



**Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**

**«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

<b>Τίτλος Διατριβής</b>	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΕΦΟΥΣ ΚΑΙ ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ : ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</b>
<b>Όνοματεπώνυμο Φοιτητή</b>	<b>Αργύριος Δέδες</b>
<b>Πατρώνυμο</b>	<b>Γεώργιος</b>
<b>Αριθμός Μητρώου</b>	<b>ΜΠΣΠ/ 12016</b>
<b>Επιβλέπων</b>	<b>ΔΡ. Χρήστος Δουλιγέρης</b>

**Ημερομηνία Παράδοσης    Οκτώβριος 2016**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Χρήστος Δουληγέρης

Παναγιώτης Κοτζανικολάου

Πολέμη Νινέτα

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η μεταπτυχιακή μου αυτή διατριβή αποτελεί έργο προσωπικής μου προσπάθειας. Για να ολοκληρωθεί και να φτάσει στο επιθυμητό αυτό σημείο απαιτήθηκαν ώρες μελέτης, συγκέντρωσης και συλλογής πληροφοριών. Ευχαριστώ όλους όσους με βοήθησαν καθ' όλη την περίοδο εκπόνησης και συγγραφής δίνοντάς μου κουράγιο και στήριξη. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου για τις πολύτιμες συμβουλές, τις συστάσεις και τις κατευθυντήριες γραμμές που μου έδινε. Τέλος, ευχαριστώ την εξεταστική επιτροπή που μου κάνει την τιμή να αξιολογήσει την εργασία μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ασχολείται με το ζήτημα της υπολογιστικής νέφους και ευφυείς τεχνικές : επισκόπηση και εφαρμογές. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά στο υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing). Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται το υπολογιστικό νέφος και πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή της δημιουργίας του. Επιπλέον, αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του και περιγράφεται η λειτουργία του. Στο ίδιο κεφάλαιο παρατίθενται τα πλεονεκτήματα του Υπολογιστικού νέφους , οι πιο διαδεδομένες μορφές υπηρεσιών του και τα νέφη (cloud) μοντέλα ανάπτυξης. Το επόμενο κεφάλαιο ασχολείται με τα προβλήματα του υπολογιστικού νέφους και συγκεκριμένα με τα μειονεκτήματά του και τα θέματα ασφαλείας στα μοντέλα υπηρεσιών. Το τρίτο κεφάλαιο της εργασία αναφέρεται στην ασαφή λογική. Αφού προηγηθεί μια ιστορική ανασκόπηση, στη συνέχεια, αποτυπώνονται οι επτά αλήθειες της ασαφούς λογικής. Ακόμη αναφέρονται οι εφαρμογές και οι περιορισμοί της. Το κεφάλαιο κλείνει με την περιγραφή κάποιων αλγορίθμων εξελικτικού υπολογισμού όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι, οι μιμητικοί αλγόριθμοι, η νοημοσύνη σμήνων, τα ασαφή σύνολα, οι μεταερευτικές τεχνικές και οι μέθοδοι πολλαπλών εκκινήσεων. Το τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας περιλαμβάνει έναν από τους παραπάνω αλγορίθμους σε εκτενέστερη περιγραφή. Συγκεκριμένα περιγράφονται οι γενετικοί αλγόριθμοι και τα χαρακτηριστικά τους. Τέλος στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή της ασαφούς λογικής πάνω στην υπολογιστική νέφους.

## **ABSTRACT**

This master thesis deals with the question of the cloud computing and intelligent techniques: overview and applications. Initially, the first chapter refers to the cloud (Cloud Computing). More specifically, it describes the cloud and carried a history of its development. In addition, it lists its features and describes the operation. In the same chapter lists the advantages of Cloud Computing, the most prevalent types of services and Cloud development models. The next chapter deals with the problems of Cloud Computing and specifically with its drawbacks and security issues in service models. The third chapter of this thesis discusses fuzzy logic. Preceded by a historical survey, and then it presents the seven truths of fuzzy logic. It also mentions its applications and limitations. The chapter ends with the description of some evolutionary computation algorithms such as genetic algorithms, memetic algorithms, swarm intelligence, fuzzy sets, the metaefretikes techniques and methods multiboot. The fourth chapter of this thesis discuss one of the above algorithms more extensive description. Specifically the genetic algorithms and their characteristics are described. In the fifth and last chapter is presented the application of fuzzy logic in the cloud computing.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>3</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>6</b>
<b>1.....</b>	<b>10</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ (CLOUD COMPUTING).....</b>	<b>10</b>
1.1    Τι είναι το υπολογιστικό νέφος.....	10
1.2    Ιστορία του υπολογιστικού νέφους.....	14
1.3    Χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους .....	16
1.4    Πως λειτουργεί το υπολογιστικό νέφος .....	17
1.5    Πλεονεκτήματα του υπολογιστικού νέφους.....	18
1.6    Οι πιο διαδεδομένες μορφές υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους .....	21
1.7    Μοντέλα ανάπτυξης του νέφους .....	23
1.7.1    Δημόσια νέφη ( public clouds ) .....	24
1.7.2    Ιδιωτικά νέφη ( private clouds ).....	25
1.7.3    Υβριδικά νέφη ( Hybrid clouds ) .....	26
<b>2.....</b>	<b>28</b>

<b>ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ.....</b>	<b>28</b>
2.1    Εισαγωγή.....	28
2.2    Μειονεκτήματα του νέφους .....	30
2.3    Θέματα ασφαλείας στα μοντέλα υπηρεσιών.....	31
<b>3.....</b>	<b>34</b>
<b>ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ.....</b>	<b>34</b>
3.1.    Ιστορική ανασκόπηση .....	34
3.2.    Οι επτά αλήθειες της ασαφούς λογικής .....	366
3.3.    Εφαρμογές της ασαφούς λογικής.....	377
3.4.    Περιορισμοί της ασαφούς λογικής.....	39
3.5    Εξελικτικός υπολογισμός.....	400
3.5.1    Γενετικοί αλγόριθμοι .....	411
3.5.2    Μιμητικοί αλγόριθμοι.....	422
3.5.3    Νοημοσύνη σμήνων.....	433
3.5.4    Ασαφή σύνολα .....	444
3.5.5    Μεταευρετικές τεχνικές .....	466
3.5.6    Μέθοδοι πολλαπλών εκκινήσεων .....	477
3.6    Εφαρμογές της ασαφούς λογικής.....	49
3.7    Ο αλγόριθμος ANFIS .....	511
3.7.1    Πλεονεκτήματα του ANFIS.....	522

3.7.2	Μειονεκτήματα του ANFIS .....	533
3.7.3	Περιορισμοί .....	533
<b>4</b>	<b>.....</b>	<b>555</b>
	<b>ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ.....</b>	<b>555</b>
4.1	Εισαγωγή.....	555
4.2	Βιολογικό Υπόβαθρο .....	566
4.3	Περιγραφή του Γενετικού Αλγόριθμου .....	600
4.4	Επιλογή χρωμοσωμάτων .....	622
4.5	Ο Τελεστής Διασταύρωσης (Crossover Operator).....	644
4.6	Ο Τελεστής Μετάλλαξης (Mutation Operator).....	68
4.7	Επιβίωση .....	700
4.8	Τα κριτήρια Λήξης ενός Γενετικού Αλγορίθμου .....	700
4.9	Μαθηματικός μηχανισμός των ΓΑ.....	733
4.10	Πλεονεκτήματα Γενετικών Αλγορίθμων .....	744
4.11	Εφαρμογές Γενετικών Αλγορίθμων .....	777
<b>5</b>	<b>.....</b>	<b>79</b>
	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΕΦΟΥΣ ....</b>	<b>79</b>
5.1	Επισκόπηση μελετών .....	79
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>83</b>





# 1

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ (CLOUD COMPUTING)**

### **1.1 Τι είναι το υπολογιστικό νέφος**

Ξεκινώντας, ο όρος του υπολογιστικού νέφους, είναι γενικά μη καθορισμένος και μπορεί να βρεθούν αρκετοί ορισμοί για αυτόν. Σύμφωνα με το US National Institute for Standards and Technology, το υπολογιστικό νέφος είναι: « Ένα μοντέλο που παρέχει τη ικανότητα της συνεχούς, εύκολης και υψηλών απαιτήσεων πρόσβασης σε μια κοινόχρηστη συλλογή ρυθμιζόμενων υπολογιστικών πόρων, όπου τροφοδοτούνται και απελευθερώνονται με μικρή προσπάθεια διαχείρισης και αλληλεπίδρασης παροχής υπηρεσιών».[5]

Επιλέγοντας κοινούς όρους, θα είχαμε την δυνατότητα να πούμε ότι τεχνολογία υπολογιστικού νέφους είναι οποιοδήποτε λογισμικό λειτουργεί ο χρήστης, το οποίο όμως δεν τρέχει στον υπολογιστή του, αλλά τρέχει στο διαδίκτυο. Επομένως το υπολογιστικό νέφος επιλέγεται, όταν ο χρήστης αποθηκεύει δεδομένα ή πραγματοποιεί

χρήση υπηρεσιών όπου είναι αποθηκευμένες όχι σε κάποιο κέντρο δεδομένων, αλλά κάπου στο διαδίκτυο και δεν ξέρει το συγκεκριμένο μέρος.

Ακόμα, το υπολογιστικό νέφος παρέχει την ευκαιρία στους χρήστες του, αυτοί είναι είτε εξατομικευμένοι χρήστες διαδικτύου, είτε ολόκληρες επιχειρήσεις ή οργανισμοί, να αποθηκεύουν, να επεξεργάζονται και να διαχειρίζονται τα δεδομένα τους τα οποία, είναι σε ένα «νέφος» απόμακρων δικτύων στο οποίο, έχουν αρκετά εύκολη πρόσβαση. Η 1.1 εικόνα είναι ένα οπτικό μοντέλο του ορισμού του υπολογιστικού νέφους, που βασίζεται στον ορισμό που δόθηκε παραπάνω από το National Institute for Standards and Technology (NIST).

<b>Βασικά Χαρακτηριστικά</b>	Ευρεία συνδεσιμότητα – Μεγάλη Ελαστικότητα- Ελεγχόμενες Υπηρεσίες- Self Service Ανάλογα με τη Ζήτηση- Δεξαμενή Πληροφοριών
<b>Μοντέλα Υπηρεσιών</b>	SaaS - PaaS - IaaS
<b>Μοντέλα Ανάπτυξης</b>	Δημόσιο Σύννεφο * Ιδιωτικό Σύννεφο * Υβριδικό Σύννεφο * Κοινοτικό Σύννεφο

Εικόνα 1.1: Απεικόνιση ορισμού του υπολογιστικού νέφους

Πιο κάτω ακολουθούν οι απόψεις κάποιων σημαντικών ανθρώπων στο χώρο των εξελίξεων της πληροφορικής σχετικά με τον ορισμό του υπολογιστικού νέφους. Ο Sheynkman μέλος συμβουλίου των Grid Gain Systems χαρακτηρίζει ότι «το μοντέλο του υπολογιστικού νέφους στόχευε πρώτα στο να κάνει το επίπεδο του υλικού (hardware) καταναλώσιμο ως κατά βούληση επεξεργαστική ισχύ και αποθηκευτικό χώρο. Αυτό είναι ένα βασικό πρώτο βήμα, όμως για να χρησιμοποιήσουν οι

επιχειρήσεις τη δύναμη του νέφους, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί πλήρης υποδομή εφαρμογής, να επεκταθεί, και να προσαρμοστεί δυναμικά σε αυτά τα εικονικά περιβάλλοντα υλικού.»

Ο Steve Jobs, ιδρυτής της Apple σε ομιλία του την χρονιά του 1997 παρουσιάζει την εμπειρία του ως απλός χρήστης με 4 προσωπικούς υπολογιστές σε απομακρυσμένες γεωγραφικά τοποθεσίες. Αυτό που έκανε ήταν να έχει πρόσβαση στα προσωπικά του δεδομένα και να τα ανανεώνει σαν να ήταν κάθε φορά στον τοπικό σκληρό δίσκο. Αρκετά χρόνια πιο μετά, το 2011 στο WWDC, το παρουσίασε ως «σκληρό δίσκο στον ουρανό». Το πιο πάνω σενάριο εμφανίζει μια πρόωμη έννοια του νέφους από πλευράς εικονικοποίησης αποθήκευσης σε επίπεδο hardware. Έτσι, αυτό που έρχεται να τοποθετηθεί στον τωρινό ορισμό του υπολογιστικού νέφους είναι η γενικότερη πληροφορική ως προσφερόμενη υπηρεσία. Σε αυτή την κατεύθυνση ένας σύγχρονος και αρκετά ολοκληρωμένος ορισμός είναι αυτός που παρουσιάζουν οι Armbrust κ συνεργάτες ως εξής: «Το υπολογιστικό νέφος αναφέρεται στις εφαρμογές που παραδίδονται ως υπηρεσίες μέσω του διαδικτύου, στα υπολογιστικά μηχανήματα (hardware) και στο λογισμικό (software) που υπάρχουν σε ένα κέντρο πληροφοριών που παρέχει αυτές τις υπηρεσίες». [11]

Επιπλέον, μια άποψη παρουσιάζει και ο Kevin Hartig, διευθυντής του opensource Assimilator project της Sun Microsystems. «Το υπολογιστικό νέφος επικαλύπτει μερικές από τις έννοιες των distributed, grid και utility computing, έχει όμως την δική του έννοια εάν συμφραστικά χρησιμοποιείται σωστά. Το υπολογιστικό νέφος όντως έχει πρόσβαση στους πόρους και τις υπηρεσίες που χρειάζεται να πραγματοποιούν λειτουργίες με δυναμικά διαφοροποιούμενες ανάγκες. Ακόμα, ένας υπεύθυνος για την ανάπτυξη εφαρμογής ή υπηρεσιών ζητά την πρόσβαση από το νέφος παρά από κάποιο τερματικό σημείο ή έναν καθορισμένο πόρο. Αυτό που γίνεται στο νέφος είναι ότι διαχειρίζεται πολλαπλές υποδομές από πολλαπλούς οργανισμούς και αποτελείται από ένα ή παραπάνω πλαίσια που βρίσκονται πάνω από τις υποδομές και τις συνδέουν. Το νέφος είναι εικονικοποίηση των πόρων και διατηρείται και ρυθμίζεται από μόνο του». [12]

Βασική αιτία για την ύπαρξη των αρκετών αντιλήψεων για το υπολογιστικό νέφος είναι ότι , αντίθετα από άλλους τεχνικούς όρους, δεν είναι μια καινούρια τεχνολογία, αλλά ίσως ένα καινούριο πρότυπο διαδικασιών που μαζεύει έναν αριθμό υπαρχουσών τεχνολογιών για να διευθύνει μια επιχείρηση με έναν αλλιώτικο τρόπο (Zhang κ συνεργάτες).[13]

Όντως, η πλειοψηφία από τις τεχνολογίες που λειτουργούν στο υπολογιστικό νέφος, όπως η εικονικοποίηση και η στηριζόμενη στην χρησιμότητα τιμολόγηση, δεν είναι καινούργιες. Έτσι, το υπολογιστικό νέφος λειτουργεί τις συγκεκριμένες τεχνολογίες για να καλύψει τις τεχνολογικές και οικονομικές απαιτήσεις της σημερινής ζήτησης στην τεχνολογία πληροφοριών.

Επίσης, οι Hu και συνεργάτες χαρακτηρίζουν ότι το υπολογιστικό νέφος είναι από αρκετές απόψεις ένα συνονθύλευμα διαφορετικών τεχνολογιών της πληροφορικής και εννοιών όπως το Grid Computing, η εικονικοποίηση, η αυτόνομη υπολογιστική, η υπηρεσιοκεντρική αρχιτεκτονική (SOA), τα δίκτυα peer-to-peer (P2P) και η επί παντός πληροφορική (ubiquitous computing). Κάτω από την συγκεκριμένη μορφή, το υπολογιστικό νέφος έχει κληρονομήσει αρκετά από τα θετικά αλλά και τα αρνητικά των συγκεκριμένων τεχνολογιών. Μια από τις βασικές κατευθυντήριες δυνάμεις πίσω από την ανάπτυξη του υπολογιστικού νέφους ήταν να λειτουργηθούν πλήρως οι τωρινοί, αλλά υποχρησιμοποιούμενοι υπολογιστικοί πόροι στα κέντρα δεδομένων [14].

Ακόμα, το Amazon δημιούργησε τη λέξη "ελαστικότητα" και δίνει μια καλή ιδέα για τα κύρια χαρακτηριστικά του νέφους (cloud): « η διαβάθμιση των πόρων για την επιχείρηση έχει την δυνατότητα να επιτευχθεί εντός λεπτών ή ακόμα και τα δευτερολέπτων, αντί για ημέρες ή εβδομάδες, έτσι αποφεύγεται η υποχρησιμοποίηση ή και η υπερχρησιμοποίηση των πόρων για την επιχείρηση.»

## 1.2 Ιστορία του υπολογιστικού νέφους

Παλιότερα υπήρχαν δυο διαδικασίες για να αναπτυχτεί ένας υπέρ- υπολογιστής. Αρχικά υπάρχει η προσέγγιση του στυλ Blue Gene, η οποία δημιουργεί έναν τεράστιο υπολογιστή με εκατοντάδες ίσως και πιο πολλούς επεξεργαστές. Η δεύτερη προσέγγιση που υιοθετήθηκε από την Google παίρνει έναν μεγάλο αριθμό από μικρούς και λιγοστού κόστους υπολογιστές και τους ενσωματώνει σε έναν Cluster με τέτοιο τρόπο όπου να έχουν την δυνατότητα να δουλεύουν όλοι μαζί σαν ένας πολύ μεγάλος υπέρ-υπολογιστής. Ακόμα, οι υπέρ-υπολογιστές έχουν πολλούς επεξεργαστές τοποθετημένους σε ένα και μοναδικό μηχάνημα, και μοιράζονται κοινή μνήμη και I/O, ενώ οι συστάδες είναι δημιουργημένοι από πολλούς μικρότερους υπολογιστές κάθε ένας από τους οποίους περιέχουν τη δική τους μνήμη και I/O.

Χρόνια πριν, οι υπολογιστές ενωνόντουσαν σε έναν Cluster για να υλοποιήσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα που είναι ουσιαστικά ο υπέρ-υπολογιστής. Η συγκεκριμένη τεχνολογία ήταν γνωστή στη βιομηχανία και χρησιμοποιούνταν από αρκετές εταιρίες πληροφορικής. Αυτή η τεχνολογία παρείχε την δυνατότητα να παραμετροποιήσει κάποιος έναν υπολογιστή στο να επικοινωνεί με άλλους με πρωτόκολλα ειδικά σχεδιασμένα για να εξισορροπούν τον υπολογιστικό φόρτο μεταξύ των μηχανημάτων. Ο χρήστης δεν νοιαζόταν για το ποια κεντρική μονάδα εργασίας χρησιμοποιούσε για να τρέξει το πρόγραμμά του, και ο Cluster έδινε την εγγύηση ότι ο κώδικας θα τρέξει στην καλύτερη δυνατή διαθέσιμη μονάδα εκείνη τη στιγμή.

Την χρονιά του '90 οι Ian Foster και Carl Kesselman παρουσίασαν μια καινούρια ιδέα που λέγεται “Πλέγμα” (“Grid”). Η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε για την συγκεκριμένη ιδέα ήταν το ηλεκτρικό διασυνδεδεμένο δίκτυο, όπου οι χρήστες θα είχαν την δυνατότητα να συνδεθούν στο Grid και να χρησιμοποιήσουν μια μετρήσιμη υπηρεσία.

Αν οι εταιρίες μπορούν δίχως να έχουν την δική τους ηλεκτρική παραγωγή, και όμως να χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα εξωτερικού παρόχου, τότε γιατί αυτό να μην έχει την δυνατότητα να πραγματοποιηθεί και με την υπολογιστική ισχύ; Να έρχεται ο

χρήστης σε επαφή με ένα Grid (πλέγμα) υπολογιστών και να πληρώνει για ό,τι χρησιμοποιεί.

Ακόμα, η τεχνολογία του πλέγματος ευρύνει τις τεχνικές της συστάδας, όπου αρκετές διασυνδεδεμένες ανεξάρτητες συστάδες έχουν την δυνατότητα να δουλέψουν ως πλέγμα εξαιτίας αλλά και παρά τη φύση τους να δουλέψουν σε ένα μοναδικό domain. Η διαχείριση της αποθήκευσης, η επίβλεψη της ασφάλειας και η μετακίνηση δεδομένων ήταν το κύριο εμπόδιο που έπρεπε να ξεπεραστεί με σκοπό να έχει την δυνατότητα να δημιουργηθεί το πλέγμα. Αριθμός από εργαλεία όπου λέγονται Globus, αναπτύχθηκαν με σκοπό να καταπολεμήσουν τα συγκεκριμένα θέματα, όμως σε επίπεδο υποδομών hardware δεν υπήρχε ακόμα η διαθεσιμότητα και η πρόοδος σε ένα τέτοιο επίπεδο που να επιτρέπει τη αληθινή και καθολική επιτυχία του πλέγματος.

Κυριότερος όμως από τους συγκεκριμένους τεχνικούς περιορισμούς ήταν η έλλειψη από επιχειρήσεις για να αγοράσουν. Η φύση του πλέγματος έχει ως αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις να χρειάζεται να μεταφέρουν τα δεδομένα και τις εφαρμογές τους σε μια λύση που παρέχεται από μία τρίτη εταιρία-επιχείρηση. Αυτό είχε ως κατάληξη να παρουσιαστούν αρκετά εμπόδια στο ξεκίνημα της τεχνολογίας.

Επιπλέον βασικό ζήτημα που χρειαζόταν να διευθετηθεί ήταν η ασφάλεια δεδομένων και η εμπιστευτικότητα. Για αρκετές επιχειρήσεις τα δεδομένα τους είναι υπερβολικά ευαίσθητα, και είναι πολύ κρίσιμα για τον ίδιο τον επιχειρηματικό τους σκοπό. Το να παρέχονται αυτά σε μια τρίτη επιχείρηση δεν θα ήταν καθόλου απλό, και ουσιαστικά πάρα πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί.

Οδηγώντας το πλέγμα ένα βήμα πιο μπροστά στην παροχή υπηρεσίας, είναι το νέφος. Αυτό εμπεριέχει ιδέες από το Grid Computing και τις ολοκληρώνει σε υπηρεσίες που παρέχονται από data centers.[15]

Η άνοδος της εποχής του νέφους είναι παγκοσμίως γνωστή εξέλιξη, εξαπλωμένη σε αρκετά διαφορετικά hardware και τεχνολογίες, όπως και σε υποδομές και επίπεδα σύστασης.

