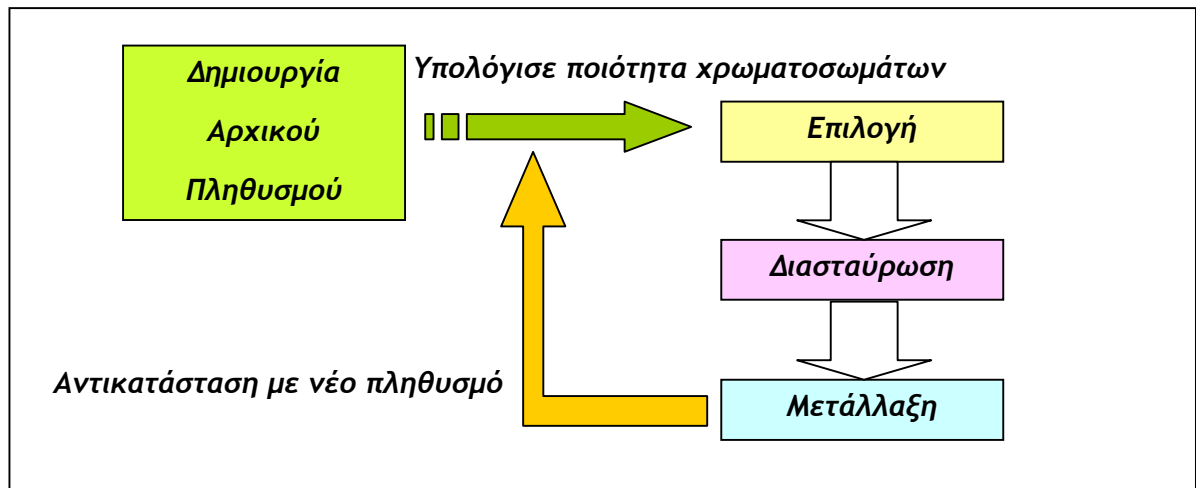
Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Stinder [HIL94], *οι πράκτορες, στη πραγματική ζωή, δεν θα ενεργούσαν με ιδανικό τρόπο, άρα δεν υπάρχει ένα ιδανικός Γενετικός Αλγόριθμος.*

### 2.3.2 Τελεστές Γενετικών Αλγορίθμων

Τις πιο συνηθισμένες διαδικασίες της φύσης, αυτές της φυσικής επιλογής, διασταύρωσης και μετάλλαξης, οι γενετικοί τους υλοποιούν υπό τη μορφή τελεστών, οι οποίοι δομούν τον κυρίως αλγόριθμο. Μέσω αυτών των τελεστών, επιτυγχάνεται η επιβίωση των ισχυρότερων κανόνων.

- **Selection** - Επιλογή: Η επιλογή θα γίνεται με τη χρήση της συνάρτησης Αξιολόγησης και τον αλγόριθμο του Stable Marriage Problem
- **Crossover** - Διασταύρωση: Αντί για τη χρήση του κλασσικού one-point crossover, Θα χρησιμοποιηθεί crossover πολλαπλών σημείων.
- **Μετάλλαξη**: Θα γίνεται σε δύο περιπτώσεις, η μια σαν πραγματική ιατρική περίπτωση και άλλη για παρεμπόδιση κορεσμού στα χρωματοσώματα.

Μετά το πέρας των μεθόδων, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα, ο νέος πληθυσμός ενσωματώνεται στον αρχικό.



Σχήμα 2-3: Γενετικός Αλγόριθμος

### 2.3.3 Παράδειγμα Γενετικού Αλγόριθμου

Υποθέτουμε πως έχουμε ένα πληθυσμό με γενετικούς κώδικες, και με κάποια συνάρτηση επιλέγουμε τους δύο που θα αναπαραχθούν,

Έστω

{0010110110110100110} και {10111110011101110001}

Εφαρμόζουμε διασταύρωση των δύο γενετικών κωδικών ως εξής:

Επιλέγουμε το σημείο τομής, στη θέση 10, άρα:

{0010110110 | 11010100110} και {1011111001 | 11101110001}

Επομένως το προϊόν της διασταύρωσης θα είναι:

{1011111001110100110} και {00101101101101110001}

Ακολουθώντας, σε μια τυχαία θέση, ο κώδικας υπόκειται σε μετάλλαξη σε ένα γονίδιο με μια χαμηλή πιθανότητα, κατά συνέπεια:

{1011111001110100110} και {00101101101101110011}

## 2.4 Εξαναγκασμένη Εκμάθηση (Reinforced Learning)

Με τη χρήση κανόνων του συστήματος, οι πράκτορες μπορούν να ενεργοποιούν μηχανισμούς οι οποίοι να επιφέρουν αλλαγές σε κάποια εσωτερικά στοιχεία των ιδίων, αλλά και αυτών με τους οποίους σχηματίζουν το οικογενειακό τους δίκτυο. Έτσι, οι πράκτορες μαθαίνουν μέσα από ένα μηχανισμό επανατροφοδότησης, ο οποίος ενεργοποιείται εξ' αιτίας κάποιων άλλων παραγόντων. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να επιφέρει κέρδος ή κόστος σε κάποιες από τις παραμέτρους του κάθε πράκτορα ή του δικτύου του.

## 2.5 Δημογραφία

### 2.5.1 Γενικά

Απαραίτητη για τη μελέτη και την προσομοίωση της ανθρώπινης κοινότητας, είναι η χρήση υπαρχόντων δημογραφικών στοιχείων, τα οποία θα προδιαγράφουν το πρόβλημα και θα το προσαρμόζουν στα δεδομένα μιας συγκεκριμένης κοινωνίας.

Κατά το Μιχαλέα [ΜΙΧ02], η «Δημογραφία», σύνθετη των λέξεων Δήμος (=λαός, πολίτες) και το ρήμα γράφω (=καταχωρίζω, καταγράφω), προέρχεται και βασίζεται σε διάφορες επιστήμες, όπως η Κοινωνιολογία, η Οικονομική, η Στατιστική, η Ανθρώπινη Οικολογία, η Βιολογία, η Ιατρική, η Γενετική και τα Μαθηματικά. Γενικά, είναι η καταγραφή του λαού, η καταμέτρηση του δήμου, η απογραφή των πολιτικών, η στατιστική του πληθυσμού. Σύμφωνα με το Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας, (ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ)<sup>2</sup>, η Δημογραφία συνδέεται με τη στατιστική μελέτη του πληθυσμού ως αριθμητικό σύνολο, τη μεταναστευτική κίνησή του και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του (ηλικία, γένος, απασχόληση), καθώς και με τη μελέτη των σχέσεων του πληθυσμού σε σχέση με τη φυσική, οικονομική, πολιτιστική ανάπτυξη του ανθρώπου.

### 2.5.2 Βασικοί Ορισμοί

Τα στοιχεία που επηρεάζουν ή καθορίζουν τη δυναμική της πληθυσμιακής μεταβολής, είναι:

- Η Γεννητικότητα, που συνδέεται με τις διαδικασίες φυσικής αναπαραγωγής του ανθρώπινου είδους,
- Η Θνησιμότητα, που αναφέρεται στο συνολικό αριθμό θανάτων που σημειώνονται σε μια ομάδα ή κοινωνία ανθρώπων στο δεδομένο χώρο και χρόνο,
- Οι Μεταναστεύσεις και Αποδημίες, που αφορούν την εκούσια ή ακούσια ατομική ή ομαδική μετακίνηση πληθυσμών από ένα τόπο στον άλλο.

Για την περιγραφή αυτών των στοιχείων, χρησιμοποιούνται ορισμένοι δείκτες, όπως:

---

<sup>2</sup> Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας, Λεξιλόγιον Οικονομοτεχνικών Όρων, Αθήναι 1963, σελ. 22

- **Το Ποσοστό Φυσικής Αύξησης**, που είναι το ποσοστό γεννήσεων πλην το ποσοστό θανάτων κάθε έτος
- **Ο Συντελεστής Γονιμότητας**, που αποτελεί την αναλογία γεννηθέντων παιδιών ανά γυναίκα αναπαραγωγικής ηλικίας (15 μέχρι 44-49).
- **Η Προσδοκία Ζωής κατά τη Γέννηση**, καθορίζοντας το επίπεδο θνησιμότητας, αφού εκφράζει ένα αριθμό πρόσθετων χρόνων που προσδοκείται ότι θα ζήσει ένα νεογέννητο πρόσωπο, αν οι ισχύουσες ροπές θνησιμότητας παραμένουν αμετάβλητες.
- **Η Μέση Ηλικία Πληθυσμών**, η οποία ορίζεται ως η μέση τιμή του χρόνου ζωής τους.
- **Η Γαμηλιότητα**, η συχνότητα τέλεσης γάμων και τα χαρακτηριστικά τους σε δεδομένο πληθυσμό,
- **Η Νοσηρότητα**, που συνδέεται με τη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών και επιδημιών στους πληθυσμούς.

### 2.5.3 Τύποι Εκθετικής Αύξησης Πληθυσμών

Η αύξηση του πληθυσμού για τα επόμενα  $t$  χρόνια, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$N = N_0 e^{rt} \quad (2.1)$$

όπου,

N	Πληθυσμός τελικός
$N_0$	Πληθυσμός αρχικός
r	Ποσοστό Φυσικής Αύξησης
t	Χρονική περίοδος (έτη)

Για παράδειγμα, όπως προκύπτει από την απλή εφαρμογή της εξίσωσης, μια χώρα όπως λ.χ η Σρι Λάνκα, με Ποσοστό Φυσικής Αύξησης 1.3%, θα διπλασιάσει τον πληθυσμό της, σε 53 έτη.

## 2.6 Οικογενειακή Δομή

### 2.6.1 Γενικά για Οικογένεια

Σύμφωνα με τον ορισμό του Giddens [GID02], ο γάμος είναι μια κοινωνικά αναγνωρισμένη και αποδεκτή σεξουαλική ένωση μεταξύ δύο ενηλίκων ατόμων.

Όταν δύο άτομα παντρεύονται, καθίστανται συγγενείς μεταξύ τους. Ο Πιπερόπουλος [ΠΙΠ99] ορίζει σαν **Οικογένεια Καταγωγής**, αυτή στην οποία γεννήθηκε το κάθε άτομο και σαν **Οικογένεια Προσανατολισμού**, αυτή που δημιουργούν δύο με τη σύναψη γάμου.

Στην Κύπρο, η κοινωνία απαιτεί από τα μέλη της να παντρευτούν και να κάνουν παιδιά. Γάμοι μεταξύ 1<sup>ων</sup> ή και 2<sup>ων</sup> ξαδέλφων απαγορεύονται από την Ορθόδοξη Εκκλησία, μπορεί όμως να είναι ανεκτοί οι γάμοι ανάμεσα σε 3<sup>α</sup> ξαδέλφια<sup>3</sup>. Ακόμη η εκκλησία απαγορεύει συνήθως γάμους με διαφορά ηλικίας μεγαλύτερη από 10 χρόνια<sup>4</sup>.

Η απόφαση για τεκνοποιία είναι μια διαδικασία συζήτησης για το ζευγάρι. Μπορούμε να θεωρήσουμε πως αποτελεί κάποια διαδικασία η οποία θα μπορούσε να παραμετροποιηθεί. Προς αυτού, εξετάζοντας την γυναικεία πλευρά, ο Fishbein<sup>5</sup>, θέτει ένα υπόδειγμα λήψης απόφασης μέσω ερωτημάτων:

- *Εάν κάνω κι άλλο παιδί, θα έχω περισσότερα παιδιά από όσα έχω δυνατότητα να συντηρήσω; [Αδύνατο...Πολύ πιθανό]*
- *Το να κάνω περισσότερα παιδιά από όσα μπορώ να συντηρήσω είναι [Καλό...Κακό]*
- *Ο σύζυγος μου θέλει να κάνω κι άλλο παιδί [Αδύνατο...Πολύ πιθανό]*
- *Θέλω να κάνω αυτό που νομίζει ο άντρας μου ότι πρέπει να κάνω [Πάντα...Ποτέ]*
- *Σκοπεύω να κάνω κι άλλο παιδί [Δεν αληθεύει...Αληθεύει]*

Παρατηρούμε πως αυτή η παράθεση ερωτημάτων και η απάντηση με κάποιες *Ασαφή τιμές* είναι ένα παράδειγμα για το πως μπορεί μια κοινωνιολογική συμπεριφορά, να ενσωματωθεί σε κάποιο σύστημα προσομοίωσης σε υπολογιστή είτε ορίζοντας αρχικές τιμές, είτε εκκινώντας το σύστημα με τυχαίες τιμές και ακολούθως, παρέχοντας κάποιας μορφής ανάδραση να μεταβάλλονται, διαμορφώνοντας έτσι το όλο σύστημα.

### 2.6.2 Επιλογή Συντρόφου

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τους ανθρώπους στην επιλογή συντρόφου είναι πολλές και διαφορετικές. Με κάποια γενίκευση, οι Zak και Park [ZAK00]

---

<sup>3</sup> βλ. Peristiany, σ. 84, 1968

<sup>4</sup> Οικογένεια και Περιουσία στην Ελλάδα και Κύπρο, 1997

<sup>5</sup> βλ. Kur92, σ. 139

αναφέρονται στη «Τυχαία συνάντηση», στην «Ομορφιά», στο «Κεφάλαιο» και στην «Δυνατότητα αναπαραγωγής». Ακόμη, σύμφωνα με τον Buss [BUS89], η ηλικία θεωρείται σημαντικό κριτήριο. Διαπολιτισμικές μελέτες δείχνουν πως ιδιαίτερα οι άνδρες, δείχνουν έμφαση στην ηλικία της συντρόφου τους. Μελέτη του Buss στην Ελλάδα, έδειξε ότι η προτιμότερη διαφορά ηλικίας είναι για τους άνδρες, γυναίκες 4 χρόνια πιο μικρές και, για τις γυναίκες, άνδρες 4 χρόνια πιο μεγάλοι. Εντούτοις, σύμφωνα με στοιχεία του Buss, στην Ελλάδα υπάρχει μέση διαφορά ηλικίας 4,92 χρόνια. Να σημειωθεί ακόμη, πως σύμφωνα με μελέτη του, υπάρχει προτίμηση ο γάμος να γίνεται σε ηλικία 28 χρονών για τους άνδρες και 24 για τις γυναίκες.

Γενικά, σύμφωνα με τους Banzhaf και Eeckman [BAN95], αν η επιλογή συντρόφου είναι καταλυτική στην βελτιστοποίηση και ποικιλότητα της ζωής στον πλανήτη μας, μάλλον μπορούμε να αναμένουμε πως η επιλογή συντρόφου θα αποδειχθεί εξίσου σημαντική στη σχεδίαση κάποιου σύνθετου τεχνητού συστήματος, χρησιμοποιώντας γενετικούς αλγόριθμους και άλλες τεχνικές εξελικτικής βελτιστοποίησης. Οι ασθένειες, διαδραματίζουν κάποιο ρόλο στην επιλογή συντρόφου και χαρακτηριστικά «...η επιλογή συντρόφου μπορεί λοιπόν, να τιμωρήσει βαριά τα άτομα τα οποία έχουν τάση να αρρωστούν...».

### **2.6.3 Γενετική Ασθένεια και Γονείς**

Η προγεννητική διάγνωση προσφέρει τη δυνατότητα σε ζευγάρια που ανήκουν σε ομάδες υψηλού κινδύνου για την εμφάνιση γενετικής ασθένειας, να γνωρίζουν εκ των προτέρων τις πιθανότητες γέννησης ενός άρρωστου παιδιού [CON96]. Τίθενται, τελικά, οι γονείς και η κοινωνία ενώπιον νέων ηθικών και νομικών αποφάσεων καθώς όταν διαγνωσθεί μια ανωμαλία, το ζευγάρι αντιμετωπίζει το δίλημμα να αποκτήσει ή να μην αποκτήσει το παιδί, γνωρίζοντας ότι στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να έχει σοβαρές αναπηρίες [GID02].

Τα περισσότερα ζευγάρια, δεν υποπεύονται συνήθως πως διατρέχουν κίνδυνο γενετικής νόσου, μέχρις ότου γεννηθεί το πρώτο άρρωστο παιδί τους. Δυστυχώς μόνο 7 από τα 16 ζευγάρια που βρίσκονται σε κίνδυνο, θα ζητήσουν ιατρική συνδρομή. Εξάλλου, οι γονείς αισθάνονται ενοχές ή στιγματισμένοι εξαιτίας λαϊκών και απλουστευτικών δοξασιών για τα κληρονομικά νοσήματα. Κατά συνέπεια, κάθε ζευγάρι δέχεται διαφορετική ποσότητα πληροφόρησης σχετικά με την ασθένεια. Οι επιλογές αναπροσαρμόζονται σε: «Όχι άλλες εγκυμοσύνες», ή «Αγνόηση ή αποδοχή



του κινδύνου και σε επόμενες εγκυμοσύνες» [CON96]. Εμπειρικές αναλύσεις<sup>6</sup> όμως, δείχνουν ότι αρνητικές εμπειρίες όσον αφορά μια προηγούμενη εγκυμοσύνη επιδρούν άμεσα στην απόφαση ενός ζευγαριού να αποκτήσει άλλο παιδί [KYP92].

## 2.7 Επιδημιολογία

Ο τομέας της επιδημιολογίας ασχολείται με την μετάδοση παθήσεων ανάμεσα σε άτομα και κατά συνέπεια, σε πληθυσμούς. Συμπεριλαμβάνεται όμως και στις κοινωνικές επιστήμες, καθώς στην εξάπλωση των ασθενειών, οι κοινωνικές δραστηριότητες του ανθρώπου παίζουν σημαντικό ρόλο.

### 2.7.1 Μαθηματική Προσέγγιση

Για τη μοντελοποίηση της εξάπλωσης των ασθενειών μέσα σε πληθυσμούς, η μαθηματική κυρίως επιδημιολογία, χωρίζει τον πληθυσμό σε ομοιογενείς υποπληθυσμούς, δηλαδή σε τμήματα όπως «ευπαθείς», «άρρωστοι» και «σε καραντίνα». Στη συνέχεια, με τη χρήση διαφορικών εξισώσεων, οι ερευνητές ελέγχουν την ροή από ατόμων από το ένα τμήμα στο άλλο, χωρίς κάτι να διαχωρίζει το ένα μέλος από το άλλο.

Οι εξισώσεις Kermack-McKendric<sup>7</sup> [KER27] θεωρούν πως υπάρχει κάποιος σταθερού μεγέθους πληθυσμός, χωρίς γεννήσεις και θανάτους λόγω ασθένειας είτε από φυσικά αίτια. Επίσης θεωρούν ότι η περίοδος που επωάζει η ασθένεια είναι στιγμιαία και ότι η περίοδος μεταδοτικότητας είναι μηδενική. Τέλος θεωρούν πως υπάρχει ένα εντελώς ομογενές πληθυσμός χωρίς ηλικία, χωρική κατανομή ή κοινωνική δομή. Το μοντέλο αυτό αποτελείται από τρεις μη γραμμικές διαφορικές εξισώσεις :

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \quad (2-2)$$

---

<sup>6</sup> Falbo and Becker, 1980

<sup>7</sup> Equations in Mathematical Biology, NY, Springer 1989

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \quad (2-3)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \quad (2-4)$$

Όπου  $t$  είναι ο χρόνος,  $S(t)$  είναι ο αριθμός των φορέων,  $I(t)$  είναι ο αριθμός των αρρώστων,  $R(t)$  ο αριθμός αυτών που έχουν αναρρώσει και αναπτύξει ανοσία για την ασθένεια,  $\beta$  είναι ο ρυθμός μετάδοσης και  $\gamma$  ο ρυθμός ανάρρωσης. Στο μοντέλο αυτό, ισχύει το «*if you' ve seen one susceptible, you' ve see 'em all*» («εάν έχεις δει ένα ευπαθή άτομο, τα έχεις δει όλα τα άλλα»). Υπάρχει απλά μια γενική σταθερά,  $S(t)$ , που αντιπροσωπεύει τον αριθμό (ή το λόγο) των ευπαθών στη κοινωνία σε χρόνο  $t$ . Το ίδιο για τους άρρωστους  $I(t)$ . Οι πράκτορες θεωρούνται ομογενείς.

Στην πραγματικότητα όμως, οι πράκτορες είναι ετερογενείς και για το λόγο αυτό το μοντέλο των Kermack-McKendric δε μπορεί να αναπαραστήσει πιστά το πρόβλημα. Έτσι, υιοθετείται η πρακτορική προσέγγιση.

### 2.7.2 Πρακτορική (Agent-based) προσέγγιση

Οι Epstein και Axtell αναφέρουν πως στα πρακτορικά (agent-based) μοντέλα οι χωρικά διασκορπισμένοι πληθυσμοί είναι ετερογενείς και αποτελούνται από ξεχωριστούς πράκτορες, κάθε ένας με τα δικά του γενετικά και πολιτισμικά μεταδιδόμενα κληρονομικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να αλλάξουν (ή να προσαρμοστούν) κατά τη διάρκεια της ζωής του πράκτορα, ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασής του με άλλους πράκτορες, ασθένειες και τις αλλαγές του περιβάλλοντος.

Σε αντίθεση με τα μαθηματικά μοντέλα, οι πράκτορες ζουν σε ένα 2-διάστατο χώρο, ο οποίος παίζει το ρόλο του στην εξάπλωση της ασθένειας. Ένας μόνο πράκτορας αρκεί για να δώσει το έναυσμα για την ασθένεια.

Γενικά, η βασισμένη σε πράκτορες κοινωνιολογία (και κατά συνέπεια, κοινωνιολογική προσέγγιση της επιδημιολογίας), δεν είναι ούτε επαγωγική ούτε συμπερασματική με την συνήθη πρακτική. Παρέχει τις αρχικές προδιαγραφές (πράκτορες, περιβάλλον, κανόνες) οι οποίες είναι αρκετές για να παραγάγουν, ενδεχομένως ενδιαφέρουσες, μακροσκοπικές δομές της κοινωνίας.

## **2.8 Ανασκόπηση Κεφαλαίου**

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια εισαγωγή στη προϋπάρχουσα βιβλιογραφία που συσχετίζεται με τα αντικείμενα που εξετάζει η διπλωματική. Ειδικότερα, μελετήθηκε η τεχνολογία των πρακτόρων και τα πολυπρακτορικά συστήματα, έγινε μια μικρή εισαγωγή στο κεφάλαιο της Ιατρικής Γενετικής και στους νόμους που τη διέπουν, διατυπώνοντας τις τρεις περιπτώσεις κληρονομικών παθήσεων που θα εξετάζει το σύστημα. Η μελέτη της ιατρικής γενετικής πριν από τους γενετικούς αλγόριθμους κρίθηκε αναγκαία για τη λογική συνοχή του κειμένου, καθώς πρόκειται για τεχνολογία που στηρίζεται πάνω σε αυτή. Στην απόκτηση μη επίκτητης γνώσης - πληροφορίας, αναφέρθηκε η παράγραφος για την εξαναγκασμένη μάθηση. Ακολούθησε κοινωνιολογική ανάλυση της Δημογραφίας και της Οικογενειακής δομής, καταλήγοντας με τα ήδη υπάρχοντα μοντέλα μελέτης της επιδημιολογικής συμπεριφοράς.

Στο επόμενο κεφάλαιο, θα καθοριστούν οι απαιτήσεις του προβλήματος.

# 3

## Απαιτήσεις Συστήματος

### 3.1 Γενικές Απαιτήσεις

Το ανεπτυγμένο σύστημα GeneCity αναπαριστά μια υποθετική κοινωνία, η οποία υπόκειται σε κανόνες που καθορίζουν μια συγκεκριμένη κοινωνιολογική δομή, σε σχέση με τη τεκνογονία και τις γενετικά μεταδιδόμενες ασθένειες. Πιο συγκεκριμένα, τα θέματα που αυτή η προσομοίωση πρέπει να εξετάζει είναι:

- Τον τρόπο με τον οποίο οι πράκτορες επιλέγουν σύντροφο, επηρεαζόμενοι από την ύπαρξη γενετικής ασθένειας
- Τον τρόπο με τον οποίο αναμορφώνεται η δομή του συστήματος, με την εισαγωγή στο σύστημα μηχανισμών γνώσεως της ασθένειας (προγεννητικός έλεγχος, εμφάνιση πάθησης και ενημέρωση γι' αυτή), όπως τους παρέχει η συμβουλευτική ιατρική και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης
- Τον τρόπο με τον οποίο επιδρούν διαφορετικά δημογραφικά δεδομένα και διαφορετική εξάπλωση φορέων και ασθενών σε μακροχρόνια κλίμακα
- Τον τρόπο με τον οποίο οι αλλαγές στις κοινωνικές συνήθειες, όπως ο γάμος σε μεγαλύτερη ηλικία, επηρεάζουν στην επιλογή καλύτερου συντρόφου
- Ποια είναι τα χαρακτηριστικά που βοηθούν τους πράκτορες να έχουν ένα βαθμό υγείας καλύτερο από άλλους, σε οικογενειακό επίπεδο

### 3.2 Απαιτήσεις Χρηστών

Το εργαλείο προσομοίωσης GeneCity αναμένεται να αποτελέσει βοήθημα για άτομα τα οποία προέρχονται από διαφορετικούς επιστημονικούς χώρους (Ιατρική, Βιολογία, Κοινωνιολογία κοκ) και γι' αυτό το λόγο είναι αναγκαία μια τομή ανάμεσα

στο πλούτο πληροφορίας που παρέχει ο κάθε ένας, αλλά παράλληλα και μια ενοποιημένη θεώρηση όλων των παραμέτρων, ώστε να είναι αντιληπτές από πλευράς του κάθε χρήστη ξεχωριστά. Η προσπάθεια επικεντρώνεται στο να προδιαγραφεί μια σχετικά πλήρης διεπαφή εισαγωγής στοιχείων και ένας μηχανισμός εύκολης αλληλεπίδρασης με το σύστημα, ακόμη και για άτομα μη εξειδικευμένα στη χρήση υπολογιστή.

### **3.3 Αρχιτεκτονική Συστήματος**

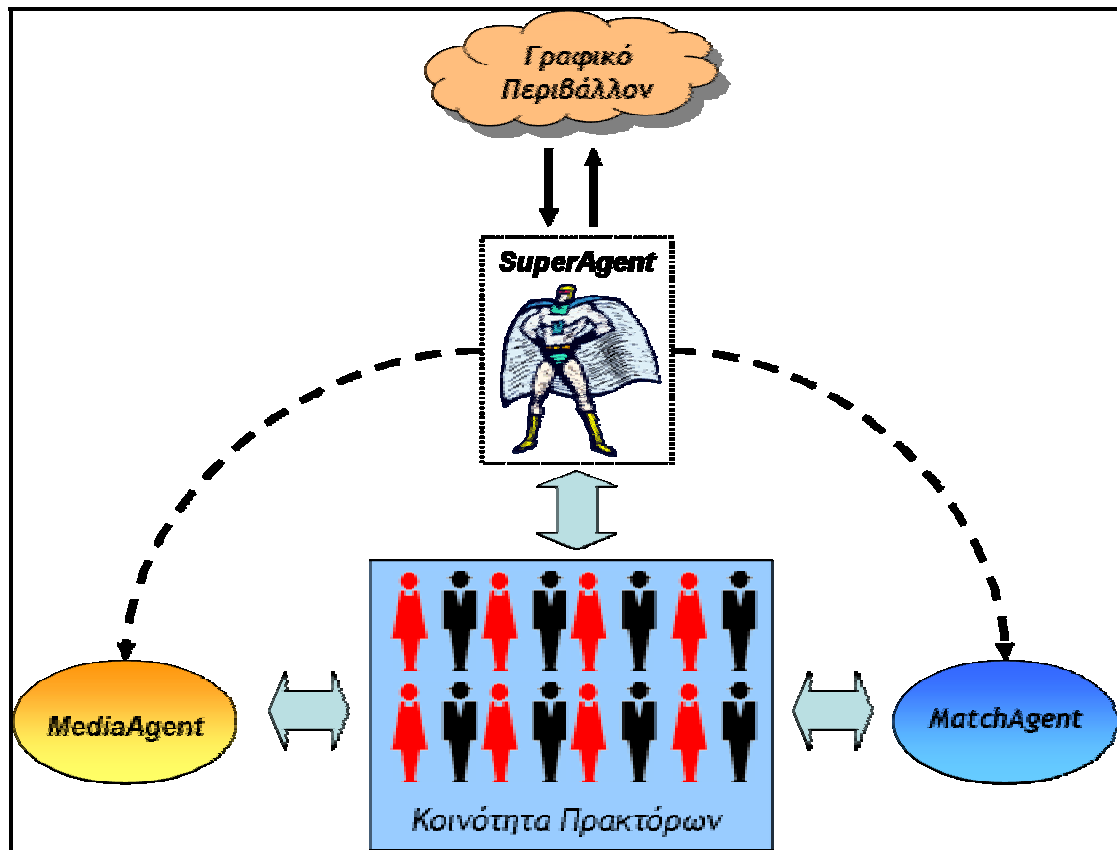
Η αρχιτεκτονική του συστήματος χωρίζεται σε δύο άξονες, το πολυπρακτορικό σύστημα και στο γραφικό περιβάλλον διεπαφής. Τη διασύνδεση μεταξύ τους αναλαμβάνει ένας υπερ-πράκτορας, ως επιβλέπων. Πιο αναλυτικά:

#### **3.3.1 Το Πολυπρακτορικό Σύστημα (MAS)**

Οι πράκτορες αποτελούν, εκτός από τους «ηθοποιούς» της προσομοίωσης, και το τρόπο διασύνδεσης και αλληλεπίδρασης της προσομοίωσης με τον έξω κόσμο και το χρήστη μέσω του Γραφικού Περιβάλλοντος Διεπαφής (βλ. 3.3.2). Όλοι οι πράκτορες έχουν ένα βαθμό αυτονομίας, χωρίς να χρειάζονται συνεχώς έλεγχο, αφού έχουν προ-καταχωρημένη συγκεκριμένη συμπεριφορά.

#### **3.3.2 Γραφικό Περιβάλλον Διεπαφής (GUI)**

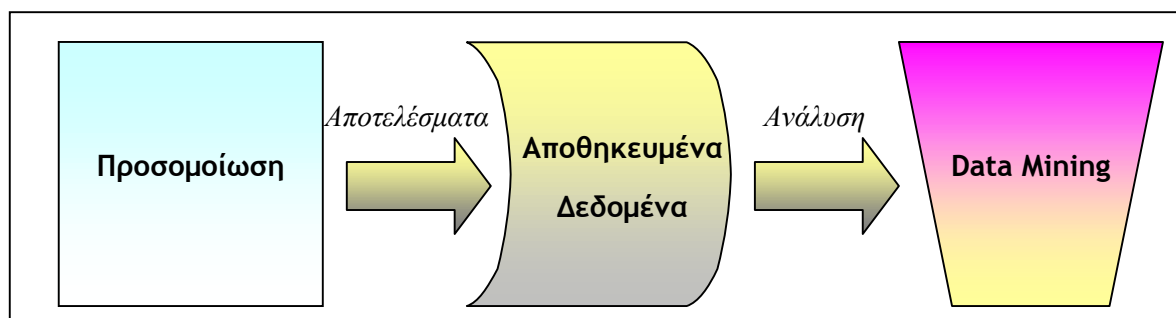
Η προσομοίωση, για να μπορέσει να εξυπηρετήσει τους στόχους που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 1, έχει τις κατάλληλες μεθόδους επεξήγησης λειτουργίας της, προβολής των διεργασιών και αποτελεσμάτων, χωρίς μάλιστα να απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις. Ακόμη έχει υλοποιηθεί κατάλληλη διασύνδεση μεταξύ του Γραφικού Περιβάλλοντος και του Περιβάλλοντος των Πρακτόρων, όπως προαναφέρθηκε. Το Σχήμα 3-1, δίνει μια όψη του συστήματος, από την πλευρά των προαναφερομένων απαιτήσεων.



Σχήμα 3-1: Σχεδιάγραμμα Λειτουργίας Προσομοίωσης

### 3.4 Δεδομένα Εξόδου

Ένας από τους βασικούς στόχους του συστήματος είναι η καταγραφή των δεδομένων προσομοίωσης. Για το σκοπό αυτό, έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην παραγωγή όσο το δυνατό βέλτιστης ποιότητας και ποσότητας δεδομένα, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα σε επιστήμονες να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν ή και να εξάγουν κανόνες και υποθέσεις. Τα δεδομένα που παράγονται καταγράφονται σε αρχεία κειμένου τα οποία ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύει κατά βούληση.