Αρχικές προσπάθειες για την δημιουργία στάνταρντ ήταν μάλλον αδύναμες, διότι το νέφος προήλθε από τον ιδιωτικό τομέα (Caryeretal. 2009). Ως μια τέτοια διασπαρμένη ανάπτυξη, με ελάχιστα τυποποιημένα στάνταρντ, οποιοσδήποτε πάροχος έχει δημιουργήσει τη δική του υποδομή νέφους από το να λειτουργεί τις ήδη κανονικοποιημένες ρυθμίσεις, μια πολύ συγγενική κατάσταση με την παρουσίαση του TCP. Αυτή η εκ των έσω οπτική έχει κρατήσει πολύ πίσω τη διαδικασία θέσπισης κανόνων. [10]

### 1.3 Χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους

Το υπολογιστικό νέφος έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά, ένα κύριο χαρακτηριστικό του νέφους είναι, ότι οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να αυτοεξυπηρετηθούν σχετικά με το τι θέλουν εκείνη τη στιγμή. Ουσιαστικά οποιοσδήποτε καταναλωτής έχει την δυνατότητα να ζητήσει αυτόματα μια υπηρεσία με βάση τις ανάγκες του, δίχως να μεσολαβήσει κάποια ανθρώπινη αλληλεπίδραση με το φορέα παροχής υπηρεσιών.[6]

Ακόμα, ένα χαρακτηριστικό του νέφους είναι η συλλογή των πόρων που εκμεταλλεύονται, και που είναι ουσιαστικά οι επεξεργαστές, η μνήμη αποθήκευσης κ.λπ., αλλά και τους τρόπους ενοικίασης των συγκεκριμένων πόρων. Γιατί όλοι οι συγκεκριμένοι πόροι που διατίθενται προς εκμετάλλευση, μοιράζονται μεταξύ πολλών χρηστών και παρέχεται χρόνος εκτέλεσης εργασιών για τον κάθε χρήστη, την συγκεκριμένη στιγμή που ζητάτε. Έτσι παρατηρούμε ότι η κοινή χρήση των πόρων ελαχιστοποιεί το κόστος λειτουργίας τους για τους χρήστες του νέφους και τους συμφέρει να πραγματοποιούν κοινή χρήση, δεδομένου ότι ο χρόνος χρησιμοποίησης που παρέχεται σε κάθε χρήστη στηρίζεται σε έναν προγραμματιστικό αλγόριθμο, ο οποίος προσμετρά αρκετές παραμέτρους, όπως λόγου χάριν τον φόρτο εργασίας του χρήστη, τις ανάγκες του, την τοποθεσία του κ.λπ. Ο χρόνος που παρέχεται για την



διαπεραίωση των εργασιών των χρηστών είναι πάντα αρκετός. Σκοπός της χρησιμοποίησης του συγκεκριμένου αλγόριθμου για την κατανομή του χρόνου, είναι η δικαιοσύνη στον τρόπο διαμοίρασης του χρόνου λειτουργίας.

Επιπλέον χαρακτηριστικό του υπολογιστικού νέφους, είναι και η μέτρηση των προσφερόμενων υπηρεσιών. Με σκοπό η ποιότητά τους να είναι υψηλή, βρίσκονται συγκεκριμένοι μηχανισμοί όπου, προσμετρούν την χρησιμότητα, αλλά και την υγεία των υπηρεσιών. Σκοπός των συγκεκριμένων μετρήσεων, είναι η διαφάνεια ανάμεσα καταναλωτών και παρόχων, η καλύτερευση των πόρων, όπως και η υλοποίηση ενός συστήματος υπολογιστικού νέφους κλειστού κύκλου, το οποίο είναι πλήρως αυτοματοποιημένο.

Τέλος, ένα ακόμα χαρακτηριστικό που προέρχεται από τον ορισμό του υπολογιστικού νέφους που αναφέρθηκε, είναι η δυνατότητα ελέγχου. Για να έχει την δυνατότητα να παρέχει κανονιστική συμμόρφωση, που σημαίνει καλή λειτουργία κανονισμών, στις υπηρεσίες που παρέχονται είναι αναγκαίο να δίνουν οι πάροχοι αρχεία καταγραφής που εξασφαλίζουν την ιχνηλασιμότητα των πολιτικών που εφαρμόζονται από τους παρόχους του νέφους. [7]

## 1.4 Πώς λειτουργεί το υπολογιστικό νέφος

Το υπολογιστικό νέφος, είχε εμφανιστεί πρώτα από μια παγκόσμια υπολογιστική υποδομή όπου πραγματοποιήθηκε από μεγάλες εταιρίες, όπως είναι η Google, η Amazon, η Microsoft και το eBay, με στόχο την λειτουργία του από τις ίδιες. Έτσι, αφού δημιούργησαν μεγάλα κέντρα δεδομένων σε διάφορες χώρες, με αρκετά μεγάλη ταχύτητα συνδέσεων στο παγκόσμιο διαδίκτυο, συνειδητοποίησαν ότι θα είχαν την δυνατότητα να κερδίσουν έσοδα, εάν παρείχαν το πλεόνασμα του χώρου αποθήκευσης δεδομένων και των υπολογιστικών υπηρεσιών σε άλλες εταιρίες. Ακόμα, συγκεκριμένα από τα κέντρα δεδομένων μπορούν να χωρέσουν πάνω από εκατό χιλιάδες διακομιστές.[8]

Οποιοσδήποτε από αυτούς τους διακομιστές έχει την δυνατότητα να τρέξει λογισμικό λειτουργικού συστήματος, όπου αυτό μπορεί να εμφανίσει πολλαπλά εικονικά περιβάλλοντα στους πελάτες. Με τη σειρά τους οι πελάτες έχουν την δυνατότητα να τρέξουν το δικό τους λογισμικό εφαρμογών δίχως την παρέμβαση άλλων προγραμμάτων, που τρέχουν την ίδια ώρα στον ίδιο διακομιστή. Επιχειρήσεις όπως η IBM, η HP και η Citrix πωλούν συστήματα που διαχειρίζονται αποτελεσματικά αυτήν την εικονική διαδικασία και προσφέρουν αξιοπιστία και ασφάλεια. Παραδείγματος χάριν, τα συστήματα «Cloud System Matrix» της HP παρέχουν την δυνατότητα στα προγράμματα να μεταφέρονται αυτόματα από μια ελαττωματική συσκευή σε μια άλλη. Ακόμα, τα κέντρα δεδομένων των παρόχων του υπολογιστικού νέφους μπορούν να αποθηκεύσουν τα δεδομένα του πελάτη κατόπιν αιτήματος του. Επίσης οι πελάτες μπορούν να ζητήσουν υπολογιστικούς πόρους, όπως και πόρους αποθήκευσης που επιθυμούν οποιαδήποτε στιγμή πληρώνοντας αναλόγως με τη χρήση που κάνουν.[9]

## 1.5 Πλεονεκτήματα του υπολογιστικού νέφους

### 1) Κλιμάκωση

Σε μία τεράστια επέκταση σε υπολογιστικές ανάγκες το cloud computing μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση. Η επιχείρηση αγοράζοντας πρόσθετους κύκλους CPU ή χώρο από έναν τρίτο δεν χρειάζεται να κάνει μία άσκοπη αγορά, εγκατάσταση και διαμόρφωση ενός νέου εξοπλισμού. Η επιχείρηση μπορεί να προσθέτει ή να αφαιρεί εξοπλισμό ανάλογα με τις ανάγκες της.

### 2) Απλότητα

Το προσωπικό μηχανογράφησης, αφού η επιχείρηση δεν χρειάζεται να αγοράσει και να διαμορφώσει νέο εξοπλισμό, μπορεί να ασχοληθεί με τα σημαντικά θέματα της επιχείρησης.

### 3) Πεπειραμένοι προμηθευτές

Με την δημιουργία μιας νέας τεχνολογίας εμφανίζεται αφθονία προμηθευτών που προσφέρουν την δική τους έκδοση, που τις περισσότερες φορές τείνουν να είναι μη χρήσιμες. Σε αντίθεση, οι πρώτοι προμηθευτές που εμφανίστηκαν στο cloud computing αποτελούν αξιόπιστες επιχειρήσεις. Εταιρείες όπως οι Amazon, Google, Microsoft, IBM και Yahoo! Είναι πεπειραμένοι και καλοί προμηθευτές επειδή προσφέρουν αξιόπιστες υπηρεσίες και πολύ χωρητικότητα.

### 4) Περισσότεροι Εσωτερικοί Πόροι

Μετατοπίζοντας τα μη κρίσιμα δεδομένα μιας επιχείρησης σε κάποιο τρίτο, το τμήμα μηχανογράφησης ελευθερώνεται και μπορεί να δουλέψει σε σημαντικές, σχετικές με την επιχείρηση, εργασίες. [1]

### 5) Ασφάλεια

Η έννοια της ασφάλειας ενός Δικτύου Υπολογιστών σχετίζεται με την ικανότητα μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού να προστατεύει τις πληροφορίες του από τυχόν αλλοιώσεις και καταστροφές, καθώς και από μη εξουσιοδοτημένη χρήση των πόρων του. Σχετίζεται επίσης με την ικανότητά του να παρέχει ορθές και αξιόπιστες πληροφορίες, οι οποίες είναι διαθέσιμες στους εξουσιοδοτημένους χρήστες κάθε φορά που τις αναζητούν. Η ικανότητα αυτή στηρίζεται στη λήψη μέτρων τα οποία διασφαλίζουν την ακεραιότητα και την εμπιστευτικότητα των δεδομένων, καθώς και την συνεχή λειτουργία του δικτύου. Η προστασία ενός δικτύου το οποίο συνδέεται και με το Internet είναι ένα θέμα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι σύγχρονες επιχειρήσεις και οργανισμοί. Οι γενικές απαιτήσεις ασφάλειας δικτύων και συστημάτων πληροφοριών μπορούν να διατυπωθούν με τα εξής έξι, αλληλένδετα χαρακτηριστικά:

- Διαθεσιμότητα : Διαθεσιμότητα ονομάζεται η ιδιότητα του να είναι προσπελάσιμες και χωρίς αδικαιολόγητη καθυστέρηση οι υπηρεσίες ενός δικτύου υπολογιστών όταν τις χρειάζεται μια εξουσιοδοτημένη οντότητα. Για

τους σκοπούς της ασφάλειας, μας απασχολεί βασικά η παρεμπόδιση κακόβουλων επιθέσεων που αποσκοπούν στο να παρακωλύσουν την πρόσβαση των νόμιμων χρηστών σε ένα πληροφοριακό σύστημα. Αυτές οι επιθέσεις ονομάζονται επιθέσεις άρνησης παροχής υπηρεσιών. Η άρνηση παροχής υπηρεσιών σημαίνει παρεμπόδιση της εξουσιοδοτημένης προσπέλασης πληροφοριών και πόρων ή πρόκληση καθυστέρησης των λειτουργιών που είναι κρίσιμες στο χρόνο. Η αντιμετώπισή τους αποσκοπεί στο να υπερνικήσει την σκόπιμη, που προκαλείται από κακόβουλα μέρη, παρά την τυχαία απώλεια της διαθεσιμότητας. Ένα παράδειγμα επίθεσης άρνησης παροχής υπηρεσιών είναι οι επιθέσεις «πλημμύρας» στο διαδίκτυο, όπου ο επιτιθέμενος κατακλύζει έναν εξυπηρετητή στέλνοντάς του έναν τεράστιο αριθμό αιτήσεων σύνδεσης.

- **Εμπιστευτικότητα** : Ο όρος εμπιστευτικότητα σημαίνει ότι τα δεδομένα που διακινούνται μεταξύ των υπολογιστών ενός δικτύου αποκαλύπτονται μόνο σε εξουσιοδοτημένα άτομα. Αυτό αφορά όχι μόνο την προστασία από μη εξουσιοδοτημένη αποκάλυψη των δεδομένων αυτών καθαυτών αλλά ακόμη και από το γεγονός ότι τα δεδομένα απλώς υπάρχουν. Έτσι για παράδειγμα, το γεγονός ότι κάποιος έχει φάκελο εγκληματία είναι συχνά το ίδιο σημαντικό όπως και οι λεπτομέρειες για το έγκλημα που διαπράχθηκε. Άλλες εκφάνσεις της εμπιστευτικότητας είναι: Η ιδιωτικότητα, η προστασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, δηλαδή αυτών που αφορούν συγκεκριμένα πρόσωπα και η μυστικότητα, προστασία των δεδομένων που ανήκουν σε έναν οργανισμό ή μια επιχείρηση.
- **Ακεραιότητα**: Πρόκειται για την επιβεβαίωση ότι τα δεδομένα που έχουν αποσταλεί, παραληφθεί ή αποθηκευτεί είναι πλήρη και δεν έχουν υποστεί αλλοίωση.
- **Μη αποποίηση της ευθύνης**: Ένας χρήστης δεν μπορεί να αρνηθεί την εκτέλεση μιας λειτουργίας, και κανένα από τα συναλλασσόμενα μέρη δεν έχει την δυνατότητα να αρνηθεί την συμμετοχή του σε μια συναλλαγή. Οι υπηρεσίες μη

αποποίησης της ευθύνης πρέπει σε περίπτωση που χρειαστεί να μπορούν να αποδείξουν την προέλευση, μεταφορά και παραλαβή των δεδομένων.

- Εξουσιοδότηση: Η εξουσιοδότηση περιλαμβάνει τον έλεγχο πρόσβασης σε συγκεκριμένες πληροφορίες και υπηρεσίες όταν εξακριβωθεί η ταυτότητα του χρήστη.
  - Αυθεντικοποίηση: Η διαδικασία της αυθεντικοποίησης αποσκοπεί στην εξακρίβωση της ταυτότητας, την οποία ισχυρίζεται ότι έχει ένας πελάτης της εφαρμογής. Στο ηλεκτρονικό εμπόριο η πιστοποίηση της ταυτότητας των μερών που συμμετέχουν σε μια συναλλαγή είναι απαραίτητη ώστε κάθε συναλλασσόμενο μέρος να είναι σίγουρο για την ταυτότητα του αλλού. Ο έλεγχος αυθεντικοποίησης παρέχεται συνήθως μέσω ψηφιακών υπογραφών.
- [2]

## 1.6 Οι πιο διαδεδομένες μορφές υπηρεσιών Cloud Computing

### IaaS

IaaS (Infrastructure as a Service – Υποδομή σαν υπηρεσία): Αυτή η μορφή Cloud δίνει πρόσβαση σε εικονικές πλατφόρμες hardware, που περιλαμβάνουν τα μηχανήματα, το δίκτυο και αποθηκευτικά μέσα. Με αυτή τη μορφή, οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν το δικό τους cluster πάνω στον οποίο είναι οι ίδιοι υπεύθυνοι στο να εγκαταστήσουν, να διατηρήσουν και να τρέξουν την δική τους στοίβα από εφαρμογές.

Η υποδομή είναι το χαμηλότερο επίπεδο, και είναι ένα μέσο για να παρέχεται η επεξεργασία, η αποθήκευση, το δίκτυο και άλλοι βασικοί υπολογιστικοί πόροι σαν

δεδομένες υπηρεσίες μέσω του δικτύου. Οι εξυπηρετητές, τα αποθηκευτικά συστήματα, τα swtch, τα router και άλλα συστήματα χειρίζονται διάφορους τύπους φόρτου εργασίας, από μια σειρά προγραμμάτων που εκτελούνται χωρίς παρέμβαση χρήστη μέχρι και την αποθήκευση στο server σε φορτία αιχμής. Οι πάροχοι του Cloud μπορούν να εφαρμόσουν και να τρέχουν λειτουργικά συστήματα και λογισμικό για το υποκείμενο hardware τους.

### **PaaS**

PaaS (Platform as a Service – Πλατφόρμα σαν υπηρεσία): Αυτή η μορφή νέφους παρέχει πρόσβαση σε ένα προγραμματιστικό περιβάλλον ή σε ένα περιβάλλον εργασίας, με δυνατότητα επεκτάσιμης υπολογιστικής ισχύος και δομές δεδομένων ενσωματωμένες σε αυτό. Με την PaaS οι χρήστες μπορούν να αναπτύξουν και να εκτελέσουν τις δικές τους εφαρμογές μέσα στο περιβάλλον που τους παρέχεται από τον πάροχο της υπηρεσίας.

Αυτό το μεσαίο επίπεδο παρέχει υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης και υπηρεσίες για την ανάπτυξη, δοκιμή, εφαρμογή, φιλοξενία και διατήρηση εφαρμογών στο ίδιο ενσωματωμένο περιβάλλον. Αυτό το επίπεδο παρέχει ένα περιβάλλον εργασίας και τα μέσα για την τοποθέτηση εφαρμογών που χρησιμοποιούν γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζει ο πάροχος του νέφους.

### **SaaS**

SaaS (Software as a Service – Λογισμικό σαν υπηρεσία): Αυτή η μορφή Cloud δίνει πρόσβαση σε μια συλλογή από εφαρμογές λογισμικού. Οι πάροχοι SaaS προσφέρουν πρόσβαση σε συγκεκριμένες εφαρμογές που ελέγχονται και εκτελούνται στην υποδομή των παρόχων. Η SaaS συχνά αναφέρεται σαν “Software on Demand” [3].

## 1.7 Μοντέλα ανάπτυξης του νέφους

Ο όρος νέφος (cloud) είναι μια μεταφορά για το Διαδίκτυο και είναι μια απλοποιημένη αναπαράσταση του συμπλέγματος, διασυνδεδεμένων συσκευών και των συνδέσεων που αποτελούν το Διαδίκτυο. Ιδιωτικά (private) και δημόσια (public) νέφη είναι τα υποσύνολα του Διαδικτύου και ορίζονται με βάση τη σχέση τους με την επιχείρηση. Ιδιωτικά και δημόσια νέφη μπορεί επίσης να αναφέρονται ως εσωτερικά ή εξωτερικά νέφη. Η διαφοροποίηση γίνεται με βάση τη σχέση του νέφους με την επιχείρηση. Οι έννοιες για τα δημόσια και ιδιωτικά νέφη είναι σημαντικές γιατί υποστηρίζουν την υπολογιστική νέφους, το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία προβλέψεων, την επεκτασιμότητα, και τους virtualized πόρους μέσω των συνδέσεων δικτύου από ένα προμηθευτή ή μιας IT επιχείρησης στους πελάτες έναντι αμοιβής. Οι τελικοί χρήστες που χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες που προσφέρονται μέσω της υπολογιστικής νέφους μπορεί να μην γνωρίζουν για αυτό, να μην έχουν εμπειρία ή να μην μπορούν να ελέγξουν την τεχνολογική υποδομή που το υποστηρίζει.

Η πλειοψηφία των υποδομών υπολογιστικής νέφους αποτελείται από αξιόπιστες υπηρεσίες που παρέχονται μέσω των data centers και έχουν ενσωματωθεί σε διακομιστές (servers) με διαφορετικά επίπεδα των τεχνολογιών virtualization. Οι υπηρεσίες είναι προσβάσιμες οπουδήποτε υπάρχει διαθέσιμη πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Το νέφος εμφανίζεται ως ένα ενιαίο σημείο πρόσβασης για όλες τις πληροφοριακές ανάγκες των καταναλωτών. Εμπορικές προσφορές θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις ποιότητας της εξυπηρέτησης των πελατών και συνήθως προσφέρουν υπηρεσίες επιπέδου συμφωνιών (service level agreements SLAs). Τα openstandards είναι κρίσιμα για την ανάπτυξη της υπολογιστικής νέφους, και το opensource λογισμικό παρέχει τα θεμέλια για πολλές εφαρμογές της υπολογιστικής νέφους (π.χ. η χρήση του Xen στο AWS) [4].

### 1.7.1 Δημόσια νέφη ( *public clouds* )

Τα δημόσια νέφη ή εξωτερικά νέφη περιγράφουν την υπολογιστική νέφους με την παραδοσιακή mainstream έννοια, σύμφωνα με την οποία οι πόροι τροφοδοτούνται δυναμικά σε ένα fine-grained, self-service βάση πάνω από το διαδίκτυο, μέσα από διαδικτυακές εφαρμογές ή διαδικτυακές υπηρεσίες, από ένα off-site, τρίτο πάροχο που μοιράζεται τους πόρους και τους λογαριασμούς σε fine-grained, utility-computing βάση. Ένα δημόσιο νέφος φιλοξενείται, λειτουργεί και διοικείται από ένα τρίτο προμηθευτή από ένα ή περισσότερα data centers. Η υπηρεσία προσφέρεται σε πολλαπλούς πελάτες (το νέφος προσφέρεται σε πολλούς ενοικιαστές) κατά τη διάρκεια μιας κοινής υποδομής. Βλέπε Εικόνα 1.2.



Εικόνα 1.2. Δημόσιο νέφος [4]



Σε ένα δημόσιο νέφος, η διαχείριση της ασφάλειας και day-to-day εργασίες έχουν υποβιβαστεί σε άλλους κατασκευαστές, που είναι υπεύθυνοι για την προσφορά υπηρεσιών του δημόσιου νέφους. Ως εκ τούτου, ο πελάτης της υπηρεσίας που προσφέρει το δημόσιο νέφος έχει χαμηλό επίπεδο του ελέγχου και της εποπτείας των φυσικών και λογικών πτυχών της ασφάλειας ενός ιδιωτικού νέφους [4].

### 1.7.2 Ιδιωτικά νέφη ( *private clouds* )

Ιδιωτικά νέφη και εσωτερικά νέφη είναι όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις προσφορές που προσομοιώνουν την υπολογιστική νέφους με τα ιδιωτικά δίκτυα. Αυτά τα (τυπικά αυτοματοποιημένα virtualization) προϊόντα που προσφέρουν κάποια οφέλη της υπολογιστικής νέφους, χωρίς τους κρυφούς κινδύνους, αξιοποιώντας την ασφάλεια των δεδομένων, την εταιρική διακυβέρνηση, και αφορούν την αξιοπιστία. Οι οργανισμοί πρέπει να τα αγοράσουν, να τα κατασκευάσουν, και να τα διαχειριστούν και, ως εκ τούτου, να μην επωφελούνται από το χαμηλό κόστος κεφαλαίου και την lesshands-on διαχείριση. Η οργάνωση των πελατών ενός ιδιωτικού νέφους είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία του ιδιωτικού αυτού νέφους.

Τα ιδιωτικά νέφη διαφέρουν από τα δημόσια νέφη στο ό,τι το δίκτυο, η πληροφορική και οι υποδομές αποθήκευσης που σχετίζονται με ιδιωτικά νέφη είναι αφιερωμένα σε έναν ενιαίο οργανισμό και δεν μοιράζονται με άλλους οργανισμούς (π.χ. το νέφος είναι αφιερωμένο σε ένα μεμονωμένο ενοικιαστή). Ως εκ τούτου, έχει προκύψει μια ποικιλία από σχέδια με ιδιωτικά νέφη.

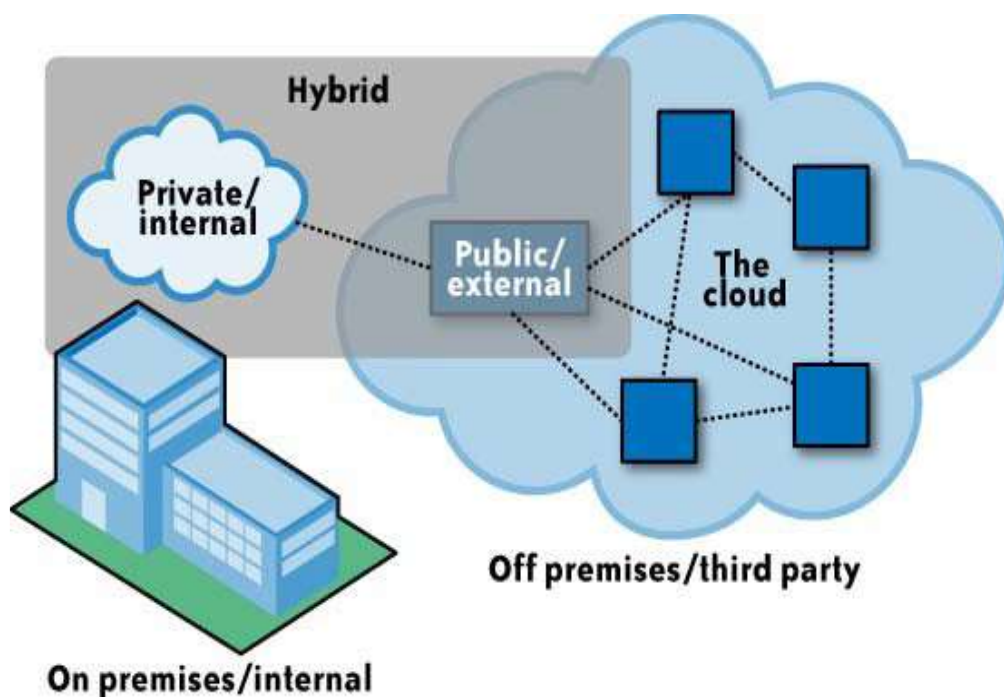
**Dedicated:** Ιδιωτικά νέφη που φιλοξενούνται σε customer-owned datacenters ή σε collocation εγκαταστάσεις, και διαχειρίζονται από τα εσωτερικά τμήματα του ΙΤ.

**Community (κοινότητας):** Τα ιδιωτικά νέφη που βρίσκονται σε εγκαταστάσεις ενός τρίτου, ανήκουν, διαχειρίζονται και λειτουργούν από έναν πάροχο ο οποίος δεσμεύεται από τα προσαρμοσμένα SLAs και από συμβατικές ρήτρες με τις απαιτήσεις για ασφάλεια και συμμόρφωση.

**Managed:** Οι υποδομές των ιδιωτικών νεφών ανήκουν στο πελάτη αλλά τις διαχειρίζεται ο πάροχος. Σε γενικές γραμμές, σε ένα ιδιωτικό νέφος μοντέλο λειτουργίας, η διαχείριση της ασφάλειας και η λειτουργία των day-to-dayhosts έχουν υποβιβαστεί στο εσωτερικό (internal) IT ή σε θένα τρίτο μέλος με συμβατικά SLAs. Σύμφωνα με το παρόν μοντέλο διακυβέρνησης, ένας πελάτης του ιδιωτικού νέφους θα πρέπει να έχει υψηλό βαθμό του ελέγχου και της εποπτείας των φυσικών και λογικών πτυχών της ασφάλειας των υποδομών του ιδιωτικού νέφους τόσο του hypervisor όσο και για τα εικονικά hosts OSs. Με αυτόν το υψηλό βαθμό ελέγχου και διαφάνειας, είναι πιο εύκολο για έναν πελάτη να συμμορφωθεί με τα καθιερωμένα εταιρικά πρότυπα ασφαλείας, τις πολιτικές και τους κανόνες συμμόρφωσης [4].

### 1.7.3 Υβριδικά νέφη ( Hybrid )

Ένα περιβάλλον υβριδικού νέφους αποτελείται από πολλαπλούς εσωτερικούς και εξωτερικούς παρόχους και είναι μια πιθανή ανάπτυξη για τους οργανισμούς. Με ένα υβριδικό νέφος, οι οργανισμοί μπορούν να τρέξουν μη βασικές εφαρμογές σε ένα δημόσιο νέφος, διατηρώντας βασικές εφαρμογές και ευαίσθητα δεδομένα in-house σε ένα ιδιωτικό νέφος. (βλ. Εικόνα 1.3) [4].



Εικόνα 1.3. Υβριδικό (Hybrid) cloud [4]

# 2

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΝΕΦΟΥΣ (CLOUD COMPUTING)

### 2.1 Εισαγωγή

Τα χαρακτηριστικά που κάνουν την υπολογιστική νέφους ελκυστικό μαζί με το στοιχείο ότι οι υπηρεσίες είναι δημόσια προσβάσιμες έχουν την δυνατότητα ακόμα να οδηγήσουν σε πιθανούς κινδύνους.

- **Ασφάλεια και ιδιωτικό απόρρητο**

Στις μέρες μας, η ασφάλεια και η προστασία έχουν την δυνατότητα να εμφανίσουν τους μεγαλύτερους κινδύνους για την μετακίνηση των υπηρεσιών σε εξωτερικά σύννεφα. Τα θετικά της υπολογιστικής νέφους, η ευελιξία στη λειτουργία υπηρεσιών και οι μοιρασμένες υποδομές ακόμα εισάγουν την ανησυχία ότι οι άνθρωποι ίσως να λειτουργήσουν την υπολογιστική νέφους με έναν τρόπο που θέτει τις πληροφορίες και την πνευματική ιδιοκτησία σε κίνδυνο.

Ακόμα, με την υπολογιστική νέφους, τα δεδομένα συγκεντρώνονται και διαδίδονται μέσω του διαδικτύου. Ο ιδιοκτήτης των στοιχείων δεν ελέγχει και τις περισσότερες φορές δεν ξέρει καν τη θέση των δεδομένων. Υπάρχει μια μεγάλη

πιθανότητα τα στοιχεία του ιδιοκτήτη να υπάρχουν στην παρόμοια πηγή με τα δεδομένα και τις εφαρμογές ενός ανταγωνιστή. Επίσης, σε ένα πολύ – ενοικιαστικό περιβάλλον, που απασχολεί έναν μόνο πελάτη.

Επίσης, οι επιχειρήσεις δεν έχουν την δυνατότητα να στηρίζονται σε αποκλειστικά συμβατικούς ελέγχους από παρόχους των υπηρεσιών και αρκετές φορές, οι συγκεκριμένοι έλεγχοι δεν προσφέρουν αρκετή προστασία. Είναι πάρα πολύ δύσκολο να χρησιμοποιηθεί ένα δημόσιο “σύννεφο” για εφαρμογές που χειρίζονται ελεγχόμενες τεχνολογίες, λόγω του κινδύνου των πιθανών συμβιβασμών και ανησυχιών που έχουν να κάνουν με τη συμμόρφωση. Λόγου χάριν, η εξωτερική αποθήκευση δεδομένων που προσφέρετε από τον πάροχο ίσως να είναι σε μια ελεγχόμενη χώρα με σκοπό να μικρύνει το κόστος.

- **Στήριξη των επιχειρήσεων**

Οι υπολογιστικής νέφους υπηρεσίες ίσως να μην προσφέρουν τα επίπεδα αξιοπιστίας. Διαχείρισης και υποστήριξης που απαιτούνται από τις μεγάλες επιχειρήσεις. Στις μέρες μας, αρκετές υπηρεσίες στοχεύουν περισσότερο σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις και σε καταναλωτές, αντί των μεγάλων επιχειρήσεων.

Το SLA (service-level- agreement) που παρέχεται από κάποιους παρόχους έχει την δυνατότητα να είναι ανεπαρκές για συγκεκριμένες επιχειρηματικές εφαρμογές. Ακόμα, ίσως να μην υπάρχει πάντα μια σαφώς καθορισμένη μέθοδος για την αξιολόγηση των SLA.

Οι υπολογιστικής νέφους εφαρμογές υπηρεσιών ίσως να μην έχουν τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που θα περιμέναμε να έχουν σε stand-alone εταιρικές εκδόσεις και έτσι δεν έχουν την δυνατότητα να ενσωματωθούν εντελώς με τις πραγματικές εταιρικές εφαρμογές.

- **Επιστροφή στους επενδυτικούς προβληματισμούς**

Η γενική αντίληψη που υπάρχει είναι ότι η “εξωτερική” υπολογιστική νέφους έχει την δυνατότητα να ελαχιστοποιήσει το κόστος για τις μεγάλες επιχειρήσεις αλλά

και τις μικρομεσαίες. Παρόλα αυτά, τα θετικά του κόστους για τις μεγάλες επιχειρήσεις ίσως να μην είναι τόσο σαφή για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, δεδομένου ότι αρκετές μεγάλες επιχειρήσεις ίσως να αποκομίσουν οφέλη από σημαντικές οικονομίες κλίμακας στις εσωτερικές IT δραστηριότητές τους.

Ενώ η υπολογιστική νέφος δείχνει πρώτα να είναι λιγότερο ακριβό από την άποψη του αρχικού κόστους, η σύγκριση έχει την δυνατότητα να είναι αρκετά ανταγωνιστική, όταν πάρουμε υπόψιν το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας, συμπεριλαμβανομένων των τακτικών δαπανών και των δυνητικών κινδύνων.

Ίσως να υπάρχουν διάφορες κρυφές επιπτώσεις του κόστους. Η “μετανάστευση” σε ένα εξωτερικό σύννεφο ίσως να έχει να κάνει με μεγάλες διαφοροποιήσεις ή προσθήκες στο δίκτυο των επιχειρήσεων, με σκοπό να προσφέρει αρκετή απόδοση για τους εταιρικούς χρήστες σε περιοχές με περιορισμένο εύρος ζώνης. Τέλος, μερικές αυξήσεις στο εύρος ζώνης ίσως να χρειάζεται να είναι απαραίτητες κατανοώντας ότι σε αρκετές χώρες το εύρος ζώνης είναι ακόμα πάρα πολύ ακριβό [16].

## 2.2 Μειονεκτήματα του Cloud

Σχετικά με την ερευνά «Amazon S3 for Science Grids: a Viable Solution?» [17] Οι Mayur κ.λ.π. αναλύουν την υπηρεσία Amazon.com για αποθήκευση πληροφοριών S3 με σκοπό να παρατηρήσουν πως ανταποκρίνεται σε επιστημονικές εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων. Το S3 δίνει μια διαδικασία τιμολόγησης για την παροχή και υποστήριξη των τριών χαρακτηριστικών δεδομένων, τα οποία είναι μεγάλη αντοχή (durability), υψηλή διαθεσιμότητα (availability) και γρήγορη πρόσβαση (access), παρόλο που οι πιο πολλές εφαρμογές δεν καλύπτουν και τις τρεις απαιτήσεις. Λόγου χάριν η αποθήκευση αρχείων χρειάζεται μεγάλη αντοχή-όπως αυτή μεταφράζεται ως μεγάλος όγκος δεδομένων, αλλά δεν χρειάζεται μεγάλη διαθεσιμότητα ούτε ταχεία πρόσβαση. Έτσι συστήνεται στο S3 να παρέχει υπηρεσίες

και να τις κοστολογεί κλιμακωτά βάσει τις ζητούμενης αναλογίας αντοχή, διαθεσιμότητας, πρόσβασης, για να πραγματοποιηθούν καλύτερα τιμολόγια. Επομένως, το κόστος είναι μεγαλύτερο για τις υπηρεσίες που προσφέρουν και τα τρία χαρακτηριστικά επεξεργασίας δεδομένων την ίδια ώρα.

Αρκετές μελέτες παρουσιάζουν ότι τα κόστη για την λειτουργία της υπολογιστικής νέφους είναι μεγαλύτερα σε σχέση με αυτά στέγασης εντός της επιχείρησης ενός κέντρου πληροφοριών. Όμως, αυτό είναι ένα ζήτημα που παρουσιάζεται συγκεκριμένα για τις μεγάλες επιχειρήσεις, ενώ οι μικρομεσαίες δείχνουν να μην επηρεάζονται, χρησιμοποιώντας τα θετικά του νέφους. Αυτό ευθύνεται στο στοιχείο ότι οι μικρές επιχειρήσεις δεν μπορούν να επενδύσουν σε ένα τεράστιο κέντρο πληροφοριών, όπου έχει να κάνει με επενδύσεις σε hardware και σε software, όπως σε ένα πλήρες σύστημα ERP. Η μεταβλητότητα του κόστους είναι το κλειδί για τη μεταφορά των επιχειρηματικών διαδικασιών σε υπηρεσίες νέφους, όταν οι επιχειρήσεις επιζητούν την καλύτερευση της διαχείρισης του και τη δυνατότητα επεκτασιμότητας των εφαρμογών διαχείρισης του. Έτσι, τα αρνητικά από τη λειτουργία της υπολογιστικής νέφους είναι τα εξής:

- Ενδεχομένως, ο χρήστης να πληρώνει για λειτουργίες οι οποίες είναι περιττές, σε σχέση με τις ανάγκες του, όπως στο παράδειγμα με το S3.
- Οι μεγάλες επιχειρήσεις πολλές φορές περιττεύει να κάνουν χρήση των υπηρεσιών νέφους, αφού τελικά τις συμφέρει το ιδιόκτητο κέντρο πληροφοριών.

## 2.3 Θέματα ασφαλείας στα μοντέλα υπηρεσιών

Τα τρία κύρια μοντέλα υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους όπως αναφέρθηκαν και στο παραπάνω κεφάλαιο, είναι το SaaS, το PaaS και το IaaS όπου προσφέρουν λογισμικό, πλατφόρμα εφαρμογών και πόρους υποδομών, ως υπηρεσίες στους χρήστες. Στο περιβάλλον του νέφους, τα συγκεκριμένα μοντέλα έχουν

διαφορετικές απαιτήσεις σε θέματα ασφαλείας. Το IaaS είναι το μοντέλο που είναι κύριο, γιατί σε αυτό βασίζονται όλες οι προσφερόμενες υπηρεσίες, με το PaaS μοντέλο να χτίζεται πάνω του και με τη σειρά του το SaaS, να χτίζεται πάνω στο PaaS. Με παρόμοιο τρόπο λοιπόν, που μεταφέρονται οι δυνατότητες από το ένα μοντέλο στο άλλο, έτσι μεταφέρονται και οι κίνδυνοι και τα διάφορα ζητήματα που παρουσιάζονται σε θέματα ασφαλείας. Επομένως, στην περίπτωση όπου ο πάροχος φροντίσει για την αρχιτεκτονική ασφαλείας από τα χαμηλότερα επίπεδα, τότε και οι χρήστες γίνονται πιο πολύ υπεύθυνοι σε ό,τι αφορά τη διαχείριση και την εφαρμογή των δυνατοτήτων ασφαλείας.[18]

Ακόμα, οι επιχειρήσεις που λειτουργούν το υπολογιστικό νέφος ως υπηρεσία υποδομής, εξετάζουν αυστηρά τα θέματα ασφάλειας και εμπιστοσύνης των εφαρμογών που χρησιμοποιούν, και όπου είναι κύρια για την εύρυθμη λειτουργία τους. Παρόλα αυτά, όμως, δεν υπάρχει η δυνατότητα να εγγυηθεί η ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων μέσα στο νέφος, διότι προσφέρονται διαφορετικές υπηρεσίες (SaaS, PaaS, IaaS) όπου ακολουθούν και διαφορετικές πολιτικές ασφαλείας.

Επιπλέον, το SaaS είναι ένα μοντέλο υπηρεσιών λογισμικού, στο οποίο οι εφαρμογές φιλοξενούνται σε έναν απομακρυσμένο πάροχο εφαρμογών ή υπηρεσιών και είναι διαθέσιμες στους χρήστες μέσω διαδικτύου, όποτε αυτοί το επιθυμούν. Αυτό το μοντέλο, τους παρέχει συγκεκριμένα θετικά, όπως λειτουργική αποδοτικότητα και μικρά κόστη. Είναι ταχέως αναδυόμενο, διότι είναι το βασικό μοντέλο κάλυψης των αναγκών, τεχνολογίας διαδικτύου των επιχειρήσεων. Όμως, διάφορες επιχειρήσεις είναι αρκετά επιφυλακτικές στην υιοθέτησή του γιατί δεν είναι ορατό σε αυτές, το πώς τα δεδομένα τους αποθηκεύονται και φυλάσσονται. Ουσιαστικά, είναι καθαρά θέματα ασφαλείας που εμποδίζουν τις επιχειρήσεις από την υιοθέτηση του SaaS μοντέλου. Επομένως, η μεγαλύτερη πρόκληση σε ότι έχει να κάνει με την υιοθέτηση των SaaS εφαρμογών στο νέφος, είναι η καταπολέμηση των έντονων ανησυχιών που έχουν οι επιχειρήσεις για τα θέματα ασφαλείας. Όμως, με σκοπό να λυθούν οι συγκεκριμένες ανησυχίες, χρειάζεται οι πάροχοι υπηρεσιών να φροντίσουν για όλα αυτά τα ζητήματα. Οι μεγάλες ανησυχίες των πελατών, περιφέρονται γύρω από παραβιάσεις



εμπιστευτικών πληροφοριών, μαζί με ευάλωτες εφαρμογές του νέφους και γύρω από τη διαθεσιμότητα των συστημάτων. Οι συγκεκριμένοι κίνδυνοι έχουν την δυνατότητα να οδηγήσουν σε απώλεια δεδομένων και χρημάτων. Τέτοια ζητήματα μπορούν να αποτρέψουν τις επιχειρήσεις από την υιοθέτηση SaaS εφαρμογών του νέφους.[19]

Μετά, το PaaS μοντέλο υπάρχει ένα επίπεδο πάνω από το IaaS και με αυτό το τρόπο παρέχει στους προγραμματιστές ένα προγραμματιστικό περιβάλλον ολοκληρωμένο, όπου έχει την δυνατότητα να αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη εφαρμογών δίχως να ξέρουν τι γίνεται στο επόμενο επίπεδο υπηρεσιών. Παρέχει υπηρεσίες στους προγραμματιστές που παρέχουν διαχείριση λογισμικού, πλήρους κύκλου ανάπτυξης, από το σχεδιασμό έως τη υλοποίηση εφαρμογών ελέγχου συντήρησης. Η αρνητική πλευρά του PaaS μοντέλου, είναι ότι όλα αυτά τα θετικά ίσως να είναι χρήσιμα και σε έναν χάκερ που έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το μοντέλο για την ανάπτυξη κακόβουλου λογισμικού, ικανού να περάσει ακόμα και στις εφαρμογές του IaaS επιπέδου.

Αντιθέτως, το IaaS είναι ένα μοντέλο που διαφοροποιεί εντελώς τον τρόπο που οι προγραμματιστές δημιουργούν τις εφαρμογές τους. Από το να λειτουργούν τα δικά τους κέντρα δεδομένων, πράγμα όπου είναι εξαιρετικά δαπανηρό, ή να συνεργάζονται με επιχειρήσεις που αναλαμβάνουν την φιλοξενία των δεδομένων, έχουν την δυνατότητα απλά να καταφύγουν για παράδειγμα στην Amazon η οποία παρέχει διαδικτυακές υπηρεσίες, ή σε οποιονδήποτε άλλο IaaS πάροχο και να λειτουργούν το εικονικό περιβάλλον, πληρώνοντας μόνο για τους πόρους που καταναλώνουν. Ουσιαστικά, οι IaaS υπηρεσίες, δίνουν την δυνατότητα στις επιχειρήσεις να πραγματοποιήσουν ένα ξεκίνημα και να στοχεύουν στις επιχειρηματικές τους διεργασίες, δίχως να ανησυχούν για την τροφοδότηση και την διαχείριση των υποδομών. Και ενώ από άποψη κόστους, το μοντέλο IaaS είναι κατάλληλη επιλογή, από άποψη ασφαλείας προσφέρει μόνο τα βασικά, πράγμα όπου σημαίνει ότι στις εφαρμογές που κινούνται μέσα στα πλαίσια του υπολογιστικού νέφους, χρειάζεται να προσφέρονται μεγαλύτερα επίπεδα ασφαλείας. [20]

# 3

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ

### 3.1. Ιστορική ανασκόπηση

Η πρώτη εμφάνιση της ασαφούς λογικής πραγματοποιήθηκε το 500 π.Χ. Το πρώτο άτομο που βοήθησε αρκετά στην εξέλιξή της ήταν ο Βούδας. Έζησε στην Ινδία και δημιούργησε την θρησκεία που λέγεται Βουδισμός. Η φιλοσοφία του βασίστηκε στη σκέψη ότι ο κόσμος είναι γεμάτος με αντιφάσεις και, ότι σχεδόν υπάρχει μέσα σε αυτόν περιέχει κάτι από το αντίθετό του. Ουσιαστικά, τα πράγματα μπορεί να είναι Α και όχι-Α ταυτόχρονα.

Χρειάστηκε να μεσολαβήσουν 200 χρόνια για να καταγραφεί στην ιστορία μια αλλιώτικη άποψη από έναν άλλον σπουδαίο άνθρωπο, τον Αριστοτέλη. Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι ο κόσμος είναι φτιαγμένος από αντιθέσεις. Αντίθετα από το Βούδα, ο Αριστοτέλης είχε την πεποίθηση ότι όλα μπορεί να είναι Α ή όχι-Α. Ήταν αδύνατο να είναι και τα δύο μαζί, για παράδειγμα αρσενικό εν αντιθέσει με θηλυκό, ξηρό εν αντιθέσει με υγρό κ.α. Η θεωρία του αυτή έμεινε γνωστή με την ονομασία «Ο Νόμος του Αποκλειστικού Μέσου» και την ασπάστηκαν όλοι οι προκάτοχοί του εκτός από έναν, τον Πλάτωνα ο οποίος ανέδειξε μια τρίτη περιοχή όπου το Α και το αντίθετό του συνυπήρχαν.

Με την πάροδο του χρόνου, οι δύο αυτές φιλοσοφίες (Αριστοτελική-Βουδιστική), αναπτύχθηκαν και διαδόθηκαν ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Ο Βουδισμός καθιερώθηκε ως η επίσημη θρησκεία της Ινδίας και των γύρω πολιτειών. Από την άλλη η Αριστοτελική φιλοσοφία υιοθετήθηκε από τους Έλληνες και πιο μετά εξαπλώθηκε σε όλη την Ευρώπη. Η Αριστοτελική δυαδική λογική έγινε εν τέλει η βάση της επιστήμης.

Την χρονιά του 1965, ο καθηγητής του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια Lofti A. Zadeh άρχισε να αναρωτιέται αν όντως δεν υπήρχε καλύτερη λογική για να χρησιμοποιηθεί στις μηχανές. Σκέφτηκε πως θα ήταν καλύτερο αν λόγου χάριν το κλιματιστικό είχε την δυνατότητα από μόνο του να επιταχύνει όταν είχε πιο πολύ ζέστη και το αντίστροφο. Το ανήσυχο πνεύμα του τον οδήγησε τελικά στην έκδοση του βιβλίου του με τίτλο «Fuzzy Sets».

Έπρεπε να περάσει αρκετός καιρός μέχρι η ασαφής λογική να γίνει αποδεκτή παρά το γεγονός ότι ενθουσίασε αρκετούς από την αρχή. Οι Αμερικάνοι και οι Ευρωπαίοι επιστήμονες αρνιόντουσαν να πάρουν στα σοβαρά κάτι που ακουγόταν τόσο «παιδικό» στ' αυτιά τους. Από την άλλη το ζήτημα αυτό το αντιμετώπιζαν τελείως διαφορετικά στην Ιαπωνία. Ο καθηγητής Terano εμπνευσμένος από τον Zadeh συνέστησε την ιδέα στην Ιαπωνική επιστημονική κοινότητα το 1972. Κατάληξη αυτού ήταν να υπάρξει ένας σχεδόν άμεσος και τεράστιος ενθουσιασμός για το καινούργιο και γεμάτο προσδοκίες επιστημονικό πεδίο που είχε παρουσιαστεί. Μόνο τυχαίο δεν είναι άλλωστε το γεγονός ότι το αρχικό μετρό που βασιζόταν στην ασαφή λογική δημιουργήθηκε την χρονιά του 1987 στην Ιαπωνία. Πιο μετά η εξέλιξη της ασαφούς λογικής ήταν πολύ μεγάλη και συνεχίζει να υφίσταται έως και στις μέρες μας [29-31].

### 3.2. Οι επτά αλήθειες της ασαφούς λογικής

Με στόχο να συνοψιστούν οι ιδιότητες της ασαφούς λογικής, εισήχθησαν από τον Earl Cox επτά προτάσεις που τη χαρακτηρίζουν και συγχρόνως την διαφοροποιούν από τη θεωρία των πιθανοτήτων [28].

1. Η ασαφής λογική δεν είναι ασαφής. Δεν είναι στην πραγματικότητα ανακριβής, δεν βεβηλώνει και δεν καταπατεί την κοινή λογική. Παρουσιάζει ξεκάθαρα αποτελέσματα. Η «κλασσική» δυαδική λογική είναι μία ειδική περίπτωση της.
2. Η ασαφής λογική διαφέρει από την πιθανότητα. Με την πιθανότητα επιχειρούμε να καθορίσουμε όλες τις δυνατές εκβάσεις κάποιου προβλήματος, ενώ με την ασαφή λογική προσπαθούμε να καθορίσουμε το κατά πόσο είναι σωστό ένα γεγονός. Γι' αυτό και η ασάφεια εκφράζεται πολλές φορές ως αμφιβολία και όχι ως ανακρίβεια.
3. Η σχεδίαση των ασαφών συνόλων είναι εύκολη. Τα ασαφή σύνολα αντανακλούν στην πραγματικότητα τον τρόπο που σκέπτονται οι άνθρωποι. Πολλές φορές η κατά προσέγγιση σκιαγράφηση της μορφής ενός ασαφούς συνόλου είναι εύκολη και γρήγορη.
4. Τα ασαφή συστήματα είναι σταθερά και έχουν την δυνατότητα να ελεγχτούν για την αξιοπιστία τους. Λόγω του ότι η ασαφής λογική έχει τη δυνατότητα να ανταπεξέρθει με όλους τους εμπλεκόμενους βαθμούς ελευθερίας, είναι πιο εύκολο να δημιουργήσει κάποιος ασαφή σύνολα και να κατασκευάσει ένα ασαφές σύστημα παρά να φτιάξει ένα συμβατικό, βασισμένο στη γνώση σύστημα.
5. Τα ασαφή συστήματα δεν είναι νευρωνικά δίκτυα. Ένα ασαφές σύστημα προσπαθεί να βρει την τομή, την ένωση και το συμπλήρωμα των ασαφών μεταβλητών ελέγχου. Αν και αυτό είναι ανάλογο με τα νευρωνικά δίκτυα

και τον δυναμικό προγραμματισμό, τα ασαφή συστήματα προσεγγίζουν διαφορετικά το πρόβλημα.