Σχήμα 3-2: Παραγωγή και επεξεργασία Δεδομένων

### 3.5 Παραγόμενες Όψεις

Το περιβάλλον διεπαφής προσφέρει μια σειρά από παράθυρα και πίνακες, με σκοπό την αποτελεσματική παρακολούθησης της κοινωνίας σε πραγματικό χρόνο. Οι όψεις που προσφέρει το GeneCity, παρατίθενται παρακάτω.

#### 3.5.1 Παράθυρο Πλέγματος Άγαμων Πρακτόρων και Οικογενειών

Το κεντρικό παράθυρο της προσομοίωσης είναι ένα τετράγωνο πλέγμα, με μήκος πλευράς που καθορίζεται από το σύστημα, στο οποίο αναπαρίστανται οι πράκτορες, είτε των οικογενειών, είτε οι ατομικοί. Δεν υπάρχει κίνηση των πρακτόρων, αλλά γίνεται τυχαία επιλογή της αρχικής τους θέσης και τυχαία επιλογή τους για συμμετοχή σε κάθε εποχή της προσομοίωσης.

#### 3.5.2 Ιατρικό Γενεαλογικό Δένδρο Πράκτορα-Οικογένειας

Το παράθυρο αυτό είναι υπό τη μορφή γενεαλογικού δένδρου, και περιγράφει το ιατρικό ιστορικό του κάθε ατόμου που ανήκει σε μια οικογένεια. Πέραν του γενεαλογικού δένδρου, περιλαμβάνονται και επιπλέον στοιχεία για τους πράκτορες και τα μέλη της οικογένειάς τους.

#### 3.5.3 Πίνακας Πρακτόρων

Ο Πίνακας Πρακτόρων παρέχει σε πραγματικό χρόνο, πληροφορίες για πράκτορες που γεννήθηκαν και πέθαναν στο σύστημα, καθώς επίσης και τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους.

### **3.5.4 Γενικές Μετρήσεις Ροής Προσομοίωσης**

Η διεπαφή μετρήσεων ροής, έχει σκοπό την παρακολούθηση από τον χρήστη σε πραγματικό χρόνο, τις γενικές τιμές και αλλαγές των μετρήσεων, οι οποίες καταγράφονται σε πίνακες και αποθηκεύονται για αναπαράσταση. Στους πίνακες θα καταγράφονται χαρακτηριστικά του συστήματος όπως τα ακόλουθα:

- Πληθυσμός Πρακτόρων (συνολικός)
- Πλήθος Ασθενών/ Φορέων κατά φύλο
- Αριθμός γεννήσεων / εποχή
- Αριθμός θανάτων / εποχή
- Ποσό πληροφορίας που διακινήθηκε
- Πλήθος ατόμων που ενημερώθηκαν / εποχή

### **3.5.5 Παράθυρα Εισαγωγής Δεδομένων**

Μέσα από τα παράθυρα αυτά, ο χρήστης μπορεί σε πραγματικό χρόνο, όπου αυτό είναι δυνατό, να αλλάζει τιμές για κάποιες από τις παραμέτρους της.

#### **3.5.5.1 Δημογραφικά Δεδομένα**

Στη διεπαφή εισόδου Δημογραφικών δεδομένων, περιλαμβάνονται τα εξής στοιχεία:

1. Συνολικός Πληθυσμός Πρακτόρων
2. Νόμιμη Ηλικία Γάμου, με προεπιλογή 18 χρόνια
3. Ποσοστό Γάμων ανά Πληθυσμό, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ του 30-100%
4. Συνολικό Ποσοστό Γονιμότητας, από 1~3%, με προεπιλογή το 2.1%
5. Προσδοκώμενη Διάρκεια Ζωής, με προεπιλογή τα 78 χρόνια
6. Επιθυμητή Διαφορά Ηλικίας στα Ζευγάρια, με προεπιλογή 4 χρόνια<sup>8</sup>
7. Ποσοστό Εκτρώσεων Ασθενών Παιδιών, με προεπιλογή το 0%
8. Γενικός Αρχικός Βαθμός Ενημέρωσης Ασθένειας, από 0 μέχρι 500.

Η προσομοίωση θεωρεί πως είναι ίσο το ποσοστό ανάμεσα στους άνδρες και στις γυναίκες στο πληθυσμό καθώς και ότι έχουν την ίδια προσδοκώμενη διάρκεια ζωής. Σαν δεδομένο επίσης θεωρείται πως μια γυναίκα βιολογικά μπορεί να τεκνοποιήσει από τα 15 μέχρι τα 49 της χρόνια.

---

<sup>8</sup> Σύμφωνα με τη μελέτη του Buss για την Ελλάδα



### 3.5.5.2 Ιατρικά Δεδομένα

Για να ενεργοποιηθεί η συμπλήρωση των «Ιατρικών Δεδομένων», πρέπει πρώτα να έχουν συμπληρωθεί ορθά τα δημογραφικά δεδομένα. Στη διεπαφή εισόδου των βιολογικών/ ιατρικών χαρακτηριστικών της ασθένειας, περιλαμβάνονται τα εξής ερωτήματα:

1. Όνομα Ασθένειας
2. Τρόπος Μετάδοσης, εάν είναι «Φυλοσύνδετη» ή «Αυτοσωματική»
3. Φορέας, «Υγιής», «Ασθενής», «Ασθενής κατά ποσοστό»
4. Υπάρχει Φαινότυπος, «Ναι κατά ποσοστό», «Όχι»
5. Προγεννητικός Έλεγχος, για μείωση του ποσοστού εμφάνισης ασθενών
6. Αριθμός Μεταλλάξεων στο Σύστημα Προσομοίωσης (Ενδεχομένως στη τελική προσομοίωση να είναι μόνο για μια μετάλλαξη)

Ανάλογα με τον αριθμό μεταλλάξεων, διαμορφώνονται τα παρακάτω:

1. Περιγραφή
2. Πιθανότητα Πραγματικής Μετάλλαξης, με πολύ χαμηλό ποσοστό 0,003%
3. Τύπος Φαινοτύπου, ως κανονικός, ελαφρύς, φανερός και σοβαρός
4. Τρόπος Μετάδοσης, εάν είναι Αυτοσωματική Κυρίαρχη ή Υπολειπόμενη, ή Χ-Χρωματοσωματική
5. Ποσοστό Ασθενών ανά Πληθυσμό, δηλαδή σε πόσο ποσοστό υπάρχει ήδη ασθένεια
6. Ποσοστό Φορέων ανά Πληθυσμό, δηλαδή σε πόσο ποσοστό υπάρχει το μεταλλαγμένο γονίδιο
7. Ηλικία Εκδήλωσης Ασθένειας, εμφάνιση ασθένειας με βάση την ηλικία, από - μέχρι
8. Χρόνος Ζωής από ΗΕΑ, μέσος χρόνος ζωής από την εμφάνιση της ασθένειας. Εάν δεν επηρεάζεται, παραμένει κενό
9. Δυνατότητα Αναπαραγωγής, «Ναι με ποσοστό», «Όχι»

### 3.5.5.3 Λοιπά Δεδομένα

Τα δεδομένα που δεν εντάσσονται σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία, αλλά επηρεάζουν το σύστημα άμεσα δρώντας σε άλλες προϋπάρχουσες μεταβλητές του.

1. Βάρη της Συνάρτησης Επιλογής
2. Εισαγωγή Νέου Πράκτορα, με χαρακτηριστικά που καθορίζει ο χρήστης
3. Πληροφόρηση από Μέσα και Γείτονες, με καθορισμό της ποσότητας της πληροφορίας, καθώς και το ποσοστό επί του συνόλου που θα τη λάβει.

### **3.5.6 Παράθυρα Γραφικών Παραστάσεων**

Με τη χρήση βιβλιοθηκών της Java για γραφικές, να γίνεται αναπαράσταση διαφόρων μετρικών σε πραγματικό χρόνο, μέσω των παραστάσεων. Η οπτικοποίηση των μετρικών αναμένεται να βοηθήσουν τους ερευνητές στο να αντιληφθούν καλύτερα την πορεία της προσομοίωσης κατά την διάρκεια του χρόνου και να εξάγουν χρήσιμα συμπεράσματα.

## **3.6 Ανασκόπηση Κεφαλαίου**

Στο κεφάλαιο αυτό, καθορίσαμε τις απαιτήσεις του συστήματος, από πλευράς αρχιτεκτονικής και τεχνολογίας σχεδιασμού, και επίσης καθορίστηκαν οι απαιτήσεις των όψεων του συστήματος.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια ανάλυση των διάφορων πτυχών του προγράμματος, επικεντρωμένη κυρίως στη θεωρητική προσέγγιση τους, ούτως ώστε να καθοριστεί στο κατάλληλο πλαίσιο για την υλοποίηση του συστήματος GeneCity.

# 4

## Ανάλυση Μοντέλου και Σχεδίαση

### 4.1 Πρωτόκολλο Επικοινωνίας Πρακτόρων Λογισμικού

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, αναμένεται οι πράκτορες να επικοινωνούν σε περιβάλλον συμβατό με τις προδιαγραφές που καθόρισε το FIPA<sup>9</sup>. Το πρότυπο, θεωρείται αρκετά ευέλικτο και παρέχει τα απαιτούμενα εργαλεία που χρειάζονται για έλεγχο και αποσφαλμάτωση, πολύ σημαντικά κατά την προγραμματιστική εργασία.

#### 4.1.1 Γενικά για Agent Management

Ο **πράκτορας** είναι κατά το πρωτόκολλο, μια υπολογιστική διαδικασία που ενσωματώνει την αυτόνομη δυνατότητα επικοινωνίας. Χρησιμοποιώντας την ACL (Agent Communication Language), ένας πράκτορας είναι πρωταγωνιστής σε μια πλατφόρμα πρακτόρων (Agent Platform). Πρέπει να έχει τουλάχιστο ένα ιδιοκτήτη, και να έχει μια ετικέτα που να τον καθορίζει. Αυτή είναι η AID (Agent Identifier), ώστε να είναι μοναδικός στο σύνολο των πρακτόρων.

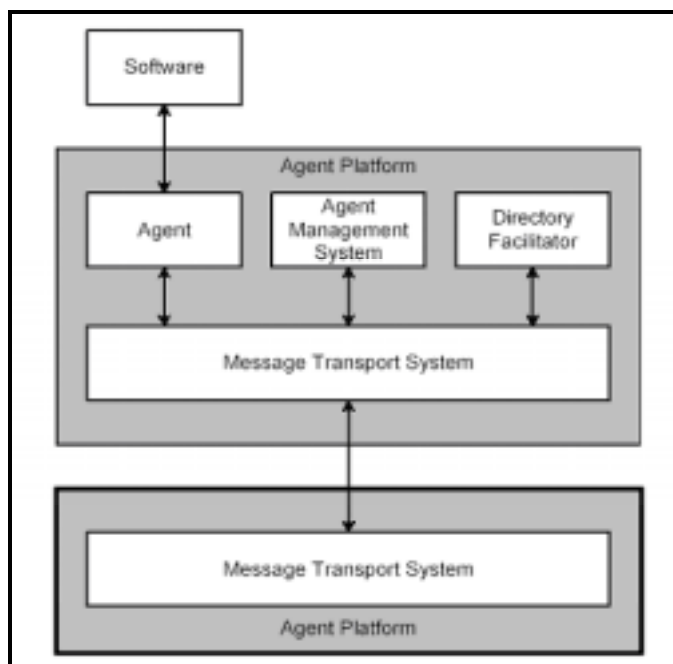
Η **Agent Platform (AP)** παρέχει την φυσική υποδομή στην οποία αναπτύσσονται οι πράκτορες. Η πλατφόρμα αποτελείται από το υλισμικό, το λειτουργικό σύστημα, το λογισμικό που υποστηρίζει πράκτορες, τα συστήματα διαχείρισης, όπως καθορίζει το FIPA.

Το FIPA δεν ορίζει κάποιο περιορισμό για την τυποποίηση των πλατφόρμων. Το πρωτόκολλο καθορίζει όμως πως θα γίνει η επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων σε μια

---

<sup>9</sup> Foundation of Intelligent and Physical Agents

πλατφόρμα και με πράκτορες εκτός πλατφόρμας. Μια περιγραφή του τρόπου λειτουργίας φαίνεται από το Σχήμα 3-3.



Σχήμα 4-1: Λειτουργία Πρωτοκόλλου FIPA

#### 4.1.2 Ονομασία Πρακτόρων

Ο πράκτορας έχει κάποιες ιδιαίτερες παραμέτρους, που ορίζονται ως το Agent Identifier (AID). Η εύπλαστη φύση του AID, του επιτρέπουν να επεκτείνεται ώστε να λαμβάνει ανθρώπινα ονόματα, παρατσούκλια, ρόλους κλπ, ώστε να ενσωματωθούν στη πλατφόρμα. Στο AID, όλες οι παράμετροι μπορούν να αλλάξουν, εκτός από το αρχικοποιημένο όνομα του πράκτορα. Το AID έχει πρωταρχικό σκοπό να χρησιμοποιηθεί για αναγνώριση πρακτόρων μέσα στο φάκελο των μηνυμάτων, ειδικά στις παραμέτρους «ΑΠΟ» και «ΠΡΟΣ».

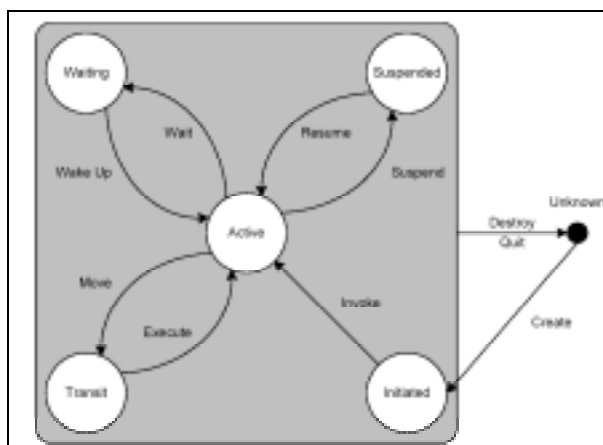
#### 4.1.3 Υπηρεσίες Agent Management System

Το AMS είναι υπεύθυνο για την διαχείριση των ενεργειών των πλατφόρμων, όπως τη δημιουργία και διαγραφή των πρακτόρων. Αν ένας πράκτορας υπάρχει στην πλατφόρμα, σημαίνει ότι έχει εγγραφεί με το AMS. Η ζωή ενός πράκτορα τερματίζεται με την αποεγγραφή (deregistration) από το AMS. Το AID αφαιρείται και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί από άλλο πράκτορα που θα το ζητήσει.

#### 4.1.4 Κύκλος ζωής πρακτόρων

Οι πράκτορες του FIPA υπάρχουν ως φυσικές οντότητες-προγράμματα σε μια πλατφόρμα και χρησιμοποιούν τις δυνατότητες που παρέχει η πλατφόρμα. Έτσι, ένας πράκτορας αποτελεί μια φυσική, λογισμική διεργασία και έχει ένα φυσικό κύκλο ζωής που πρέπει να διαχειρίζεται αυτή η πλατφόρμα.

Ο κύκλος ζωής παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-4:



Σχήμα 4-2: Ο κύκλος ζωής του πράκτορα

## 4.2 Τεχνολογίες Ανάπτυξης Πρακτόρων Λογισμικού

### 4.2.1 Γλώσσα Αντικειμενοστραφούς Προγραμματισμού Java

Επιλέχθηκε ως περιβάλλον ανάπτυξης, η γλώσσα Αντικειμενοστραφούς Προγραμματισμού Java [URL1], καθώς παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των εναλλακτικών προτάσεων. Πιο συγκεκριμένα, η Java επιλέχθηκε πιο συγκεκριμένα λόγω των πολλών δυνατοτήτων που στην υλοποίηση ετερογενών περιβαλλόντων πρακτόρων, όπως θα φανεί αργότερα και στην περιγραφή του μοντέλου. Ακόμη η ανεξαρτησία που παρέχει σε σχέση με το λειτουργικό σύστημα που υπάρχει, καθώς και η ευκολία μεταφοράς της, αποτέλεσαν ιδανικά κίνητρα για την επιλογή της Java για την ανάπτυξη του GeneCity.

Η χρήση αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, μας δίνει, σύμφωνα με τον Ferber [HIL94]:

1. Νέα είδη πρακτόρων με την δημιουργία νέων κλάσεων που κληρονομούν από την κεντρική

2. Υποείδη με κληρονομικότητα, αλλαγή στη συμπεριφορά με προσθήκη νέων

3. Μια μοναδική διαφοροποίηση ατόμου μέσα στους πράκτορες

Ορίζουμε ως χαμηλού επιπέδου δομή πράκτορα αποτελούν τις φυσικές του λειτουργίες, και ως υψηλού επιπέδου δομή θεωρούμε τη συμπεριφορά του.

#### **4.2.2 Java Agent DEvelopment (JADE) Framework<sup>10</sup>**

Το πλαίσιο εργασίας JADE [URL2] αποτελεί ένα περιβάλλον ανάπτυξης πρακτόρων και πολυπρακτορικών συστημάτων υλοποιημένο σε Java. Εκμεταλλεύεται τα διάφορα πακέτα της Java, δίνοντας στους προγραμματιστές ταυτόχρονα έτοιμα για χρήση κομμάτια, καθώς και abstract κλάσεις για τυποποιημένες εργασίες. Σαν εργαλείο, το JADE απλοποιεί την δημιουργία συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, σε ένα περιβάλλον που δηλώνει σύμφωνα με τα πρωτόκολλα που καθορίστηκαν από την FIPA και παρέχει εργαλεία για την διαχείριση τους. Η πλατφόρμα αυτή μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα, καθώς είναι ανεπτυγμένο σε Java.

Ακόμη, η αρχιτεκτονική επικοινωνίας του JADE παρέχει αποδοτική και ευέλικτη διακίνηση μηνυμάτων, δημιουργώντας ουρές από εισερχόμενα ACL μηνύματα, προσωπικά για κάθε πράκτορα.

Στο JADE έχει υλοποιηθεί όλο το επικοινωνιακό μοντέλο που προτείνει η FIPA, με τα διάφορα μέρη του να είναι πλήρως ενσωματωμένα στο πλαίσιο εργασίας, ως interaction protocols, envelope, ACL, content languages, encoding schemes, ontologies και τέλος, transport protocols, από τα οποία μπορούμε να επιλέξουμε ανάλογα με τις απαιτήσεις μας κατά την υλοποίηση.

Γενικά το JADE προσφέρει τις ακόλουθες δυνατότητες στους προγραμματιστές:

- Διανεμημένο σύστημα πρακτόρων.
- Γραφικό περιβάλλον χρήσης για οργάνωση και διαχείριση πολλών πρακτόρων
- Εργαλεία αποσφαλμάτωσης
- Υποστήριξη στην εκτέλεση πολλαπλών, παράλληλων δραστηριοτήτων πρακτόρων μέσω του μοντέλου συμπεριφοράς

---

<sup>10</sup> Το JADE<sup>™</sup> είναι σήμα κατατεθέν της CSELT (TILab από το 2003)

- Πλατφόρμα πρακτόρων συμβατή με το FIPA, που περιλαμβάνει το AMS(Agent Management System), το DF(Directory Facilitator) και το ACC(Agent Communication Channel)
- Αποδοτική μεταφορά μηνυμάτων σε ACL μέσα στην ίδια πλατφόρμα πρακτόρων. Τα μηνύματα μεταβιβάζονται σαν αντικείμενα στην Java, κι όχι σαν String
- Πρωτόκολλα επικοινωνίας έτοιμα για χρήση, συμβατά με το FIPA
- Αυτόματη Εγγραφή/ Διαγραφή των πρακτόρων με το AMS
- Υπηρεσία ονοματοδωσίας συμβατή με το FIPA
- Υποστήριξη για γλώσσες και οντολογίες που καθορίζονται από τις εφαρμογές
- Δυνατότητα για εξωτερικές εφαρμογές να εκκινούν αυτόνομους πράκτορες

#### **4.2.3 Protégé-2000<sup>11</sup>**

Το Protégé αναλαμβάνει την απλοποίηση της διαδικασίας συγγραφής οντολογιών των πρακτόρων του JADE, δηλαδή το κοινό λεξιλόγιο μεταξύ των πρακτόρων, το οποίο αντιλαμβάνονται όλοι μεταξύ τους και αναγνωρίζουν το τι τους ζητείται ανά πάσα στιγμή. Η δυνατότητα του να παράγει με απλό τρόπο σύνθετες οντολογίες, ενισχύει τη δυναμική του JADE και των πρακτόρων και επιτυγχάνει την καλύτερη και πληρέστερη επικοινωνία μεταξύ τους.

### **4.3 Παραδοχές Συστήματος**

Για σκοπούς μελέτης ενός πολύπλοκου ανθρώπινου συστήματος, όπως και με όλα σχεδόν τα συστήματα που παρατηρούνται στη φύση, είναι απαραίτητος ο καθορισμός γενικευμένων παραδοχών, οι οποίες θα το απλοποιούν σημαντικά, χωρίς όμως να το καταλύουν. Για τους σκοπούς της επιδημιολογικής προσομοίωσης, ισχύουν οι εξής κύριες γενικές παραδοχές:

- Στη κοινωνία υπάρχουν μόνο Άγαμοι και Παντρεμένοι πράκτορες
- Η επίδραση των ΜΜΕ και ενημέρωσης γίνεται διαμέσου κάποιου πράκτορα που θα επιδρά μαζικά
- Όλοι οι πράκτορες θέλουν να παντρευτούν

---

<sup>11</sup> Το Protégé είναι σήμα κατατεθέν του Stanford University, 1998-2002

- Όλοι οι πράκτορες είναι ετερόφυλοι
- Όλοι οι πράκτορες είναι ικανοί για τεκνοποίηση εκτός αν υπάρχει περιορισμός που να ορίζεται κατά την εισαγωγή δεδομένων της ασθένειας για φορείς και ασθενείς
- Μια οικογένεια δε χάνεται παρά μόνο αν πεθάνουν όλοι οι γονείς
- Κάθε πράκτορας μπορεί να παντρευτεί μόνο μια φορά
- Οι συγγενείς δεν αναπαράγονται
- Ένας {άνδρας} ( {γυναίκα}) μπορεί να κάνουν προτάσεις γάμου σε Μ αριθμό {γυναικών} ({ανδρών}) σε μια δεδομένη στιγμή για να επιλέξει την καλύτερη πρόταση
- Γάμος δημιουργείται όταν και ο δύο θέλουν να παντρευτούν, και έχουν ήδη επιλέξει ο ένας τον άλλο ανάμεσα στους υπόλοιπους
- Η γέννηση ενός ασθενούς τέκνου σε οικογένεια, επηρεάζει το σύστημα στο επίπεδο της οικογένειας πρώτου βαθμού
- Το σύστημα συμφωνεί στα δημογραφικά δεδομένα που έχουν εισαχθεί
- Λαμβάνονται υπόψη κοινωνιολογικά δεδομένα τα οποία μεταβιβάζονται στις επόμενες γενεές μέσω των οικογενειών
- Ως μονάδα χρόνου του συστήματος αποτελεί η «εποχή»

#### 4.4 Πράκτορες Συστήματος

Οι πράκτορες συστήματος έχουν ως στόχο την επίβλεψη του και την εύρυθμη λειτουργία του, και βοηθούν στην υλοποίηση των διαφόρων μεθόδων κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας των πρακτόρων. Οι πράκτορες αυτοί υπάρχουν παράλληλα με τους πράκτορες της κοινωνικής προσομοίωσης, είναι οντότητες στο JADE, (με μόνη εξαίρεση τον Media Agent) και είναι οι:

- **Super-Agent**, υπέρ-πράκτορας ο οποίος έχει τον έλεγχο κάθε ενέργειας στο σύστημα, και αποτελεί τη σύνδεση του εξωτερικού συστήματος με τη πλατφόρμα των πρακτόρων.
- **Media-Agent**, ο οποίος έχει καθολική επίδραση στο «βαθμό ενημέρωσης» των υπόλοιπων πρακτόρων, με τυχαία επιλογή.
- **Family-Agent**, ο οποίος αναλαμβάνει τη μεταφορά των οικογενειών, όπως την αποφάσισαν οι «γονείς» πράκτορες, στο Δίκτυο Οικογενειών
- **Matching-Agent**, ο οποίος βοηθά στη συλλογή πληροφοριών για την υλοποίηση του SPM αλγορίθμου (βλέπε 4.9.2)



Οι δε πράκτορες που αποτελούν τον πληθυσμό της κοινωνίας, είναι οντότητες τύπου

- **Simple-Agent**, με συγκεκριμένα «γενετικά» χαρακτηριστικά τα οποία θα αποφασίζονται κατά τη δημιουργία του με βάση το χαρακτηριστικά των γονέων, ή με τυχαίες αρχικές συνθήκες.

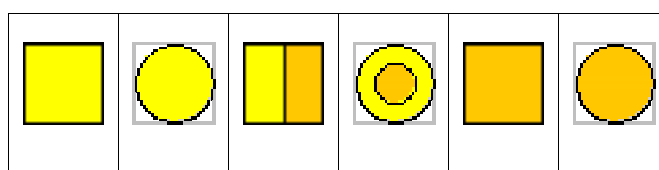
## 4.5 Πλέγμα Πρακτόρων

Οι πράκτορες από τη στιγμή που φτάνουν την επιτρεπόμενη ηλικία (όπως καθορίζουν οι παράμετροι του συστήματος), εισέρχονται στο χώρο του διδιάστατου τετραγωνικού πλέγματος, σε τυχαία θέση. Το πλέγμα, χρησιμεύει στο να προσθέτει κάποιο τυχαίο παράγοντα μέσα στο σύστημα, αφού προσδιορίζει την «εγγύτητα» ανάμεσα στους πράκτορες. Στην σύναψη σχέσεων προτιμούνται οι πιο κοντινοί, από τους πιο μακρινούς, εκτός κι αν οριστεί διαφορετικά από το χρήστη. Το πλέγμα, επίσης, προσομοιώνει και πέραν της φυσικής απόστασης, αλλά και την απόσταση, όπως την καθορίζουν οι ανθρώπινες σχέσεις, άρα η εγγύτητα δήλοι το πόσο πλησίον είναι ο άλλος. Συμπερασματικά, ικανοποιούνται οι αρχικές απαιτήσεις που θέλουν το σύστημα προσομοίωσης όσο πιο ρεαλιστικό γίνεται, με όσο το δυνατό απλές γενικεύσεις. Στο πλέγμα υπάρχουν μαζί και οι πράκτορες {άνδρες} και {γυναίκες} αλλά και οι {οικογένειες}.

Για κάθε οικογένεια και για κάθε ελεύθερο πράκτορα, θα υπάρχει κάποιος «Βαθμός Ενημέρωσης». Οι οικογένειες που παρουσιάζουν κάποιο κρούσμα ασθένειας, θεωρούνται πως επηρεάζουν κατά κάποιο βαθμό, τις οικογένειες που τις περιβάλλουν. Αυτές οι περιβάλλουσες οικογένειες αποτελούν, είτε τις φυσικά πλησίον σε αυτές σε επίπεδο γειτονίας, είτε τις φιλικές μέσω κάποιας άλλης σχέσης, όπως προαναφέρθηκε.

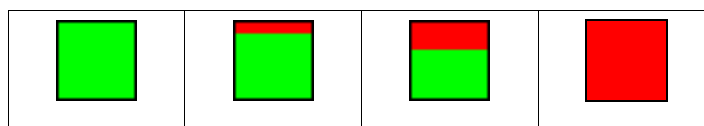
Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στη κατάρτιση των γενεαλογικών δένδρων, όπως καθορίζονται από τους Connor και Ferguson-Smith [CON97], στον Πίνακα 1. Από αριστερά προς τα δεξιά, έχουμε: {άνδρας} υγιής, {γυναίκα} υγιής, {άνδρας} φορέας, {γυναίκα} φορέας, {άνδρας} άρρωστος και {γυναίκα} άρρωστη.

Πίνακας 2: Συμβολισμοί Μη Παντρεμένων Πρακτόρων



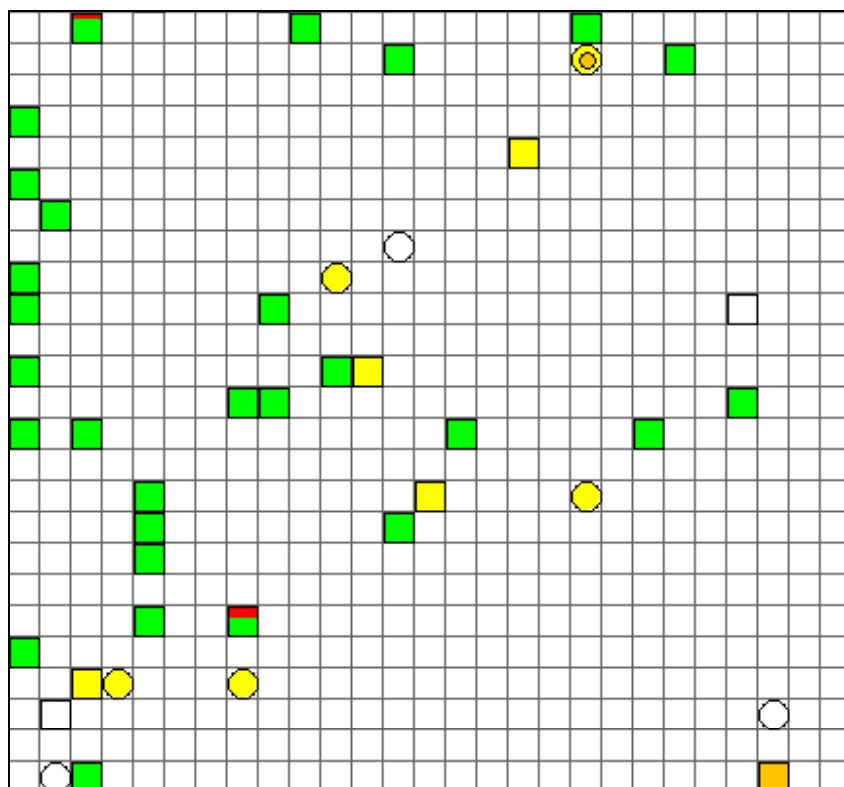
Στον Πίνακα 2, παρουσιάζεται ο συμβολισμός των τεσσάρων διαφορετικών οικογενειών, με την πρώτη από αριστερά (πράσινο) να έχει όλα τα μέλη της υγιή (χωρίς να αποκλείεται να υπάρχουν φορείς). Η κόκκινη περιοχή απεικονίζει την αριθμό των μελών της οικογένειας που ασθενούν, με κατάληξη την απεικόνιση στα δεξιά (κόκκινο) που αναπαριστά μια οικογένεια με όλα τα μέλη ασθενή.

Πίνακας 3: Διαφορετικοί Συμβολισμοί Οικογενειών Πρακτόρων



Έτσι,

μια τυπική αναπαράσταση του πλέγματος θα είναι η εξής:



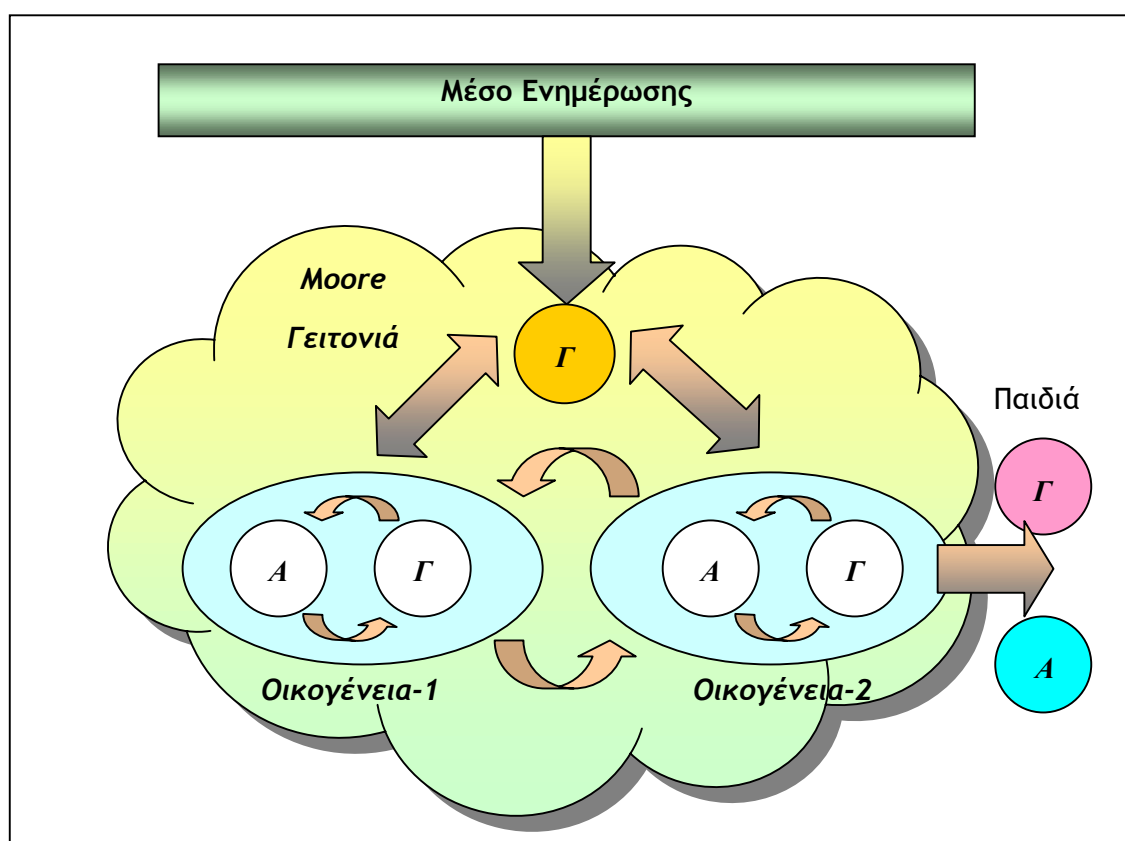
Σχήμα 4-3: Πλέγμα με πράκτορες - άτομα και οικογένειες

Στο Σχήμα 4-1 παρατηρούμε πως μερικοί πράκτορες έχουν λευκό χρώμα· είναι οι πράκτορες που δεν έχουν επιλεγεί για να συμμετάσχουν στη συγκεκριμένη «εποχή», στην αναπαραγωγική διαδικασία. Να σημειωθεί πως οι πράκτορες που παντρεύονται ή πεθαίνουν, αφαιρούνται άμεσα από το χώρο του πλέγματος.