6. Η ασαφής λογική είναι κάτι περισσότερο από μια διαδικασία ελέγχου. Είναι επιπλέον ένας τρόπος να αναπαριστά και να αναλύει κάποιος πληροφορίες ανεξάρτητα από συγκεκριμένες εφαρμογές.
7. Η ασαφής λογική είναι μία παραστατική και συλλογική διαδικασία ελέγχου. Δεν μπορεί να λύσει όλα τα προβλήματα, αλλά μας βοηθάει να μοντελοποιήσουμε ακόμα και δυσεπίλυτα προβλήματα.

### 3.3. Εφαρμογές της ασαφούς λογικής

Στις μέρες μας η ασαφή λογική είναι μια αναγνωρισμένη επιστημονική θεωρία, κυρίως πρακτικού χαρακτήρα, με προσανατολισμό στην επίλυση ή τουλάχιστον στην παρουσίαση καλύτερων λύσεων από αυτές των υπόλοιπων επιστημών, που μπορεί να καταπολεμήσει προβλήματα με μεγάλο βαθμό δυσκολίας. Η θεωρία, η τεχνολογία και οι εφαρμογές της ασαφούς λογικής έχουν παρουσιάσει τα τελευταία χρόνια πολύ μεγάλη ανάπτυξη και έχουν καταστεί αξιόπιστο και εύχρηστο εργαλείο σε αρκετές επιστημονικές και ερευνητικές περιοχές. Παραδείγματος χάριν αρκετές οικιακές συσκευές περιέχουν την ασαφή λογική. Κάποιες από αυτές είναι τα πλυντήρια πιάτων ή ρούχων που από μόνα τους μπορούν να καθορίζουν την σωστή ποσότητα απορρυπαντικού που χρειάζεται να ξοδέψουν όπως και την σωστή πίεση νερού που χρειάζεται, με στόχο να γίνεται σωστά η πλύση.

Με εξαίρεση τις οικιακές συσκευές, ασαφή λογική εκμεταλλεύονται τα αντικλεπτικά συστήματα, οι ελεγκτές αυτοκίνητων μηχανών, τα υπόγεια συστήματα τρένων, τα αναπτυσσόμενα συστήματα έγχρωμων φιλμ, τα μετεωρολογικά συστήματα, τα συστήματα απόφασης, ακόμη και οι αυτόματης εστίασης κάμερες. Τέλος, ασαφή

λογική εκμεταλλεύονται και εφαρμογές ιατρικής για τις διάφορες διαγνώσεις όπως και για την πρόβλεψη κληρονομικών χαρακτηριστικών.

Προβλέπεται ότι η μελλοντική επερχόμενη εξέλιξη της ασαφούς λογικής, θα είναι πολύ μεγάλη και θα έχει ως αποτέλεσμα να είναι κύριο κομμάτι της επιστήμης και της τεχνολογίας. Αλλά, πρέπει πρώτα να ερευνηθούν διάφορα βασικά σημεία και χρειάζεται να βρεθούν λύσεις σε αρκετά προβλήματα.

Μερικές μελλοντικές εφαρμογές της όπως προβλέφθηκαν από τον καθηγητή Bart Kosko του πανεπιστημίου της Νότιας Καλιφόρνιας, είναι οι παρακάτω:

#### Ρομπότ με ανθρώπινη συμπεριφορά

- Υπολογιστές που θα κατανοούν και θα ανταποκρίνονται στην ανθρώπινη γλώσσα
- Μηχανές που θα γράφουν μυθιστορήματα και πλήρη σενάρια ταινιών με προεπιλεγμένο θέμα και ύφος
- Μόρια που θα περιπλανιούνται στο αίμα και θα σκοτώνουν τα καρκινοειδή κύτταρα καθυστερώντας έτσι την θανατηφόρα πορεία τους.

Γενικότερα, η ασαφής λογική μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα υψηλού επιπέδου αυτόματου ελέγχου (αναγνώριση ήχου και εικόνας, αυτόματο σχέδιο, ανάκτηση δεδομένων, ανάλυση ρίσκου, βάση δεδομένων, αντίχνευση σφάλματος), στην ιατρική (ιατρική διάγνωση, νοσοκόμους ρομπότ, τεχνητά μέλη), στο πεδίο των επιχειρήσεων (συστήματα διοίκησης και απόφασης, μάρκετινγκ, σύμβουλος επιχειρήσεων και επένδυσης, αυτοματοποίηση γραφείου), στις ανθρωπιστικές και κοινωνικές επιστήμες όπως τη ψυχολογία, στην δημόσια παιδεία και εκπαίδευση, στα

θέματα που αφορούν τη τάξη και την ασφάλεια μιας κοινωνίας, καθώς και σε άλλες ειδικές επιστήμες όπως η σεισμολογία και η γεωργική μετεωρολογία [32,33].

### 3.4. Περιορισμοί της ασαφούς λογικής

Η ασαφής λογική δεν έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε αδύνατα προβλήματα. Ίσως αυτό να ακούγεται λογικό και προφανές όμως πολλές φορές, λόγω της τυχειότητας που χαρακτηρίζει την ασαφή λογική, οι άνθρωποι πιστεύουν ότι έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί παντού.

Επιπλέον, ένα σημαντικό αρνητικό της ασαφούς λογικής είναι ότι τα αποτελέσματά της δεν είναι πάντα σωστά ακριβώς επειδή παρουσιάζονται ως εικασίες. Αντίθετα αυτά της «κλασσικής» λογικής μπορούν να είναι πλήρως αξιόπιστα.

Τέλος, υπάρχει ο φόβος να συγχύσει κανείς την ασαφή λογική με την θεωρία των πιθανοτήτων.

Οι οπαδοί της «κλασσικής» λογικής έχουν την πεποίθηση πως η ασαφής λογική δεν έχει καμία χρησιμότητα. Υποστηρίζουν ότι η «γκρίζα» περιοχή μεταξύ του 0 και του 1 είναι ανακριβής σε αντίθεση με το πραγματικό 1 ή 0.

Είναι δύσκολο να υπάρξει αντιδικία για συγκεκριμένες θεωρίες αν αυτές δεν είναι πλήρως αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα. Χρειάζεται ανοικτό μυαλό και πάνω από όλα διάθεση για να τις αποδεχτεί κανείς [30].

### 3.5 Εξελικτικός υπολογισμός

Η εξέλιξη των φυσικών ειδών μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία βελτιστοποίησης στην οποία τα χαρακτηριστικά των επιμέρους οργανισμών αλλάζουν έτσι ώστε να τους δίνεται η δυνατότητα να πετύχουν καλύτερους όρους επιβίωσης σε ένα περιβάλλον το οποίο είναι δυναμικό και ανταγωνιστικό. Η θεωρία περί «φυσικής επιλογής» του Δαρβίνου που εκδόθηκε το 1859 αποτέλεσε μια από τις σημαντικότερες επιστημονικές εργασίες όλων των εποχών ενώ ακόμα και σήμερα εκφράζεται έντονο ενδιαφέρον αλλά και κριτική απέναντί της. Σε γενικές γραμμές αναφέρει ότι «σε ένα κόσμο με περιορισμένους πόρους και πληθυσμούς που δεν αυξομειώνονται κάθε άτομο ανταγωνίζεται για την επιβίωσή του με τα υπόλοιπα άτομα. Τα άτομα με τα καλύτερα χαρακτηριστικά είναι πιθανότερο να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν με συνέπεια τα χαρακτηριστικά αυτά να περάσουν στους απογόνους τους. Τα χαρακτηριστικά που ενίσχυσαν την πιθανότητα επιβίωσης των κατόχων τους κληρονομούνται από γενιά σε γενιά και γίνονται σταδιακά κυρίαρχα στον πληθυσμό των ατόμων. Επιπλέον, κατά την σύλληψη κάθε νέου οργανισμού τυχαία γεγονότα ενδέχεται να προκαλέσουν αλλαγές στα χαρακτηριστικά του. Αν τα νέα αυτά χαρακτηριστικά είναι προς όφελος του οργανισμού τότε οι πιθανότητες επιβίωσης του συγκεκριμένου οργανισμού αυξάνονται.

Ο εξελικτικός υπολογισμός (EC=Evolutionary Computing) αφορά την μοντελοποίηση της ανωτέρω διαδικασίας σε ένα υπολογιστικό σύστημα προκειμένου να επιλυθεί ένα πρόβλημα. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να επιλεγεί μια κωδικοποίηση των λύσεων, να οριστεί η συνάρτηση ευρωστίας, να αρχικοποιηθεί ένας πληθυσμός αρχικών λύσεων και να οριστούν τελεστές επιλογής και συνδυασμού λύσεων.

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές με τις οποίες μπορεί να υλοποιηθεί η ανωτέρω διαδικασία. Η πλέον διαδεδομένη, οι γενετικοί αλγόριθμοι, αναλύεται στην συνέχεια. Άλλες μορφές εξελικτικού υπολογισμού είναι ο γενετικός προγραμματισμός (τα άτομα που εξελίσσονται είναι προγράμματα), οι διαφοροεξελικτικοί αλγόριθμοι (τροποποιείται ο μηχανισμός αναπαραγωγής), και ο εξελικτικός προγραμματισμός (δεν



χρησιμοποιείται ο τελεστής ανασυνδυασμού παρά μόνο ο τελεστής μετάλλαξης των λύσεων).

### 3.5.1 Γενετικοί αλγόριθμοι

Οι γενετικοί αλγόριθμοι (GA=Genetic Algorithm) προτάθηκαν ως μέθοδος από τον Holland την δεκαετία του 1970 ενώ σημαντική ώθηση στην γενικότερη χρήση τους έδωσε ο Goldberg [38]. Στους GA ο τελεστής ανασυνδυασμού αποτελεί τον βασικό τελεστή, ενώ ο τελεστής μετάλλαξης έχει δευτερεύουσα σημασία. Συνήθως χρησιμοποιείται δυαδική αναπαράσταση για τις λύσεις χωρίς να αποκλείονται άλλου τύπου αναπαραστάσεις. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιείται στη θέση της κλασικής δυαδικής αναπαράστασης η κωδικοποίηση Gray στην οποία δύο αναπαραστάσεις διαδοχικών τιμών διαφέρουν σε ένα μόνο δυαδικό ψηφίο (η απόσταση Hamming είναι 1).

Οι λύσεις που συνδυάζονται προκειμένου να προκύψουν νέες λύσεις μπορεί να είναι μία δύο ή περισσότερες. Στην περίπτωση που συνδυάζονται δύο λύσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί τελεστής ανασυνδυασμού ενός, δύο ή περισσότερων σημείων καθώς και άλλοι συνθετότεροι τελεστές (UNDX, SPX, PCX).

Η επιλογή των λύσεων που θα συνδυαστούν γίνεται είτε μόνο μεταξύ των ατόμων της τρέχουσας γενιάς είτε συμμετέχουν και λύσεις από προηγούμενες γενιές οι οποίες ήταν ιδιαίτερα καλές (ελιτισμός). Ο τελεστής μετάλλαξης είναι ιδιαίτερα απλός και έχει ως στόχο την διαφοροποίηση των γενετικών χαρακτηριστικών του πληθυσμού. Κάθε δυαδικό ψηφίο της λύσης με πιθανότητα  $p_m$  αντιστρέφεται και ο αριθμός αυτός είναι γνωστός ως ρυθμός μετάλλαξης. Συνήθως λαμβάνει μικρή τιμή κοντά στο μηδέν ενώ συνηθισμένη είναι και η πρακτική που θέτει ως ρυθμό μετάλλαξης το  $1/N$  όπου  $N$  είναι το πλήθος των δυαδικών ψηφίων στην αναπαράσταση της λύσης.

Η υπόθεση πάνω στην οποία στηρίζουν την λειτουργία τους οι GA ονομάζεται υπόθεση δομικών τμημάτων (BBH=Building Block Hypothesis). Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή η προσέγγιση καλών λύσεων γίνεται μέσω της διαμόρφωσης και του μετέπειτα συνδυασμού σύντομων «σχημάτων» που όταν συναντώνται σε μια λύση της αποδίδουν υψηλή απόδοση και τα οποία ονομάζονται δομικά στοιχεία της λύσης. Μια άμεση συνέπεια της BBH είναι ότι η κωδικοποίηση που θα επιλεγεί για την επίλυση θα πρέπει να είναι σύμφωνη με την ιδέα των μικρών δομικών στοιχείων.

### 3.5.2 Μιμητικοί αλγόριθμοι

Ως μιμήδιο (meme) μπορεί να οριστεί οποιαδήποτε ιδέα ή πρότυπο η οποία περνάει από άτομο σε άτομο χωρίς να χρησιμοποιούνται γενετικοί μηχανισμοί. Η αρχική αναφορά στον όρο meme έγινε από τον Dawkins το 1976 [39] προκειμένου να περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο τρόποι συμπεριφοράς μεταδίδονται στον πληθυσμό μιας κοινότητας κατ' αναλογία με τον τρόπο διάδοσης των ιών. Οι μιμητικοί αλγόριθμοι (MA=Memetic Algorithms) ως εξελικτικοί αλγόριθμοι διατηρούν ένα πληθυσμό από λύσεις αλλά επιπλέον χρησιμοποιούν μια φάση τοπικής αναζήτησης η οποία εφαρμόζεται είτε μετά από την μετάλλαξη και τον συνδυασμό των λύσεων είτε είναι ενσωματωμένη στην ίδια την διαδικασία ανασυνδυασμού λύσεων. Κατά τον σχεδιασμό του τρόπου ανασυνδυασμού λύσεων θα πρέπει να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της δημιουργίας λύσεων που δεν είναι εφικτές. Χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τεχνικές χειρισμού του εν λόγω προβλήματος: είτε ένας μηχανισμός επισκευής της λύσης είτε σχεδίαση των τελεστών συνδυασμού λύσεων έτσι ώστε να επιστρέφουν μόνο έγκυρες λύσεις. Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι ειδικά στους μιμητικούς αλγορίθμους η έννοια του ανασυνδυασμού λύσεων είναι υποβαθμισμένη σε σχέση με ότι ισχύει στους γενετικούς αλγορίθμους ενώ αντίθετα ο ρόλος της μετάλλαξης εμφανίζεται ισχυροποιημένος. Ως μέθοδος για προβλήματα βελτιστοποίησης [40] έχει

δώσει καλά αποτελέσματα σε πλειάδα προβλημάτων ενώ αναφέρεται στην βιβλιογραφία και ως Genetic Local Search.

### 3.5.3 Νοημοσύνη σμηγών

Ο όρος νοημοσύνη σμηγών (SI=Swarm Intelligence) αναφέρεται στις τεχνικές επίλυσης προβλημάτων που χρησιμοποιούν την συλλογική συμπεριφορά ενός πληθυσμού προκειμένου να επιδείξουν κάποιας μορφής νοημοσύνη. Η έμπνευση για αυτές τις μεθόδους έχει προκύψει από την παρατήρηση στην φύση ομάδων εντόμων και ζώων στις οποίες το κάθε άτομο της ομάδας υπακούει σε ένα μικρό σύνολο απλών κανόνων και το αποτέλεσμα είναι ότι παρατηρείται μια συλλογική συμπεριφορά που δρα προς όφελος της ομάδας. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα μέλη δημιουργεί ένα πρότυπο για το σύστημα στο σύνολό του, το φαινόμενο το οποίο ονομάζεται αυτοοργάνωση (self organization). Χαρακτηριστικά των συστημάτων που δημιουργούνται με αυτοοργάνωση είναι η κατανεμημένη τους φύση, η οργάνωσή τους σε πυκνές ετεροκρατίες και η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον για την επικοινωνία μεταξύ των μελών της αποικίας.

Ένα κατανεμημένο σύστημα δεν έχει κάποια κεντρική αρχή που να συντονίζει τα μέλη ενώ στα πλεονεκτήματά του συγκαταλέγονται η σταθερότητα και η ευελιξία. Η ετεροκρατία είναι σε αντίθεση με την ιεραρχία ένας οριζόντιος τρόπος οργάνωσης στον οποίο κάθε μέλος μπορεί να ανταλλάσσει πληροφορίες με κάθε άλλο μέλος.

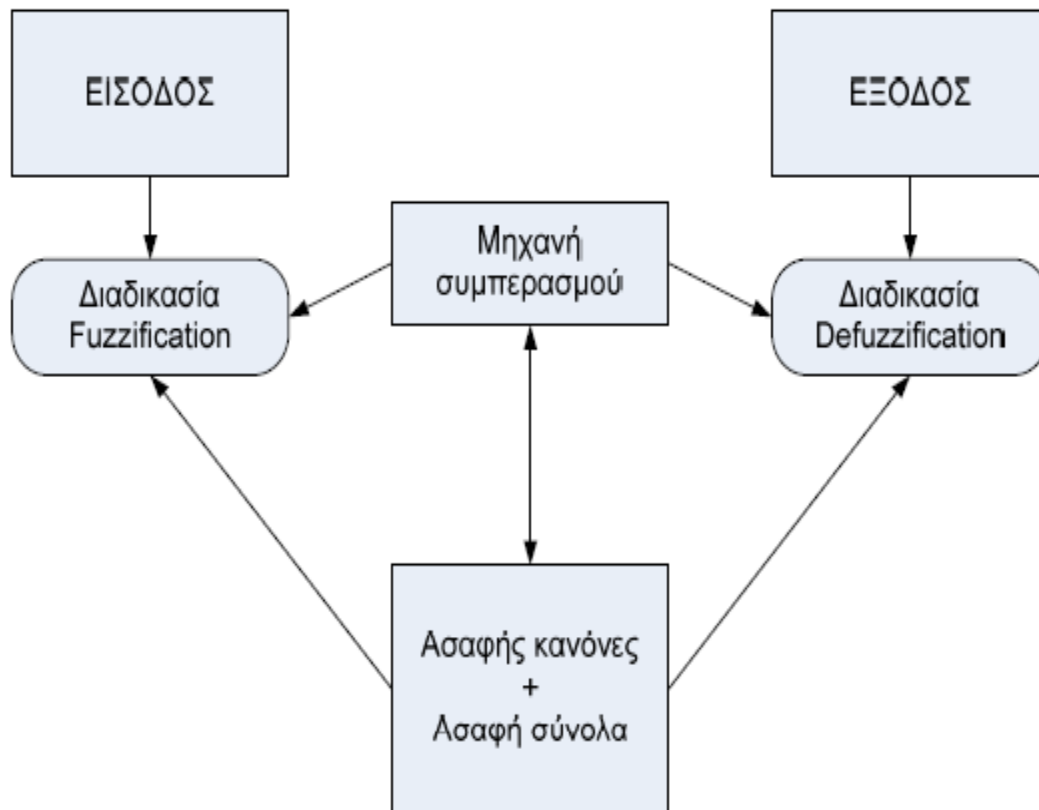
### 3.5.4 Ασαφή σύνολα

Πολλές αποφάσεις απαιτούν την εξέταση πληθώρας παραμέτρων ταυτόχρονα για τις οποίες θα πρέπει να ισχύουν διάφοροι περιορισμοί. Συχνά δε, είναι άγνωστο σε ποιες παραμέτρους θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα. Όπως είπαμε παραπάνω, η ασαφής λογική (FL=Fuzzy Logic) προτάθηκε από τον Zadeh το 1965 και εξελίχθηκε σε μια μέθοδο που επιτρέπει τον χειρισμό δεδομένων που δεν είναι γνωστά με ακρίβεια προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις που στηρίζονται σε αυτά. Η ασαφής λογική λειτουργεί χρησιμοποιώντας τα ασαφή σύνολα (FS=Fuzzy Sets). Ένα ασαφές σύνολο αναπαρίσταται με μια συνάρτηση μέλους η οποία επιστρέφει τον βαθμό στον οποίο ένα στοιχείο ανήκει στο σύνολο. Όταν η συνάρτηση μέλους ενός ασαφούς συνόλου λάβει την τιμή 0 για ένα στοιχείο, αυτό σημαίνει ότι το στοιχείο δεν είναι μέλος του. Αντίθετα αν η τιμή που λάβει η συνάρτηση μέλους για ένα στοιχείο είναι 1 τότε σημαίνει ότι ανήκει πλήρως στο σύνολο. Διάφορες μορφές συναρτήσεων μέλους μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουν ασαφή σύνολα αλλά τα πλέον συνηθισμένα σχήματα είναι τα τριγωνοειδή και τα τραπεζοειδή. Η επιλογή του κατάλληλου κατά περίπτωση σχήματος γίνεται ανά περίπτωση από κάποιον ειδικό ο οποίος μπορεί να εκτιμήσει εάν ένα σχήμα ταιριάζει καλύτερα στην επίλυση του προβλήματος έναντι εναλλακτικών σχημάτων.

Όπως και στα παραδοσιακά σύνολα έτσι και στα ασαφή ορίζονται σχέσεις και πράξεις μεταξύ συνόλων. Ειδικότερα, ορίζονται οι σχέσεις ισότητα και υποσύνολο και οι πράξεις συμπληρωματικότητα (NOT), τομή (AND) και ένωση (OR). Επιπλέον, ορίζονται διάφορα χαρακτηριστικά τα οποία υπάρχουν μόνο στα ασαφή σύνολα (π.χ. normality, support, core,  $\alpha$ -cut κ.α.). Τα ασαφή σύνολα συνδυάζονται με την ασαφή λογική προκειμένου να υλοποιηθεί η λογική που θα τα καταστήσει χρήσιμα στην υλοποίηση εφαρμογών.

Ορίζονται ασαφείς κανόνες που αναπαριστούν την εμπειρία ενός ειδικού στον τομέα του προβλήματος. Οι κανόνες περιέχουν γλωσσικές και όχι αριθμητικές μεταβλητές και είναι της μορφής «Αν το A είναι  $\alpha$  και B είναι  $\beta$  τότε το Γ είναι  $\gamma$ » όπου τα A, B και Γ είναι ασαφή σύνολα και τα  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  είναι γλωσσικές μεταβλητές.

Απαιτούνται βήματα μετατροπής της εισόδου η οποία είναι σε αριθμητικές τιμές σε γλωσσική αναπαράσταση (fuzzification) ακολουθεί η εξαγωγή συμπεράσματος από την μηχανή συμπερασμού και τέλος η μετατροπή του αποτελέσματος σε αριθμητική τιμή (defuzzification) (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1: ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟΥ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΑΣΑΦΗ ΛΟΓΙΚΗ

Αν και η κύρια χρήση της ασαφούς λογικής και συνόλων είναι για την υλοποίηση ελεγκτών και έχουν να παρουσιαστούν πολλές επιτυχημένες εφαρμογές (σταθεροποιητές εικόνων σε φωτογραφικές μηχανές, έλεγχος λειτουργίας κλιματισμού, κ.α.) υπάρχουν και άλλες χρήσεις τους σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές όπως τα νευρωνικά δίκτυα και οι γενετικοί αλγόριθμοι.

### 3.5.5 Μεταευρετικές τεχνικές

Μια τεχνική επίλυσης προβλημάτων θεωρείται ως ευρετική (heuristic) όταν αναζητά «καλές» λύσεις που μπορούν να επιτευχθούν διαθέτοντας λογική υπολογιστική ισχύ. Ο παραπάνω ορισμός δημιουργεί προβληματισμό σχετικά με την καταλληλότητα των ευρετικών τεχνικών για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης καθώς δεν υπάρχει εγγύηση ότι οι λύσεις που παράγονται είναι βέλτιστες. Στην πράξη όμως παρατηρείται ότι συχνά αποτελούν τον πλέον ενδεδειγμένο τρόπο για την αντιμετώπιση δύσκολων προβλημάτων. Οι ευρετικές τεχνικές στηρίζονται στην υπόθεση ότι η αποδοτική λύση ορισμένων συνδυαστικών προβλημάτων απαιτεί περισσότερη ευελιξία από ότι μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικές που αποδεδειγμένα παρουσιάζουν ιδιότητες σύγκλισης. Σε κάποιο βαθμό μπορούν να θεωρηθούν ως αλγόριθμοι αναζήτησης που εφαρμόζουν επαναληπτικά ένα σκεπτικό επιλογής για την συνέχεια της αναζήτησης. Αυτό μπορεί να συμβαίνει μέσω κάποιας απλής λογικής αλληλουχίας ενεργειών καθώς και με τεχνικές πειραματισμού και διόρθωσης (trial and error).

Ορισμένες ευρετικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εύρεση καλών λύσεων σε συγκεκριμένα προβλήματα είναι ανεξάρτητες από τα ίδια τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται μεταευρετικές και πολλές από αυτές έχουν εμπνευστεί από μηχανισμούς που παρατηρούνται στην φύση. Οι μεταευρετικές τεχνικές μπορούν να ομαδοποιηθούν με βάση τον τρόπο με τον οποίο εξετάζουν τις νέες πιθανές λύσεις. Μέθοδοι όπως η tabu αναζήτηση και η προσομοιωμένη απόκτηση εξετάζουν μόνο μια νέα λύση σε κάθε βήμα ενώ μέθοδοι όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι και οι διασκορπισμένη αναζήτηση χειρίζονται παράλληλα ένα μεγάλο πληθυσμό από λύσεις. Μια άλλη κατηγοριοποίηση των μεταευρετικών τεχνικών τις χωρίζει σε τεχνικές που χρησιμοποιούν μνήμη και σε τεχνικές που δεν χρησιμοποιούν μνήμη. Στις μεν πρώτες καταγράφονται

χαρακτηριστικά των ενδιάμεσων λύσεων που παράγονται κατά την εφαρμογή της μεθόδου με στόχο να υποβοηθηθεί η λήψη μελλοντικών αποφάσεων ενώ στις τεχνικές που ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία οι ενέργειες που εκτελούνται εξαρτώνται μόνο από την τρέχουσα κατάσταση.

### 3.5.6 Μέθοδοι πολλαπλών εκκινήσεων

Η τοπική αναζήτηση είναι μια επαναληπτική διαδικασία η οποία ξεκινά από μια αρχική λύση του προβλήματος και προοδευτικά την βελτιώνει πραγματοποιώντας αλλαγές σε αυτή. Σημαντικά δομικά στοιχεία της τοπικής αναζήτησης είναι ο χώρος αναζήτησης και ο τρόπος παραγωγής γειτονικών λύσεων από μια οποιαδήποτε λύση. Ο χώρος αναζήτησης είναι όλες οι πιθανές λύσεις που μπορεί να τύχουν επίσκεψης κατά την αναζήτηση. Συχνά ο χώρος αναζήτησης δεν περιέχει μόνο εφικτές λύσεις. Αυτό συμβαίνει καθώς το πέρασμα από μη εφικτές λύσεις κατά την αναζήτηση μπορεί να απαιτείται προκειμένου να προσεγγιστούν καλύτερες λύσεις. Η γειτονιά μιας λύσης προκύπτει εφαρμόζοντας ένα είδους μετασχηματισμό. Για κάθε πρόβλημα υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι μετασχηματισμοί που μπορούν να εφαρμοστούν. Ο δημιουργός του αλγορίθμου θα πρέπει να επιλέξει τον μετασχηματισμό που θα δώσει καλύτερα αποτελέσματα στην αναζήτηση από πλευράς ποιότητας λύσης αλλά και χρόνου ολοκλήρωσης. Η αποδοτικότητα της τοπικής αναζήτησης εξαρτάται από την αρχική λύση, την δομή της γειτονιάς, την ταχύτητα υπολογισμού της συνάρτησης κόστους και τον τρόπο με τον οποίο επιλέγεται μια νέα λύση. Η πλέον συνηθισμένη υλοποίηση της τοπικής αναζήτησης είναι με την μέθοδο της πλέον απότομης καθόδου (steepest descent) στην οποία γίνεται αναζήτηση σε όλη την γειτονιά της τρέχουσας λύσης και επιλέγεται η λύση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη βελτίωση στην συνάρτηση κόστους. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορες παραλλαγές όπως η μέθοδος τυχαίας καθόδου (random descent) στην οποία επιλέγονται με τυχαίο τρόπο γειτονικές της τρέχουσας λύσεις και γίνεται αποδεκτή η πρώτη λύση που βελτιώνει την

συνάρτηση κόστους Έχει παρατηρηθεί ότι η πρόωρη σύγκλιση σε τοπικό ελάχιστο συναντάται συχνότερα όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος της πλέον απότομης καθόδου.

Δύο μειονεκτήματα της τοπικής αναζήτησης είναι ότι δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εγγύτητα στην βέλτιστη λύση και ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή του αρχικού σημείου. Ωστόσο το κύριο πρόβλημα που παρουσιάζει είναι ότι παγιδεύεται εύκολα σε τοπικά βέλτιστες λύσεις, γεγονός που δεν της επιτρέπει να εξερευνήσει το μεγαλύτερο κομμάτι του χώρου αναζήτησης και να εντοπίσει την καθολικά βέλτιστη λύση. Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι με διαδοχικές επανεκκινήσεις της διαδικασίας τοπικής αναζήτησης από διαφορετική αφετηρία. Συνεπώς σε μια μέθοδο πολλαπλών εκκινήσεων συνυπάρχουν δύο φάσεις, η φάση δημιουργίας της αρχικής λύσης και η φάση βελτίωσης της αρχικής λύσης οι οποίες εκτελούνται διαδοχικά για έναν αριθμό επαναλήψεων. Φαίνεται ότι είναι προτιμότερο να πραγματοποιείται μικρότερος αριθμός επαναλήψεων και περισσότερος χρόνος να διατίθεται στην αναζήτηση καλύτερων λύσεων, παρά να γίνεται μεγάλος αριθμός επαναλήψεων με αναζητήσεις που δεν προλαβαίνουν να φθάσουν σε μεγάλο βάθος.

Οι μέθοδοι πολλαπλής εκκίνησης μπορεί να κατηγοριοποιηθούν με βάση τρία κύρια χαρακτηριστικά: την χρήση μνήμης, την στοχαστικότητα, και τον βαθμό στον οποίο επιτρέπεται η δημιουργία νέων λύσεων χρησιμοποιώντας τμήματα άλλων λύσεων. Μια μέθοδος πολλαπλής εκκίνησης μπορεί να χρησιμοποιεί μνήμη ή όχι. Σε περίπτωση που χρησιμοποιεί μπορεί να δίνει κίνητρα για επανάληψη ενεργειών που οδηγούν σε καλές λύσεις (incentive based learning [41]). Η τυχαία επιλογή παραμέτρων κατά την αναζήτηση είναι ο απλούστερος τρόπος με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί ποικιλία ανάμεσα στις παραγόμενες λύσεις. Από την άλλη μεριά με συστηματικό τρόπο μπορεί να επιτευχθεί έλεγχος του βαθμού στον οποίο οι λύσεις είναι όμοιες μεταξύ τους και να προσδιοριστεί ένας μηχανισμός με τον οποίο θα γίνονται δεκτές λύσεις μόνο εφόσον παρουσιάζουν διαφορετικότητα άνω ενός ορίου. Σε σχέση με το τρίτο κριτήριο κατηγοριοποίησης των μεθόδων πολλαπλής εκκίνησης η κατασκευή νέων λύσεων μπορεί να ξεκινά κάθε φορά από το μηδέν ή να στηρίζεται



σε τμήματα της λύσης τα οποία είναι «ισχυρά καθορισμένα και συνεπή» [42] κατά την έννοια ότι παρατηρούνται σε λύσεις οι οποίες κρίνονται ως καλές ή ως ελπιδοφόρες για την συνέχεια της αναζήτησης. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια μορφή μνήμης μέσω της οποίας θα ανιχνεύεται η ανωτέρω ιδιότητα.

Συμπερασματικά, οι μέθοδοι πολλαπλών εκκινήσεων είναι πλέον κατάλληλες για προβλήματα στα οποία είναι σχετικά εύκολο να δημιουργηθεί μια εφικτή λύση αλλά δυσκολότερο να οριστεί τρόπος παραγωγής γειτονικών λύσεων που να εξακολουθούν να είναι εφικτές [43].

### 3.6 Εφαρμογές της ασαφούς λογικής

Η ασαφής λογική αποτελεί σήμερα μια αναγνωρισμένη επιστημονική θεωρία, κυρίως πρακτικού χαρακτήρα, με προσανατολισμό στην επίλυση ή τουλάχιστον στην επίτευξη καλύτερων λύσεων από αυτές των υπόλοιπων επιστημών, ικανή για την αντιμετώπιση προβλημάτων με υψηλό βαθμό αβεβαιότητας. Η θεωρία, η τεχνολογία και οι εφαρμογές της ασαφούς λογικής έχουν σημειώσει τα τελευταία χρόνια ταχύτερη ανάπτυξη και έχουν καταστεί αξιόπιστο και εύχρηστο εργαλείο σε πολλές επιστημονικές και ερευνητικές περιοχές. Για παράδειγμα πολλές οικιακές συσκευές χρησιμοποιούν την ασαφή λογική. Μερικές απ' αυτές είναι τα πλυντήρια πιάτων ή ρούχων που από μόνα τους έχουν τη δυνατότητα να καθορίζουν την κατάλληλη ποσότητα απορρυπαντικού που πρέπει να χρησιμοποιήσουν καθώς και την σωστή πίεση νερού που απαιτείται, ώστε να καθαρίζουν αποτελεσματικά και με ασφάλεια [44].

Εκτός από τις οικιακές συσκευές, ασαφή λογική χρησιμοποιούν τα αντικλεπτικά συστήματα, οι ελεγκτές αυτοκίνητων μηχανών, τα υπόγεια συστήματα τρένων, τα αναπτυσσόμενα συστήματα έγχρωμων φιλμ, τα μετεωρολογικά συστήματα, τα συστήματα απόφασης, ακόμη και οι αυτόματης εστίασης κάμερες. Τέλος, ασαφή

λογική χρησιμοποιείται στην ιατρική για τις διάφορες διαγνώσεις καθώς και για την πρόβλεψη κληρονομικών χαρακτηριστικών.

Είναι φανερό ότι η μελλοντική επερχόμενη εξέλιξη της ασαφούς λογικής, θα είναι τεράστια και θα καταλήξει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι της επιστήμης και της τεχνολογίας. Παρόλα αυτά όμως, θα χρειαστεί να ερευνηθούν πολλά κρίσιμα σημεία και θα πρέπει να βρεθούν λύσεις σε πολλά προβλήματα.

Μερικές μελλοντικές εφαρμογές της όπως προβλέφθηκαν από τον καθηγητή Bart Kosko του πανεπιστημίου της Νότιας Καλιφόρνιας, είναι οι εξής [44]:

- Ρομπότ με ανθρώπινη συμπεριφορά
- Υπολογιστές που θα κατανοούν και θα ανταποκρίνονται στην ανθρώπινη γλώσσα
- Μηχανές που θα γράφουν μυθιστορήματα και πλήρη σενάρια ταινιών με προεπιλεγμένο θέμα και ύφος
- Μόρια που θα περιπλανιούνται στο αίμα και θα σκοτώνουν τα καρκινοειδή κύτταρα καθυστερώντας έτσι την θανατηφόρα πορεία τους.

Γενικότερα, η ασαφής λογική μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα υψηλού επιπέδου αυτόματου ελέγχου (αναγνώριση ήχου και εικόνας, αυτόματο σχέδιο, ανάκτηση δεδομένων, ανάλυση ρίσκου, βάση δεδομένων, ανίχνευση σφάλματος), στην ιατρική (ιατρική διάγνωση, ρομπότ νοσοκόμους, τεχνητά μέλη), στο πεδίο των επιχειρήσεων (συστήματα διοίκησης και απόφασης, μάρκετινγκ, σύμβουλος επιχειρήσεων και επένδυσης, αυτοματοποίηση γραφείου), στις ανθρωπιστικές και κοινωνικές επιστήμες όπως τη ψυχολογία, στην δημόσια παιδεία και εκπαίδευση, στα θέματα που αφορούν τη τάξη και την ασφάλεια μιας κοινωνίας, καθώς και σε άλλες ειδικές επιστήμες όπως η σεισμολογία και η γεωργική μετεωρολογία.

Η ασαφής λογική δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αδύνατα προβλήματα. Μπορεί αυτό να ακούγεται λογικό και προφανές αλλά συχνά, λόγω της τυχαιότητας

που χαρακτηρίζει την ασαφή λογική, οι άνθρωποι πιστεύουν πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού. Επίσης μια φανερή αδυναμία της ασαφούς λογικής είναι ότι τα αποτελέσματά της δεν είναι πάντα σωστά ακριβώς επειδή παρουσιάζονται ως εικασίες. Αντίθετα αυτά της «κλασσικής» λογικής μπορούν να είναι πλήρως αξιόπιστα. Τέλος, υπάρχει ο φόβος να συγχύσει κανείς την ασαφή λογική με την θεωρία των πιθανοτήτων.

Οι οπαδοί της «κλασσικής» λογικής πιστεύουν πως η ασαφής λογική δεν έχει καμία χρησιμότητα. Υποστηρίζουν ότι η «γκρίζα» περιοχή μεταξύ του 0 και του 1 είναι ανακριβής σε αντίθεση με το πραγματικό 1 ή 0. Είναι δύσκολο να υπάρξει αντιδικία για συγκεκριμένες θεωρίες αν αυτές δεν είναι πλήρως αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα. Χρειάζεται ανοικτό μυαλό και πάνω από όλα διάθεση για να τις αποδεχτεί κανείς [44].

### 3.7 Ο αλγόριθμος ANFIS

Το μοντέλο ANFIS είναι μια ευρέως εφαρμοσμένη κατηγορία υβριδικών νευρο-ασαφών ελεγκτών. Το ακρωνύμιο ANFIS προκύπτει από τα αρχικά των λέξεων Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System ή Adaptive Network-based Fuzzy Inference System. Στο μοντέλο αυτό εμπεριέχεται μια διαδικασία εκπαίδευσης, όμοια με αυτή των τεχνητών νευρωνικών δικτύων, η οποία δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η πληροφορία από ένα σύνολο δεδομένων στη διαδικασία διαμόρφωσης των συναρτήσεων μεταφοράς ενός ασαφούς συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, με ένα σύνολο δεδομένων εισόδου/εξόδου, ρυθμίζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής ενός ασαφούς συστήματος ελέγχου, χρησιμοποιώντας είτε αποκλειστικά τον αλγόριθμο μάθησης οπισθόδρομης διάδοσης, είτε τον συνδυασμό του με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Είναι προφανές πως αυτό το μοντέλο είναι αποδοτικό όταν τα δεδομένα εκπαίδευσης αντιπροσωπεύουν ικανοποιητικά τα χαρακτηριστικά που πρόκειται να

μοντελοποιήσουν. Το μοντέλο ANFIS υποστηρίζει μόνο ασαφή συστήματα τύπου Sugeno [45,46].

### **3.7.1 Πλεονεκτήματα του ANFIS**

Ο υβριδικός αλγόριθμος εκμάθησης μας δίνει τη δυνατότητα να βελτιώσουμε κανόνες οι οποίοι έχουν εξαχθεί από ειδικούς, για να εξομοιώσουν τη συμπεριφορά ενός πολύπλοκου συστήματος.

Όταν αυτή η γνώση δεν υπάρχει, μπορεί να ορίσει λογικές αρχικές συναρτήσεις μεταφοράς για να εκκινήσει τον αλγόριθμο εκπαίδευσης, ώστε να παράγει ένα σετ από ασαφείς κανόνες που θα εξομοιώνουν τη συμπεριφορά ενός σετ δεδομένων, καλύπτοντας κατάλληλα όλο το χώρο εισόδων. Αυτός είναι και ένας λόγος που η συγκεκριμένη μέθοδος συγκλίνει γρήγορα σε καλές τιμές των παραμέτρων.

Λόγω της υβριδικής μεθόδου ο αλγόριθμος συγκλίνει πολύ γρήγορα, καθώς η χρήση του RLSE μειώνει το χρόνο εκμάθησης κατά περίπου 10 φορές.

Η χρήση του συγκεκριμένου αλγορίθμου δεν απαιτεί τον ορισμό των κρυμμένων κόμβων, αφού αυτός καθορίζεται από τον αριθμό των διανυσμάτων εισόδου.

Προσφέρει αρκετές επιλογές για την συνάρτηση μεταφοράς που θα χρησιμοποιηθεί.

Δίνει τη δυνατότητα πολύ καλύτερης εξομοίωσης σε υψηλά μη γραμμικά συστήματα από τις κοινές γραμμικές μεθόδους.

Έχει λιγότερες παραμέτρους από τα αντίστοιχα νευρωνικά δίκτυα σε συσχέτιση καταρράκτη (cascade correlation) [45,46].

### 3.7.2 Μειονεκτήματα του ANFIS

Το ANFIS δίνει τη δυνατότητα για μία μόνο έξοδο, ως αποτέλεσμα της φύσης των ασαφών κανόνων που αναπαριστά, και έτσι μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε διαδικασίες όπως η πρόγνωση μη γραμμικών συναρτήσεων όπου υπάρχει μία και μοναδική έξοδος.

Οι συναρτήσεις συμμετοχής που αναφέρονται σε κάθε κόμβο εισόδου ή εξόδου δεν μπορούν να αλλάξουν, αλλάζουν μόνο οι τιμές των κανόνων. Γι' αυτό είναι πολύ σημαντική η εκλογή των συναρτήσεων μεταφοράς.

Δεν υπάρχουν εναλλακτικές τεχνικές βελτιστοποίησης εκτός της υβριδικής και της απλής BP χωρίς τον LSE.

Το ANFIS με τη χρήση του υβριδικού αλγορίθμου μπορεί να εφαρμοστεί μονάχα σε μοντέλα TSK, για τα οποία και δημιουργήθηκε. Βέβαια, αν δεν χρησιμοποιηθεί η RLSE μπορεί να επεκταθεί και σε μοντέλα με ασαφείς συναρτήσεις μεταφοράς και στο τμήμα απόδοσης κανόνων, όπως είναι τα Mamdani, αλλά έτσι χάνουμε όλα τα πλεονεκτήματα του ANFIS ως υβριδική μέθοδο και που το χαρακτηρίζουν[45,46].

### 3.7.3 Περιορισμοί

Οι κυριότεροι περιορισμοί του ANFIS που αναφέρονται στην διεθνή βιβλιογραφία είναι [46]:

- Βασίζεται σε ένα FIS τύπου Sugeno.
- Έχει μια έξοδο, που λαμβάνεται με τη μέθοδο αποσαφοποίησης σταθμισμένου μέσου.
- Όλες οι συναρτήσεις συμμετοχής εξόδου πρέπει να είναι ίδιου τύπου, είτε γραμμικές είτε σταθερές.

- Δεν μπορεί να γίνεται κοινή χρήση κανόνων. Διαφορετικοί κανόνες δεν μπορούν να έχουν την ίδια συνάρτηση συμμετοχής εξόδου.
- Πρέπει να υπάρχουν βάρη σε κάθε κανόνα.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε συνάρτηση συμμετοχής, παρά μόνο προκαθορισμένες που επιβάλλουν οι ορισμοί του ANFIS.
- Ο κάθε κανόνας να είναι αυτοτελής.

# 4

## ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

### 4.1 Εισαγωγή

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (ΓΑ) είναι μέρος των εξελικτικών αλγορίθμων οι οποίοι είναι μια ταχέως εξελισσόμενη περιοχή της Τεχνητής Νοημοσύνης. Οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι γενικής χρήσης αλγόριθμοι αναζήτησης που βασίζονται στις αρχές της εξέλιξης που παρατηρούνται στη φύση και γίνονται όλο και περισσότερο γνωστοί χάριν της ικανότητάς τους να λύνουν δύσκολα προβλήματα.

Ο πρώτος Γενετικός Αλγόριθμος (ΓΑ) αναπτύχθηκε από τον John H. Holland την δεκαετία του 1960, για να δώσει τη δυνατότητα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές να παράγουν λύσεις σε δύσκολα προβλήματα αναζήτησης και συνδυαστικής βελτιστοποίησης, όπως η ελαχιστοποίηση συναρτήσεων και η μηχανική μάθηση. Οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι μια προσπάθεια να προσομοιωθεί η διαδικασία της φυσικής επιλογής σε μια διαδικασία αναζήτησης. Στη φύση, οι οργανισμοί έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που επιδρούν στην ικανότητά τους να επιβιώνουν και να αναπαράγονται. Κάποιες επιφυλάξεις δημιουργεί το γεγονός ότι οι Γενετικοί Αλγόριθμοι δεν έχουν αναλυθεί πλήρως μαθηματικά, μέχρι αυτή την στιγμή τουλάχιστον.[34]

## 4.2 Βιολογικό Υπόβαθρο

Κάθε ζωντανός οργανισμός αποτελείται από κύτταρα. Σε κάθε κύτταρο υπάρχει ο ίδιος αριθμός από χρωμοσώματα. Τα χρωμοσώματα είναι strings του DNA και χρησιμεύουν σαν ένα μοντέλο ολόκληρου του οργανισμού. Ένα χρωμόσωμα αποτελείται από γονίδια, τμήματα του DNA, που το καθένα έχει τη δική του θέση και κωδικοποιεί ένα κληρονομικό χαρακτηριστικό, για παράδειγμα το χρώμα των ματιών.

Κατά την αναπαραγωγή πρώτα πραγματοποιείται η Διασταύρωση (Crossover) των γονιδίων. Γονίδια των γονέων σχηματίζουν με τον ίδιο τρόπο το νέο χρωμόσωμα. Οι νέοι απόγονοι μπορεί να έχουν υποστεί Μετάλλαξη (Mutation), κατά την οποία κάποιο στοιχείο του DNA έχει αλλάξει κατά ένα bit που οφείλεται σε λάθος αντιγραφή των γονιδίων από τους γονείς.

Στην πραγματικότητα, δεν είναι πολύ γνωστοί οι ακριβείς μηχανισμοί για την φυσική αναπαραγωγή, αλλά κάποιες όψεις τους. Οι παρακάτω ιδιότητες ωστόσο, είναι κοινά αποδεκτές:

- Η εξέλιξη είναι μια διαδικασία η οποία λειτουργεί πάνω σε χρωμοσώματα αντί στους ίδιους τους ζωντανούς οργανισμούς που αναπαριστούν.
- Η φυσική Επιλογή είναι μια σχέση μεταξύ των χρωμοσωμάτων και της αναπάρστασης των κωδικοποιημένων χαρακτηριστικών τους. Η διαδικασία της φυσικής Επιλογής εξασφαλίζει τα χρωμοσώματα τα οποία αναπαριστούν μια καλή σύνθεση να αναπαράγονται πιο συχνά από κάποια άλλα.
- Η Εξέλιξη εμφανίζεται κατά την αναπαραγωγή. Η Μετάλλαξη, ίσως και να είναι ο λόγος που τα χρωμοσώματα των παιδιών μερικές φορές διαφέρουν από αυτά των γονέων τους σε κάποια μέρη. Τα χρωμοσώματα των γονέων



λοιπόν, συνδυάζονται με συγκεκριμένο τρόπο για να δημιουργήσουν τα νέα, διαφορετικά χρωμοσώματα των παιδιών τους.

- Η βιολογική εξέλιξη δεν έχει μνήμη. Ότι είναι γνωστό για τις ατομικότητες και τον τρόπο που δρουν μέσα στο περιβάλλον τους, είναι αποθηκευμένα σε ένα σύνολο χρωμοσωμάτων και στον τρόπο που τα χρωμοσώματα αυτά είναι κωδικοποιημένα.