## 4.6 Εισαγωγή Ενημέρωσης-Πληροφόρησης

Η γνώση της γενετικής ασθένειας, έρχεται διαμέσου της επιρροής της κοινωνίας αλλά και των σύγχρονων μέσων μαζικής πληροφόρησης, αλλά και μέσα από συμβουλευτική ιατρική.

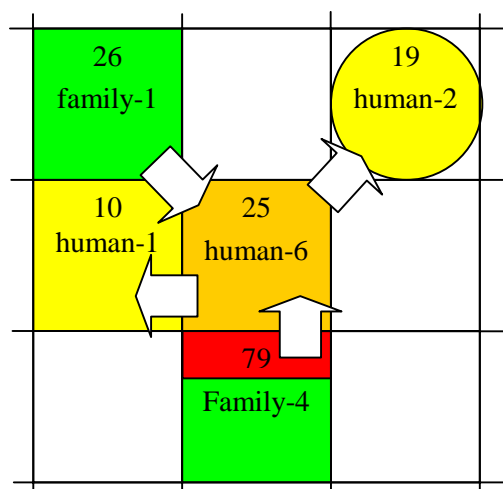
Το μοντέλο διάχυσης της πληροφορίας δίνεται στο Σχήμα 4-4. Ο παροχέας πληροφορίας αναφέρεται ως το «Μέσο» / «Media» και δίδει ανά τακτά χρονικά διαστήματα, μια ποσότητα πληροφορίας σε τυχαία επιλεγμένους πράκτορες, προσομοιάζοντας έτσι την ενημέρωση που γίνεται σε τυχαία άτομα σε μη καθορισμένο βαθμό στην πραγματική κοινωνία. Υπάρχει τρόπος να μην καθορισμένος ο βαθμός πληροφόρησης, απλά ορίζοντας με διαφορετικό τρόπο το βαθμό δεκτικότητας των πρακτόρων.



Σχήμα 4-4: Δίκτυο επικοινωνίας διάδοσης ενημέρωσης

Στο παράδειγμα του σχήματος, εκτός από την ενημέρωση που προσφέρει ο πράκτορας «Media», υπάρχει ανταλλαγή πληροφορίας και ανάμεσα στις οικογένειες αλλά και τους μεμονωμένους πράκτορες. Η περίπτωση αυτή βασίζεται στο γεγονός πως οι άνθρωποι, ως κοινωνικά όντα, επηρεάζουν άλλα άτομα ή άλλες οικογένειες, προσφέροντάς τους πληροφορία, αν έχουν περισσότερη.

Μια αναπαράσταση του τρόπου διάχυσης της πληροφορίας φαίνεται στο Σχήμα 4-5. Για να συμβεί αυτό πρέπει οι άλλοι πράκτορες είτε ως οικογένεια, είτε ως άτομο, να ανήκουν στην περιοχή Moore, που εξηγήθηκε στο Κεφάλαιο 2. Στο σχήμα, ο πράκτορας human-26, επικοινωνεί με τους πράκτορες που βρίσκονται στη γειτονιά του. Εάν έχουν μικρότερη τιμή από αυτόν στην πληροφόρηση, όπως στην περίπτωση των human-2 και human-10, αυξάνεται η γνώση τους. Να σημειωθεί πως και σε αυτή τη περίπτωση, δε λαμβάνεται πλήρης η νέα γνώση, αλλά σε ποσοστό που αναλογεί στην ικανότητα μάθησης και αποδοχής. Ανάλογα, ο human-6 θα λάβει αντίστοιχα αύξηση γνώσης, από τις family-1 και family-4.



Σχήμα 4-5: Ο κεντρικός πράκτορας (human-6) ενημερώνει και ενημερώνεται σε μια περιοχή Moore

Τέλος, με τη γέννηση νέων ανθρώπων, η οικογένεια μεταφέρει μια ποσότητα πληροφορίας στα παιδιά, ανάλογη με το βαθμό δεκτικότητάς των παιδιών.

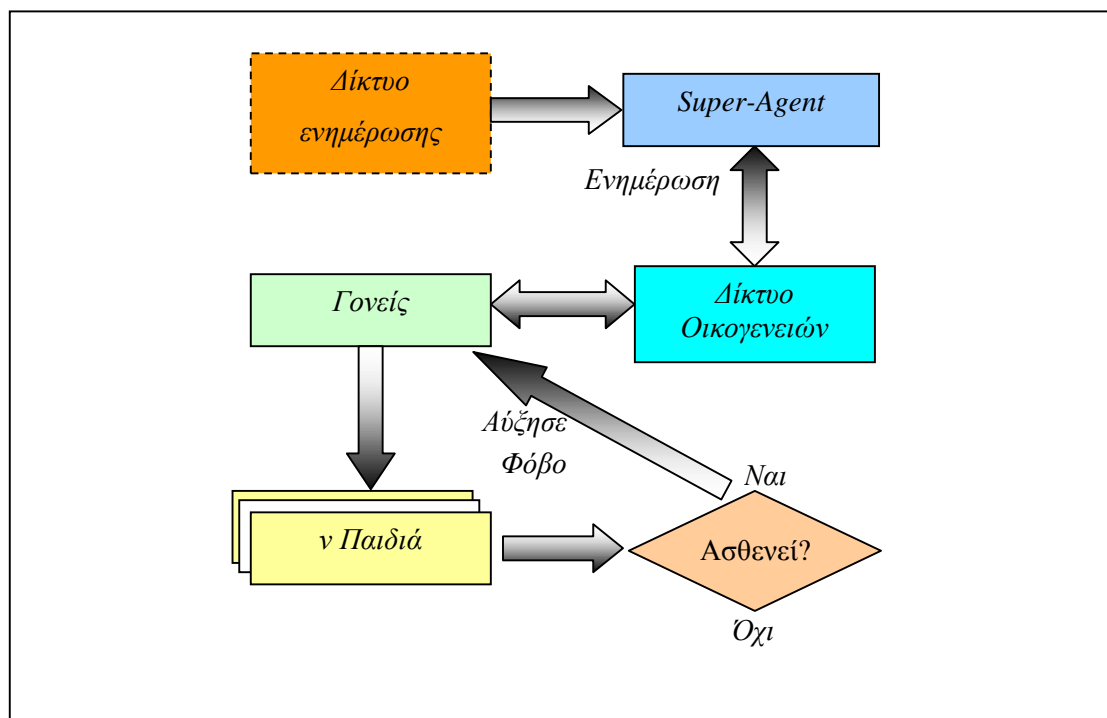
## 4.7 Φόβος Μετάδοσης

Στη περίπτωση γέννησης ασθενούς τέκνου, αυξάνεται πέραν από το «Βαθμό Ενημέρωσης» και ο «Φόβος Μετάδοσης». Ο Φόβος Μετάδοσης, ενισχύει την επιφυλακτικότητα του ατόμου, καθώς η απλή πληροφόρησή του δε σημαίνει πως το θεωρεί απειλή για αυτόν ή τους απογόνους του. Ο φόβος, γενικά, παίζει σημαντικό ρόλο, και γι' αυτό το λόγο συμπεριλαμβάνεται και σαν κομμάτι του γενετικού κώδικα, όπως περιγράφεται σε επόμενες παραγράφους, αλλά και σαν βαθμός πεπερασμένου μήκους, με όσο μεγαλύτερο βαθμό, τόσο υψηλότερο φόβο. Αυτός παίζει καθοριστικό ρόλο αργότερα στην επιλογή συντρόφου σε συνδυασμό με την πληροφόρηση.

Για παράδειγμα, ένα άτομο με μεγάλο βαθμό φόβου και μηδενικό βαθμό ενημέρωσης, δε γνωρίζει για την ασθένεια, άρα δε μπορεί να προφυλαχθεί και να δράσει με ανάλογη συμπεριφορά. Αντίστοιχα, ένα άτομο με μηδενικό βαθμό φόβου και μεγάλο βαθμό ενημέρωσης, ενώ γνωρίζει, αψηφά τους κίνδυνους για πιθανή γέννηση ασθενών απογόνων.

Στο Σχήμα 4-6, παρατηρείται η ροή της επανατροφοδότησης, η οποία ενισχύει τη μάθηση του φόβου και της επιφυλακτικότητας.

Η αύξηση του φόβου στην οικογένεια, είναι ανάλογη του αριθμού των παιδιών που γεννά ένα ζευγάρι και είναι ασθενή. Σε περίπτωση υγιούς παιδιού ή απλού φορέα μη κυρίαρχου, δε συμβαίνει κάποια αλλαγή.



Σχήμα 4-6: Δίκτυο επικοινωνίας- ανατροφοδότησης Βαθμού φόβου

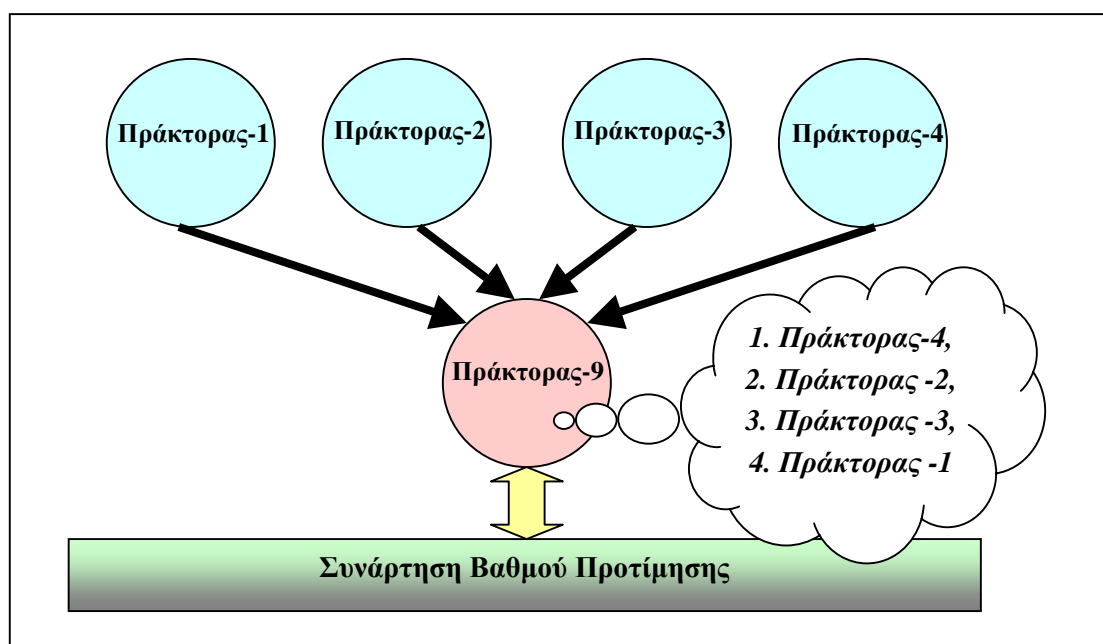
## 4.8 Συνάρτηση Βαθμού Προτίμησης

Η Συνάρτηση Βαθμού Προτίμησης αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της προσομοίωσης, καθώς επιχειρεί να συσχετίσει τις παραμέτρους συμπεριφοράς του πράκτορα με τα εξωτερικά ερείσματα που λαμβάνει. Έτσι, με αυτόνομη (στο βαθμό που του επιτρέπεται) συμπεριφορά, οδηγείται στο να αποφασίσει κατά πόσο κάποιος άλλος πράκτορας αποτελεί μια «καλή» επιλογή ή όχι (με βάση πάντα τα δικά του προσωπικά δεδομένα). Στο παρακάτω σχήμα, ο πράκτορας δέχεται

πληροφορία σχετικά με κάποιους υποψήφιους του αντίθετου φύλου, και χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση επιλογής, καθορίζει μια λίστα με σειρά προτίμησης.

Τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια επιλογής, είναι:

- Η Απόσταση του άλλου πράκτορα σε σχέση με τις συντεταγμένες του στο πλέγμα (Proximity)
- Η Ηλικία του άλλου πράκτορα
- Η Κατάσταση της Υγείας του
- Η Ικανότητα αναπαραγωγής του
- Ο Πλούτος του, ο οποίος αποτελεί γενίκευση διαφόρων στοιχείων που συνθέτουν τον άνθρωπο και του αυξάνουν το «κεφάλαιο» του, όπως η ομορφιά, τα χρήματα, η κοινωνική θέση κοκ.



Σχήμα 4-7: Προτίμηση συντρόφου από προσφορές

Ακόμη λαμβάνεται υπόψη και η θέληση του ίδιου του πράκτορα για γάμο, που πρέπει να συμφωνεί με τα ηλικιακά δεδομένα που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2, από την μελέτη του Buss.

Συγκεκριμένα, η συνάρτηση καθορισμού βαθμού προτίμησης, είναι η εξής:

$$\begin{aligned}
 preferenceValue = & w1 * proximity + w2 * ageDifference + w3 * wealth + \\
 & w4 * reproductionAbility + \frac{w5 * (healthValue + probabilityChildDisease)}{InformationDegree + fearDegree + 1} \quad (4-1)
 \end{aligned}$$

Όπου (για visionGene βλέπε 4.8.1.11),

$$proximity = \tanh \left[ \frac{visionGene}{\sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (y_1 + y_2)^2}} \right] \quad (4-2)$$

και,

$$ageDifference = e^{\frac{-(ageDifference - normalAgeDifference)^2}{20}} \quad (4-3)$$

Η τιμή της μεταβλητής **reproductionAbility**, πηγάζει από τον εξής ψευδοκώδικα:

```
If (Person can reproduce & Age<50) then
    reproductionAbility = 1
else if (Person can't) then
    reproductionAbility = 0
```

Αντίστοιχα, η μεταβλητή **healthValue**, παίρνει τις fuzzy τιμές της, σύμφωνα με τον παρακάτω ψευδοκώδικα:

```
If (healthy) then healthValue = 1
else if (carrier) then
    healthValue = 0.8
else if (diseased) then {
    if(does not affect death){
        if(phenotype=normal) healthValue= 0.75
        else if(phenotype=slight) healthValue=0.5
        else if(phenotype=obvious) healthValue=0.25
        else if(phenotype=slight) healthValue=0.2
    }else if(affect death){
        if(rest of life>10){
            if(phenotype=normal) healthValue= 0.5
            else if(phenotype=slight) healthValue=0.4
            else if(phenotype=obvious) healthValue=0.2
            else if(phenotype=slight) healthValue=0.2
        }else if(rest of life<=10){
            if(phenotype=normal) healthValue= 0.4
            else if(phenotype=slight) healthValue=0.3
            else if(phenotype=obvious) healthValue=0.15
```

```

else if(phenotype=slight) healthValue=0.1
    }
}
}

```

Η μεταβλητή **ProbabilityChildDisease**, λαμβάνει ως τιμή την πιθανότητα να γεννηθεί παιδί ασθενή, σύμφωνα με τις μεταλλάξεις στους γονείς. Η τιμή υπολογίζεται στατιστικά, σύμφωνα με τις αρχές του Mendel, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 2.

Οι μεταβλητές **wealth**, **InformationDegree** και **fearDegree** ισούνται με την κανονικοποιημένη τιμή που έχει ο πράκτορας σαν εσωτερική μεταβλητή.

Τα βάρη ( $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5$ ) καθορίζονται από το χρήστη και μπορούν να μεταβληθούν σε πραγματικό χρόνο, μέσω της αντίστοιχης διεπαφής

## 4.9 Επιλογή Συντρόφου

Για την επίλυση του προβλήματος της επιλογής ανάμεσα σε πολλούς μνηστήρες, χρησιμοποιείται από τη θεωρία των αλγορίθμων η τεχνική επίλυσης του Stable Marriage Problem [MCV71]. Ο αλγόριθμος λειτουργεί ως η διαδικασία επιλογής «συντρόφου» μεταξύ πρακτόρων αντίθετου φύλου. Με άλλα λόγια, το πρόβλημα έγκειται στο ότι δεν μπορούν όλοι να πετύχουν τις βέλτιστες επιλογές τους, όσον αφορά το θέμα σχέση - γάμος, όσο υπάρχει προτίμηση του υποψήφιου έτερου προς κάποιο άλλο άτομο. Σε μια κοινωνία αυτό προκαλεί μια υπολογιστική πρόκληση.

Το πρόβλημα αυτό τέθηκε από τους David Gale και Lloyd Shapley στο American Mathematical Monthly<sup>12</sup>, με τίτλο «College Admissions and the Stability of Marriage». Αφού το ένα σύνολο μπορεί να αποτελείται από άνδρες και το άλλο από γυναίκες, με σκοπό το ταίριασμα ανάμεσά τους, έχουμε κατά συνέπεια, «γάμο», εξ' ου και το όνομα του προβλήματος.

### 4.9.1 Ορισμός

Θεωρούμε δύο ξεχωριστά σύνολα  $A$  και  $B$ . Μια συσχέτιση των μελών του  $A$  με τα μέλη του  $B$  λέγεται ότι αποτελεί «σταθερό γάμο», αν και μόνο αν δεν υπάρχουν κάποια άτομο  $a$  και  $b$  (που να ανήκουν αντίστοιχα στα  $A$  και  $B$ ), που να μην είναι

<sup>12</sup> τ.69: 9-15, 1962



συσχετισμένα μεταξύ τους, αλλά που και τα δύο θα προτιμούσαν τον άλλο περισσότερο από τους τρέχοντες συντρόφους τους. Ο αλγόριθμος του Stable Marriage Problem, σε μορφή ψευδοκώδικα είναι:

```
Assign each person to be free
While some man m is free do
    w=first woman on m's list has not yet proposed
    If w=free then
        Assign m and w to be engaged
    Else
        If w prefers m to her fiancé m' then
            Assign m and w to be engaged
            m'=free
        Else
            w rejects m
End
```

#### 4.9.2 Αναλυτική Περιγραφή SMP

Με το πρόβλημα έχουν ασχοληθεί ανάμεσα σε άλλους, οι McVitie και Wilson [MCV71] και οι Gusfield και Irving [GUS89]. Γενικά το Stable Marriage Problem ορίζει δύο ίσα, ξεχωριστά σύνολα από  $n$ -αριθμό συμμετεχόντων, άνδρες και γυναίκες. Στόχος είναι ο σχηματισμός σταθερών γάμων ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες, ανάλογα με τις προτιμήσεις του καθενός. Μαζί με κάθε άτομο, υπάρχει λίστα με αυστηρή σειρά προτεραιότητας, την οποία έχει καθορίσει νωρίτερα ο πράκτορας, που περιέχει όλα τα μέλη του αντίθετου φύλου. Στη περίπτωση σταθερού γάμου, η λίστα προτίμησης κάθε προσώπου περιέχει όλα τα μέλη του αντίθετου φύλου. Σε κάθε περίπτωση, υπάρχει τουλάχιστο ένα σταθερό ταίριασμα, το οποίο δίνει τον καλύτερο σύντροφο που μπορεί να έχει κάποιος.

Σε τυχαία στιγμή, κάθε άτομο είναι είτε δεσμευμένο είτε ελεύθερο. Κάθε άνδρας μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ των καταστάσεων ελεύθερου ή δεσμευμένου, αλλά όταν η γυναίκα δεσμευτεί, δεν ξαναγίνεται ελεύθερη, αν και, μπορεί να αλλάξει «αρραβωνιαστικό».

Σύμφωνα με το πρόβλημα, όταν μια ελεύθερη γυναίκα λαμβάνει μια πρόταση από άνδρα, θα την δεχθεί αμέσως, καθιστώντας τον εαυτό της «αρραβωνιασμένη» με

τον προτείνοντα. Όταν μια «αρραβωνιασμένη» όμως γυναίκα, λαμβάνει μια νέα πρόταση, τη συγκρίνει με τον τρέχων της «αρραβωνιαστικό» και απορρίπτει τον λιγότερο επιθυμητό από τους δύο άνδρες. Έτσι είτε απορρίπτει την πρόταση που τις έγινε, είτε «διαλύει» την προηγούμενη δέσμευση της, ελευθερώνοντας τον προηγούμενο και «αρραβωνιάζοντας» τον προτείνοντα. Ο αλγόριθμος τελειώνει όταν όλοι έχουν αρραβωνιαστεί και έχουμε «γάμο». Το παράδειγμα που ακολουθεί δείχνει την εφαρμογή του αλγορίθμου σε 4 άνδρες και 4 γυναίκες.

A	B	δ	α	γ
B	γ	α	δ	β
Γ	β	γ	α	δ
Δ	δ	α	γ	β
<b>Προτιμήσεις Ανδρών</b>				
a	B	A	Δ	Γ
β	Δ	Γ	A	B
γ	A	Δ	Γ	B
δ	B	A	Δ	Γ
<b>Προτιμήσεις Γυναικών</b>				

Ο Α προτείνει στην Β, η οποία αποδέχεται και «αρραβωνιάζεται», άρα ΑΒ. Ο Β στην γ, άρα Βγ. Ο Γ προτείνει στην ήδη «αρραβωνιασμένη» Β. Η Β συγκρίνει των τρέχων «αρραβωνιαστικό» της (Α) με τον Γ, με βάση τη λίστα προτίμησης. Ο Γ είναι πιο μπροστά από τον Α, άρα η Β θα σπάσει τον «αρραβώνα» και θα γίνει ΓΒ, ενώ ο Α θα ελευθερωθεί. Ο Α συνεχίζει με την επόμενη του επιλογή, δ, η οποία αποδέχεται, Αδ. Ο Δ προτείνει στη δ, αλλά λόγω του ότι εκείνη προτιμά περισσότερο τον Α, δεν αποδέχεται την νέα πρόταση, άρα ο Δ δοκιμάζει με την α, η οποία είναι ελεύθερη και αποδέχεται. Το σύστημα έφτασε σε μια σταθερή κατάσταση, όπου {Αδ, Βγ, ΓΒ, Δα}.

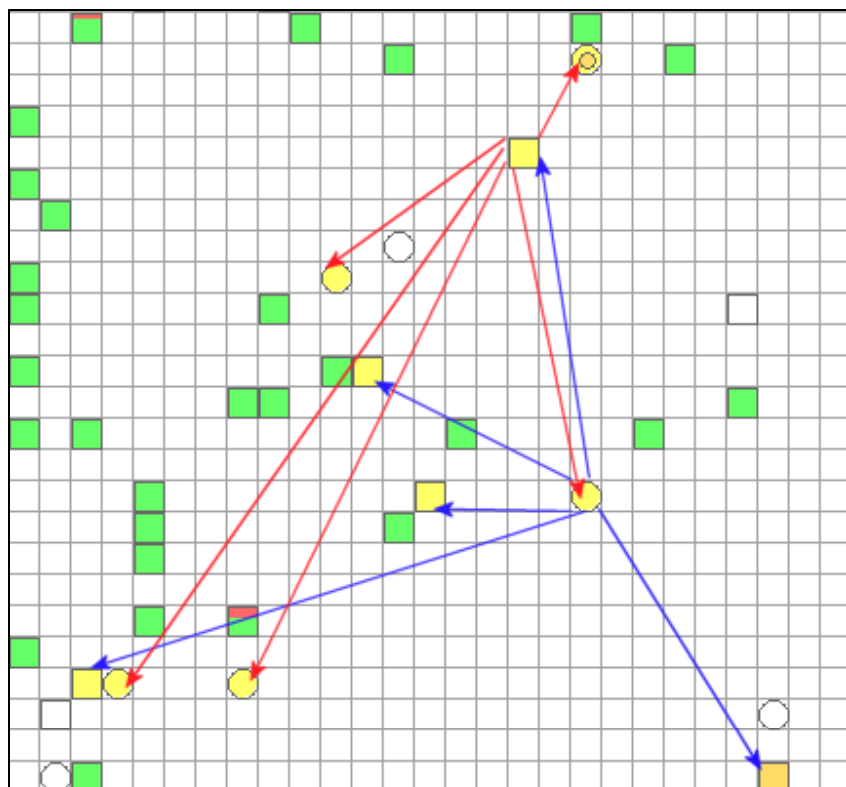
Ο αλγόριθμος είναι μη-ντετερμινιστικός αν οι άνδρες προτείνουν στις γυναίκες σε τυχαία σειρά. Ωστόσο, το πρόβλημα δίνει στους άνδρες το πλεονέκτημα να πετυχαίνουν καλύτερες επιλογές, έναντι των γυναικών

#### 4.9.3 Συμπληρωματική Παράμετρος Προτίμησης

Οι Zak και Park [ZAK00] ορίζουν την προτίμηση ως μια πιθανή παράμετρο αντίστοιχη της «αμοιβαίας αγάπης». Για παράδειγμα, «αγάπη» μπορεί να υπάρχει αν κατά μια πιθανότητα 40% υπάρχουν και στα δύο άτομα, κάποιο bit {1} στην ίδια συγκεκριμένη θέση. Αυτό γενικά μπορεί να προσομοιωθεί με κάποια συνάρτηση «αρεσκείας» κάποιου πράκτορα ως προς κάποιο άλλο (όπως θα μελετηθεί αργότερα στη [4.8] με τη χρήση των Γενετικών Αλγορίθμων).

#### 4.9.4 Χρήση του *Stable Marriage Problem* στο Σύστημα Προσομοίωσης

Για εποχή  $t$ , από το σύνολο  $N$  πρακτόρων ελεύθερων και σε ηλικία γάμου, επιλέγονται  $M_a$  άνδρες και  $M_g$  γυναίκες, σύμφωνα με τον «συντελεστή γάμων ανά έτος». Κάθε πράκτορας  $M_{(a|g)i}$ , θα διατηρεί μια δυναμική λίστα με  $m_i$  άτομα αντίθετου φύλου. Οι πράκτορες που περιλαμβάνονται στη λίστα, είναι οι πράκτορες αντίθετου φύλου οι οποίοι συμμετέχουν σε εκείνο το γύρο επιλογών. Η κατάταξή τους γίνεται με τη χρήση συγκεκριμένων και προκαθορισμένων κανόνων, σε σχέση πάντα με τις «προσωπικές» απαιτήσεις του κάθε πράκτορα, άρα σε ένα βαθμό με αυτόνομη κρίση. Σύμφωνα με αυτή τη λίστα, με τυχαία σειρά εκτέλεσης, γίνονται οι προσφορές για «γάμο». Το Σχήμα 4-8 παρουσιάζει για δύο πράκτορες, {άνδρα} και {γυναίκα}, το δίκτυο των επιλογών τους που τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ανάλογα ισχύει και για τα υπόλοιπα άτομα που είναι επιλεγμένα, και τα οποία διακρίνονται με κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα.



Σχήμα 4-8: Επιλογές δυο πρακτόρων σε κάποια εποχή

Ο αλγόριθμος επαναλαμβάνεται μέχρι να πραγματοποιηθούν όλοι οι «γάμοι» που αναλογούν στο έτος, με βάση τα στατιστικά δεδομένα εισόδου. Με το πέρας, τα σταθερά ζευγάρια «παντρεύονται» και προχωρούν στη τεκνοποιία, αποχωρώντας

από το χώρο του πλέγματος και παραχωρώντας τη θέση τους σε κάποιο άλλο νέο πράκτορα ή οικογένεια.

Η ύπαρξη γενετικών ασθενειών, επηρεάζει το Stable Marriage Problem, αφού ανάλογα με το βαθμό «φόβου» του κάθε πράκτορα, μπορεί να αναγνωρίζει άλλους πράκτορες σαν απορριπτέους, ή χαμηλά στη λίστα προτίμησης. Έτσι, αλλάζει η γενίκευση του αρχικού προβλήματος και ενδεχομένως να παρατηρηθεί κάποια μακροσκοπική αλλαγή στη του όλου πληθυσμού.

## **4.10 Γενετικός Κώδικας Πράκτορα**

Ο γενετικός χαρακτήρας κάθε ατόμου στην προσομοίωση, αποτελεί χαρακτηριστικό το οποίο κληρονομείται με βάση κάποιους κανόνες, στους απογόνους από τους προγόνους στους απογόνους. Παρακάτω αναλύεται το περιεχόμενο της πληροφορίας που περιέχει ο γενετικός κώδικας κάποιου ατόμου καθώς και η διαδικασία εφαρμογής των μεθόδων κατά την υλοποίηση του συστήματος.

### **4.10.1 Χαρακτηριστικά Γενετικού Κώδικα Πράκτορα**

Για τους σκοπούς της Επιδημιολογικής Προσομοίωσης, ο γενετικός κώδικας των πρακτόρων αποτελείται από τα παρακάτω πεδία [4.10.1.1 μέχρι 4.10.1.11]. Ο κώδικας είναι χωρισμένος νοερά σε δύο μέρη, (πεδία [4.8.1.1 μέχρι 4.8.1.6]) ως το βιολογικό μέρος και το κοινωνιολογικό μέρος ([4.8.1.7 μέχρι 4.8.1.11]). Πιο αναλυτικά:

#### **4.10.1.1 Φύλο {1}**

Για το καθοριστικό για το φύλο, bit, θα αντιστοιχεί {0} ή {1}, για γυναίκες ή άνδρες αντίστοιχα. Κατά τη διάρκεια της αρχικοποίησης, οι πράκτορες θα κατανέμονται μισοί σε κάθε φύλο.

#### **4.10.1.2 Τύπος Ασθένειας {2}**

Καθορίζεται με βάση τα δεδομένα εισαγωγής του προβλήματος, εάν είναι η πάθηση Φυλοσύνδετη ή Αυτοσωματική Κυρίαρχη, ή Αυτοσωματική Υπολειπόμενη. Στα 2 bit, ορίζεται ως {00, 01, 10, 11} αντίστοιχα η μη πάθηση, η Αυτοσωματική υπολειπόμενη, η Αυτοσωματική κυρίαρχη και η Χ-χρωματόσωμα Φυλοσύνδετη. Με βάση αυτό το ζεύγος, θα κληρονομηθεί ή όχι ανάλογα η πάθηση στους απογόνους.

#### 4.10.1.3 Μεταλλάξεις Γονιδίων {2}

Τα δύο bit καθορίζουν την ύπαρξη ή όχι μεταλλαγμένων γονιδίων με το πρώτο bit να είναι αυτό που προέρχεται από την μητέρα, και το δεύτερο από τον πατέρα. Το {00} απεικονίζουν ένα υγιή ομοζυγωτικό, {01} και {10} κάποιο ετεροζυγωτικό (εάν ασθενεί εξαρτάται από το επόμενο πεδίο) και, το {11} έναν ασθενή ομοζυγωτικό, ο οποίος σίγουρα ασθενεί.

#### 4.10.1.4 Τύπος υγείας {1}

Αποτελείται από ένα bit και ορίζει κατά πόσον κάποιο άτομο ασθενεί ή όχι, ακόμη και στη περίπτωση που είναι ετεροζυγωτικός. Το {0} δηλώνει υγεία το {1} ασθένεια. Στη περίπτωση του {1}, προϋπόθεση είναι να υπάρχει έστω ένα μεταλλαγμένο γονίδιο.

#### 4.10.1.5 Ικανότητα Αναπαραγωγής {1}

Αποτελείται από ένα bit και ορίζει την ικανότητα του ο πράκτορα να αναπαραχθεί. Εάν η ασθένεια δεν του επιτρέπει, το bit αυτό θα έχει την τιμή {1} διαφορετικά {0}. Στη περίπτωση όμως που δεν μπορεί να αναπαραχθεί εξ' αιτίας των παραμέτρων εισόδου του συστήματος, τότε οι ρόλοι αντιστρέφονται. Εάν στα δεδομένα του συστήματος, υπάρχει περιορισμός ποσοστού που καθορίζει αν κάποιος ασθενής μπορεί να αναπαραχθεί, αυτό θα γίνεται κατά τη στιγμή δημιουργίας του, με τη σύγκριση μιας τυχαίας πιθανότητας έναντι του ποσοστιαίου περιορισμού, και θα καθορίζει την μια ή την άλλη κατάσταση.

#### 4.10.1.6 Φαινότυπος Ασθένειας {2}

Καθορίζει την εξωτερική εικόνα του πράκτορα, εάν δηλαδή επηρεάζει η ασθένεια τον φαινότυπο σε σχέση με την επιλογή για σύντροφο. Στη βάση της ασαφούς λογικής, είναι ως 00- Κανονικός, 01- Ελαφριάς κατάστασης, 10- Φανερός, 11- Σοβαρός.

#### 4.10.1.7 Πλούτος {4}

Τα bit αυτά αποτελούν μια γενίκευση των επιμέρους παραμέτρων «ομορφιά», «οικονομική κατάσταση» όπως και άλλες οι οποίες που είναι αναγκαίες για την πιστότερη αναπαράσταση του συστήματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τους, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο πλούτος του.

#### 4.10.1.8 Δεκτικότητα {4}

Καθορίζει το κατά πόσο ο πράκτορας είναι δεκτικός ή κατανοεί τη νέα γνώση, επηρεάζοντας έτσι το «Βαθμό Ενημέρωσης». Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο πιο μεγάλη δεκτικότητα έχει ο πράκτορας.

#### 4.10.1.9 Ικανότητα Επιρροής {4}

Καθορίζει το κατά πόσο ο πράκτορας έχει δύναμη πειθούς ώστε η δικιά του γνώμη, και πιο συγκεκριμένα, πληροφόρηση και φόβος, να μεταδίδεται προς τον συνομιλητή του. Αντίστοιχα όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, σημαίνει καλύτερη ικανότητα.

#### 4.10.1.10 Φόβος {5}

Καθορίζει το βαθμό που ο πράκτορας «φοβάται», ως μια γενική παράμετρος της ζωής του, η οποία θα χρησιμοποιηθεί σαν βάση για τον «Φόβο Μετάδοσης». Σε αυτή τη περίπτωση μεγάλη τιμή του φόβου, προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση του ολικού Βαθμού Φοβίας.

#### 4.10.1.11 Όραση {5}

Αποτελεί βάρος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια του υπολογισμού της συνάρτησης προτίμησης, ως η ικανότητα του πράκτορα να βλέπει τους ελεύθερους πράκτορες, σε σχέση με την απόστασή τους στο πλέγμα. Όσο δηλαδή πιο μεγάλος είναι ο αριθμός που αντιστοιχεί η όραση, τόσο καλύτερα βλέπει τους πιο μακρινούς πράκτορες. Εφαρμόζεται στην Εξίσωση 3, παράγραφος 4.6 ως «visionGene».

### 4.10.2 Παραδείγματα Γενετικού κώδικα Πρακτόρων

Ο πιο κάτω πίνακας απεικονίζει μερικά παραδείγματα τυχαίων ατόμων με το γενετικό τους κώδικα. Παρατηρούμε πως ο κώδικας είναι διαχωρισμένος στα δύο μέρη, το βιολογικό και τον κοινωνιολογικό, που απεικονίζει τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του/ της.

Βιολογικά Γονίδια						Κοινωνιολογικά Γονίδια				
Φύλο	Τύπος	Μετάλλαξη	Υγεία	Αναπαραγωγή	Φαινότυπος	Πλούτος	Αποδοχή	Επιρροή	Φόβος	Όραση
Άνδρας Υγιής										
1	00	00	0	0	00	1001	1100	0100	11100	00100

Γυναίκα Υγιής										
0	00	00	0	0	00	0110	1001	1011	11001	0011
Άνδρας Φορέας, Αυτοσωματική υπολειπόμενη, μεταλλαγμένο γονίδιο από μητέρα										
1	01	10	0	0	00	1101	0101	0001	00110	10100
Γυναίκα Ασθενής, Αυτοσωματική κυρίαρχη, γονίδιο από πατέρα, φανερός φαινότυπος										
0	10	01	1	0	10	1010	1011	0001	01110	01010
Άνδρας ασθενής, Χ-Χρωματοσωματική, γονίδιο από μητέρα, μη ικανότητα αναπαραγωγής, σοβαρός φαινότυπος										
1	11	10	1	1	11	1011	0001	1001	00010	01000

#### 4.10.3 Μέθοδος Διασταύρωσης

Αντί του συνήθους στους γενετικούς one-point crossover, χρησιμοποιείται μια ειδική περίπτωση multi point, η οποία θα προσομοιάζει τις βιολογικές συνθήκες στους κανόνες διασταύρωσης και μετάλλαξης, ανάλογα με τον τύπο της πάθησης, για το πρώτο μέρος του κώδικα, του βιολογικού. Για το δεύτερο μέρος του κώδικα που αφορά το κοινωνιολογικό κομμάτι του πράκτορα, θα εφαρμόζεται κανονικά όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο ο γενετικός αλγόριθμος.

Επιτρέπεται η διασταύρωση, στα πεδία του κώδικα «Μετάλλαξη», «Πλούτος», «Αποδοχή», «Επιρροή», «Φόβος», «Όραση». Στα πεδία «Φύλο», «Τύπος Ασθένειας», «Υγεία», «Αναπαραγωγή» και «Φαινότυπος», καθορίζονται από τις αρχικές συνθήκες που έχουν εισαχθεί στο σύστημα.

### 4.11 Οντολογία Επικοινωνίας

Η οντολογία επικοινωνίας του συστήματος, παρέχει το απαιτούμενο λεξιλόγιο που χρειάζεται ο κάθε πράκτορας για να επικοινωνήσει σωστά, περιέχονται όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται να μεταδώσει. Τα UML διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α, μετά το Κεφάλαιο 8.

#### 4.11.1 Description (τύπου Concept)

##### 4.11.1.1 Όνομα

**Συμβολοσειρά:** Το χαρακτηριστικό όνομα του πράκτορα που τον διαχωρίζει από τους υπόλοιπους μοναδικά.

#### 4.11.1.2 Εποχή Δημιουργίας

**Ακέραιος:** Η εποχή στην οποία γεννιέται ο πράκτορας. Με βάση αυτό το στοιχείο και το χρόνο του συστήματος, υπολογίζεται η ηλικία του.

#### 4.11.1.3 Ηλικία Θανάτου

**Ακέραιος:** Η με βάση Gauss κατανομή τυχαίας ηλικίας με μέσο την τιμή που ορίστηκε στα δημογραφικά δεδομένα. Σε περίπτωση που ο ασθενής πάσχει από θανατηφόρα ασθένεια, υπολογίζεται εκ νέου νέα τιμή βάση της μέσης ηλικίας εκδήλωσης της ασθένειας, συν το περιθώριο ζωής που έχουν.

#### 4.11.1.4 Βαθμός Ενημέρωσης για την Ασθένεια

**Ακέραιος [0...500]:** Η ενημέρωση που έχει κάποιος για την ασθένεια. Χρησιμοποιείται σαν όρισμα της συνάρτησης αξιολόγησης, η οποία βαθμολογεί ανάλογα τους άλλους πράκτορες κατά τη διαδικασία πλειοδότησης του Stable Marriage αλγόριθμου. Το πεδίο αυτό μπορεί να τροποποιηθεί, δια μέσω της διαδικασίας εξαναγκασμένης εκμάθησης και δια μέσω της καθολικής επίδρασης του Media Agent.

#### 4.11.1.5 Φόβος Μετάδοσης

**Ακέραιος [0...500]:** Ο φόβος μετάδοσης αποτελεί μια ασαφή ποσότητα, εξ αρχής αρχικοποιημένη χαμηλά με βάση τον γενετικό κώδικα «φόβος», της έμφυτης στον άνθρωπο επιθυμίας, για υγιείς απογόνους. Το πεδίο αυτό μπορεί να τροποποιηθεί, δια μέσου του εξαναγκασμένης εκμάθησης, όπως περιγράφηκε σε προηγούμενες παραγράφους.

#### 4.11.1.6 Γενετικός Κώδικας

**Ακέραιος [0...2<sup>31</sup>-1]:** Ισούται με τον 31bit γενετικό κώδικα του κάθε πράκτορα.

#### 4.11.1.7 Φύλο

**Συμβολοσειρά [«Male», «Female»]:** Εάν είναι άνδρας ή γυναίκα, πηγάζει από τον γενετικό κώδικα.



#### 4.11.1.8 Υγεία

*Συμβολοσειρά* [«Diseased», «Carrier», «Healthy»]: Απεικονίζει την κατάσταση στη οποία βρίσκεται εξ' αιτίας των μεταλλάξεων (ή μη) των γονιδίων ένας πράκτορας.

#### 4.11.1.9 Οικογένεια Προέλευσης

*Ακέрайος*: Ο χαρακτηριστικός κωδικός της οικογένειας από την οποία γεννήθηκε

#### 4.11.1.10 Θέση στο Πλέγμα

[*Ακέрайος*, *Ακέрайος*]: Το σημείο στάσης του πράκτορα

### 4.11.2 *Families (τύπου Predicate)*

#### 4.11.2.1 Κωδικός Οικογένειας

*Ακέрайος*: Ο χαρακτηριστικός κωδικός της οικογένειας.

#### 4.11.2.2 Απόγονοι

*Λίστα Descriptions*: Τα στοιχεία των παιδιών μέσα στην οικογένεια

#### 4.11.2.3 Στοιχεία Γονιών

*Description*: Τα στοιχεία της μητέρας και του πατέρα στην οικογένεια

#### 4.11.2.4 Θέση στο Πλέγμα

[*Ακέрайος*, *Ακέрайος*]: Το σημείο στάσης του πράκτορα

#### 4.11.2.5 Βαθμός Φόβου

*Ακέрайος* [0...500]: Φανερώνει το βαθμό του φόβου που έχει καλλιεργηθεί μέσα στην οικογένεια σχετικά με την ασθένεια

#### 4.11.2.6 Βαθμός Ενημέρωσης

*Ακέрайος* [0...500]: Φανερώνει την ενημέρωση που έχει η οικογένεια σχετικά με την ασθένεια

### **4.11.3 Human (Predicate)**

Βοηθητική για προβολή της Description ως Predicate.

### **4.11.4 NewBorns (Predicate)**

#### **4.11.4.1 Λίστα Αποχωρούντων Γονέων**

*Λίστα Descriptions:* Περιλαμβάνει τη λίστα του συνόλου των γονέων που θα αποχωρήσουν από το πλέγμα

#### **4.11.4.2 Λίστα Νέων Πρακτόρων**

*Λίστα Descriptions:* Περιλαμβάνει τη λίστα του συνόλου των νεοεισερχομένων πρακτόρων

### **4.11.5 Preferences (Predicate)**

#### **4.11.5.1 Λίστα Προτίμησης**

*Λίστα Descriptions:* Περιλαμβάνει τη λίστα των προτιμήσεων που έχει ένας πράκτορας με βάση το σύνολο των πρακτόρων που συμμετέχει σε εκείνο το γύρο.

#### **4.11.5.2 Θέληση για Γάμο**

*Ακέραιος:* Το αποτέλεσμα της συνάρτησης απόφασης για το εάν ο ίδιος ο πράκτορας θέλει να παντρευτεί.

## **4.12 Ανασκόπηση Κεφαλαίου**

Σε αυτό το κεφάλαιο, , καθορίστηκε το πλαίσιο επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων και η πλατφόρμα ανάπτυξης που θα ενσωματωθεί στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό μας. Επίσης παρατέθηκαν οι παραδοχές, οι οποίες θέτουν τη βάση στην υλοποίηση της προσομοίωσης. Προσδιορίστηκαν οι πράκτορες, τόσο σε φυσικό επίπεδο πλατφόρμας, όσο και σε επίπεδο διασύνδεσης με το χρήστη μέσω του Γραφικού Περιβάλλοντος Διεπαφής. Ακόμη περιγράφηκε το πλέγμα που θα παρέχει οπτική αναπαράσταση όλων των οικογενειών και πρακτόρων. Εξετάστηκε πως μεταδίδεται ο φόβος και η γνώση για μια γενετική ασθένεια. Μελετήθηκε το *Stable Marriage Problem*, και προτάθηκε ως τρόπος για την επίλυση του προβλήματος των πολλών «υποψηφίων». Περιγράφηκε η μορφή και το περιεχόμενο

του γενετικού κώδικα του κάθε πράκτορα, που περιέχει απαραίτητες πληροφορίες για την συμπεριφορά του στο σύστημα προσομοίωσης. Τέλος, περιγράφηκε η οντολογία επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθεί ανάμεσα στους πράκτορες.

Στο επόμενο κεφάλαιο, παρατίθεται αναλυτική περιγραφή του υλοποιημένου συστήματος.

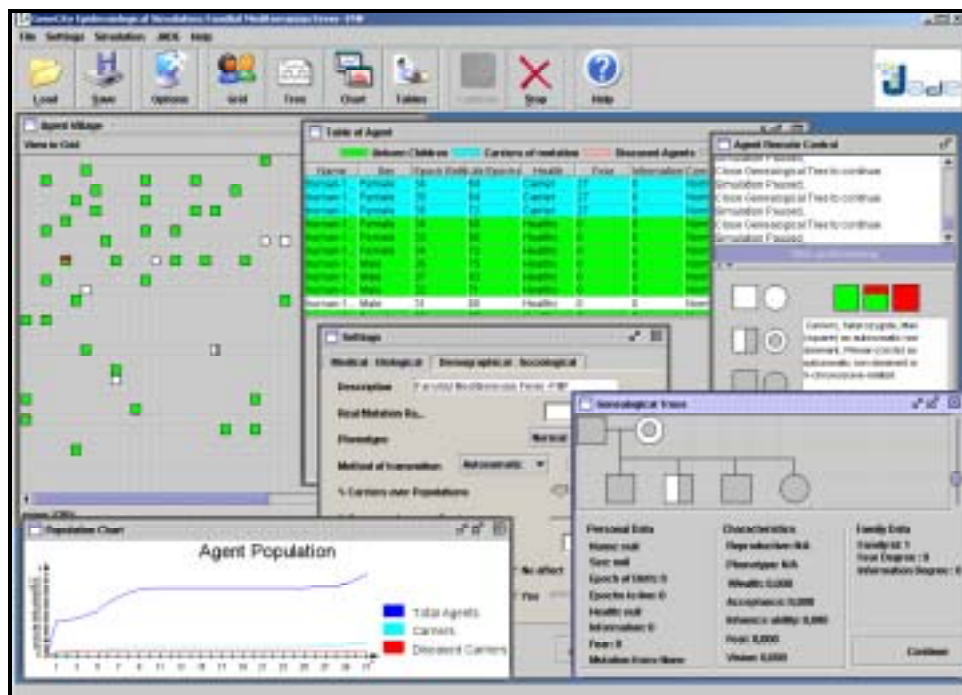
# 5

## Υλοποίηση Προσομοίωσης GeneCity

### 5.1 Περιβάλλον Διεπαφής

#### 5.1.1 Γενικά

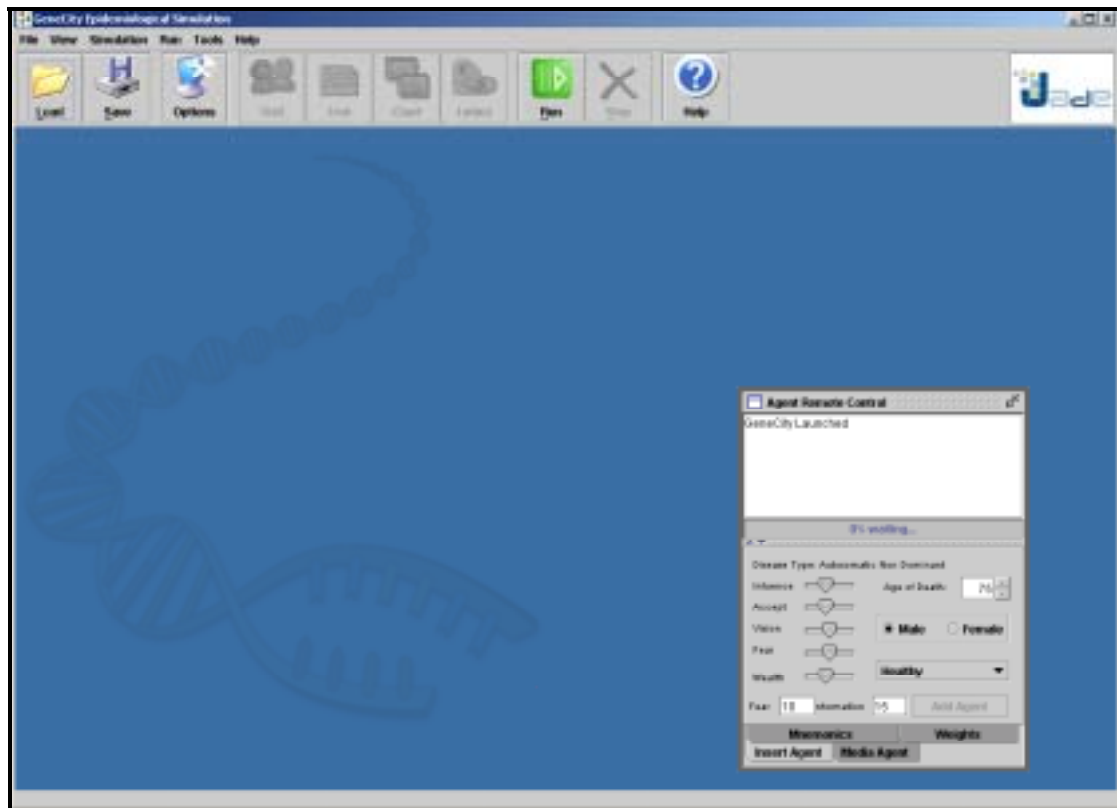
Όπως καθορίστηκε στις απαιτήσεις, το σύστημα έχει αναπτυχθεί εξ' ολοκλήρου στη Java, χρησιμοποιώντας το JADE ως τον πυρήνα υλοποίησης της πολυπρακτορικής εφαρμογής. Στο παρακάτω Σχήμα 5-1, εμφανίζεται το GeneCity, με όλα τα εσωτερικά παράθυρα ανεπτυγμένα.



Σχήμα 5-1: Το περιβάλλον σε πλήρη ανάπτυξη

### 5.1.2 Κεντρικό Παράθυρο Εφαρμογής

Κατά την εκκίνησή του, εμφανίζεται στο χρήστη το κεντρικό παράθυρο της εφαρμογής. Το παράθυρο αυτό, αποτελεί τη βάση εργασίας στην οποία όλα τα άλλα παράθυρα ενσωματώνονται. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη καλαίσθητη παρουσίαση και φιλικότητα του Γραφικού Περιβάλλοντος, παρέχοντας στο χρήστη χρηστικότητα και λειτουργικότητα.



Σχήμα 5-2: Κεντρικό Παράθυρο Εφαρμογής

### 5.1.3 Διεπαφή Κυρίως Μενού Επιλογής

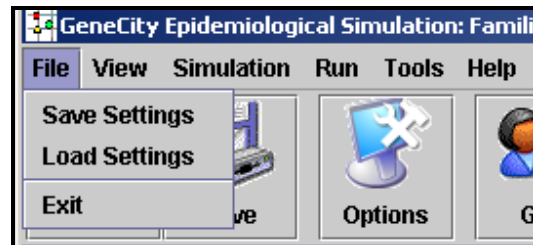
Το Μενού Επιλογής αποτελείται από έξι επιλογές οι οποίες ομαδοποιούν τις λειτουργίες που εκτελεί το σύστημα. Αποτελείται από τις επιλογές «File», «View», «Simulation», «Run», «Tools» και «Help», όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5-3.



Σχήμα 5-3: Μενού Επιλογής

### 5.1.3.1 File

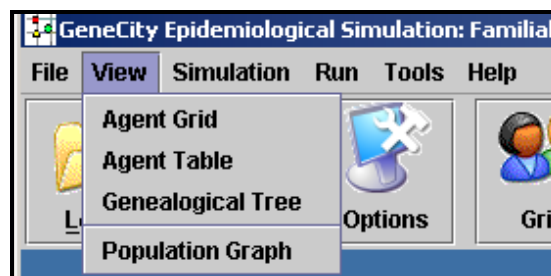
Η επιλογή περιέχει ως υποεπιλογές εντολές για αποθήκευση και άνοιγμα αρχείων του GeneCity, καθώς και την εντολή εξόδου από το σύστημα.



Σχήμα 5-4: Επιλογή File

### 5.1.3.2 View

Η επιλογή περιέχει ως υποεπιλογές εντολές για τα εσωτερικά παράθυρα, όπου θα παρατηρούνται οι λειτουργίες και η διαδικασία της προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα, παρέχει τις επιλογές «Agent Grid», «Agent Table», «Genealogical Tree» και «Population Graph». Οι επιλογές αυτές παραμένουν ανενεργές μέχρι να ξεκινήσει η προσομοίωση.



Σχήμα 5-5: Επιλογή View

### 5.1.3.3 Simulation

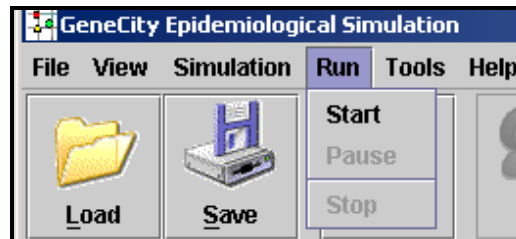
Η επιλογή αφορά τις ρυθμίσεις της προσομοίωσης και περιέχει την υποεπιλογή «Configuration».



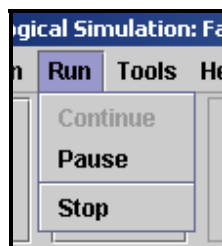
Σχήμα 5-6: Επιλογή Simulation

#### 5.1.3.4 Run

Η επιλογή αυτή περιέχει τις εντολές εκτέλεσης της προσομοίωσης, «Start», «Pause» και «Stop». Πριν από την αρχικοποίηση του συστήματος, η μόνη επιλογή που είναι ενεργοποιημένη είναι η «Start», όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-7. Μετά την εκτέλεση της προσομοίωσης, αλλάζει όνομα και αναγράφεται στη θέση της «Start» το «Continue», με ταυτόχρονη απενεργοποίησή της και ενεργοποίηση των επιλογών «Pause» και «Stop», όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-8.



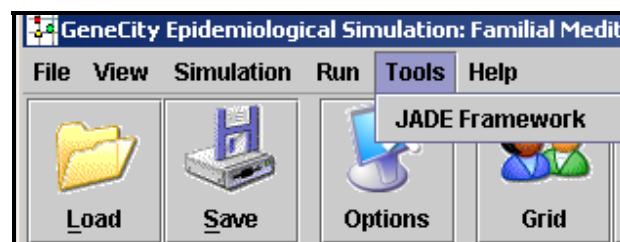
Σχήμα 5-7: Επιλογή Run - Έναρξη



Σχήμα 5-8: Επιλογής Run - Λειτουργία

#### 5.1.3.5 Tools

Η επιλογή αυτή περιέχει την εντολή αρχικοποίησης του Γραφικού Περιβάλλοντος του JADE.



Σχήμα 5-9: Επιλογή Tools

#### 5.1.3.6 Help

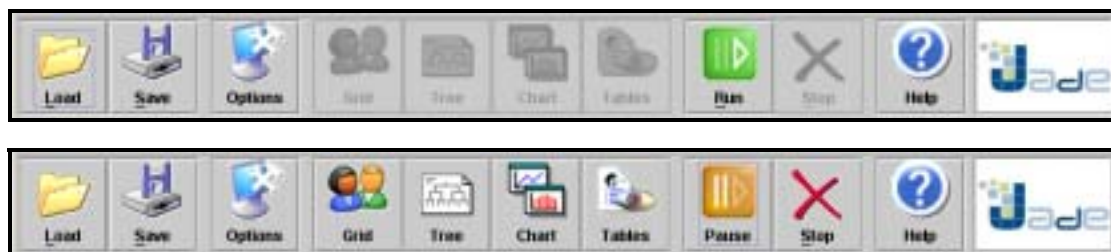
Η επιλογή αυτή περιέχει την εντολή προβολής της οθόνης βοήθειας «Manual» και το «About» σχετικά με πληροφορίες του προγράμματος.



Σχήμα 5-10: Επιλογή Help

#### 5.1.4 Διεπαφή Κομβίων Επιλογής

Εκτός από το Μενού Επιλογών, η Διεπαφή Κομβίων Επιλογής είναι ο εναλλακτικός τρόπος αλληλεπίδρασης με το σύστημα, από αυτόν του Μενού Επιλογών. Η διεπαφή περιέχει κατά σειρά από αριστερά προς τα δεξιά, τις επιλογές «Load», «Save», «Options», «Grid», «Tree», «Chart», «Tables», «Run»/«Pause»/«Continue», «Stop», «Help» και «JADE». Η λειτουργία των κομβίων, καθώς η ενεργοποίηση - απενεργοποίησή τους είναι αντίστοιχη με ότι αναφέρθηκε στη προηγούμενη παράγραφο για το Μενού Επιλογής. Τα ανενεργά κομβία, όπως φαίνονται στο σχήμα, μετά την εκκίνηση του προγράμματος, ενεργοποιούνται. Μετά τον τερματισμό της προσομοίωσης, επιστρέφουν στην ανενεργό κατάσταση. Και οι δύο περιπτώσεις φαίνονται στο Σχήμα 5-11.



Σχήμα 5-11: Η Διεπαφή Κομβίων Επιλογής σε διαφορετικά στιγμιότυπα

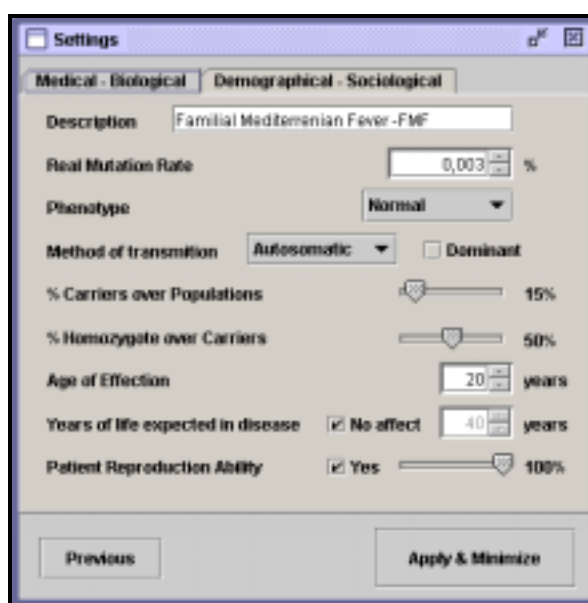
#### 5.1.5 Διεπαφή Εισαγωγής Δεδομένων

Για την εκκίνηση της προσομοίωσης, είναι απαραίτητη η εισαγωγή δεδομένων, η οποία γίνεται μέσω της διεπαφής. Η διεπαφή αυτή δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει δεδομένα ιατρικά, κοινωνιολογικά και δημογραφικά.

Στην πρώτη καρτέλα της διεπαφής, με τίτλο «Medical-Biological», ο χρήστης μπορεί να εισαγάγει την περιγραφή της ασθένειας, την πιθανότητα μετάλλαξης στο χρωματόσωμα, εάν υπάρχει φαινότυπος και σε ποιο βαθμό εάν υπάρχει, τον τρόπο μετάδοσης της κληρονομικής ασθένειας, δηλαδή εάν είναι Αυτοσωματικά Κυρίαρχη, Υπολειπόμενη ή Χ-Χρωματοσωματική. Στις πρώτες δύο περιπτώσεις, ζητείται από το

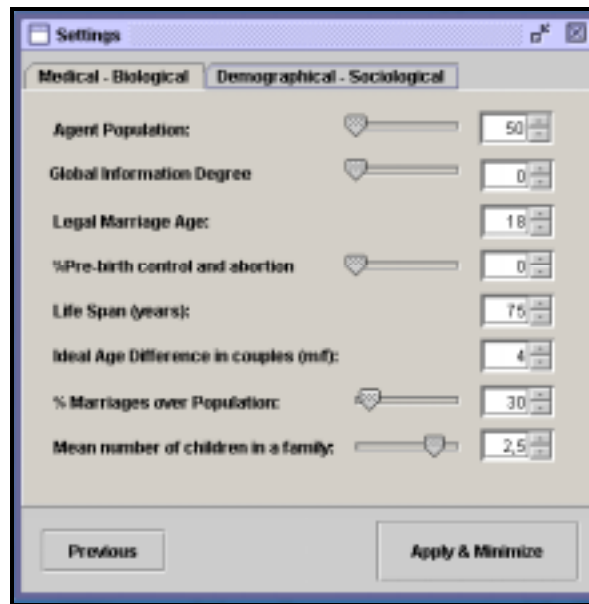


χρήστη να καθορίσει το αρχικό ποσοστό όσων φέρουν κάποια μετάλλαξη σε σχέση με τον πληθυσμό και το ποσοστό των ομοζυγωτικών έναντι εκείνων των φορέων. Στην περίπτωση X-Χρωματοσωματικής ασθένειας, οι επιλογές αλλάζουν δυναμικά και ο χρήστης καλείται να ορίσει το ποσοστό των γυναικών που φέρουν τη μετάλλαξη, και το ποσοστό των ανδρών που πάσχουν από την ασθένεια. Πέραν των επιλογών αυτών, ορίζεται και η ηλικίας εμφάνισης της ασθένειας κατά προσέγγιση, εάν επηρεάζει τη διάρκεια ζωής και αν ναι κατά πόσα χρόνια, και τέλος, το κατά πόσο «εύκολα» μπορεί ο ασθενής να αναπαραχθεί. Τα προαναφερθέντα εμφανίζονται στο Σχήμα 5-12.



Σχήμα 5-12: Διεπαφή Εισαγωγής Δεδομένων - Medical/Biological

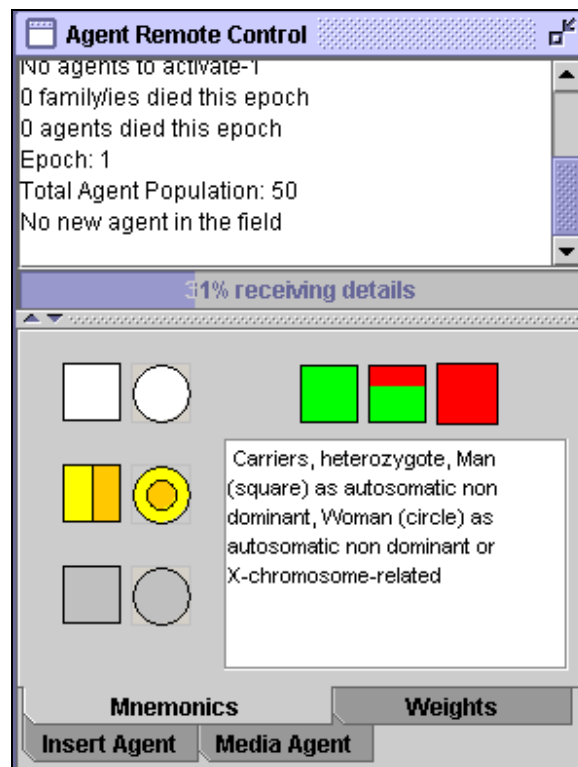
Στην δεύτερη καρτέλα του παραθύρου (Σχήμα 5-13), ο χρήστης καθορίζει κάποια δημογραφικά και κοινωνιολογικά δεδομένα. Τα δεδομένα είναι ο αρχικός πληθυσμός των πρακτόρων, η αρχική τιμή ενημέρωσης του κάθε ενός πράκτορα, η νόμιμη ηλικία γάμου, το ποσοστό προγαμιαίου έλεγχου και εκτρώσεων, η μέση διάρκεια ζωής, η προτιμότερη διαφορά ηλικίας στα ζευγάρια, το ποσοστό των πιθανών γάμων ανά πληθυσμό της προσομοίωσης και ο μέσος αριθμός παιδιών ανά οικογένεια. Τέλος να αναφερθεί πως οι αλλαγές αποθηκεύονται είτε κλείνοντας το παράθυρο, είτε πατώντας την επιλογή Apply&Minimize. Η εκτέλεση του «Previous» επαναφέρει τις ρυθμίσεις στην προηγούμενη επιτυχή αποθήκευση.