Οι ιδιότητες αυτές είναι ο λόγος που ο John Holland άρχισε να μελετά τους υπολογιστικούς αλγόριθμους, βασισμένος σε αυτήν την αρχή. Έγραψε αλγόριθμους που μπορούσαν να αναπαράγουν χρωμοσώματα, αναπαριστάμενα με δυαδικά bit strings από 1 και 0. Ακριβώς σαν την φύση. Αυτά τα strings διαχειρίζονταν επιδέξια με σκοπό να γίνουν ένα καλό χρωμόσωμα. Ωστόσο, δεν γνώριζε κανείς σχετικά με το πρόβλημα που θα μπορούσαν αυτά να λύσουν.

Η βασική ιδέα που κρύβεται πίσω από τους Γενετικούς Αλγόριθμους (ΓΑ) είναι η μίμηση των μηχανισμών της φύσης. Ας πάρουμε, για παράδειγμα, τους λαγούς και πώς αναπαράγονται και εξελίσσονται από γενιά σε γενιά. Έστω ότι αρχίζουμε να παρατηρούμε ένα συγκεκριμένο πληθυσμό από λαγούς. Όπως είναι φυσικό, κάποιοι από αυτούς θα είναι πιο γρήγοροι και πιο εύστροφοι από τους άλλους. Αυτοί οι γρηγορότεροι και εξυπνότεροι λαγοί έχουν λιγότερες πιθανότητες να αποτελέσουν γεύμα κάποιας αλεπούς και, άρα από τη στιγμή που καταφέρνουν να επιβιώσουν θα ασχοληθούν με την αναπαραγωγή του είδους τους. Φυσικά, θα υπάρχει και ένας μικρός αριθμός αργών και λιγότερο εύστροφων λαγών, που θα καταφέρουν να επιβιώσουν μόνο και μόνο επειδή στάθηκαν τυχεροί. Όλοι αυτοί οι λαγοί, που έχουν καταφέρει να επιβιώσουν, θα αρχίσουν την παραγωγή της επόμενης γενιάς τους, μιας γενιάς που θα συνδυάζει όλα τα χαρακτηριστικά των μελών της προηγούμενης, συνδυασμένα με διάφορους τρόπους μεταξύ τους. Έτσι, μερικοί αργοί λαγοί θα αναμειχθούν με κάποιους γρήγορους, κάποιοι γρήγοροι με άλλους γρήγορους, κάποιοι εύστροφοι λαγοί με κάποιους μη εύστροφους και ούτω καθεξής. Οι μικροί λαγοί της επόμενης γενιάς θα είναι, κατά μέσο όρο, γρηγορότεροι και εξυπνότεροι από τους προγόνους τους, αφού από την προηγούμενη γενιά επιβίωσαν περισσότεροι γρήγοροι και εξυπνοι λαγοί.

Ευτυχώς, για την διατήρηση της φυσικής ισορροπίας, και οι αλεπούδες υφίστανται την ίδια διαδικασία αναπαραγωγής, διαφορετικά οι λαγοί θα γινόντουσαν υπερβολικά γρήγοροι και έξυπνοι για να μπορούν οι αλεπούδες να τους πιάσουν [35].

Οι ΓΑ χαρακτηρίζονται από την απλότητα και την κομψότητά τους ως γεροί αλγόριθμοι αναζήτησης, καθώς επίσης και από τη δύναμή τους να ανακαλύψουν γρήγορα τις καλές λύσεις δύσκολων, μεγάλης διάστασης προβλημάτων. Οι ΓΑ είναι χρήσιμοι και αποδοτικοί όταν:

- Το διάστημα αναζήτησης είναι μεγάλο, σύνθετο ή ανεπαρκώς κατανοητό
- Η γνώση περιοχών είναι λιγοστή ή η ειδική γνώση είναι δύσκολο να κωδικοποιηθεί ώστε, να περιοριστεί στο διάστημα αναζήτησης
- Καμία μαθηματική ανάλυση δεν είναι διαθέσιμη
- Οι παραδοσιακές μέθοδοι αναζήτησης αποτυγχάνουν

Οι γενετικοί αλγόριθμοι δεν επιλύουν το πρόβλημα με αναλυτικό/ μαθηματικό τρόπο αλλά με βιολογικό. Συνεπώς έχουν μεγαλύτερη ενδογενή ευελιξία και ελευθερία να επιλέγουν μια επιθυμητή βέλτιστη λύση σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προβλήματος. Ουσιαστικά οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι αλγόριθμοι αναζήτησης (heuristics) που προσπαθούν να αναζητήσουν την λύση του προβλήματος που τους αναθέτουμε

Η λύση σε ένα πρόβλημα καλείται χρωμόσωμα. Ένα χρωμόσωμα αποτελείται από μια συλλογή γονιδίων που είναι απλά οι παράμετροι που βελτιστοποιούνται. Ένας ΓΑ δημιουργεί έναν αρχικό πληθυσμό (μια συλλογή χρωμοσωμάτων), αξιολογεί αυτόν τον πληθυσμό, κατόπιν εξελίσσει τον πληθυσμό μέσω των πολλαπλών γενεών στην αναζήτηση μιας καλής λύσης για το πρόβλημα.

Όπως περιγράφεται στο βιβλίο του Davis [36], ένας γενετικός αλγόριθμος έχει πέντε στοιχεία:

1. ένα μέσο κωδικοποίησης λύσεων για το πρόβλημα σαν ένα χρωμόσωμα
2. μία συνάρτηση που αξιολογεί την καταλληλότητα της λύσης
3. ένα μέσο για τη λήψη ενός αρχικού πληθυσμού λύσεων
4. αναπαραγωγικούς συντελεστές για τις κωδικοποιημένες λύσεις
5. κατάλληλες ρυθμίσεις για τις παραμέτρους ελέγχου του γενετικού αλγορίθμου

Σε όλους εκτός από τους πιο απλούς οργανισμούς αυτά τα χαρακτηριστικά αναπαριστώνται σε μεγάλες συμβολοσειρές πληροφορίας που περιέχονται στα χρωμοσώματα. Στη σεξουαλική αναπαραγωγή, τα χρωμοσώματα του απογόνου αποτελούνται από ένα συνδυασμό της χρωμοσωμικής πληροφορίας κάθε προγόνου. Η διαδικασία της φυσικής επιλογής λέει ότι οι πιο «κατάλληλοι» από τους οργανισμούς του είδους έχουν την ευκαιρία να ζευγαρώνουν περισσότερο. Αυτό οδηγεί στην προσδοκία ότι ο απόγονος θα έχει πολύ καλή πιθανότητα να είναι ο πλέον κατάλληλος. Έτσι, σε αντίθεση με τους περισσότερους ευρετικούς αλγορίθμους, οι ΓΑ κατά τη διάρκεια της αναζήτησης μιας καλύτερης λύσης χρησιμοποιούν πληροφορίες από ένα πληθυσμό λύσεων, που ονομάζονται άτομα (individuals). Ένας ΓΑ είναι μια στοχαστική επαναληπτική διαδικασία που διατηρεί το μέγεθος του πληθυσμού σταθερό σε κάθε επανάληψη, η οποία ονομάζεται γενιά (generation). Η βασική τους λειτουργία είναι το ταίριασμα δύο λύσεων με στόχο να δημιουργηθεί μια νέα λύση. Για να δημιουργηθεί μια νέα λύση εφαρμόζονται δύο τελεστές, ένας δυαδικός τελεστής που ονομάζεται διασταύρωση (crossover), και ένας μοναδιαίος τελεστής που ονομάζεται μετάλλαξη (mutation). Η διασταύρωση παίρνει δύο άτομα που ονομάζονται γονείς (parents) και παραγάγει με την ανταλλαγή τμημάτων των γονέων δύο νέα άτομα που ονομάζονται απόγονοι (offsprings). Κάθε άτομο στον πληθυσμό αντιπροσωπεύει μια υποψήφια λύση του προς επίλυση προβλήματος. Περιστασιακά, μεταλλάξεις μπορεί να προκύψουν που μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα δραστικές αλλαγές στα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού. Κάποιες φορές αυτές οι τυχαίες αλλαγές μπορεί να είναι καθοριστικές στην ικανότητα του οργανισμού να επιβιώσει ή

να αναπαραχθεί. Άλλες φορές, οι αλλαγές μπορεί να βελτιώνουν την καταλληλότητα του οργανισμού ή και να μην προκαλούν ουσιαστικές διαφορές. Χωρίς μεταλλάξεις, ο πληθυσμός τείνει να συγκλίνει σε μια ομογενή κατάσταση στην οποία κάθε άτομο ενός είδους να διαφέρει πολύ λίγο από τα υπόλοιπα άτομα του είδους. Μπορεί κανείς να σκεφτεί τη διαδικασία της φυσικής επιλογής ενός τυχαία επιλεγμένου πληθυσμού ατόμων –ή καλύτερα χρωμοσωμάτων- σαν μια αναζήτηση στο χώρο των χρωμοσωμικών τιμών. Επιπλέον, η αναζήτηση γίνεται παράλληλα – κάθε γενιά παρέχει άτομα για ζευγάρωμα έχοντας σαν αποτέλεσμα έναν πιθανότατα ισχυρότερο πληθυσμό. Αυτά τα χαρακτηριστικά της φυσικής επιλογής κάνουν τους γενετικούς αλγορίθμους κατάλληλους για μεγάλα προβλήματα αναζήτησης που έχουν μικρή ή καθόλου τοπικότητα. *τρελαίνω*

### 4.3 Περιγραφή του Γενετικού Αλγόριθμου

Ο Γενετικός Αλγόριθμος ξεκινά με ένα σύνολο λύσεων (τις λύσεις αναπαριστούν τα χρωμοσώματα) που καλείται πληθυσμός.

Το πρώτο και ίσως το πιο σημαντικό βήμα στην εφαρμογή ενός γενετικού αλγορίθμου είναι να επιλεγεί ο τρόπος αναπαράστασης για τη λύση στο πρόβλημα σαν μια συμβολοσειρά πεπερασμένου μήκους σε μια πεπερασμένη αλφάβητο. Η κωδικοποίηση θα πρέπει να είναι ικανή να αναπαριστά όλες τις πραγματικά σχετικές παραμέτρους. Κάποια γνώση του χώρου αναζήτησης είναι αναπόφευκτη [37].

Το χρωμόσωμα, έπειτα, θα έχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με το ιδιαίτερο άτομο που εκπροσωπεί, δηλαδή θα αποτελείται από πληροφορίες σχετικές με τη λύση που αναπαριστά. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να κωδικοποιηθούν οι παράμετροι σε ένα χρωμόσωμα. Αν και η Δυαδική Αναπαράσταση είναι ευρέως διαδεδομένη, χρησιμοποιούνται και άλλων ειδών δυαδικές αναπαραστάσεις, όπως η κωδικοποίηση Gray με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης των αλγορίθμων. Φυσικά, υπάρχουν και άλλων ειδών αναπαραστάσεις όπως η Messy αναπαράσταση (Goldberg

1989), η Αναπαράσταση Αριθμών Κινητής Υποδιαστολής (Deb 1991), η Αναπαράσταση Αναδιατάξεων (Goldberg 1989, Whitle 1989, Starkweather κ.α. 1991), η Αναπαράσταση σε Διανύσματα Πραγματικών Αριθμών και η Δενδρική Αναπαράσταση, καθεμία από τις οποίες χρησιμοποιείται σε αντίστοιχα προβλήματα, όπου η δυαδική αναπαράσταση δεν επαρκεί για την πλήρη και αποτελεσματική περιγραφή των ατόμων. Βέβαια, υπάρχουν πάρα πολλές ακόμα, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από το πρόβλημα που επιλύεται.

Ο Goldberg έδωσε δύο βασικές αρχές για επιλογή κωδικοποίησης σε γενετικό αλγόριθμο [38].

Η πρώτη αναφέρεται στα είδη των συμβόλων που χρησιμοποιούνται στην αναπαράσταση της πληροφορίας που περιέχεται στο χρωμόσωμα: Σύμφωνα με την αρχή της ελάχιστης αλφαβήτου, ο Goldberg υποδεικνύει: «Επέλεξε τη μικρότερη αλφάβητο που επιτρέπει μια φυσική έκφραση του προβλήματος». Αυτό θα προωθούσε τη χρήση μιας δυαδικής κωδικοποίησης απέναντι σε μια κωδικοποίηση βασισμένη στα γράμματα του αλφαβήτου στην οποία χρησιμοποιείται ένα σύνολο ποικίλων συμβόλων.

Η δεύτερη αρχή του Goldberg δίνει συστάσεις για το μέγεθος των σχημάτων και προτείνει να επιλέγεται κωδικοποίηση τέτοια ώστε τα μικρής τάξης σχήματα -με μικρό αριθμό συμβόλων-σχημάτων να είναι σχετικά με το κυρίως πρόβλημα και να μη σχετίζονται όσο γίνεται με τα σχήματα στις άλλες σταθερές θέσεις. Αυτή η αρχή επισημαίνει ότι όταν μια σειρά από bits πληροφορίας στο χρωμόσωμα είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους, θα πρέπει να είναι λίγα στον αριθμό και να είναι τοποθετημένα όσο το δυνατό πιο κοντά. Αυτό μειώνει την πιθανότητα να διαχωριστούν από το ζευγάρι ή τον επιχιασμό, όπου δύο χρωμοσώματα ανταλλάσσουν μέρος του γενετικού τους υλικού. Παρόλο που η αυστηρή τήρηση της δεύτερης αρχής είναι δύσκολη, πρέπει να ακολουθείται όσο είναι δυνατό. Αν δεν ακολουθείται καθόλου, η απόδοση της αναζήτησης ενός γενετικού αλγορίθμου μπορεί να μειωθεί τόσο ώστε να είναι παρόμοια με αυτή της τυχαίας αναζήτησης.

## 4.4 Επιλογή χρωμοσωμάτων

Κάποια χρωμοσώματα από τον πρώτο πληθυσμό λαμβάνονται για να παράγουν τον επόμενο πληθυσμό, με την ελπίδα να είναι καλύτερός του. Συνήθως το μέγεθος του πληθυσμού παραμένει σταθερό για ευκολία.

Το πρώτο βήμα είναι η ανάθεση μιας τιμής καταλληλότητας. Κάθε μια ατομικότητα λαμβάνει μια πιθανότητα αναπαραγωγής ανάλογα με την αντικειμενική της αξία (τιμή καταλληλότητας) και την αντικειμενική αξία όλων των άλλων ατομικότητων. Αυτή η ικανότητα κατόπιν, χρησιμοποιείται για το πραγματικό βήμα επιλογής. Ο τελεστής Επιλογής υλοποιείται σαν μια σταθμισμένη επιλογή, αφού τα χρωμοσώματα με μεγαλύτερο fitness έχουν μεγαλύτερη ευκαιρία να επιλεγούν. Τα καλύτερα δηλαδή, θα πρέπει να επιζήσουν και να δημιουργήσουν απογόνους. Είναι λοιπόν δυνατόν, ένα χρωμόσωμα να επιλεγεί περισσότερες της μιας φορές ή και καθόλου.

Η επιλογή των χρωμοσωμάτων (γονείς) που θα ζευγαρώσουν για να παράγουν νέα χρωμοσώματα (απογόνους). Επιπλέον, ένας τελεστής επιλογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιλέγει τα καλύτερα άτομα. Η διαδικασία της επιλογής ωθείται προς τα καταλληλότερα χρωμοσώματα. Χρησιμοποιούνται μέθοδοι επιλογής σαν μηχανισμοί για επικέντρωση της αναζήτησης σε ποιο «προσοδοφόρες» περιοχές του χώρου αναζήτησης. Γνωστά παραδείγματα προσεγγίσεων επιλογής είναι τα εξής:

1. Επιλογή ρουλέτας (roulette wheel selection) : Τα χρωμοσώματα-γονείς επιλέγονται πιθανοτικά με βάση την καταλληλότητά τους. Το πιο κατάλληλο χρωμόσωμα έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να εκλεγεί για ζευγάρι απ' ότι τα υπόλοιπα χρωμοσώματα.

2. Επιλογή σειράς: Η επιλογή ρουλέτας έχει το μειονέκτημα ότι τα πολύ κατάλληλα άτομα μπορεί να κυριαρχήσουν ολοκληρωτικά τη διαδικασία επιλογής. Όταν ένα ή περισσότερα χρωμοσώματα έχουν πολύ υψηλές τιμές καταλληλότητας συγκρινόμενα με τα άλλα χρωμοσώματα, τα χρωμοσώματα με χαμηλή καταλληλότητα έχουν πολύ μικρή πιθανότητα να επιλεγούν. Αυτό οδηγεί σε μείωση της διαφοροποίησης πολύ γρήγορα και θα έχει ως αποτέλεσμα πρόωρη σύγκλιση. Για το λόγο αυτό, η επιλογή σειράς ταξινομεί τα χρωμοσώματα σύμφωνα με την καταλληλότητά τους και βασίζει την επιλογή στη σειρά των χρωμοσωμάτων και όχι στις απόλυτες τιμές καταλληλότητας. Το χειρότερο χρωμόσωμα έχει σειρά 1, το δεύτερο χειρότερο σειρά 2 κ.ο.κ. Η σειρά επιλογής εξακολουθεί να προτιμά τα καλύτερα χρωμοσώματα, αλλά δεν υπάρχει κυριαρχία όπως στην περίπτωση της επιλογής ρουλέτας.
3. Επιλογή σε γύρους (tournament): Σε αυτή την προσέγγιση, μια ομάδα χρωμοσωμάτων επιλέγονται τυχαία. Το καταλληλότερο χρωμόσωμα της ομάδας τοποθετείται σε μια «λίμνη» ζευγαρώματος. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι η λίμνη να περιέχει αρκετό αριθμό χρωμοσωμάτων για να ξεκινήσει η διαδικασία ζευγαρώματος.
4. Ελιτισμός: Σε αυτήν την προσέγγιση, το καταλληλότερο χρωμόσωμα ή ένας αριθμός χρωμοσωμάτων καθορισμένος από το χρήστη, αντιγράφεται σε ένα νέο πληθυσμό. Τα εναπομείναντα χρωμοσώματα επιλέγονται με τη χρήση οποιουδήποτε τελεστή επιλογής. Από τη στιγμή που η καλύτερη λύση δε χάνεται ποτέ, η απόδοση του ΓΑ μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά [Gray 1997]. Οι λύσεις – χρωμοσώματα που επιλέγονται να σχηματίσουν τις νέες λύσεις (απογόνους), επιλέγονται σύμφωνα με το fitness τους – όσο πιο κατάλληλα είναι, τόσο μεγαλύτερη ελπίδα έχουν να αναπαραχθούν. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου κάποια συνθήκη ικανοποιηθεί (όπως για παράδειγμα ένας αριθμός πληθυσμών ή η βελτιστοποίηση της καλύτερης λύσης)

Κατά την διάρκεια της γενιάς  $t$ , ο γενετικός αλγόριθμος διατηρεί ένα πληθυσμό  $P(t)$  από  $n$  πιθανές λύσεις (individuals):  $P(t)=\{x_{1t}, \dots, x_{nt}\}$ . Κάθε individual  $x_{it}$  αποτιμάται και δίνει ένα μέτρο της καταλληλότητας και ορθότητάς του. Αφού ολοκληρωθεί η αποτίμηση όλων των μελών του πληθυσμού, δημιουργείται ένας νέος πληθυσμός (γενιά  $t+1$ ) που προκύπτει από την επιλογή των πιο κατάλληλων στοιχείων του πληθυσμού της προηγούμενης γενιάς. Μερικά μέλη από τον καινούργιο αυτό πληθυσμό υφίστανται αλλαγές με την βοήθεια των γενετικών διαδικασιών της διασταύρωσης και της μετάλλαξης σχηματίζοντας νέες πιθανές λύσεις [38].

## 4.5 Ο Τελεστής Διασταύρωσης (Crossover Operator)

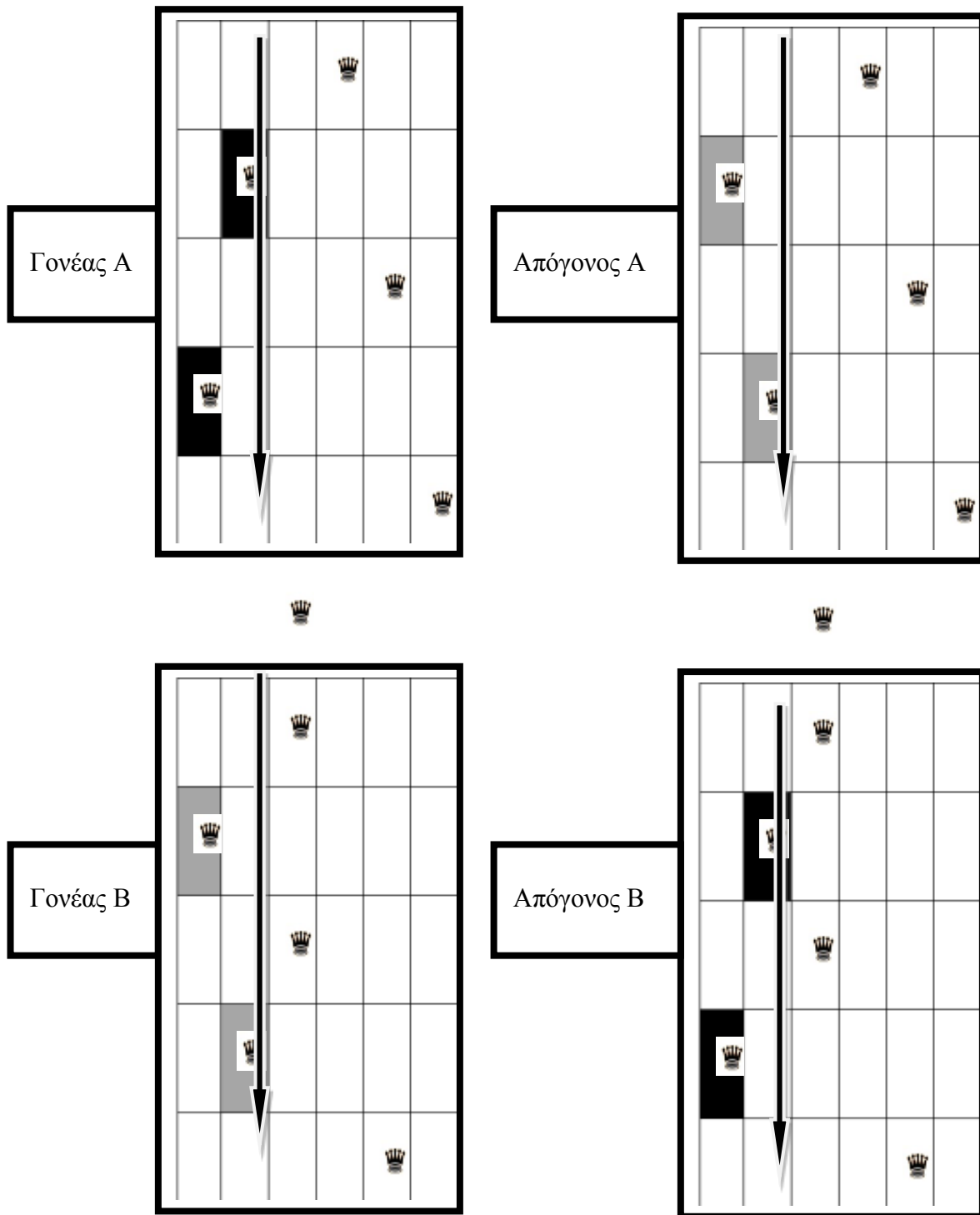
Είναι ένας επίσης, σημαντικός μηχανισμός του ΓΑ. Θα δημιουργηθούν δύο νέα άτομα για τη νέα γενιά, μέσω κάποιου συνδυασμού δύο ατόμων της προηγούμενης γενιάς. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την διασταύρωση των χρωμοσωμάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την κωδικοποίηση αυτών. Έτσι για αναπαραστάσεις σε πραγματικούς αριθμούς ή σε σύμβολα χρησιμοποιούνται διαφορετικοί μηχανισμοί διασταύρωσης από αυτούς σε αναπαραστάσεις σε bit-strings. Μερικές από αυτές τις μεθόδους είναι η Διακριτή Διασταύρωση (Discrete Recombination), η Διασταύρωση Γραμμών (Line Recombination), η Διασταύρωση Ενός Σημείου (One Point Crossover), η Πολυσημειακή Διασταύρωση (Multi Points Crossover), και η Ομοιόμορφη Διασταύρωση (Uniform Crossover).