Σχήμα 5-13 :Διεπαφή Εισαγωγής Δεδομένων - Demographical - Sociological

#### 5.1.6 Διεπαφή Γενικού Ελέγχου (*Remote Control*)

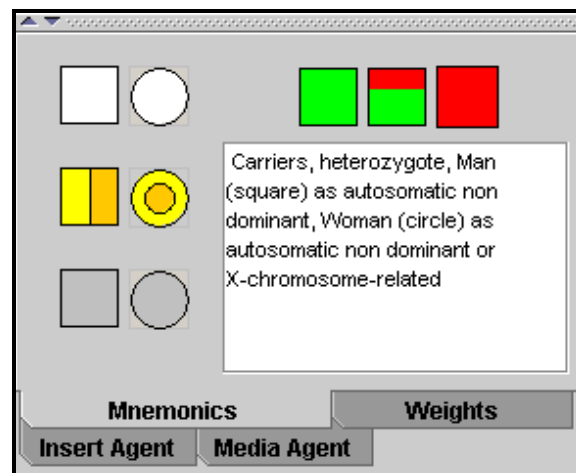
Η Διεπαφή Γενικού Ελέγχου, δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να αλλάζει σε πραγματικό χρόνο κάποια δεδομένα, ή να εισάγει πράκτορες, ακόμη και αν το σύστημα είναι σε κατάσταση λειτουργίας,.



Σχήμα 5-14: Διεπαφή Γενικού Ελέγχου

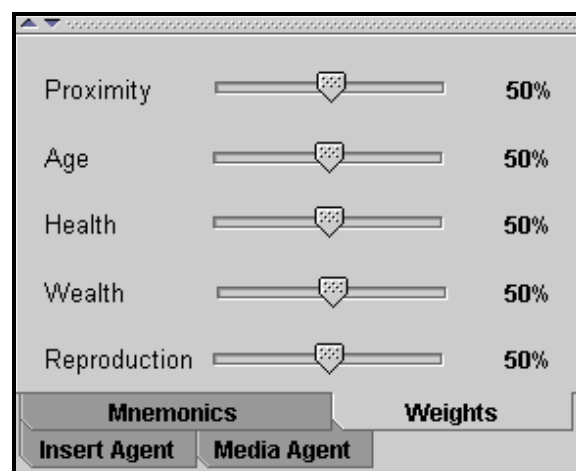
Είναι χωρισμένο σε δύο περιοχές, στην πάνω, όπου βρίσκεται το παράθυρο επικοινωνίας και στο οποίο εμφανίζονται δεδομένα της προσομοίωσης και πληροφορίες σχετικές με αυτή, και στην κάτω, όπου υπάρχουν οι φάκελοι επιλογών «Mnemonics», «Weights», «Insert Agent», «Media Agent». Η διεπαφή φαίνεται σε κατάσταση λειτουργίας στο Σχήμα 5-14. Παρακάτω αναλύονται τα περιεχόμενα των φακέλων.

**Καρτέλα «Mnemonics»:** Περιέχεται το υπόμνημα του Πλέγματος Πρακτόρων (βλ. 5.1.7). Μετακινώντας τον δείκτη του «ποντικού» πάνω από τα σύμβολα, αλλάζει αντίστοιχα και το περιεχόμενο του κειμένου.



Σχήμα 5-15: Διεπαφή Γενικού Ελέγχου - Mnemonics

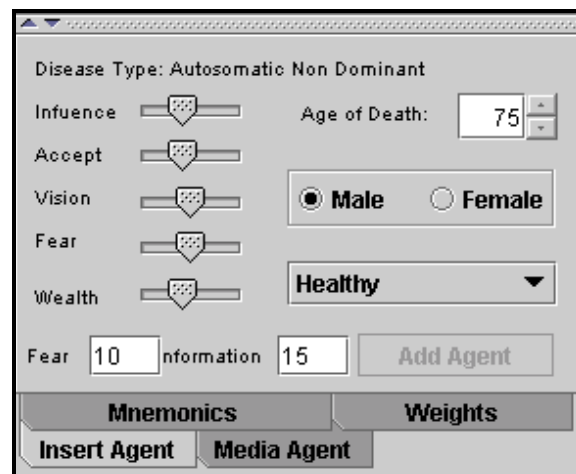
**Καρτέλα «Weights»:** Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.6 για τη Συνάρτηση Βαθμού Προτίμησης, στις εξισώσεις περιλαμβάνονται βάρη, στα οποία μπορεί το σύστημα να επικεντρωθεί, δηλαδή να «δώσει βάρος». Στη συγκεκριμένη περίπτωση του Σχήματος 5-16, όλα τα βάρη είναι ρυθμισμένα στο 50%.



Σχήμα 5-16: Διεπαφή Γενικού Ελέγχου - Weights

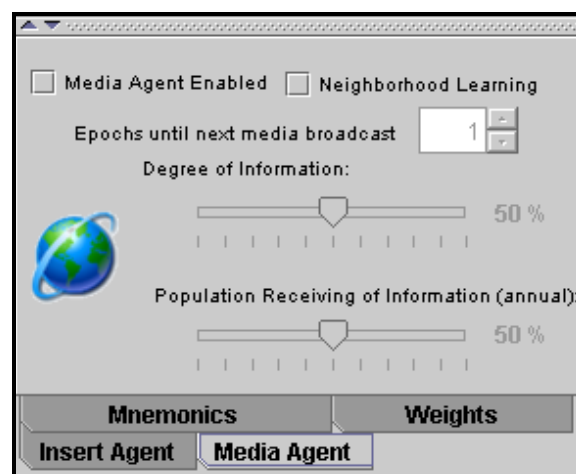
Τα χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να ρυθμιστούν είναι κατά πόσον να λαμβάνεται υπόψη: α) η εγγύτητα του άλλου πράκτορα στο πλέγμα, β) η ηλικιακή διαφορά και γενικά η ηλικία, γ) ο βαθμός υγείας, δ) το χαρακτηριστικό του πλούτου και, ε) η ικανότητα αναπαραγωγής.

**Καρτέλα «Insert Agent»:** Ενώ το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας, ο χρήστης μπορεί να εισαγάγει ένα δικό του πράκτορα (ανά εποχή), ο οποίος θα έχει πλήρως για τα δεδομένα του συστήματος, καθορισμένη συμπεριφορά, ιατρική και κοινωνική (Σχήμα 5-17).



Σχήμα 5-17: Διεπαφή Γενικού Ελέγχου - Insert Agent

**Καρτέλα «Media Agent»:** Σε αυτό περιλαμβάνονται δύο επιλογές, της ενεργοποίησης του πράκτορα Media Agent και της ενεργοποίησης της ενημέρωσης σε γειτονικό επίπεδο, με βάση τις γειτονιές Moore που σχηματίζονται στο Πλέγμα Πρακτόρων.



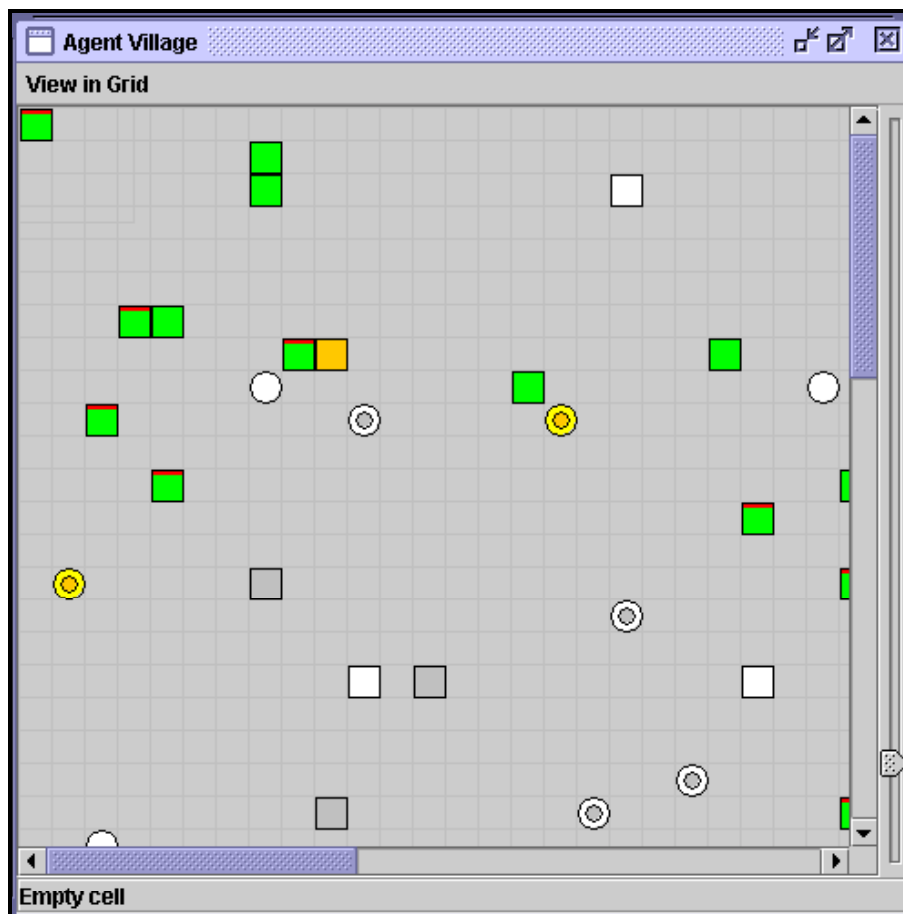
Σχήμα 5-18: Διεπαφή Γενικού Ελέγχου - Media Agent

Μπορεί ακόμη να ρυθμιστεί ο βαθμός της πληροφόρησης που θα λαμβάνει ο κάθε πράκτορας, καθώς και το ποσοστό των πρακτόρων που επιλέγονται να λάβουν πληροφόρηση. Τέλος ρυθμίζεται και ο χρόνος της επόμενης ενημέρωσης.

### 5.1.7 Διεπαφή Πλέγματος Πρακτόρων

Με την αρχικοποίηση των πρακτόρων, ορίζεται μια τυχαία διεύθυνση  $[x, \psi]$ , και τοποθετούνται στο διδιάστατο πλέγμα. Κάθε νέα οικογένεια που δημιουργείται, τοποθετείται σε μια περιοχή που καλύπτει το σημείο (0,0) πάνω αριστερά, μέχρι και τη μέση τιμή των σημείων των γονέων. Έτσι με την πάροδο των εποχών, οι οικογένειες τείνουν να τοποθετηθούν στην άνω αριστερή περιοχή. Η απεικόνιση γίνεται με τα σύμβολα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Το παράθυρο έχει επίσης, μενού επιλογών (πάνω), καθώς και γραμμή εμφάνισης στοιχείων (κάτω), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-19, που εμφανίζει τα περιεχόμενα των κελιών όταν περνάει από πάνω τους το «ποντίκι».



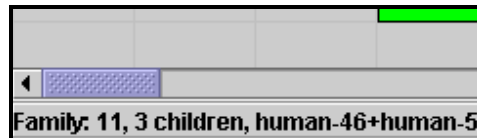
Σχήμα 5-19: Διεπαφή Πλέγματος Πρακτόρων

Το μενού επιλογών, δίδει την δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει ποια στοιχεία θα εμφανίζει το πλέγμα. Τα περιεχόμενα του μενού φαίνονται στο Σχήμα 5-20. Ακόμη

παράδειγμα της γραμμής προβολής στοιχείων, φαίνεται στο 5-21, όπου έχει επιλεγεί μια οικογένεια.



Σχήμα 5-20: Διεπαφή Πλέγματος Πρακτόρων - Μενού Επιλογών



Σχήμα 5-21: Διεπαφή Πλέγματος Πρακτόρων - Γραμμή Προβολής (λεπτομέρεια)

Με το την επιλογή ενός πράκτορα ή μιας οικογένειας, εμφανίζεται η Διεπαφή Ιατρικού Γενεαλογικού Δένδρου (βλέπε 5.1.9).

### 5.1.8 Διεπαφή Πίνακα Πρακτόρων και Μετρήσεων

Χωρισμένη σε δύο μέρη, η διεπαφή αυτή, με το πάνω να απεικονίζει σε μορφή πίνακα όλους τους πράκτορες του συστήματος που γεννήθηκαν ή θα γεννηθούν και είναι σε λίστα αναμονής με τα στοιχεία τους και, το κάτω να απεικονίζει διάφορα μετρικά στοιχεία του συστήματος.

Table of Agent									
Unborn Children			Carriers of mutation		Diseased Agents		Not alive		
Name	Sex	Epoch Birth	Life Epochs	Health	Fear	Information	Comments	FamilyID	
human-228	Female	80	82	Healthy	0	282	Normal	76	
human-228	Male	81	85	Diseased	28	188	Normal	74	
human-227	Male	81	88	Healthy	0	290	Normal	73	
human-226	Male	58	53	Healthy	0	380	Normal	73	
human-225	Female	58	72	Healthy	0	280	Normal	73	
human-224	Female	61	63	Healthy	0	280	Normal	73	
human-223	Female	82	73	Healthy	0	70	Normal	71	
human-222	Female	80	83	Healthy	0	70	Normal	71	
human-221	Male	58	78	Healthy	0	70	Normal	71	
human-220	Female	61	76	Carrier	0	250	Normal	70	
human-219	Female	80	78	Carrier	0	250	Normal	70	
human-218	Male	58	78	Carrier	0	250	Normal	70	
human-217	Male	57	65	Healthy	0	109	Normal	69	
human-216	Male	56	64	Healthy	0	109	Normal	69	
human-215	Male	56	70	Healthy	0	158	Normal	69	
human-214	Male	58	76	Healthy	0	158	Normal	69	
human-213	Female	58	87	Healthy	0	8	Normal	68	
human-212	Female	67	84	Healthy	0	8	Normal	68	





People Born in Simulation				Information Metrics Epoch	
Sum	%	% Diseased	% Carriers	Mean Information Exchange:	
Total	207	1.80	3.30	17.87	0.17
Female Agents:	109	52.66	1.93	9.18	5.98
Male Agents:	98	47.34	1.45	9.70	251.72

Epoch	% Carriers & Diseased Population		Demographic Metrics Epoch	
57	% Carriers	20.35	% Diseased	1.80
			Mean Births/epoch:	2.71
			Mean Deaths/epoch:	0.38
			Mean new Families/epoch:	1.23

Σχήμα 5-22: Διεπαφή Πίνακα Πρακτόρων και Μετρήσεων

Αναλυτικότερα, οι πράκτορες στον πίνακα απεικονίζονται με κάποιο χρώμα, ανάλογα με το αν συμπίπτει με κάποια από αυτές που απεικονίζονται στο Σχήμα 5-23, δηλαδή εάν είναι ακόμη αγέννητοι, αν είναι γεννημένοι φορείς ή ασθενείς ή αν έχουν αφαιρεθεί από το σύστημα. Σε διαφορετική περίπτωση, δεν έχουν χρώμα και παραμένουν με λευκό φόντο.

	Unborn Children		Carriers of mutation		Diseased Agents		Not alive
---	-----------------	---	----------------------	---	-----------------	---	-----------

Σχήμα 5-23: Διεπαφή Πίνακα Πρακτόρων και Μετρήσεων - Υπόμνημα Πίνακα

Τα στοιχεία που εμφανίζει ο πίνακας αυτός στις στήλες του είναι το όνομα του πράκτορα, το φύλο, η εποχή γέννησης του και το πόσες εποχές αναμένεται να ζήσει, κατάσταση της υγείας του, ο βαθμός φόβου που έχει καθώς και την ενημέρωση που λαμβάνει από την οικογένεια, μια λέξη σχόλιο ανάλογα με το αν προήλθε από παρέμβαση χρήστη ή εάν έχει γίνει έκτρωση ή άλλο, και τέλος, ο κωδικός οικογένειας στην οποία ανήκει. Στο παράδειγμα του Σχήματος 5-24, ο human-299 είναι γυναίκα, που γεννήθηκε την εποχή 60, θα ζήσει 53 εποχές, είναι υγιής, έχει μηδενικό βαθμό φόβου και 292 τιμή για το βαθμό ενημέρωσης, από την οικογένειά της, που έχει κωδικό αριθμό 75. Από το πράσινο χρώμα συμπεραίνουμε πως δεν έχει γεννηθεί ακόμη αλλά είναι σε λίστα αναμονής.

Name	Sex	Epoch Birth	Life Epochs	Health	Fear	Information	Comments	Family ID
human-299	Female	60	53	Healthy	0	292	Normal	75

Σχήμα 5-24: Διεπαφή Πίνακα Πρακτόρων και Μετρήσεων - Στοιχεία Πίνακα

Οι διάφορες μετρήσεις του συστήματος, απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο, όπως φαίνεται στα Σχήματα 5-25 και 5-26.

Στο κάτω τμήμα του Σχήματος 5-25, εμφανίζεται η εποχή στην οποία βρίσκεται το σύστημα και το ποσοστό των φορέων και των ασθενών ανά πληθυσμό, ενώ στο πάνω τμήμα ο συνολικός αριθμός των πρακτόρων που έχουν γεννηθεί, έχουν ζήσει (δεν αφαιρούνται όσοι «πέθαναν») στο σύστημα, την ποσοστιαία αναλογία ανά φύλο, και τα αντίστοιχα ποσοστά για ασθενείς και φορείς.

People Born in Simulation				
	Sum	%	% Diseased	% Carriers
Total	207	100	3,38	17,87
Female Agents:	109	52,66	1,93	9,18
Male Agents:	98	47,34	1,45	8,70

Epoch	% Carriers & Diseased Population		
57	% Carriers	20,96	% Diseased 1,80

Σχήμα 5-25: Διεπαφή Πίνακα Πρακτόρων και Μετρήσεων - Στοιχεία Μετρήσεων 1

Στο Σχήμα 5-26, στο κάτω τμήμα καταγράφονται οι σχετικές με δημογραφικά δεδομένα μετρήσεις, οι μέσες τιμές των γεννήσεων ανά εποχή και των θανάτων, όπως και η μέση τιμή του αριθμού των νέων οικογενειών στο σύστημα. Στο πάνω τμήμα, αναφέρονται οι τιμές που έχουν σχέση με την διακίνηση πληροφορίας ανάμεσα στους πράκτορες.

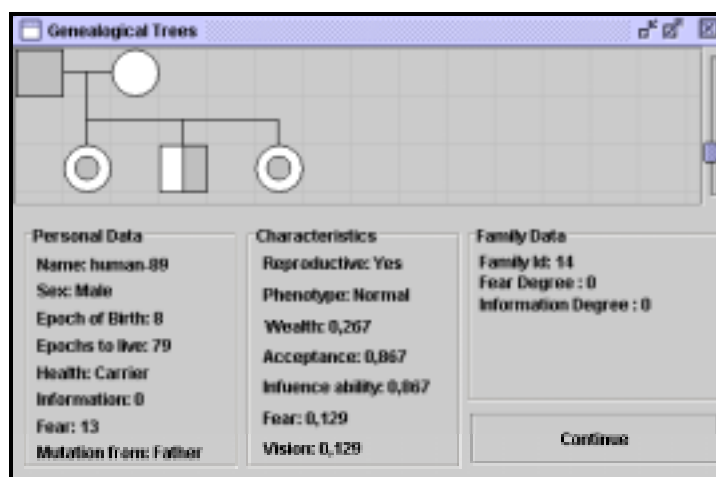
Information Metrics /Epoch	
Mean Information Exchange:	0,17
Mean no. People Informed:	5,03
Mean Media Information:	251,72
Demographic Metrics /Epoch	
Mean Births/epoch:	2,71
Mean Deaths/epoch:	0,28
Mean new Families/epoch:	1,21

Σχήμα 5-26: Διεπαφή Πίνακα Πρακτόρων και Μετρήσεων - Στοιχεία Μετρήσεων 2

Να σημειωθεί αναφορικά με αυτή την διεπαφή ότι υπάρχει η δυνατότητα, με την επιλογή ενός πράκτορα, να εμφανίζεται η Διεπαφή Ιατρικού Γενεαλογικού Δένδρου (βλέπε 5.1.9).

### 5.1.9 Διεπαφή Ιατρικού Γενεαλογικού Δένδρου

Η διεπαφή μπορεί να κληθεί, είτε μέσω του αντίστοιχου κομβίου, είτε μέσω του μενού επιλογής, είτε μέσω του Πλέγματος Πρακτόρων, είτε μέσω του Πίνακα πρακτόρων.



Σχήμα 5-27: Διεπαφή Ιατρικού Γενεαλογικού Δένδρου

Η διεπαφή είναι χωρισμένη σε δύο τμήματα, το πρώτο είναι η απεικόνιση του γενεαλογικού δένδρου κατά οικογένεια, ενώ το δεύτερο περιέχει τα δεδομένα του



πράκτορα, όταν κινηθεί ο δείκτης από το «ποντίκι» πάνω από το σχήμα που τον απεικονίζει. Ο κάθε πράκτορας απεικονίζεται σύμφωνα με τον συμβολισμό που καθορίστηκε στην ανάλυση, όπως και στο Πλέγμα.

Σκοπός αυτής της διεπαφής είναι να δώσει την δυνατότητα σε αναδρομή του ιστορικού του ασθενούς και της οικογένειας, να μελετήσουμε τα στοιχεία τα οποία έχει ο κάθε ένας πράκτορας. Επιλέγοντας κάποιον από τους πράκτορες που απεικονίζονται, το σύστημα οδηγείται σε προβολή της προηγούμενης οικογένειας, από την οποία προήλθε ο πράκτορας (αν υπάρχει), ή την νέα του οικογένεια (αν υπάρχει).

Τα εσωτερικά δεδομένα του πράκτορα είναι χωρισμένα σε τρεις κατηγορίες: σε χαρακτηριστικά, που πηγάζουν από τον γενετικό του κώδικα, σε δεδομένα που έχει αποθηκευμένα και σε δεδομένα της οικογένειας.

*Σημείωση: Καθώς η διεπαφή, καταναλώνει σε μεγάλο βαθμό την επεξεργαστική ισχύ του συστήματος, κατά την προβολή του προκαλεί αυτόματη παύση στη προσομοίωση, η οποία επανεκκινά μόνο εάν γίνει ελαχιστοποίηση ή κλείσει η διεπαφή ή πατηθεί το πλήκτρο «Continue».*

#### 5.1.10 Διεπαφή Γραφικής Αναπαράστασης Πληθυσμού

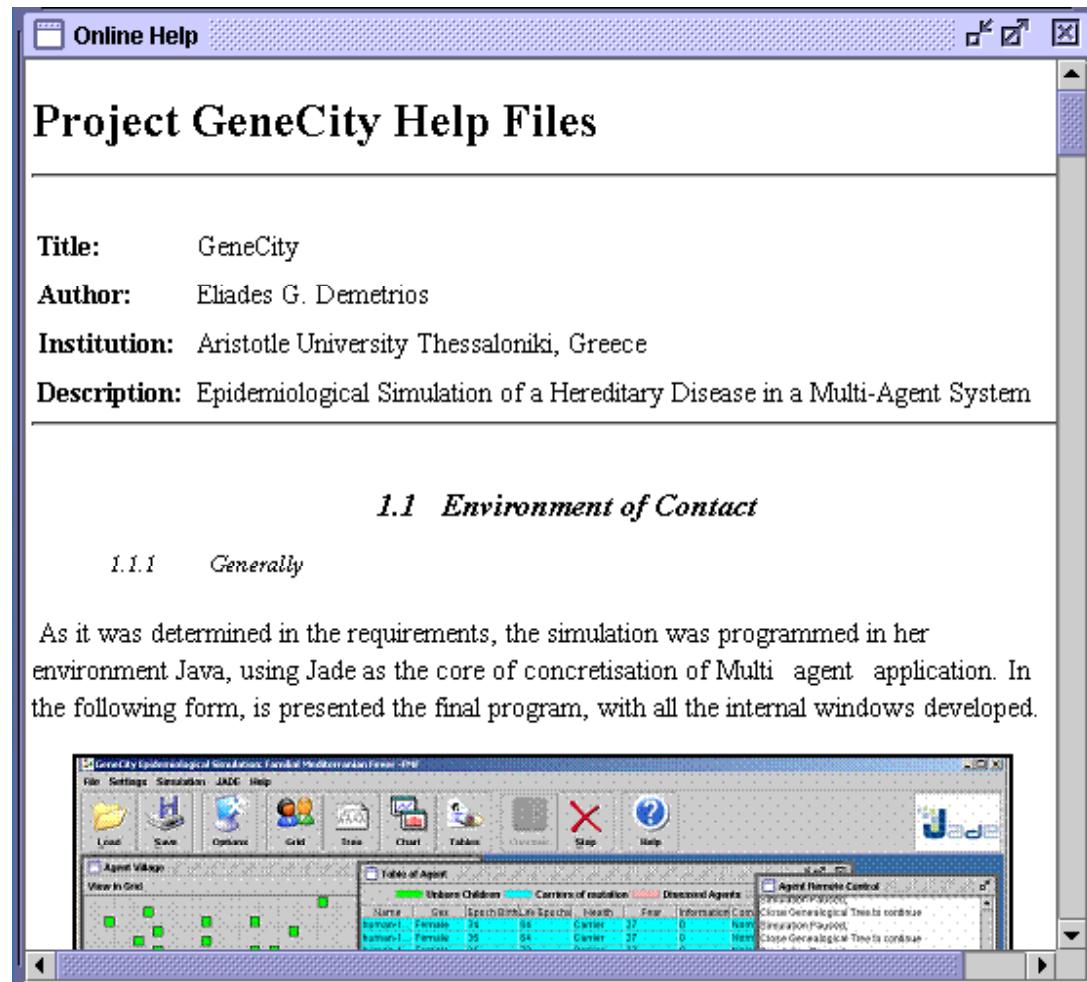
Η διεπαφή αυτή αναπαριστά σε πραγματικό χρόνο την εξέλιξη του συνολικού πληθυσμού στο σύστημα, με παράλληλη απεικόνιση του πλήθους των ασθενών και των φορέων. Με μπλε χρώμα παριστάνεται ο συνολικός πληθυσμός που ζει κάθε εποχή, με ουρανί χρώμα το πλήθος των φορέων και με κόκκινο, το πλήθος των ασθενών. Αποθήκευση της εικόνας μπορεί να γίνει μέσω της διεπαφής αποθήκευσης (βλέπε 5.1.11).



Σχήμα 5-28: Διεπαφή Γραφικής Αναπαράστασης Πληθυσμού

### 5.1.11 Διεπαφή Βοήθειας

Η Διεπαφή Βοήθειας ενσωματώνει στην επιφάνεια εργασίας της προσομοίωσης έναν προβολέα HTML σελίδων, ο οποίος παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για το πρόγραμμα και για τον τρόπο λειτουργίας του.



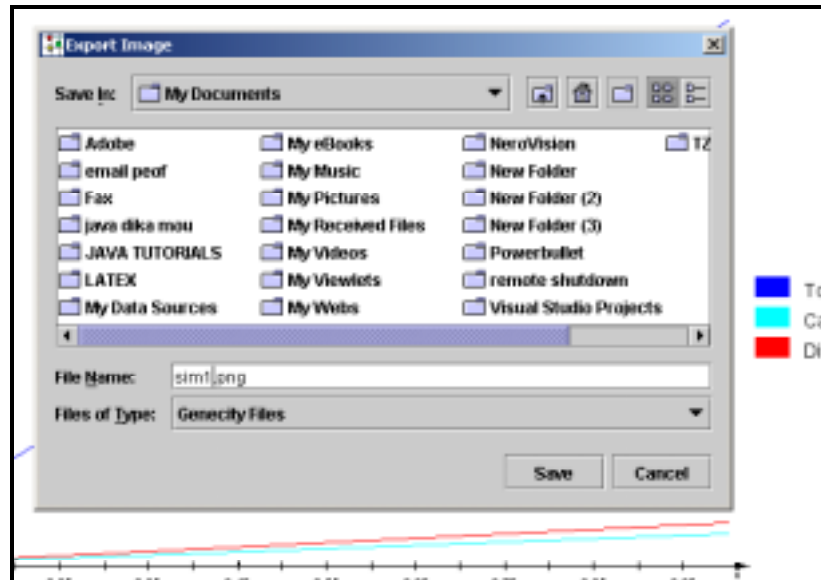
### 5.1.12 Διεπαφή Αποθήκευσης Αρχείων

Εάν ήδη το σύστημα βρίσκεται σε διαδικασία προσομοίωσης, τότε ο χρήστης έχει δυνατότητα να αποθηκεύσει την εικόνα της γραφικής παράστασης, τα δεδομένα (μετρήσεις) εξόδου και τις αρχικές προδιαγραφές. Σε διαφορετική περίπτωση, ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει μόνο τις αρχικές προδιαγραφές.

Στα Σχήματα 5-29 μέχρι 5-32, φαίνεται αυτή η διαδικασία. Να σημειωθεί ότι οι γραφικές αποθηκεύονται σε .png μορφή, τα αρχεία δεδομένων ως .txt. Οι ρυθμίσεις της προσομοίωσης αποθηκεύονται ως .gcs τύπου αρχεία.



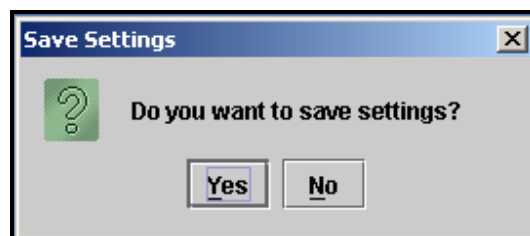
Σχήμα 5-29: Ερώτημα για Αποθήκευση γραφικής παράστασης



Σχήμα 5-30: Αποθήκευση Εικόνας



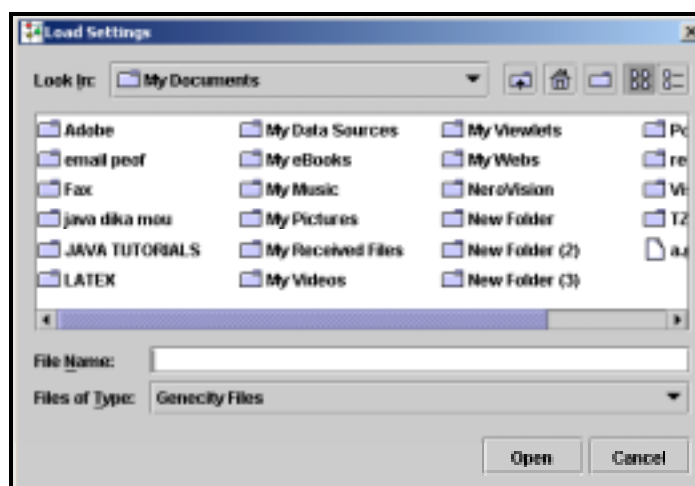
Σχήμα 5-31: Ερώτημα για Αποθήκευση Δεδομένων Εξόδου της Προσομοίωσης



Σχήμα 5-32: Ερώτημα για Αποθήκευση των Ρυθμίσεων του Συστήματος

### 5.1.13 Διεπαφή Ανοίγματος Αρχείων

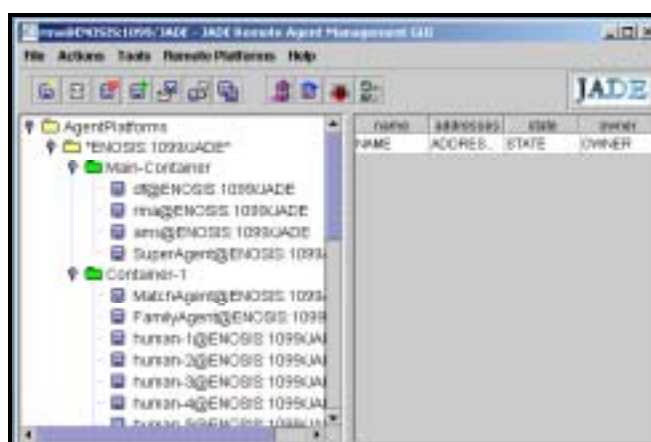
Η διεπαφή (Σχήμα 5-33) ζητά από τον χρήστη να επιλέξει ένα αρχείο με κατάληξη «\*.gcs», του οποίου το περιεχόμενο, εάν είναι σωστό, θα το ενσωματώσει στην προσομοίωση και θα αναμένει εκτέλεση, ή διόρθωση μέσω της Διεπαφής Εισαγωγής Δεδομένων.



Σχήμα 5-33: Διεπαφή Ανοίγματος Αρχείων

### 5.1.14 Διεπαφή JADE

Αν και το JADE δεν αποτελεί μέρος του προγράμματος, κρίνεται σκόπιμη η παρουσίαση κάποιων διαδικασιών ελέγχου μέσα από αυτό. Από το Remote Agent Management, μπορεί ο χρήστης να εκκινήσει ανά πάσα στιγμή την πλατφόρμα, ακόμη κι αν δεν έχει ξεκινήσει η προσομοίωση. Στο Σχήμα 5-34 διακρίνονται οι πράκτορες SuperAgent, MatchAgent και FamilyAgent, ενώ οι «human-...» είναι τύπου SimpleAgent.



Σχήμα 5-34: Το Remote Agent Management του JADE

Μέσα από τον Sniffer ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει την ανταλλαγή των μηνυμάτων ανάμεσα στους πράκτορες, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5-35:



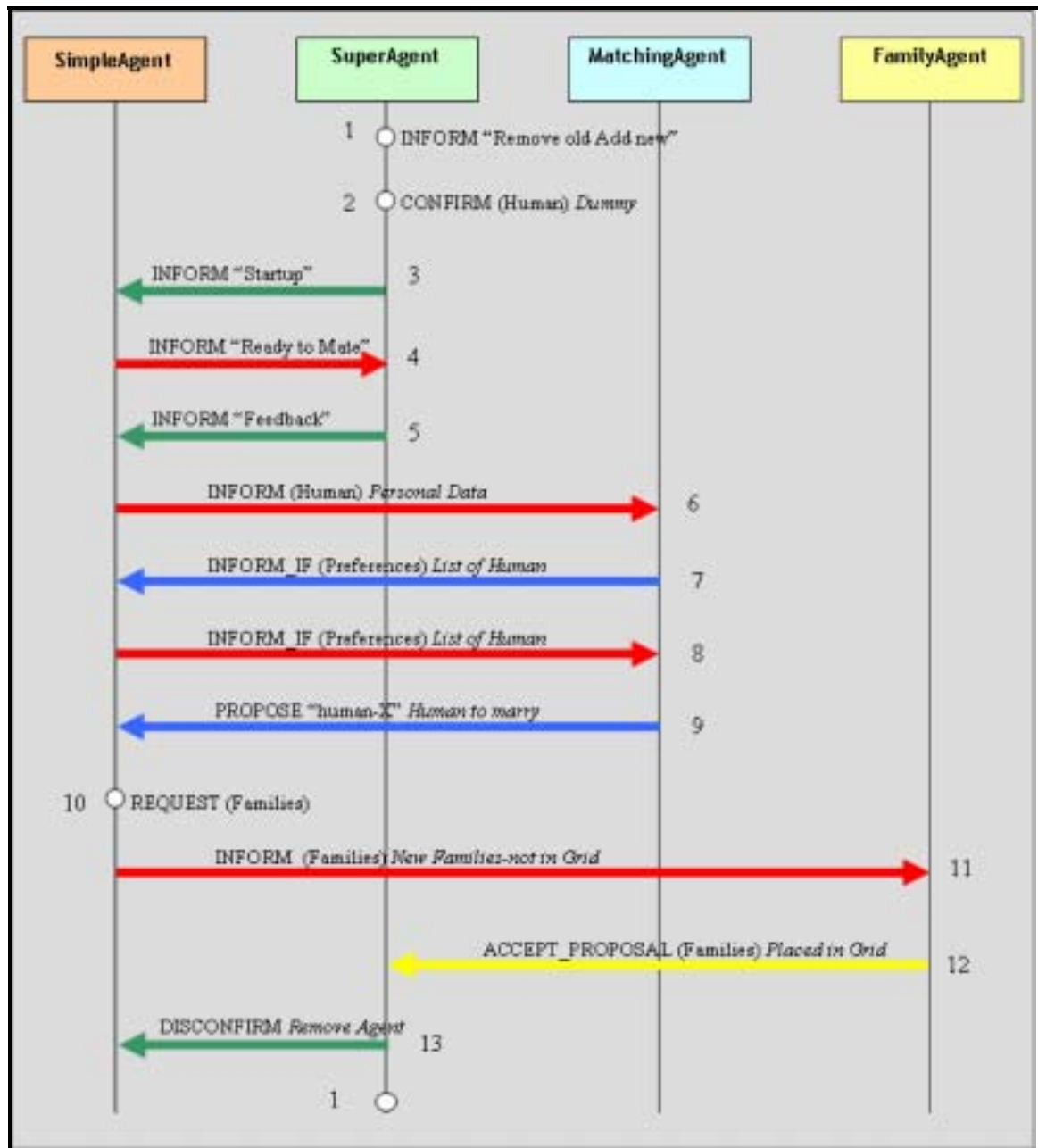
Σχήμα 5-35: Το εργαλείο Sniffer του JADE

## 5.2 Υλοποίηση Πολυπρακτορικού Συστήματος

Όπως καθορίστηκε από τις απαιτήσεις, κατά την εκκίνηση του GeneCity αρχικοποιούνται οι πράκτορες οι οποίοι αναλαμβάνουν την υλοποίηση του πολυπρακτορικού συστήματος. Όπως συζητήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, οι πράκτορες έχουν κοινή οντολογία, την SimulationOntology. Μόνο μηνύματα αυτής της οντολογίας δέχονται οι πράκτορες να επεξεργαστούν. Το σύστημα στηρίζεται ακριβώς πάνω σε αυτές τις ανταλλαγές μηνυμάτων όπου και απαντά κατάλληλα σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με το πως έχει προγραμματιστεί ο κάθε ένας από τους τέσσερις πράκτορες συστήματος. Στο Σχήμα 5-36, φαίνεται για μια εποχή ο κύκλος μηνυμάτων, όπως και περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

Στην αρχή μιας εποχής, με το πέρας της εισαγωγής οικογενειών, ο SuperAgent, στέλνει εσωτερικό μήνυμα [1] (με τον εαυτό του σαν παραλήπτη) και με περιεχόμενο τύπου «Remove old Add new». Εκεί αυξάνει την εποχή κατά ένα, ενεργοποιεί τους νέους πράκτορες, αφαιρεί όσους η ηλικία τους έχει ξεπεράσει την εποχή ζωής και που πρέπει να φύγουν από το Πλέγμα. Εάν δεν υπάρχουν νέα άτομα για να μπουν στο πλέγμα και να εκκινήσουν, ξαναστέλνει στον εαυτό μήνυμα [2] με κενό περιεχόμενο για να συνεχίσει η διαδικασία. Διαφορετικά, εάν υπήρχαν νέοι πράκτορες, θα δημιουργούνταν νέοι SimpleAgents, και η One-shot behavior τους θα έστελνε μήνυμα στον SuperAgent, αντικαθιστώντας το [2]. Συνεχίζοντας, ο SuperAgent, ειδοποιεί όσους SimpleAgents έχουν τυχαία επιλεγεί για να

συμμετάσχουν, στέλνοντας τους ένα μήνυμα κειμένου τύπου «Startup» [3]. Αυτοί απαντούν πίσω [4] με μήνυμα τύπου κειμένου «Ready to mate» δηλώνοντας ετοιμότητα να αρχίσει η διαδικασία ζευγαρώματος. Αφού συγκεντρωθούν όλοι οι πράκτορες και δηλώσουν ετοιμότητα, ο SuperAgent, τους ειδοποιεί [5] να αρχίσουν να αποστέλλουν τις πληροφορίες τους στον MatchAgent, με μήνυμα κειμένου τύπου «Feedback». Οι SimpleAgent πράκτορες ανταποκρίνονται και αποστέλλουν [6] στον MatchAgent τα στοιχεία τους ως Human (βλ. 4.9 Οντολογία). Ο MatchAgent, συγκεντρώνει από όλους τα δεδομένα τους, τα μαζεύει σε μια λίστα και τα στέλνει πίσω στον κάθε πράκτορα ξεχωριστά [7], ως Preferences. Ο αδέσμευτοι πράκτορες SimpleAgents, εκτελούν τις μεθόδους προτίμησης, και επιστρέφουν πίσω στον MatchAgent, τις λίστες με τους πράκτορες ταξινομημένους κατά σειρά προτίμησης [8]. Αφού εκτελέσει τις μεθόδους του Stable Marriage Problem και καταλήξει στη τελική αντιστοίχιση μεταξύ των πρακτόρων, υπολογίζει αν η θέληση για γάμο του κάθε ζευγαριού είναι μεγαλύτερη από το 50%, και εάν όντως είναι μεγαλύτερη, αποστέλλεται στον άνδρα σε μήνυμα με το όνομα της γυναίκας που κατέληξε, «human-...» μετά το SMP [9]. Ο άνδρας, αποστέλλει τα στοιχεία του στη γυναίκα μέσω μηνύματος [10] τύπου Families. Για τη γυναίκα, εκτελούνται οι μέθοδοι για τα υπόλοιπα στοιχεία της οικογένειας, καθορίζοντας τα στοιχεία των απογόνων, τα οποία και αποστέλλει στον FamilyAgent [11]. Ο FamilyAgent, αφού συλλέξει όλα αυτά τα στοιχεία από όλες τις οικογένειες, τις τοποθετεί στο πλέγμα συμπληρώνοντας κάποια στοιχεία για τις οικογένειες, δίνοντάς τους αριθμό μητρώου, και επικοινωνεί [12] με τον πράκτορα SuperAgent, αποστέλλοντάς του τα στοιχεία αυτά. Ο SuperAgent, εισάγει τους νέους πράκτορες στις λίστες αναμονής και για να διαγράψει τους γονείς των οικογενειών που εκπροσωπούνται τώρα ως ένα, αποστέλλει μήνυμα τύπου DISCONFIRM [13], προκαλώντας έτσι την καταστροφή του τέως ελεύθερου πράκτορα και νυν μέλους σε νέα οικογένεια. Με το πέρας της όλης διαδικασίας ο SuperAgent συνεχίζει με την αρχή νέου κύκλου μηνυμάτων.



Σχήμα 5-36: Κύκλος Μηνυμάτων Πρακτόρων για μια εποχή

### 5.3 Μετρήσεις Εξόδου

Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, ελέγχεται ένας αριθμός παραμέτρων του συστήματος, οι οποίες αποθηκεύονται σε λίστες, για μεταγενέστερη επεξεργασία, Όπως μάλιστα έχει ήδη αναφερθεί, οι λίστες αυτές αποθηκεύονται σε αρχεία εξόδου. Τα αρχεία αυτά περιγράφονται στη συνέχεια.

### 5.3.1 Αρχεία Εξόδου (Μετρήσεων)

Όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο 5.1.12, κατά την αποθήκευση των αποτελεσμάτων του συστήματος, έχουμε ως αποτέλεσμα την παραγωγή δύο αρχείων, με κατάληξη «ONOMA-1.txt» και «ONOMA-2.txt». Οι καταλήξεις «-1.txt» και «-2.txt» δημιουργούνται αυτόματα κατά την αποθήκευση, και ο χρήστης καλείται να δηλώσει μόνο ένα όνομα για τα αρχεία. Από αυτό το σημείο, το μεν πρώτο αρχείο θα ονομάζεται «Αρχείο Στοιχείων και Πίνακα», το δε δεύτερο «Αρχείο Μετρικών».

#### 5.3.1.1 Αρχείο Στοιχείων και Πίνακα

Το αρχείο περιλαμβάνει τα δεδομένα της Διεπαφής Εισαγωγής Δεδομένων, όπως στο αρχείο αποθήκευσης αρχικών δεδομένων του συστήματος.

Αμέσως μετά τα στοιχεία, ακολουθεί διευρυμένος πίνακας πρακτόρων, ο οποίος περιλαμβάνει τα εξής πεδία, αντίστοιχα με αυτά του Πίνακα Πρακτόρων συν ο αντίστοιχος Γενετικός κώδικας του κάθε πράκτορα, εκφρασμένος σε ακέραιες τιμές:

A/A	Περιγραφή
1	Όνομα
2	Φύλο
3	Εποχή Γέννησης
4	Εποχές μέχρι τον Θάνατο
5	Κατάσταση Υγείας
6	Βαθμός Φόβου
7	Βαθμός Ενημέρωσης
8	Σχόλια
9	Από ποία οικογένεια
10	Εποχή που προστέθηκε στον πίνακα (περιλαμβάνονται και σαν αγέννητο)
11	Γενετικός Κώδικας, Αποδοχή
12	Γενετικός Κώδικας, Φόβος
13	Γενετικός Κώδικας, Υγεία
14	Γενετικός Κώδικας, Βαθμός



	επιρροής στους άλλους
15	Γενετικός Κώδικας, Μετάλλαξη (1 <sup>ο</sup> bit αριστερά από μητέρα, άλλο από πατέρα)
16	Γενετικός Κώδικας, Φαινότυπος
17	Γενετικός Κώδικας, Όραση
18	Γενετικός Κώδικας, Πλούτος

### 5.3.1.2 Αρχείο Μετρικών

Το αρχείο αυτό περιλαμβάνει μετρήσεις που αποθηκεύονται με την αρχή κάθε εποχής, και περιλαμβάνει:

A/A	Περιγραφή
1	Εποχή
2	Πληθυσμό Πρακτόρων
3	Πληθυσμός Φορέων
4	Πληθυσμός Ασθενών
5	Φορείς ανά Πληθυσμό
6	Ασθενείς ανά Πληθυσμό
7	Πλήθος νέων γεννημένων παιδιών
8	Πλήθος παιδιών από αποβολή
9	Πλήθος νέων πρακτόρων στο Πλέγμα Πρακτόρων
10	Πλήθος παιδιών με πρόωρο θάνατο λόγω ασθένειας
11	Πλήθος Οικογενειών
12	Αριθμός θανάτων
13	Αριθμός γεννήσεων
14	Πλήθος Ανδρών
15	Πλήθος Γυναικών

16	Πλήθος Ατόμων
17	Άνδρες Φορείς
18	Γυναίκες Φορείς
19	Άνδρες Ασθενείς
20	Γυναίκες Ασθενείς
21	Πλήθος ατόμων που ενημερώθηκαν για την ασθένεια
22	Συνολικός Βαθμός Ενημέρωσης από τα Μέσα
23	Ποσότητα Πληροφόρησης από Γείτονες

Τα αρχεία είναι σε μορφή απλού κειμένου και αυτό καθιστά εύκολη την απλή επικόλληση των δεδομένων σε κάποιο πρόγραμμα επεξεργασίας, όπως πχ το Excel, ή και ειδικά προγράμματα για εξόρυξη γνώσης.

Παραδείγματα αρχείων υπάρχουν στο Παράρτημα Β-1 και Β-2, δυο αρχεία που αποτέλεσαν έξοδο μιας προσομοίωσης.

## **5.4 Ανασκόπηση Κεφαλαίου**

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάστηκε το γραφικό περιβάλλον του προγράμματος που αναπτύχθηκε. Έγινε μια περιληπτική περιγραφή όλων των διεπαφών και περιγράφηκαν οι δυνατότητες παραμετροποίησης. Έγινε τέλος αναφορά, στα περιεχόμενα των αρχείων εξόδου.

Στο επόμενο κεφάλαιο, θα παρατεθούν κάποια πειράματα, ούτως ώστε να επιβεβαιώσουν τη καλή και σωστή λειτουργία της προσομοίωσης.

# 6

## Ενδεικτικά Σενάρια και Πειραματικά Αποτελέσματα

*«If you didn't test it,  
it wont work!»*

*Ανώνυμος*

Η δοκιμή του συστήματος που αναπτύχθηκε είναι απαραίτητη ώστε να είναι εφικτή η επαλήθευση της καλής λειτουργίας του. Για το λόγο αυτό υλοποιήθηκαν διάφορα σενάρια προσομοίωσης με στόχο να ελεγχθεί ως προς τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Στα πλαίσια της παρούσας θέσης, επιλέχθηκαν τα πιο αντιπροσωπευτικά πειράματα, αν και, λόγω του ψηλού βαθμού παραμετροποίησης του συστήματος, είναι λογικό να αποτελούν ένα μικρό δείγμα σε σχέση με το σύνολο των πειραμάτων που κάποιος θα μπορούσε να προσομοιώσει με το GeneCity.

### 6.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup>

#### 6.1.1 Στόχος Σεναρίου

Το σενάριο αυτό εξετάζει τα εξής:

Α) Πως μπορούμε να προσομοιάσουμε το σύστημα ώστε να έχει δημογραφικές τιμές, ανάλογες με τις πραγματικές; Πως και ποιές παράμετροι πρέπει να καθοριστούν κατάλληλα για την επίτευξη τους;

Β) Σε ένα πληθυσμό πρακτόρων, με τις αρχικές συνθήκες της προσομοίωσης, υπάρχει γενετική ασθένεια Αυτοσωματική υπολειπόμενη, για την οποία δεν υπάρχει πληροφόρηση ούτε γνώση, αλλά και η οποία δε παρουσιάζει φαινότυπο στους ασθενείς. Πως θα εξαπλωθεί στον αρχικό πληθυσμό;

### 6.1.2 Αρχικές Παράμετροι

Για το ζητούμενο (Α) θα θεωρήσουμε αρχικό πληθυσμό  $N=50$  πράκτορες και θα μεταβάλλουμε τον Μέσο Αριθμό Παιδιών<sup>13</sup> ανά οικογένεια, που υπολογίζεται από:

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{παιδιά}}{\text{οικογένειες}} \quad (6-1)$$

Για το ζητούμενο (Β) θα θεωρήσουμε αυθαίρετα πως υπάρχουν 14% ετεροζυγωτικοί φορείς στον αρχικό πληθυσμό.

Αρχικοποιούμε το σύστημα με τα παρακάτω δεδομένα:

Πίνακας 4: Δεδομένα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΕΣ
Μέθοδος Μετάδοσης	Αυτοσωματική Υπολειπόμενη
Αρχικός Πληθυσμός	50
Νόμιμη Ηλικία Γάμου	18
Μέσος Όρος Ζωής	75
Μέση Διαφορά Ηλικίας Ζευγαριών	4
% Γάμοι ανά Πληθυσμό	30%
Μέσος Αριθμός Παιδιών ανά Οικογένεια	<b>ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ</b>
Αρχικός Βαθμός Ενημέρωσης	<b>0</b>
% Προγεννητικός Έλεγχος και Αποβολές	0%
Όνομα Ασθένειας	<b>ΜΗ ΓΝΩΣΤΗ</b>
Μετάλλαξη	0.003%
Φαινότυπος Ασθένειας	<b>ΚΑΝΟΝΙΚΟΣ</b>

<sup>13</sup> Να διευκρινιστεί πως η Μέση Τιμή, δεν αποτελεί το Συνολικό Δείκτη Γονιμότητας, καθώς εκείνος δηλώνει τον αριθμό των παιδιών που υπολογίζεται πως γεννάει κάθε γόνιμη γυναίκα από 15-49 στη ζωή της.

% Φορείς Μετάλλαξης	14%
% Φορείς Ομοζυγώτες-Ασθενείς	0%
Ηλικία Εμφάνισης Ασθένειας	20
Επηρεάζει τη Διάρκεια Ζωής;	Όχι
Δυνατή η Αναπαραγωγή στους Ασθενείς;	Ναι

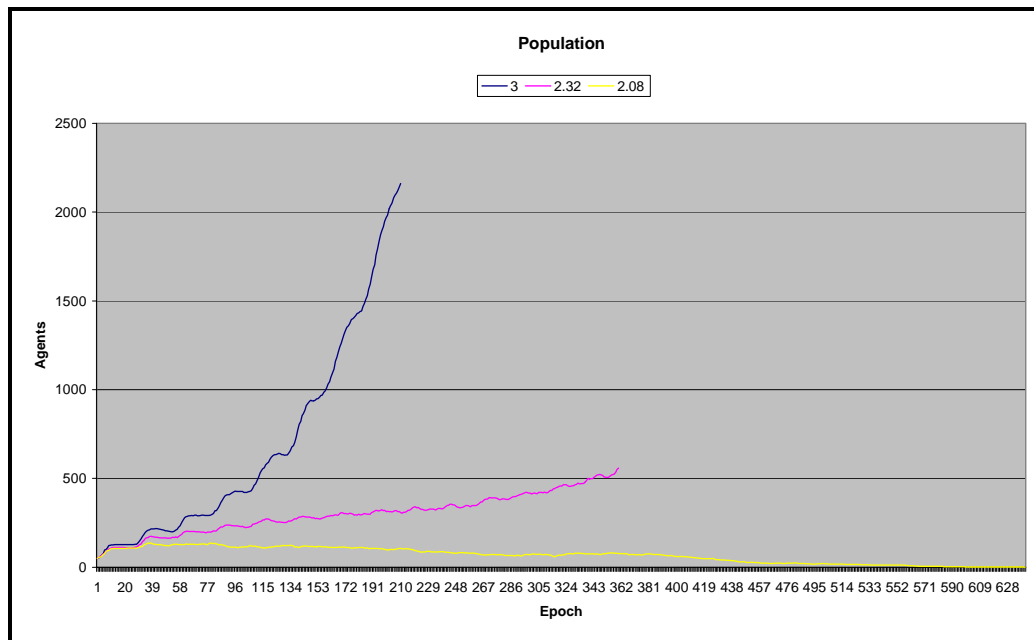
### 6.1.3 Αποτελέσματα

Η προσομοίωση εκτελέστηκε για  $\bar{x}=2.08$ ,  $\bar{x}=2.32$ ,  $\bar{x}=3$ , τυχαία επιλεγμένες τιμές. Μετά το πέρας εκτέλεσης και των τριών προσομοιώσεων, τα στοιχεία αποθηκεύτηκαν σε αρχεία και μεταφέρθηκαν σε κατάλληλο πρόγραμμα επεξεργασίας για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η πρώτη παρατήρηση στις τρεις προσομοιώσεις, έχει να κάνει με τον ολικό πληθυσμό που ζει κάθε εποχή. Συγκρίνοντας τους πληθυσμούς, (σχήμα 6-1), παρατηρούμε πως στην περίπτωση που ο μέσος όρος παιδιών ανά οικογένεια, είναι  $=3$  παιδιά, τότε ο πληθυσμός του συστήματος εκτοξεύεται απότομα, έχοντας 10πλασιαστεί μέσα σε χρονικό διάστημα 100 εποχών. Παρατηρούμε μάλιστα, πως το σχήμα της καμπύλης που σχηματίζεται, είναι το αναμενόμενο από τη θεωρία πληθυσμών, σε περίπτωση ψηλής γεννητικότητας. Χρησιμοποιώντας τον τύπο 2-1, υπολογίζουμε πως το Ποσοστό Φυσικής Αύξησης, είναι 1.5%, πολύ ψηλό ποσοστό που συγκρίνεται με το παράδειγμα της Σρι Λάνκα που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2. Οι υπόλοιπες μετρήσεις φαίνονται στον πίνακα 4. Το ποσοστό για  $=2.08$ , είναι αρνητικό, δηλώνοντας τη σταδιακή πτώση του πληθυσμού, ενώ η μέτρηση για το  $=2.32$ , στην περιοχή του 0.34%, είναι πολύ κοντά σε αυτή που ισχύει το έτος 2002-2003, στην Κύπρο [8.3], όπου αναφέρεται το Ποσοστό Φυσικής Αύξησης, ίσο με 3.8 ανά χίλιους κατοίκους ή 0.38%.

Πίνακας 5: Ποσοστό Φυσικής Ανάπτυξης

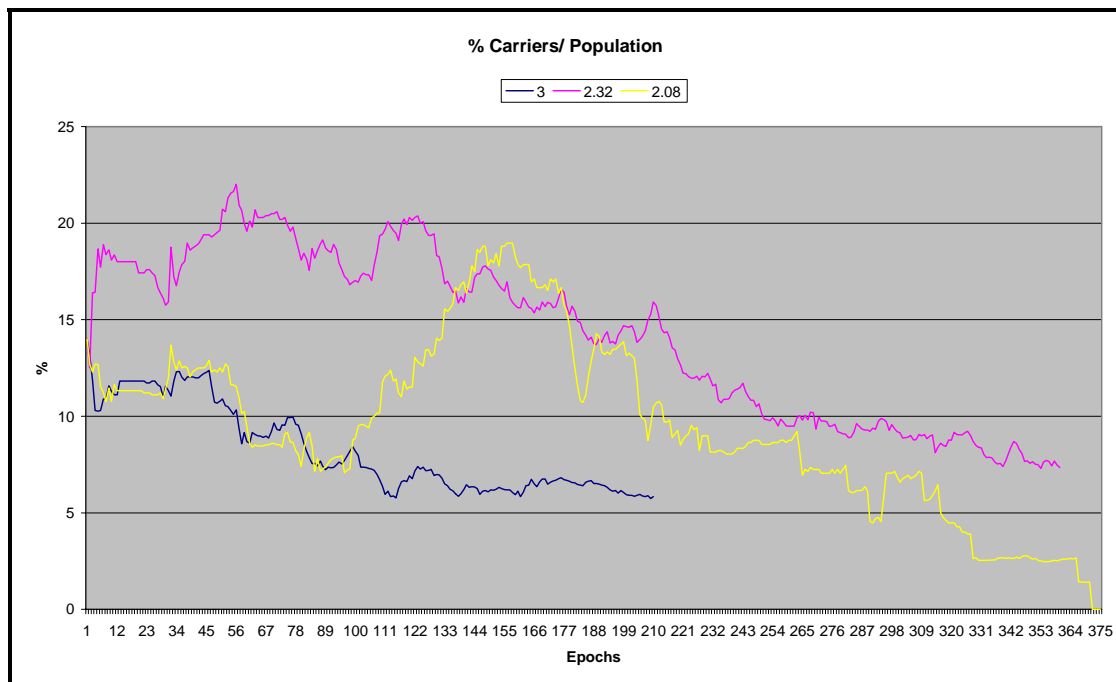
x	Ποσοστό (%)
3	1.5%
2.32	0.34%
2.08	-0.11%



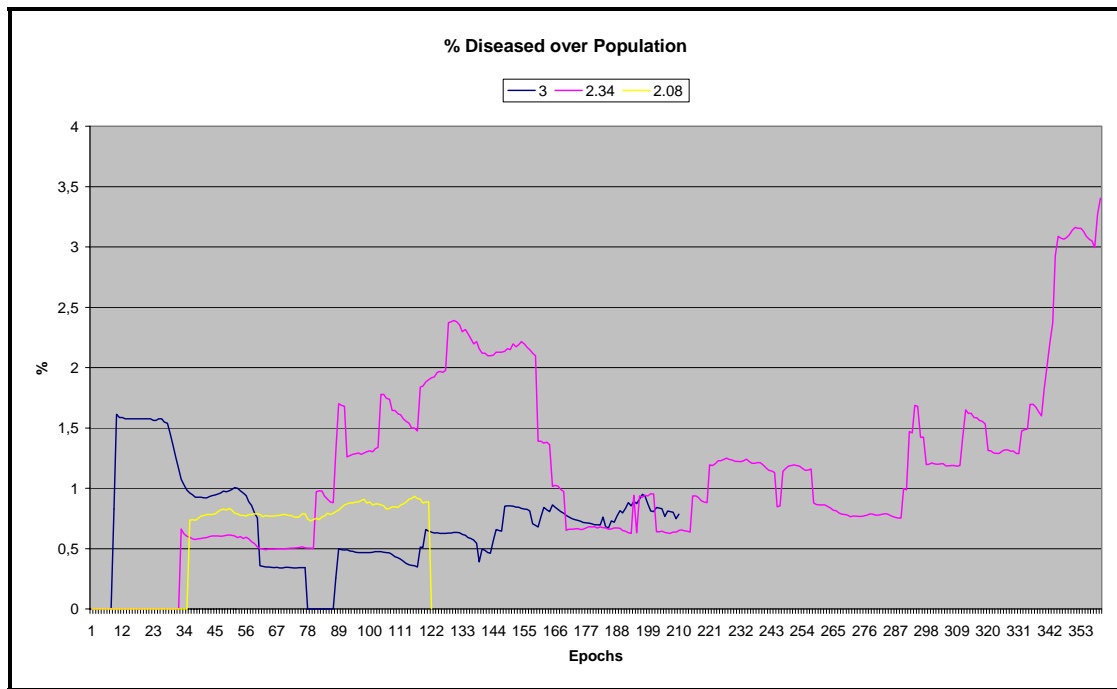
Σχήμα 6-1: Πληθυσμοί

Υπενθυμίζεται πως και οι τρεις προσομοιώσεις, ξεκίνησαν με 14% του πληθυσμού τους ως φορείς ασθένειας. Στη συνέχεια εξετάστηκε κατά πόσο έχει διατηρηθεί ή έχει αλλάξει, η ποσοστιαία αναλογία των φορέων και των ασθενών, στο σύστημα.

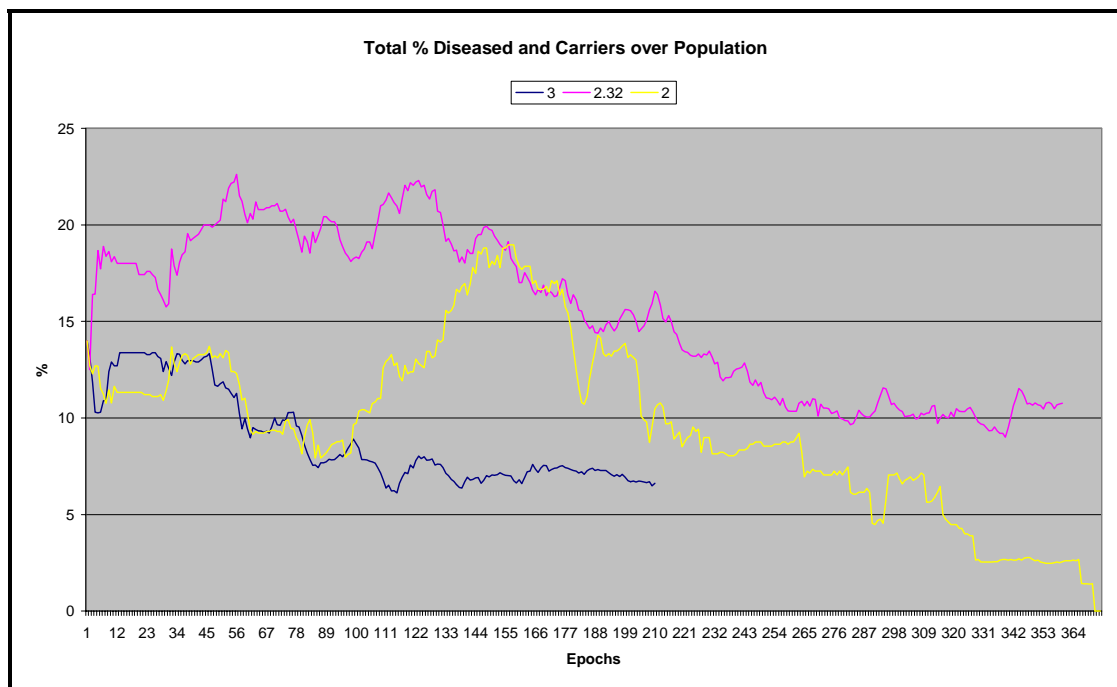
Στο σχήμα 6-2 φαίνεται την πορεία του ποσοστού των φορέων, στο σχήμα 6-3 αυτή του ποσοστού των ασθενών ανά πληθυσμό και στο 6-4, το άθροισμα και των δύο ποσοστών.