Η διασταύρωση συνδυάζει τα στοιχεία των χρωμοσωμάτων δύο γονέων για να δημιουργήσει δύο νέους απογόνους ανταλλάσσοντας κομμάτια από τους γονείς.

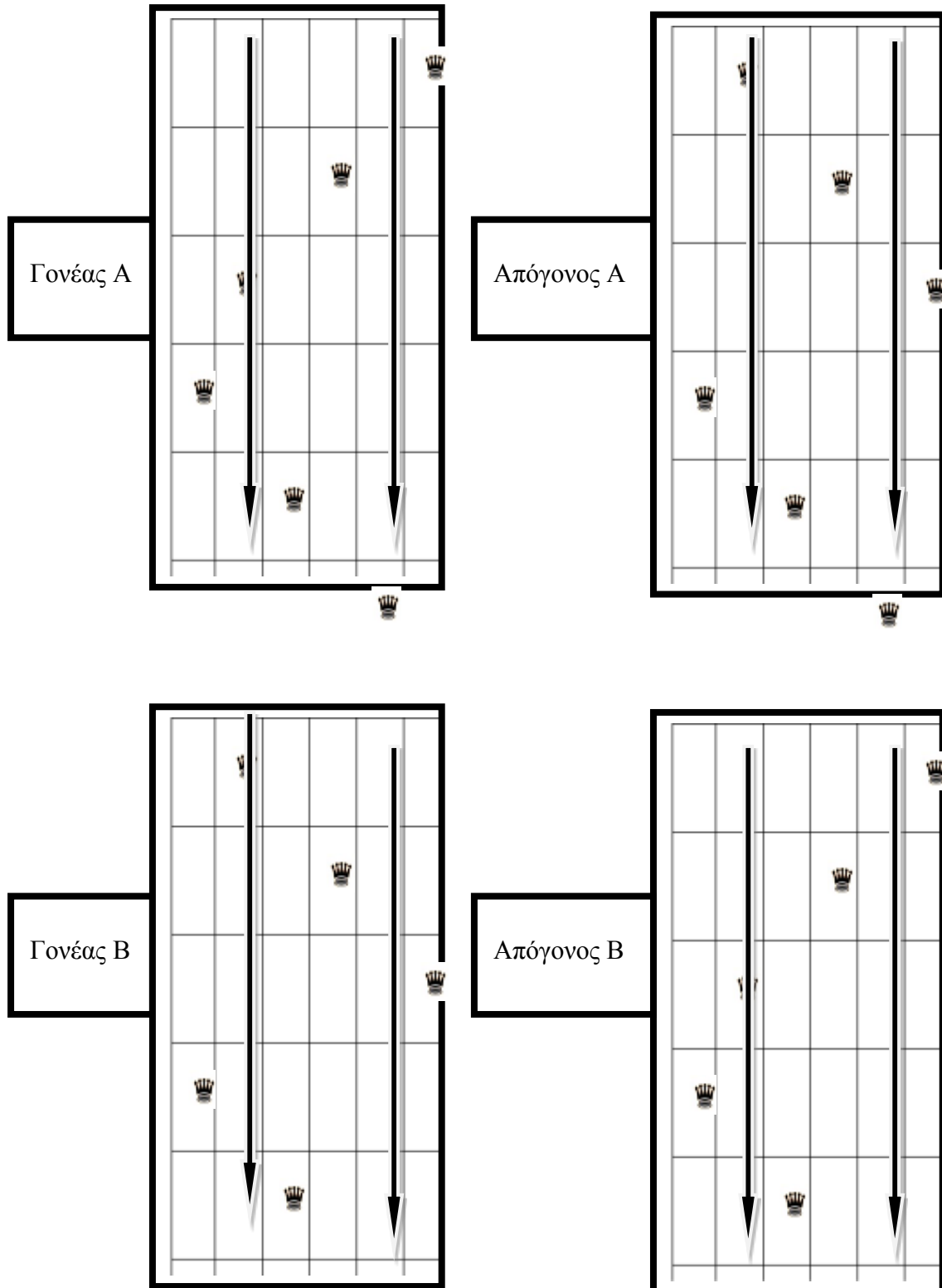
Η διασταύρωση είναι ο βασικός παράγοντας εξερεύνησης στους ΓΑ. Συμβαίνει με μια πιθανότητα που ορίζεται από το χρήστη, την πιθανότητα διασταύρωσης  $p_c$ , η οποία εξαρτάται από το πρόβλημα και έχει τυπικές τιμές που κυμαίνονται από 0.4 έως 0.8. Οι πιο βασικοί τελεστές διασταύρωσης είναι οι εξής:



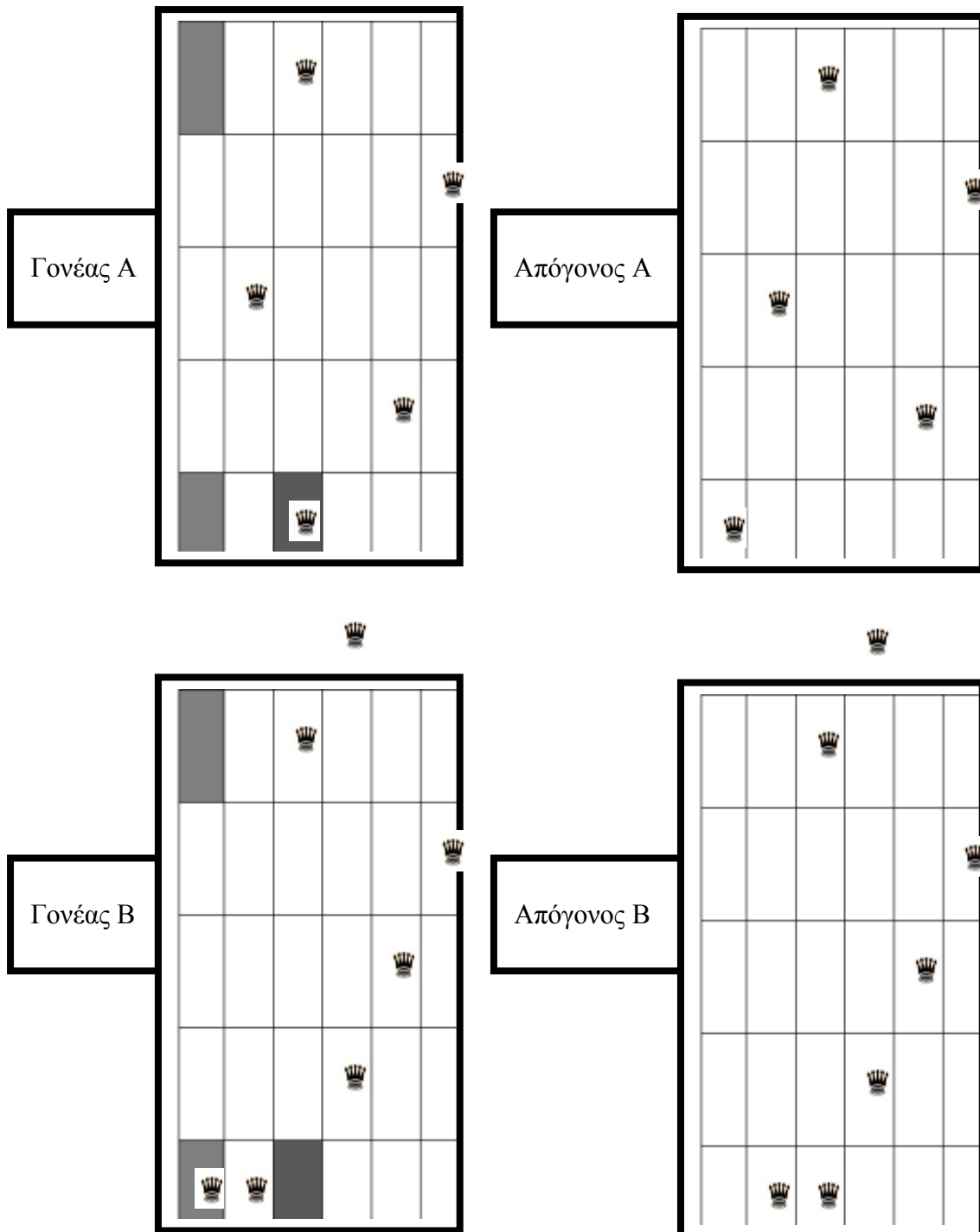
1. Διασταύρωση ενός σημείου: Σε αυτήν την προσέγγιση, επιλέγεται μια θέση τυχαία στην οποία οι γονείς χωρίζονται σε δύο μέρη. Τα μέρη των δύο γονιών ανταλλάσσονται και δημιουργούνται δύο απόγονοι.



2. Διασταύρωση δύο σημείων: Σε αυτήν την προσέγγιση επιλέγονται τυχαία δύο θέσεις. Τα μεσαία μέρη των δύο γονιών ανταλλάσσονται και δημιουργούνται δύο απόγονοι.



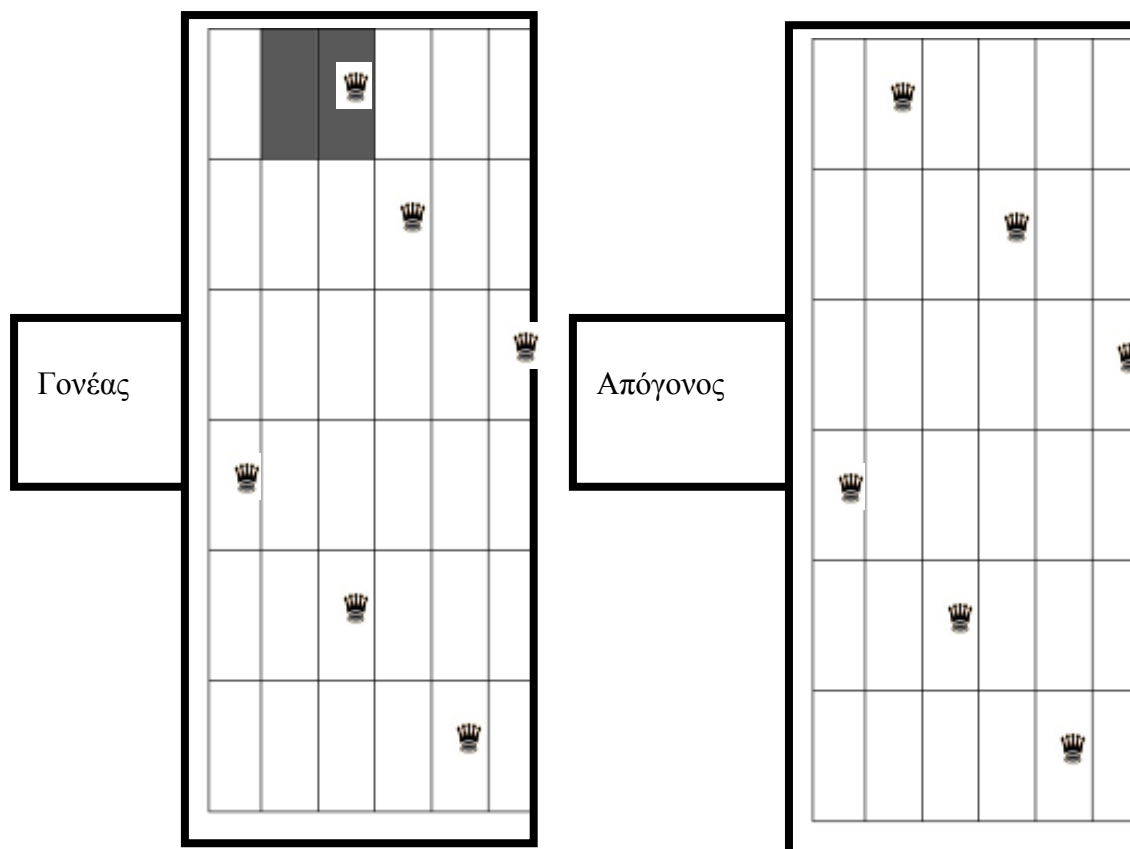
3. Ενιαία διασταύρωση: Σε αυτήν την προσέγγιση, κομμάτια αντιγράφονται είτε από τον πρώτο γονιό είτε από το δεύτερο με την ίδια πιθανότητα.



Διαισθητικά μπορούμε να πούμε ότι η διασταύρωση εξυπηρετεί την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών πιθανών λύσεων.

## 4.6 Ο Τελεστής Μετάλλαξης (Mutation Operator)

Ο μηχανισμός της Μετάλλαξης εφαρμόζεται στους απογόνους ακριβώς μετά τη Διασταύρωση. Ο τελεστής αυτός εμποδίζει στην πραγματικότητα, να πέσουν όλες οι λύσεις του πληθυσμού σε κάποιο τοπικό βέλτιστο του προβλήματος που επιλύεται, καθώς αποτρέπει τη στασιμότητα του ΓΑ. Κατά την Μετάλλαξη αλλάζει τυχαία κάποιος απόγονος με μια μικρή πιθανότητα. Η πιθανότητα αυτή καλείται Πιθανότητα Μετάλλαξης και είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τον αριθμό των μεταβλητών (διαστάσεις). Σε ένα ΓΑ με δυαδική κωδικοποίηση, η μετάλλαξη γίνεται αντιστρέφοντας την τιμή κάθε γονιδίου στο χρωμόσωμα σύμφωνα με μια πιθανότητα που καθορίζεται από το χρήστη και ονομάζεται πιθανότητα μετάλλαξης  $\rho_m$ . Αυτή η πιθανότητα είναι ανεξάρτητη από το πρόβλημα. Μια πιθανότητα που προτείνεται είναι το αντίστροφο του αριθμού των γονιδίων σε ένα χρωμόσωμα. Όσο περισσότερες είναι οι διαστάσεις μιας ατομικότητας τόσο μικρότερη είναι η Πιθανότητα Μετάλλαξης. Η διαδικασία της μετάλλαξης αλλάζει αυθαίρετα ένα ή περισσότερα γονίδια ενός συγκεκριμένου χρωμοσώματος. Πραγματοποιείται με τυχαία αλλαγή γονιδίων με πιθανότητα ίση με το ρυθμό μετάλλαξης (*mutation rate*).



Διαισθητικά μπορούμε να πούμε ότι η μετάλλαξη εξυπηρετεί την εισαγωγή νέων πιθανών λύσεων, διαφορετικών από τις υπάρχουσες, στον ήδη υπάρχοντα πληθυσμό [38].

## 4.7 Επιβίωση

Μόλις παραχθεί ο απόγονος από την επιλογή, την διασταύρωση και την μετάλλαξη των ατόμων από τον παλαιό πληθυσμό, μπορεί να καθοριστεί η καταλληλότητά του. Εάν στο νέο πληθυσμό παραχθούν λιγότεροι απόγονοι από το μέγεθος του αρχικού πληθυσμού για να διατηρηθεί το μέγεθος του πληθυσμού, κάποιος απόγονος πρέπει να επανεισαχθεί στο νέο πληθυσμό. Ομοίως, εάν δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν όλοι οι απόγονοι σε κάθε γενεά ή εάν ο αριθμός των απογόνων στο νέο πληθυσμό είναι μεγαλύτερος από το μέγεθος του παλαιού πληθυσμού, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα Σχήμα επιβίωσης το οποίο θα καθορίσει ποια άτομα πρόκειται να επιβιώσουν στο νέο πληθυσμό.

## 4.8 Τα κριτήρια Λήξης ενός Γενετικού Αλγορίθμου

Η λήξη είναι το κριτήριο από το οποίο ο γενετικός αλγόριθμος αποφασίζει εάν θα συνεχίσει ή θα σταματήσει την αναζήτηση. Κάθε ένα από τα κριτήρια λήξης ελέγχεται μετά από κάθε γενεά για να δει αν είναι χρόνος να σταματήσει.

Αριθμός Παραγωγής

Μια μέθοδος λήξης που σταματά την εξέλιξη όταν οργανωθεί ο, καθορισμένος ως προς τον χρήστη, ανώτατος αριθμός εξελίξεων. Αυτή η μέθοδος λήξης είναι πάντα ενεργή

Χρόνος εξέλιξης

Μια μέθοδος λήξης που σταματά την εξέλιξη όταν υπερβαίνει η παρερχόμενη περίοδος εξέλιξης, τον καθορισμένο από τον χρήστη ανώτατο χρόνο εξέλιξης. Εξ ορισμού, την εξέλιξη δεν σταματούν έως ότου έχει ολοκληρώσει η εξέλιξη της τρέχουσας παραγωγής, αλλά αυτή η συμπεριφορά μπορεί να αλλάξει, έτσι ώστε να σταματά η εξέλιξη μέσα σε μια παραγωγή.

#### Κατώτατο όριο ικανότητας

Μια μέθοδος λήξης που σταματά την εξέλιξη όταν η τιμή του καλύτερου – ικανότερου ατόμου στον τρέχοντα πληθυσμό γίνεται μικρότερη από το, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, κατώτατο όριο ικανότητας. Αυτή η μέθοδος λήξης σταματά επίσης την εξέλιξη, όταν η καλύτερη ικανότητα στον τρέχοντα πληθυσμό γίνεται μεγαλύτερη από το, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, κατώτατο όριο ικανότητας, όταν ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί η ικανότητα.

#### Σύγκλιση ικανότητας

Μια μέθοδος λήξης που σταματά την εξέλιξη όταν κρίνεται ότι οι τιμές της καταλληλότητας των ατόμων συγκλίνουν. Δύο φίλτρα διαφορετικού μήκους χρησιμοποιούνται για να ομαλοποιήσουν την καλύτερη ικανότητα στις γενεές. Όταν η ομαλοποιημένη καλύτερη ικανότητα από το μακρύτερο φίλτρο είναι μικρότερη από ένα, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, ποσοστό της ομαλοποιημένης καλύτερης ικανότητας του κοντότερου φίλτρου, τότε η ικανότητα κρίνεται πως συγκλίνει και η εξέλιξη ολοκληρώνεται.

#### Σύγκλιση πληθυσμού

Μια μέθοδος λήξης που σταματά την εξέλιξη όταν κρίνεται ο πληθυσμός όπως συγκλίνει. Ο πληθυσμός κρίνεται ότι συγκλίνει όταν η μέση ικανότητα σε ολόκληρο τον τρέχοντα πληθυσμό είναι μικρότερη από ένα, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, ποσοστό καλύτερης ικανότητας τρέχοντος πληθυσμού

#### Σύγκλιση γονιδίων

Μια μέθοδος λήξης που σταματά την εξέλιξη όταν ένα, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, ποσοστό γονιδίων που αποτελούν ένα χρωμόσωμα, κρίνεται όπως συγκλίνει. Ένα γονίδιο κρίνεται ότι συγκλίνει όταν η μέση αξία εκείνου του γονιδίου σε όλα τα χρωμοσώματα του τρέχοντος πληθυσμού είναι μικρότερη από ένα, καθορισμένο ως προς τον χρήστη, ποσοστό της μέγιστης αξίας γονιδίων στα χρωμοσώματα.

---

**Αλγόριθμος** Η διαδικασία ενός ΓΑ

**Διαδικασία ΓΑ**

**ΑΡΧΗ**

Γενιά  $t=0$ ;

Αρχικοποίηση πληθυσμού  $P(t)$

Αξιολόγηση πληθυσμού ( $P(t)$ )

**ΟΣΟ (ΟΧΙ Συνθήκη Τερματισμού ( $P(t)$ )) **κάνε****

$t=t+1$

$subP(t)=\text{Επιλογή} ( P(t) )$

Διασταύρωση ( $subP(t)$ )

Μετάλλαξη ( $subP(t)$ )

$P(t+1)=\text{Ανασυνδυασμός} ( P(t), P(t+1) )$



**ΤΕΛΟΣ ΟΣΟ****ΤΕΛΟΣ ΓΑ**

---

**4.9 Μαθηματικός μηχανισμός των ΓΑ**

Οι γενετικοί Αλγόριθμοι ασχολούνται και δρουν πολύ καλά στο πεδίο των προβλημάτων βελτιστοποίησης, καθώς εκτείνονται και σε άλλου είδους προβλήματα.

Γενικά, βασίζονται στη μέθοδο του τυχαίου ψαξίματος με τη μόνη διαφορά ότι το χάσιμο χρόνου μέχρι να βρεθεί η λύση μπορεί να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας μεθόδους βασισμένες στην βιολογία. Οι μέθοδοι αυτές, αποκαλύφθηκαν κατά την εξέταση της εξέλιξης και της καταγωγής των ειδών. Όπως είναι γνωστό, μόνο τα πιο κατάλληλα άτομα επιζούν κατά την διαδικασία της αναπαραγωγής. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται και το fitness του πληθυσμού, το οποίο του επιτρέπει να επιβιώνει σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Ο χώρος των εφικτών λύσεων (δηλαδή των αντικειμένων μεταξύ των οποίων βρίσκεται η επιθυμητή λύση) καλείται Χώρος Αναζήτησης (ή Χώρος Καταστάσεων). Κάθε σημείο του παριστάνει μια εφικτή λύση, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί από μια τιμή ή την τιμή της στην fitness συνάρτηση του προβλήματος.

Καθώς συγκρίνεται ένας ΓΑ με άλλους παραδοσιακούς αλγορίθμους βελτιστοποίησης παρατηρούνται οι εξής διαφορές:

- Οι ΓΑ δουλεύουν με κωδικοποιημένες τις παραμέτρους
- Δεν ψάχνουν από ένα μονό-σημείο, αλλά από ένα πλήθος σημείων

- Χρησιμοποιούν πληροφορίες που οι ίδιοι παράγουν αντί εξωτερικά παράγωγες ή βοηθητικές γνώσεις

Είναι γνωστό ότι πολλά προβλήματα μπορούν να θεωρηθούν ως προβλήματα βελτιστοποίησης. Έστω λοιπόν, ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης όπου πρέπει να βελτιστοποιηθεί ένα σύνολο μεταβλητών ή να μεγιστοποιηθεί ένας στόχος σαν το όφελος ή αλλιώς να ελαχιστοποιηθεί το κόστος ή κάποιο μέτρο λάθους. Γενικά, τα προβλήματα βελτιστοποίησης μπορούν να διατυπωθούν σαν μαθηματικά μοντέλα με πολλές ανεξάρτητες παραμέτρους που καταλήγουν σε μια συνάρτηση, την fitness συνάρτηση. Η συνάρτηση αυτή περιγράφει την “ποιότητα” του μοντέλου (ή των ατόμων) για το συγκεκριμένο σύνολο των παραμέτρων. Στη fitness συνάρτηση μπορούν να συμπεριληφθούν και να συναγωνίζονται όλων των ειδών οι απαιτήσεις [38].

#### 4.10 Πλεονεκτήματα Γενετικών Αλγορίθμων

Η χρήση των ΓΑ σε διάφορες εφαρμογές είναι ελκυστική για αρκετούς λόγους. Οι κυριότεροι, ίσως, είναι οι εξής :

1. Μπορούν να λύσουν δύσκολα προβλήματα γρήγορα και αξιόπιστα. Ένας από τους σημαντικούς λόγους χρήσης των ΓΑ είναι η μεγάλη τους αποδοτικότητα. Τόσο η θεωρία, όσο και η πράξη έχουν δείξει ότι προβλήματα που έχουν πολλές, δύσκολα προσδιορισμένες, λύσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν καλύτερα από ΓΑ. Είναι δε αξιοσημείωτο ότι συναρτήσεις που παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις και καθιστούν ανεπαρκείς άλλες μεθόδους στην εύρεση των ακροτάτων τους, για τους ΓΑ αυτές οι διακυμάνσεις δεν αποτελούν σημεία δυσχέρειας.