Σχήμα 6-2: Ποσοστά Φορέων ανά Πληθυσμό



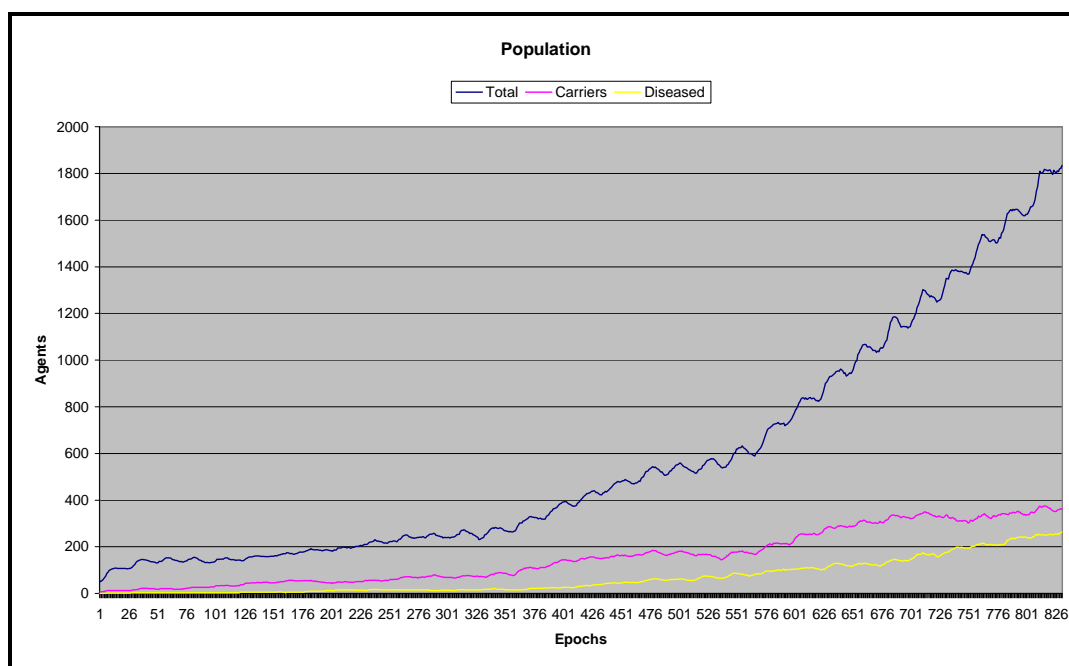
Σχήμα 6-3: Ποσοστά Ασθενών έναντι Πληθυσμών



Σχήμα 6-4: Ολικό Ποσοστό Μεταλλάξεων στους Πληθυσμούς

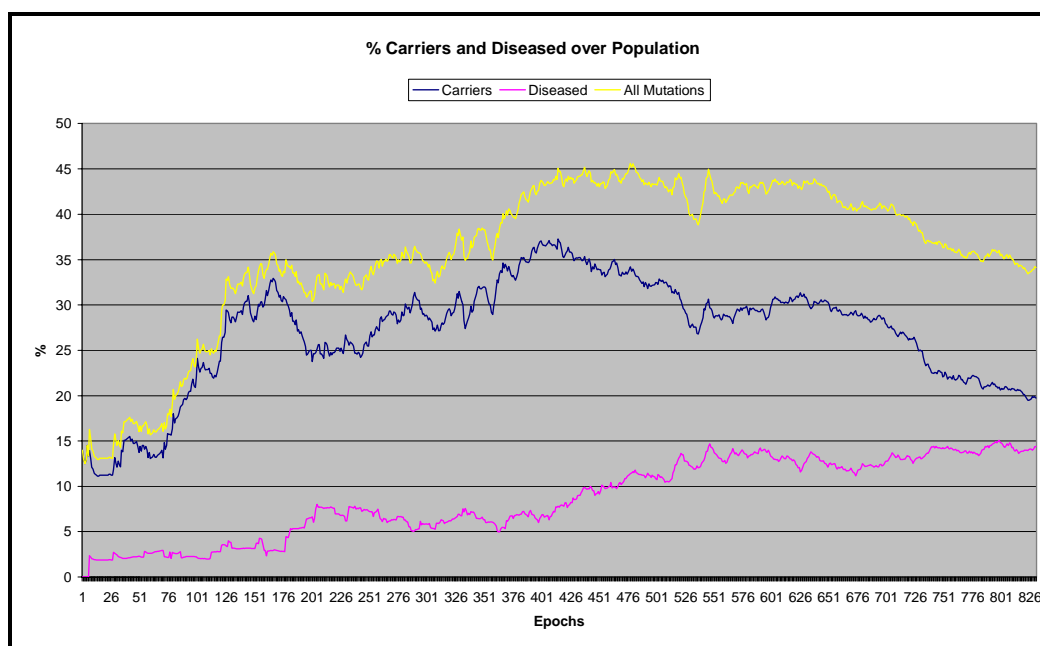
Σύμφωνα με ανάλυση των στοιχείων του σχήματος 6-4, παρατηρούμε ότι για  $\mu=2.32$ , τα άτομα με κάποια μετάλλαξη είναι περίπου το 10.3% στις τελευταίες 100 εποχές που υπάρχουν μετρήσεις. Αντίστοιχα για  $\mu=3$ , είναι περίπου 7.07%.

Στη συνέχεια επανεκτελέσαμε την προσομοίωση με τιμή  $\lambda=2.32$ , για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με τις ίδιες αρχικές συνθήκες. Το σχήμα 6-5, αποτελεί αναπαράσταση του πληθυσμού (ολικού, φορέων και ασθενών) για 831 εποχές.



Σχήμα 6-5: Πληθυσμός ολικός και μεταλλάξεις για  $\lambda=2.34$

Ωστόσο, όπως φαίνεται από το σχήμα 6-6, ενώ υπήρχε στην αρχή σημαντική διαφορά ανάμεσα στο ποσοστό των φορέων και των ασθενών, με την πάροδο του χρόνου, τείνουν οι δυο καμπύλες να συγκλίνουν όπως φαίνεται στη γραφική παράσταση.



Σχήμα 6-6: Ποσοστό Μεταλλάξεων για  $\lambda=2.34$



Τέλος, εντύπωση προκάλεσε το γεγονός πως στη περίοδο ανάμεσα στις εποχές 400 και 650, το σύστημα παρουσίασε ως μέσο ποσοστό των φορέων και ασθενών, τιμή περίπου 43.3%, φτάνοντας σε κάποιες εποχές το 45%, λίγο δηλαδή λιγότερο από τους μισούς κατοίκους της τεχνητής κοινωνίας, ενώ είχε ξεκινήσει το σύστημα με μόνο 14% φορείς. Ακόμη τα ποσοστά των ασθενών, σταδιακά καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης, είχαν αυξητική πορεία.

Έτσι λοιπόν, ενώ ξεκίνησε η κοινωνία με 7 άτομα, ετεροζυγωτικούς φορείς μιας ασθένειας, φτάνει η ίδια κοινωνία έχοντας φυσιολογικούς ρυθμούς ανάπτυξης, σε κάποιο ψηλό σημείο επιδημιολογικής εξάπλωσης.

#### **6.1.4 Συμπεράσματα Χρήσης**

Μέσω αυτού του πειράματος, αποδείξαμε πως το σύστημα προσομοίωσης, μπορεί να πλησιάσει με καλή ακρίβεια, την δημογραφική συμπεριφορά ενός οποιουδήποτε πληθυσμού, ανάλογα με τα δεδομένα που θα επιλέξουμε.

Η έλλειψη ενημέρωσης, έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επέκταση της ασθένειας, όπως φάνηκε στο Β' μέρος της προσομοίωσης. Οι πράκτορες δε μπορούσαν να αναγνωρίσουν την ασθένεια, ούτε εξαιτίας κάποιων άλλων παραγόντων, όπως ο φαινότυπος, να αποκλείσουν εκείνα τα άτομα.

Παρατήρηση: Μετά από πολλές επαναλήψεις του πειράματος, καταλήξαμε πως μια καλή περιοχή τιμών για τη μεταβλητή «Μέσος αριθμός παιδιών», δηλαδή συγκρίσιμη με την Ελλαδική πραγματικότητα και ειδικότερα του πληθυσμού της Κύπρου, είναι στη περιοχή [2.32, 2.5].

## **6.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup>**

### **6.2.1 Στόχος Σεναρίου**

Το σενάριο αυτό εξετάζει τα εξής:

Σε ένα πληθυσμό υγιών ατόμων, που δεν έχουν γνώση για κάποια ασθένεια, εισέρχεται κάποιο ασθενές άτομο, με ομοζυγωτική Αυτοσωματική κυρίαρχη ασθένεια, δηλαδή καθιστώντας ασθενείς τα ετεροζυγωτικά πέραν από τα ομοζυγωτικά άτομα. Πως θα προσαρμοστεί το σύστημα;

### 6.2.2 Αρχικές Παράμετροι

Για το ζητούμενο θεωρούμε αρχικό πληθυσμό  $N=50$ , και πως όλα τα αρχικά άτομα της προσομοίωσης είναι υγιή.

Αρχικοποιούμε έτσι το σύστημα με τα παρακάτω δεδομένα:

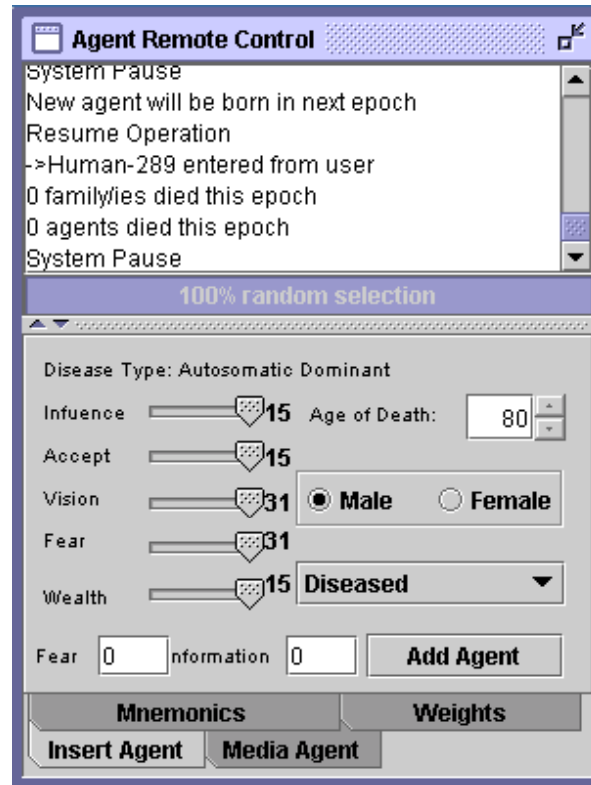
Πίνακας 6: Δεδομένα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΕΣ
Μέθοδος Μετάδοσης	Αυτοσωματική Κυρίαρχη
Αρχικός Πληθυσμός	50
Νόμιμη Ηλικία Γάμου	18
Μέσος Όρος Ζωής	75
Μέση Διαφορά Ηλικίας Ζευγαριών	4
% Γάμοι ανά Πληθυσμό	30%
Μέσος Αριθμός Παιδιών ανά Οικογένεια	<b>2.32</b>
Αρχικός Βαθμός Ενημέρωσης	<b>0</b>
% Προγεννητικός Έλεγχος και Αποβολές	0%
Όνομα Ασθένειας	<b>ΜΗ ΓΝΩΣΤΗ</b>
Μετάλλαξη	0.003%
Φαινότυπος Ασθένειας	<b>ΚΑΝΟΝΙΚΟΣ</b>
% Φορείς Μετάλλαξης	<b>0%</b>
% Φορείς Ομοζυγώτες-Ασθενείς	<b>0%</b>
Ηλικία Εμφάνισης Ασθένειας	20
Επηρεάζει τη Διάρκεια Ζωής;	Όχι
Δυνατή η Αναπαραγωγή στους Ασθενείς;	Ναι

### 6.2.3 Αποτελέσματα

Το σύστημα ξεκίνησε την διαδικασία της προσομοίωσης, αποτελούμενο αποκλειστικά από τους υγιείς πράκτορες. Ακολουθώντας, όταν το σύστημα είχε μια πλήρη δομή κοινωνίας, (άγαμους, παιδιά και οικογένειες), τοποθετήσαμε στο Πλέγμα Πρακτόρων, ένα πράκτορα τον οποίο καθορίσαμε από προηγουμένως. Η διαδικασία έγινε με το Agent Remote Control, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1-7,

και ορίστηκε με πολύ ισχυρά δεδομένα μέσα στον γενετικό του κώδικα. Ο εισερχόμενος πράκτορας θα είναι ομοζυγωτικός μεταφορέας της ασθένειας, διασφαλίζοντας έτσι, αν τεκνοποιήσει, αναμείναμε να εξασφαλίσουμε την μετάδοση της ασθένειας, έστω και σε κάποιο βαθμό.



Σχήμα 6-7: Η Καρτέλα Εισαγωγής Πράκτορα

Η τοποθέτηση του πράκτορα έγινε την εποχή 101, όπως φαίνεται και στην Διεπαφή Μετρήσεων, στο Σχήμα 1-8. Διακρίνεται με κόκκινο χρώμα ο πράκτορας που ασθενεί, και φέρει στα Comments το User, ένδειξη ότι προήλθε από ενέργεια του χρήστη.

Table of Agent									
Unknown Children			Carriers of mutation			Diseased Agents		Not alive	
Name	Sex	Epoch Birth	Life Expectancy	Health	Fatal	Information	Comments	Family ID	
human-289	Male	63	89	Diseased	0	0	Carrier	8	
human-288	Female	102	81	Healthy	0	0	Normal	105	
human-287	Female	102	83	Healthy	0	0	Normal	104	
human-286	Male	100	78	Healthy	0	0	Normal	104	
human-285	Male	100	71	Healthy	0	0	Normal	103	
human-284	Male	100	78	Healthy	0	0	Normal	103	
human-283	Female	100	78	Healthy	0	0	Normal	102	
human-282	Male	100	87	Healthy	0	0	Normal	102	
human-281	Female	101	75	Healthy	0	0	Normal	102	
human-280	Female	98	84	Healthy	0	0	Normal	102	
human-279	Male	100	75	Healthy	0	0	Normal	101	
human-278	Female	98	77	Healthy	0	0	Normal	101	
human-277	Male	98	88	Healthy	0	0	Normal	101	
human-276	Male	98	59	Healthy	0	0	Normal	100	
human-275	Male	92	58	Healthy	0	0	Normal	100	
human-274	Male	88	85	Healthy	0	0	Normal	100	
human-273	Female	92	58	Healthy	0	0	Normal	99	
human-272	Male	87	84	Healthy	0	0	Normal	99	

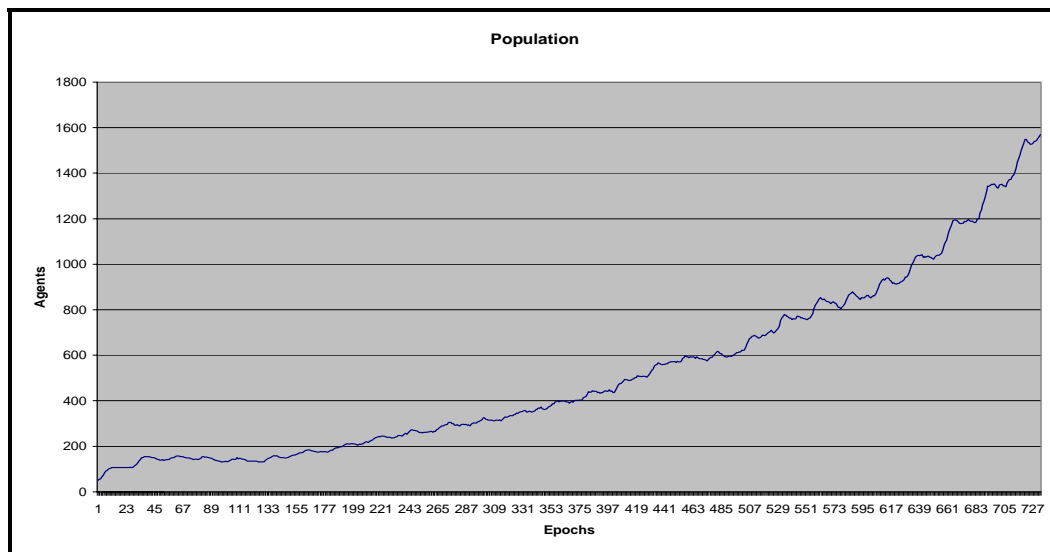
People Born in Simulation				Information Metrics Epoch			
Sum	%	% Diseased	% Carriers	Mean Information Exchanges	Mean no. People Informed	Mean Media Information	
Total	671	100	0,00	0,00	0,00	0,00	
Female Agents	340	50,67	0,00	0,00			
Male Agents	331	49,33	0,00	0,00			

Epoch 101				% Carriers & Diseased Population			
				% Carriers	% Diseased	Demographic Metrics Epoch	
				0,00	0,62	Mean Births/epoch	5,58
						Mean Deaths/epoch	1,36
						Mean new Families/epoch	2,52

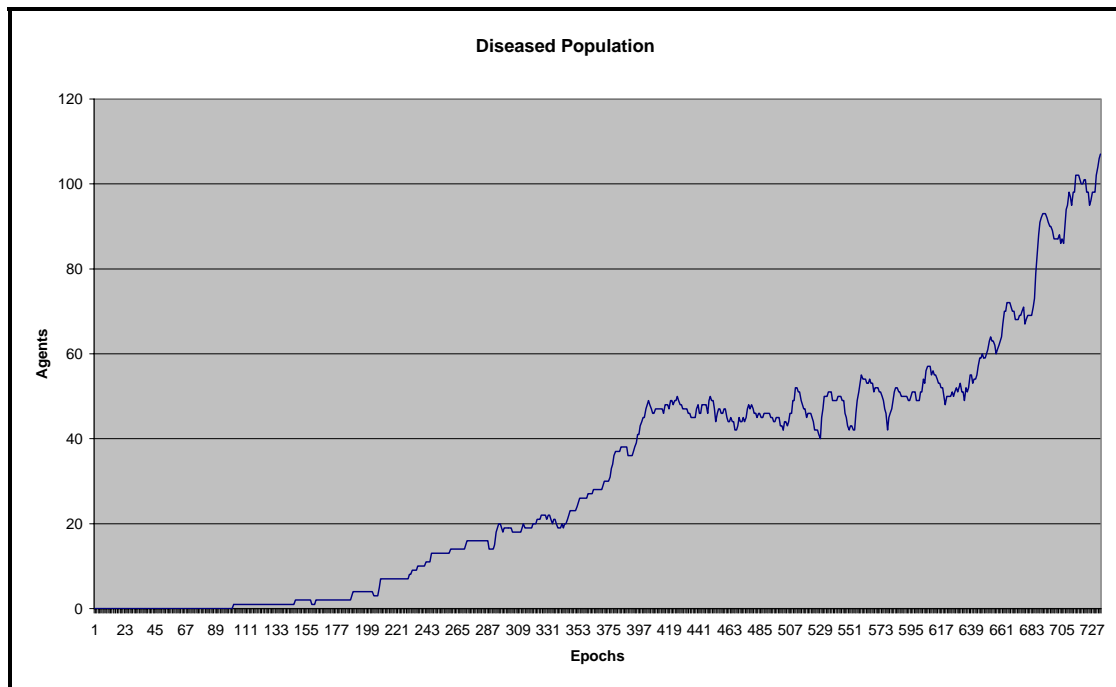
Σχήμα 6-8

Ο πληθυσμός που φαίνεται στο Σχήμα 1-9, παρουσίασε ποσοστό ανάπτυξης (μέχρι την εποχή που διακόπηκε η προσομοίωση) περίπου 0.388%, πολύ καλό για τα Ελληνικά δεδομένα σύμφωνα με ό,τι συζητήθηκε στο προηγούμενο πείραμα.



Σχήμα 6-9

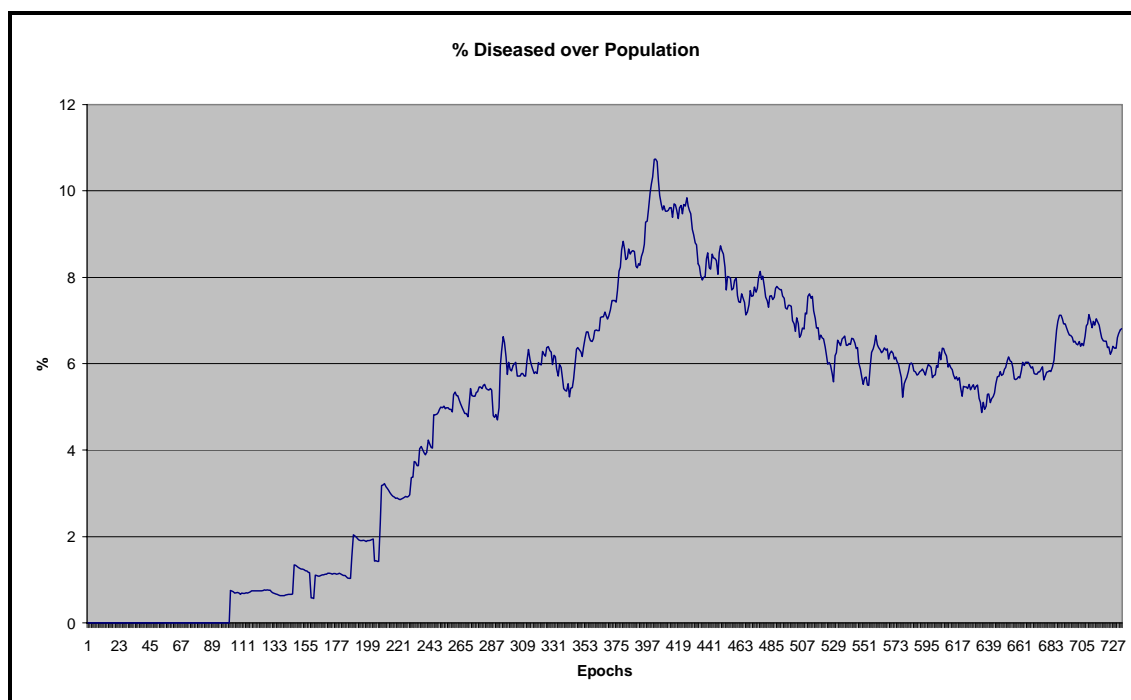
Στο Σχήμα 1-10, παρουσιάζεται ο πληθυσμός ασθενών ανά εποχή της κοινότητας που εξετάζουμε. Παρατηρούμε πως ο πράκτορας έκανε την εμφάνισή του μετά από την εποχή 100, και ακολούθως, αναπαράχθηκε, οδηγώντας στη μετάδοση της ασθένειας προς τα υπόλοιπα υγιή άτομα.



Σχήμα 6-10

Ακόμη παρατηρούμε πως υπήρχε μια σχετικά σταθερή αύξηση του πλήθους των ασθενών στην κοινωνία, η οποία συνεχιζόταν μέχρι και προς το τέλος της προσομοίωσης.

Στο επόμενο σχήμα (1-11) παρουσιάζεται η πορεία εξάπλωσης της ασθένειας, σε σχέση με τον ολικό πληθυσμό. Παρατηρούμε πως από κάποιο σημείο και μετά, υπάρχει μια σταθερή περιοχή που κυμαίνεται το ποσοστό, άρα η επιδημία εξαπλώνεται σε πλήθος ανάλογα όσο μεγαλώνει η κοινωνία λόγω των γεννήσεων. Εντύπωση προκάλεσε το γεγονός πως σε αυτή την περίπτωση προσομοίωσης του σχήματος, για κάποια περίοδο, έφτασε μέχρι άνω του 10% το ποσοστό των ασθενών.



Σχήμα 6-11

#### 6.2.4 Συμπεράσματα Χρήσης

Το πείραμα αυτό παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον, γιατί δίνει την δυνατότητα να μελετήσουμε μια κοινότητα-κοινωνία, στην οποία κάποιος εισέρχεται φέροντας μια άγνωστη γενετική ασθένεια.

Να σημειωθεί πως το σύστημα δοκιμάστηκε επανειλημμένα, και διαπιστώθηκαν κάποιες εξαιρέσεις στη πορεία του, για παράδειγμα σε μερικές προσομοιώσεις, ο αρχικός άρρωστος πράκτορας, τύγχανε να μην παντρευτεί, είτε να μη τεκνοποιήσει. Άρα καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη μιας ασθένειας, αποτελούν και κάποια άλλα χαρακτηριστικά του πράκτορα, όπως η θέλησή του για γάμο, το τι έχει να προσφέρει με τον γενετικό του έναντι των άλλων συμμετεχόντων, πόσα παιδιά γεννούν ως οικογένεια κατά μέσω όρο κλπ.

Το ότι παραμένει σχετικά σταθερό το ποσοστό των ασθενών έναντι του ολικού, σε χρονικές περιόδους που οι κοινωνίες έχουν μεγάλο αριθμό πρακτόρων και μεγάλη αύξηση, σημαίνει πως η μη γνώση και ο μη φόβος, σε συνδυασμό με την εισαγωγή κάποιου «αρρώστου», επηρεάζουν το όλο σύστημα σε ένα μεγάλο βαθμό.

## 6.3 Σενάριο 3

### 6.3.1 Στόχος Σεναρίου

Το σενάριο αυτό μελετά την επίδραση που έχει η γνώση της ασθένειας και το φόβο για τη γέννηση μη υγιών απογόνων, σε μια Χ-Χρωματοσωματική ασθένεια, κατά την οποία δηλαδή η μητέρα μεταφέρει το μεταλλαγμένο γονίδιο που βρίσκεται στο Χ-χρωματόσωμά της, στον υιό της. Η κοινωνία είναι προκατειλημμένη απέναντι στην ασθένεια, και πλήρως αρχικά ενημερωμένη.

### 6.3.2 Αρχικές Παράμετροι

Για το ζητούμενο θεωρήσαμε αρχικό πληθυσμό  $N=50$ , και πως όλα τα αρχικά άτομα της προσομοίωσης είναι υγιή. Οι μισοί ασθενείς έχουν ικανότητα τεκνοποίησης και δημιουργίας οικογένειας. Θεωρήσαμε μια ήδη προσβεβλημένη κατά την ασθένεια κοινωνία, κατά 5% του πληθυσμού ασθενών ανδρών, και κατά 15% φορείς γυναίκες.

Αρχικοποιούμε έτσι το σύστημα με τα παρακάτω δεδομένα:

Πίνακας 7: Δεδομένα

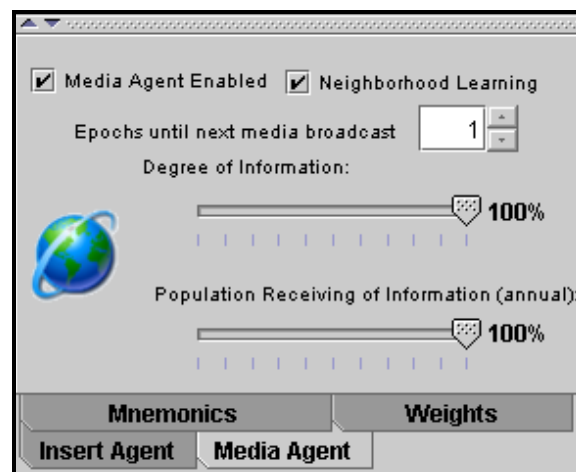
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΕΣ
Μέθοδος Μετάδοσης	Χ Χρωματοσωματική
Αρχικός Πληθυσμός	50
Νόμιμη Ηλικία Γάμου	18
Μέσος Όρος Ζωής	75
Μέση Διαφορά Ηλικίας Ζευγαριών	4
% Γάμοι ανά Πληθυσμό	30%
Μέσος Αριθμός Παιδιών ανά Οικογένεια	2.4
Αρχικός Βαθμός Ενημέρωσης	500
% Προγεννητικός Έλεγχος και Αποβολές	0%
Όνομα Ασθένειας	ΓΝΩΣΤΗ
Μετάλλαξη	0.003%
Φαινότυπος Ασθένειας	ΦΑΝΕΡΟΣ

% Φορείς Γυναίκες	15%
% Ασθενείς Άνδρες	5%
Ηλικία Εμφάνισης Ασθένειας	20
Επηρεάζει τη Διάρκεια Ζωής;	Όχι
Δυνατή η Αναπαραγωγή στους Ασθενείς;	Ναι -κατά 50%

### 6.3.3 Αποτελέσματα

Αυτό που αναμενόταν από την προκατειλημμένη κοινωνία, είναι να μην αποδεχθεί τους ασθενείς πράκτορες, ή τους φορείς οι οποίοι μπορούν να γεννήσουν ασθενείς απογόνους.

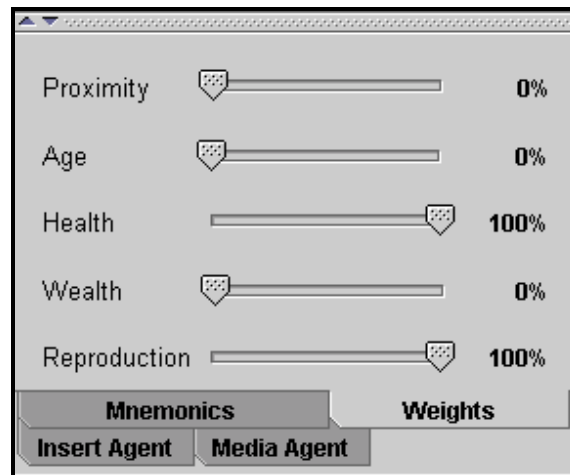
Καθορίστηκε ο βαθμός ενημέρωση από τον MediaAgent, όπως φαίνεται το Σχήμα 1-12 ως ο μέγιστος δυνατός και θεωρήθηκε πως όλο το ποσοστό πρακτόρων που ενεργοποιείται, παράλληλα ενημερώνεται.



Σχήμα 6-12

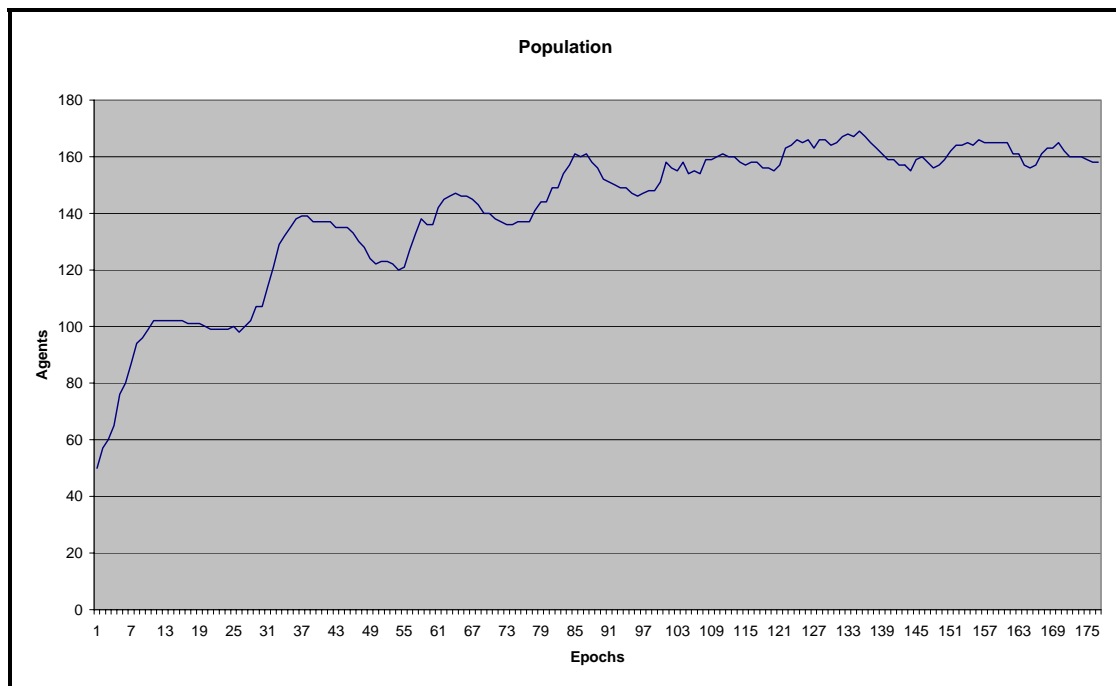
Ακόμη, ρυθμίστηκαν τα βάρη τα οποία θα λαμβάνει υπόψη η κοινωνία, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1-13. Έμφαση δόθηκε στον παράγοντα «Υγεία» και τον παράγοντα «Αναπαραγωγή».





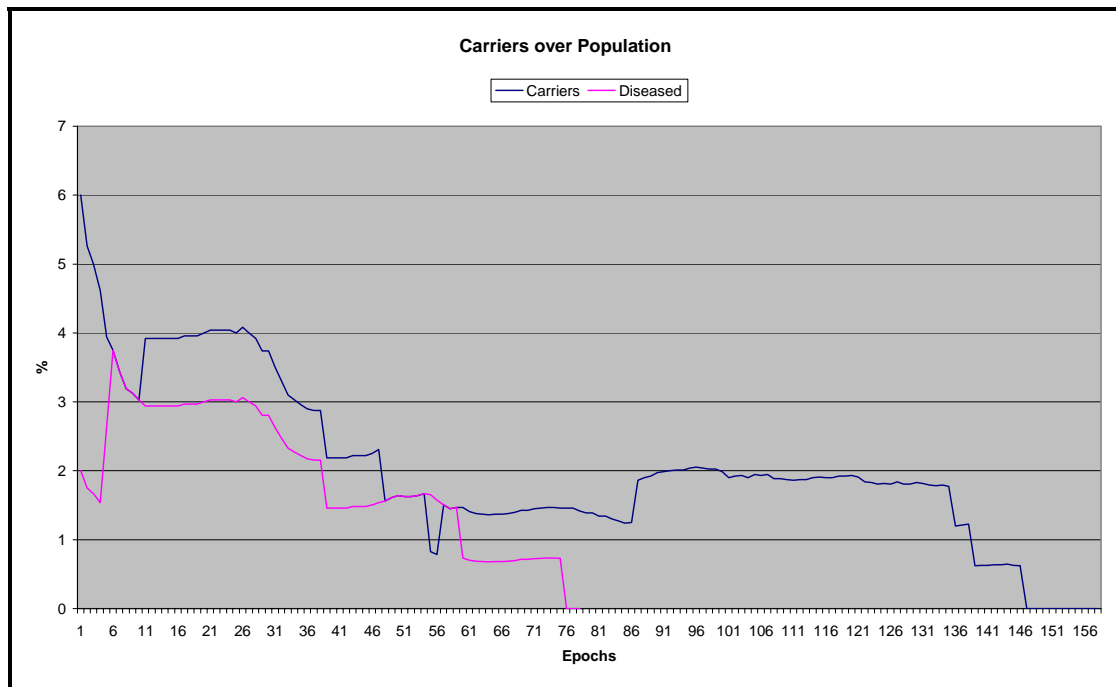
Σχήμα 6-13

Η εξέλιξη της πορείας του πληθυσμού, φαίνεται στο Σχήμα 1-14.



Σχήμα 6-14

Η αντίστοιχη πορεία του πλήθους των φορέων και ασθενών, φαίνεται στο Σχήμα 1-15. Παρατηρούμε από την αρχή της προσομοίωσης, πτώση του αριθμού των ασθενών, καθώς και των φορέων. Αυτό εξηγείται στο ότι αποφεύγονται γάμοι ατόμων οι οποίοι μπορεί να δώσουν ασθενή άτομα.



Σχήμα 6-15

#### 6.3.4 Συμπεράσματα Χρήσης

Παρατηρήσαμε με αυτό το πείραμα, την επίδραση που έχει μια προκατειλημμένη κοινωνία, απέναντι σε φορείς γενετικών ασθενειών, όταν ως παράγοντες επιλογής έχουν τους αποκλειστικά υγιή απογόνους, και την υγεία του συντρόφου τους. Ο βαθμός ενημέρωση και ο βαθμός φόβου, δεν επέτρεπαν σε άτομα ασθενή ή φορείς, αν παντρευτούν άτομα της ίδιας κατάστασης, αλλά λόγω του μικρού αρχικού πληθυσμού, πολλοί φορείς ήταν τελευταίοι στις επιλογές των υγιών ατόμων, με αποτέλεσμα να μην επιλέγονται ποτέ και να πεθαίνουν στο πλέγμα χωρίς γάμο.

# 7

## Επίλογος

### 7.1 Σύνοψη

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, υλοποιήθηκε το GeneCity, ένα περιβάλλον προσομοίωσης της μετάδοσης κληρονομικών παθήσεων, με τη χρήση της τεχνολογίας πρακτόρων λογισμικού.

Πιο συγκεκριμένα, το GeneCity, προσομοιώνει την εξάπλωση μιας πάθησης και των φορέων αυτής, σε μια κοινωνία που θα αποτελείται από πράκτορες (ανθρώπους), λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από παραμέτρους όπως η προκατάληψη ανάμεσα στους γάμους ατόμων φορέων της, οι τυχαίες μεταλλάξεις της ασθένειας, καθώς επίσης και κοινωνιολογικά στοιχεία, όπως για παράδειγμα η μέση διαφορά ηλικίας σε ζευγάρια, το όριο ζωής, ο φαινότυπος της πάθησης και κτλ.

### 7.2 Πολυπλοκότητα αλγορίθμων

Για να καταλήξουμε σε συνολική εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος, πρέπει να αναλύσουμε την πολυπλοκότητα των αλγορίθμων των επιμέρους τμημάτων. Οι αλγόριθμοι ταξινομήθηκαν κατά σειρά μεγαλύτερης πολυπλοκότητας

Πίνακας 8

Μέθοδος-Αλγόριθμος	Πολυπλοκότητα	Κλάση
Προεργασία Δεδομένων πριν Stable Marriage Problem	$O(n^2)$	MatchAgent
Επεξεργασία Δεδομένων μετά το SMP	$O(n^2)$	MatchAgent

Stable Marriage Algorithm	$O(n^2)$	SMP
Ενημέρωση από Δίκτυο Γειτονιάς	$O(n^2)$	SuperAgent
Επιλογή τυχαίων πρακτόρων	$O(n^2)$	SuperAgent
Υπολογισμός Θέσης στο Πλέγμα	$O(n^2)$	SuperAgent
Ταξινόμηση (Bubble Sort)	$O(n^2)$	SimpleAgent
Υπολογισμός Θέσης στο Πλέγμα	$O(n^2)$	FamilyAgent
Συμπλήρωση Στοιχείων νέων Οικογενειών	$O(n^2)$	FamilyAgent
Υπολογισμός Πληθυσμού Ανδρών Γυναικών	$O(n)$	SuperAgent
Δημιουργία Χωριού Πρακτόρων	$O(n)$	SuperAgent
Εκκίνηση Πρακτόρων	$O(n)$	SuperAgent
Προσφορά Ενημέρωσης από Μέσα	$O(n)$	SuperAgent
Αφαίρεση Νεκρών Πρακτόρων	$O(n)$	SuperAgent
Υπολογισμός Προτιμήσεων	$O(n)$	SimpleAgent
Οικογενειακός Προγραμματισμός	$O(n)$	SimpleAgent
Αρχική τιμή Πληροφόρησης	$O(n)$	MediaAgent
Λήψη Πληροφοριών	$O(n)$	MatchAgent

### 7.3 Συμπεράσματα

Η προσομοίωση κοινωνικών συμπεριφορών, είναι ένα θέμα που από μόνο του περιέχει υψηλό βαθμό ασάφειας και απροσδιοριστίας. Ακόμη και στην περίπτωση του GeneCity, του οποίου αντικείμενό του ήταν η μελέτη της εξάπλωσης κληρονομικών παθήσεων, οι συνέπειες στην πορεία της κοινωνίας ήταν μερικές φορές απρόβλεπτες, καθώς για παράδειγμα, σε ένα πληθυσμό υγιών ατόμων, ο ένας φορέας θα μπορούσε να μην τεκνοποιήσει και να μην εξαπλωθεί η ασθένεια όπως αναμενόταν.

Όπως γίνεται σαφές από τον πίνακα 6, το σύστημα έχει μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας και σε μεγάλες προσομοιώσεις, εισάγεται μεγάλη καθυστέρηση. Αυτό όμως ήταν αναμενόμενο από την αρχή, καθώς στόχος ήταν η πιστή μοντελοποίηση ενός τόσο διευρυμένου συστήματος. Η πλήρης παραμετροποίηση

του συστήματος μας, δίνει τη δυνατότητα να πετύχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα, έτσι ώστε το GeneCity να αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο στο χώρο για τους ερευνητές στο χώρο της ιατρικής, της βιολογίας και της κοινωνιολογίας.

## **7.4 Μελλοντικές επεκτάσεις**

Προς την ανάπτυξη ενός καλύτερου συστήματος προσομοίωσης, πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση στις απαιτήσεις των ερευνητών. Κάποια επιπλέον εργαλεία στο πρόγραμμα για την αξιολόγηση και την επεξεργασία των παραγόμενων δεδομένων, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα καλό βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση. Ακόμη πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις θα αφορούσαν την εισαγωγή μεταναστών και την εξαγωγή αποδήμων, την ύπαρξη περισσότερων της μίας γενετικών ασθενειών, την προσθήκη και άλλων τύπων κληρονομικών παθήσεων, τη χορήγηση περίθαλψης και τη βελτίωση της υγείας.

Θα μπορούσαν, επίσης, να προστεθούν καλύτερα οπτικά μέσα, περισσότερες γραφικές παραστάσεις, δυνατότητας εκτύπωσης αναφοράς σε πραγματικό χρόνο, με όλα τα αποτελέσματα εξόδου και αυτοματοποιημένες παρατηρήσεις, στατιστικές αναλύσεις σχόλια κ.ο.κ.

## **7.5 Τελευταίες σκέψεις...**

Ο συγγραφέας θεωρεί πως είναι απαραίτητη η διασύνδεση της τεχνολογίας με την ανθρώπινη φύση και τα προβλήματα που την απασχολούν. Γι' αυτό και επέλεξε ένα θέμα, το οποίο να προσπαθεί να κατανοήσει την ανθρώπινη συμπεριφορά πάνω σε ένα τόσο ευαίσθητο κοινωνικά θέμα, τόσο σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο. Και παρότι η προσομοίωση δεν επιλύει προβλήματα, μπορεί να βοηθήσει τους ερευνητές να κατανοήσουν καλύτερα την επιστήμη τους, και άρα να προσφέρουν εκεί που πραγματικά χρειάζεται, στον άνθρωπο και στη ποιότητα ζωής του.

Δ.Η

# 8

## Βιβλιογραφία

### 8.1 Συγγράμματα - Άρθρα

- [AXE84] Axelrod Robert M, The evolution of cooperation, Basic Books, New York, c1984
- [AXE87] Axelrod Robert M, The Evolution of Strategies in the Iterated Prisoner's Dilemma, L. D. Davis, ed., Genetic Algorithms and Simulated Annealing, Morgan Kaufmann, 1987
- [BUS89] Buss D. M, Sex differences in human mate preferences: Evolutionary hypotheses tested in 37 cultures, Behavioral Brain Sciences, 12: 1-49, 1989
- [CON97] Connor J. M., Ferguson-Smith M. A., Ιατρική Γενετική - Βασικές έννοιες, μτφρ. Αλέξανδρος Α. Κώτσης et al, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1997
- [CHA95] Chambers Lance et al., Practical Handbook of Genetic Algorithms, Applications Volume I, Edited by Lance Chambers, CRC Press, 1995
- [EPS96] Epstein Joshua M., Axtell Robert, Growing Artificial Societies: Social Science from the bottom up, MIT PRESS, 1996
- [BAN95] Banzhaf Wolfgang, Eekman Frank H., Evolution and Biocomputation: Computational models of evolution, Sringer, Germany 1995
- [GUS89] Gusfield Dan, Irving Robert W., The Stable Marriage Problem, Structure and Algorithms, MIT PRESS, 1989

- [GID02] Giddens A.: Κοινωνιολογία, μτφ Δ. Γ. Τσαούσης, Gutenberg, Αθήνα 2002
- [GOL89] Goldberg E. David, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, USA, 1989
- [HUB93] Huberman B. A., N. S. Glance, Evolutionary Games and Computer Simulations, Proceedings of National Academy of Sciences, USA 90 (August): 7716-18
- [HIL94] Hillbrand E., Stender J., Many-Agent simulation and Artificial Life, IOS Press, 1994
- [KER27] Kermack, W. O and McKendrick, A. G, "A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics." Proc. Roy. Soc. Lond. A 115, 700-721, 1927.
- [MCV71] McVitie D.G, Wilson L.B, The Stable Marriage Problem, Management Science/OR, v14, n.7, p.486-490, 1971
- [ZAK00] Zak Paul J. and Park Kwang Woo, "Population Genetics and Economic Growth" (August 3, 2000), URL <http://ssrn.com/abstract=239990>
- [KYP92] Κυριαζή Ν., Αναπαραγωγή του Πληθυσμού, Gutenberg, Αθήνα 1992
- [MIX02] Μιχαλέας Α., Δημογραφία, Ζυγός, Θεσσαλονίκη 2002
- [ΠΙΠ99] Πιπερόπουλος Γ., Κοινωνιολογία, Ζυγός, Θεσσαλονίκη 1999

## 8.2 Τεχνικά Εγχειρίδια- Προδιαγραφές

- FIPA Specifications n.23j, 2003
- FIPA Specifications n.61g, 2003
- JADE programmer's guide, TILab S.p.A, 2003

## 8.3 Πίνακες Δεδομένων

- «Δημογραφία», Κυπριακή Δημοκρατία, Στατιστική Υπηρεσία, 2003
- «Κυριότερα Αποτελέσματα της Απογραφής Πληθυσμού 2001», Κυπριακή Δημοκρατία, Στατιστική Υπηρεσία, Οκτώβριος 2002

## 8.4 Σχετικές Εργασίες

- Βάλτου Βαγγέλη, Σέρογλου Σεραφείμ, Το παιχνίδι της ζωής: Μια προσέγγιση με αυτόνομους πράκτορες λογισμικού, Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη 2003

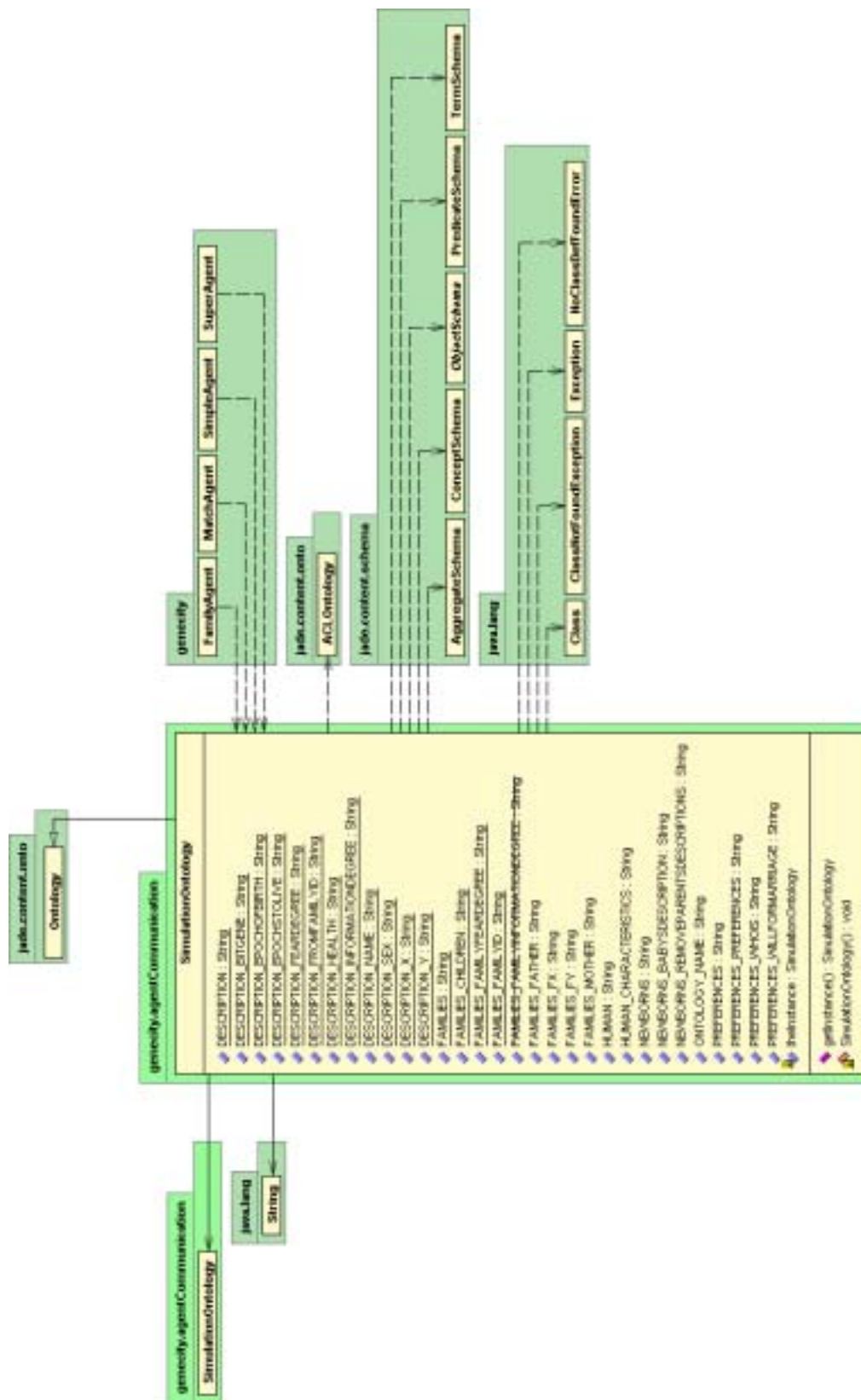
## 8.5 URL

[URL1]        <http://java.sun.com>

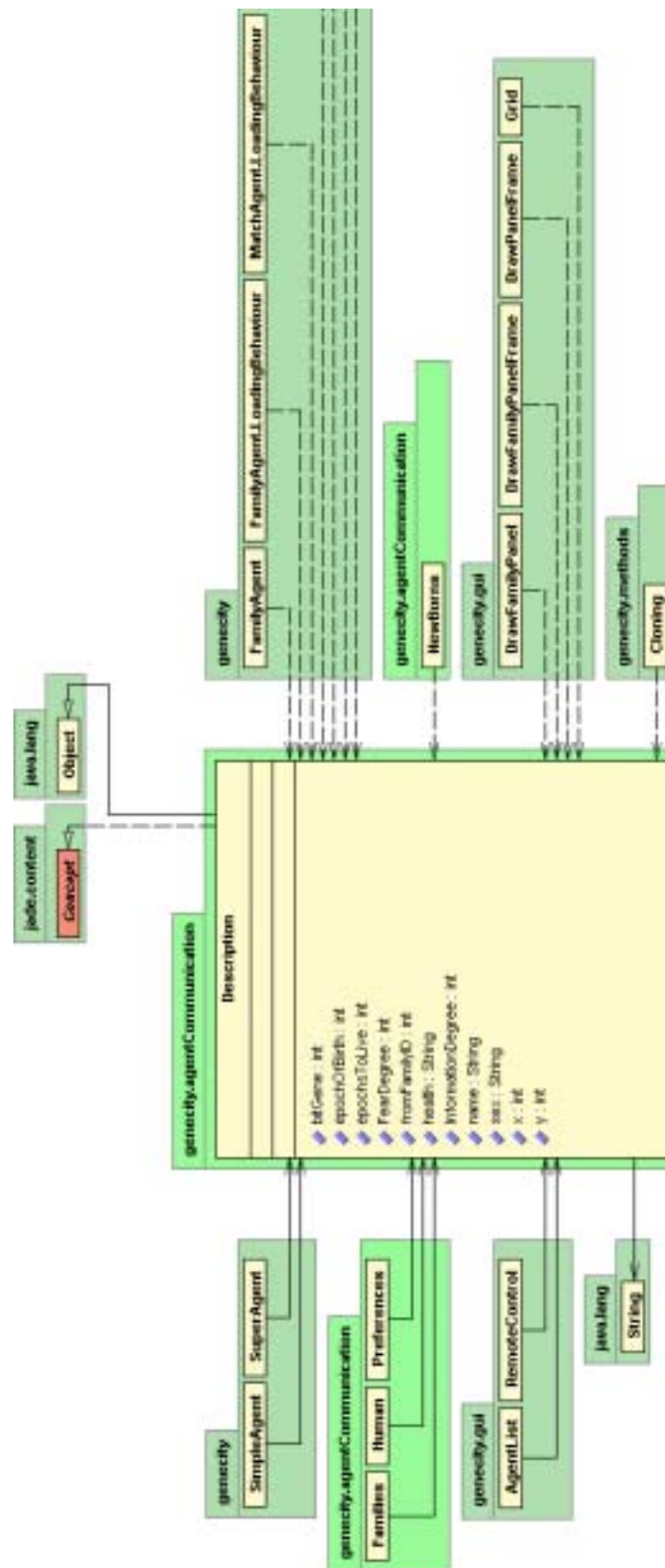
[URL2)        <http://jade.cselt.it>



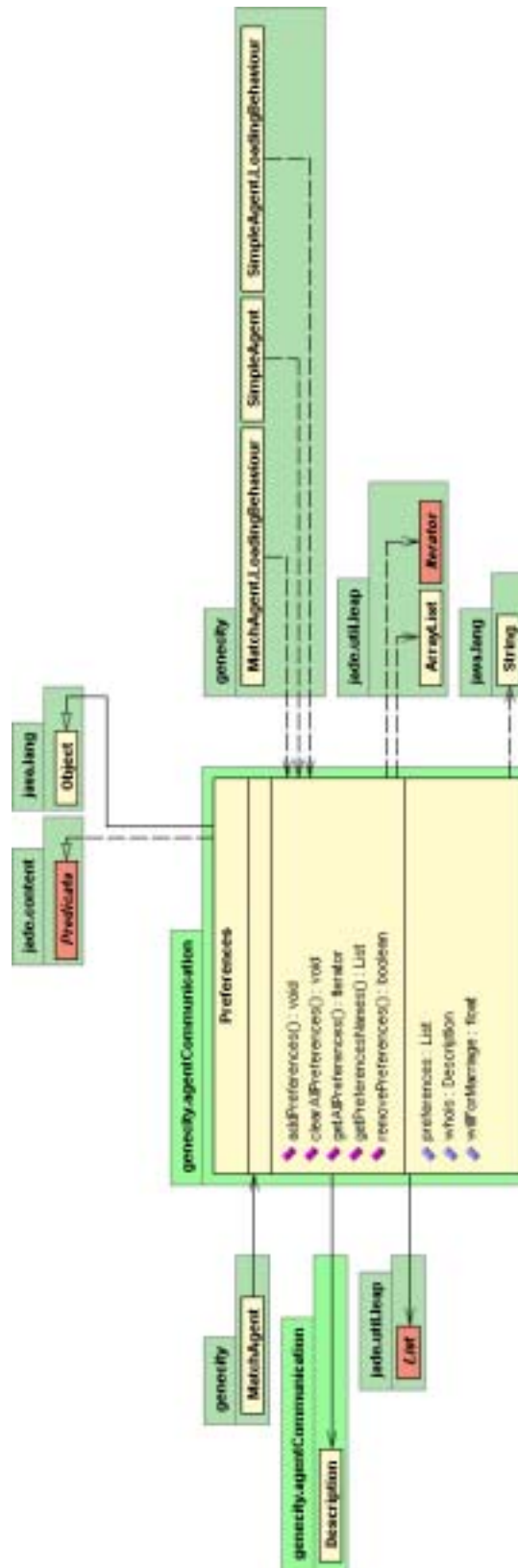
## Παράρτημα A-1 - UML Διάγραμμα Οντολογίας SimulationOntology



## Παράρτημα Α-2 - UML Διάγραμμα Description

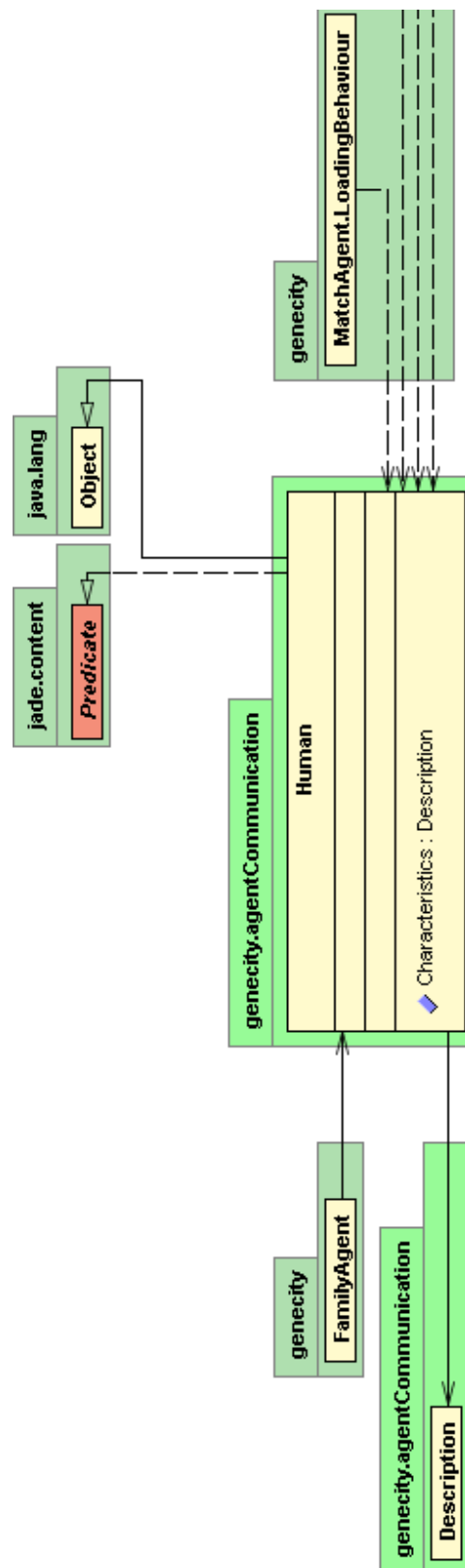


### Παράρτημα Α-3 - UML Διάγραμμα Preferences

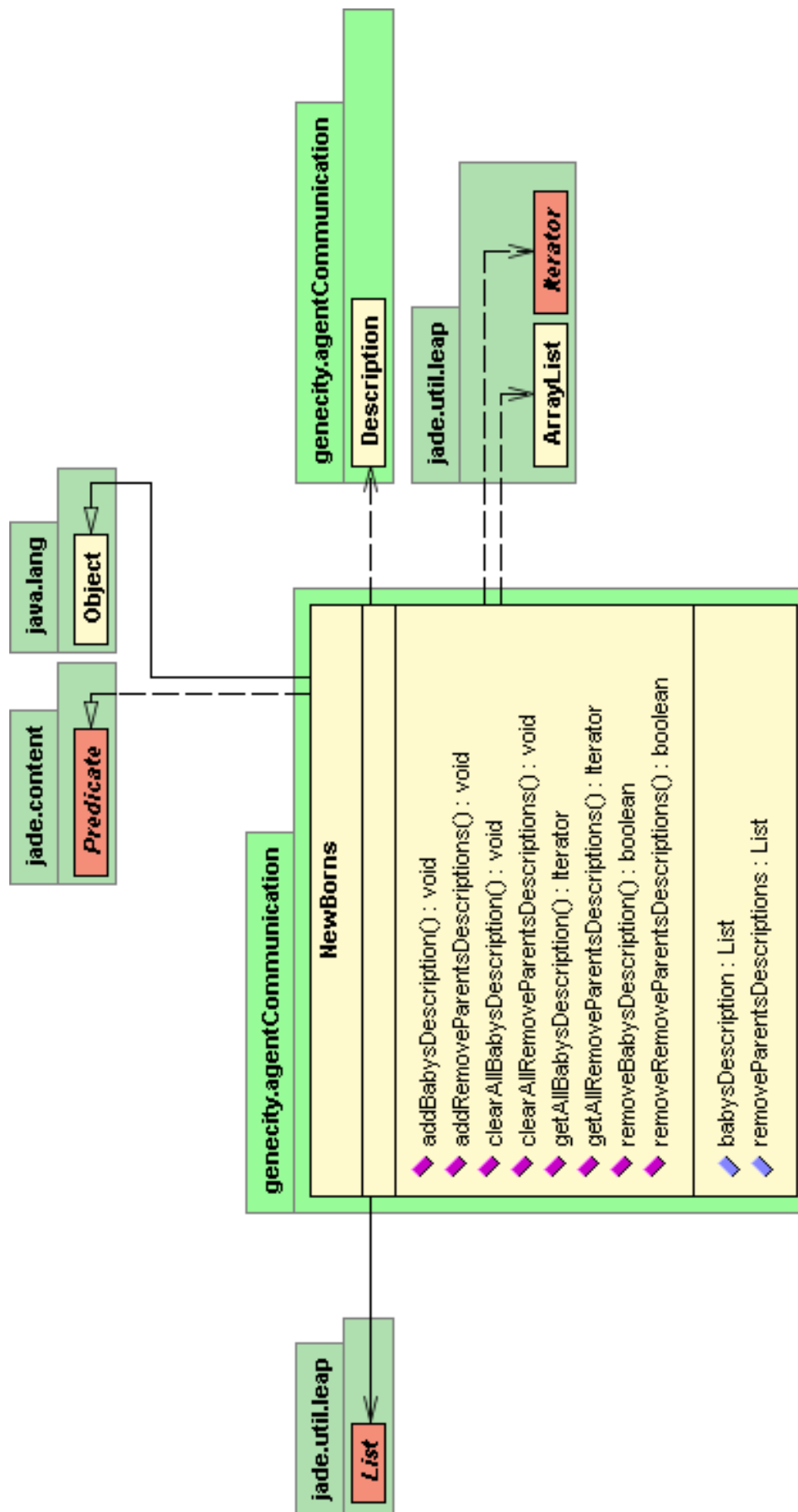




## Παράρτημα Α-5 - UML Διάγραμμα Human



Παράρτημα Α-6 - UML Διάγραμμα NewBorns



Παράρτημα Β-1 - Παράδειγμα Περιεχομένων Αρχείου Στοιχείων και Πίνακα

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	GeneCity data : 29.06.2004 01:01:54																		
2	Does not: TRUE																		
3	Is able to: TRUE																		
4	Age Differ 4.0																		
5	Mating Vis 30																		
6	Initial Pop 50																		
7	Initial Info 20																		
8	Condition: 3																		
9	Disease: Familial Mediterranean Fever - FMF																		
10	Fertility R: 2.43																		
11	Legal Mar 18																		
12	Life Span: 75																		
13	Expected: 40																		
14	Marriages: 30.0																		
15	Method of: 1																		
16	Mean age: 10																		
17	Patients o: 15																		
18	Pre birth c: 0.1																		
19	Mutation F: 0.0030																		
20	Reproduc: 100																		
21	Diseased: 5																		
22	Dominant: FALSE																		
23	Name	Sex	Birth	Death	Health	Fear	Info	Comment	Family	Epoch	GAccept	GFear	GHealth	GInfluen	GMut	GPheno	GRepro	GVis	OWealth
24	human-2	Male	-25	78	Healthy	0	20	Initial	0	0	3	24	0	6	0	0	0	11	5
25	human-1	Female	-26	87	Healthy	0	20	Initial	0	0	7	3	0	5	0	0	0	5	4
26	human-4	Male	-19	62	Healthy	0	20	Initial	0	0	6	16	0	1	0	0	0	17	3
27	human-3	Female	-25	77	Healthy	0	20	Initial	0	0	2	28	0	9	0	0	0	18	9
28	human-5	Female	-22	53	Healthy	0	20	Initial	0	0	5	27	0	5	0	0	0	30	2
29	human-7	Female	-26	77	Healthy	0	20	Initial	0	0	1	13	0	3	0	0	0	19	13
30	human-6	Male	-19	86	Healthy	0	20	Initial	0	0	2	21	0	14	0	0	0	13	7
31	human-8	Male	-18	50	Healthy	0	20	Initial	0	0	5	1	0	12	0	0	0	24	0
32	human-10	Male	-22	70	Healthy	0	20	Initial	0	0	11	4	0	0	0	0	0	25	13
33	human-9	Female	-23	53	Healthy	0	20	Initial	0	0	6	8	0	2	0	0	0	13	6
34	human-11	Female	-19	71	Healthy	0	20	Initial	0	0	6	3	0	1	0	0	0	2	1
35	human-13	Female	-26	80	Healthy	0	20	Initial	0	0	12	17	0	12	0	0	0	2	4
36	human-12	Male	-19	68	Healthy	0	20	Initial	0	0	4	30	0	14	0	0	0	3	8
37	human-14	Male	-25	58	Healthy	0	20	Initial	0	0	7	8	0	6	0	0	0	18	10
38	human-15	Female	-27	76	Healthy	0	20	Initial	0	0	4	7	0	12	0	0	0	28	2
39	human-17	Female	-26	75	Healthy	0	20	Initial	0	0	13	11	0	0	0	0	0	18	2
40	human-20	Male	-25	77	Healthy	0	20	Initial	0	0	5	13	0	7	0	0	0	25	6
41	human-18	Female	-21	77	Healthy	0	20	Initial	0	0	2	17	0	0	0	0	0	26	5
42	human-16	Male	-22	78	Healthy	0	20	Initial	0	0	12	12	0	8	0	0	0	21	1
43	human-15	Male	-27	87	Healthy	0	20	Initial	0	0	10	18	0	5	0	0	0	17	5



## Παράρτημα Β-2 - Παράδειγμα Περιεχομένων Αρχείου Μετρικών

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	Genetic data : 29.06.2004 01:01:54																							
2	Epoch	Epoch	Agent	Pop	Carriers	Diseased	100% Carriers	100% Diseased	New child	Aborted	New age	Number	Number	Deaths	Births	Males	Females	People	Male Carriers	Female Carriers	Male People	Female People	Male People	Female People
3	1	50	1.00	3	3	1.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25	50	0	0	1	0	0	0
4	2	54	1.00	3	3	1.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	4	0	0	0	0	0
5	3	54	1.00	3	3	1.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	4	59	1.00	3	3	1.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	5	67	1.00	4	4	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	6	78	1.00	4	4	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	7	92	1.00	4	4	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	8	100	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	9	104	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	10	109	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	11	111	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12	113	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	13	114	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	14	115	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	15	115	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	16	115	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	17	115	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	115	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	19	115	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	20	115	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	21	115	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	22	114	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	23	114	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	24	114	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	25	114	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	26	114	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	27	117	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	28	118	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	29	119	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	30	122	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	31	126	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	32	126	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	33	140	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	34	148	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	35	154	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	36	161	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	37	162	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	38	166	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	39	167	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	40	167	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	41	168	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	42	165	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	43	164	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	44	164	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	45	161	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	46	160	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	47	160	1.00	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	48	160	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	49	158	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	50	167	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	51	166	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	52	154	0.99	5	5	2.000	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0