2. Μπορούν εύκολα να συνεργαστούν με τα υπάρχοντα μοντέλα και συστήματα. Οι ΓΑ προσφέρουν το σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης τους με προσθετικό τρόπο στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται σήμερα, μη απαιτώντας την επανασχεδιάσή τους. Μπορούν εύκολα να συνεργαστούν με τον υπάρχοντα κώδικα, χωρίς μεγάλο κόπο. Αυτό συμβαίνει, διότι χρησιμοποιούν μόνο πληροφορίες της διαδικασίας ή συνάρτησης που πρόκειται να βελτιστοποιήσουν, δίχως να ενδιαφέρει άμεσα ο ρόλος της μέσα στο σύστημα ή η όλη δομή του συστήματος.
3. Είναι εύκολα επεκτάσιμοι και εξελίξιμοι. Οι ΓΑ δεν αντιστέκονται σε αλλαγές, επεκτάσεις και μετεξελίξεις, ανάλογα με την κρίση του σχεδιαστή. Σε πολλές εφαρμογές, έχουν αναφερθεί λειτουργίες των ΓΑ, που δεν είναι αντιγραμμένες από τη φύση ή που έχουν υποστεί σημαντικές αλλαγές, πάντα προς όφελος της απόδοσης. Παραλλαγές στο βασικό σχήμα δεν είναι απλά ανεκτές, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις επιβάλλονται.
4. Μπορούν να συμμετέχουν σε υβριδικές μορφές με άλλες μεθόδους. Αν και η ισχύς των ΓΑ είναι μεγάλη, σε μερικές ειδικές περιπτώσεις προβλημάτων, όπου άλλες μέθοδοι συμβαίνει να έχουν πολύ υψηλή αποδοτικότητα, λόγω εξειδίκευσης, υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης ενός υβριδικού σχήματος ΓΑ με άλλη μέθοδο. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μεγάλης ευελιξίας των ΓΑ.
5. Εφαρμόζονται σε πολύ περισσότερα πεδία από κάθε άλλη μέθοδο. Το χαρακτηριστικό, που τους εξασφαλίζει αυτό το πλεονέκτημα, είναι η ελευθερία επιλογής των κριτηρίων που καθορίζουν την επιλογή μέσα στο τεχνικό περιβάλλον. Έτσι, ΓΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην οικονομία, στο σχεδιασμό μηχανών, στην επίλυση μαθηματικών εξισώσεων, στην εκπαίδευση Νευρωνικών Δικτύων και σε πολλούς άλλους τομείς.
6. Δεν απαιτούν περιορισμούς στις συναρτήσεις που επεξεργάζονται. Ο κύριος λόγος που καθιστά τις παραδοσιακές μεθόδους δύσκαμπτες και

ακατάλληλες για πολλά προβλήματα είναι η απαίτησή τους για ύπαρξη περιορισμών, όπως ύπαρξη παραγώγων, συνέχεια, όχι «θορυβώδεις» συναρτήσεις κτλ. Τέτοιου είδους ιδιότητες είναι αδιάφορες για τους ΓΑ πράγμα που τους κάνει κατάλληλους για μεγάλο φάσμα προβλημάτων.

7. Δεν ενδιαφέρει η σημασία της υπό εξέταση πληροφορίας. Η μόνη επικοινωνία του ΓΑ με το περιβάλλον του είναι η αντικειμενική συνάρτηση. Αυτό εγγυάται την επιτυχία του ανεξάρτητα από τη σημασία του προβλήματος. Βέβαια αυτό δε σημαίνει ότι δεν υπάρχουν άλματα προβλήματα για τους ΓΑ Όπου όμως, δεν τα καταφέρνουν, η αιτία είναι η φύση του χώρου που ερευνούν και όχι το πληροφοριακό περιεχόμενο του προβλήματος.
8. Έχουν από τη φύση τους το στοιχείο του παραλληλισμού. Οι ΓΑ σε κάθε τους βήμα επεξεργάζονται μεγάλες ποσότητες πληροφορίας, αφού κάθε άτομο θεωρείται αντιπρόσωπος πολλών άλλων. Έχει υπολογιστεί ότι η αναλογία αυτή είναι της τάξεως  $O(n^3)$ , δηλαδή 10 άτομα αντιπροσωπεύουν περίπου 1000. Είναι, λοιπόν, προφανές ότι μπορούν να καλύψουν με αποδοτικό ψάξιμο μεγάλους χώρους σε μικρούς χρόνους.
9. Είναι η μόνη μέθοδος που κάνει ταυτόχρονα εξερεύνηση του χώρου αναζήτησης και εκμετάλλευση της ήδη επεξεργασμένης πληροφορίας. Ο συνδυασμός αυτός σπάνια συναντάται σε οποιαδήποτε άλλη μέθοδο. Με το τυχαίο ψάξιμο γίνεται καλή εξερεύνηση του χώρου, αλλά δεν γίνεται εκμετάλλευση της πληροφορίας. Αντίθετα, με την αναζήτηση με μικρά άλματα στη συνάρτηση (hill climbing) γίνεται καλή εκμετάλλευση της πληροφορίας, αλλά όχι καλή εξερεύνηση. Συνήθως τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι ανταγωνιστικά και το επιθυμητό είναι να συνυπάρχουν και τα δύο προς όφελος της όλης διαδικασίας. Οι ΓΑ επιτυγχάνουν το βέλτιστο συνδυασμό εξερεύνησης και εκμετάλλευσης, πράγμα που τους κάνει ιδιαίτερα αποδοτικούς και ελκυστικούς.

10. Επιδέχονται παράλληλη υλοποίηση. Οι ΓΑ μπορούν να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα των παράλληλων μηχανών, αφού λόγω της φύσης τους, εύκολα μπορούν να δεχτούν παράλληλη υλοποίηση. Το χαρακτηριστικό αυτό αυξάνει ακόμη περισσότερο την απόδοσή τους, ενώ σπάνια συναντάται σε ανταγωνιστικές μεθόδους [38].

## 4.11 Εφαρμογές Γενετικών Αλγορίθμων

Στα πρώτα τους βήματα οι Γ.Α. αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης και ανάπτυξης σε πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα. Τα τελευταία χρόνια όμως, οι μεγάλες ανάγκες για δημιουργία αποδοτικών εφαρμογών στο χώρο της βελτιστοποίησης, σε συνδυασμό με την πολλά υποσχόμενη τεχνολογία των Γ.Α. ώθησαν στη χρήση του Γενετικού Προγραμματισμού (Genetic Programming) σε πολλές εφαρμογές ενός ευρύτατου φάσματος πεδίων με εντυπωσιακά αποτελέσματα. Σήμερα υπάρχουν και λειτουργούν με επιτυχία πολλά συστήματα βασισμένα σε Γ.Α. σε τομείς όπως η Επεξεργασία Εικόνας (Image Processing), ο Computer Aided Design (CAD), η Οικονομία, οι Τηλεπικοινωνίες, η Τεχνολογία Λογισμικού (Software Engineering), ο Χρονοπρογραμματισμός (Scheduling), τα Γραφικά Υπολογιστών (Computer Graphics) και πολλοί άλλοι.

Οι πιθανές εφαρμογές των γενετικών αλγορίθμων είναι πολλές [44]:

- η καλύτερη δυνατή οργάνωση του ωραρίου ενός σχολείου
- η μελέτη της βέλτιστης κατανομής ενός δικτύου από πλατφόρμες πετρελαίου
- η δημιουργία υπολογιστών που θα βελτιώνουν τον τρόπο λειτουργίας τους "μαθαίνοντας" από την εμπειρία τους

- εξερεύνηση των δυναμικών βιολογικών διαδικασιών, και της θεωρίας της εξέλιξης.
- βελτιστοποίηση προγραμματισμού παραγωγής
- τεχνολογία και μηχανολογικός σχεδιασμός
- σε συνδυασμό με νευρωνικά δίκτυα για καλύτερη μάθηση και πρόβλεψη
- ρομποτική

# 5

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΕΦΟΥΣ

### 5.1 Επισκόπηση μελετών

Αρχικά, οι Truong Duy, Sato & Inoguchi [47] ασχολήθηκαν με την αξιολόγηση των επιδόσεων του Green Scheduling Algorithm για την εξοικονόμηση ενέργειας στην υπολογιστική νέφους. Όπως επισημαίνουν με τις ελλείψεις ενέργειας και την αλλαγή του κλίματος του πλανήτη τα οποία προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία στις μέρες μας, η κατανάλωση ενέργειας των κέντρων δεδομένων έχει γίνει ένα βασικό ζήτημα. Προφανώς, μια σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας μπορεί να γίνει με το κλείσιμο των servers, όταν δεν είναι σε χρήση. Μέσω της μελέτης τους στοχεύουν στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και την αξιολόγηση ενός Green Scheduling Algorithm ενσωματώνοντας ένα προγνωστικό δείκτη νευρωνικού δικτύου για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας διακομιστή στο υπολογιστικό νέφος. Σύμφωνα με την πρόβλεψη, ο αλγόριθμος απενεργοποιεί τους αχρησιμοποίητους servers και τους επανακινεί για να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των εξυπηρετητών που τρέχουν, ελαχιστοποιώντας έτσι τη χρήση της ενέργειας στα σημεία κατανάλωσης προς όφελος όλων των άλλων επιπέδων. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η λειτουργία PP20 μπορεί να εξοικονομήσει έως και 46,3% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό πτώσης 0,03% σε ένα ίχνος του φορτίου, και ένα ποσοστό πτώσης 0,12%, με ποσοστό μείωσης της ισχύος 46,7%, από την άλλη.

Με τη σειρά τους οι Iyengar N., Banerjee A. & Ganapathy [48] ασχολήθηκαν με έναν μηχανισμό άμυνας βασισμένο σε Fuzzy Logic ενάντια σε μια κατανεμημένη άρνηση σε υπηρεσία επίθεσης σε Cloud υπολογιστικό περιβάλλον. Όπως τονίζουν, το νέφος ορίζει μια νέα εποχή υπολογιστικής λύσης που παρέχει υπηρεσίες σε πελάτες με μοναδικά χαρακτηριστικά την ευκινησία και την πολυ-μίσθωση. Δεδομένου ότι οι κρίσιμοι πόροι φιλοξενούνται στο cloud στο τέλος του παρόχου, η ασφάλεια είναι μια μεγάλη πρόκληση στην υπολογιστική νέφους. Εάν το νέφος περιβάλλον είναι σε κίνδυνο και οι επιτιθέμενοι αποκτήσουν πρόσβαση στον πυρήνα δεδομένων, η διαθεσιμότητα των κρίσιμων πόρων γίνεται μεγάλη ανησυχία για τους καταναλωτές υπηρεσιών. Οι επιθέσεις Denial of Service και Distributed Denial of Service έχουν ξεκινήσει στο περιβάλλον υπολογιστικού νέφους να κάνουν τους πόρους μη διαθέσιμους για τους νόμιμους χρήστες. Στην εργασία τους οι συγγραφείς προτείνουν μια ασαφή άμυνα μηχανισμού λογικής βάσης που μπορεί να ρυθμιστεί με προκαθορισμένους κανόνες με τους οποίους μπορεί να ανιχνεύει τα κακόβουλα πακέτα και να λαμβάνει τα κατάλληλα αντίμετρα για να μετριάσει την επίθεση DDoS. Επίσης, πραγματοποιείται μια λεπτομερή μελέτη των διαφόρων ειδών DDoS επίθεσης και οι υπάρχουσες στρατηγικές άμυνας.

Επίσης, οι Srinivas, Anupama & Suvendu [49] ασχολήθηκαν με την αποτελεσματική εξισορρόπηση φορτίου στην υπολογιστική νέφους χρησιμοποιώντας ασαφής λογική. Σύμφωνα με τους μελετητές, η υπολογιστική νέφους είναι μια αναπτυσσόμενη περιοχή στον τομέα της έρευνας και της βιομηχανίας σήμερα, η οποία περιλαμβάνει virtualization, κατανεμημένα υπολογιστικά, διαδίκτυο, λογισμικό και υπηρεσίες web. Ένα σύννεφο αποτελείται από διάφορα στοιχεία όπως είναι οι πελάτες, τα κέντρα δεδομένων και οι κατανεμημένοι εξυπηρετητές, το internet και περιλαμβάνει την ανοχή σφαλμάτων, υψηλή διαθεσιμότητα, αποτελεσματικότητα, επεκτασιμότητα, ευελιξία, μειωμένη επιβάρυνση για τους χρήστες, μειωμένο κόστος ιδιοκτησίας, σχετικά με τις υπηρεσίες της ζήτησης κ.λπ. Οι υπηρεσίες του cloud computing γίνονται



παντού, και χρησιμεύουν ως κύρια πηγή υπολογιστικής ισχύος για διάφορες εφαρμογές, όπως οι επιχειρήσεις και οι εφαρμογές προσωπικών υπολογιστών. Στην έρευνά τους εισάγουν τον αλγόριθμο εξισορρόπησης φορτίου χρησιμοποιώντας ασαφή λογική στο cloud computing, όπου η εξισορρόπηση φορτίου αποτελεί βασικό και δύσκολο θέμα στο Cloud Computing. Η ταχύτητα του επεξεργαστή και το φορτίο Virtual Machine (VM) χρησιμοποιούνται για την εξισορρόπηση του φορτίου στο cloud computing μέσω ασαφούς λογικής.

Ακόμα, οι Prasath et al [50] ασχολήθηκαν με την ασαφή λογική στο cloud computing. Όπως επισημαίνουν σε έναν κόσμο που βλέπει νέες τεχνολογικές τάσεις να ανθίζουν και εξασθενεί σχεδόν σε καθημερινή βάση, μια νέα τάση υπόσχεται μακροζωία. Η τάση αυτή ονομάζεται κινητό cloud computing, και θα αλλάξει τον τρόπο που χρησιμοποιούμε τον υπολογιστή και το Διαδίκτυο. Σε αυτή την εργασία οι μελετητές εισάγουν την ιδέα της βελτίωσης της προσβασιμότητας του Cloud χρησιμοποιώντας, την έννοια της ασαφούς λογικής και προσπαθούν να παρουσιάσουν ένα μοντέλο για την αξιολόγηση της ικανοποίησης των χρηστών σε cloud computing. Ως εκ τούτου, ένα εννοιολογικό μοντέλο έχει κατασκευαστεί λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά για την αξιολόγηση της cloud computing ικανοποίησης του χρήστη σε εταιρείες παροχής υπηρεσιών διαδικτύου (ISP) στο Ιράν. Για να αποφευχθούν οποιεσδήποτε ασάφειες που προκαλούνται από τη γλωσσική μέθοδο, σε αυτό το μοντέλο αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκε ένα ασαφές σύστημα συμπερασμού (FIS).

Τέλος, οι Esposito et al [51] μελέτησαν τη Smart Cloud Storage Υπηρεσία επιλογής με βάση την ασαφή Λογική. Όπως αναφέρουν οι μελετητές οι Cloud πλατφόρμες περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό υπηρεσιών αποθήκευσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση των αναγκών των πελατών. Κάθε μία από αυτές τις υπηρεσίες, που προσφέρονται από διαφορετικό πάροχο, χαρακτηρίζεται από ιδιαιτερότητες, περιορισμούς και τιμές. Σε παρουσία πολλαπλών επιλογών, είναι σημαντικό να επιλεγεί η καλύτερη λύση που ταιριάζει με τις απαιτήσεις του πελάτη όσον αφορά την ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) και το κόστος. Οι περισσότερες από τις διαθέσιμες προσεγγίσεις στη βιβλιογραφία, δεν είναι σε θέση να χειριστεί την

αβεβαιότητα στην έκφραση των υποκειμενικών προτιμήσεις των πελατών, και μπορεί να οδηγήσει σε λάθος επιλογές υπηρεσίας, εκθέτοντας αναξιόπιστες ενδείξεις σχετικά με τα επίπεδα QoS και τις τιμές που σχετίζονται με τις προσφορές τους. Έτσι, στη μελέτη τους, στοχεύουν στην αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων, προτείνοντας τη χρήση της θεωρίας ασαφών συνόλων να εκφράσει την ασάφεια στις υποκειμενικές προτιμήσεις των πελατών, που υποστηρίζονται από την κατανομημένη εφαρμογή του ασαφούς συμπερασμού.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] VelveA., VelveT., ElsenpeterR (2010), CloudComputing μια πρακτική προσέγγιση. ΕκδόσειςΜ. Γκιούρδας.
- [2] Βαφοπούλου, Π. (2012). ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΡΙΣΚΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΟ CLOUDCOMPUTING. ΤΕΙ Λάρισας.
- [3] Pallis G. (2010) Cloud Computing The New Frontier of Internet Computing, University of Cyprus.Issue No.05, vol.14, pp: 70-73.
- [4] Cloud security and privacy, Above the clouds(A Berkeley View Of Cloud Computing) Electrical engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley.
- [5] NIST, Mell, P. &Grance, T., The NIST Definition of Cloud Computing, 2011., p.2 at
- [6] George Pallis, Cloud Computing The New Frontier of Internet Computing
- [7] Wayne Jansen and Timothy Grance, NIST Special Publication , «Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing», 2011
- [8] Dr Frank Alleweldt and DrSenda Kara, “Cloud Computing”, 2012
- [9] Dr Frank Alleweldt and DrSenda Kara, “Cloud Computing”, 2012
- [10] Cloud INTERCHANGEABILITY Redefining Expectations. André Monteiro, Joaquim Sousa Pinto. Instituto de EngenhariaElectrónica e Telemática de Aveiro,

Universidade de Aveiro, Campus Santiago, Aveiro, Portugal Cláudio Teixeira, Tiago Batista Instituto de EngenhariaElectrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Campus Santiago, Aveiro, Portugal

[11] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. H. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. A. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, M. Zaharia, “Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing”. Technical Report No. UCB/EECS-2009-28, Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley, Φεβρουάριος 2009.

[12] J. Geelan, “Twenty-One Experts Define Cloud Computing”. SYS-CON Media, Inc. 2009.

[13] Q. Zhang, L. Cheng, R. Boutaba, “Cloud computing: state-of-the-art and research challenges”. Journal of Internet Services and Applications, Springer, Απρίλιος 2010.

[14] F. Hu, M. Qiu , J. Li, T. Grant, D. Tylor, S. McCaleb, L. Butler , R. Hamner, “A Review on Cloud Computing: Design Challenges in Architecture and Security”. Journal of Computing and Information Technology - CIT 19, pp 25–55, 2011.

[15] Ian Foster, “What is the Grid? A three Point Checklist “, Argonne National Laboratory & University of Chicago, July 2002.

- [16] Ronald L. Krutz Russell Dean Vines (2010), Cloud Security: A Comprehensive Guide to Secure Cloud Computing. Wiley Publishing, Inc, pp 35-41, 46-49, 60-70,125-140.
- [17] Amazon S3 for Science Grids: a Viable Solution? MayurPalankar,AdrianaIamnitchi, MateiRipeanu, SimsonGarfinkel
- [18] ChunmingRong , Son T. Nguyen, Martin GiljeJaatun, « Beyond lightning: A survey on security challenges in cloud computing»2012
- [19] S. Subashini n, V.Kavitha, «A survey on security issues in service delivery models of cloud computing»,2010
- [20] Asha Mathew, « SECURITY AND PRIVACY ISSUES OF CLOUD COMPUTING SOLUTIONS AND SECURE FRAMEWORK», 2012
- [21] FlavioLombardi , Roberto Di Pietro,, « Secure virtualization for cloud computing», 2011
- [22] Dan Svantesson, Roger Clarke, «Privacy and consumer risks in cloud computing», 2010
- [23] Carl Almond, «A Practical Guide to Cloud Computing Security», 2009
- [24] S. Subashini n, V.Kavitha, «A survey on security issues in service delivery models of cloud computing»,2010

- [25] Bruce Potter, John Harauz and Lori M. Kaufman, «Data Security in the World of Cloud Computing», 2009
- [26] Md. TanzimKhorshed, A.B.M. Shawkat Ali and Saleh A. Wasimi, « A survey on gaps, threat remediation challenges and some thoughts for proactive attack detection in cloud computing», 2012
- [27] Choudhary V. Software as a service: implications for investment in software development. In: International conference on system sciences, 2007
- [28] Earl Cox“The Seven Noble Truths of Fuzzy Logic”, Computer Design, April 1992
- [29] L.A. Zadeh“Fuzzy sets „Information and Control,Vol.8,pp.338-353,1965
- [30] L.A. Zadeh“Fuzzy logic”IEEE Computer, Vol.21,Issue 4,pp.83-93
- [31] Fuzzy Logic Toolbox, Users Guide, Mathworks INC
- [32] John Harris“An introduction to fuzzy logic applications”
- [33] Kazua Tanaka“An introduction to fuzzy logic for practical applications”
- [34] Μπελιγιάννης Γρηγόρης «Εξελικτικά Συστήματα Ψηφιακής Επεξεργασίας Στοχαστικών Σημάτων» pp.13
- [35] Λυκοθανάσης Σπυρίδων, Γενετικοί Αλγόριθμοι και Εφαρμογές, 2001 pp. 19.
- [36] L. Davis, Genetic Algorithms and Simulated Annealing, Research Notes in Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann, 1987.

- [37] Boulos P., Orr C., Schaetzen W., Chatila J., Moore M., Hsiung P., Thomas D. (2001). Optimal pump operation of water distribution systems using genetic algorithms. American water works association distribution system symposium, Denver USA.
- [38] D. E. Goldberg, Genetic algorithms in search, optimization and machine learning, Addison Wesley, Reading, 1989.
- [39] Dawkins R. (1976). The selfish gene. Oxford University Press. ISBN 019857519X.
- [40] Moscato P. (1999). Memetic algorithms: A short introduction. In D. Corne, M. Dorigo, and F. Glover, editors, New Ideas in Optimization, pp. 219–234. McGraw Hill, London.
- [41] Glover F., Laguna M. (1997). Tabu Search. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- [42] Glover, F. (1977). Heuristics for Integer Programming Using Surrogate Constraints. Decision Sciences Vol. 8, pp. 156-166.
- [43] Marti R., Laguna M., Glover F., Campos V. (2001). Reducing the bandwidth of a sparse matrix with tabu search. European Journal of Operational Research, Vol. 135, pp. 450-459.
- [44] Γαργάλης Λ. (2013), Φορολογική Πρόβλεψη Φυσικών Προσώπων με Νευροασαφή Λογική, Νευρωνικά Δίκτυα και Γενετικούς Αλγόριθμους, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- [45] Κάκαλου Χ. Κοσβύρα Α. (2014), Βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κεντρικού λεβητοστασίου του ΑΠΘ με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων και κανόνων ασαφούς λογικής. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

- [46] Παπαδόπουλος Β., Γκαραλέας Α., Σεραφείμ Α. (n.d.), ANFIS (Από την Θεωρία στην Πράξη), Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- [47] Truong Duy T., Sato Y. & Inoguchi Y. (2010), Performance evaluation of a Green Scheduling Algorithm for energy savings in Cloud computing.Parallel & Distributed Processing, Workshops and Phd Forum (IPDPSW), IEEE International Symposium.
- [48] Iyengar N., Banerjee A. & Ganapathy G. (2014), A Fuzzy Logic based Defense Mechanism against Distributed Denial of Service Attack in Cloud Computing Environment, International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS) Vol. 6, No. 3.
- [49] Srinivas S., Anupama S. & Suwendu K. J. (2012), Efficient load Balancing in Cloud Computing using Fuzzy Logic, IOSR Journal of Engineering, Volume 2, Issue 7, PP 65-71.
- [50] Prasath V., Bharathan N., Neetha N., Lakshmi N., Nathiya M. (2013), Fuzzy Logic In Cloud Computing, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 2 Issue 3.
- [51] Esposito C., Ficco M., Palmieri F. & Castiglione A. (), Smart Cloud Storage Service Selection Based on Fuzzy Logic, Theory of Evidence and Game Theory, IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS.