



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΑ ΣΤΟΥΣ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΑΛΗΦΡΑΓΚΗ ΣΟΦΙΑ

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Ν. ΜΑΤΣΑΤΣΙΝΗΣ
Ε. ΓΡΗΓΟΡΟΥΔΗΣ
Μ. ΔΟΥΜΠΟΣ**

ΧΑΝΙΑ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	6
ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ - ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ	10
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.2 ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	10
1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ	13
1.4 ΒΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ.....	14
1.5 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΞΙΑ	16
1.6 ΚΛΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ.....	17
1.7 ΟΥΣΙΩΔΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ.....	18
1.8 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ	19
1.8.1 ΔΙΩΝΥΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	19
1.8.2 POISSON ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	21
1.8.3 Η ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	21
1.8.4 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	22
1.8.5 ΒΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΧΡΗΣΙΜΑ ΘΕΩΡΗΜΑΤΑ.....	24
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	24
2.2 ΧΡΗΣΙΜΑ ΘΕΩΡΗΜΑΤΑ-ΘΕΩΡΙΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	24
2.2.1 ΕΙΔΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	25
2.2.2 ΛΗΨΗ ΚΑΛΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	26
2.2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥ ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΑ	27
2.3 ΚΑΛΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΕΝΑΝΤΙ ΚΑΛΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	27
2.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	28
2.5 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	29
2.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	30
2.6.1 ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΕΣ - ΤΑΞΕΙΣ ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΩΝ	31
2.6.2 ΑΤΟΜΟ	32
2.6.3 ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΕΣ.....	32
2.6.4 ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	32
2.6.5 ΟΜΑΔΑ (TEAM).....	33
2.6.6 ORGANIZATION AND META-ORGANIZATION.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ...	33
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
3.2 ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	34
3.2.1 ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	34
3.2.2 ΤΥΠΟΙ ΠΑΙΓΝΙΩΝ.....	35
3.3 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	36

3.3.1	ΟΡΙΣΜΟΣ MDP	38
3.3.2	ΜΕΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΣΗΜΕΙΩΤΗ MDP (Partially observable MDP POMDP) 39	
3.3.2.1	ΟΡΙΣΜΟΣ POMDP	39
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΚΙΝΔΥΝΟ	41
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	41
4.2	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	41
4.3	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	42
4.4	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	44
4.5	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΚΙΝΔΥΝΟ	44
4.6	ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	45
4.6.1	ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	47
4.6.2	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΙΑ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	49
4.6.2.1	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ	49
4.6.2.2	ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	50
4.6.3	ΜΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	51
4.6.4	ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	53
4.7	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	55
4.8	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.....	56
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ.....	58
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	58
5.2	ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ –ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ	58
5.3	ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ.....	61
5.4	ΤΕΣΣΕΡΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ.....	63
5.5	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	64
5.6	ΘΕΩΡΗΜΑ ΚΑΤΑ BAYES.....	65
5.7	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ (LIKELIHOOD).....	66
5.7.1	Η ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ (ΓΙΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ)	67
5.7.2	ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ	67
5.7.3	ΥΠΟΘΕΤΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	69
5.7.4	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ.....	69
5.7.5	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΦΙΛ	69
5.8	ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	70
5.8.1	ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	70
5.8.2	ΜΗ ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	70
5.8.3	ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ROLLBACK.....	73
5.9	ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ.....	74
5.10	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	76
5.11	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΔΕΝΤΡΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	81
5.11.1	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	82
5.11.2	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	83
5.12	ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΞΙΑ ΤΗΣ.....	83
5.12.1	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΕΛΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ.....	86
5.12.2	ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΤΕΛΕΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ.....	88
5.13	ΑΤΕΛΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ	92
5.13.1	ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΑΤΕΛΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ.....	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΚΑΙ ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	94
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	94
6.2 ΣΧΕΣΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	94
6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ.....	96
6.4 ΤΥΠΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ (MODAL LOGIC).....	97
6.4.1 ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΑ ΠΙΘΑΝΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ ΓΙΑ ΤΥΠΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ (MODAL LOGIC)	98
6.4.2 NORMAL MODAL LOGICS	99
6.5 ΔΙΑΝΟΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	100
6.6 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ	103
6.6.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΥΦΥΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ.....	104
6.7 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ, ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ, ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ	107
6.7.1 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ.....	107
6.7.2 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ	108
6.7.3 ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ	109
6.7.3.1 ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗΣ	110
6.7.4 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΥΦΥΙΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ	112
6.8 ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	116
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	116
7.2 ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	116
7.2.1 ΟΡΓΑΝΩΣΗ.....	117
7.2.2 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	118
7.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	119
7.4 ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	120
7.5 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟΣ ΠΟΛΥΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	120
7.6 ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	121
7.7 ΘΕΩΡΙΑ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ	121
7.7.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	121
7.8 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	124
8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	124
8.2 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	124
8.3 ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	129
8.3.1 Ο ΛΗΠΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ – Ο ΠΡΑΚΤΟΡΑΣ.....	130
8.3.2 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	131
8.3.3 ΑΡΧΕΣ	132
8.3.4 ΔΥΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	132
8.4 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	133
8.5 ΚΟΙΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	135
8.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	135
8.7 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	138
8.8 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	139
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΩΣ ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΛΗΠΤΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	141
9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	141
9.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	141
9.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	145

9.4	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	146
9.5	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΣΑΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΛΗΠΤΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	147
9.6	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	152
9.7	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ	153
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ		
	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΔΡΑΣΗΣ.....	155
10.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	155
10.2	Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ.....	155
10.3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ...	156
10.4	ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΡΑΣΗΣ	157
10.4.1	ΣΥΜΒΟΛΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	157
10.4.2	ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	158
10.4.3	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	159
10.5	ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΔΡΑΣΗΣ	160
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		
11.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	162
ΑΝΑΦΟΡΕΣ		164

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1 ΕΝΑ MDP ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΙΖΕΙ ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΠΡΑΚΤΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (Littman 1996)..	37
Εικόνα 2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (Rodger, Petch 1999).....	43
Εικόνα 3 ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (Rodger, Petch 1999).....	46
Εικόνα 4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (Rodger, Petch 1999))	55
Εικόνα 5 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ (http://hci.ece.upatras.gr/various/kalapanidas_PHD_2003.pdf).	107
Εικόνα 6 ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΥΕΣΙΑΝ ΠΑΝΩ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΒΑΥΕΣΙΑΝ ΚΑΤΩ (Václav Šmídl,2005).	114
Εικόνα 7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ http://www.mech.upatras.gr/~nikos/mis-i/notes/notes-05.pdf	123
Εικόνα 8 ΕΝΑΣ ΠΡΑΚΤΟΡΑΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ (Littman 1996).....	130
Εικόνα 9 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (Littman 1996).....	133

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της μεταπτυχιακής εργασίας με θέμα λήψη αποφάσεων στα βασιζόμενα στους πράκτορες συστήματα του μεταπτυχιακού προγράμματος με τίτλο Επιχειρησιακή Έρευνα.

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε από την Αληφραγκή Σοφία, η οποία έχει γεννηθεί στο Χολαργό Αττικής το Φεβρουάριο του 1983 και μεγάλωσε στο Αιγάλεω. Αποφοίτησε από το 5^ο Ενιαίο Λύκειο Αιγάλεω το 2000. Την ίδια χρονιά εισήχθη στην Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και αποφοίτησε το Μάρτιο του 2006. Το Σεπτέμβριο του 2006 έγινε δεκτή στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του πολυτεχνείου Κρήτης με τίτλο Επιχειρησιακή Έρευνα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει όλα εκείνα τα θέματα που αφορούν το πώς αποφασίζουν οι πράκτορες. Έτσι, θέματα που θα εξετασθούν είναι: η Κατανεμημένη Λήψη Αποφάσεων (Distributed Decision Making), η λήψη ομαδικών αποφάσεων στα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, ο συντονισμός-συνεργασία-διαπραγμάτευση, η αυτόματη γνώση στην λήψη αποφάσεων. Συγκεκριμένα, αυτόματες και σειριακές αποφάσεις (Automated & Sequential Decision Making), καθώς και οι αυτόματες λήψεις αποφάσεων στον προγραμματισμό δράσης (Automated Decision Making on action programming), η λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, η ποιοτική λήψη αποφάσεων καθώς και η θεωρία παιγνίων η οποία μελετά καταστάσεις όπου πολλαπλοί χρήστες (παίκτες) λαμβάνουν αποφάσεις σε μια προσπάθεια να μεγιστοποιήσουν τα αποτελέσματα τους, η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων, η οποία περιγράφει κάθε προσέγγιση που χρησιμοποιείται με σκοπό να αποφασιστούν οι συνολικές προτιμήσεις μεταξύ των εναλλακτικών λειτουργιών. Επίσης θα μελετηθεί και η μοντελοποίηση των πρακτόρων ως ληπτών αποφάσεων καθώς και η λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί η λήψη αποφάσεων που βασίζεται σε πράκτορες. Έτσι είναι σημαντικό να γνωστοποιηθεί το πώς αποφασίζουν οι πράκτορες και τι εννοούμε όταν λέμε λήψη αποφάσεων. Έτσι είναι σημαντικό να μελετηθούν οι βασικές έννοιες. Συγκεκριμένα θα πρέπει να μελετηθεί η έννοια των πιθανοτήτων που αποτελεί σημαντικό μαθηματικό εργαλείο για την λήψη αποφάσεων. Στην συνέχεια θα πρέπει να μελετηθεί η θεωρία αποφάσεων, τα είδη των αποφάσεων και οι κατηγορίες αποφάσεων. Στην συνέχεια η έννοια της λήψης αποφάσεων καθώς και οι διαδικασίες της λήψης αποφάσεων. Είναι επιπλέον σημαντικό να τονιστεί η εφαρμογή της λήψης αποφάσεων μέσα από την θεωρία παιγνίων που ουσιαστικά μελετά καταστάσεις όπου πολλαπλοί χρήστες (παίκτες) λαμβάνουν αποφάσεις σε μια προσπάθεια να μεγιστοποιήσουν τα αποτελέσματά τους. Καθώς και η μοντελοποίηση της λήψης αποφάσεων με την διαδικασία Markov. Στην συνέχεια θα γίνει συζήτηση σχετικά με την λήψη αποφάσεων υπό ρίσκο και υπό αβεβαιότητα. Επί πρόσθετα, θα πρέπει να μελετηθεί πιο διεξοδικά η έννοια του πράκτορα, ο συντονισμός, η συνεργασία, η διαπραγμάτευση. Επιπλέον, μελετάται η κατανεμημένη λήψη αποφάσεων που δημιουργείται από την ανάγκη για λύση σε περισσότερα πολύπλοκα προβλήματα. Έτσι αφού δοθούν αυτές οι βασικές έννοιες ακολουθεί το κύριο μέρος της εργασίας το οποίο μελετά την αυτόματη και διαδοχική λήψη αποφάσεων, την μοντελοποίηση πρακτόρων ως ποιοτικοί λήπτες αποφάσεων και την αυτόματη λήψη αποφάσεων στον προγραμματισμό δράσης. Τέλος ακολουθούν τα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ - ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια παρουσίαση των βασικών εννοιών που θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα στην παράγραφο 1.2 δίνονται κάποιοι χρήσιμοι ορισμοί στην παράγραφο 1.3 γίνεται εισαγωγή στις πιθανότητες, στην 1.4 παρουσιάζεται βασική μέθοδος μεταξύ εναλλακτικών, στην 1.5 η αναμενόμενη αξία, στην 1.6 η κλασική θεωρία πιθανοτήτων, στην 1.7 η ουσιώδης πιθανότητα, στην 1.8 οι κατανομές πιθανοτήτων και από την 1.8.1-1.8.2 οι κατανομές: Διωνυμική, Poisson, κανονική, εκθετική και η Βήτα.

1.2 ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Αρχικά\$ παρατίθενται μια σειρά από χρήσιμους ορισμούς, οι οποίοι είναι αρκετά χρήσιμοι για την κατανόηση (Harris, 1998) της λήψης αποφάσεων.

- **ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ :** πληροφορία αποτελεί την γνώση η οποία σχετίζεται με την απόφαση, την επίδραση των εναλλακτικών στην απόφαση. Αξιοσημείωτο είναι ότι ενώ μια πλήρης πληροφορία είναι επιθυμητή, η έκφραση 'όσο περισσότερη πληροφορία τόσο το καλύτερο', δεν ισχύει στην λήψη αποφάσεων. Και αυτό γιατί αρκετές φορές μεγάλος αριθμός πληροφορίας μπορεί να μειώσει την ποιότητα της απόφασης.
- **ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ :** οι εναλλακτικές είναι ουσιαστικά οι πιθανότητες για μια επιλογή (απόφαση). Οι εναλλακτικές μπορεί να γίνουν γνωστές, (εξακριβωμένες) μπορεί να αναζητηθούν, να εντοπιστούν ή ακόμα και δημιουργούνται (δημιουργούνται όταν προηγουμένως δεν υπάρχουν).

Αναζήτηση μόνο για προϋπάρχουσες εναλλακτικές θα έχει σαν αποτέλεσμα λιγότερο αποτελεσματική λήψη απόφασης.

- **ΚΡΙΤΗΡΙΑ :** κριτήρια είναι τα χαρακτηριστικά ή οι απαιτήσεις, που κάθε εναλλακτική πρέπει να διαθέτει σε μεγαλύτερη ή μικρότερη έκταση.
- **ΣΤΟΧΟΙ :** ουσιαστικά απαντάμε στην ερώτηση τι θέλουμε να πετύχουμε, ποιοι πραγματικά είναι οι στόχοι μας. Ένα στοιχείο αναγνώρισης του στόχου σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να περιλαμβάνεται στην ανάλυση της απόφασης.
- **ΑΞΙΑ :** η αξία σχετίζεται με το πόσο επιθυμητό είναι ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα.
- **ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ :** οι προτιμήσεις αντανakλούν στην φιλοσοφία και στις ιεραρχίες που θέτει το άτομο το οποίο λαμβάνει μια απόφαση. Ουσιαστικά προτιμήσεις είναι οι προσωπικές αξίες που θέτει το άτομο.
- **ΠΛΗΡΩΜΕΣ :** είναι το καθαρό κέρδος ή απώλεια που λαμβάνεται σαν αποτέλεσμα της εφαρμογής μιας απόφασης. Στην επιχείρηση οι πληρωμές εκφράζονται συνήθως χρησιμοποιώντας τις νομισματικές τιμές. Στην ανάλυση μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε τις νομισματικές τιμές είτε χρησιμότητες.
- **Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ :** η ποιότητα της απόφασης αποτιμάται με το αν μια απόφαση είναι ικανοποιητική ή μη ικανοποιητική. Μια ικανοποιητική απόφαση βασίζεται στις διαθέσιμες πληροφορίες και αντανakλά τις προτιμήσεις του ατόμου που λαμβάνει μια απόφαση. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να γίνει γνωστό, ότι η ποιότητα της απόφασης δεν σχετίζεται με το αποτέλεσμά της. Συγκεκριμένα, μια ικανοποιητική απόφαση μπορεί να έχει είτε ένα ικανοποιητικό ή μη αποτέλεσμα. Ομοίως μια μη ικανοποιητική απόφαση (η οποία δεν βασίζεται σε επαρκή πληροφορία ή ακόμα δεν αντανakλά στις προτιμήσεις του ατόμου που λαμβάνει την απόφαση), μπορεί να έχει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.
- **ΑΠΟΔΟΧΗ :** η αποδοχή είναι ένας σημαντικός παράγοντας διότι αυτός μερικές φορές συγκρούεται με την ποιότητα των κριτηρίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η καλύτερη κίνηση που χρειάζεται να γίνει είναι να επιλεγεί μια λύση χαμηλότερης ποιότητας αλλά μεγαλύτερης αποδοχής.

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ :** με αυτά τα διαγράμματα (Clemen, 1996) απεικονίζεται ένα σύστημα σαν μια διαδικασία διαδοχικών λειτουργιών και επεξεργασίας δεδομένων. Στα διαγράμματα αυτά οι διάφορες διαδικασίες μπορούν να εξελίσσονται παράλληλα. Για την αναπαράσταση διαγραμμάτων χρησιμοποιούνται διάφοροι συμβολισμοί μεταξύ των οποίων επικρατέστεροι είναι οι Gane-Sarson και Yourdon-DeMacro. Σε ένα διάγραμμα ροής τα τετράγωνα αναπαριστούν τις αποφάσεις και τα ωοειδή εικονίδια αναπαριστούν τα τυχαία γεγονότα. Ένα τετράγωνο με κυκλικές γωνίες χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει ένα μαθηματικό υπολογισμό ή μια σταθερή αξία. Τα τετράγωνα αυτά με στρογγυλοποιημένες γωνίες έχουν μια ποικιλία χρήσεων αλλά η περισσότερο σημαντική είναι η αναπαράσταση των συνεπειών. Τα τρία αυτά σχήματα αναφέρονται γενικά ως κόμβοι: κόμβοι απόφασης, τυχαίοι κόμβοι και υπολογιστικοί κόμβοι ή κόμβοι συνεπειών. οι κόμβοι αποτελούν όλοι μαζί ένα γράφημα και συνδέονται με γραμμές ή βέλη.
- ΔΕΝΤΡΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ :** ένα δέντρο απόφασης απαιτεί μια περαιτέρω ερμηνεία. Πρώτον οι λειτουργίες (Clemen 1996) απεικονίζονται από τα κλαδιά. Ένας κόμβος απόφασης θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε ο λήπτης αποφάσεων να μπορεί να επιλέξει μόνο μια επιλογή. Δεύτερον, κάθε τυχαίος κόμβος θα πρέπει να έχει κλαδιά τα οποία αντιστοιχούν σε μια σειρά από αμοιβαία αποκλειστικά και οργανωμένα συλλογικά αποτελέσματα. Αμοιβαία αποκλειστικά σημαίνει ότι μόνο ένα από τα αποτελέσματα μπορεί να συμβεί. Τρίτον ένα δέντρο απόφασης απεικονίζει όλα τα πιθανά μονοπάτια τα οποία ο λήπτης αποφάσεων ακολουθεί κατά την διάρκεια του χρόνου. Συμπεριλαμβάνονται όλες οι πιθανές εναλλακτικές αποφάσεις και τα αποτελέσματα των τυχαίων γεγονότων. Τελικά, είναι μερικές φορές χρήσιμο να θεωρούνται οι κόμβοι σαν μια αλληλουχία. Αρχίζοντας από την αριστερή πλευρά του δέντρου το πρώτο πράγμα που συμβαίνει είναι τυπικά μια απόφαση και ακολουθούν άλλες αποφάσεις ή τυχαία γεγονότα κατά χρονολογική σειρά. Ουσιαστικά (Ματσατσίνης 2006) τα δέντρα απόφασης παρουσιάζουν σαφώς το πρόβλημα έτσι ώστε όλες οι επιλογές να μπορούν να εμφανιστούν, να συζητηθούν και να συγκριθούν. Επίσης παρέχουν ένα πλαίσιο που ποσοτικοποιεί τις τιμές των αποτελεσμάτων και των πιθανοτήτων

επίτευξης τους. Τέλος βοηθούν για να παρθούν καλύτερες αποφάσεις επί την βάση των υπάρχουσων πληροφοριών και καλύτερες εκτιμήσεις.

- **ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΑΣ:** στην στατιστική, (http://en.wikipedia.org/wiki/Loss_function) στην θεωρία αποφάσεων και στα οικονομικά η συνάρτηση απώλειας είναι μια συνάρτηση η οποία καταγράφει ένα γεγονός πάνω σε ένα πραγματικό γεγονός αναπαριστώντας το οικονομικό κόστος ή την απώλεια που σχετίζεται με το γεγονός. Στην στατιστική η συνάρτηση απώλειας αναπαριστά την απώλεια που σχετίζεται με ένα εκτιμώμενο λάθος καθώς μια συνάρτηση μετράει τον βαθμό λάθους. Σύμφωνα με την θεωρία κατά Bayes συμπεριλαμβάνεται ο στατιστικός υπολογισμός με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η αναμενόμενη απώλεια από το δοσμένο λάθος που δίνεται από μια σειρά από δεδομένα.

1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ

Οι πιθανότητες διακρίνουν τα μοντέλα αποφάσεων υπό αβεβαιότητα από άλλα μοντέλα. Οι πιθανότητες (Holloway 1979) ουσιαστικά απαιτούνται για την συμπλήρωση της περιγραφής των αβέβαιων γεγονότων. Μεγάλη έμφαση δίνεται στην πληροφορία που παρέχεται από τις πιθανότητες. Για την πλήρη κατανόηση των πιθανοτήτων απαιτείται να παρουσιαστούν βασικοί ορισμοί που σχετίζονται με την πιθανότητα.

Έτσι έχουμε τους παρακάτω ορισμούς:

Γεγονός : ένα υποσύνολο αποτελεσμάτων (εκβάσεων) σε ένα (τελικό) διάστημα ονομάζεται γεγονός. Κάτι τέτοιο δεν έχει σχέση με το αβέβαιο γεγονός. Ο όρος αβέβαιο γεγονός αναφέρεται στην διαδικασία στο αντικείμενο ή στο πείραμα το οποίο είναι αβέβαιο. Ο όρος γεγονός αναφέρεται σε ένα υποσύνολο πιθανών αποτελεσμάτων από ένα αβέβαιο γεγονός.

Απασχόληση ενός γεγονότος: συχνά χρησιμοποιείται πως ένα γεγονός απασχολεί εάν κάποιο από τα αποτελέσματα των επιλογών απασχολούν τα αποτελέσματα.

Συμπλήρωμα : το συμπλήρωμα των στοιχείων ενός γεγονότος αποτελεί στο χώρο έκβασης το οποίο δεν συμπεριλαμβάνεται στο γεγονός.

Ένωση : η ένωση δυο γεγονότων A και B αποτελείται από εκείνα τα στοιχεία του χώρου του αποτελέσματος όπου είναι τα στοιχεία του A ή του B ή πιθανά και των δυο. Συμβολίζεται $A \cup B$.

Τομή: η τομή δυο γεγονότων A και B αποτελείται από εκείνα τα στοιχεία τα οποία είναι κοινά στα A και στα B. Η τομή γράφεται ως $A \cap B$.

Κενό: αναπαριστάται από το ελληνικό γράμμα $\emptyset$, δηλαδή δεν αποτελείται από στοιχεία το σύνολο. Όταν ένα γεγονός είναι κενό είναι απίθανο.

Αμοιβαία αποκλειστικότητα (mutually exclusive): δυο γεγονότα λέμε ότι έχουν αμοιβαία αποκλειστικότητα (mutually exclusive) εάν η τομή τους είναι το κενό. Έτσι δεν έχουν κανένα στοιχείο κοινό.

collectively exhaustive: είναι τα γεγονότα τα οποία λαμβάνουν χώρα όλα μαζί στο χώρο έκβασης. Αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστον ένα από τα γεγονότα πρέπει να απασχολήσει.

Κατανομή πιθανότητας : Η πληροφορία της πιθανότητας παρουσιάζεται από κατανομές πιθανοτήτων. Υπάρχουν μερικοί τρόποι που η πληροφορία μπορεί να παρουσιαστεί. Έτσι αρχικά γίνεται λόγος για κατανομές πιθανοτήτων για διακριτό χώρο έκβασης. Όπου ο χώρος έκβασης των αβέβαιων γεγονότων σχετίζεται με συγκεκριμένο αριθμό επισημάνσεων. Αυτός ο τύπος για την κατανομή της πιθανότητας ονομάζεται συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας.

Αθροιστική κατανομή πιθανότητας: Μια πιθανότητα μπορεί επίσης να περιγραφεί με την χρήση της αθροιστικής κατανομής της πιθανότητας. Κάτι τέτοιο μπορεί να οριστεί με δυο τρόπους. Είτε θέτουμε το x και το συμβολίζουμε σαν αριθμητική αξία που σχετίζεται με την έκβαση ενός αβέβαιου γεγονότος. Είτε συμβολίζοντας το x με μια συγκεκριμένη αξία, τότε η αθροιστική κατανομή είναι η πιθανότητα η οποία μπορεί να δώσει αξία μικρότερη ή ίση από αυτή που αποκτήθηκε.

Οι κατανομές των πιθανοτήτων μπορούν να συμπτυχθούν χωρίς να δοθεί μια ολοκληρωμένη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας ή αθροιστική κατανομή. Οι περισσότεροι χρήσιμοι παράμετροι είναι ο αριθμητικός μέσος και η απόκλιση.

1.4 ΒΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ

Η κύρια βασική μέθοδος για επιλογή ανάμεσα σε δυο εναλλακτικές είναι η άμεση σύγκριση και η χρήση μερικών διαισθητικών διαδικασιών, όπου επιλέγεται η

μια εναλλακτική από την άλλη. Σε μερικές περιπτώσεις (Holloway 1979) οι λήπτες αποφάσεων βρίσκουν αυτές τις αποφάσεις ανεπαρκείς. Ωστόσο η πολυπλοκότητα του προβλήματος αυξάνεται με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσκολία στην διατήρηση όλων των συντελεστών του προβλήματος.

Η δυσκολία στο να παρθεί μια επιλογή άμεσα είναι ορατή. Καθώς ο λήπτης αποφάσεων καλείται να επεξεργαστεί ταυτόχρονα την πληροφορία σχετικά με τις αλλαγές στο πρόβλημα και την σημασία των πιθανών συνεπειών της απόφασης.

Κυριαρχία του αποτελέσματος: εάν μια εναλλακτική A είναι τουλάχιστον προτιμότερη από την εναλλακτική B για κάθε αποτέλεσμα και αν η A είναι αυστηρά προτιμότερη από την B για ένα αποτέλεσμα τότε η A είναι κυρίαρχη της B.

Πιθανοθεωρητική κυριαρχία: εάν κάποιες αξίες των εκτιμouμένων μονάδων της πιθανότητας της εναλλακτικής A επιτύχουν εκείνη την αξία ή η αξία αυτή είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα της εναλλακτικής B τότε η A είναι πιθανοθεωρητικά κυρίαρχη.

Μια πιθανοθεωρητική κυριαρχία μπορεί να έχει ενεργό αποτέλεσμα το οποίο να είναι προτιμότερο από την εναλλακτική εκείνη που κυριαρχείται. Παρόλα αυτά η πιθανοθεωρητική κυριαρχία είναι ένας μαχητικός τρόπος για την επιλογή των εναλλακτικών.

Χωρίς την κυριαρχία του λήπτη αποφάσεων χρειάζεται να κατανοηθεί η αβεβαιότητα και ο κίνδυνος των εναλλακτικών. Μια πιθανοθεωρητική κατανομή για κάθε εναλλακτική αξιολόγηση μονάδων (evaluation units) περιέχει όλη την πληροφορία.

Όμως τις περισσότερες φορές είναι προτιμότερο να γίνει υπολογισμός των μέτρων. Τα προφανή μέτρα συμπεριλαμβάνουν τον υπολογισμό της αναμενόμενης αξίας, την απόκλιση την μέγιστη ή ελάχιστη συνεισφορά.

Και στην συνέχεια γίνεται άμεση σύγκριση των κατανομών των πιθανοτήτων. Όμως αρκετές φορές η άμεση σύγκριση είναι αρκετά δύσκολη ή παραμελούνται κάποια σημαντικά μέρη του προβλήματος και έτσι χρησιμοποιούνται κάποιες άλλες μέθοδοι, όπως η ισοδύναμη βεβαιότητα (certainty equivalents).

Η ισοδύναμη βεβαιότητα έχει τρία πλεονεκτήματα από την άμεση επιλογή:

1. η σύγκριση είναι ευκολότερη επειδή γίνεται ανάμεσα στην κατανομή της πιθανότητας και στην βέβαιη ποσότητα

2. όταν η ισοδυναμία έχει πραγματοποιηθεί η επιλογή είναι πιο εύκολη διότι υψηλότερες αξίες (επιθυμητές συνέπειες) είναι προτιμότερες έναντι χαμηλότερων αξιών
3. η διαδικασία της επιλογής της ισοδύναμης βεβαιότητας δεν είναι τόσο σύνθετη

Τα μειονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι ίσως ο χρόνος που χρειάζεται και η δυσκολία στην κατανόηση του προβλήματος.

Η ισοδυναμία των βέβαιων αποφάσεων ίσως είναι πιθανές να παρθούν αλλά κάτι τέτοιο δεν σημαίνει ότι είναι και εύκολες. Ένας λήπτης αποφάσεων είναι απαραίτητος, με σκοπό να επεξεργαστεί η πληροφορία. Ταυτόχρονα :

1. πληροφορεί την πιθανότητα ότι μια σειρά από γεγονότα θα απασχολήσουν
2. πληροφορεί για τις συνέπειες των αποτελεσμάτων όπως μετριοούνται από τις εκτιμώμενες μονάδες (συνεισφορά).

Η μόνη διαφοροποίηση με την άμεση επιλογή είναι ότι αβέβαια γεγονότα συγκρίνονται με βέβαια αποτελέσματα. Έτσι ο λήπτης αποφάσεων πρέπει να αποφασίσει πως η αβεβαιότητα και οι συνέπειες τους αλληλεπιδρούν και σχετίζονται με ένα βέβαιο αποτέλεσμα.

Οι αποφάσεις της ισοδύναμης βεβαιότητας δεν είναι τόσο δύσκολες για απλά αβέβαια γεγονότα ενώ γίνονται πολύ δύσκολες σε πολύπλοκα προβλήματα.

1.5 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΞΙΑ

Στην συνέχεια παρουσιάζονται μια σειρά από έννοιες σημαντικές για την κατανόηση των πιθανοτήτων. Ο αριθμητικός μέσος ονομάζεται (Holloway 1979) αναμενόμενη αξία της κατανομής της πιθανότητας. Μια διακριτή αβέβαιη ποσότητα της αναμενόμενης αξίας είναι η σταθμική πιθανότητα των πιθανών αξιών (τιμών). Συνεπώς, αν το X μπορεί να πάρει μια τιμή από $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ τότε η αναμενόμενη αξία είναι απλά το άθροισμα των X_1 ως X_n .

Έτσι έχουμε:

$$Expected\ value\ of\ X = x_1P(X = x_1) + x_2P(X = x_2) + \dots + x_nP(X = x_n) = \sum_{i=1}^n x_iP(X = x_i)$$

Η αναμενόμενη αξία μπορεί να θεωρηθεί σαν το καλύτερο επισκέπτη για την αξία μιας αβέβαιης ποσότητας ή τυχαίας τιμής.

Επίσης, η απόκλιση και η διακύμανση μεταφέρουν την ίδια πληροφορία. Η απόκλιση χρησιμοποιείται πιο συχνά.

Έτσι η διακύμανση: ένα θέσουμε το χ να είναι το αποτέλεσμα ενός αβέβαιου γεγονότος με n διακριτά αποτελέσματα, η διακύμανση ορίζεται να είναι:

$$\sum_{i=1}^n (x_i - E[X])^2 P(X = x_i)$$

Κατανομές μακριά από τον αριθμητικό μέσο θα έχουν υψηλότερη διακύμανση από εκείνες που είναι κοντά στον αριθμητικό μέσο. Ομοίως κατανομές με υψηλές πιθανότητες θα έχουν υψηλότερες διακυμάνσεις από εκείνες με χαμηλές πιθανότητες. Επιπλέον, η απόκλιση δίνεται από το τετράγωνο της ρίζας της διακύμανσης.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - E[X])^2 P(X = x_i)}$$

1.6 ΚΛΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ

Η κλασική ή θεωρητική άποψη (Holloway 1979) της πιθανότητας βασίζεται στις αρχές του ανεπαρκούς λόγου και στην υπόθεση της συμμετρίας. Η ιδέα είναι ότι η συμμετρία επιτρέπει σε κάποιον να διαφωνήσει.

Εάν ένα αβέβαιο γεγονός έχει n κοινή αποκλειστικότητα, εξίσου πιθανά και τα αποτελέσματα αθροίζονται διεξοδικά και αν ένα γεγονός A περιέχει n_A από τα αποτελέσματα τότε η πιθανότητα του γεγονότος A είναι n_A/n .

Υπάρχει μια σχετικά συχνή και αντικειμενική άποψη που κριτικάρει την μέθοδο απόκτησης πιθανοτήτων. Αυτοί οι οποίοι είναι οπαδοί της πιο συχνής άποψης απορρίπτουν την ιδέα της χρήσης των αρχών του μη επαρκούς λόγου. Αυτοί οι οποίοι είναι οπαδοί της ουσιώδους άποψης έχουν γενικά δυο παράπονα. Το πρώτο περιλαμβάνει τις αρχές της μη επαρκούς αιτίας. Το δεύτερο παράπονο έχει να κάνει ότι δεν είναι πάντα προφανές ποια κατάλληλη υποθετική συμμετρία υπάρχει.

Η κλασική πλευρά της πιθανότητας βασίζεται στον υπολογισμό του αριθμού των συμβάντων. Έτσι υπάρχει δυνατότητα της συλλογής των δεδομένων από την καταμέτρηση, δηλαδή πόσες πολλές φορές ένα γεγονός απασχόλησε.

Εάν ένα αβέβαιο γεγονός απασχόλησε ένα μεγάλο αριθμό φορών m , το αποτέλεσμα κάθε δοκιμής είναι ανεξάρτητο από το προηγούμενο αποτέλεσμα, και το γεγονός A απασχολεί m_A φορές, τότε η πιθανότητα του A λαμβάνεται ως ίση με την σχετική συχνότητα m_A/m .

Η σχετική συχνότητα απαιτεί καταστάσεις κατά τις οποίες υπάρχει μεγάλος αριθμός επαναλήψεων και ανεξάρτητες δοκιμές είναι διαθέσιμες.

1.7 ΟΥΣΙΩΔΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ

Αυτοί οι οποίοι υποστηρίζουν την ουσιώδη πιθανότητα (Holloway 1979) ισχυρίζονται ότι η βασική έννοια της πιθανότητας είναι διαισθητική και ότι κάθε προσπάθεια να περιορίσουν αυτή είτε στην κλασική είτε στην σχετική συχνότητα δεν είναι απαραίτητη.

Η κυρίαρχη διαφωνία συμπεριλαμβάνει την ακριβή έννοια της πιθανότητας. Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της υπαρκτής άποψης καταφεύγουν στις αρχές όπου μπορούν να βασιστούν στις ιδανικές συνθήκες της συμμετρίας ή ενός μεγάλου αριθμού δοκιμών με σκοπό να εξηγήσουν την σημασία. Ακόμα και αν αυτές οι ιδανικές αρχές υπάρχουν σε ένα πρόβλημα απόφασης, δεν μπορούν να τις πιστοποιήσουν χωρίς να καταφύγουν σε προσωπική ή ουσιώδη κρίση. Αυτοί οι οποίοι υποστηρίζουν την ουσιώδη άποψη βεβαιώνουν ότι αποδέχονται εκείνες τις πιθανότητες που αντανακλούν στην γνώση του ανθρώπου που τις χρησιμοποιεί. Αυτό επισημαίνει την κύρια διαφορά ανάμεσα στους υποστηρικτές της υπαρκτής άποψης και της ουσιώδους άποψης. Οι υποστηρικτές της υπαρκτής άποψης ερμηνεύουν τις πιθανότητες σαν χαρακτηριστικά της αναγνώρισης των υλικών διεργασιών. Ενώ οι υποστηρικτές της ουσιώδους άποψης ερμηνεύουν αυτά σαν κατάσταση της γνώσης η οποία δίνεται ατομικά.

Εάν η ουσιώδης πιθανότητα χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί σε μια συγκεκριμένη περίπτωση βασίζεται στο πρόβλημα και στην διαθεσιμότητα των εναλλακτικών. Από ένα πρακτικό πρόβλημα ο λήπτης αποφάσεων πάντα έχει ένα αριθμό από ενέργειες συμπεριλαμβανόμενες εκείνες ώστε να πάρει μια απόφαση. Η επιλογή με σκοπό να επιλέξει περισσότερη πληροφορία, η πληροφορία θα πρέπει να είναι περισσότερο αιτιοκρατική. Κατά την ύπαρξη της αβεβαιότητας με την χρήση ενός αιτιοκρατικού μοντέλου μπορεί να οδηγηθεί σε φτωχότερες επιλογές. Το προφανές επόμενο βήμα είναι να γίνει ερώτηση σχετικά με την πιθανότητα στην

καλύτερη και στην χειρότερη περίπτωση. Η ουσιώδης πιθανότητα είναι ένας αριθμός ανάμεσα στο μηδέν και στο ένα που αναπαριστά το βαθμό της ατομικής πίστης στο αποτέλεσμα του αβέβαιου γεγονότος.

1.8 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζονται τρεις μέθοδοι αποτίμησης της κατανομής πιθανοτήτων για τυχαίες μεταβλητές. Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιεί την ιδέα της πιθανότητας με διαφορετικούς τρόπους. Έτσι παρουσιάζεται κατανομές πιθανοτήτων (Holloway 1979) οι οποίες μπορούν να αποκτηθούν θεωρητικά όταν οι βασικές πιθανότητες αποκτηθούν. Σε κάθε περίπτωση μια παράμετρος της κατανομής πρέπει να αποκτιέται με την χρήση της κλασικής, σχετικής συχνότητας ή ουσιώδης προσέγγισης. Αυτές οι κατανομές παρουσιάζουν συγκεκριμένες διαδικασίες.

Οι διωνυμικές και Poisson κατανομές παρουσιάζονται για δυο λόγους. Πρώτον παρουσιάζουν αβέβαια γεγονότα τα οποία είναι κοινά στα προβλήματα απόφασης. Η ικανότητα να αναγνωρίζονται οι παρουσιαζόμενες διαδικασίες από αυτές τις κατανομές κάνουν τις απαιτούμενες κρίσεις έτσι ώστε η εφαρμογή τους και εγκατάσταση των απαιτούμενων κατανομών πιθανοτήτων μπορούν να είναι πολύτιμες. Δεύτερον αυτές οι κατανομές εφαρμόζονται σαν παραδείγματα μεγάλου αριθμού κατανομών για διακριτές τυχαίες τιμές. Τρεις θεωρητικές κατανομές για συνεχής τυχαίες μεταβλητές παρουσιάζονται. Η κανονική κατανομή εξαιτίας της μεγάλης της εφαρμογής σε προβλήματα που περιέχουν δείγματα. Η εκθετική κατανομή η οποία είναι συχνά μια καλή αναπαράσταση για διαδικασίες που παρέχονται. Η Βήτα κατανομή εξαιτίας των βολικών ιδιοτήτων για ενημέρωση που βασίζεται στην νέα πληροφορία.

1.8.1 ΔΙΩΝΥΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η Διωνυμική κατανομή (Holloway 1979) αναπαριστά μια Bernoulli διαδικασία που ονομάστηκε έτσι από το όνομα του ανθρώπου που πρώτος την περιέγραψε. Το όνομα Διωνυμική υπονοεί ότι η διαδικασία έχει δυο αποτελέσματα. Αυτά αναφέρονται συνήθως σαν επιτυχία και βλάβη.

Χαρακτηριστικά της διαδικασίας Bernoulli

1. επαναλαμβανόμενες δοκιμές με κάθε δοκιμή παράγονται είτε η επιτυχία είτε η βλάβη.
2. σταθερή πιθανότητα σε κάθε δοκιμή.
3. κάθε δοκιμή είναι ανεξάρτητη με την έννοια ότι η αλληλουχία των αποτελεσμάτων είναι ανεξάρτητη (για παράδειγμα η πιθανότητα επιτυχίας μιας δοσμένης δοκιμής δεν βασίζεται στα αποτελέσματα άλλων δοκιμών)

όταν αυτές οι συνθήκες ικανοποιούνται το αβέβαιο γεγονός περιγράφεται από την διωνυμική κατανομή που δίνεται από την ακόλουθη φόρμουλα:

Ορισμός: εάν θέσουμε το R να είναι τυχαία τιμή και ίση με τον αριθμό των επιτυχιών n ισούται με τον αριθμό των δοκιμών και p η πιθανότητα της επιτυχίας σε κάθε δοκιμή, η διωνυμική φόρμουλα τα των r επιτυχιών είναι:

$$P(R = r / n, p) = \frac{n!}{r!(n-r)!} (p)^r (1-p)^{n-r}$$

Όπου $n!$ δίνεται από $(n) \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times (2) \times (1)$

Ο όρος $n!$ ονομάζεται n -παραγοντικό και ο $0!$ Ορίζεται ως 1

Ο μέσος όρος και καθορισμένη απόκλιση

$$\text{Καθορισμένη απόκλιση } (\sigma) = \sqrt{np(1-p)}$$

Ο μέσος όρος είναι $(\mu) = np$

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα διαδικασιών όπου μερικές φορές ακολουθούν διωνυμική κατανομή είναι:

1. προβλήματα ποιότητας ελέγχου, κατά την οποία οι μονάδες είναι είτε καλές είτε κακές, είτε είναι εντός ελέγχου είτε εκτός κατά την διάρκεια ενός κύκλου παραγωγής
2. προβλήματα αγοράς κατά την οποία οι πελάτες εκθέτουν προτιμήσεις για μάρκα X ή μάρκα Y ή προσωπικές αγορές είτε κάνουν μια έκπτωση ή αποτυγχάνουν.
3. προβλήματα λογιστικής, για κάθε δείγμα αποφασίζει αν υπάρχει σφάλμα ή όχι.
4. σε δημόσια εκλογική διαδικασία ένα άτομο είναι ένας υποψήφιος ή όχι

1.8.2 POISSON ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η διωνυμική κατανομή περιγράφει μια διαδικασία (Holloway 1979) με επαναλαμβανόμενες δοκιμές και αποτελέσματα τα οποία μπορούν να περιγραφούν από επιτυχία ή αποτυχία. Τώρα θεωρείται μια διαδικασία όπου οι επιτυχίες μπορούν αναγνωρισθούν αλλά που η ιδέα της δοκιμής δεν υπάρχει.

Χαρακτηριστικά διαδικασίας Poisson

1. μέσα στην μονάδα των μετρήσεων υπάρχει μεγάλος αριθμός από ευκαιρίες για ένα συμβάν.
2. η πιθανότητα του συμβάντος για κάθε συγκεκριμένη ευκαιρία είναι πολύ μικρή.
3. η πιθανότητα για κάθε συμβάν είναι ανεξάρτητη από άλλα συμβάντα
4. η μέση τιμή του συμβάντος μέσα σε μια μονάδα μετρήσεων είναι σταθερή.

Ορισμός: εάν θέσουμε X τον αριθμό των συμβάντων μέσα σε ένα διάστημα μέτρησης a και m την μέση τιμή των συμβάντων μέσα σε ένα διάστημα μετρήσεων, η φόρμουλα Poisson για την πιθανότητα των X συμβάντων.

$$P(X = x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!}$$

Όπου e η σταθερά 2.718

Η μέση τιμή είναι Mean (μ) = m

Η σταθερή απόκλιση (σ) = $\sqrt{m}$

Στην συνέχεια παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα που ακολουθούν την κατανομή Poisson

1. βλάβες μηχανής και εξοπλισμών συχνά ακολουθούν την κατανομή Poisson
2. αφίξεις σε ένα κέντρο υπηρεσιών για παράδειγμα νοσοκομείο, τράπεζα

1.8.3 Η ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η κανονική κατανομή έχει το σχήμα καμπάνας

Ορισμός: εάν η $f(x)$ είναι κανονική κατανομή τότε

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right].$$

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται ευρέως (Holloway 1979) στις πιθανότητες και στην στατιστική. Σε πολλές περιπτώσεις η κυριότητα της συμμετρίας σχετικά με την

προσδοκώμενη τιμή φαίνεται να εφοδιάζει την πληροφορία με τυχαίες τιμές. Το κεντρικό οριακό θεώρημα (central limit theorem) παρέχει συνθήκες κάτω από τις οποίες μια κανονική κατανομή παρουσιάζει τα αποτελέσματα από μια διαδικασία δειγμάτων.

Κεντρικό οριακό θεώρημα (central limit theorem)

Θέτουμε $f(x)$, να είναι συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για μερικές τυχαίες τιμές x , με μέση τιμή μ και πεπερασμένη διακύμανση σ^2 . ορίζουμε $\bar{X}_n$ μια τυχαία τιμή και για n επαρκώς μεγάλο η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για $\bar{X}_n$ κανονικά κατανομημένη με μέση τιμή μ και διακύμανση σ^2/n .

Για πρακτικούς λόγους εφόσον η $f(x)$ είναι λογική, η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι στρογγυλοποιημένη από μια κανονική κατανομή εφόσον $n \geq 30$.

Επί πρόσθετα η κατάσταση των συνθηκών στο κεντρικό οριακό θεώρημα και οι παρατηρήσεις και οι αποτιμήσεις οδηγούν στην χρήση κανονικής κατανομής με σκοπό να αναπαραστήσουν τυχαίες τιμές. Όπως βλέπουμε από την φόρμουλα ειδικεύεται σε δυο παραμέτρους στην μέση τιμή μ και απόκλιση σ . Εκτιμάται ότι αυτές οι παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν από την παρατήρηση. Στατιστικές μέθοδοι είναι διαθέσιμες να τεστάρουν την παρατήρηση για συνέπεια με κανονική κατανομή.

1.8.4 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η εκθετική κατανομή συχνά παρέχει ένα καλό μοντέλο (Holloway 1979) για διαδικασίες οι οποίες κάθε φορά είναι σημαντικές. Για παράδειγμα μιας εγκατάστασης υπηρεσιών, όπου το μοντέλο ενδιαφέρεται για τον χρόνο ανάμεσα στην άφιξη του πελάτη ή στο χρόνο που απαιτείται να εξυπηρετηθεί ένας πελάτης. Και στις δυο περιπτώσεις ο χρόνος είναι τυχαία τιμή του ενδιαφέροντος και συνεχής.

Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες μια εκθετική κατανομή παρέχει ένα καλό μοντέλο είναι ακριβές μοντέλο είναι ίδια με την κατανομή Poisson.

Στην συνέχεια εκφράζεται πως η εκθετική κατανομή σχετίζεται με την κατανομή Poisson, επιβεβαιώνοντας ότι οι αφίξεις ικανοποιούν τις συνθήκες για μια κατανομή Poisson με κατά μέσο όρο δυο αφίξεις ανά ώρα. Αν το ενδιαφέρον μας είναι για τον αριθμό των αφίξεων σε μερικές αυθαίρετες χρονικές περιόδους t_1 ώρες, ο αριθμός της

μέσης τιμής των αφίξεων είναι $m=2t_1$. η κατανομή Poisson για αφίξεις σε δοσμένη χρονική περίοδο t_1 με

$$P(X = x) = \frac{(e^{-2t_1})(2t_1)^x}{x!}$$

Στην συνέχεια υπολογίζεται η πιθανότητα όπου καμία άφιξη δεν απασχολεί την χρονική περίοδο t_1 . με δεδομένο ότι ο χρόνος άφιξης T είναι λιγότερος από t_1

$$P(T > t_1) = P(X=0 | m=2t_1) = 1 - e^{-2t_1}$$

Συνεπώς η πιθανότητα ότι ένα συμβάν άφιξης κατά την χρονική περίοδο είναι:

$$P(T \leq t_1) = 1 - P(X = 0 | m = 2t_1) = 1 - e^{-2t_1}$$

Που αποτελεί την αθροιστική κατανομή για τον χρόνο άφιξης.

Ορισμός: αν θέσουμε λ να είναι ο μέσος αριθμός αφίξεων σε μια χρονική περίοδο t η

αθροιστική εκθετική κατανομή είναι $P(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t}$

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Αυτή είναι μιας παραμέτρου κατανομή με μέση τιμή $1/\lambda$ και απόκλιση $1/\lambda$.

1.8.5 ΒΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Μια άλλη θεωρητική κατανομή που είναι ίσως (Holloway 1979) επίσης χρήσιμη στην αναπαράσταση μοντέλων είναι η κατανομή Βήτα. Η χρησιμότητα προέρχεται από δυο συντελεστές:

1. η οικογένεια των Βήτα κατανομών είναι μια υπερβολικά πλούσια τάξη συναρτήσεων και μπορεί να παρέχει καλές προσεγγίσεις για μια μεγάλη ποικιλία κατανομής πιθανοτήτων.
2. οι κατανομές Βήτα μπορούν να ενημερωθούν εύκολα με σκοπό να συμπεριλάβουν δειγματοληπτική πληροφορία από διαδικασίες που ακολουθούν διωνυμική κατανομή.

Ορισμός: η φόρμουλα για την κατανομή είναι:

$$f(p) = \left\{ \frac{(n-1)!}{(r-n)!(n-r-1)!} p^{r-1} (1-p)^{n-r-1}, \text{ αν } 0 \leq p \leq 1 \right.$$

Όπου n και r είναι παράμετροι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΧΡΗΣΙΜΑ ΘΕΩΡΗΜΑΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον παρόν κεφάλαιο μελετούνται χρήσιμα θεωρήματα αρκετά σημαντικά για την παρούσα εργασία και την κατανόηση του θέματος το οποίο μελετάται. Στην παράγραφο 2.2, 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 μελετάται η θεωρία αποφάσεων, τα είδη των αποφάσεων, λήψη καλών αποφάσεων, χαρακτηριστικά καλού αποφασίζοντα. Στην παράγραφο 2.3 μελετώνται καλές αποφάσεις έναντι καλών αποτελεσμάτων. Στην 2.4 τα είδη αποφάσεων. Επίσης στην 2.5 δίνεται η έννοια της λήψης αποφάσεων, στην 2.6 η διαδικασία λήψης αποφάσεων, στις 2.6.1,2.6.2,2.6.3,2.6.4,2.6.5,2.6.6, γίνεται αντίστοιχα για αποφασίζοντας-τάξεις αποφασιζόντων, άτομο, πολλαπλοί αποφασίζοντες, ομαδική λήψη αποφάσεων, ομάδα, organization and meta organization.

ΧΡΗΣΙΜΑ ΘΕΩΡΗΜΑΤΑ-ΘΕΩΡΙΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Η θεωρία των αποφάσεων (http://en.wikipedia.org/wiki/Decision_theory) περιλαμβάνει διαφορετικές περιοχές μελέτης, σχετίζεται με αυτές και εφαρμόζεται σε διάφορες επιστήμες, όπως στα μαθηματικά, στην στατιστική, στα οικονομικά στην φιλοσοφία, στην διοίκηση και στην ψυχολογία. Συγκεκριμένα η θεωρία αποφάσεων επικεντρώνεται με το πώς ο χρήστης λαμβάνει αποφάσεις και το πόσο κατάλληλες αποφάσεις μπορεί να λάβει.

Τις περισσότερες φορές η θεωρία των αποφάσεων αποτελείται από μια σειρά από κανόνες («normative» / «prescriptive»). Η πρακτική εφαρμογή της προσέγγισης των κανόνων, (όπου οι χρήστες χρειάζεται να λάβουν αποφάσεις), ονομάζεται [ανάλυση των αποφάσεων](#), και στοχεύει στο να βρει εργαλεία, μεθοδολογίες και λειτουργικά συστήματα, τα οποία θα βοηθήσουν τους χρήστες για να λαμβάνουν πιο ικανοποιητικές (καλύτερες) αποφάσεις. Τα πιο συστηματικά και κατανοητά εργαλεία «software» που αναπτύχθηκαν, ονομάζονται [συστήματα υποστήριξης αποφάσεων](#).

Αφού η βέλτιστη απόφαση συχνά δημιουργεί υποθέσεις για έλεγχο σε σχέση με την πραγματική συμπεριφορά. Τότε υπάρχει πιθανότητα αναζήτησης των υποθέσεων της **τέλειας πληροφόρησης** ορθολογικά και με ποικίλους τρόπους και παράγει μια σειρά από διαφορετικές προβλέψεις, όσον αφορά την συμπεριφορά και συνεπώς επιτρέπονται περισσότεροι έλεγχοι για την λήψη μιας απόφασης.

ΕΙΔΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Σαν απόφαση θεωρούνται όλες εκείνες οι ενέργειες που γίνονται από ένα ή περισσότερους ανθρώπους με στόχο την επιλογή ενός τρόπου δράσης μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών δράσης.

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων αποτελείται από προγραμματιζόμενες (programmed) και μη προγραμματιζόμενες (nonprogrammed) αποφάσεις. Αντίστοιχα οι Keen και Scott-Morton (1978) και ο Keen (1980) διακρίνουν (Ματσατσίνης 2007) τις αποφάσεις σε δομημένες (structured), ημιδομημένες (semistructured) και αδόμητες (unstructured).

Δομημένες αποφάσεις είναι εκείνες των οποίων:

- η διαδικασία που ακολουθείται για τη λήψη μίας απόφασης είναι πάντα η ίδια,
- το αντικείμενο της απόφασης είναι σαφώς καθορισμένο, και
- τα δεδομένα εισόδου καθώς και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των είναι συγκεκριμένα.

Αδόμητες αποφάσεις είναι εκείνες των οποίων:

- η διαδικασία που ακολουθείται για τη λήψη της απόφασης είναι κάθε φορά διαφορετική,
- το αντικείμενο της απόφασης, τα δεδομένα εισόδου καθώς και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας δεν είναι καθορισμένα.

Στις **ημιδομημένες** αποφάσεις, άλλες εργασίες είναι σαφώς καθορισμένες και άλλες είναι ασαφείς.

Οι Keen and Scott-Morton (1978) και Keen (1980) εκτιμούν, ότι οι δομημένες αποφάσεις μπορούν να λαμβάνονται από μηχανογραφημένες εφαρμογές χωρίς τη συμμετοχή του αποφασίζοντος, ενώ οι ημιδομημένες αποφάσεις λαμβάνονται οπωσδήποτε με τη συμμετοχή του, μέσα από την αλληλεπίδραση αποφασίζοντος -

συστήματος. Τέλος, αδόμητες αποφάσεις θεωρούνται εκείνες, των οποίων δεν είναι δυνατή η δόμησή τους ή που δεν έχει γίνει ακόμα κατορθωτή η δόμησή τους.

Αν όμως γίνει δεκτό ότι η λήψη αποφάσεων είναι αποκλειστικό χαρακτηριστικό της ανθρώπινης σκέψης και κρίσης, τότε οδηγείται κανείς στο συμπέρασμα ότι η πρώτη κατηγορία του διαχωρισμού των αποφάσεων σε δομημένων (Keen και Scott-Morton, 1978) ή προγραμματιζόμενων (Simon, 1960), μπορεί να μη γίνει αποδεκτή ως μια κατηγορία αποφάσεων, λόγω του ότι σε αυτές ουσιαστικά δεν παρεμβαίνει ο ανθρώπινος παράγων παρά μόνο στην αρχική διαμόρφωσή της. Επομένως, δεν μιλάμε στην ουσία για δυνατότητα απόφασης στις κατηγορίες αυτές και επομένως οι αποφάσεις θα μπορούσαν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες: τις ημιδομημένες και τις αδόμητες με τις έννοιες που ήδη τους έχουν αποδοθεί (Ματσατσίνης 2007).

ΛΗΨΗ ΚΑΛΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Οι καλοί αποφασίζοντες δεν είναι απαραίτητα και καλοί μαθηματικοί, απλά θα πρέπει να διαθέτουν την ικανότητα της σκέψης με όρους των εναλλακτικών επιλογών, αποτελεσμάτων, πιθανοτήτων και ολόκληρων στρατηγικών. Δεν συγχέουν τις γνώμες με τα γεγονότα. Αναλύουν προβλήματα και καταστάσεις, προσδιορίζουν βάρη για τα κριτήρια αξιολόγησης εναλλακτικών επιλογών, μελετούν τα ενδεχόμενα και τις συνέπειες των εναλλακτικών αποφάσεων, ξεχωρίζουν την πραγματικότητα από τη φαντασία και τελικά προχωρούν στην τελική επιλογή μιας εναλλακτικής.

Μια καλή απόφαση δεν είναι ποτέ ένα τυχαίο γεγονός αλλά είναι πάντα το αποτέλεσμα μιας υψηλής επιθυμίας, της ειλικρινούς προσπάθειας, της ευφυούς κατεύθυνσης και της επιδέξιας υλοποίησης. Αντιπροσωπεύει τη ορθή επιλογή πολλών εναλλακτικών λύσεων. Κάποιος πρέπει να εκτιμήσει τη διαφορά μεταξύ μιας απόφασης και ενός στόχου. Μια καλή απόφαση είναι η διαδικασία της βέλτιστης επίτευξης ενός δεδομένου στόχου.

Στο σημείο αυτό θα ασχοληθούμε με το πως είναι δυνατόν να μάθει κάποιος το πως θα παίρνει καλές αποφάσεις. Είναι δυνατό να μαθευτεί η διαδικασία της λήψης καλών στρατηγικών αποφάσεων μέσω της εξάσκησης στη λήψη αποφάσεων. Είναι δυνατόν να μάθει κάποιος πώς να χρησιμοποιεί τις ικανότητές του μέσα σε μια εστιασμένη δομημένη διαδικασία απόφασης για ενεργή και προ-ενεργή λήψη

αποφάσεων. Η ενεργός λήψη αποφάσεων περιλαμβάνει μια υπεύθυνη επιλογή που πρέπει να ληφθεί, ενώ η προ-ενεργή λήψη απόφασης είναι η εξάσκηση στη λήψη των αποφάσεων, όπως γίνεται και ‘σε μια άσκηση για το τι θα κάνουμε σε περίπτωση πυρκαγιάς’.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥ ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΑ

Μερικά από τα χαρακτηριστικά ενός ‘καλού’ αποφασίζοντα είναι:

- Να διαθέτει υψηλή ανοχή όσον αφορά την ασάφεια.
- Να διαθέτει μια καλά-διαταγμένη αίσθηση των προτεραιοτήτων.
- Να είναι καλός ακροατής.
- Να δημιουργεί συναίνεση όσον αφορά μια απόφαση.
- Να αποφεύγει τα στερεότυπα.
- Να είναι ελαστικός με τις ανατροφοδοτήσεις.
- Να είναι άνετος με κάθε νέα ‘είσοδο’.
- Να είναι ρεαλιστικός για το κόστος και τη δυσκολία.

ΚΑΛΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΕΝΑΝΤΙ ΚΑΛΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Οι καλές αποφάσεις δεν οδηγούν πάντα σε καλά αποτελέσματα-εκβάσεις. Εάν προβλέπεται ηλιόλουστος καιρός τότε μπορεί (ορθώς) να αποφασιστεί από κάποιον να αφήσει την ομπρέλα του στο σπίτι. Εάν αρχίσει να βρέχει απροσδόκητα τότε μπορεί να βραχεί (γεγονός που αποτελεί κακό αποτέλεσμα-έκβαση), αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι πάρθηκε μια κακή απόφαση.

Χρησιμοποιώντας μια δομημένη, προσέγγιση μοντελοποίησης της λήψη απόφασης βοηθά να παίρνουμε καλές αποφάσεις, θα παίρνουμε καλά αποτελέσματα πιο συχνά από ότι αν παίρναμε αποφάσεις με πιο τυχαίο τρόπο. Αυτή η διαδικασία μοντελοποίησης μπορεί να μας βοηθά να παίρνουμε καλές αποφάσεις αλλά δεν μπορεί να μας εγγυηθεί ότι θα έχουμε και καλά αποτελέσματα-εκβάσεις

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Οι αποφάσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (Ματσατσίνης 2007):

- Αποφάσεις υπό βεβαιότητα,
- Αποφάσεις υπό αβεβαιότητα, και
- Αποφάσεις κάτω από κίνδυνο.

Μία απόφαση λέγεται ότι είναι *κάτω από βεβαιότητα* όταν ο αποφασίζων γνωρίζει το αποτέλεσμα εάν μία συγκεκριμένη εναλλακτική επιλεγεί (Ματσατσίνης 2007). Η περίπτωση της αβεβαιότητας δεν περιέχει τόση γνώση. Η διάκριση είναι περισσότερο ακριβής ως μία συνεχής σειρά παρά ως μία διχοτόμηση. Στην περίπτωση του κινδύνου υπάρχει τόση διαθέσιμη γνώση ώστε να μπορεί να χειριστεί με όρους πιθανοτήτων.

Χωρίς αμφιβολία το αποτέλεσμα υπάρχει στο μυαλό του αποφασίζοντα αν οποιαδήποτε διαθέσιμη εναλλακτική επιλεγεί. Μία ενέργεια από τον αποφασίζοντα προκαλεί ένα συγκεκριμένο γνωστό αποτέλεσμα. Μία τέτοια τέλεια γνώση φαινομενικά θα απομάκρυνε τις δυσκολίες στη λήψη των αποφάσεων. Ο αποφασίζων απλά πρέπει να υπολογίσει για τις διαθέσιμες εναλλακτικές δράσης τα αποτελέσματα που αυτές θα φέρουν και κατόπιν να επιλέξει την καλύτερη. Ακόμα και τότε, που οι τέλει προβλέψεις είναι διαθέσιμες, παραμένουν σοβαρές δυσκολίες στην διαδικασία λήψης της απόφασης. Ακόμα και όταν έχουμε στη διάθεσή μας τέλεια πληροφόρηση και οι αποφάσεις λαμβάνονται υπό βεβαιότητα, παρουσιάζονται δυσκολίες σε μερικά προβλήματα λόγω του μεγάλου αριθμού των εναλλακτικών επιλογών που είναι διαθέσιμες.

Η δεύτερη κατηγορία στη λήψη αποφάσεων είναι αυτές που συμβαίνουν *υπό αβεβαιότητα*. Στη κατηγορία αυτή, για κάθε μία εναλλακτική επιλογή είναι πιθανά περισσότερα του ενός αποτελέσματα και οι πιθανότητές τους δεν είναι γνωστές. Οι αποφάσεις θα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην υποκειμενικότητα, στις ελλειπείς πληροφορίες και στις προσωπικές προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Ο βαθμός της αβεβαιότητας μπορεί να κυμαίνεται από τη μερική έως την πλήρη άγνοια. Και στις δύο κατηγορίες, κινδύνου και αβεβαιότητας, η επιστημονική λογική προσέγγιση προσπαθεί να κάνει την εξυπνότερη χρήση της διάσπαρτης πληροφορίας.

Η τρίτη κατηγορία αποτελείται από τις αποφάσεις που λαμβάνονται *κάτω από κίνδυνο*. Σε αυτή τη κατηγορία περισσότερα από ένα αποτελέσματα είναι πιθανά και η πιθανότητα για κάθε ένα αποτέλεσμα είναι γνωστή, εάν μία συγκεκριμένη εναλλακτική επιλεγεί. Ειδικοί εμπειρογνώμονες χρησιμοποιούν τεράστιους όγκους δεδομένων και υπολογιστές για να υπολογίσουν τις πιθανότητες, τις οποίες χρησιμοποιούν οι αποφασίζοντες για να επιτύχουν μερικούς αντικειμενικούς στόχους όπως είναι το μέγιστο προσδοκώμενο κέρδος ή η ελάχιστη προσδοκώμενη απώλεια. Οι δυσκολίες στη λήψη αποφάσεων υπό κίνδυνο σχετίζονται με την παρουσία περισσότερης από μιας έκβασης για μία μόνο εναλλακτική που επιλέγεται.

Οι δύο ακραίες περιπτώσεις λήψης αποφάσεων είναι η απόλυτη βεβαιότητα από τη μία πλευρά και η απόλυτη αβεβαιότητα από την άλλη. Καθώς κινούμαστε από τη μία πλευρά στην άλλη, θα πρέπει υποχρεωτικά να περάσουμε από κάποια ενδιάμεσα στάδια, στα οποία οι αποφάσεις λαμβάνονται κάτω από συνθήκες κινδύνου.

ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ένα βασικό πρόβλημα στους περισσότερους ανθρώπους, είναι η λήψη μιας σημαντικής απόφασης. Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν είναι είτε η αβεβαιότητα είτε η έλλειψη γνώσης καθώς και η συνέπεια των ενεργειών τους. Η συνάντηση αβεβαιότητας είναι ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο εμφανίζεται σε πολλές περιοχές της ανθρώπινης προσπάθειας.

Η λήψη αποφάσεων είναι αποτέλεσμα σύνθετων διαδικασιών, που έχουν σαν στόχο αρχικά μεν να μελετήσουν και να αναλύσουν διεξοδικά τις επιπτώσεις όλων των εναλλακτικών αποφάσεων στην συνέχεια δε να προχωρήσουν σε μια προσπάθεια σύνθεσης και σύγκλισης των απαιτήσεων όλων των εμπλεκομένων στη διαδικασία απόφασης μερών ώστε να καταλήξουν τελικά στην εύρεση της πλέον κοινά αποδεκτής λύσης.

Η λήψη αποφάσεων μπορεί να θεωρηθεί σαν μια δραστηριότητα όπου οι ειδικοί είναι δύσκολο να ελέγξουν. Κάθε πρόβλημα απόφασης θεωρείται ως μοναδικό και η διαίσθηση ή κρίση επαφίεται στην εμπειρία του καθενός που πρόκειται να λάβει μια απόφαση. Για να κατανοήσουμε λοιπόν το πρόβλημα το οποίο μας απασχολεί, είναι χρήσιμο να έχουμε μια συνολική εικόνα, μια θεμελιώδης αρχή της δομής του προβλήματος, ή ένα μοντέλο μέσω του οποίου γίνεται μια προσπάθεια να οργανωθούν οι ιδέες σχετικά με την λήψη αποφάσεων. Η χρήσιμη συνολική εικόνα

του προβλήματος ή το μοντέλο της λήψης απόφασης θεωρείται ως διαδικασία εκμάθησης (Felsen 1976).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Η διαδικασία λήψης μιας απόφασης αποτελείται (Felsen 1976), (Clemen 1996), (Halloway 1979) από τα εξής βήματα:

- 1. ανάλυση της διαδικασίας της απόφασης**, κάτι τέτοιο σημαίνει έλεγχος του περιβάλλοντος αναγνώριση των στόχων και των βασικών αρχών του προβλήματος κάνοντας χρήση της εμπειρίας και της διαθέσιμης πληροφορίας.
- 2. λαμβάνει και εφαρμόζει την απόφαση**
- 3. η εκμάθηση των αποτελεσμάτων της απόφασης** πως αυτή μπορεί να τροποποιηθεί και να εμπλουτιστεί η γνώση για μελλοντικές αποφάσεις. Καθώς και η αύξηση εμπειρίας.

Η παραπάνω διαδικασία απεικονίζει την λήψη αποφάσεων σαν μια δυναμική διαδικασία και θεωρείται σαν τον μηχανισμό κατά τον οποίο η εκμάθηση λαμβάνει χώρα.

Η λήψη αποφάσεων αποτελεί μια γνωστική διαδικασία κατά την οποία επιλέγονται μια σειρά από ενέργειες μεταξύ πολλαπλών εναλλακτικών. Κάθε διαδικασία λήψης αποφάσεων εισάγει μια τελική επιλογή. Αυτή μπορεί να αποτελεί μια δράση ή ακόμα και μια άποψη. Συνεπώς η λήψη αποφάσεων αποτελεί μια αιτιολογική διαδικασία η οποία μπορεί να είναι λογική ή μη και μπορεί να βασίζεται σε σαφείς υποθέσεις ή μη.

Παρακάτω υπάρχει μια πιο αναλυτική προσέγγιση (Harris 1998) του ορισμού της λήψης των αποφάσεων.

- 1. Η λήψη αποφάσεων είναι η μελέτη εξακρίβωσης και επιλογής εναλλακτικών οι οποίες βασίζονται σε αξίες και προτιμήσεις εκείνου που λαμβάνει τις αποφάσεις.** Το να ληφθεί μια απόφαση υπονοείται ότι υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές. Σε κάθε περίπτωση σκοπός δεν είναι μόνο να εξακριβώσουμε πόσες εναλλακτικές υπάρχουν, αλλά σημαντικό είναι να

επιλεγεί εκείνη η οποία ταιριάζει περισσότερο στους στόχους στις επιθυμίες στον τρόπο ζωής και στις αξίες που έχει θέσει ο καθένας.

- 2. Η λήψη αποφάσεων είναι η διαδικασία επαρκούς μείωσης της αβεβαιότητας και αμφιβολίας σχετικά με τις εναλλακτικές, οι οποίες έχουν ως σκοπό την λήψη μιας λογικής επιλογής μεταξύ αυτών (των εναλλακτικών).** Ο συγκεκριμένος ορισμός δίνει έμφαση στην πληροφορία η οποία συλλέγεται για την διαδικασία λήψης αποφάσεων. Είναι αξιοσημείωτο ότι η αβεβαιότητα μειώνεται περισσότερο από το να εξαλείφεται. Πολλές λίγες αποφάσεις λαμβάνονται με βεβαιότητα επειδή ολόκληρη γνώση για όλες τις εναλλακτικές είναι σπανίως πιθανή. Συνεπώς κάθε απόφαση περιλαμβάνει μια βέβαιη ποσότητα ρίσκου (κινδύνου).

Ένας κρίσιμος παράγοντας που οι περισσότεροι μελετητές παραμελούν είναι ότι η λήψη αποφάσεων είναι μια μη γραμμική, περιοδικά επαναλαμβανόμενη διαδικασία. Όπου οι περισσότερες αποφάσεις λαμβάνονται με μια διαδικασία πίσω μπρος ανάμεσα στην επιλογή των κριτηρίων και την εξακρίβωση των εναλλακτικών. Γενικά οι διαθέσιμες εναλλακτικές επηρεάζουν τα κριτήρια και ομοίως τα κριτήρια επηρεάζουν τις εναλλακτικές.

Κάθε απόφαση λαμβάνεται μέσα σε ένα περιβάλλον απόφασης το οποίο ορίζεται ως μια σειρά από πληροφορίες, εναλλακτικές, αξίες και προτιμήσεις, που είναι διαθέσιμες κατά τη διάρκεια της απόφασης. Μια ιδανική περιοχή απόφασης μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις πιθανές πληροφορίες και κάθε πιθανή εναλλακτική. Ωστόσο πληροφορίες και εναλλακτικές είναι περιορισμένες, επειδή ο χρόνος και η προσπάθεια να αποκτήσεις πληροφορία ή να εξακριβώσεις εναλλακτικές είναι περιορισμένος. Τέλος η κύρια πρόκληση της λήψης αποφάσεων είναι η αβεβαιότητα, και αυτό γιατί σχεδόν ποτέ δεν υπάρχουν όλες οι πληροφορίες που χρειάζονται για την λήψη μιας απόφασης, έτσι οι αποφάσεις περιλαμβάνουν μια αδιαφιλόνικητη ποσότητα ρίσκου (κινδύνου).

ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΕΣ - ΤΑΞΕΙΣ ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΩΝ

Σήμερα η τέχνη λήψης αποφάσεων (Ματσατσίνης 2006) έχει επεκταθεί από την διαισθητική στην επιστημονική λήψη αποφάσεων επιτυχημένοι διοικητές αντικαθιστούν τα προαισθήματα και τις προβλέψεις με την λογική ανάλυση των επιλογών συμπεριλαμβάνοντας την ποσοτικοποίηση των τελικών αποτελεσμάτων, τον υπολογισμό των πιθανοτήτων, τον προσεκτικό καθορισμό των στρατηγικών και την ανάλυση ευαισθησίας των αποφάσεων υπό το πρίσμα διαφόρων υποθέσεων. Η σύνθετη διαδικασία της λήψης αποφάσεων έχει τώρα διασπαστεί σε λιγότερο περίπλοκες υποκατηγορίες και χρησιμοποιείται μια διαδικασία για να υπολογίσει συστηματικά τους κατάλληλα καθορισμένους στόχους: συγκρίνοντας τις διαθέσιμες εναλλακτικές, υπολογίζοντας και εκτιμώντας πιθανότητες, κόστη, κέρδη και κίνδυνο.

Παρακάτω παρατίθενται τα είδη των αποφασιζόντων τα οποία λαμβάνουν μέρος στην διαδικασία λήψης μιας απόφασης.

ΑΤΟΜΟ

Το άτομο (Ματσατσίνης 2006) είναι μόνος στην λήψη αποφάσεων. Κάθε απόφαση βρίσκεται στα χέρια του.

ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΕΣ

Οι πολλαπλοί αποφασίζοντες (Ματσατσίνης 2006) είναι σαν μια δυναμική ένωση χρηστών οι οποίοι δρουν σαν ξεχωριστοί αποφασίζοντες στην λήψη μιας απόφασης ή στην ανεύρεση μιας λύσης σε ένα ιδιαίτερο πρόβλημα.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Η ομαδική λήψη αποφάσεων (Ματσατσίνης 2006) χαρακτηρίζεται από σχέσεις μεταξύ των μελών περισσότερο τυπική δομή όπου κάθε μέλος της ομάδας έχει ένα αντίστοιχο νόμιμο συμφέρον και ίση συμμετοχή στην διαμόρφωση της.

ΟΜΑΔΑ (TEAM)

Αυτή η τάξη αποφασιζόντων (Ματσατσίνης 2006) αποτελεί ένα συνδυασμό τάξεων από άτομα και ομάδες. Η υποστήριξη αποφάσεων μπορεί να προέρχεται από μερικά άτομα τα οποία είναι εξουσιοδοτημένα από τον υπεύθυνο λήψης της απόφασης για να συλλέγουν ή και να παίρνουν κάποιες σίγουρες αποφάσεις όσον αφορά ένα τμήμα των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων της απόφασης.

ORGANIZATION AND META-ORGANIZATION

Οι αποφασίζοντες σε επίπεδο οργάνωσης (Ματσατσίνης 2006) είναι εκείνοι που είναι επιφορτισμένοι με την ευθύνη να παίρνουν αποφάσεις εκ μέρους της επιχείρησης- οργάνωσης.

Αποφάσεις που λαμβάνονται και που αφορούν σύνολα επιχειρήσεων και οργανισμών σε εθνικό ή παγκόσμιο επίπεδο και που αφορούν την κοινωνική πρόνοια, την ποιότητα ζωής, τις κοινωνικές τάξεις κ.α., αφορούν το μετά-επιχειρησιακό επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται οι εφαρμογές και η μοντελοποίηση της λήψης αποφάσεων. Συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.2 θεωρίας παιγνίων και στην συνέχεια αναλύεται πιο διεξοδικά συγκεκριμένα στην 3.2.1 η αντιπροσώπευση παιγνίων και 3.2.2 οι τύποι παιγνίων. Στην 3.3 το μαθηματικό πλαίσιο για την λήψη αποφάσεων και στην 3.2.1 ο βασικός ορισμός του. Στην 3.2.3 αναφέρεται τι αποτελεί μεροληπτική παρατηρήσιμη διαδικασία αποφάσεων Markov και στην 3.2.3.1 ο ορισμός της.

3.2 ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Η θεωρία των παιγνίων (http://en.wikipedia.org/wiki/Game_theory) συχνά περιγράφεται ως ένας κλάδος των εφαρμοσμένων μαθηματικών και των οικονομικών ο οποίος μελετά καταστάσεις όπου πολλαπλοί χρήστες (παίκτες) λαμβάνουν αποφάσεις σε μια προσπάθεια να μεγιστοποιήσουν τα αποτελέσματα τους. Το θεμελιώδες χαρακτηριστικό είναι ότι αποτελεί ένα τυπικό μοντέλο το οποίο προσεγγίζει κοινωνικές καταστάσεις κατά τις οποίες οι χρήστες αλληλεπιδρούν με άλλους χρήστες. Η θεωρία των παιγνίων είναι επέκταση μιας απλούστερης προσέγγισης η οποία αναπτύχθηκε στα νεοκλασικά οικονομικά.

Το πεδίο της θεωρίας των παιγνίων έγινε γνωστό το 1944 με «την θεωρία των παιγνίων και την οικονομική συμπεριφορά» από τον John von Neumann και τον Oskar Morgenstern.

Η θεωρία των παιγνίων έπαιξε και συνεχίζει να παίζει σημαντικό ρόλο στις κοινωνικές επιστήμες και σήμερα χρησιμοποιείται σε διάφορα πεδία. Στις αρχές του 1970 η θεωρία των παιγνίων εφαρμόστηκε για την μελέτη συμπεριφοράς των ζώων, συμπεριλαμβανομένων της θεωρίας της εξέλιξης. Επίσης έχει πρόσφατα τραβήξει την προσοχή των επιστημόνων των υπολογιστών εξαιτίας της χρήσης της στην τεχνητή νοημοσύνη.

Αν και κατά την ανάλυση κάποιων θεωρητικών παιγνίων εμφανίζονται ομοιότητες με την θεωρία αποφάσεων, η θεωρία των παιγνίων μελετά την λήψη αποφάσεων μέσα σε ένα περιβάλλον όπου οι παίκτες (χρήστες) αλληλεπιδρούν. Με άλλα λόγια, η θεωρία των παιγνίων μελετά επιλογές της βέλτιστης συμπεριφοράς, όταν οι δαπάνες και τα οφέλη της κάθε ενέργειας βασίζονται στις επιλογές των άλλων ατόμων.

3.2.1 ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Τα παίγνια τα οποία μελετούνται (http://en.wikipedia.org/wiki/Game_theory) από την θεωρία των παιγνίων αποτελούν καλά ορισμένα μαθηματικά αντικείμενα. Ένα

παίγνιο αποτελείται από μια σειρά από παίκτες μια σειρά από κινήσεις (στρατηγικές), διαθέσιμες στον κάθε παίκτη. Υπάρχουν δυο τρόποι αντιπροσώπευσης των παιγνίων. Αυτοί είναι:

- **Τυπική φόρμα** : όταν ένα παίγνιο παρουσιάζεται σε τυπική φόρμα, τότε θεωρείται ως δεδομένο: ότι κάθε παίκτης λειτουργεί ακαριαία ή τουλάχιστον χωρίς να γνωρίζει τις ενέργειες του άλλου.
- **Εκτεταμένη φόρμα** : σε αυτήν την περίπτωση οι παίκτες έχουν την ίδια πληροφορία σχετικά με τις επιλογές του άλλου παίκτη.

3.2.2 ΤΥΠΟΙ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Στην παρούσα φάση παρουσιάζονται οι τύποι (http://en.wikipedia.org/wiki/Game_theory), (Turocy, Stengel,2001) των παιγνίων. Και αυτοί είναι οι εξής:

- **Συμμετρικοί και ασύμμετροι** : τα ασύμμετρα παίγνια είναι εκείνα για τα οποία δεν υπάρχουν όμοιες στρατηγικές και για τους δυο παίκτες. Ενώ αντιθέτως στα ασύμμετρα υπάρχουν όμοιες στρατηγικές και για τους δυο παίκτες.
- **Άθροισμα μηδέν και όχι άθροισμα μηδέν** : στα παίγνια τα οποία έχουν άθροισμα μηδέν όλοι οι παίκτες συμμετέχουν στο παιχνίδι και για κάθε συνδυασμό στρατηγικής έχουν άθροισμα μηδέν. Τα παίγνια τα οποία δεν έχουν άθροισμα μηδέν περιγράφουν μια κατάσταση κατά την οποία αλληλεπιδρούν τα μέλη όπου τα συνολικά κέρδη ή οι απώλειες είναι είτε λιγότερες είτε περισσότερες από μηδέν. Τα παίγνια τα οποία έχουν άθροισμα μηδέν λέγονται και αυστηρώς ανταγωνιστικά.
- **Ταυτόχρονα και διαδοχικά** : ταυτόχρονα είναι τα παίγνια όπου και οι δυο παίκτες μετακινούνται ταυτόχρονα ή αν δεν μετακινούνται ταυτόχρονα ο τελευταίος παίκτης έχει άγνοια σχετικά με τις ενέργειες του προηγούμενου παίκτη. Τα διαδοχικά παίγνια (ή δυναμικά παίγνια) είναι παίγνια όπου οι τελευταίοι παίκτες έχουν μερική γνώση σχετικά με τις προγενέστερες ενέργειες.

- **Τέλεια πληροφόρηση και ατελής πληροφόρηση** :ένα σημαντικό υποσύνολο των διαδοχικών παιχνιδιών αποτελείται από παιχνίδια της τέλει πληροφόρησης. Ένα παίγνιο είναι μια τέλεια πληροφόρηση αν όλοι οι παίκτες γνωρίζουν τις κινήσεις που χρειάζεται να κάνουν εκ των προτέρων. Συνεπώς μόνο παίγνια διαδοχικά μπορεί να γίνουν παιχνίδια τέλει πληροφόρησης, αφού σε ταυτόχρονα παίγνια κάθε παίκτης δεν γνωρίζει τις ενέργειες των άλλων. Τα περισσότερα παίγνια τα οποία μελετώνται στην θεωρία των παιγνίων είναι ατελής πληροφόρησης. Ωστόσο υπάρχουν παραδείγματα (Turocy, Stengel,2001) τέλει πληροφόρησης, αυτά είναι τα «ultimatum game» και «centipede game» καθώς επίσης και τα «chess», «go», «mancala» και «arimaa».
- **Απείρως μεγάλα παιχνίδια** : παιχνίδια τα οποία μελετώνται από οικονομολόγους και από πραγματικούς παίκτες παιχνιδιών, γενικά τερματίζονται μετά από συγκεκριμένο αριθμό κινήσεων. Οι κλασικοί όμως μαθηματικοί δεν περιορίζονται και θέτουν την θεωρητική μελέτη των παιχνιδιών, τα οποία διαρκούν για άπειρες πολλές κινήσεις, με τον νικητή να μην γνωρίζει αν όλες οι κινήσεις έχουν συμπληρωθεί.

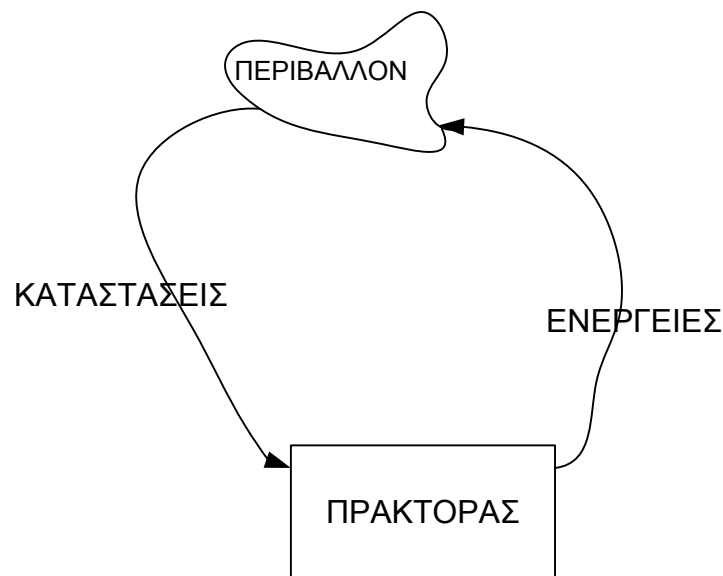
3.3 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Καθώς τα προβλήματα τα οποία συναντά ο λήπτης αποφάσεων γίνονται πιο πολύπλοκα και πιο σύνθετα υπάρχει ανάγκη για μοντελοποίηση της λήψης αποφάσεων σε καταστάσεις που ο λήπτης αποφάσεων μπορεί να τις ελέγξει καλύτερα.

Οι διαδικασίες απόφασης του **Markov (MDPs)**, παρέχουν ένα μαθηματικό πλαίσιο για την μοντελοποίηση της λήψης αποφάσεων (Littman 1996) σε καταστάσεις όπου ξεπερνούν εν μέρει την τυχειότητα και εν μέρει τον υπό έλεγχο λήπτη αποφάσεων. Επίσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την διαδοχική λήψη αποφάσεων που θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Οι **MDPs** είναι χρήσιμες για την

μελέτη μιας μεγάλης ποικιλίας προβλημάτων τα οποία βελτιστοποιούνται διαμέσου του δυναμικού προγραμματισμού και την ενίσχυση της μάθησης. Οι **MDPs**, είναι γνωστές τουλάχιστον από το 1950. Σήμερα οι διαδικασίες αυτές χρησιμοποιούνται σε μια πλατιά περιοχή συμπεριλαμβανομένου την ρομποτική, αυτόματο έλεγχο, οικονομικά και κατασκευές.

Ένα MDP είναι ένα μοντέλο (Littman 1996) όπου ο πράκτορας αλληλεπιδρά με το περιβάλλον. Το MDP πλαίσιο παρόλο που διαπραγματεύεται την αβεβαιότητα σχετικά στην επίδραση των ενεργειών του πράκτορα, συχνά παρουσιάζεται έλλειψη αβεβαιότητας σχετικά με την παρούσα κατάσταση του πράκτορα. Παρακάτω απεικονίζεται ένα MDP μοντέλο:



Εικόνα 1 ΕΝΑ MDP ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΙΖΕΙ ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΠΡΑΚΤΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (Littman 1996)

Οι **MDPs**, είναι διακριτού χρόνου, στοχαστικού ελέγχου διαδικασία η οποία χαρακτηρίζεται από μια σειρά από καταστάσεις. Κάθε κατάσταση έχει μερικές ενέργειες από τις οποίες ο λήπτης αποφάσεων χρειάζεται να επιλέξει. Για μια κατάσταση s και μια ενέργεια a , η συνάρτηση μετάβασης της κατάστασης $P_a(s)$ αποφασίζει την πιθανότητα μετάβασης στην επόμενη κατάσταση. Ο λήπτης αποφάσεων κερδίζει μια ανταμοιβή για κάθε κατάσταση που επισκέπτεται. Οι καταστάσεις μια διαδικασίας MDP, έχουν την σημασία της κατοχής του Markov.

Αυτό σημαίνει αν η τρέχων κατάσταση του MDP, σε χρόνο t είναι γνωστή οι μεταβάσεις σε μια νέα κατάσταση σε χρόνο $t + 1$, είναι ανεξάρτητες από όλες τις προηγούμενες καταστάσεις (Littman 1996).

3.3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ MDP

Μια διαδικασία απόφασης Markov (MDP), είναι ένα σύνολο (tuple) $(S, A, P(\cdot, \cdot), R(\cdot))$, όπου

- S , είναι η κατάσταση
- A , είναι η ενέργεια
- $P_a(s, s') = \Pr(s_{t+1} = s' \mid s_t = s, a_t = a)$, είναι η πιθανότητα όπου η ενέργεια a της κατάστασης s σε χρόνο t οδηγεί στην κατάσταση s' σε χρόνο $t + 1$,
- $R(s)$, είναι η άμεση ανταμοιβή (ή προσδοκώμενη άμεση ανταμοιβή) που λαμβάνεται μετά από μετά από μια μετάβαση στην κατάσταση s' , από την κατάσταση s με πιθανότητα μετάβασης $P_a(s, s')$.

Ο στόχος είναι η μεγιστοποίηση μερικών αθροιστικών συναρτήσεων ανταμοιβής. Τυπικά

$$\sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t R(s_t)$$

Όπου γ είναι μια αναλογία (discount rate) και ικανοποιεί $0 < \gamma \leq 1$. Αυτό το άθροισμα μεγιστοποιείται. Οι MDP είναι μια επέκταση των αλυσίδων του **Markov**. Η διαφορά είναι στις επιπρόσθετες ενέργειες (επιτρεπόμενες ενέργειες) και στις ανταμοιβές (στα δοσμένα κίνητρα). Εάν υπάρχει μόνο μια ενέργεια ή η ενέργεια παραμένει αμετάβλητη για κάθε κατάσταση.

Στα μαθηματικά μια αλυσίδα **Markov (Markov property)** είναι ενός διακριτού χρόνου στοχαστική διαδικασία με την ιδιοκτησία του **Markov**. Το να υπάρχει ιδιοκτησία του **Markov**, σημαίνει η παροχή της παρούσας κατάστασης, οι μελλοντικές καταστάσεις είναι ανεξάρτητες των πιο παλιών καταστάσεων. Με άλλα λόγια η περιγραφή της παρούσας κατάστασης αιχμαλωτίζει όλη την πληροφορία και μπορεί να επηρεάσει την μελλοντική εξέλιξη της διαδικασίας. Έτσι δίνοντας την παρούσα κατάσταση η μελλοντική είναι υποθετικά ανεξάρτητη της παρελθοντικής.

Σε κάθε στιγμή το σύστημα μπορεί να αλλάξει την κατάσταση του από την τρέχων κατάσταση σε μια άλλη, σε μια που απομένει ίδια κατάσταση σύμφωνα με την κατανομή της πιθανότητας. Οι αλλαγές της κατάστασης ονομάζονται μεταβάσεις και οι πιθανότητες σχετίζονται με ποικίλες αλλαγές στις καταστάσεις και ορίζονται πιθανότητες μεταβάσεων (Littman 1996).

3.3.2 ΜΕΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΣΗΜΕΙΩΤΗ MDP (Partially observable MDP POMDP)

Ένα POMDP είναι μια επέκταση της MDP. Η POMDP χρησιμοποιείται για την επιλογή ενεργειών λαμβάνοντας υπόψη ολόκληρο τον κόσμο, ή το δέντρο προσεγγισιμότητας δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμο (αξιοσημείωτο). Με άλλα λόγια δεν υπάρχει η δυνατότητα πάντα να είναι γνωστός ο κόσμος και τι ακριβώς συμβαίνει. Για παράδειγμα το σκάκι είναι ένα άμεσο παρατηρήσιμο παιχνίδι.

Η POMDP μπορεί να χρησιμοποιείται για την επίλυση απλών προβλημάτων σχεδιασμού μονοπατιών για κινητά ρομπότ (Littman 1996).

3.3.2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ POMDP

Ενός διακριτού χρόνου POMDP μοντελοποιεί την σχέση ανάμεσα στον πράκτορα και στο περιβάλλον του. Μια POMDP αποτελείται από ένα σύνολο (tuple) (S, A, O, P, R) , όπου

- S , είναι ένα σύνολο (set) από καταστάσεις
- A είναι ένα σύνολο (set) ενεργειών
- O είναι ένα σύνολο (set) παρατηρήσεων
- $R : A, S \rightarrow R$, είναι συνάρτηση ανταμοιβών (πληρωμών) (reward)
- $P(s, a, o, s') = \Pr(s_{t+1} = s', o_t = o | s_t = s, a_t = a)$
είναι η πιθανότητα όπου η ενέργεια a σε κατάσταση s σε χρόνο t θα δώσει παρατήρηση o και θα οδηγήσει σε κατάσταση s' σε χρόνο $t+1$.

Ο στόχος είναι η μεγιστοποίηση κάποιων αθροιστικών συναρτήσεων ανταμοιβής (Littman 1996).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΚΙΝΔΥΝΟ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθούν οι έννοιες της αβεβαιότητας και του κινδύνου. Συγκεκριμένα στην παράγραφο 4.2 δίνονται οι βασικοί ορισμοί της αβεβαιότητας και του κινδύνου καθώς και της μέτρησης της αβεβαιότητας και του κινδύνου. Στην συνέχεια στην 4.3 γίνεται μια σύντομη ταξινόμηση της αβεβαιότητας και του κινδύνου. Στην παράγραφο 4.4 δίνεται η έννοια της ανάλυσης κινδύνου. Στην 4.5 δίνεται η διαδικασία λήψης μιας απόφασης υπό κίνδυνο. Τέλος στην 4.6 δίνονται οι φάσεις κινδύνου.

4.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Αν και οι όροι χρησιμοποιούνται με ποικίλους τρόπους (<http://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty>) (Holloway 1979) πολλοί ειδικοί στην θεωρία απόφασης και στην στατιστική και σε άλλα πεδία έχουν ορίσει την αβεβαιότητα και τον κίνδυνο πολύ ιδιαίτερα. Ο Hubbard όρισε την αβεβαιότητα και τον κίνδυνο ως εξής:

1. **αβεβαιότητα:** η έλλειψη βεβαιότητας, μια κατάσταση κατά την οποία υπάρχει περιορισμένη γνώση, όπου είναι απίθανο να γίνει ακριβής περιγραφή μιας υπάρχουσας κατάστασης ή ενός μελλοντικού αποτελέσματος περισσότερο από ένα πιθανό αποτέλεσμα.
2. **Μέτρηση της αβεβαιότητας:** μια σειρά από πιθανές καταστάσεις ή αποτελέσματα όπου οι πιθανότητες ορίζονται σε κάθε πιθανή κατάσταση ή αποτέλεσμα αυτό επίσης συμπεριλαμβάνει την εφαρμογή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας σε συνεχή μεταβλητές.
3. **κίνδυνος :** μια κατάσταση αβεβαιότητας όπου μερικά πιθανά αποτελέσματα έχουν μη επιθυμητή επίδραση (έκβαση) ή σημαντική αποτυχία.
4. **Μέτρηση κινδύνου:** μια σειρά από μετρημένες αβεβαιότητα όπου μερικά πιθανά αποτελέσματα έχουν χαθεί. Επίσης συμπεριλαμβάνει χαμένες

συναρτήσεις υπό συνεχής μεταβλητές. Η αναμενόμενη απώλεια είναι γνωστή ως κίνδυνος και δίνεται

ως

$$\Lambda = \int_{-\infty}^{\infty} \lambda(x) f(x) dx$$

όπου

- $\lambda(x)$ = η συνάρτηση απώλειας
- x = μια συνεχής τυχαία μεταβλητή
- $f(x)$ = η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας

Για παράδειγμα, εάν δεν γνωρίζουμε αν θα βρέξει αύριο, τότε έχουμε αβεβαιότητα στο τι θα συμβεί. Τότε υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοστούν πιθανότητες με πιθανά αποτελέσματα για την πρόβλεψη του καιρού, έτσι γίνεται ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας. Αν ποσοτικοποιηθεί η αβεβαιότητα κατά 90% για να έχουμε λιακάδα. Αν λοιπόν κάποιος λοιπόν σχεδιάσει μια εκδήλωση σε εξωτερικό χώρο την επόμενη μέρα, τότε υπάρχει κίνδυνος άρα υπάρχει 10% πιθανότητα να βρέξει κάτι που δεν είναι επιθυμητό.

Κάποιοι αναπαριστούν τον κίνδυνο σαν προσδοκώμενη ευκαιρία για αποτυχία (expected opportunity loss, EOL). Για παράδειγμα μια ασφαλιστική εταιρεία, μπορεί να υπολογίσει EOL σαν ελάχιστη ασφαλιστική κάλυψη, τότε προστίθενται τα λειτουργικά κόστη και τα οφέλη. Αφού πολλοί άνθρωποι έχουν την θέληση να αγοράσουν ασφάλεια για πολλούς λόγους τότε είναι σαφές ότι EOL δεν είναι η διατηρούμενη αξία για αποφυγή του κινδύνου.

4.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Τα οικονομικά είναι μια καλά οργανωμένη ιστορία (Rodger, Petch 1999) της λήψης αποφάσεων υπό κίνδυνο και αβεβαιότητα. Αυτά υιοθετούν δυο τρόπων ταξινόμηση η οποία μπορεί να περιέχεται στον ακόλουθο πίνακα:

1. ΣΤΑΤΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΚΙΝΔΥΝΟ	2. ΣΤΑΤΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ
3. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΚΙΝΔΥΝΟ	4. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

Εικόνα 2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (Rodger, Petch 1999)

αυτές οι δυο διακρίσεις χρησιμοποιούνται στα οικονομικά ως (α) κίνδυνος εναντίον αβεβαιότητα (β) στατικός εναντίον δυναμικός

αυτά δίνουν τέσσερεις κατατάξεις στον παραπάνω πίνακα.

Η πρώτη κατηγορία «στατική λήψη αποφάσεων υπό κίνδυνο» έχει τεράστιο ενδιαφέρον και όσον αφορά την θεωρία και όσον αφορά την πειραματική μελέτη.

Η δεύτερη κατηγορία «στατική λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα» είναι λιγότερο αναπτυγμένη, αλλά υπάρχει περισσότερη θεωρητική δουλειά και πιο μέτρια πειραματική δουλειά.

Η Τρίτη κατηγορία «δυναμική λήψη αποφάσεων υπό κίνδυνο» όπου λαμβάνει αυξημένη θεωρητική προσοχή και επίσης πολλοί πειραματιστές δουλεύουν σε αυτό το πεδίο.

Η Τρίτη κατηγορία είναι η «δυναμική λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα», η οποία είναι πραγματικά ανεξερεύνητη και από τους θεωρητικούς και από τους πειραματιστές.

Η οικονομική θεωρία της «στατική λήψη αποφάσεων υπό κίνδυνο» είναι καλά αναπτυγμένη. Ουσιαστικά έχει αρκετές εφαρμογές στην περιοχή των ασφαλιστικών εταιριών. Και βασίζεται στην προσδοκώμενη θεωρία χρησιμότητας. Ως θεωρία την ατομική λήψη αποφάσεων και ο συνήθης πειραματικός τρόπος για έλεγχο της προσδοκώμενης θεωρίας χρησιμότητας είναι ο έλεγχος των αξιωμάτων της θεωρίας. Ο έλεγχος του ανεξάρτητου αξιώματος της προσδοκώμενης θεωρίας χρησιμότητας, η οποία θέτει μια προοπτική κινδύνου A που είναι προτιμότερο από άλλη προοπτική κινδύνου B αν και μόνο αν η ανάμειξη $[A, C; p]$ είναι προτιμότερη από την ανάμειξη $[B, C; p]$ για όλα τα p και C , μπορεί εύκολα να ελεγχθεί από μια επιλογή ανάμεσα στα A και B και τότε προσφέρεται μια επιλογή ανάμεσα $[A, C; p]$ και $[B, C; p]$. έτσι με

κατάλληλο μηχανισμό μπορεί να γίνει έλεγχος αν η επιλογή είναι συμβατή με το αξίωμα.

«Δυναμική λήψη αποφάσεων υπό κίνδυνο»: Σε αυτό το πεδίο υπάρχει λογική ποσότητα θεωρητικής δουλειάς και μέτρια ποσότητα πειραματικής δουλειάς. Ενώ οι θεωρητικοί έχουν κάνει μερική δουλειά σε αυτή την περιοχή οι οικονομολόγοι είναι περισσότερο αδιάφοροι με τον τρόπο που οι δυναμικές αποφάσεις υπό κίνδυνο εφαρμόζονται

4.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Η ανάλυση κινδύνου είναι η διαδικασία της εξέτασης ενός συστήματος και ενός λειτουργικού περιβάλλοντος με σκοπό να αποφασιστούν πιθανές επικρίσεις ή βλάβες που μπορούν να προκληθούν. Ο κίνδυνος (Rodger, Petch 1999) λοιπόν είναι η πιθανότητα όπου συγκεκριμένη απειλή αξιοποιεί επιτυχώς την πρόκληση απώλειας. Για τον υπολογισμό της ανάλυση κινδύνου δίνεται :

Κίνδυνος = απώλεια X πιθανότητα

Παράδειγμα κινδύνου το οποίο συχνά συναντάται είναι η βλάβη του σκληρού δίσκου ή ακόμη και ένας ιός που επιτίθεται στο σύστημα.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΚΙΝΔΥΝΟ

Ο κίνδυνος υπονοεί ένα βαθμό αβεβαιότητας και μια ανικανότητα για πλήρη έλεγχο των αποτελεσμάτων ή των συνεπειών των ενεργειών. Ο κίνδυνος (Rodger, Petch 1999) ή εξάλειψη του κινδύνου είναι μια προσπάθεια όπου οι διαχειριστές εφαρμόζουν. Ωστόσο σε μερικές περιπτώσεις η εξάλειψη του κινδύνου, ίσως αυξήσει μερικούς άλλους κινδύνους. Ο αποτελεσματικός χειρισμός του κινδύνου απαιτεί τον καθορισμό και της επακόλουθη επίδραση στην διαδικασία απόφασης. Η διαδικασία απόφασης επιτρέπει στο λήπτη αποφάσεων με σκοπό να εκτιμήσει εναλλακτικές στρατηγικές προγενέστερες με σκοπό την λήψη απόφασης. Η διαδικασία είναι ως ακόλουθη:

1. το πρόβλημα είναι καθορισμένο και όλες οι εφικτές εναλλακτικές θεωρούνται. Τα πιθανά αποτελέσματα για κάθε εναλλακτική εκτιμούνται.

2. τα αποτελέσματα συζητούνται και βασίζονται στις νομισματικές πληρωμές ή κέρδη που αποκτιέται σε αντιστοιχία με το κεφάλαιο και τον διαθέσιμο χρόνο.
3. ποικίλες αβεβαιότητες έχουν ποσοτικοποιηθεί με τον όρο πιθανότητες.
4. η ποιότητα της βέλτιστης στρατηγικής βασίζεται στην ποιότητα των κρίσεων. Ο λήπτης αποφάσεων χρειάζεται να εξακριβώσει και να εξετάσει την ευαισθησία της βέλτιστης στρατηγικής με την εκτίμηση των κρίσιμων συντελεστών.

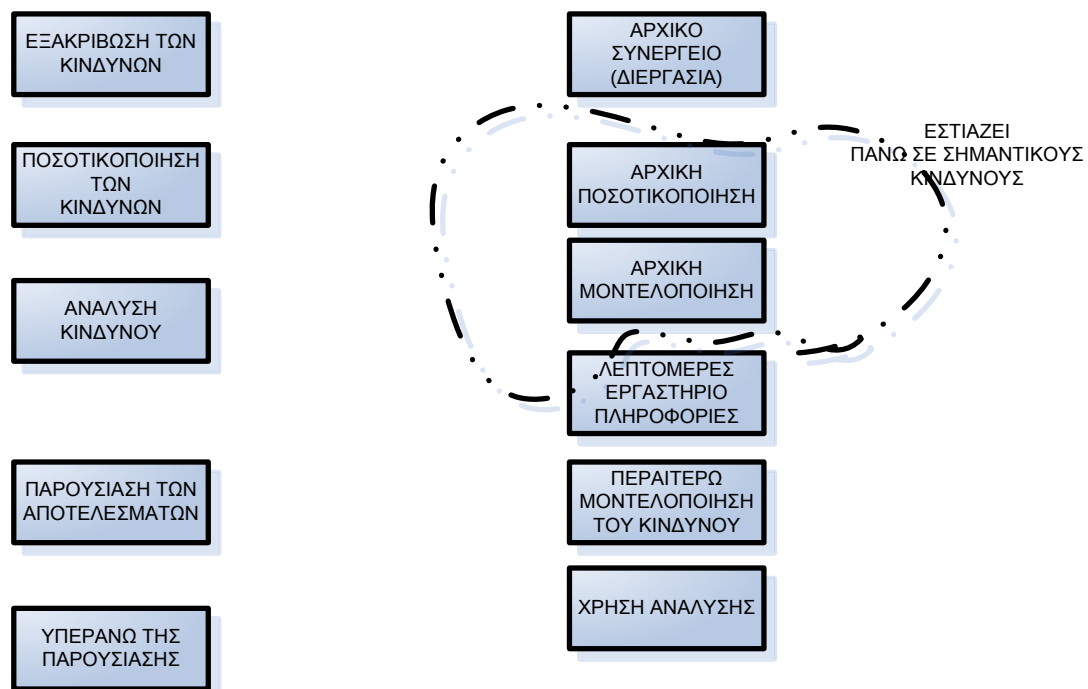
Κάθε φορά που ο λήπτης αποφάσεων έχει γνώση όσον αφορά την κατάσταση του προβλήματος, αυτός έχει την ικανότητα να διαβεβαιώσει την ουσιώδη πιθανότητα εκτιμώντας την ύπαρξη κάθε κατάστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις το πρόβλημα διευκρινίζεται ως λήψη αποφάσεων υπό κίνδυνο. Η διαδικασία της λήψης αποφάσεων υπό κίνδυνο είναι η ακόλουθη:

1. γίνεται η χρήση της πληροφορίας που καθορίζει τις απόψεις (ιδέες) (ονομάζεται ουσιώδη πιθανότητα) θεωρώντας κάθε κατάσταση του προβλήματος, $p(s)$
2. κάθε ενέργεια έχει μια πληρωμή σχετίζεται με κάθε κατάσταση, $X(a,s)$
3. ο υπολογισμός της προσδοκώμενης πληρωμής, επίσης ονομάζεται η επιστροφή (R) για κάθε ενέργεια $R(a) = \text{Sums of } [X(a,s) p(s)]$
4. γίνεται αποδοχή της αρχής που χρειάζεται να ελαχιστοποιηθεί (ή μεγιστοποιηθεί) η προσδοκώμενη πληρωμή
5. εκτέλεση της ενέργειας η οποία ελαχιστοποιείται (ή μεγιστοποιείται) $R(a)$

ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα που εμφανίζει τις διάφορες φάσεις (Rodger, Petch 1999) την ανάλυσης κινδύνου.

ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ



Εικόνα 3 ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (Rodger, Petch 1999)

Η **εξακρίβωση των κινδύνων**, περιγράφει τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται με σκοπό την απόκτηση πιθανών κινδύνων, και πώς να αποφασιστεί ποιοι κίνδυνοι είναι κατάλληλη για μοντελοποίηση του προβλήματος.

Ποσοτικοποίηση των κινδύνων, στην φάση αυτή φαίνεται το θέμα που προκύπτει όταν γίνεται μια προσπάθεια να ποσοτικοποιηθούν οι κίνδυνοι, όπως τι τύπου κατανομές είναι κατάλληλες για την υπάρχουσα διαδικασία.

Η **ανάλυση κινδύνου** είναι αφοσιωμένη στο πως η προσομοίωση Monte Carlo επηρεάζει ένα ενδεικτικό μοντέλο, από την επίδραση πάνω στο σχεδιασμένο μοντέλο με σκοπό την παραγωγή αποτελεσμάτων.

Η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων** περιγράφει τους διάφορους τρόπους που παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αβεβαιότητας και της ανάλυσης κινδύνου, γραφικά και μεταφράζοντας τα αποτελέσματα για περισσότερη κατανόηση.

Υπεράνω από την παρουσίαση φανερώνει πως να ληφθούν τα αποτελέσματα από το μοντέλο και διασταυρώνονται με το περιεχόμενο της επιχειρησιακής λήψης αποφάσεων.

4.6.1 ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Γενικά συστήνεται η αριθμητική ποσοτικοποίηση (Rodger, Petch 1999) των κινδύνων δεν πραγματοποιείται την ίδια στιγμή με την εξακρίβωση – αναγνώριση των κινδύνων, επειδή η ποσοτικοποίηση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και η μέριμνα πρέπει να ληφθεί από ειδικούς μετά από πολύ σκέψη. Όμως υπάρχει κίνδυνος η ομάδα να απλοποιήσει την επεξεργασία και να υποεκτιμήσει το επίπεδο του κινδύνου. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί αν η ποσοτικοποίηση συμβεί χωρίς επαρκή προετοιμασία και φροντίδα από την αρχή της επεξεργασίας. Η εξακρίβωση των κινδύνων είναι επιρρεπής σε αυτά τα προβλήματα.

Έτσι αρχικά θα πρέπει να δημιουργηθεί μια κατάλληλη λίστα (κατάλογος) από τυπικούς κινδύνους που πρόκειται να αντιμετωπίσουμε για την επίλυση του προβλήματος μας.

Το αποτέλεσμα από την φάση αναγνώρισης του κινδύνου είναι η καταγραφή του κινδύνου. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες μορφές κινδύνων που μπορεί να συναντήσουμε.

- Γενικός κίνδυνος (generic risk): γενικός χαρακτηρισμός κινδύνου
- Συγκεκριμένος κίνδυνος (specific risk): συγκεκριμένος χαρακτηρισμός του κινδύνου
- Ποιοτική περιγραφή του κινδύνου (qualitative description of risk) : μια σύντομη περιγραφή ή ένα σενάριο
- Προσδιορισμός της επίδρασης του κινδύνου (assessment of the impact of the risk) : είναι μια ουσιαστική αποτίμηση του πόσο ευαίσθητα είναι τα αποτελέσματα σε ένα συγκεκριμένο κίνδυνο, χαρακτηρίζοντας τον αυτό ως υψηλό (H), μεσαίο (M), χαμηλό(L).
- Προσδιορισμός της πιθανότητας του κινδύνου (assessment of the probability risk) : είναι μια ουσιαστική επισήμανση για το πόσο πιθανό είναι ο κίνδυνος να μας απασχολήσει και χαρακτηρίζεται ως υψηλό (H), μεσαίο (M), χαμηλό(L).

Υπάρχουν αρκετά θέματα τα οποία γεννιούνται στο μυαλό μας κατά την διάρκεια της ποσοτικοποίησης της διαδικασίας.

- Η φύση των τιμών
- Οι κίνδυνοι των μετρήσιμων κινδύνων
- Ο κίνδυνος έλλειψης σημαντικών κινδύνων

- Ο συνυπολογισμός ή όχι σπάνιων γεγονότων

Μια τιμή στο περιεχόμενο της ανάλυσης κινδύνου σημαίνει τυποποίηση της αβεβαιότητας σε μια ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί ή να εκτιμηθεί. Όλες οι άγνωστες τιμές χρειάζεται να εκτιμηθούν με πιθανοθεωρητικό τρόπο.

Υπάρχουν δυο τύποι τιμών γνωστές ως τιμές απόφασης και αξία παραμέτρων.

- **Τιμές απόφασης:** όπου ο λήπτης αποφάσεων ασκεί άμεσα τον έλεγχο, για παράδειγμα εάν θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα νέο εργοστάσιο στην Ινδία ή Μαλαισία. Αν και ο λήπτης αποφάσεων είναι αβέβαιος σχετικά με την κατάλληλη τοποθεσία, δεν είναι χρήσιμο να επιτευχθεί η ανάλυση κινδύνου με τις τιμές απόφασης να συμπεριλαμβάνουν μέρος αβεβαιότητας.
- **Αξία παραμέτρων:** αναπαριστά την άποψη των προτιμήσεων του λήπτη αποφάσεων.

Και οι τιμές απόφασης και η αξία των παραμέτρων ποικίλουν στην ανάλυση κινδύνου και παραμετρικά. Η ανάλυση ποικίλει για ποικίλες συγκεκριμένες τιμές των τιμών απόφασης και της αξίας παραμέτρων.

Ένα κοινό λάθος της αβεβαιότητας και της ανάλυσης κινδύνου είναι η μέτρηση των κινδύνων.

Ο κίνδυνος λοιπόν μπορεί να είναι:

- Μη επαρκής πηγές έχουν προϋπολογιστεί και απαιτούνται. Γι αυτό το λόγο το κόστος αυξάνεται και υπάρχουν λίγες δυσκολίες στις εφαρμογές
- Οι πηγές κρατούν το επίπεδο του προϋπολογισμού , και οι δυσκολίες στην εκτέλεση διορθώνονται

Μια σημαντική δυσκολία στην αβεβαιότητα και στην ανάλυση κινδύνου είναι ότι ο κίνδυνος απλά χάνεται. Αυτό μπορεί να είναι περισσότερο πρόβλημα όταν η καταγραφή του γενικού κινδύνου χρησιμοποιείται, αυτό μπορεί να κάνει την αίσθηση και την σκέψη της ομάδας περιορισμένη.

Η μεταχείριση πολύ σπάνιων και καταστροφικών κινδύνων χρειάζονται να εξετάζονται πολύ προσεκτικά. Σπάνια γεγονότα μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση σε ολόκληρο το κίνδυνο, και επίσης συμπεριλαμβανομένη χρησιμότητα θα πρέπει πάντα να την λαμβάνουμε υπόψη.

4.6.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΙΑ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Μια κατανομή περιγράφει την πιθανότητα όπου η τιμή έχει αξία (Rodger, Petch 1999) ή συμβαίνει μέσα σε δοσμένη κλίμακα.

Υπάρχουν τρεις τρόποι για τον χαρακτηρισμό των κατανομών κινδύνου:

- **Συνεχής- διακριτή:** επίπεδο προφίλ κατά το οποίο κάποιες τιμές μέσα σε όρια μπορεί να πραγματοποιηθούν, περιγράφονται σαν συνεχής. Ενώ εάν η τιμή μπορεί μόνο να αναπαραστήσει διακριτά αντικείμενα όπως αποθήκες δεδομένων, χρησιμοποιείται η διακριτή κατανομή.
- **Βέβαιη/ αβέβαιη:** οι αβέβαιες κατανομές εκτείνονται από τον πλην άπειρο ως τι συν άπειρο, για παράδειγμα η κανονική κατανομή. Ενώ οι βέβαιες κατανομές λαμβάνουν συγκεκριμένες κατανομές.
- **Παραμετρική/μη παραμετρική :** η παραμετρική κατανομή έχει αντληθεί θεωρητικά, ένα παράδειγμα είναι η εκθετική. Μη παραμετρικές είναι εκείνες οι οποίες έχουν δημιουργηθεί τεχνητά για παράδειγμα τριγωνική κατανομή (triangular).

4.6.2.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ

Μερικοί κίνδυνοι είναι συσχετισμένοι όπου η κατάσταση των τιμών δίνει πληροφορία σχετικά την πιθανότητα να συμβεί κάτι. Ένα συχνό λάθος στην αβεβαιότητα και στην ανάλυση κινδύνου είναι η αδιαφορία της συσχέτισης ανάμεσα στους κινδύνους. Η συσχέτιση (Rodger, Petch 1999) μπορεί να είναι ένα αποτέλεσμα που επηρεάζεται από άλλο.

Η συσχέτιση είναι από τα δύσκολα θέματα της ποσοτικοποίησης του κινδύνου. Ο κίνδυνος ποσοτικοποιείται διαμέσου του συντελεστή συσχέτισης r ο οποίος μπορεί να ποικίλει από -1 και $+1$. που υποδεικνύει το επίπεδο της συσχέτισης. Τρεις σημαντικές τιμές του r στην κλίμακα $-1, +1$ υπάρχουν:

- $r = +1$, δείχνει ότι δυο τιμές είναι τέλεια θετικά συσχετισμένες , με άλλα λόγια οι δυο μεταβλητές πάντα μετακινούνται μαζί και ευθύγραμμα.
- $r = 0$, οι δυο μεταβλητές είναι ολοκληρωτικά ανεξάρτητες (κανένα συσχετισμό)

- $r=-1$, αναπαριστά τέλεια αρνητική συσχέτιση, όπου οι δυο μεταβλητές μετακινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις.

Μια σημαντική τεχνική για περισσότερα ακριβή ποσοτικοποίηση του κινδύνου είναι γνωστή ως διαχωρισμός. Κάτι τέτοιο σημαίνει διαχωρισμός του κινδύνου σε λογικά συστατικά. Έτσι έχουμε το πλεονέκτημα το να γίνει το αποτέλεσμα λιγότερο εξαρτημένο από την εκτίμηση του κριτικού συστατικού. Στην πρωταρχική ανάλυση κινδύνου το συνολικό επίπεδο του κινδύνου βρίσκεται να είναι εξαρτημένο από ένα ή δυο στοιχεία κινδύνου, όπου πιθανά αυτά χρειάζεται να χωριστούν σε συστατικά.

Η συνολική διακύμανση στο τετράγωνο είναι :

$$\sigma^2_{\text{Total}} = \sigma^2_1 + \sigma^2_2$$

υπάρχει δυσκολία στον διαχωρισμό όταν ο κίνδυνος συνδυάζει το μέγεθος του συνολικού κινδύνου που μπορεί να είναι διαφορετικός από το αυθεντικό κίνδυνο που έχει διαχωριστεί.

4.6.2.2 ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Συχνά είναι καλό να ποσοτικοποιούμε (Rodger, Petch 1999) κινδύνους από εμπειρικά δεδομένα , ωστόσο συχνά αυτά τα δεδομένα είναι λίγα και η άποψη του ειδικού είναι πάντα διαθέσιμη. Παρακάτω παρουσιάζεται η ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας και του κινδύνου από τους ειδικούς. Έτσι θα μελετηθούν τα παρακάτω:

- η απροθυμία των ειδικών να παρέχουν μια κατανομή
- συντελεστές οι οποίοι διαστρεβλώνουν την άποψη των ειδικών
- η δυναμική της ομάδας στην ποσοτικοποίηση του κινδύνου

οι ειδικοί είναι συχνά απρόθυμοι στο να παρέχουν κατανομές επειδή πιστεύουν ότι είναι πιο δύσκολο και περίπλοκο από την κανονική προσέγγιση και εκτίμηση όπου αποφασίζουν ένα μοναδικό σημείο για κάθε είσοδο. Είναι γεγονός ότι η παροχή κατανομής για μία είσοδο αντί για μια τιμή, δεν απαιτεί μεγάλη γνώση της τιμής, τότε ένα μοναδικό σημείο εκτιμάται. Αυτό ακριβώς δίνει την δυνατότητα στον ειδικό να εκφράσει ακριβώς την έλλειψη γνώσης. Έτσι είναι χρήσιμο να γνωρίσουμε όταν ζητείται στον ειδικό να ποσοτικοποιήσει αβεβαιότητα αν το αποτέλεσμα είναι πραγματικά αβέβαιο ή αν η αβεβαιότητα προκαλείται από έλλειψη γνώσης.

Μερικές επιπρόσθετες προτάσεις για την βοήθεια των ειδικών για την διαδικασία ποσοτικοποίησης δίνεται ως εξής:

- η εκτίμηση της κατανομής δεν απαιτεί γνώση της πιθανοθεωρητικής θεωρίας.
- Αποτελεί ευκαιρία η επανάληψη της εκτίμησης για μετέπειτα στάδια.

Τέλος υπάρχουν κάποιοι συντελεστές που διαστρεβλώνουν την άποψη των ειδικών

- **«Αγκυροβόλημα» (anchoring):** οι περισσότεροι άνθρωποι αρχίζουν με μια αρχική εκτίμηση και αυτή προσαρμόζεται και χρησιμοποιείται σαν βάση για την εκτίμηση των μέγιστων ή ελάχιστων σημείων της κατανομής. Η κίνηση από το αρχικό σημείο έχει την τάση να είναι μη επαρκής και η κατανομή πιο περιορισμένη
- **Γλωσσική ανακρίβεια:** η ποσότητα υπό συζήτηση που δεν είναι καλά ορισμένη οδηγεί σε μπερδέματα και ανακρίβειες.
- **Η τάση του να καθοδηγεί:** ο αναλυτής του κινδύνου υπονοεί την κατανόηση και την δόμηση του κινδύνου από τους ειδικούς.

Για να επιτευχθεί η ποσοτικοποίηση του κινδύνου μεγάλο ρόλο παίζει και η δυναμική της ομάδας. Έτσι θα πρέπει να κυριαρχεί:

- **Συμφωνία** όταν η ομάδα προσπαθεί να εκτιμήσει τους κινδύνους, τα άτομα έχουν την τάση να αποκτούν αδικαιολόγητη σιγουριά από κάθε άλλη εκτίμηση και καταφέρνουν να δώσουν μια λεπτομερή ποικιλία εκτιμήσεων
- **Κλίση** οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν την τάση για μια συγκεκριμένη κατεύθυνση αλλά με έναν κυρίαρχο άνθρωπο που έχει την τάση να συγκλίνει.
- **Προσωπικότητα** το συνηθισμένο θέμα για τις δυνατές κυρίαρχες φωνές είναι ότι καλύπτουν τις πιο ήσυχες που δεν ακούγονται.

4.6.3 ΜΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η ανάλυση κινδύνου (Rodger, Petch 1999) είναι η ακόλουθη:

- Εισαγωγή της ανάλυσης Monte Carlo
- Εξακρίβωση των σημαντικών κινδύνων
- Παράδειγμα για την εξακρίβωση των σημαντικών κινδύνων

Η προσομοίωση Monte Carlo είναι μια τεχνική που παίρνει τις κατανομές που έχουν συγκεκριμένες εισόδους και τις χρησιμοποιεί για να παράγει μια κατανομή με αποτελέσματα του ενδιαφέροντός τους. Κάτι τέτοιο γίνεται με την εκτέλεση διαμέσου αλληλουχίας ενεργειών

Για κάθε είσοδο η κατανομή γίνεται δείγμα επαναυπολογίζεται το μοντέλο με τις εισόδους του δείγματος και αποθηκεύονται τα αποτελέσματα

Σε κάθε επανάληψη για κάθε είσοδο ο προσομοιωτής Monte Carlo επιλέγει μια τιμή τυχαία από την σχετική κατανομή. Για μεγάλο αριθμό επαναλήψεων η κατανομή επιλέγει τιμές που αντανακλούν στην είσοδο της κατανομής.

Η Monte Carlo είναι η βάση για την χρησιμοποίηση προγραμμάτων προσομοίωσης. Το όνομα υπονοεί την τεχνική που βασίζεται στα τυχαία παραγόμενα αποτελέσματα κοινά στην φύση.

Η Monte Carlo μέθοδος είναι ουσιαστικά μια πειραματική διαδικασία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Holloway 1979) για την ανάπτυξη σχετικών συχνοτήτων για σύνθετα γεγονότα. Αυτή πραγματοποιείται από δειγματοληψία των στοιχείων των κατανομών πιθανοτήτων με την χρήση τυχαίων αριθμών. Τα Monte Carlo μοντέλα τυπικά εφαρμόζονται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Το λάθος του δείγματος μπορεί συχνά να είναι αρκετά μικρό με την χρήση μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων. Η ιδέα είναι απλή. Η βασική είσοδος σε κάθε διαδικασία δείγματος Monte Carlo είναι τυχαίοι αριθμοί.

Συγκεκριμένα οι τυχαίοι αριθμοί παρέχουν μια αλληλουχία από ψηφία κατά την οποία η πιθανότητα σε κάθε ψηφίο ή η αλληλουχία των ψηφίων είναι εξίσου πιθανή. Οι τυχαίοι αριθμοί μπορούν να παραχθούν από πίνακες ή από ιδιαίτερα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή που ονομάζονται γεννήτορες τυχαίων αριθμών. Εάν ένας πίνακας χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη αλληλουχία που χρησιμοποιείται σε ένα Monte Carlo υπολογισμό θα βασίζεται στην αρχική τιμή του πίνακα και στον κανόνα για την διαδικασία μεταξύ των στηλών και γραμμών του πίνακα. Οι πίνακες σχεδιάζονται έτσι ώστε η αρχική τιμή να είναι συνεπής με τον κανόνα. Εάν δυο ή περισσότερα ψηφία είναι επιθυμητά οι πίνακες χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο. Σε πολλές περιπτώσεις ο χρήστης πρέπει να συμπεριλάβει ένα πρόγραμμα για την επιλογή του απαιτούμενου αριθμού των ψηφίων. Για μοντέλα που βασίζονται σε συνεχή κατανομή πιθανοτήτων Monte Carlo παρέχει μια εναλλακτική για την χρήση της διακριτής διαδικασίας προσέγγισης. Η επιλογή ανάμεσα σε δυο υπολογιστικούς

μεθόδους επηρεάζεται από το μέγεθος της διαδικασίας προσέγγισης και από τα σφάλματα δειγματοληψίας καθώς επίσης και το κόστος κατασκευής του μοντέλου.

Δειγματοληψία από μια κατανομή πιθανότητας με την χρήση της μεθόδου Monte Carlo συμπεριλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. απαιτεί αθροιστικές κατανομές για τις τυχαίες τιμές που είναι συστατικά του μοντέλου
2. επιλέγει τον αριθμό των ψηφίων που συμπεριλαμβάνονται στους τυχαίους αριθμούς. Ο αριθμός των ψηφίων χρειάζεται να είναι κατάλληλος για την ακρίβεια και την κλίμακα της αθροιστικής κατανομής.
3. απόκτηση μια αλληλουχία από τυχαίους αριθμούς από ένα πίνακα ή πρόγραμμα υπολογιστή.
4. εισαγωγή της κλίμακας των αθροιστικών πιθανοτήτων με κάθε τυχαίο αριθμό. Μετακίνηση οριζόντια στην γραφική με σκοπό να συναντηθεί με την αθροιστική καμπύλη και την καταγραφή των συντεταγμένων του οριζόντιου άξονα. Η τιμή είναι το αποτέλεσμα του δείγματος που αντιστοιχεί σε τυχαίους αριθμούς.

4.6.4 ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για να αποφασίσουμε ποιος κίνδυνος (Rodger, Petch 1999) σε μια συγκεκριμένη είσοδο επιδρά στο αποτέλεσμα αν και κανένα από αυτά δεν είναι ικανοποιητικό.

- Crystal Ball συνάρτηση ευαισθησίας
- Απλή ανάλυση ευαισθησίας
- Εμπλουτισμένη ανάλυση ευαισθησίας

Η πρώτη τεχνική είναι η χρήση της Crystal Ball, λειτουργεί αποφασίζοντας την διάταξη της συσχέτισης ανάμεσα στις εισόδους (δεδομένα) και στα αποτελέσματα. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μόνο ένα μοντέλο λειτουργεί με σκοπό να εκτιμήσει τις ευαισθησίες και όλες τις εισόδους που ποικίλουν ταυτόχρονα έτσι ώστε οι σχέσεις ανάμεσα σε διαφορετικές εισόδους να λαμβάνονται υπόψιν. Δυστυχώς όμως υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα:

- Αυτή μέθοδος είναι περιορισμένη πιστοποιημένη θεωρητικά. Εάν υπάρχουν κάποιοι εισόδοι οι οποίοι δεν είναι μονότονοι (για παράδειγμα μια αύξηση στην είσοδο πάντα παράγει είτε μια αύξηση είτε μια μείωση), τότε ο υπολογισμός της ευαισθησίας δεν θα λειτουργεί καλά. Τότε δεν θα έχουμε ακριβή συσχετισμό.
- Μερικές εισόδοι έχουν κατανομές οι οποίες εφαρμόζονται σε κάθε χρόνο για παράδειγμα τα επίπεδα του πληθωρισμού. Ο συσχετισμός βγαίνει μη ακριβής.

Όσον αφορά την απλή ανάλυση ευαισθησίας κρατάει όλες τις εισόδους σταθερές της προσδοκώμενης τιμής.

Η εμπλουτισμένη ανάλυση ευαισθησίας είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και εμπλουτίζει την ανάλυση ευαισθησίας.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι

- Επιβεβαιώνεται ότι όλες οι σταθερές παραμένουν σταθερές αδιαφορώντας για την επίδραση που μπορεί να έχουν οι συγκεκριμένοι εισόδοι στις εξόδους.
- Εάν υπάρχει κάποιος συσχετισμός μεταξύ των εισόδων παραμένει σταθερή
- Τέλος αυτή η μέθοδος απαιτεί συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων

Συγκεντρωτικά

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Ένα απλό μοντέλο το οποίο δεν έχει καμία είσοδο κινδύνου και εφαρμόζεται ανεξάρτητα από τον αριθμό των χρόνων (πληθωρισμό)	Συνάρτηση ευαισθησίας Crystal Ball
Ένα μοντέλο με διάφορες τιμές σε διάφορα έτη αλλά το οποίο είναι Απλό συμπεριλαμβανομένου την μη γραμμικότητα και τη μη συσχέτιση	Απλή ανάλυση ευαισθησίας
Ένα μοντέλο με διάφορες τιμές κινδύνων σε διάφορα έτη το οποίο είναι πολύπλοκο	Εμπλουτισμένη ανάλυση ευαισθησίας

Εικόνα 4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (Rodger, Petch 1999))

4.7 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Υπάρχουν τρεις στρατηγικές για την μείωση του κινδύνου (Rodger, Petch 1999)

- Για την αποφυγή του κινδύνου πραγματοποιείται αλλαγή των απαιτήσεων για την ασφάλεια ή άλλων χαρακτηριστικών του συστήματος
- Μεταφορά του κινδύνου κατανέμοντας τον σε άλλα συστήματα , οργανισμούς ή και αγορά ασφάλειας.
- Επιβεβαιώνοντας τον κίνδυνο, αποδέχοντας και ελέγχοντας τον κίνδυνο με διαθέσιμες πηγές.

Υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις όπου η οικονομική θεωρία μιλάει σχετικά με το τι ο λήπτης αποφάσεων χρειάζεται χειριστεί το πρόβλημα.

1. η στρατηγική προσέγγιση
2. η εισαγωγή οπισθοχώρησης με ελαχιστοποίηση
3. η εισαγωγή οπισθοχώρησης με βέβαιη εξισορρόπηση

Η δεύτερη και η Τρίτη είναι πολύ κοινά, έτσι θα γίνει περιγραφή ενός από αυτά . η πρώτη προσέγγιση περιλαμβάνει την μετατροπή του προβλήματος από ένα πρόβλημα δυναμικής επιλογής σε στρατηγικής. Η στρατηγική προσέγγιση είναι μια σειρά από αποφάσεις για το τι πρέπει να κάνουμε σε κάθε κόμβο επιλογής που θα βρεθούμε.

Ο λήπτης αποφάσεων μπορεί τώρα να εκτιμήσει τις ποικίλες στρατηγικές χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε κανόνα στατικής απόφασης που έχει. Αυτός μπορεί να είναι προσδοκώμενη χρησιμότητα ή οι άλλες δυο μέθοδοι επιλύουν το δυναμικό πρόβλημα επιλογής συμπεριλαμβάνοντας την χρήση της εισαγωγής οπισθοχώρησης είτε με ελαχιστοποίηση είτε με βέβαιη εξισορρόπηση. Με εισαγωγή οπισθοχώρησης με ελαχιστοποίηση ο λήπτης αποφάσεων δουλεύει την οπισθοχώρηση διαμέσου ενός δέντρου αποφασίζοντας τι να κάνει σε κάθε τελικό κόμβο επιλογής εξαλείφοντας τα κλαδιά τα οποία γνωρίζει αν ή όχι θα ακολουθήσει, ελαχιστοποιώντας το δέντρο με τη βοήθεια κάποιου αξιώματος (Reduction of Compound Lotteries Axiom). Έτσι επιλύει την επιλογή στον πρώτο κόμβο (λεπτομέρειες στο επόμενο κεφάλαιο).

4.8 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Η βασική ιδέα της ανάλυσης κινδύνου (<http://www.cotf.edu/ete/modules/volcanoes/vrisk.html>) είναι απλή, αλλά η εφαρμογή της μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκη και βασίζεται στην εκτίμηση του κινδύνου. Πράκτορες ασφαλείας γνωρίζουν τα πάντα σχετικά με την ανάλυση κινδύνου. Για παράδειγμα μελετάται η ασφάλεια μιας εταιρείας. Το συνολικό κόστος της ασφάλειας της εταιρείας που καλύπτει κάθε χρόνο για ένα συγκεκριμένο ατύχημα είναι:

$$\text{Total Cost} = (\text{Cost of each accident}) \times (\# \text{ Accidents per year})$$

Ο αριθμός των ατυχημάτων ανά χρόνο αναφέρεται στον συνολικό αριθμό ατυχημάτων από την ομάδα των ανθρώπων που είναι ασφαλισμένοι στην εταιρεία. Ο ενεργός αριθμός των ατυχημάτων μέσα σε μια ομάδα ανθρώπων θα αλλάξει από

χρόνο σε χρόνο. Έτσι μια καλή εκτίμηση του μέσου κόστους ετησίως μια εταιρεία απλά θα υπολογίζει τον αριθμό των ατυχημάτων για την ομάδα σε διάστημα μερικών χρόνων και θα το διαιρεί με το συνολικό αριθμό των ατυχημάτων από τον αριθμό των χρόνων. Το αποτέλεσμα ανά χρόνο ονομάζεται πιθανότητα του συμβάντος για συγκεκριμένο ατύχημα. Το κόστος ανά άνθρωπο στην ομάδα που θα καλύψει ένα συγκεκριμένο ατύχημα είναι:

$$\text{Premium} = \frac{(\text{Cost of each accident}) \times (\# \text{ Accidents per year})}{(\# \text{ of people in group})}$$

Η λέξη αβεβαιότητα σημαίνει ότι ο αριθμός διάφορων τιμών μπορεί να υπάρχει για μια ποσότητα και ο κίνδυνος σημαίνει την πιθανότητα απώλειας ή απόκτησης σαν αποτέλεσμα αβεβαιοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον παρόν κεφάλαιο θα γίνει εκτενής συζήτηση για την λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα. Συγκεκριμένα στην παράγραφο 5.2 θα γίνει συζήτηση για την έννοια της αβεβαιότητας. Στην παράγραφο 5.3 θα μελετηθούν τυπικές μέθοδοι για την λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα. Στην 5.4 δίδονται τέσσερα κριτήρια για επιλογές υπό αβεβαιότητα. Στην 5.5 αναφέρονται που εφαρμόζεται η λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα. Στην 5.6, το θεώρημα κατά Bayes, στην 5.7 η πιθανότητα (Likelihood), στην 5.7.1 η συνάρτηση πιθανότητας για παραμετρικοποιημένο μοντέλο αναλύεται, στην 5.7.2 για συνεχής και διακριτές κατανομές, στην 5.7.3 η υποθετική πιθανότητα, στην 5.7.4 η πιθανότητα με περιθώριο στην 5.7.5 η πιθανότητα προφίλ. Στην 5.8 προγενέστερη και μεταγενέστερη πιθανότητα, στην 5.8.1 ενημερωτική προγενέστερη πιθανότητα, στην 5.8.2 μη ενημερωτική προγενέστερη πιθανότητα. Στην 5.8.3 προγενέστερη ανάλυση Rollback. Στην 5.9 γίνεται λόγος λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα με αναθεώρηση. Στην 5.10 γίνεται λόγος για τις επιπτώσεις των αποφάσεων. Στην 5.11 γίνεται λόγος για τα στοχαστικά δέντρα απόφασης, στην 5.11.1 και στην 5.11.2 τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους αντίστοιχα. Στην 5.12 διαγράμματα και πίνακες στην 5.12.1 πίνακες πληρωμών, στην 5.12.2 αποτίμηση, στην 5.12.3 χρησιμότητα πίνακα πληρωμών. Στην παράγραφο 5.13 γενικά για την πληροφορία και για την αξία της στην 5.13.1 πιθανότητες και τέλεια πληροφόρηση και στην 5.13.2 αναμενόμενη αξία της τέλει πληροφόρησης. Στην 5.14 μελετάται η ατελής πληροφόρηση και τέλος στην 5.14.1 αναμενόμενη αξία της ατελής πληροφόρησης.

5.2 ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ –ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

Στην φάση αυτή θα γίνει μια σύντομη αναφορά στις ιδέες της κλασικής θεωρίας της λήψης μιας απόφασης και θα γίνει εισαγωγή της έννοιας της αβεβαιότητας και της μέτρησης της.

Κατά τον οικονομολόγο Knight το 1921 (<http://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty>), (Rodger, Petch 1999) δόθηκε σημαντική διάκριση ανάμεσα στον κίνδυνο και στην αβεβαιότητα. Η αβεβαιότητα χρειάζεται να λάβει σημαντική διάκριση από την κοινή έννοια του κινδύνου που δεν έχει άμεσα χωριστεί. Το σημαντικό γεγονός είναι ότι ο κίνδυνος σημαίνει σε ορισμένες περιπτώσεις μια ποσότητα ευάλωτη στις μετρήσεις ενώ άλλες φορές είναι κάτι διαφορετικό. Υπάρχουν κρίσιμες διαφορές στα φαινόμενα που βασίζεται στο πως αυτές οι δυο είναι πραγματικά παρόν και ενεργούν. Έτσι φαίνεται ότι μια μέτρηση αβεβαιότητας ή ένας άμεσος κίνδυνος, όπως εμείς χρησιμοποιούμε τον όρο είναι τόσο διαφορετικά από μια μετρήσιμη ποσότητα που δεν επιδρά στην αβεβαιότητα. Αβεβαιότητα όπου είναι μια συνέπεια της έλλειψης της γνώσης για ένα γεγονός.

Με τον όρο αβεβαιότητα εννοείτε η έλλειψη γνώσης σχετικά με τα πιθανοθεωρητικά χαρακτηριστικά των καταστάσεων απόφασης.

Επίσης αβεβαιότητα είναι η έλλειψη βεβαιότητας, μια κατάσταση κατά την οποία υπάρχει περιορισμένη γνώση, όπου είναι απίθανο να γίνει ακριβής περιγραφή μιας υπάρχουσας κατάστασης ή ενός μελλοντικού αποτελέσματος περισσότερο από ένα πιθανό αποτέλεσμα.

Για την καλύτερη ερμηνεία των πιθανοθεωρητικών χαρακτηριστικών θα πρέπει να δοθεί ερμηνεία της πιθανοθεωρητικής προσέγγισης.

Κατά την Πιθανοθεωρητική προσέγγιση οι πιθανότητες μπορούν να προσδιορίσουν την δομή της πληροφορίας με δυο τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση οι πιθανότητες θεωρούνται ως αριθμητικά βάρη, τα οποία μπορούν να προσδιορίσουν άμεσα τα γεγονότα, ή εναλλακτικά παρουσιάζεται η πληροφορία σαν μια πρόταση, λέγεται $h(z)$, και τότε ζητείται αν η πιθανότητα είναι αληθής. Σε άλλη περίπτωση η τιμή της πιθανότητας προσδιορίζεται με μια ακριβής αριθμητική κωδικοποίηση της γνώσης.

Με άλλα λόγια η αξία της πιθανότητας προσδιορίζεται να είναι αποδεκτή εφόσον είναι συνεπής με τα αξιώματα και τα θεωρήματα ή τον υπολογισμό της πιθανότητας.

Εάν η κωδικοποίηση της διαθέσιμης πληροφορίας έχει επιτευχθεί με ένα τρόπο συνεπή στην πιθανοθεωρητική προσέγγιση, τότε ο καλά αναπτυγμένος μαθηματικός μηχανισμός του υπολογισμού της πιθανότητας είναι διαθέσιμος για περαιτέρω επεξεργασία της πληροφορίας. Συνεπώς ο υπολογισμός των πιθανοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολόκληρο το σώμα της γνώσης με σκοπό να την μορφοποιήσει ώστε να γίνει περισσότερο κατανοητή. Επίσης, η μέθοδος εκμάθησης κατά Bayes (εξηγείται αναλυτικότερα παρακάτω) παρέχει ακριβής μαθηματικές τεχνικές για βαθμιαία τροποποίηση της νέας πληροφορίας καθώς η πληροφορία γίνεται διαθέσιμη.

Στα περισσότερα προβλήματα αποφάσεων στον πραγματικό κόσμο, η κατάσταση της απόφασης δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων. Στην περίπτωση αυτή ο λήπτης αποφάσεων αντιμετωπίζεται με αβεβαιότητα σχετικά με τα πιθανά αποτελέσματα των ενεργειών του. Η πληροφορία είναι αναγκαία για τον σχεδιασμό βέλτιστων συστημάτων αποφάσεων τα οποία δεν είναι γνωστά εκ των προτέρων, ή δεν είναι πλήρως γνωστά. Είναι γεγονός ότι για ποικίλους λόγους δεν υπάρχει δυνατότητα να αποκτηθεί η πληροφορία εκ των προτέρων. Για παράδειγμα, η θεωρία ίσως να μην είναι πλήρως κατανοητή, τα αποτελέσματα των βέβαιων συντελεστών ίσως να μην είναι γνωστά. Στην φάση αυτή θα γίνει μια προσπάθεια ανάπτυξης μιας σχετικά νέας προσέγγισης χειρισμού αυτής της τάξης των προβλημάτων απόφασης.

Η αβεβαιότητα της μέτρησης εκφράζεται από μια δοσμένη ποικιλία τιμών (αξιών), η οποία είναι πιθανά κοντά στην αληθινή τιμή. Αυτό ίσως δίνεται από μια ράβδος λάθους σε μια γραφική αναπαράσταση ή σαν τιμή με προστιθέμενη ή αφαιρούμενη αξία ή σαν ένα δεκαδικό κλάσμα.

Συχνά η αβεβαιότητα σε μια μέτρηση βρίσκεται από την επανάληψη της μέτρησης με μια καλή εκτίμηση στις σταθερές απόκλισης της τιμής. Ωστόσο αν η τιμή έχει εκτιμηθεί τότε η μέτρηση της μέσης τιμής έχει μικρότερη αβεβαιότητα ίση με το σταθερό λάθος του μέσου το οποίο είναι η σταθερή απόκλιση που διαιρείται από το τετράγωνο της ρίζας του αριθμού των μετρήσεων.

Η περισσότερη κοινή διαδικασία για τον υπολογισμό της μέτρησης της αβεβαιότητας περιγράφεται από τον οδηγό της έκφρασης της μέτρησης της αβεβαιότητας (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement - GUM).

Το αποτέλεσμα της μέτρησης της αβεβαιότητας αποτελείται από μερικά στοιχεία. Τα στοιχεία θεωρούνται ως τυχαίες μεταβλητές και ομαδοποιούνται σε δυο κατηγορίες σύμφωνα με την μέθοδο που εκτιμά τις αριθμητικές τιμές.

- Τύπο Α, εκείνες οι τιμές που εκτιμούνται από στατιστικές μεθόδους
- Τύπο Β, που εκτιμούνται από άλλες μέσες τιμές, για παράδειγμα ο προσδιορισμός της κατανομής της πιθανότητας

Την εξάπλωση της διακύμανσης των στοιχείων διαμέσου μιας συνάρτησης που σχετίζεται με τα συστατικά των αποτελεσμάτων της μέτρησης, η συνδυασμένη μέτρηση της αβεβαιότητας δίνεται από την τετραγωνική ρίζα των αποτελεσμάτων της διακύμανσης.

5.3 ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

Καθένας αντιμετωπίζει ένα πρόβλημα απόφασης (Felsen 1976) εάν σε αυτόν δοθεί :

1. ένα αντικείμενο ή στόχος
2. μια σειρά από πιθανές εναλλακτικές για να επιτευχθεί ο στόχος
3. ένας έλεγχος με σκοπό να πιστοποιηθεί εάν η δοσμένη εναλλακτική είναι η λύση του προβλήματος.

Η κατάσταση της απόφασης χαρακτηρίζεται από μια πληροφορία x . Συγκεκριμένα ορίζεται ως κατάσταση ενός συστήματος σε μια δοσμένη στιγμή ως την πληροφορία που απαιτείται με σκοπό να αποφασιστεί η συμπεριφορά του συστήματος από εκείνη την στιγμή. Έτσι ονομάζεται x το διάνυσμα της κατάστασης και η συνιστώσα του x είναι οι μεταβλητές της κατάστασης. Στις περισσότερες περιπτώσεις το διάνυσμα x είναι η πληροφορία η οποία είναι αναγκαία για την λήψη αποφάσεων. Συνήθως το x είναι συνήθως μια σειρά από χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται με το πρόβλημα.

Αρχικά συμβολίζουμε με A όλες τις πιθανές εναλλακτικές:

$$A = \{a_i\}, i=1, \dots, r.$$

Ορίζουμε το πρόβλημα της απόφασης ως $D(A, X)$ σαν την επιλογή της καλύτερης εναλλακτικής $a_i \in A$, που αντιστοιχεί σε μια δοσμένη κατάσταση

απόφασης, που χαρακτηρίζεται από την πληροφορία $x \in X$. Η λήψη αποφάσεων αποτελεί μια δραστηριότητα για την επίλυση του προβλήματος απόφασης.

Ορίζουμε την διαδικασία απόφασης σαν την σχεδίαση της διαθέσιμης πληροφορίας μέσα από μια σειρά ενεργειών οι οποίες αναπαριστούν την βέλτιστη επίλυση του προβλήματος $D(A,X)$. Επίσης συμβολίζουμε αυτή την σχεδίαση ή τον κανόνα απόφασης (decision rule), με το σύμβολο R και την διαδικασία απόφασης ως

$$R \\ X \rightarrow A$$

Ο στόχος του λήπτη αποφάσεων είναι να επιλέξει την κατάλληλη σειρά ενεργειών με σκοπό την επίτευξη μερικών προαποφασισμένων στόχων. Οι αποφάσεις συνδέονται με κάποιο τρόπο με μια σειρά από πιθανά αποτελέσματα. Η επιλογή μεταξύ των αποτελεσμάτων αντανakλά σε μια αξία.

Από την άλλη πλευρά οι αξίες θα πρέπει να σχετίζονται με ποικίλα αποτελέσματα, τα οποία έχουν ως αποτελέσματα την απόφαση. Τα αποτελέσματα θα πρέπει να συγκρίνονται με την αξία, και η απόφαση υπονοεί τέτοια σύγκριση. Όλα τα αποτελέσματα πρέπει να συγκρίνονται με μια κοινή κλίμακα αξίας.

Συγκεκριμένα γίνεται χρήση της έννοιας αποτελέσματα (outcome), με σκοπό να αναπαρασταθεί η περιγραφή των αποτελεσμάτων με μια σειρά από ενέργειες. Η αριθμητική αξία προσδιορίζεται από τα αποτελέσματα διαμέσου της εφαρμογής ή της αντικειμενικής συνάρτησης του συστήματος. Έτσι σε κάθε αναγνωρισμένο ζευγάρι καταστάσεων ενεργειών (a_i, x_j) μια αξία v_{ij} προσδιορίζεται από την αντικειμενική συνάρτηση $V(A,X)$. Οι αξίες v_{ij} ονομάζονται πληρωμές (payoff) ή χρησιμότητα της απόφασης a_i , όταν η φυσική κατάσταση είναι x_j .

Με την βοήθεια των παραπάνω συμβολισμών μπορούμε να αντιληφθούμε την διαδικασία απόφασης. Η αφηρημένη αναπαράσταση του μοντέλου απόφασης δίνεται από την εξίσωση:

$$v_{ij} = V(a_i, x_j)$$

όταν η λήψη αποφάσεων υπό συνθήκες συμπεριλαμβάνει κίνδυνο, για παράδειγμα σε καταστάσεις όπου η κατανομή της πιθανότητας είναι γνωστή. Στα περισσότερα σύγχρονα πλαίσια θεωρητικά διαθέτεται και στατιστική θεωρία απόφασης. Για την διαδικασία απόφασης προτιμάται να θεωρείται λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα, με μόνο σχετικά λίγα μαθηματικά δεδομένα. Στην συνέχεια παρουσιάζονται σύντομα

οι περισσότεροι γνωστές τεχνικές οι οποίες διαπραγματεύονται αβεβαιότητα (Felsen,1976).

5.4 ΤΕΣΣΕΡΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

Εάν για μερικούς λόγους δεν υπάρχει δυνατότητα (Felsen 1976) να οριστεί η απαιτούμενη πιθανότητα, τότε το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα δυσνόητο. Για παράδειγμα εάν ένας λήπτης αποφάσεων είναι ιδιαίτερα φοβισμένος ή απαισιόδοξος με αποτέλεσμα να συμπεριφέρεται σαν να είναι ένας αντίπαλος. Και από την άλλη ο λήπτης αποφάσεων είναι ιδιαίτερα αισιόδοξος και αποφασίζει να δοκιμάσει για τις καλύτερες πληρωμές (payoff), ακόμα και οι ενέργειες του συνεπάγονται πιθανότητα μεγάλη για αποτυχία. Εναλλακτικά ο λήπτης αποφάσεων μπορεί να αποφασίσει σε μερικές ενδιάμεσες θέσεις αισιόδοξης-απαισιόδοξης κλίμακας. Τα τέσσερα κριτήρια τα οποία αναφέρονται για βέλτιστες αποφάσεις όταν αντιμετωπίζουμε αβεβαιότητα είναι τα εξής:

1. **Laplace** κριτήριο, ορίζεται σαν μια εξίσωση πιθανοτήτων σε όλες τις καταστάσεις του προβλήματος. Τότε η επιλογή θα μπορούσε να αποτύχει από μια σειρά ενεργειών οι οποίες είναι ένας απλός αριθμητικός μέσος όρος των τιμών της χρησιμότητας.
2. **Hurwicz** κριτήριο, ορίζεται από προαποφασισμένα σχετικά βάρη των καλύτερων και χειρότερων αποτελεσμάτων κάθε απόφασης. Εκείνη η επιλογή λαμβάνεται όταν έχουμε τον μέγιστο μέσο όρο βαρών των καλύτερων και χειρότερων πιθανών αποτελεσμάτων τα οποία μπορούν να προέρχονται από μια δοσμένη απόφαση.
3. **Wald** κριτήριο, το κριτήριο αυτό προέρχεται από το Hurwicz παίρνοντας τις τιμές 0 ή 1. Στην προηγούμενη περίπτωση ενεργούμε ως υπερβολικά απαισιόδοξοι, στην παρούσα περίπτωση σαν υπερβολικά αισιόδοξοι. Το $\max \min$ κριτήριο (λαμβάνει τιμή ίση με 0) είναι μια τυπική προσέγγιση για μια απόφαση, η οποία φαίνεται σαν το χειρότερο πιθανό αποτέλεσμα για κάθε εναλλακτική και επιλέγεται από μια σειρά ενεργειών τα οποία διαβεβαιώνουν τα καλύτερα αποτελέσματα για τις χειρότερες συνθήκες. Το $\max \max$

κριτήριο είναι εκείνο το οποίο αφορά ένα αφοσιωμένο αισιόδοξο. Ο λήπτης αποφάσεων θα λάβει την απόφαση του μόνος του με βάσει τα υψηλότερα κέρδη που προσφέρονται διαμέσου κάθε απόφασης. Ο λήπτης αποφάσεων επιλέγει εκείνες τις ενέργειες οι οποίες θα μεγιστοποιήσουν το μέγιστο πιθανό όριο των αποτελεσμάτων χωρίς να υπολογίσουν τις πιθανές συνέπειες.

4. **Savage** minimax regret κριτήριο, αυτό το κριτήριο υποδηλώνει ότι ίσως πραγματικά ανησυχήσουμε όταν κατανοήσουμε τι πραγματικά έχουμε κάνει. Η απώλεια (regret), αποφασίζεται για κάθε ενέργεια από την αφαίρεση της μεγαλύτερης χρησιμότητας σε κάθε στήλη του μοντέλου απόφασης από άλλες χρησιμότητες σε εκείνη την στήλη, (μιλάμε για μορφή πίνακα). Ουσιαστικά ο λήπτης αποφάσεων εφαρμόζει την αρχή του minimax, από τις επιλεγμένες εναλλακτικές με το μικρότερο μέγιστο (maximum), για παράδειγμα την χαμηλότερη αξία της χειρότερης απώλειας (regret).

Όλα αυτά τα κριτήρια αποφάσεων παριστάνουν την γνώση του μοντέλου απόφασης, $V(a,x)$, το οποίο ορίζεται ως μια μοναδική αξία χρησιμότητας, το οποίο θεωρείται σαν αποτέλεσμα των ενεργειών a όταν η κατάσταση του προβλήματος είναι x .

Σαν τελικό σχόλιο θα πρέπει να σημειώσουμε ότι για τις ίδιες καταστάσεις απόφασης, διαφορετικά κριτήρια απόφασης θα έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικές ενέργειες που έχουν επιλεγεί. Διαφορετικά κριτήρια απόφασης ίσως είναι βέλτιστα για διαφορετικές καταστάσεις απόφασης και αυτό δεν είναι πάντα εύκολο για να επιλεγεί το σωστό κριτήριο για το δοσμένο πρόβλημα απόφασης. Έτσι ένα κριτήριο απόφασης για κριτήρια απόφασης χρειάζεται την κλασική θεωρία απόφασης για να δώσει καθοδήγηση για το πρόβλημα.

5.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιοι από τους τομείς που εφαρμόζεται η λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα (Rodger, Petch 1999),(Halloway 1979).

- Επενδύσεις σε οικονομικές αγορές τέτοιες όπως τα χρηματιστήρια

- Σε επιστημονική μοντελοποίηση στα οποία γίνεται πρόβλεψη μελλοντικών γεγονότων που χρειάζεται να κατανοηθούν με σκοπό να υπάρξει μια ποικιλία από προσδοκώμενες αξίες
- Στην πρόβλεψη καιρού και είναι ιδιαίτερα καινοτόμο με σκοπό να συμπεριλάβει δεδομένα στο βαθμό αβεβαιότητας.
- Η αβεβαιότητα είναι συχνά ένας σημαντικός συντελεστής στα οικονομικά. Διαφέρει από τον κίνδυνο που είναι μια συγκεκριμένη πιθανότητα η οποία προσδιορίζεται σε κάθε αποτέλεσμα. Η αβεβαιότητα συμπεριλαμβάνει μια κατάσταση η οποία έχει άγνωστες πιθανότητες, ενώ οι εκτιμώμενες πιθανότητες των πιθανών αποτελεσμάτων δεν χρειάζεται να προστεθούν στην ένωση.
- Στον καθορισμό και διαχείριση του κινδύνου
- Η αβεβαιότητα μπορεί να αναφέρεται στην μέτρηση του λάθους. Στην καθημερινή ζωή η μέτρηση της αβεβαιότητας είναι συχνά σαφής, ενώ για μια σοβαρή χρήση μια σαφής πρόταση για την μέτρηση της αβεβαιότητας είναι απαραίτητη. Η προσδοκώμενη μέτρηση της αβεβαιότητας επιτυγχάνεται με όργανα μέτρησης (κλίμακες, κανόνες, θερμόμετρα, παλμογράφο και ακόμη από τον υπολογισμό της εργασίας), συχνά η κατάσταση ειδικεύεται στους κατασκευαστές.

5.6 ΘΕΩΡΗΜΑ ΚΑΤΑ BAYES

Η προσέγγιση κατά Bayes είναι από τις πιο γνωστές μεθοδολογίες για την επίλυση προβλημάτων απόφασης υπό αβεβαιότητα. Ο Bayes, έκανε μια προσπάθεια τους να εισάγει μια διαισθητική κριτική και μια έκφραση άμεση στην μέθοδο της ανάλυσης του προβλήματος απόφασης. Τα μαθηματικά εργαλεία είναι κοινά με την θεωρία στατικής απόφασης εκτός από τις ουσιώδης πιθανότητες που χρησιμοποιούνται. Η κρίση ή ουσιώδης πιθανότητα ερμηνεύεται σαν μια έκφραση των ατομικών αισθημάτων σχετικά με τα αποτελέσματα της απόφασης. Η ορολογία ουσιώδης πιθανότητα (subjective probability) εκφράζει ένα αριθμητικό βάρος το οποίο εκφράζει την γνώμη του λήπτη αποφάσεων σχετικά με κάποιο γεγονός ή με την έκβαση. Με άλλα λόγια η ουσιώδης πιθανότητα (subjective probability) χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει την πληροφορία για την λήψη αποφάσεων.

Είναι ένα από τα σημαντικότερα θεωρήματα (Clemen 1996) της ανάλυσης αποφάσεων. Γενικά μπορεί να γραφτεί για υποθετική πιθανότητα (conditional probability):

$$P(B|A)P(A) = P(A|B)P(B)$$

από το οποίο μπορεί να προκύψει

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$

Και επεκτείνοντας την παραπάνω σχέση ολική πιθανότητα (total probability)

$$\text{έχουμε: } P(A|B) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A|B)P(B) + P(A|\bar{B})P(\bar{B})}$$

Εξίσωση 1

όπου ο τύπος αυτός αναφέρεται ως θεώρημα Bayes. Το θεώρημα αυτό είναι υπερβολικά χρήσιμο στην ανάλυση αποφάσεων ιδιαίτερα κατά την χρήση πληροφόρησης.

Έτσι θεωρούμε $P(A)$ με σκοπό να περιγράψουμε την κρίση του λήπτη αποφάσεων σχετικά με μελλοντικά γεγονότα ή υποθέσεις, πριν την απόκτηση επιπρόσθετης πληροφορίας. Έτσι $P(A)$ είναι η εκ των προτέρων πιθανότητα. Η $P(A/B)$ ερμηνεύεται σαν την επαναλαμβανόμενη αξία της πιθανότητας μετά την λήψη επιπρόσθετης πληροφορίας ή μια μεταγενέστερη πιθανότητα.

5.7 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ (LIKELIHOOD)

Στην στατιστική η πιθανότητα της συνάρτησης (likelihood function) συχνά γνωστή ως πιθανότητα (likelihood) αποτελεί μια συνάρτηση παραμέτρων (Halloway 1979) του στατιστικού μοντέλου το οποίο παίζει το κεντρικό ρόλο στην στατιστική. Γενικότερα παραμένει ότι «likelihood» είναι συνώνυμο της «probability». Άτυπα όταν η πιθανότητα «probability» μας επιτρέπει να προβλέψουμε άγνωστα αποτελέσματα που βασίζονται σε γνωστές παραμέτρους, η πιθανότητα «likelihood» μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε άγνωστες παραμέτρους που βασίζονται σε γνωστά αποτελέσματα.

Η πιθανότητα «likelihood» δουλεύει προς τα πίσω σε σχέση με την πιθανότητα «probability». Έτσι με δεδομένο το B γίνεται χρήση της υποθετικής πιθανότητας

$P(A/B)$ εξαιτίας του A , ενώ γίνεται χρήση της «likelihood» συνάρτησης με δοσμένο το A , $L(B/A)$ εξαιτίας του B . Αυτές οι μέθοδοι τυποποιούνται στο θεώρημα Bayes:

$$P(B/A) = \frac{P(A/B)P(B)}{P(A)}$$

Στην στατιστική η συνάρτηση πιθανότητας «likelihood» είναι μια υποθετική συνάρτηση πιθανότητας και θεωρείται σαν συνάρτηση των δευτέρου ορίσματος με το πρώτο όρισμα να παραμένει σταθερό έτσι:

$$b \mapsto P(A/B=b)$$

Και επίσης μια ανάλογη συνάρτηση με εκείνη, όπου η πιθανότητα «likelihood» για το B είναι ισοδύναμης τάξης της συνάρτησης:

$$L(b/A) = aP(A/B=b)$$

Με σταθερά αναλογίας $a > 0$, η αριθμητική αξία της $L(B/A)$, από μόνη της είναι ασήμαντη. Όλες εκείνες καταστάσεις είναι λόγος πιθανοτήτων με τύπο:

$$\frac{L(b_2/A)}{L(b_1/A)}, \text{ ο οποίος είναι σταθερός σε σχέση με την σταθερά αναλογίας.}$$

5.7.1 Η ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ (ΓΙΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ)

Δίνεται μια παραμετροποιημένη οικογένεια (Halloway 1979) των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας : $x \mapsto f(x/\theta)$, όπου θ μια παράμετρος, η συνάρτηση πιθανότητας είναι $\theta \mapsto f(x/\theta)$, το οποίο γράφεται $L(\theta/x) = f(x/\theta)$, όπου x είναι το παρατηρήσιμο αποτέλεσμα του πειράματος. Με άλλα λόγια όταν $f(x/\theta)$ θεωρείται σαν μια συνάρτηση του x με θ σταθερό αυτή είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας και όταν θεωρείται σαν συνάρτηση του θ με σταθερό το x αυτή είναι πιθανότητας (likelihood function).

5.7.2 ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ

Η χρήση της πυκνότητας πιθανότητας αντί για την πιθανότητα (likelihood function), ίσως αιτιολογηθεί με ένα πιο απλό τρόπο. Θεωρείται (Halloway 1979) ότι αντί για μια ακριβή παρατήρηση x , η παρατήρηση είναι αντί της τιμής σε ένα μικρό διάστημα (x_{j-1}, x_j) με διάστημα Δ_j . Τότε η πιθανότητα της δοσμένης παρατήρησης είναι περίπου:

$L_{\text{approx}} = (\theta/x \text{ in interval } j) = \Delta_j f(x^*/\theta)$, όπου x^* ένα σημείο στο διάστημα j . Τότε η συνάρτηση πιθανότητας (likelihood function) ορίζεται ως

$L_{\text{approx}} = (\theta/x \text{ in interval } j) = f(x^*/\theta)$, και τότε το διάστημα μειώνεται στο μηδέν $L(\theta/x) = f(x/\theta)$.

Τώρα θα γίνει μελέτη των πιθανοτήτων όταν περιέχονται (Halloway 1979) και συνεχή και διακριτά στοιχεία. Θεωρείται ότι η κατανομή αποτελείται από μια τιμή της διακριτής πιθανότητας $p_k(\theta)$ και πυκνότητας πιθανότητας $f(x/\theta)$, όπου το άθροισμα όλων των p προστίθεται στο ολοκλήρωμα της f που είναι πάντα ένα. Για μια παρατήρηση από το διακριτό στοιχείο η πιθανότητα μπορεί να γραφεί είτε άμεσα είτε αφού επεξεργαστεί, λέγοντας ότι η δοσμένη πιθανότητα σε ένα διάστημα περιέχει ένα διακριτό στοιχείο. Έτσι έχουμε:

$L_{\text{approx}} = (\theta/x \text{ in interval } j \text{ containing discrete mass } k) = p_k(\theta) + \Delta_j f(x^*/\theta)$, όπου x^* ένα σημείο στο διάστημα j . τότε θεωρώντας το μήκος του διαστήματος με σκοπό να μειωθεί στο μηδέν, η συνάρτηση πυκνότητας για της παρατηρήσεις από το διακριτό στοιχείο είναι $L(\theta/x) = p_k(\theta)$, όπου k είναι ο πίνακας της συνολικής διακριτής πιθανότητας που αντιστοιχεί στην παρατήρηση x .

Σε πολλές περιπτώσεις η πιθανότητα (Halloway 1979) είναι μια συνάρτηση με περισσότερες από μια παραμέτρους έτσι εστιάζεται στην εκτίμηση μιας μόνο ή σε τουλάχιστον λιγότερους παραμέτρους με τις άλλες να θεωρούνται μη χρήσιμες παραμέτρους. Μερικοί εναλλακτικοί τρόποι που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό να εξαλειφθούν αυτές οι μη χρήσιμες παραμέτρους ώστε η πιθανότητα να γραφτεί ως μια συνάρτηση παραμέτρων και να εστιάζει σε μια. Αυτή η κύρια παράμετρος μπορεί να είναι η πιθανότητα με περιθώριο (marginal likelihoods), η υποθετική πιθανότητα (conditional likelihoods) και η πιθανότητα προφίλ (profile likelihoods). Αυτές είναι αρκετά χρήσιμες επειδή οι καθιερωμένες μέθοδοι πιθανότητας μπορεί να γίνουν μη αξιόπιστες ή να αποτύχουν όταν υπάρχουν πολλοί μη χρήσιμες παράμετροι. Συγκεκριμένα όταν ο αριθμός των μη χρήσιμων παραμέτρων είναι ένα κλάσμα του αριθμού των παρατηρήσεων και αυτό το κλάσμα δεν μειώνεται όταν το μέγεθος του

δείγματος αυξάνεται. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν κλειστού τύπου διατυπώσεις για στατιστικά τεστ όπου άμεσα γίνεται η χρήση της μέγιστης πιθανότητας που απαιτεί επαναληπτικές αριθμητικές μεθόδους και βρίσκει εφαρμογή σε ορισμένες ειδικευμένες περιπτώσεις όπως διαδοχική (sequential analysis) ανάλυση.

5.7.3 ΥΠΟΘΕΤΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ

Κάποιες φορές είναι δυνατό να βρεθεί επαρκή στατιστική (Halloway 1979) για τις μη χρήσιμες παραμέτρους και αντανακλώντας στα στατιστικά αποτελέσματα μιας πιθανότητας η οποία δεν βασίζεται στις μη χρήσιμες παραμέτρους.

5.7.4 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ

Κάποιες φορές υπάρχει δυνατότητα να αφαιρεθούν (Halloway 1979) οι μη χρήσιμες παράμετροι έτσι θεωρείται ότι η πιθανότητα βασίζεται σε ένα μέρος της πληροφορίας των δεδομένων.

5.7.5 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΦΙΛ

Είναι συχνά πιθανό να γραφούν μερικές (Halloway 1979) παράμετροι σαν συναρτήσεις άλλων παραμέτρων καταφέροντας να μειώσουν τον αριθμό των ανεξάρτητων παραμέτρων. Η συνάρτηση αυτή είναι η αξία των παραμέτρων η οποία μεγιστοποιώντας την πιθανότητα δίνει την αξία των άλλων παραμέτρων. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται συμπύκνωση των παραμέτρων και έχει σαν αποτέλεσμα την συμπυκνωμένη συνάρτηση πιθανότητας. Επίσης είναι γνωστή ως μεγιστοποιημένη συνάρτηση πιθανότητας αλλά τις περισσότερες φορές συχνά ονομάζεται σαν συνάρτηση του προφίλ της πιθανότητας. Η πιθανότητα του προφίλ δεν είναι μια αληθής πιθανότητα καθώς αυτή δεν βασίζεται άμεσα στην κατανομή της πιθανότητας και οδηγεί σε λιγότερο ικανοποιητικές ιδιότητες.

5.8 ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ

Μια προγενέστερη πιθανότητα είναι μια πιθανότητα (Halloway 1979) με περιθώριο η οποία διασταυρώνεται σαν περιγραφή με το τι είναι γνωστό σχετικά με την μεταβλητή και με την απουσία κάποιων στοιχείων. Η μεταγενέστερη πιθανότητα είναι η υποθετική πιθανότητα της μεταβλητής των στοιχείων που λαμβάνονται υπόψιν. Η μεταγενέστερη πιθανότητα υπολογίζεται από την προγενέστερη και την συνάρτηση πιθανότητας (likelihood) διαμέσου του θεωρήματος Bayes.

Στο κατά Bayes στατιστικό πόρισμα, μια προγενέστερη πιθανότητα κατανομής που συχνά ονομάζεται προγενέστερη της αβέβαιης ποσότητας p στην κατανομή πιθανότητας εκφράζει την αβεβαιότητα σχετικά με το p πριν τα δεδομένα ληφθούν υπόψιν.

Μια εφαρμογή του θεωρήματος κατά Bayes πολλαπλασιάζοντας την προγενέστερη κατανομή πιθανότητας με την συνάρτηση πιθανότητας (likelihood function) κανονικοποιείται και δίνει την μεταγενέστερη κατανομή πιθανότητας, η οποία είναι η υποθετική κατανομή της αβέβαιης ποσότητας δοσμένων δεδομένων.

Μια προγενέστερη κατανομή πιθανότητας είναι συχνά μια καθαρή αποτίμηση ενός εξειδικευμένου ειδικού. Έτσι προτιμάται να γίνει συνένωση των προγενέστερων κατανομών όταν είναι εφικτό με σκοπό να γίνουν υπολογισμοί των μεταγενέστερων κατανομών ευκολότερα.

5.8.1 ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ

Μια ενημερωτική προγενέστερη κατανομή (Halloway 1979) ορίζει την πληροφορία σχετικά με μια μεταβλητή. Ένα παράδειγμα είναι μια ενημερωτική προγενέστερη κατανομή για την θερμοκρασία αύριο το μεσημέρι. Μια λογική προσέγγιση είναι να γίνει η προγενέστερη μια τυπική κατανομή με προσδοκώμενη αξία εξίσου της σημερινής τιμής της θερμοκρασίας την σημερινή μέρα. Οι όροι προγενέστεροι και μεταγενέστεροι είναι σχετικοί με ένα συγκεκριμένο σημείο αναφοράς ή παρατήρηση.

5.8.2 ΜΗ ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ

Μια μη ενημερωτική προγενέστερη πιθανότητα εκφράζει (Halloway 1979) την γενική πληροφορία σχετικά με μια μεταβλητή. Ο όρος μη ενημερωτική προγενέστερη πληροφορία ίσως δεν είναι σωστό όνομα ίσως θα πρέπει να ονομάζεται όχι πολύ

ενημερωτική προγενέστερη κατανομή πιθανότητας. Η μη ενημερωτική προγενέστερη πληροφορία μπορεί να εκφράζει την μεταβλητή να είναι θετική ή μικρότερη από κάποιο όριο. Αυτές οι αρχές συνηθίζονται με τον όρο αντικειμενική προγενέστερη κατανομή πιθανότητας.

Στα προβλήματα εκτίμησης των παραμέτρων, η χρήση της μη ενημερωτικής προγενέστερης πληροφορίας τυπικά αποδίδει αποτελέσματα τα οποία δεν διαφέρουν από την τυπική στατιστική ανάλυση, καθώς η συνάρτηση πιθανότητας (likelihood function) συχνά αποδίδει περισσότερη πληροφορία από την μη ενημερωτική προγενέστερη πληροφορία.

Μερικές προσπάθειες έχουν γίνει για να βρεθούν οι κατανομές των πιθανοτήτων με κάποια λογική σημασία που απαιτείται από την κατάσταση της αβεβαιότητας. Έτσι υπάρχει μια φιλοσοφική διαμάχη. Για παράδειγμα σύμφωνα με τον Halloway το 1979 ο Edwin Jayens έχει εκδώσει ένα επιχείρημα που βασίζεται στην ομάδα του Lie που προτείνει ότι η προγενέστερη κατανομή πιθανότητας για τον λόγο p των ψηφοφόρων που ψηφίζουν για ένα υποψήφιο χωρίς να δίνεται άλλη πληροφορία. Ενώ ο Haldane τονίζει ότι θα πρέπει να είναι η προγενέστερη $p^{-1}(1-p)^{-1}$. Εάν κάποιος δεν είναι τόσο αβέβαιος σχετικά με την τιμή της προαναφερθείσας αναλογίας p τότε ένας γνωρίζει μόνο ότι τουλάχιστον ένας ψηφοφόρος θα ψηφίσει για ένα υποψήφιο και τουλάχιστον ένας δεν θα ψηφίσει. τότε η υποθετική κατανομή πιθανότητας του p δοσμένης πληροφορίας είναι η ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $[0,1]$, η οποία αποκτιέται από την εφαρμογή του θεωρήματος κατά Bayes.

Σύμφωνα με τον Halloway το 1979 ο Haldane έχει δεχτεί κριτικές ότι έχει αποδώσει ακατάλληλη μεταγενέστερη κατανομή, η οποία θέτει 100% το περιεχόμενο της πιθανότητας είτε να είναι $p=0$ ή $p=1$. Όμως αν πεπερασμένο δείγμα από ψηφοφόρους εγκρίνει τον ίδιο υποψήφιο, έστω και αν η μαθηματική μεταγενέστερη κατανομή πιθανότητας δεν ορίζεται απλά και έτσι δεν μπορεί να οριστεί το περιεχόμενο της πιθανότητας. Σύμφωνα με τον Halloway το 1979, ο Jeffrey ορίζει την προγενέστερη κατανομή πιθανότητας $p^{-1/2}(1-p)^{-1/2}$ που είναι σαφώς προτιμότερη.

Οι προγενέστερες κατανομές πιθανοτήτων είναι λόγοι προς το μέτρο Haar (τρόπος να βεβαιωθεί ένα σταθερό πλήθος – ολοκλήρωμα συνάρτησης). Για

παράδειγμα στην φυσική προσδοκούμε ότι ένα πείραμα θα δώσει το ίδιο αποτέλεσμα αδιαφορώντας για την επιλογή μας από ένα προχωρημένο σύστημα συντεταγμένων. Αυτό επισημαίνει ότι η δομή της ομάδας μεταφράζεται σε ομάδα χ και το αποτέλεσμα της προγενέστερης κατανομής πιθανοτήτων είναι μια σταθερά ακατάλληλη προγενέστερα κατανομή πιθανότητας (improper prior).

Σύμφωνα με τον Halloway το 1979, μια άλλη ιδέα είναι αυτή του Jaynes ο οποίος χρησιμοποιεί την αρχή της μέγιστης εντροπίας. Το κίνητρο είναι η εντροπία του Shannon, σύμφωνα με τον Halloway το 1979, που μετρά στην κατανομή της πιθανότητας το ποσό της πληροφορίας που περιέχει. Όσο μεγαλύτερη εντροπία παρέχεται από την κατανομή τόσο λιγότερη πληροφορία περιέχεται στην κατανομή. Για παράδειγμα η μέγιστη εντροπία της προγενέστερης κατανομής πιθανότητας σε ένα διακριτό χρόνο δεδομένου μόνο ότι η πιθανότητα είναι κανονικοποιημένη στο ένα, είναι η προγενέστερη κατανομή πιθανότητας η οποία ορίζεται ίση με πιθανότητα σε κάθε κατάσταση. Και στην συνεχή περίπτωση η μέγιστη εντροπία προγενέστερης κατανομής πιθανότητας δεδομένου ότι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι κανονικοποιημένη με μέσο μηδέν και μονάδα διακύμανσης είναι η καθορισμένη κανονική κατανομή.

Γενικά η μεταγενέστερη προγενέστερης κατανομής πιθανότητας κατανομής πιθανότητας από ένα πρόβλημα μπορεί να γίνει προγενέστερη κατανομή πιθανότητας για ένα άλλο πρόβλημα. Οι όροι αυτοί σχετίζονται με μια συγκεκριμένη παρατήρηση.

Εάν το θεώρημα κατά Bayes γραφτεί:

$$P(A_i|B) = \frac{P(B|A_i)P(A_i)}{\sum_j P(B|A_j)P(A_j)},$$

Τότε είναι σαφές ότι θα μπορούσε να παραμείνει αληθής εάν όλες οι προγενέστερες κατανομές πιθανοτήτων $P(A_i)$ και $P(A_j)$ πολλαπλασιαστούν από μια δοσμένη σταθερά. Οι μεταγενέστερες πιθανότητες θα αθροιστούν ή ολοκληρωθούν μονάδα ακόμη και αν οι τιμές των προγενέστερων δεν υπάρχουν. Οι προγενέστερες μόνο χρειάζεται να είναι συγκεκριμένες σε σωστή αναλογία.

Από αυτή την ιδέα κατανοείτε ότι σε πολλές περιπτώσεις το άθροισμα ή ολοκλήρωμα χρειάζεται να είναι δίνει λογική απάντηση για μεταγενέστερες

πιθανότητες. Μερικοί στατιστικοί χρησιμοποιούν ακατάλληλες προγενέστερες πιθανότητες ως μη ενημερωμένες προγενέστερες.

5.8.3 ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ROLLBACK

Τα προβλήματα απόφασης που έχουν περισσότερα (Halloway 1979) από ένα στάδιο εισάγουν την έννοια της συνθετότητας. Αυτή η αλληλουχία των αποφάσεων και των αβέβαιων γεγονότων η οποία συνδέει την αρχική απόφαση με τις συνέπειες. Με αυτή την επιπλέον συνθετότητα η άμεση επιλογή μεταξύ των αρχικών αποφάσεων είναι πολύ δύσκολη. Οι κατανομές των πιθανοτήτων για κάθε αρχική απόφαση δεν είναι διαθέσιμες για σύγκριση. Η ισοδυναμία της βεβαιότητας είναι εξίσου δύσκολη να υπολογιστεί. Τότε υπάρχουν δυο τρόποι για να γίνει διαπραγμάτευση του προβλήματος. Με την βοήθεια της διαδοχικής ανάλυσης που κάποιες φορές ονομάζεται 'rollback' διαδικασία ή ακόμα με την δημιουργία πολύπλοκων στρατηγικών. Ενώ κάποιες από τις τρεις μεθόδους λήψης μιας απόφασης άμεση επιλογή, ισοδυναμία βεβαιότητας και αναμενόμενη αξία είναι μέρος των διαδικασιών αυτών.

Η διαδικασία της διαδοχικής ανάλυσης αρχίζει από το τέλος παρά την αρχή του διαγράμματος (περαιτέρω ανάλυση στις επόμενες παραγράφους). Αυτό δουλεύει από τελική μέχρι την αρχική απόφαση. Επιλέγονται μεταξύ των εναλλακτικών του κάθε κόμβου. Το τελευταίο βήμα είναι η επιλογή μεταξύ των εναλλακτικών. Η βασική ιδέα είναι η θεώρηση κάθε απόφασης διαδοχικά ανεξάρτητη. Έτσι γίνεται η αρχή από το τέλος έτσι ώστε να μην υπάρχουν μελλοντικές αποφάσεις για να ληφθούν υπόψιν. Καθώς λοιπόν γίνεται μετακίνηση διαμέσου των σταδίων προς τα πίσω μόνο οι συνέπειες για τις επιλεγμένες εναλλακτικές παραμένουν. Οι άλλες εναλλακτικές απορρίπτονται επειδή έχει γίνει γνωστό ότι δεν θα επιλεγούν.

Γενική διαδικασία rollback:

1. η αρχή γίνεται από την δεξιά πλευρά τελευταίο κόμβο και γίνεται μετακίνηση προς τα πίσω σε κάθε κλαδί μέχρι να φτάσουμε στον κόμβο της απόφασης
2. γίνεται επιλογή μεταξύ των εναλλακτικών αυτού του κόμβου.

3. απαλείφουμε τον κόμβο απόφασης από όλα όσα διασταυρώνεται εκτός από τις εναλλακτικές προτίμησης
4. συνεχίζουμε την προς τα πίσω μετακίνηση μέχρι να φτάσουμε στην αρχική απόφαση και δούμε ότι δεν υπάρχει άλλος κόμβος απόφασης.

Η διαδικασία rollback συνήθως χρησιμοποιεί ισοδυναμία βεβαιότητας ή αναμενόμενης αξίας επειδή η μετακίνηση ανάμεσα στα στάδια είναι πιο εύκολη από ότι στην άμεση επιλογή.

Διαγράμματα αποφάσεων με πολλαπλά στάδια είναι στρατηγικά μοντέλα. Αυτά συμπεριλαμβάνουν την άποψη διαμέσου των αβεβαιοτήτων και των αποφάσεων που απαιτούν μια αρχική απόφαση. Αυτά τα διαγράμματα συνήθως αναπαριστούνται με μεγάλο αριθμό από ολοκληρωμένες στρατηγικές. Η διαδοχική ανάλυση δεν θεωρεί όλες αυτές τις στρατηγικές σαφείς. Αντίθετα η διαδικασία rollback, εξαλείφει χαμηλότερες στρατηγικές σε κάθε βήμα. Αυτός είναι ο περισσότερο αποτελεσματικός τρόπος προώθησης. Το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας rollback είναι η πιο επιθυμητή ολοκληρωμένη στρατηγική.

Η ολοκληρωμένη στρατηγική είναι μια πρόταση που περιγράφει την αρχική επιλογή και η επιλογή για κάθε επακόλουθη απόφαση ίσως απαιτεί να ακολουθήσουμε την αρχική ή την επακόλουθη επιλογή.

5.9 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΥΠΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ

Η αναθεώρηση κατά Bayes (Halloway 1979) είναι το όνομα που δίνεται σε μια μέθοδο ενσωμάτωσης δεδομένων ή παρατηρήσεων, με πληροφορία γνωστή ως προγενέστερη κατανομή πιθανότητας που εκφράζεται με τυχαίες μεταβλητές. Η σύνδεση ανάμεσα στην προγενέστερη πληροφορία και τα εμπειρικά δεδομένα παρέχεται από πιθανότητες (likelihoods) που είναι επίσης πιθανότητες (πολλές από αυτές τις έννοιες θα αναλυθούν περισσότερο στις επόμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου). Το αποτέλεσμα είναι μια μεταγενέστερη κατανομή πιθανότητας η οποία αντανάκλα και τα εμπειρικά δεδομένα και την προγενέστερη κατανομή της πληροφορίας. Αυτή η προγενέστερη κατανομή πιθανότητας είναι μια υποθετική κατανομή πιθανότητας όπου η υπόθεση παρέχεται από εμπειρικά δεδομένα. Μπορεί να υπολογιστεί με την χρήση του θεωρήματος κατά Bayes.

$$P(A = a / B = b) = \frac{P(B = b / A = a)P(A = a)}{P(B = b)}$$

Υπάρχουν δυο κατηγορίες εφαρμογών για αυτή την διαδικασία. Η πρώτη συμπεριλαμβάνει τους τυχαίους αριθμούς, οι οποίοι αναπαριστούν κάποια χαρακτηριστικά κάποιου πληθυσμού ο οποίος δεν είναι γνωστός επειδή δεν έχουν συλλεχθεί αρκετά δεδομένα. Έτσι υπάρχουν μερικά ισχύοντα αλλά με άγνωστες τιμές οι οποίες μπορούν να παρατηρηθούν με μια επιθυμητή προσοχή διαμέσου του αυξημένου αριθμού παρατηρήσεων. Το πρόβλημα είναι ότι οι περισσότερες παρατηρήσεις που είναι διαθέσιμες είναι ανάλογες και κοστίζουν αρκετά. Η προηγούμενη εμπειρία με κοινές διαδικασίες ίσως παρέχει περισσότερη πληροφορία. Η προηγούμενη εμπειρία και οι παρατηρήσεις που είναι διαθέσιμες μπορούν να συνδυαστούν για την απόκτηση μιας μεταγενέστερης κατανομής για τις τυχαίες τιμές. Μια δεύτερη πλατιά περιοχή περιλαμβάνει αποφάσεις από συγκεκριμένους πληθυσμούς ή κατηγορίες συγκεκριμένων παρατηρήσεων ή σειρά παρατηρήσεων που έχουν αποκτηθεί. Έτσι μερικοί πληθυσμοί και τα χαρακτηριστικά τους έχουν εξακριβωθεί. Το πρόβλημα είναι να αποφασιστεί ο πληθυσμός που αντιστοιχεί σε παρατηρήσεις. Για παράδειγμα μια διαδικασία παραγωγής είναι γνωστή για να έχει δυο διαφορετικές μεθόδους λειτουργίας. Όταν η διαδικασία είναι σε έλεγχο το κλάσμα των απωλειών είναι 0.1 και όταν αυτό είναι εκτός ελέγχου είναι 0.4. Η αναθεώρηση κατά Bayes μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποτίμηση της πιθανότητας, όπου η διαδικασία είναι σε έλεγχο ή εκτός δίνει μια σειρά από παρατηρήσεις. Το κίνητρο είναι να υπάρχει γνώση ποιο από τα δυο είναι υπεύθυνα για την συγκεκριμένη παρατήρηση. Σε μερικές περιπτώσεις δεν υπάρχει πιθανότητα να εξακριβωθεί ο πληθυσμός ή η κατηγορία με βεβαιότητα διαμέσου συνεχόμενων δειγμάτων.

Η αποτίμηση των πιθανοτήτων βασίζεται στην διαδικασία συλλογής δεδομένων. Οι διαδικασίες αντιστοιχούν σε κατανομές Poisson, διωνυμική και κανονική μπορούν να αντιστοιχούν. Σε άλλες περιπτώσεις δεδομένα σχετικής συχνότητας ή ουσιαστικής αποτίμηση πρέπει να γίνει.

Η διαδικασία αναθεώρησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με διακριτών και συνεχών προγενέστερων κατανομών. Οι κανονικές και βήτα προγενέστερες κατανομές αντιστοιχούν στην κανονική και διωνυμική κατανομή. Όταν οι συνεχές προγενέστερες κατανομές δεν ενώνονται για τις διαδικασίες συλλογής πληροφορίας, διακριτές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται.

5.10 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Όλες οι αποφάσεις έχουν κάποιες συνέπειες άμεσες (Halloway 1979), (http://en.wikipedia.org/wiki/Loss_function) ή έμμεσες κατά την διάρκεια λήψης μιας απόφασης. Έτσι είναι απαραίτητο σε κάθε απόφαση να εκτιμάται και συνυπολογίζονται οι επιπτώσεις των αποφάσεων κατά την διάρκεια λήψης μιας απόφασης.

Όταν έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ ενός συνόλου A που περιέχει εναλλακτικές a . Έτσι μοντελοποιούμε την αβεβαιότητα σχετικά με καταστάσεις $\theta \in \Theta$ με μια κατανομή $P(u)$, όπου η παρουσία της πληροφορίας x παρέχεται από ένα πείραμα με πιθανότητες $I(x/\theta)$ που έχει ενημερωθεί από την μεταγενέστερη $P(\theta/x)$. Όταν λοιπόν επιλέγουμε μια εναλλακτική a και μια κατάσταση μ συμβαίνει τότε να αποκτάται μια συνέπεια $c(a,\theta) \in C$, που είναι ο χώρος των επιπτώσεων. Σε πολλά στατιστικά προβλήματα θεωρείται ότι $c(a,\theta) = a-\theta$. Η εκτίμηση των επιπτώσεων θεωρείται ως μια συνάρτηση απώλειας $L(a,\theta)$ και οι εναλλακτικές σύμφωνα με την μεταγενέστερη τους προσδοκώμενη απώλεια $T(L, \alpha) = \int L(\alpha, \theta) dP(\theta | x)$.

5.10 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

Τα διαγράμματα απόφασης με την τελική επισήμανση (Halloway 1979) παρέχουν μια δομή που συνδέει τις εναλλακτικές με τα αποτελέσματα τους και τις συνέπειες τους.

Όταν η πολυπλοκότητα εξαιτίας της αβεβαιότητας ηγείται στην τυπική ανάλυση, οι αναλυτικοί μέθοδοι ίσως προσφέρουν χρήσιμη βοήθεια σε δυο περιοχές. Η πρώτη είναι η αναπαράσταση ή επεξεργασία του μοντέλου και δεύτερον είναι η διαδικασία της επιλογής. Υπάρχουν δυο διαδικασίες για την μοντελοποίηση: τα διαγράμματα αποφάσεων και οι πίνακες πληρωμών. Αυτές οι διαδικασίες είναι χρήσιμες στην δόμηση του προβλήματος απόφασης με σκοπό να οριστούν τα πιθανά αποτελέσματα.

Ουσιαστικά εκτιμούνται οι μονάδες και προσδιορίζονται σε κάθε αποτέλεσμα, έτσι περιγράφονται οι συνέπειες σε κάθε αποτέλεσμα.

5.10.1 ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΛΗΡΩΜΩΝ

Οι πίνακες πληρωμών είναι κάποιες φορές εύκολο (Halloway 1979) να χρησιμοποιηθούν για προβλήματα απόφασης γιατί έχουν μόνο ένα βήμα: αυτό είναι ένας μοναδικός κόμβος απόφασης που ακολουθείται από μοναδικά αβέβαια γεγονότα. Κανόνες και καθοδήγηση για τους πίνακες πληρωμών ακολουθούν:

1. γίνεται έλεγχος ότι μόνο ένας μοναδικός κόμβος απόφασης υπάρχει και ακολουθείται από ένα αβέβαιο γεγονός
2. ελέγχεται ότι το αβέβαιο γεγονός έχει το ίδιο αποτέλεσμα για κάθε πιθανή εναλλακτική.
3. προσδιορίζεται μια στήλη για κάθε εναλλακτική και μια σειρά για κάθε αποτέλεσμα του αβέβαιου γεγονότος
4. αξιολογείται η πληρωμή ή εκτιμούνται οι μονάδες σε σχέση με κάθε ζευγάρι εναλλακτικής/ αποτελέσματος στο σημειωμένο κελί του πίνακα.

Η διαδικασία για κατασκευή διαγράμματος του μοντέλου

Αρχικά η δουλειά που χρειάζεται για την κατασκευή διαγράμματος χωρίζεται σε δυο στάδια. Πρώτον καθορίζονται τα πιθανά αποτελέσματα από την σύνδεση τους με τις αποφάσεις και τα αβέβαια γεγονότα. Δεύτερον γίνεται η εκτίμηση (Halloway 1979) των μονάδων σε κάθε βήμα ή των αποτελεσμάτων. Το πρώτο στάδιο μπορεί να γίνει σε τρία βήματα.

Έτσι κατατάσσουμε τις εναλλακτικές, στην συνέχεια ελέγχεται η ημερομηνία εκτίμησης. Όλες οι εναλλακτικές χρειάζονται να έχουν την ίδια εκτιμώμενη ημερομηνία. Επισημαίνεται ο χρόνος όταν οι κύριες επιδράσεις της αρχικής απόφασης έχουν ολοκληρωθεί. Τέλος αναπτύσσεται αλληλουχία των αβέβαιων γεγονότων και αποφάσεων για κάθε εναλλακτική. Έτσι η αρχή γίνεται με κάποια από

τις αρχικές εναλλακτικές, γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής όλων των πιθανοτήτων που σχετίζονται με εναλλακτικές.

5.10.2 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Η δημιουργία ενός διαγράμματος απόφασης (Halloway 1979) απαιτεί γνώση της διαδικασίας της κατασκευής διαγράμματος καθώς και γνώση του προβλήματος. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο αναλυτής γνωρίζει σχετικά με την διαδικασία και ο διευθυντής- διαχειριστής (manager) σχετικά με το πρόβλημα. Η κατασκευή ενός διαγράμματος είναι πάντα μια επαναληπτική διαδικασία, όπου ο αναλυτής πραγματοποιεί μια σειρά από ερωτήσεις κάνει αρχικά διαγράμματα και επιστρέφει να συζητήσει το διάγραμμα με τον διαχειριστή. Το διάγραμμα είναι μόνο ένα ποσοστό του πραγματικού προβλήματος. Η βασική αρχή για την αποδοχή αυτού του ποσοστού του πραγματικού προβλήματος έγκειται στο πως πρέπει να πάρουμε την απόφαση. Εάν είναι αρκετά κοντά στην πραγματικό πρόβλημα απόφασης με σκοπό να γίνει απεικόνιση των αναγκαίων χαρακτηριστικών με ακρίβεια και επιπρόσθετα την απλοποίηση του προβλήματος για την βελτίωση των ατομικών κρίσεων κάτι τέτοιο μπορεί να προσφέρει σημαντική βοήθεια στο λήπτη αποφάσεων. Σε πολλές περιπτώσεις το αρχικό μέρος της διαδικασίας μοντελοποίησης ίσως αποσαφηνίζει το πρόβλημα σε σημείο που η επιθυμητή επιλογή είναι προφανής.

Η προσδοκώμενη πληρωμή: το ενεργό αποτέλεσμα δεν θα είναι εξίσου η προσδοκώμενη αξία. Ουσιαστικά

- για κάθε ενέργεια, πολλαπλασιάζεται η πιθανότητα και η πληρωμή και τότε
- προστίθενται τα αποτελέσματα κατά σειρά
- επιλέγεται το μεγαλύτερο νούμερο και λαμβάνει εκείνη την ενέργεια

Η κύρια πιθανή κατάσταση της φύσης

- ουσιαστικά λαμβάνεται η κατάσταση της φύσης με την υψηλότερη πιθανότητα
- σε εκείνη την στήλη επιλέγονται οι ενέργειες με την μέγιστη πληρωμή

Όταν δεν υπάρχει κατάλληλη γνώση. Κάθε κατάσταση της φύσης έχει εξίσου μια πιθανότητα (likelihood). Όταν δεν υπάρχει γνώση σχετικά με την φύση, τότε κάθε κατάσταση της φύσης είναι πιθανό να συμβεί:

- Για κάθε κατάσταση της φύσης χρησιμοποιείται μια εξίσου πιθανότητα
- Πολλαπλασιάζεται κάθε αριθμός με την πιθανότητα
- Προστίθενται οι σειρές των ενεργειών και βάζεται το άθροισμα στην στήλη της προσδοκώμενης πληρωμής
- Επιλέγεται το μεγαλύτερο νούμερο από το παραπάνω βήμα και εκτελείται η ενέργεια

Συγκρίνοντας ένα αποτέλεσμα μιας απόφασης με τις εναλλακτικές που είναι σημαντικό συστατικό για την λήψη αποφάσεων. Ένας σημαντικός συντελεστής είναι το να μετανιώσει κάποιος για τις ενέργειες του (regret) που είναι μέτρο του κινδύνου. Αυτό απασχολεί όταν ένα αποτέλεσμα μιας απόφασης συγκρίνεται με το αποτέλεσμα το οποίο θα μπορούσε να λάβει χώρα όταν μια διαφορετική απόφαση είχε ληφθεί. Τα αποτελέσματα από την σύγκριση είναι σαν το αποτέλεσμα της ίδιας της απόφασης.

5.10.3ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΠΛΗΡΩΜΩΝ

Τα διαγράμματα απόφασης ή τα δέντρα απόφασης (Halloway 1979) συχνά ονομάζονται και πίνακες πληρωμών (payoff tables) τα οποία δεν είναι κάτι περισσότερο από γραφικές ή αποτελούμενες από στρώματα αναπαραστάσεις των πιθανών αποτελεσμάτων. Αυτά τα πιθανά αποτελέσματα αποφασίζονται από αβέβαια γεγονότα και διαθέσιμες εναλλακτικές. Η λειτουργία της διαδικασίας είναι απλή και ελκυστική. Ουσιαστικά ένα διάγραμμα απόφασης είναι μια χρονολογική εικόνα το τι συμβαίνει για κάθε εναλλακτική απόφασης. Αποτελεί ένα εργαλείο για να βοηθηθεί η δομή του προβλήματος κατά την παρουσία της αβεβαιότητας. Τέλος είναι πρακτικά για ευθύ σκέψη.

Υπάρχουν συνήθως μερικά διαφορετικά μοντέλα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση ενός προβλήματος απόφασης. Εκτός του ότι

είναι αναγκαία η παροχή σωστών αναπαραστάσεων των αποφάσεων και των αβέβαιων γεγονότων, ένα μοντέλο θα πρέπει να παρέχει με ευκολία στον χρήστη αποφάσεων την εισαγωγή κρίσεων.

Τα προβλήματα απόφασης υπό αβεβαιότητα αποτελούνται από αποφάσεις και αβέβαια γεγονότα. Τυπικά τα διαγράμματα χρησιμοποιούν τα τετράγωνα για την αναπαράσταση της απόφασης και τους κύκλους για τα αβέβαια γεγονότα. Κάθε κλαδί του διαγράμματος αναπαριστά μια εναλλακτική. Οι συνέπειες για κάθε αποτέλεσμα απεικονίζονται στο τέλος του κλαδιού.

Σε ορισμένες περιπτώσεις η δόμηση του προβλήματος είναι αρκετά δύσκολη. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται καθοδήγηση και κανόνες. Συγκεκριμένα:

1. αναγνώριση άμεσα της απόφασης και των εναλλακτικών που θεωρούνται
2. αποφασίζουν μια εκτίμηση για τις συνέπειες της άμεσης απόφασης
3. αναγνώριση όλων των αβέβαιων γεγονότων τα οποία μπορούν άμεσα να επιδράσουν στις συνέπειες των εναλλακτικών που θα οδηγήσουν στην άμεση απόφαση.
4. αναγνώριση όλων των μελλοντικών αποφάσεων οι οποίες μπορούν άμεσα να επιδράσουν στις συνέπειες των εναλλακτικών που θα οδηγήσουν στην άμεση απόφαση.
5. αναγνώριση όλων των αβέβαιων γεγονότων που παρέχει πληροφορία που επιδρά σε κάθε μελλοντική απόφαση
6. τα αποτελέσματα και οι εναλλακτικές σε κάθε κόμβο πρέπει η τομή τους να είναι το κενό σύνολο (mutually exclusive)
7. τα αποτελέσματα και οι εναλλακτικές να αποτελούν ολόκληρο το χώρο (outcome space) (collectively exhaustive)
8. τα γεγονότα και οι αποφάσεις στα διαγράμματα είναι χρονολογικά με την χρήση ημερομηνιών όπου ο λήπτης αποφάσεων μαθαίνει για το αποτέλεσμα ή για την απόφαση που πρέπει να λάβει.
9. δυο ή περισσότεροι κόμβοι γεγονότων δεν χωρίζονται από ένα κόμβο απόφασης ή δυο ή περισσότεροι κόμβοι απόφασης δεν χωρίζονται από κόμβο γεγονότων μπορεί όμως να διασταυρώνονται.

Μια από τις σημαντικότερες πηγές απλοποίησης που παρέχει το διάγραμμα είναι η αναπαράσταση βέβαιων καταστάσεων.

5.11 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΔΕΝΤΡΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ένα δέντρο απόφασης είναι ένα εργαλείο υποστήριξης απόφασης το οποίο χρησιμοποιεί γραφικές αναπαραστάσεις ή μοντέλα αποφάσεων και τις πιθανές συνέπειές τους, συμπεριλαμβανομένων αποτελέσματα τυχαίων γεγονότων, κόστος πηγών και χρησιμότητα. Ένα δέντρο απόφασης χρησιμοποιείται για να εξακριβωθεί η στρατηγική που είναι περισσότερη πιθανή για να φθάσει στο στόχο. Μια άλλη χρήση του δέντρου είναι για τον υπολογισμό των υποθετικών πιθανοτήτων.

Ένα δέντρο απόφασης είναι ένα προβλέψιμο μοντέλο στην διαχείριση βάσεις δεδομένων και στην μηχανή εκμάθησης. Περισσότερο περιγραφικά ονόματα για τέτοια δέντρα είναι τα διευκρινιστικά δέντρα (classification tree)- διακριτό αποτέλεσμα και τα δέντρα παλινδρόμησης (regression tree) – συνεχές αποτέλεσμα.

Στην ανάλυση απόφασης ένα δέντρο απόφασης και ενός κοντινού τρόπου μοντέλο το διάγραμμα ροής. Χρησιμοποιείται σαν εργαλείο υποστήριξης απόφασης όπου οι προσδοκώμενες τιμές (προσδοκώμενη χρησιμότητα) των εναλλακτικών υπολογίζονται.

Ένα δέντρο απόφασης είναι μια χρονολογική αναπαράσταση (Halloway 1979) της διαδικασίας απόφασης. Αυτό αξιοποιεί ένα δίκτυο με δυο τύπων κόμβων: οι κόμβοι (επιλογής) απόφασης που αναπαρίστανται με τετράγωνο σχήμα και οι κόμβοι της κατάσταση της φύσης (τυχαίος) και αναπαρίσταται από κύκλους. Ένα δέντρο απόφασης κατασκευάζεται αξιοποιώντας την λογική του προβλήματος. Για τους τυχαίους κόμβους, επιβεβαιώνεται ότι οι πιθανότητες σε κάθε κλαδί προστίθενται σε ένα. Υπολογίζονται οι προσδοκώμενες πληρωμές από την κύλιση του δέντρου προς τα πίσω (αρχίζοντας προς τα δεξιά και καταλήγοντας προς τα δεξιά). Παρακάτω περιγράφεται βήμα προς βήμα η κατασκευή δέντρου απόφασης:

1. σχεδιάζεται το δέντρο απόφασης με την χρήση τετραγώνων για την αναπαράσταση των αποφάσεων και κύκλους για την αναπαράσταση της αβεβαιότητας
2. εκτιμάται το δέντρο απόφασης με σκοπό να συμπεριλαμβάνονται όλα τα πιθανά αποτελέσματα
3. υπολογίζονται οι τιμές του δέντρου δουλεύοντας από την δεξιά πλευρά προς την αριστερά

4. υπολογίζονται οι τιμές των κόμβων των αποτελεσμάτων της αβεβαιότητας με τον πολλαπλασιασμό των τιμών των αποτελεσμάτων από τις πιθανότητες (για παράδειγμα προσδοκώμενες τιμές)

Στο δέντρο οι τιμές των κόμβων μπορούν να υπολογισθούν όταν υπάρχουν οι τιμές για όλους τους κόμβους. Η τιμή για ένα κόμβο επιλογής είναι η προσδοκώμενη αξία των κόμβων χρησιμοποιώντας την πιθανότητα των τόξων. Από την κύλιση του δέντρου προς τα πίσω από τα κλαδιά προς την ρίζα, μπορεί να υπολογίσει την τιμή όλων των κόμβων συμπεριλαμβανομένης της ρίζας του δέντρου.

5.11.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Μεταξύ των εργαλείων υποστήριξης απόφασης τα δέντρα απόφασης (Halloway 1979) έχουν μερικά πλεονεκτήματα:

- είναι απλά στην κατανόηση και ερμηνεία. Οι άνθρωποι είναι ικανοί να κατανοήσουν τα μοντέλα των δέντρων απόφασης μετά από μια σύντομη εξήγηση.
- Υπάρχει τιμή - αξία ακόμα και με λίγα υπαρκτά αποτελέσματα. Σημαντική βαθιά γνώση, βασίζεται στην περιγραφή μια κατάσταση από τους ειδικούς (εναλλακτικές, πιθανότητες και κόστη) και τις προτιμήσεις για τα αποτελέσματα.
- Με την χρήση ενός μοντέλου άσπρου κουτιού (white box – είναι μια συσκευή ή ένα σύστημα που εσωτερικά μπορείς να το δεις και να το αλλάξεις). Εάν ένα δοσμένο αποτέλεσμα παρέχεται από ένα μοντέλο η εξήγηση για το αποτέλεσμα εύκολα αντιγράφεται από απλά μαθηματικά.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες τεχνικές αποφάσεων.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό να βελτιστοποιηθεί ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο (portfolio).
- Ενθαρρύνουν την σκέψη και τον σχεδιασμό
- Επιστημονική αντικειμενική ανάλυση στην λήψη αποφάσεων

5.11.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Μερικά από τα μειονεκτήματα των δέντρων απόφασης (Halloway 1979) είναι:

- Υποστηρίζει την ακριβή χρήση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται
- Απαιτεί ποιοτικά δεδομένα για να δώσει ολοκληρωμένη εικόνα
- Εκτιμούνται μόνο οι πιθανότητες
- Πραγματικό χρόνο προβλήματα δεδομένων
- Προβλήματα με τον μεγάλο αριθμό δεδομένων το pruning βοηθάει αυτά τα προβλήματα αλλά δεν τα επιλύει. Κατά το pruning δημιουργείται ολόκληρο το δέντρο απόφασης, απορρίπτεται κάθε μη αξιόπιστο φύλλο επαναλαμβάνεται το προηγούμενο βήμα μέχρι το δέντρο απόφασης να είναι συμπαγές αρκετά.
- Δεν συνδυάζει την πληροφορία με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά

5.12 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΞΙΑ ΤΗΣ

Η πληροφορία αποτελεί (Fenner 2002) ένα στοιχείο του εμπορείου. Παλαιότερα η επιτυχία βασιζόταν σε κάποια κριτήρια όπως ο έλεγχος της οικονομίας, σε διάφορες φυσικές πηγές, στην τροφή, την φωτιά. Σήμερα οι επιτυχημένοι άνθρωποι και επιχειρηματίες, είναι εκείνοι οι οποίοι ελέγχουν την πληροφορία. Συγκεκριμένα ελέγχουν την ανάπτυξή της την πρόσβαση της, την ανάλυση και την παρουσίαση της. Συχνά η εποχή μας αναφέρεται ως «η εποχή της πληροφορίας». Η πληροφορία ως στοιχείο του εμπορείου αποτελεί ένα αγαθό, εντούτοις δεν υπάρχουν πειστικοί παγκόσμιοι ορισμοί ή οικονομικές θεωρίες της πληροφορίας.

Υπάρχουν ποικίλα πλαίσια κατά τα οποία γίνεται μια προσπάθεια να οριστεί και να υπολογιστεί η πληροφορία. Για παράδειγμα οι οικονομικές, κοινωνικές και οι επιστήμες της συμπεριφοράς προσεγγίζουν την πληροφορία με πολύ διαφορετικό τρόπο. Οι οικονομολόγοι ορίζουν την πληροφορία σαν ένα φαινόμενο το οποίο μειώνει την αβεβαιότητα και υπολογίζεται σε συμφωνία με την ανταλλαγή ποσοστών τα οποία βασίζονται στην παροχή και στις απαιτήσεις. Συνεπώς οι οικονομολόγοι θεωρούν πληροφορία τα κόστη και τα οφέλη.

Η λέξη πληροφορία χρησιμοποιείται πολύ πλατιά. Αρκετά χρόνια οι ιδέες του μηνύματος, των δεδομένων της πληροφορίας και των γνώσεων έχουν γίνει αρκετά πολύπλοκες (http://www.mit.tut.fi/MIT-3070/Luennot/DMIS_lecture13_05.pdf) και χρειάζονται να οριστούν με την χρήση κάποιων λέξεων. Σύμφωνα με τον Losse 1997: η πληροφορία αποτελεί την αξία των χαρακτηριστικών των αποτελεσμάτων μιας διαδικασίας, αυτά έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν πληροφορία σχετικά με την διαδικασία και τα δεδομένα που προσφέρει. Σύμφωνα με τον Platon η πληροφορία αποτελεί το όριο προς την γνώση. Τέλος σύμφωνα με τον Shannon, το περιεχόμενο της πληροφορίας ενός αποτελέσματος $X : h(x) = \log_2 P(x)^{-1}$, και υπολογίζεται σε bits.

- Αν τα αποτελέσματα X και Y είναι στατιστικά ανεξάρτητα, για παράδειγμα $P(x,y) = P(x)*P(y)$ τότε $h(x,y) = h(x) + h(y)$
- Η εντροπία για ένα σύνολο $H(X) = \langle \log(P(x)^{-1}) \rangle$
- Για κανονική κατανομή $H(X) = (\log(2\pi\sigma^2) + 1) / 2$
- Δεσμευμένη εντροπία $H(X|Y) = \langle \log(P(x|y)^{-1}) \rangle_{x,y}$
- Κοινή πληροφόρηση

$$I(X;Y) = H(X) - H(X|Y) = I(Y;X) = \langle \log(p(x,y) / p(x)*p(y)) \rangle_{x,y}$$

Η ακρίβεια, η ταυτόχρονη και η σχετική πληροφόρηση προσφέρει χρόνο και χρήμα παρόλο της αυξανόμενης αποτελεσματικότητας, της βελτίωσης της παραγωγικότητας και της ραγδαίας ανάπτυξης των νεωτερισμών (<http://www.fhwa.dot.gov/reports/viisvlif.htm>). Για παράδειγμα πρόσβαση σε ερευνητικά αποτελέσματα επιτρέπει στους αντιπροσώπους να ωφεληθούν από τις εμπειρίες των άλλων και να αποφύγουν διπλό κόστος στην προσπάθεια τους. Ενώ τα οφέλη είναι ουσιώδη υπάρχουν δυσκολίες στο να ποσοτικοποιηθούν και έτσι η αξία της πληροφορίας να μην αναγνωρισθεί. Η αξία της πληροφορίας και των υπηρεσιών της συγκεντρώνονται παρακάτω:

- **Η καλή πληροφόρηση μειώνει το κόστος.** Η μείωση του κόστους έχει πρωταρχικό ενδιαφέρον. Μια σειρά από μελέτες και ένας αριθμός ειδικών μελετούν το κόστος των αποθηκευόμενων αποτελεσμάτων από την πρόσβαση στην πληροφορία.

- **Η πληροφορία αποθηκεύει χρόνο.** Η ποιότητα της πληροφορίας αποθηκεύει χρόνο με ποικίλους τρόπους. Συγκεκριμένα, με την αποφυγή του διπλασιασμού των προσπαθειών, με την παύση μη παραγωγικών δραστηριοτήτων, με την τροποποίηση προσεγγίσεων σχεδίασης ή ακόμα και με την διόρθωση άσχημης (κακής) πληροφόρησης.
- **Η πληροφορία βελτιώνει την λήψη αποφάσεων.** Σε μια αποκεντρωτική κοινωνία, η γνώση των αποφάσεων των άλλων οργανισμών και το πώς αυτοί έχουν αντιμετωπίσει κοινές προκλήσεις έχει μεγάλη σημασία.
- **Η πληροφορία προσφέρει ικανοποίηση στους πελάτες.** Αν και πολλοί οργανισμοί δεν μπορούν να ποσοτικοποιήσουν την αξία της πληροφορίας ή της παροχής της πληροφορίας η υπάρχων αξία μεταξύ των χρηστών είναι υψηλή. Η πληροφορία η οποία παρέχεται έχει ως σκοπό την επέκταση των προσδοκιών και των αναγκών τους.

Μετά από παράθεση των σημαντικών εννοιών που πιθανά θα χρησιμοποιηθούν για την συγγραφή της εργασίας, στην συνέχεια γίνεται μια προσπάθεια εισαγωγής της έννοιας αξία της πληροφορίας. Περαιτέρω ανάλυση της αξίας της πληροφορίας θα γίνει στην επόμενη παράγραφο. Συγκεκριμένα, η αξία της πληροφορίας, δηλαδή η σημαντικότητα της, είναι αυτή η οποία αποδίδεται από τον αποφασίζοντα ο οποίος την χρησιμοποιεί. Συνεπώς η απόκτηση ή μη μιας πληροφορίας εξαρτάται από την αξία που της έχει δώσει ο χρήστης της. Η πληροφορία θα πρέπει να αποτελεί σημαντικό περιουσιακό στοιχείο για την εταιρεία. Τα οφέλη από την εκμετάλλευση της, μέσω των πληροφοριακών συστημάτων, θα πρέπει να αφορούν όχι τόσο στην μείωση του κόστους και την βελτίωση της αποδοτικότητας της εταιρείας, αλλά κυρίως στην βελτίωση της σε θέματα λήψης αποφάσεων και χάραξη στρατηγικής.

Πριν γίνει σε βάθος μελέτη της πληροφορίας από την προοπτική της ανάλυσης της απόφασης. Θα πρέπει να δοθούν απαντήσεις στα εξής ερωτήματα:

1. τι σημαίνει για έναν ειδικό να παρέχει τέλεια πληροφόρηση;
2. πως σχετίζεται η πιθανότητα με την ιδέα της πληροφορίας;
3. ποια είναι η κατάλληλη βάση για την εκτίμηση της πληροφορίας σε μια κατάσταση απόφασης;

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια προσπάθεια να δοθούν απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα. Και στο τέλος της εργασίας θα αναπτυχθεί η αξία της πληροφορίας.

Τέλεια πληροφόρηση (<http://www.answers.com/topic/perfect-information>) είναι μια έννοια η οποία χρησιμοποιείται στα οικονομικά και στην θεωρία παιγνίων με σκοπό να περιγράψει μια κατάσταση ολοκληρωτικής γνώσης σχετικά με τις ενέργειες ενός άλλου χρήστη ο οποίος έχει ενημερωθεί αυτόματα καθώς νέες πληροφορίες καταφθάνουν.

Σκάκι είναι ένα παράδειγμα παιχνιδιού με τέλεια πληροφόρηση σε αντίθεση με το δίλημμα του φυλακισμένου.

Στην μικροοικονομία μια κατάσταση τέλει πληροφόρησης απαιτείται για τέλει ανταγωνισμό. Έχει υποτεθεί ότι όλοι οι παράγοντες είναι κατανοητοί και υπάρχει τέλεια πληροφόρηση. Έτσι ο χρήστης θα επιλέξει τα καλύτερα προϊόντα και η αγορά θα ανταμείψει εκείνους οι κάνουν τα καλύτερα προϊόντα με τις υψηλότερες πωλήσεις. Τέλεια πληροφόρηση θα μπορούσε πρακτικά να σημαίνει ότι όλοι οι πελάτες γνωρίζουν όλα τα αγαθά, όλα τα προϊόντα και συνεπώς πάντα λαμβάνουν τις καλύτερες αποφάσεις όσον αφορά την αγορά. Σε ανταγωνιστικές αγορές, σε αντίθεση με το μοντέλο της θεωρίας των παιγνίων, τέλει ανταγωνισμός δεν απαιτεί ότι οι χρήστες έχουν ολοκληρωτική γνώση σχετικά με τις ενέργειες των άλλων, όλη η σχετική πληροφόρηση αντανακλά στις τιμές.

5.12.1 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΕΛΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ

Η πληροφορία του ειδικού θεωρείται ότι είναι (Clemen 1996) τέλεια αν αυτή είναι πάντα σωστή. Όταν γίνεται υπόθεση ότι μια κατάσταση S θα απασχολήσει, τότε οι ειδικοί συμφωνούν και ποτέ δεν μιλάνε για άλλες καταστάσεις οι οποίες μπορούν να απασχολήσουν. Έτσι μπορεί να γίνει χρήση υποθετικών πιθανοτήτων με σκοπό να γίνει μοντελοποίηση της τέλει πληροφόρησης. Για παράδειγμα στο χρηματιστήριο, υπάρχει ένας ειδικός ο οποίος πάντα με σωστό τρόπο εξακριβώνει μια κατάσταση, κατά την οποία η αγορά θα παρουσιάσει αύξηση:

$$P(\text{Ειδικοί λένε ότι η αγορά θα ανέβει} \mid \text{η αγορά πραγματικά θα ανέβει}) = 1$$

Επειδή οι πιθανότητες πρέπει να αθροίζονται στην μονάδα, τότε θα πρέπει:

$P(\text{οι ειδικοί λένε ότι η αγορά θα μείνει η ίδια ή θα αποτύχει} | \text{η αγορά πραγματικά θα ανέβει}) = 0$.

Οι ειδικοί επίσης δεν πρέπει ποτέ να λένε ότι η κατάσταση S θα απασχολήσει αν καμιά άλλη κατάσταση δεν θα απασχολήσει. Δεν υπάρχει λόγος για τους ειδικούς να λένε ότι η αγορά θα ανέβει όταν αυτή πραγματικά θα ανέβει:

$P(\text{οι ειδικοί λένε ότι η αγορά θα ανέβει} | \text{η αγορά πραγματικά θα μείνει η ίδια ή θα αποτύχει}) = 0$

Αν οι ειδικοί λένε ότι η αγορά θα ανεβεί τότε εμείς γνωρίζουμε ότι η αγορά πραγματικά θα ανέβει. Στην συνέχεια θα γίνει χρήση πιθανοτήτων με σκοπό να γίνει μοντελοποίηση της τέλει πληροφόρησης των ειδικών. Κάτι τέτοιο θα πραγματοποιηθεί με την χρήση του θεωρήματος Bayes. Η βασική γνώση θα πρέπει να είναι:

$P(\text{η αγορά πραγματικά θα ανέβει} | \text{οι ειδικοί λένε: η αγορά θα ανέβει})$.

Κάποια σχόλια θα βοηθήσουν περαιτέρω:

- Η αγορά ανεβαίνει = η αγορά πραγματικά ανεβαίνει
- Η αγορά «πέφτει» (down) = η αγορά πραγματικά μένει σταθερή ή πέφτει
- Οι ειδικοί λένε ότι η αγορά ανεβαίνει = οι ειδικοί λένε ότι η αγορά θα ανέβει
- Οι ειδικοί λένε ότι η αγορά πέφτει = οι ειδικοί λένε ότι αγορά θα μένει σταθερή ή πέφτει

Στην συνέχεια γίνεται εφαρμογή του θεωρήματος Bayes:

$P(H \text{ αγορά ανεβαίνει} | \text{Οι ειδικοί λένε ότι η αγορά ανεβαίνει}) =$

$$\begin{aligned} & \frac{P(\text{Οι ειδικοί λένε ότι η αγορά ανεβαίνει} | H \text{ αγορά ανεβαίνει})P(H \text{ αγορά ανεβαίνει})}{P(\text{Οι ειδικοί λένε ότι η αγορά ανεβαίνει} | H \text{ αγορά ανεβαίνει})P(H \text{ αγορά ανεβαίνει})} + \\ & \frac{P(\text{Οι ειδικοί λένε ότι η αγορά ανεβαίνει} | H \text{ αγορά «πέφτει»})P(H \text{ αγορά «πέφτει»})}{P(\text{Οι ειδικοί λένε ότι η αγορά ανεβαίνει} | H \text{ αγορά «πέφτει»})P(H \text{ αγορά «πέφτει»})} = \\ & = \frac{1P(H \text{ αγορά ανεβαίνει})}{1P(H \text{ αγορά ανεβαίνει}) + 1P(H \text{ αγορά «πέφτει»})} = 1 \end{aligned}$$

Συνεπώς παρατηρείται, ότι η πιθανότητα ισούται με 1, ασχέτως με την προηγούμενη πιθανότητα $P(H \text{ αγορά ανεβαίνει})$. Κάτι τέτοιο γίνεται εξαιτίας των

υποθετικών πιθανοτήτων που χρησιμοποιούνται με σκοπό την αναπαράσταση της τέλειας πληροφόρησης των ειδικών. Βέβαια κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί στην πραγματικότητα. Αν οι ειδικοί κάνουν μερικές φορές λάθη οι υποθετικές πιθανότητες μπορεί να είναι 1 και 0 και η προηγούμενη πιθανότητα μπορεί να είναι 1 και 0, θα μπορούσε να υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με το τι τελικά θα συμβεί. Συνεπώς θα μπορεί να γίνεται χρήση των υποθετικών πιθανοτήτων καθώς και του θεωρήματος Bayes με σκοπό να γίνεται ουσιώδης εκτίμηση της πληροφορίας για κάθε απόφαση.

5.12.2 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΤΕΛΕΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

Σύμφωνα με τους Wall, Thomas και Brady (1999) υπάρχουν δυο τύποι περιπτώσεων που μπορούν να θεωρηθούν (http://en.wikipedia.org/wiki/Expected_value_of_perfect_information) ως το περιεχόμενο της αξίας της πληροφορίας και αυτά είναι η αναμενόμενη αξία της τέλειας πληροφορίας (EVPI) και η αναμενόμενη αξία της ατελής πληροφορίας (EVII) ή της πληροφορίας του δείγματος (EVSI).

Η εξέλιξη της πληροφορίας στο στατιστικό σκοπό της θεωρίας των αποφάσεων, από την αναμενόμενη αξία της πληροφορίας προϋποθέτει την γνώση μιας σειράς βασικών δεδομένων. Αυτό αποτελεί ένα από τα κρίσιμα σημεία για την εξέλιξη της πληροφορίας.

Ένα καλό αναγνωρισμένο στατιστικό πρόβλημα απόφασης περιγράφεται από:

- Ένα παραμετρικό σύνολο : $\Theta = \{ \theta_1, \dots, \theta_2 \}$
- Μια σειρά από πιθανές αποφάσεις : $D = \{ d_1, \dots, d_k \}$
- Μια συνάρτηση απώλειας : $l(\theta, d) \in \mathcal{R}$ για κάθε $\theta \in \Theta, d \in D$
- Έστω : $X = \{ x_1, \dots, x_m \}$
- Ένα πληροφοριακό σύστημα : $p_\theta(x) \in [0,1]$ για κάθε $\theta \in \Theta, x \in X$
ικανοποιώντας $\sum_{x \in X} p_\theta(x) = 1$ για κάθε $\theta \in \Theta$
- Και τέλος : $\pi(\theta) \in [0,1]$ για κάθε $\theta \in \Theta$, το οποίο ικανοποιεί $\sum_{\theta \in \Theta} \pi(\theta) = 1$

Αν η συνάρτηση χρησιμότητας είναι γραμμική το μέγιστο ανεκτό πληροφοριακό κόστος, ονομάζεται αναμενόμενη αξία της πληροφορίας (EVI) και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$EVI = \min_{d \in D} \sum_{\partial \in \Theta} \pi(\partial) l(\partial, d) - \sum_{x \in X} \min_{d \in D} \sum_{\partial \in \Theta} \pi(\partial) p_{\partial}(x) l(\partial, d).$$

Εξίσωση 2

Η αναμενόμενη αξία της πληροφορίας μπορεί επίσης να οριστεί για άπειρα σύνολα υπό μερικές συνθήκες σε αναλογία με την σχέση (1). Η EVI είναι πάντα μη αρνητική (θετική ή μηδέν). Ο καθορισμός της προϋποθέτει την γνώση όλων των παραπάνω που έχουν περιγραφεί ως βασικά δεδομένα, και κατά επέκταση της γνώσης:

- Όλων των πιθανών καταστάσεων
- Όλων των πιθανών αποφάσεων και όλων των πιθανών επακόλουθών τους
- Όλων των πιθανών αποτελεσμάτων των εξεταζόμενων πειραμάτων (προβλημάτων) και των πιθανοτήτων τους
- Και μια κατάλληλη προηγούμενη κατανομή

Συγκεκριμένα ο καθορισμός της προηγούμενης κατανομής περιέχει αρκετές δυσκολίες. Για παράδειγμα, υπάρχει μόνο μια πραγματική συνάρτηση απώλειας, η οποία μπορεί να οριστεί με ακρίβεια επαρκώς, από την ανάλυση. Αλλά δεν υπάρχει μόνο μία προηγούμενη κατανομή.

Η χειρότερη πιθανή περίπτωση η οποία θα μπορούσε να συμβεί, θα ήταν να υπάρχει αδιαφορία σχετικά με το τι ακούει αυτός που λαμβάνει την απόφαση. Επίσης ο λήπτης αποφάσεων θα μπορούσε να πάρει μια απόφαση, την οποία θα μπορούσε να είχε σκεφτεί κατά πρώτη εκτίμηση. Σε αυτή την περίπτωση η πληροφορία έχει μηδέν αναμενόμενη αξία. Η χειρότερη λοιπόν αναμενόμενη αξία της πληροφορίας είναι μηδέν. Αλλά αν υπάρχει μια βέβαιη περίπτωση, στην βάση της οποίας ο λήπτης αποφάσεων μπορεί να αλλάξει την σκέψη του και να πάρει μια διαφορετική απόφαση, τότε η αναμενόμενη αξία της πληροφορίας, πρέπει να είναι θετική. Συνεπώς η αναμενόμενη αξία της πληροφορίας μπορεί να είναι θετική ή μηδέν αλλά ποτέ αρνητική.

Σε μια άλλη ακραία περίπτωση η τέλεια πληροφορία είναι η καλύτερη πιθανή κατάσταση. Τίποτα δεν θα μπορούσε να είναι καλύτερο από την λύση όλων των αβεβαιοτήτων σε ένα πρόβλημα. Όταν όλες οι αβεβαιότητες λυθούν τότε δεν θα υπάρχει ανησυχία σχετικά με ατυχής εκβάσεις (αποτελέσματα), για κάθε επιλογή θα υπάρχει ακριβώς και μια λύση. Συνεπώς η αναμενόμενη αξία της τέλειας πληροφορίας παρέχεται σε ένα άνω όριο για την αναμενόμενη αξία της πληροφορίας γενικά. Η αναμενόμενη αξία για κάθε πληροφορία θα πρέπει να είναι κάπου στο μηδέν και στην αναμενόμενη αξία της τέλειας πληροφορίας.

Τελικά, γίνεται επεξεργασία της αναμενόμενης αξίας της πληροφορίας σε σχέση με συγκεκριμένες επιλογές που λαμβάνονται. Η αναμενόμενη αξία της πληροφορίας εξαρτάται από το συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης. Για αυτό το λόγο, διαφορετικοί άνθρωποι σε διαφορετικές καταστάσεις, ίσως θέσουν διαφορετικές αξίες στην ίδια πληροφορία.

Ένα πρόβλημα απόφασης με αβεβαιότητα
(<http://homepage.univie.ac.at/georg.pflug/science/technicalreports/JBaF4.pdf>)

περιγράφεται από μια σειρά από πιθανές αποφάσεις X , η παρουσία μιας τυχαίας μεταβλητής Y , ορίζεται ως μια μερική χωρική πιθανότητα $(\Omega, \bar{F}, P)$ και μια μεταβλητή μηνύματος M , το οποίο είναι διαθέσιμο στον χρήστη πριν αυτός πάρει μια απόφαση. Η απόφαση x μπορεί συνεπώς να είναι μια συνάρτηση της διαθέσιμης πληροφορίας M , για παράδειγμα $x=x(M)$. Αν η συνάρτηση όφελους είναι H , το πρόβλημα της απόφασης οφείλει να μεγιστοποιήσει το προσδοκώμενο κέρδος.

$$\max\{E[H(x(M), Y)]: x(M) \in X\}.$$

Η μεταβλητή του μηνύματος M_1 μπορεί να θεωρηθεί εξίσου καλή όσο η M_2 εάν υπάρχει μια συνάρτηση f τέτοια ώστε $M_2 = f(M_1)$. Αν M_1 είναι εξίσου καλή όσο η M_2 τότε:

$$\{E[H(x(M_1), Y)]: x(M_1) \in X\} \geq \max\{E[H(x(M_2), Y)]: x(M_2) \in X\}.$$

Η κλασσική θεωρία με αβεβαιότητα θεωρεί μόνο δυο κρίσιμες περιπτώσεις:

- Την έλλειψη πληροφόρησης
- Την πλήρη πληροφόρηση

Συγκεκριμένα για την τελευταία περίπτωση έχουμε:

$$x \mapsto EOL(x) = \max\{E[H(x(Y), Y)]: x(Y) \in X\} - E[H(x, Y)],$$

το οποίο ορίζεται ως την αναμενόμενη ευκαιριακή συνάρτηση απώλειας (expected opportunity loss function). Η ελάχιστη τιμή αυτής της συνάρτησης ορίζεται ως η αναμενόμενη αξία της τέλει πληροφόρησης

Συγκεκριμένα προσδοκώμενη ευκαιρία απώλειας (EOL)

- εγκαθίσταται μια απώλεια του πίνακα πληρωμών από την λήψη της μέγιστου αριθμού κάθε κατάστασης της φύσης δηλαδή η στήλη ονομάζεται L και αφαιρούνται όλα τα νούμερα σε κάθε στήλη από αυτό, δηλαδή $L - X_{ij}$
- για κάθε ενέργεια πολλαπλασιάζεται η πιθανότητα και η απώλεια και τότε προστίθεται για κάθε ενέργεια
- επιλέγεται η ενέργεια με το μικρότερο EOL

$$EVPI[Y] = \max\{E[H(x(Y), Y)]: x(Y) \in X\} - \max\{E[H(x, Y)]: x \in X\}$$

Εξίσωση 3

Στην θεωρία των αποφάσεων, η αναμενόμενη αξία της τέλει πληροφορίας (EVPI), ορίζεται ως (http://en.wikipedia.org/wiki/Expected_value_of_perfect_information) η τιμή που κάποιος με την θέληση του θα μπορούσε να πληρώσει με σκοπό να αποκτήσει πρόσβαση στην τέλεια πληροφορία (Y).

Η EVPI είναι πάντα μη αρνητική και μηδενίζεται, αν το Y είναι μια σταθερά. Η EVPI είναι το κόστος για κάτι το μη προβλεπόμενο. Η τιμή της EVPI είναι ένα παράδειγμα συνάρτησης καθαρού κινδύνου.

Το EVPI βοηθάει με σκοπό να αποφασιστεί η αξία ο λήπτης αποφάσεων ο οποίος κατέχει τέλεια πληροφόρηση. Θεωρείται ότι $EVPI = EOL$.

- Λαμβάνεται η μέγιστη πληρωμή για κάθε κατάσταση της φύσης
- Πολλαπλασιάζεται για κάθε περίπτωση με την πιθανότητα για κάθε κατάσταση και τότε προστίθονται
- Τέλος αφαιρείται η προσδοκώμενη πληρωμή από τον αριθμό που αποκτιέται στο προηγούμενο βήμα

Επίσης η EVPI ορίζεται ως :

$$EVPI = EMV \text{ με τέλεια πληροφορία} - EMV \text{ με διαθέσιμη πληροφορία}$$

Όπου EMV, είναι ουσιαστικά ο ορισμός της αξίας κάθε κατάστασης στην φύση και υπολογίζεται αναμενόμενη αξία σαν αναμενόμενη νομισματική αξία (Expected

Monetary Value, EMV). επιλέγεται η εναλλακτική η οποία έχει το υψηλότερο αναμενόμενο κέρδος (η χαμηλότερο αναμενόμενο κέρδος).

$$EMV_i = \sum p_i r_i$$

όπου r_i , p_i αντίστοιχα παρουσιάζει την i -οστή αμοιβή της εναλλακτικής και πιθανότητας.

Δυο μηνύματα M_1 και M_2 είναι εξίσου ίδια και αναμφίβολα αυτά παράγουν την σ-άλγεβρα. Θέτουμε $F \subseteq \bar{F}$ να είναι ίδια σ-άλγεβρα που περιγράφει την διαθέσιμη πληροφορία στον χρήστη. Τότε η γενίκευση της (2) είναι η αξία της πλήρους πληροφορίας $R_F[Y]$, για παράδειγμα το πλεονέκτημα της πλήρους πληροφορίας $\bar{F}$ στην μερική πληροφορία F ,

$$R_F[Y] = \max\{E[H(x, Y)]: \text{χείναι } \bar{F} \text{ μετρήσιμο}\} - \max\{E[H(x, Y)]: \text{χείναι } F \text{ μετρήσιμο}\}$$

Εξίσωση 4

Στην συνέχεια γίνεται εισαγωγή των συναρτήσεων

$$\bar{H}(y) = \max\{H(x, y): x \in X\}$$

και

$$\bar{H}(x, y) = \bar{H}(y) - H(x, y)$$

και η (3) γίνεται ως

$$R_F[Y] = \min\{E[\bar{H}(x, Y)]: \text{χείναι } F \text{ μετρήσιμο}\}$$

Αν επιλεγθεί στην (3) η μη μηδενική σ-άλγεβρα $F_0 = (\emptyset, \Omega)$, τότε η συνάρτηση R απλοποιείται στην τιμή της EVPI:

$$R_{F_0}[Y] = EVPI[Y].$$

5.13 ΑΤΕΛΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ

Η ατελής πληροφόρηση προσεγγίζεται ως το ακριβός αντίθετο της τέλει πληροφόρησης. Ουσιαστικά αντανακλά στην πιθανότητα κατά την οποία αποκτάται ατελής πληροφόρηση σχετικά με κάποια αβέβαια γεγονότα τα οποία επιδρούν στην

τελική απόφαση. Κάτι τέτοιο ίσως αποτελεί μια πρόβλεψη, μια εκτίμηση ή διάγνωση από ένα ειδικό ή μια πληροφορία από υπολογιστικό μοντέλο.

5.13.1 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΑΤΕΛΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

Σπάνια ένας λήπτης αποφάσεων έχει πρόσβαση στην τέλεια πληροφόρηση. Είναι γεγονός ότι οι πηγές πληροφόρησης συνήθως υπόκεινται σε σημαντικά λάθη. Συνεπώς επεκτείνεται η ανάλυση με σκοπό να μελετηθεί η ατελής πληροφόρηση.

Η αναμενόμενη αξία της ατελούς πληροφόρησης (EVII) χρησιμοποιεί την ιδέα των πιθανοτήτων με σκοπό να υπολογίσει τις αναμενόμενες αξίες. Η πληροφορία ποικίλει όσον αφορά την αξιοπιστία και έχει την δυνατότητα δημιουργίας ενός δέντρου απόφασης ιδιαίτερα πολύπλοκου.

Η EVII υπολογίζεται με την χρήση της EMV. Συγκεκριμένα:

$$EVII = EMV \text{ με ατελής πληροφορία} - EMV \text{ με διαθέσιμη πληροφορία.}$$

Επιπρόσθετα ισχύει η σχέση:

$$0 \leq EVII \leq EVPI .$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΚΑΙ ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά στους πράκτορες και στην ομαδική λήψη αποφάσεων. Αρχικά στις παραγράφους 6.2 μέχρι 6.4.2 θα αναφερθούν κάποια σημαντικά στοιχεία για την ανάγκη χρήσης πρακτόρων για την λήψη αποφάσεων. Συγκεκριμένα στις 6.2 και 6.3 γίνεται αναφορά για την σχέση της λήψης αποφάσεων με την τεχνητή νοημοσύνη. Στις 6.4 μέχρι 6.4.2 γίνεται αναφορά για την λογική και την σημασιολογία τα οποία είναι βασικό υπόβαθρο για την χρήση και δράση των πρακτόρων. Στην 6.5 αναλύονται οι διανοητικές καταστάσεις. Στην 6.6 δίνεται ορισμός πρακτόρων. Στην 6.6.1 γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά ευφύων πρακτόρων, στην 6.7 γίνεται αναφορά στην επικοινωνία, συντονισμό, διαπραγμάτευση και στην συνέχεια στις 6.7.1 ως 6.7.3 αναλύονται. Στην 6.7.3.1 αναλύονται τρόποι διαπραγμάτευσης και στην 6.7.4 αναλύεται η επικοινωνία και οι αλληλεπιδράσεις των ευφύων πρακτόρων. Στην 6.8 ομαδική λήψη αποφάσεων.

6.2 ΣΧΕΣΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Οι περισσότερες λήψεις αποφάσεων στον πραγματικό κόσμο είναι αναγκαίο για την επίλυση επιχειρηματικών προβλημάτων και η διαδικασία επίλυσης προβλημάτων γίνεται με ένα γενικευμένο έλεγχο και με την διαδικασία λήψης αποφάσεων. Από την άποψη αυτή είναι προφανές ότι ολόκληρη η διαδικασία αναπτύσσεται με βάση την θεωρία αποφάσεων και ελέγχου, η οποία μπορεί να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση προβλημάτων στην περιοχή της τεχνητής νοημοσύνης.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να παρουσιάσουμε πως οι τεχνικές της τεχνητής νοημοσύνης σχετίζονται με τον σχεδιασμό των συστημάτων απόφασης. Στην ουσία

(Felsen 1976) η ανάλυση αποφάσεων καταλαμβάνει τρεις βασικές περιοχές της τεχνητής νοημοσύνης.

1. **αναγνώριση προβλήματος (pattern recognition):** οι τεχνικές αυτές επιτρέπουν σε κάποιον να δει ένα σύστημα αποφάσεων να σχεδιάσει το πρόβλημα και να το αναπαραστήσει σε ένα διάγραμμα καταστάσεων και να επισημάνει τις βασικές αρχές. Έτσι στο πρόβλημα των αποφάσεων μπορεί να δοθεί νέα ερμηνεία με την βοήθεια των τεχνικών της τεχνητής νοημοσύνης οι οποίες είναι διαθέσιμες για την σύνθεση συστημάτων αποφάσεων.
2. **εκμάθηση (learning):** η ιδέα της εκμάθησης κάνει πιθανό το σχεδιασμό συστημάτων απόφασης τα οποία μπορούν βαθμιαία να βελτιώσουν την εκτέλεση κατά την διάρκεια της λειτουργίας, διαμέσου μιας διαδικασίας εκμάθησης. Σαφώς η διαδικασία εκμάθησης εμπεριέχει την ανάγκη για απομνημόνευση, αποθήκευση της πληροφορίας η οποία προέρχεται από παλιά εμπειρία, η οποία ίσως χρειαστεί μελλοντικά. Μια ξεχωριστή μνήμη ίσως σχετίζεται με κάθε κατάσταση απόφασης. Δυο τύποι μνημών διακρίνονται: οι βραχυπρόθεσμοι και οι μακροπρόθεσμοι. Η βραχυπρόθεσμη αναφέρεται στην απομνημόνευση συγκεκριμένης πληροφορίας για όσο καιρό το σύστημα, βρίσκεται στην ίδια κατάσταση απόφασης. Η μακροπρόθεσμη, αναφέρεται στην απομνημόνευση συγκεκριμένης πληροφορίας εκτός από την παρούσα κατάσταση απόφασης ή πληροφορία σε μερικές καταστάσεις αποφάσεων.
3. **επίλυση ευριστικού προβλήματος (heuristic problem solving):** συχνά το κύριο πρόβλημα για τα συστήματα αποφάσεων δεν μπορούν να δομηθούν με ακρίβεια, ή αν μπορεί αυτό να δομηθεί, η δόμηση δεν είναι εφικτή μαθηματικά. Σε αυτή την περίπτωση ο γενικός αντικειμενικός σκοπός είναι δημιουργία ιεραρχικής δόμησης της ομάδας ή της υποομάδας. Σε κάθε υποομάδα αντιστοιχεί ένα υποπρόβλημα, όπου ο κύριος στόχος επιτυγχάνεται. Η αναπαράσταση των τεχνικών του προβλήματος αναπτύσσεται με τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των καταστάσεων της απόφασης. Κάθε κατάσταση απόφασης αντιστοιχεί με ένα πρόβλημα απόφασης. Οι καταστάσεις απόφασης είναι περιοχές στα δέντρα απεικόνισης για τις οποίες μια μοναδική επιλογή απόφασης υπάρχει. Οι καταστάσεις προβλήματος επιτρέπουν τον εντοπισμό ενός βέλτιστου προβλήματος για ολόκληρο το διάγραμμα απεικόνισης σε

μικρότερες περιοχές του διαγράμματος , και με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η διαδικασία εκμάθησης στο σύστημα βελτιστοποίησης.

Ανακεφαλαιώνοντας, για την ανάπτυξη συστημάτων επίλυσης προβλημάτων είναι αναγκαία η ευφυής συμπεριφορά και για των τεχνικών της καλύτερης κατανόησης του προβλήματος. Η κατανόηση των καταστάσεων του προβλήματος, επιτυγχάνει την μορφοποίηση του προβλήματος των αποφάσεων και την αναπαράσταση του σε ένα αποδεκτό τύπο του συστήματος των αποφάσεων (Jerry Felsen 1976).

6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Ο αντικειμενικός σκοπός είναι η αυτόματη λήψη αποφάσεων σε πολύπλοκες καταστάσεις της πραγματικής ζωής. Με την βοήθεια των τεχνικών οι οποίες προσανατολίζονται στους υπολογιστές, γίνεται μια προσπάθεια τυποποίησης και μηχανοποίησης μερικών από των διαδικασιών απόφασης , οι οποίες απαιτούν κρίση και ευφυΐα, όταν εφαρμόζεται από τον ανθρώπινο λήπτη αποφάσεων. Η όλη διαδικασία πραγματοποιείται σε μια γενική περιοχή όπου η επιστήμη των υπολογιστών και του μάνατζμεντ (management sciences) διασταυρώνονται. Έτσι λοιπόν το αρχικό ενδιαφέρον εστιάζεται γύρω από τις περιοχές όπου η τεχνητή νοημοσύνη και η θεωρία των αποφάσεων διασταυρώνονται. Κάτι τέτοιο μπορεί να εμφανισθεί σε κάποιες περιπτώσεις όπου οι αποφάσεις μπορεί να είναι αυτόματες από τυπικούς κανόνες και διαδικασίες (Felsen 1976).

Η συλλογή, η επιλογή, η εκτίμηση και η χρήση πληροφοριών για την υποστήριξη των αποφασίζόντων στην λήψη αποφάσεων καθώς και ο συντονισμός της απόκτησης της πληροφόρησης και των προσπαθειών επίλυσης προβλημάτων των πόρων πληροφόρησης και των συστημάτων λήψης αποφάσεων, γίνεται μια όλο και περισσότερο κρίσιμη διαδικασία. Στις απαιτήσεις αυτές ανταποκρίνονται οι ευφυείς πράκτορες (intelligent software agents).

6.4 ΤΥΠΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ (MODAL LOGIC)

Η επιστήμη των υπολογιστών είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη θεωριών οι οποίες ειδικεύονται και αιτιολογούν συστήματα υπολογιστών. Στην συνέχεια θα δοθούν ορισμένες τεχνικές οι οποίες έχουν αναπτυχθεί για τα πολυπαρακτορικά συστήματα. Η δεσπόζουσα προσέγγιση η οποία χρησιμοποιείται να κάνει αυτό είναι η τυπική λογική. Η βασική ιδέα είναι η ανάπτυξη λογικής η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίζει διανοητικές καταστάσεις πρακτόρων οι οποίοι δρουν και αλληλεπιδρούν.

Η κλασική λογική δεν είναι κατάλληλο για τους συγκεκριμένους τύπους για την αιτιολόγηση της ιδέας του σκοπού, και για εναλλακτικές τυποποίησης απαιτούνται.

Γενικά υπάρχουν δυο προβλήματα τα οποία αναπτύχθηκαν για την ανάπτυξη λογικής τυποποίησης για διάφορους σκοπούς και είναι γνωστά ως συντακτικά και σημασιολογικά. Αυτά βασίζονται στο γεγονός ότι κάθε τυποποίηση μπορεί να χαρακτηρίζεται από δυο ανεξάρτητες ιδιότητες: την γλώσσα της τυποποίησης και το σημασιολογικό μοντέλο.

Υπάρχουν δυο βασικές ιδιότητες στο σημασιολογικό πρόβλημα. Η πρώτη είναι η χρήση μιας modal γλώσσας η οποία περιέχει μη αληθής συναρτησιακή modal operators, οι οποίοι εφαρμόζονται στην τυποποίηση. Μια εναλλακτική προσέγγιση περιλαμβάνει την χρήση μιας meta-language δήλωσης και δίνει οτιδήποτε αξιωματικό έχει κριθεί κατάλληλο. Και οι δυο αυτές προσεγγίσεις έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους.

Εξίσου με το συντακτικό πρόβλημα υπάρχουν δυο βασικές προσεγγίσεις στο σημασιολογικό πρόβλημα. Η πρώτη, καλά αναγνωρισμένη και περισσότερο πλατιά χρήση της προσέγγισης είναι η υιοθέτηση πιθανού πλήθους σημασιολογία (possible-worlds semantics), όπου οι πεποιθήσεις, η γνώση και οι στόχοι χαρακτηρίζονται ως μια σειρά από κοινά επικαλούμενα πιθανού πλήθους/κόσμου (possible-worlds), με μια εξαρτημένη σχέση που υπάρχει ανάμεσα τους. Η πιθανού πλήθους/κόσμος (possible-worlds semantics) έχει συνδεθεί με την αντίστοιχη θεωρία, η οποία κάνει αυτά ένα ελκυστικό μαθηματικό εργαλείο. Ωστόσο αυτά έχουν συνδεθεί με αρκετές δυσκολίες, οι οποίες παρατηρούνται σε διάφορα προβλήματα παντογνωσίας, που υπονοούν ότι οι πράκτορες είναι τέλει

κριτές. Μια μικρή ποικιλία από θέματα πιθανού πλήθους (possible-worlds) έχουν προταθεί σε μια προσπάθεια αντίστοιχης θεωρίας αλλά χωρίς λογική παντογνωσία.

Η περισσότερη κοινή εναλλακτική στα μοντέλα πιθανού πλήθους για τις πεποιθήσεις είναι η χρήση προτασιακού λογισμού ή μια προσέγγιση συμβολικών διερμηνέων. Έτσι λοιπόν οι πεποιθήσεις θεωρούνται σαν συμβολικοί τύποι, οι οποίοι αναπαριστούνται με μια δομή δεδομένων που σχετίζεται με ένα πράκτορα.

6.4.1 ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΑ ΠΙΘΑΝΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ ΓΙΑ ΤΥΠΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ (MODAL LOGIC)

Το μοντέλο πιθανού πλήθους για επιστημονική λογική έχει προταθεί από τον Hintikka (1962) (Wooldridge 2002) και είναι σήμερα το περισσότερο κοινά τυποποιημένο με την χρήση τεχνικών με μια τυπική λογική (modal logic) που αναπτύχθηκε από τον Kripke (1963) (Wooldridge 2002). Η διαισθητικότητα του Hintikka, βοήθησε στο να δει ότι οι πεποιθήσεις του πράκτορα μπορούν να χαρακτηρισθούν σε σχέση με μια σειρά από πιθανούς κόσμους/πιθανά πλήθη (possible-worlds), με τον ακόλουθο τρόπο. Θεωρούμαι ένα πράκτορα ο οποίος παίζει παιχνίδι με κάρτες. Σε αυτό το παιχνίδι αυτό που γνωρίζει ο καθένας είναι ότι ο αντίπαλος του έχει στην κατοχή του τις κάρτες και ο ένας από τους δυο παίκτες έχει την δυνατότητα να παίξει. Επίσης ολοκληρωμένη γνώση για τις κάρτες του αντιπάλου είναι σχεδόν απίθανη. Θεωρείται ότι γίνεται μια προσπάθεια να εξαχθεί αφαιρετικό συμπέρασμα τι κάρτες κρατάει ο αντίπαλος. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει από ένα πρώτο υπολογισμό όλων των ποικίλων τρόπων που οι κάρτες που βρίσκονται μέσα στο πακέτο θα μπορούσαν να πιθανά να κατανεμηθούν μεταξύ των διάφορων παικτών. Για χάρη των διαφωνιών υποτίθεται ότι κάθε πιθανή διαμόρφωση περιγράφεται με ένα ξεχωριστό χαρτί. Όταν η διαδικασία ολοκληρωθεί, οι πράκτορες θα μπορούν να αρχίσουν να εξαλείφουν συστηματικά από τα χαρτιά όλες εκείνες τις διαμορφώσεις οι οποίες δεν είναι πιθανές να δώσουν εκείνο το οποίο γνωρίζουν. Για παράδειγμα κάθε διαμόρφωση η οποία δεν κατέχει τους άσσους μπαστούνια μπορεί να απορριφθεί

άμεσα ως απίθανη. Έτσι κάθε μέρος του χαρτιού που απομένει σε αυτή την διαδικασία καλείται ως κόσμος/πλήθος (world). Κάθε κόσμος/πλήθος (world) αναπαριστά μια κατάσταση μιας υπόθεσης, ενός συμβάντος η οποία θεωρείται πιθανή, δοσμένη ως γνωστή. Ο Hintikka (1962) (Wooldridge 2002), επινοεί τον όρο επιστημονικές εναλλακτικές, για να περιγράψει τον κόσμο τα πλήθη που πιθανών δίνονται στις πεποιθήσεις του πράκτορα. Όσον αφορά το παραπάνω παράδειγμα, είναι αληθές σε όλες τις επιστημονικές εναλλακτικές ότι έχει τον άσσο στο μαστούνι.

Από την παραπάνω ανάλυση είναι φανερό, ότι αυτή η τεχνική έχει ένα έμμεσο τρόπο να χαρακτηρίζει τις πεποιθήσεις και έχει δυο πλεονεκτήματα. Πρώτον παραμένει ουδέτερη στο θέμα γνωστικής δομής των πρακτόρων. Κάτι τέτοιο βέβαια δεν επιβεβαιώνει την ύπαρξη συλλογής πιθανών κόσμων (possible-worlds). Απλά είναι ένας βολικός τρόπος που χαρακτηρίζει τις πεποιθήσεις. Δεύτερον, η μαθηματική θεωρία η οποία σχετίζεται με την τυποποίηση των πιθανών κόσμων (possible-worlds), είναι ιδιαίτερα ελκυστική. Τώρα το επόμενο βήμα είναι πως οι πιθανοί κόσμοι (possible-worlds), ενσωματώνονται μέσα στο σημασιολογικό πλαίσιο της λογικής.

6.4.2 NORMAL MODAL LOGICS

Η επιστημονική λογική τυποποιείται ως normal modal logics με την χρήση της σημασιολογίας η οποία αναπτύχθηκε από τον Kripke το 1963 (Wooldridge 2002).

Η modal logics αναπτύχθηκε από φιλοσόφους οι οποίοι ενδιαφέρονται από την διάκριση ανάμεσα στην απαραίτητη αλήθεια και στην περισσότερη γνωστική αλήθεια. Διαισθητικά, μια απαραίτητη αλήθεια είναι κάτι το οποίο είναι αληθές επειδή αυτό δεν γίνεται διαφορετικά, ενώ μια γνωστική αλήθεια είναι κάτι το οποίο εύλογα θα μπορούσε να γίνει διαφορετικά. Ουσιαστικά με την modal logics γίνεται μια προσπάθεια μοντελοποίησης της γνώσης και των πεποιθήσεων. Οι κόσμοι/ τα πλήθη (worlds), λοιπόν είναι τα μοντέλα τα οποία ερμηνεύονται ως επιστημονικές εναλλακτικές, η ευκολία προσέγγισης ορίζεται από τις εναλλακτικές που είναι δοσμένες για τον κόσμο /το πλήθος (world). Η λογική διαπραγματεύεται με την γνώση ενός πράκτορα (Wooldridge 2002).

6.5 ΔΙΑΝΟΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Για την κατανόηση των διανοητικών (Wooldridge 2002) , (Felsen 1976) καταστάσεων έχει γίνει μια σταθερή προσπάθεια από πολλούς ερευνητές, και παρακάτω παρουσιάζονται σχετικές:

- **Δομή:** ένα μεγάλο τμήμα της AI (artificial intelligent) βιβλιογραφίας τυποποιεί της διανοητικές καταστάσεις, διαπραγματεύονται με την διακριτή διανοητική συνεισφορά, όπως είναι οι πεποιθήσεις, η γνώση και η δυναμική τους. Ωστόσο μια σειρά από ερευνητές προτείνουν περισσότερο ολοκληρωμένα μοντέλα ως προς την διανοητική κατάσταση. Ενώ ο στόχος τους είναι να παρέχουν ελκυστικά και εύχρηστα εργαλεία για τις προδιαγραφές των πρακτόρων και για τον σχεδιασμό τους, περισσότερο από την μοντελοποίηση των πρακτόρων, η οποία σχετίζεται με την ερώτηση ποια είναι η δομή του μοντέλου που χρειάζεται να έχουμε. Οι Rao και Georgeff (1993), όρισαν ένα διερμηνέα ο οποίος χρησιμοποιεί τρεις διανοητικές καταστάσεις, τις πεποιθήσεις, τους σκοπούς και τις επιθυμίες. Ο Pollack, πρότεινε μια αφηρημένη αρχιτεκτονική πρακτόρων η οποία βασίζεται σε κοινές διανοητικές καταστάσεις. Οι Rosenschein και Kaelbling (1996) ανέπτυξαν ένα διερμηνέα ο οποίος μπορεί να εφαρμόσει συμπεριφορά η οποία ειδικεύεται στην χρήση αντιλήψεων όπως είναι η γνώση και οι στόχοι. Ο Shoham (1993), παρουσίασε μια γλώσσα αντικειμενοστραφή προγραμματισμού του πράκτορα η οποία βασίζεται στην ιδέα των πεποιθήσεων και υποχρεώσεων. Αυτό το οποίο λείπει από την δομή είναι η ιδέα των κριτηρίων της απόφασης, τα οποία ενσωματώνονται στην προσέγγιση του πράκτορα με σκοπό να μπορεί να γίνει η επιλογή υπό αβεβαιότητα. Τα ποιοτικά κριτήρια αποφάσεων έχουν πρόσφατα εμφανιστεί στην AI βιβλιογραφία.

Για να γίνει μοντελοποίηση των πρακτόρων ποιοτικοί λήπτες αποφάσεων, δεν συμπεριλαμβάνονται οι σκοποί στο μοντέλο. Έτσι παρατηρείται ότι οι σκοποί παίζουν σημαντικό ρόλο στην μοντελοποίηση των πρακτόρων: περισσότερο από τις πεποιθήσεις, επιτρέποντας στους πράκτορες να αδιαφορούν για τα βέβαια πιθανά αποτελέσματα των ενεργειών τους. Έτσι ίσως είναι επιθυμητό

να ενσωματώνονται οι σκοποί σε μελλοντικά μοντέλα. Έτσι το παρόν μοντέλο περιέχει τρεις αναγκαίες απόψεις για την διανοητική κατάσταση κάθε πράκτορα: οι πεποιθήσεις, οι στόχοι και μια μέθοδος για επιλογή υπό αβεβαιότητα (κριτήρια απόφασης).

- **Βάσεις:** Οι Halpern, Moses (1992) , θεωρούν την ιδέα της γνώσης σε σχέση με την τοπική κατάσταση της μηχανής και την κατάσταση του περιβάλλοντος. Ένα μοντέλο της γνώσης του πράκτορα δεν δίνει την απαραίτητη πληροφορία για την ακριβή συμπεριφορά του πράκτορα.

Άλλες δουλείες έχουν ως βάση τους τις πεποιθήσεις. Ο Halpern (1987), θεωρούν την ιδέα των πεποιθήσεων ως στατιστική πληροφορία. Η στατιστική πληροφορία μπορεί να θεωρηθεί σαν το άθροισμα ειδικών παρατηρήσεων του κόσμου, συνεπώς είναι βάσιμη. Ακόμα και όταν έχουμε ευφυής πράκτορες χρειάζεται να γίνει απόδοση των πεποιθήσεων που απαιτούνται και γίνονται γνωστές από την στατιστική πληροφορία.

Η ε-σημασιολογία των Goldsmidtz και Pearl, θεωρεί τις πεποιθήσεις ως ποιοτικές αναπαραστάσεις των πιθανοτήτων. Αυτή η προσέγγιση είναι πολύ κοντά στην μοντελοποίηση των πρακτόρων ως ποιοτικές λήπτες αποφάσεων, αφού η υποκειμενική πιθανότητα μπορεί να δώσει σημασιολογία όσον αφορά την επιλογή των ενεργειών του πράκτορα. Αυτό λοιπόν θα μπορούσε έμμεσα να βοηθήσει στην μοντελοποίηση των πρακτόρων: πρώτα λοιπόν θα χρειαστεί να αποδώσουμε την πιθανότητα των πεποιθήσεων και στην συνέχεια να διαχωρίσουμε αυτές.

Μια άλλη ειδική ερμηνεία για τις πεποιθήσεις παρέχεται από την δουλειά του Levesque (1996). Ο Levesque(1996) παρέχει μια λειτουργική αντίληψη η οποία βασίζεται στην γνώση, μεταχειρίζοντας αυτή σαν αφηρημένο τύπο δεδομένων, όπου δυο λειτουργίες εφαρμόζονται: TELL(λες) και ASK (ρωτάς). Το TELL προσθέτει νέα πληροφορία στην βάση δεδομένων και το ASK θέτει ερωτήματα στην βάση δεδομένων. Ο Levesque εξετάζει δυο γλώσσες οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτές τις λειτουργίες. Η μία είναι μια πρώτης τάξης (first-order) γλώσσα και η άλλη περιέχει διαχείριση της γνώσης.

Ο αφηρημένος ορισμός του Levesque της βάσης της γνώσης αφηγά την θεμελιώδη εφαρμογή στην δομή και την ορίζει με βάση την συμπεριφορά. Η βάση γνώσης του Levesque μπορεί να θεωρηθεί σαν περιορισμένους

πράκτορες οι οποίοι έχουν τρεις ενέργειες: ΝΑΙ, ΟΧΙ, ΑΓΝΩΣΤΗ (YES, NO, UNKNOWN), που αντιστοιχούν σε πιθανές απαντήσεις των ερωτημάτων. Η αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του Levesque παρέχει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες υπάρχει δυνατότητα να μοντελοποιηθεί μια αφηρημένη βάση γνώσης με την χρήση πρώτης τάξης λογικής (first-order logic). Έτσι φαίνεται ότι υπάρχει πιθανότητα να μοντελοποιηθεί ένας πράκτορας με την χρήση πεποιθήσεων, προτιμήσεων και κριτηρίων απόφασης.

- *η αναγνώριση του σχεδίου:* στην αναγνώριση του σχεδίου ουσιαστικά γίνεται μια προσπάθεια για εξαγωγή συμπερασμάτων των σχεδίων από άλλους πράκτορες που προέρχονται από την επικοινωνία με αυτούς ή παρατηρώντας την συμπεριφορά τους. Τις περισσότερες φορές η μοντελοποίηση των πρακτόρων είναι ανθρώπινη και συχνά η δράση του είναι δράση διαλόγου (speech acts). Οι πεποιθήσεις του σχεδιασμένου πράκτορα χρειάζεται να λάβουν υπόψη τους τα συμπεράσματα των σχεδίων τους, αφού αυτοί μαζί με τους στόχους τους αποφασίζουν για τις ενέργειές τους.
- *Μηχανή εκμάθησης:* γενικά θεωρείται ότι είναι επιθυμητή η χρήση μοντέλου πρακτόρων για την πρόβλεψη πολλαπλών συστημάτων πρακτόρων. Στην μηχανή εκμάθησης τα μοντέλα κατασκευάζονται με σκοπό να βοηθήσουν στην λήψη προβλέψεων. Για παράδειγμα τα δέντρα απόφασης παρέχουν ένα τρόπο μοντελοποίησης κατά τον οποίο παρατηρούνται καταστάσεις με ένα τρόπο που καθίσταται ικανή η πρόβλεψη μελλοντικών καταστάσεων. Συχνά στην μοντελοποίηση η χρήση των υποθέσεων του πρακτορείου. Οι μηχανές είναι οι πράκτορες των σχεδιαστών τους. Συνήθως σχεδιάζονται με ένα σκοπό στο μυαλό και με ορισμένες μελλοντικές υποθέσεις.

Οι μηχανές εκμάθησης προσπαθούν να αυτοματοποιήσουν την απόκτηση της γνώσης και να διευρύνουν την βάση για πρόσβαση στην γνώση. Η επιλογή μιας κατάλληλης τεχνικής εκμάθησης βασίζεται στην φύση της εκτέλεσης των ενεργειών και στον τύπο της διαθέσιμης πληροφορίας. Όμως αρκετά προβλήματα ίσως παρουσιάζονται από την αυτοματοποίηση της μάθησης. Τέτοιου είδους προβλήματα είναι οι διαδοχικές εργασίες απόφασης. Για πολλές ενδιαφέρουσες διαδοχικές εργασίες απόφασης, δεν υπάρχει ούτε μια βάση από παραδείγματα, ούτε μια ολοκληρωμένη θεωρία που να υποστηρίζει την παραδοσιακή μέθοδο εκμάθησης. Σε αυτές τις περιπτώσεις μια μέθοδος για ανάπτυξη μιας σειράς

κανόνων απόφασης είναι να αναπτυχθεί μια σειρά από κανόνες απόφασης και να ελεγχθούν υποθετικά η σειρά από κανόνες σε ένα μοντέλο προσομοίωσης και στην συνέχεια να τροποποιηθούν οι κανόνες με βάση την εμπειρία από την προσομοίωση.

6.6 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ

Με την έννοια πράκτορας (agent), θεωρούμε (Wooldridge 2002) μια οντότητα που δρα εκ μέρους κάποιου άλλου για να πετύχει τους στόχους που του έχουν τεθεί. Σαν intelligent software agents, θεωρούνται προγράμματα τα οποία δρουν εκ μέρους των χρηστών τους, συγκεντρώνοντας και φιλτράροντας πληροφορίες online από διάφορες πηγές με στόχο την ικανοποίηση των αναγκών του. Μερικοί έχουν χαρακτηρίσει τους ευφυείς πράκτορες σαν αντικείμενα τα οποία σκέπτονται (objects that think). Αυτά τα σκεπτόμενα αντικείμενα στην προσπάθειά τους να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις του χρήστη τους αλληλεπιδρούν με αυτόν, με άλλα αντικείμενα και με τους διαθέσιμους πόρους. Οι πράκτορες όμως διαθέτουν επιπλέον από τα αντικείμενα πίστη, υποχρέωση και στόχους. Οι πράκτορες μπορούν να εργάζονται είτε μόνοι τους είτε σε συνεργασία με άλλους σε μια κοινωνία συνεργασίας επικοινωνώντας μεταξύ τους με ανταλλαγή μηνυμάτων.

Στην συνέχεια δίνονται μια σειρά από ορισμοί. Ένας πράκτορας είναι ένα λογισμικό που μπορεί να κάνει πράγματα που πιθανότητα θα έκανε ο κάθε χρήστης, αν είχε το χρόνο.

Οι ευφυείς πράκτορες ορίζονται σαν λειτουργικές μονάδες ενός πολυπρακτορικού συστήματος (multiagent system), το οποίο ορίζεται σαν ένα χαλαρά συνδεδεμένο σύστημα λυτών προβλημάτων, οι οποίοι συνεργάζονται για να λύσουν προβλήματα τα οποία είναι πέρα από τις δυνατότητες ενός μόνο λύτη. Αυτοί οι λύτες είναι οι ευφυείς πράκτορες.

Οι ευφυείς πράκτορες είναι υπολογιστικά συστήματα που κατοικοεδρεύουν σε πολύπλοκα, δυναμικά προβλήματα, έχοντας δυνατότητες αίσθησης και αυτόνομης δράσης μέσα σε αυτά και έτσι αντιλαμβάνονται ένα σύνολο στόχων ή εργασιών για την επίτευξη των οποίων είναι σχεδιασμένοι. Οι πράκτορες αυτοί μπορούν να πάρουν

διάφορες μορφές ανάλογα με την φύση του περιβάλλοντος προβλημάτων τους (Αυτόνομα ρομπότ, πράκτορες Λογισμικού, Πράκτορες Διεπιφανειών Εργασίας).

6.6.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΥΦΥΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ

Οι ευφυείς πράκτορες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται (Ματσατσίνης 2006) σαν αυτόνομες τεχνητές οντότητες, που χρησιμοποιούνται για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, παρουσιάζουν τις παρακάτω ιδιότητες:

- **Αυτονομία:** επιλύουν το πρόβλημα το οποίο τους ανατίθεται χωρίς να είναι αναγκαία η παρέμβαση του χρήστη ή άλλων προγραμμάτων και έχουν τον αποκλειστικό έλεγχο τόσο των ενεργειών που επιτελούν όσο και της εσωτερικής τους κατάστασης. Οι ευφυείς πράκτορες αναλαμβάνουν δράση όποτε το κρίνουν αυτοί σκόπιμο και όχι απαραίτητα όποτε έχουν άμεση εντολή εκτέλεσης. Έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν την κατάσταση του περιβάλλοντος καθώς επίσης και να παρατηρούν την του χρήστη με το σύστημα, προκειμένου να κρίνουν αν υπάρχει λόγος να ξεκινήσουν κάποια διεργασία.
- **Κοινωνικότητα:** αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ή με ανθρώπους, όταν το θεωρούν απαραίτητο, με σκοπό να ολοκληρώσουν την επίλυση του προβλήματος ή να βοηθήσουν άλλες οντότητες (προγράμματα ή χρήστες) με τις ενέργειες τους. Η επικοινωνία αυτή γίνεται κυρίως μέσω ειδικών γλωσσών, όπως η KQML. Η κοινωνικότητα τους είναι πολύ σημαντική γιατί αφενός επιτρέπει την μεταξύ των πρακτόρων υποστήριξη και βοήθεια και αφετέρου τους επιτρέπει να μαθαίνει από την εμπειρία των άλλων.
- **Προσαρμοστικότητα:** πολύ σημαντικό είναι για ένα πράκτορα να μπορεί να προσαρμόζει τον τρόπο δράσης, μάθησης και συμπεριφοράς του τόσο στις διάφορες πλατφόρμες υλικού και λογισμικού, στις οποίες θα κληθεί να δουλέψει, όσο στις απαιτήσεις και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του χρήστη του.

- **Πρωτοβουλία:** παίρνουν πρωτοβουλίες όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Πέρα από την συμπεριφορά ανταπόκρισης σε εξωτερικά ερεθίσματα, οι πράκτορες είναι ικανοί να προσανατολίζονται στην επίτευξη στόχων και να προετοιμάζουν το έδαφος προς αυτή την κατεύθυνση, κρίνοντας και με βάση το περιβάλλον τους. Έτσι για παράδειγμα όταν ένας πράκτορας εντοπίσει τον χρήστη του να ψάχνει για κάποιο λογισμικό στο Δίκτυο, το οποίο προβλέπεται να χρειαστεί αρκετό χώρο στο δίσκο, φροντίζει από νωρίς για την αποτμηματοποίηση του δίσκου.
- **Αντιδραστικότητα:** οι πράκτορες αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους (το οποίο μπορεί να είναι ο φυσικός κόσμος, ένας χρήστης χρήσης μιας ομάδας άλλων πρακτόρων, το διαδίκτυο καθώς και διάφοροι συνδυασμοί τους) και ανταποκρίνονται στις αλλαγές του μέσα σε λογικό χρόνο. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι οι πράκτορες βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής περιμένοντας κάποιο κίνητρο δραστηριοποίησης (για παράδειγμα άφιξη ενός ηλεκτρονικού μηνύματος).
- **Μεταφερσιμότητα:** οι πράκτορες έχουν την ικανότητα μετακίνησης και δράσης και σε άλλα συστήματα πέρα από αυτό στο οποίο είναι εγκατεστημένοι. Αυτή τους την ικανότητα την βοηθά ιδιαίτερα η μεταξύ τους συνεργασία και η κοινωνική συμπεριφορά που οφείλουν να δείχνουν. Η εκτέλεση διεργασιών σε απομακρυσμένο υπολογιστικό περιβάλλον χρειάζεται προηγουμένως άδεια για την οποία θα χρειαστεί να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν με τους αντίστοιχους πράκτορες.
- **Λογική:** ένας πράκτορας οφείλει να χαρακτηρίζεται από λογική και ευφυΐα όσον αφορά τις αποφάσεις που παίρνει και τον τρόπο προγραμματισμού επίτευξης στόχου. Η ευφυΐα και η λογική αφενός βασίζονται σε δυναμικούς κανόνες αφετέρου καλλιεργούνται με την εμπειρία. Μια βασική δυνατότητα για ένα πράκτορα είναι να μπορεί να μαθαίνει είτε από τον χρήστη του είτε από άλλους πράκτορες.
- **Συνεργασιμότητα:** ένας πράκτορας δεν πρέπει να δέχεται και να εκτελεί εντολές χωρίς προηγούμενο έλεγχο αλλά θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του την πιθανότητα οι χρήστες του να κάνουν λάθη όπως να ξεχνούν πληροφορίες ή ακόμα να δίνουν ασαφή πληροφόρηση. Ένας πράκτορας θα πρέπει να

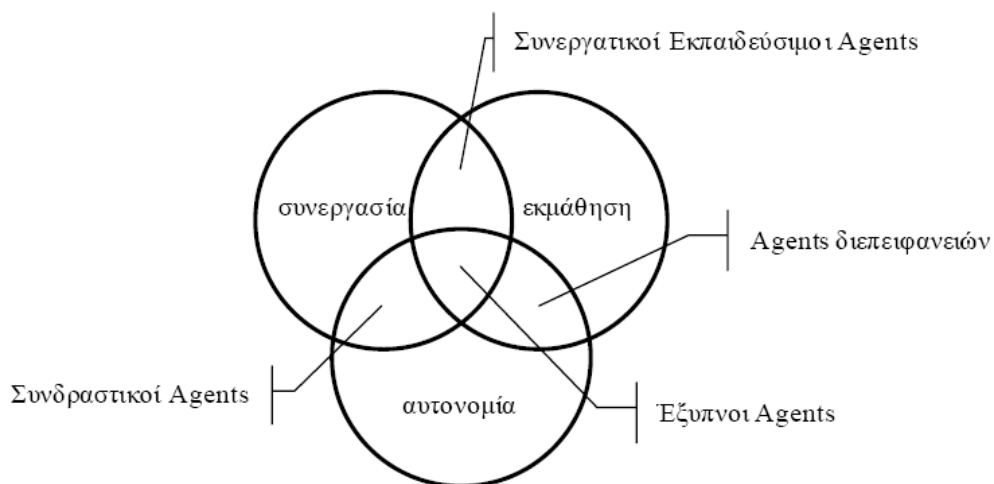
ελέγχει τέτοιες καταστάσεις είτε ρωτώντας τον χρήστη είτε δομώντας μοντέλα χρηστών.

- **Προσανατολισμό στον στόχο:** ένας πράκτορας είναι ικανός να διαχειρίζεται πολύπλοκες και υψηλού επιπέδου εργασίες. Αποφάσεις για το πια εργασία θα διασπασθεί σε υποεργασίες και σε ποιες, ή με ποια σειρά θα εκτελεστούν κάποιες από αυτές προκειμένου να κινηθούμε προς την επίτευξη των στόχων, τις οποίες παίρνουν οι υπεύθυνοι πράκτορες.
- **Αντίληψη:** αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και αποκρίνονται στις διάφορες αλλαγές του.

όπως είναι προφανές από τις ιδιότητες τους η προσπάθεια επικεντρώνεται στη δημιουργία προγραμμάτων που έχουν χαρακτηριστικά οντοτήτων με νοημοσύνη, όπως ο άνθρωπος. Οι ευφυείς πράκτορες εκτελούν εργασίες για λογαριασμό κάποιου χρήστη ή κάποιου άλλου προγράμματος. Για παράδειγμα τέτοιες οντότητες έχουν αναπτυχθεί για να ψάχνουν μέσα σε μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για συγκεκριμένες φράσεις ή μέσα σε σελίδες WWW για συγκεκριμένα θέματα.

Οι βασικοί άξονες διαχωρισμού των πρακτόρων μεταξύ τους είναι η ικανότητα εκμάθησης, η ικανότητα συνεργασίας και η αυτονομία. Η αυτονομία αναφέρεται στην αρχή ότι οι πράκτορες πρέπει να μπορούν να λειτουργούν μόνοι τους χωρίς την ανάγκη για ανθρώπινη καθοδήγηση, ακόμη και αν η τελευταία είναι κάποιες φορές ανεκτίμητη. Έτσι οι πράκτορες έχουν ανεξάρτητες εσωτερικές καταστάσεις και στόχους και δρουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτύχουν τους στόχους τους για λογαριασμό του χρήστη. Η συνεργασία ανάμεσα στους πράκτορες είναι κεφαλαιώδους σημασίας είναι ο λόγος της ύπαρξης πολλών πρακτόρων σε ένα σύστημα σε σχέση με το να έχουμε μόνο έναν. Για να επικοινωνούν μεταξύ τους οι πράκτορες χρειάζονται να διαθέτουν μια κοινωνική ικανότητα δηλαδή την ικανότητα να επικοινωνούν με άλλους πράκτορες και πιθανόν με ανθρώπους μέσω μιας γλώσσας επικοινωνίας. Τελικά για να είναι τα συστήματα με πράκτορες πραγματικά έξυπνα πρέπει να μαθαίνουν καθώς αλληλεπιδρούν με το εξωτερικό περιβάλλον. Άλλωστε ένα χαρακτηριστικό κλειδί οποιοδήποτε νοήμονος πλάσματος είναι η ικανότητα να μαθαίνει. Η εκμάθηση μπορεί να πάρει την μορφή της αυξανόμενης απόδοσης στο χρόνο (http://hci.ece.upatras.gr/various/kalapanidas_PHD_2003.pdf).

Στο παρακάτω σχήμα περιέχονται όλα τα βασικά είδη πρακτόρων στο χώρο που ορίζουν οι βασικοί άξονες διαχωρισμού που περιγράφηκαν:



Εικόνα 5 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ
(http://hci.ece.upatras.gr/various/kalapanidas_PHD_2003.pdf).

6.7 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ, ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ, ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ

Ένα βασικό θέμα που αφορά την συνεργασία των πρακτόρων είναι ο συντονισμός τους. Συντονισμός των ευφυϊών πρακτόρων σε ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων είναι η διαδικασία με την οποία ένας πράκτορας αντιλαμβάνεται τις ενέργειες του και τις (αναμενόμενες) ενέργειες των άλλων στοχεύοντας στην συμπαγή λειτουργία της κοινότητας (Ματσατσίνης 2006).

Με τον όρο συντονισμό οι πράκτορες συγχρονίζουν τις πράξεις τους έτσι ώστε να είναι καλή η συνεργασία τους και να επιτευχθούν οι στόχοι που συμφώνησαν στις διαπραγματεύσεις τους.

6.7.1 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

Υπάρχουν δυο τρόποι συντονισμού: οι ιεραρχίες και οι αγορές. Οι ιεραρχίες βασίζονται στην άμεση επίβλεψη εργασιών. Οι αγορές από την άλλη βασίζονται στην επίτευξη συμφωνίας μεταξύ πρακτόρων οι οποίοι έχουν πρόσβαση σε διαφορετικούς

πόρους, λειτουργίες. Και οι δυο αυτοί τρόποι συντονισμού γίνονται απαιτητικοί σε πόρους και επικοινωνία όσο αυξάνεται ο πληθυσμός της ομάδας.

Ένας άλλος τρόπος συντονισμού είναι μέσω ενός κεντρικού ελεγκτή ο οποίος θα συντονίζει τις πράξεις όλων των ευφυϊών πρακτόρων και ο οποίος θα μπορεί να έχει μια ευρύτερη άποψη για την κοινωνία των πρακτόρων. Αν αστοχήσει ο κεντρικός ελεγκτής όλο το σύστημα αδρανεί.

Οι πράκτορες συντονίζονται μέσω συμβάσεων που στέλνουν ο ένας στον άλλο και δεσμεύσεων, (κάτι τέτοιο έχει εφαρμογή σε συστήματα όπου οι πράκτορες είναι ειλικρινείς και αυτόνομοι).

Τις περισσότερες φορές ο συντονισμός γίνεται πριν οι πράκτορες αναλάβουν δράση – στη φάση σχεδιασμού της δράσης τους – σε ορισμένες περιπτώσεις όμως είναι δυνατή και αργότερα (π.χ. αλλάζουν οι συνθήκες στις οποίες εκτελείται ένα έργο). Ο επιμέρους σφαιρικός σχεδιασμός (Partial Global Planning) των Durfee και Lesser (1987) προβλέπει την αναδιαπραγμάτευση μεταξύ των πρακτόρων αφού έχει αρχίσει να εκτελείται μια εργασία.

Το contract-net είναι ένα πολύ σημαντικό πρωτόκολλο συντονισμού για τα ΣΠΠ. Σύμφωνα με αυτό το πρωτόκολλο διαπραγμάτευσης κάθε πράκτορας συντονίζεται με τους άλλους μέσω συμβολαίων. Κάθε πράκτορας που αναλαμβάνει ένα συμβόλαιο το σπάει σε μικρότερα και τα αναθέτει σε πράκτορες που γνωρίζει ότι μπορούν να τα φέρουν σε πέρας. Στέλνει λοιπόν σε όλους το συμβόλαιο με τα υποέργα αναλαμβάνοντας το ρόλο του μάνατζερ. Οι πράκτορες εκτιμούν αν μπορούν να το φέρουν σε πέρας και αν ναι αποστέλλουν τις προσφορές τους στο μάνατζερ. Ο τελευταίος αξιολογεί τις προσφορές και επιλέγει σε ποιον θα κάνει την ανάθεση. Από κει και πέρα ο μάνατζερ ολοκληρώνει το συμβόλαιό του επικοινωνώντας με τους πράκτορες στους οποίους ανέθεσε τα υποέργα. Το πρωτόκολλο αυτό είναι και μέρος του κεφαλαίου της διαπραγμάτευσης.

6.7.2 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ

Η συνεργασία των πρακτόρων πρέπει να έχει τέσσερις στόχους (Ματσατσίνης 2006):

- Αύξηση του ρυθμού ολοκλήρωσης των εργασιών μέσω του παραλληλισμού εκτέλεσης υπό-εργασιών

- Αύξηση του συνόλου ή του εύρους των εργασιών που μπορούν να εκτελεστούν μέσω του διαμοιρασμού πόρων
- Αύξηση της πιθανότητας να ολοκληρωθούν οι εργασίες μέσω της διπλής εκτέλεσής τους
- Μείωση της αλληλεπίδρασης εργασιών

Τέτοιοι πράκτορες είναι συνήθως οι συνεργατικοί κατανεμημένοι λυτές Προβλημάτων.

6.7.3 ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ

Η διαπραγμάτευση είναι ένας μηχανισμός που χρησιμεύει συνήθως στον συντονισμό μιας ομάδας ΕΠ. Η διαπραγμάτευση (Ματσατσίνης 2006) περιγράφεται ως ένα τρόπο βελτίωσης μιας συμφωνίας (μειώνοντας την ασάφεια και την αβεβαιότητα). Συχνά (Ματσατσίνης 2006) η διαπραγμάτευση ορίζεται σαν μια μέθοδος συντονισμού και επίλυσης συγκρούσεων. Σύμφωνα με τους ίδιους τα χαρακτηριστικά ενός ΣΠΠ τα οποία κάνουν αναγκαία τη χρήση διαπραγμάτευσης είναι τα:

- Η ύπαρξη κάποιας μορφής σύγκρουσης η οποία πρέπει να επιλυθεί με έναν αποκεντρωμένο τρόπο.
- Η λειτουργία εγωκεντρικών πρακτόρων οι οποίοι έχουν:
- πεπερασμένη λογική και
- τοπική-ελλιπή πληροφόρηση

Όταν η διαπραγμάτευση χρειάζεται να αυτοματοποιείται (για χρήση σε πληροφοριακά συστήματα όπως τα ΣΠΠ) τρία είναι τα βασικά θέματα που πρέπει να οριστούν καλά:

- **Πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης** (ένα σύνολο κανόνων σύμφωνα με τους οποίους θα αλληλεπιδράσουν οι διαπραγματευόμενοι ΕΠ, π.χ. ποιοι θα διαπραγματευτούν, ποιες είναι οι πιθανές καταστάσεις της διαπραγμάτευσης, κλπ),
- **αντικείμενα διαπραγμάτευσης** (τα θέματα για τα οποία θα γίνει διαπραγμάτευση, π.χ. τιμή αγοράς προϊόντος) και

- *μοντέλα λήψης αποφάσεων των πρακτόρων* (τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται παράλληλα με το πρωτόκολλο από τους ΕΠ ώστε καλύτερα να υπερασπιστούν τα συμφέροντά τους)

Η διαδικασία της διαπραγμάτευσης συνήθως προβλέπει την αποστολή από έναν πράκτορα σε έναν άλλο μιας επιχειρηματικής πρότασης-προσφοράς (proposal). Δύο είναι συνήθως οι απαντήσεις του πράκτορα που δέχεται την προσφορά:

- Η διατύπωση μιας κριτικής (critique) για την προσφορά ή/και
- η διατύπωση μιας νέας προσφοράς (counter-proposal)

6.7.3.1 ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗΣ

Οι συνηθισμένοι τρόποι διαπραγμάτευσης είναι οι (Jennings et al., 2001):

- **Πλειστηριασμός** (Αγγλικού τύπου, Ολλανδικού τύπου κλπ). Σε αυτή την περίπτωση κάποιος πράκτορας κάνει προσφορές σε μια ομάδα πρακτόρων ή δέχεται προτάσεις πάνω σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο διαπραγμάτευσης από αυτούς.
- **Προσέγγιση με τη θεωρία παιγνίων** (game theory). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση οι πράκτορες κάνουν την κίνησή τους προσπαθώντας να απαντήσουν στην ερώτηση: «Ποιο είναι η καλύτερη-περισσότερο λογική κίνηση που μπορεί να κάνει ο πράκτορας;». Η θεωρία παιγνίων προκύπτει από τη μελέτη παιχνιδιών όπως το σκάκι. Στην περίπτωση της διαπραγμάτευσης πρακτόρων χρησιμοποιείται ώστε οι πράκτορες να επιλέξουν την καλύτερη στρατηγική από τον χώρο όλων των πιθανών στρατηγικών, αναλογιζόμενοι όλες τις πιθανές αλληλεπιδράσεις. Σημαντική δουλειά στο χώρο αυτό έκαναν οι Rosenschein και Zlotkin (1994) σύμφωνα με τον Ματσατσίνη το 2006. Αυτοί χρησιμοποίησαν ένα μονότονο πρωτόκολλο συμβιβασμού με στρατηγική Zeuthen (μοντέλο λήψης απόφασης). Σύμφωνα με αυτό η διαπραγμάτευση προχωρά με γύρους διαπραγματεύσεων. Σε κάθε γύρο κάθε εμπλεκόμενος πράκτορας κάνει μια προσφορά. Αν οι προσφορές είναι αλληλοκαλυπτόμενες η διαπραγμάτευση σταματά. Αν όχι ξεκινά νέος γύρος διαπραγματεύσεων, στον οποίο οι πράκτορες μπορούν είτε να κάνουν μια παραχώρηση (concession) είτε να προτείνουν την

ίδια πρόταση που είχαν πριν. Αν κανείς δεν κάνει παραχώρηση τότε η διαπραγμάτευση σταματά χωρίς αποτέλεσμα. Σύμφωνα με την στρατηγική Zeuthen ο πράκτορας που θα κάνει παραχώρηση είναι αυτός που έχει να χάσει τα περισσότερα σε περίπτωση μη κατάληξης σε συμφωνία αλλά η παραχώρηση πρέπει να είναι η ελάχιστη που απαιτείται ώστε κάποιος άλλος να έχει πιο πολλά να χάσει σε επόμενο γύρο διαπραγμάτευσης.

- **Ευριστική προσέγγιση** (Heuristic approach). Εδώ, ευριστικά πρωτόκολλα και μηχανισμοί λήψης απόφασης στοχεύουν στο να βρεθεί σε βέλτιστο χρόνο μια καλή (όχι βέλτιστη) απόφαση συμβιβασμού.
- **Προσέγγιση βασισμένη σε επιχειρήματα** (argumentation-based approach). Σε αντίθεση με τους προηγούμενους τρόπους διαπραγμάτευσης εδώ δίνεται έμφαση στην άσκηση κριτικής σε μία προσφορά αντί για να κατατεθεί μια αντι-προσφορά. Ακόμα, μπορεί να περιλαμβάνονται απειλές, μπόνους, κλπ σύμφωνα με την ανθρώπινη επιχειρηματολογία. Σύμφωνα με τον Ματσατσίνη το 2006 ο Parsons et al (1998) δείχνει πως ένα μοντέλο επιχειρηματολογίας μπορεί να λειτουργήσει σε BDI πράκτορες επηρεάζοντας, με επιχειρηματολογία, ο ένας τις πεποιθήσεις του άλλου.

Όλες οι μέθοδοι αυτές έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Οι πλειστηριασμοί περιλαμβάνουν μεγάλο όγκο ανταλλαγής μηνυμάτων και απευθύνονται σε ΣΠΠ στα οποία υπάρχουν πολλοί πράκτορες. Ακόμα ο πράκτορας που κάνει προσφορές δεν μπορεί να ξέρει γιατί δεν γίνονται αποδεκτές (η μόνη πληροφορία που δέχεται από τους άλλους πράκτορες είναι η αποδοχή ή όχι της προσφοράς του). Η θεωρία παιγνίων είναι τεκμηριωμένη αλλά είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε υπολογιστικό χρόνο και αφορά διαπραγματεύσεις σε συγκεκριμένα θέματα (ένα μοντέλο δεν μπορεί να γενικευτεί) και επίσης να γνωρίζουν οι πράκτορες όλο τον χώρο των λύσεων. Οι ευρετικοί μέθοδοι επειδή δεν αποδεικνύουν την επίτευξη ή όχι συμφωνίας θέλουν συνήθως εξαντλητικό έλεγχο για τη σωστή τους λειτουργία. Τέλος, η επιχειρηματολογία απευθύνεται σε πολύπλοκες αρχιτεκτονικές πρακτόρων και είναι ακόμα νέα ως κλάδος της διαπραγμάτευσης.

Οι παραπάνω περιπτώσεις αφορούν κυρίως ΣΠΠ όπου οι πράκτορες είναι πρόθυμοι να συνεργαστούν. Σε αντίθετη περίπτωση η διαπραγμάτευση πολύ συχνά φτάνει σε αδιέξοδο.

6.7.4 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΥΦΥΙΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ

Σε αυτή την παράγραφο εξετάζονται τα είδη επικοινωνίας μεταξύ πρακτόρων. Η επικοινωνία επιτρέπει στους πράκτορες να ανταλλάξουν πληροφορίες, να συντονίσουν τη δράση τους. Δύο είδη επικοινωνίας κυριαρχούν μεταξύ των πρακτόρων και αυτά είναι η κατευθείαν ανταλλαγή μηνυμάτων και η χρησιμοποίηση ενός κοινού σημείου συγκέντρωσης δεδομένων (μαυροπίνακας).

Υπάρχουν μέθοδοι συντονισμού οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί και προβλέπουν ελάχιστη ή καθόλου επικοινωνία μεταξύ των ΕΠ. Έτσι, αν οι ΕΠ δεν χρειάζονται να συνεργαστούν για να πετύχουν τους στόχους τους αλλά ούτε συγκρούονται τα συμφέροντά τους τότε η επικοινωνία μεταξύ τους δεν είναι απαραίτητη για την εύρυθμη λειτουργία τους. Ακόμα υπάρχουν περιπτώσεις όπου ελάχιστη επικοινωνία με τη μορφή ενός πεπερασμένου συνόλων σημάτων αρκεί για τον συντονισμό των πρακτόρων. Τέλος, οι πράκτορες σε κάποια άλλα μοντέλα μπορούν να συντονιστούν παρατηρώντας τις αλλαγές που επιφέρουν άλλοι πράκτορες στο περιβάλλον (παρατηρούν τις αλλαγές γύρω τους). Σε αυτή την περίπτωση οι πράκτορες ενδέχεται να προσπαθήσουν να «μαντέψουν» ποιοι κινήθηκαν και τι κίνηση έκαναν παρατηρώντας τις επιδράσεις τους στο περιβάλλον. Τέτοιες μεθόδους επικοινωνίας-συντονισμού χρησιμοποιούν συνήθως οι *πράκτορες που αντιδρούν σε ερεθίσματα*.

Ο μαυροπίνακας είναι μια μορφή κοινής μνήμης όπου όλοι οι πράκτορες μπορούν να γράψουν κάτι ή να τον διαβάσουν. Συνήθως ο μαυροπίνακας χωρίζεται σε περιοχές και οι πράκτορες αποκτούν προνόμια με την ικανότητα να διαβάζουν περιοχές. Έτσι, άλλοι μπορούν να διαβάσουν και να γράψουν σε περισσότερες περιοχές από κάποιους άλλους.

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος επικοινωνίας στα σύγχρονα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων είναι η ανταλλαγή μηνυμάτων. Το περιεχόμενο του μηνύματος διαφοροποιείται σημαντικά από σύστημα σε σύστημα. Αυτό που χρειάζεται στην περίπτωση των μηνυμάτων είναι η διαμόρφωση ενός πρωτοκόλλου - γλώσσας σύνταξης και μεταφοράς του μηνύματος όπως και ο προσδιορισμός των διαφορετικών τύπων μηνυμάτων (π.χ. το πρωτόκολλο contract-net των Smith και

Davis, 1981). Κάποιοι μελετητές πρότειναν την ανταλλαγή των σχεδίων δράσης των πρακτόρων μέσω των μηνυμάτων για τον καλύτερο συντονισμό τους. Ο Rosenschein το 1986 περιέγραψε τους κινδύνους του να μεταφέρεται μέσω μηνυμάτων το σχέδιο δράσης ενός πράκτορα. Οι κίνδυνοι αυτοί υπάρχουν επειδή σε αυτή την περίπτωση ανταλλάσσονται μεγάλα μηνύματα πράγμα που κάνει χρονοβόρα την μετάδοσή τους και που αυξάνει τις ανάγκες σε ευρύς διαύλους επικοινωνίας. Ακόμα, σε ένα δυναμικό περιβάλλον όταν το σχέδιο φτάσει μπορεί πια να μην εκφράζει τις προθέσεις του αποστολέα. Τέλος, ειδικά στην περίπτωση των αυτόνομων πρακτόρων αλλά και σε κάθε άλλη περίπτωση εκτός του πράκτορα αφέντη και του πράκτορα σκλάβου, είναι αμφίβολο το αν οι αποδέκτες ενός σχεδίου δράσης θα το υιοθετήσουν (Ματσατσίνης 2004).

6.8 ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Τα πρακτορεία προσεγγίζουν την ομαδική λήψη αποφάσεων είτε σαν ένα οργανισμό είτε σαν μια βάση που αποτελείται από μια ομάδα πρακτόρων.

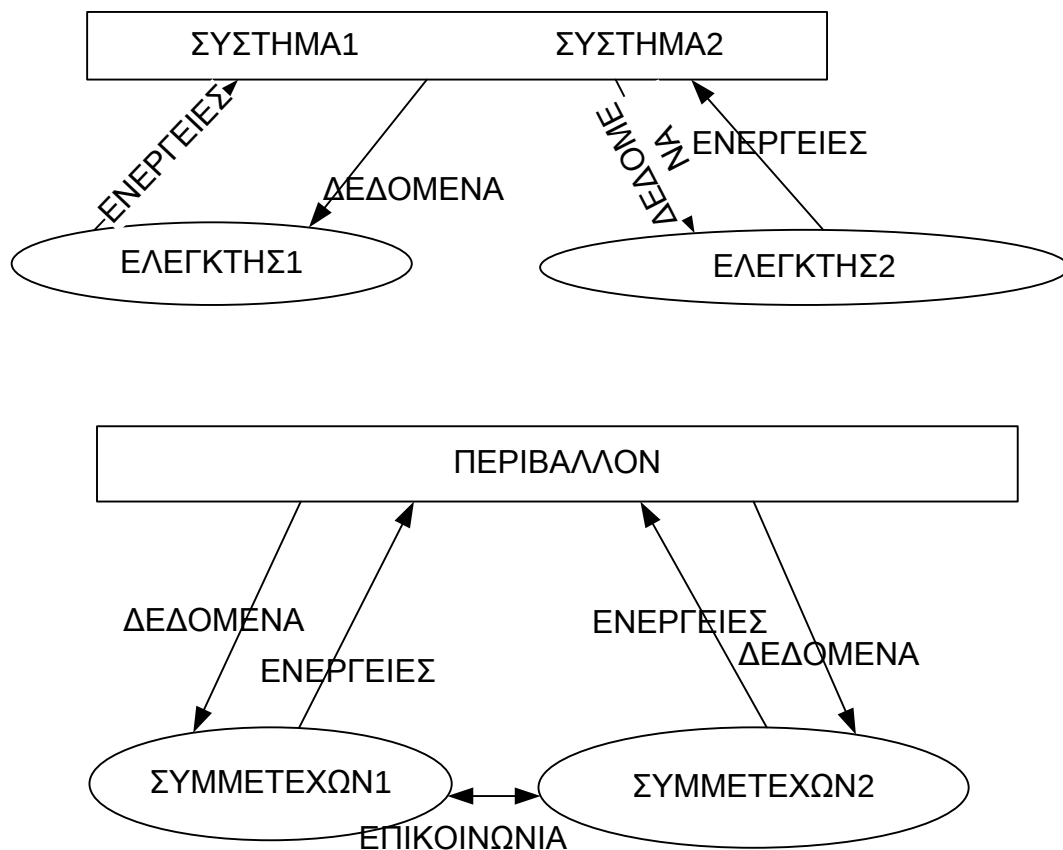
Μια από τις αρχικές αποφάσεις είναι τι τα πρακτορεία πρέπει να κάνουν πώς να εφαρμόσουν ομαδική λήψη αποφάσεων. Μερικά πρακτορεία εκλέγουν να είναι άμεσοι παροχείς. Τα πρακτορεία συμφωνούν με υπευθυνότητα για συνεργασία και διευκολύνσεις. Η υπευθυνότητα μεταφέρεται στους εργαζόμενους και έχει ως σκοπό να πληροφορεί τις ομάδες, να κάνει αναφορές, να συμμετέχει σε συναντήσεις και να ελέγχει τα σχέδια.

Η μετατροπή από ένα συμμετέχοντα σε πολλαπλούς, οδηγεί σε λήψη αποφάσεων με μια νέα ονοματολογία.

Ουσιαστικά ο μοναδικός λήπτης αποφάσεων το ενδιαφέρον του επηρεάζεται από ένα μέρος του πραγματικού κόσμου, που παραδοσιακά ονομάζεται σύστημα. Στο πολλαπλών συμμετεχόντων σενάριο μέρος του συστήματος μπορεί να επηρεαστεί από μερικούς ελεγκτές, οι οποίοι συμμετέχουν στην διαδικασία των λήψεων αποφάσεων. Το σύστημα το οποίο συχνά συνδέεται με το περιβάλλον, αποτελεί ένα μέρος του κόσμου το οποίο επηρεάζεται από κάποιο από τους συμμετέχοντες. Κάθε συμμετέχοντας αλληλεπιδρά με ένα μέρος του περιβάλλοντος δια μέσου των παρατηρήσεων και των αποφάσεων. Αυτό φαίνεται καλύτερα στο παρακάτω σχήμα.

Η κύρια διάκριση ανάμεσα στους μόνους τους ή πολλαπλούς συμμετέχοντες στην λήψη αποφάσεων, είναι η ικανότητα των συμμετεχόντων να επικοινωνούν ο ένας με τον άλλο. Εάν οι συμμετέχοντες δεν είναι ενήμεροι για τον καθένα (άλλο συμμετέχοντα) ή δεν ενδιαφέρονται για τους άλλους, τότε αυτοί δρουν σαν μοναδικοί λήπτες αποφάσεων αφού ακολουθούν διαφορετικούς ή πιθανά αλληλοσυγκρουόμενους στόχους.

Παρακάτω παρουσιάζεται γραφικά η ατομική και η ομαδική λήψη αποφάσεων αντίστοιχα.



Εικόνα 6 ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ BAYESIAN ΠΙΑΝΩ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ BAYESIAN ΚΑΤΩ (Václav Šmídl,2005).

Η Bayesian theory, μεταχειρίζεται την εργασία της κατανεμημένης λήψης αποφάσεων, ως εργασία λήψης αποφάσεων με πολλαπλούς λήπτες αποφάσεων οι οποίοι έχουν:

1. ατομικούς στόχους
2. προαποφασισμένες ικανότητες να παρατηρήσουν, να δράσουν και να επικοινωνήσουν με άλλους συμμετέχοντες.

Τα γενικά αποτελέσματα της λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα υπονοεί ότι η λήψη αποφάσεων για κάθε ατομικό συμμετέχοντα καθοδηγείται από το Bayesian θεώρημα.

Η τυποποίηση με πιθανότητες χρησιμοποιείται με σκοπό να σχεδιάσει την λήψη αποφάσεων και να δώσει ένα πιθανοκρατικό μοντέλο.

Η επέκταση ενός τέτοιου πιθανοκρατικού μοντέλου σε ένα πιθανοκρατικό μοντέλο λήψης αποφάσεων με πολλαπλούς συμμετέχοντες, χρειάζεται να τυποποιηθεί με τους ίδιους όρους. Αυτό υπονοεί ότι ο συντονισμός έχει την ανάγκη κατανομής μειώνοντας την ανταπόκριση των πιθανοτήτων ανάμεσα σε μικρούς προσβάσιμους πράκτορες (*reporting probabilities between a small set of reachable neighbors*).

Συνεπώς δυο επιπρόσθετα προβλήματα χρειάζεται να επιλυθούν:

1. ένας μηχανισμός για τον συντονισμό των ενεργειών των συμμετεχόντων οφείλει να σχεδιαστεί.

Η λύση ενός τέτοιου προβλήματος: οι συμμετέχοντες οφείλουν να μοιράσουν αρμονικά την γνώση με τους συμμετέχοντες. Χρησιμοποιώντας πιθανοκρατική τυποποίηση της λήψης αποφάσεων, το πρόβλημα μειώνει την συγχώνευση και την επέκταση της κατανομής των πιθανοτήτων.

2. η χρήση του παραπάνω μηχανισμού μπορεί να φανεί σαν ένα νέο πρόβλημα λήψης απόφασης και να επιλυθεί από κάθε συμμετέχοντα. Συνεπώς κάθε συμμετέχοντας οφείλει να σχεδιάσει μια αντίστοιχη στρατηγική επικοινωνίας (Václav Šmídl, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα πρέπει να γίνει εξερεύνηση της βάσης για τον σχεδιασμό των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων σε διάφορα είδη πολύπλοκων και σε μοντέρνα περιβάλλοντα εργασίας. Συχνά η λήψη αποφάσεων έχει αναλυθεί και μοντελοποιηθεί με τον όρο απομονωμένες λήψεις αποφάσεων από ένα άτομο. Στην πραγματικότητα όμως η λήψη αποφάσεων είναι μια συνεχής διαπροσωπική διαδικασία που στοχεύει στον δυναμικό έλεγχο της κατάστασης των σχέσεων σε ένα περιβάλλον εργασίας και τυπικά οι λήπτες αποφάσεων θα συνεργαστούν σε αυτό τον έλεγχο.

Ουσιαστικά η λήψη αποφάσεων είναι κοινωνικές ομάδες που έχουν μελετήσει με θέματα σχετικά με την οικονομία, την διαχείριση, ή κοινωνιολογία από την θεωρητική πλευρά. Σε τι όμως ωθεί την ανάγκη για ανάλυση των εφαρμογών της τεχνολογίας των μοντέρνων αποφάσεων, ουσιαστικά αποτελεί μια γνωστική προσέγγιση με σκοπό την ενεργοποίηση της κατανεμημένης λήψης αποφάσεων για πολύπλοκες (σύνθετες εργασίες).

Συγκεκριμένα στην 7.2 αναλύεται η κατανεμημένη λήψη αποφάσεων, στην 7.2.1 η οργάνωση και 7.2.2 η επικοινωνία, στην 7.3 η πολυκριτήρια ανάλυση, στην 7.4 τα κυρίαρχα θεωρητικά ρεύματα, τα οποία και αναλύονται από την 7.4.1 ως 7.4.4. τέλος στην 7.5 τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα.

7.2 ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ένα σύστημα χαρακτηρίζεται από κατανεμημένη λήψη αποφάσεων, φτάνοντας στο σημείο εκείνο όπου υπάρχει έλλειψη ενός κεντρικού ελεγκτή, ή ενός λήπτη αποφάσεων. Η ανάγκη για κατανεμημένη λήψη αποφάσεων ή έλεγχο δημιουργείται εξαιτίας της πολυπλοκότητας των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι

λήπτες αποφάσεων. Καθώς λοιπόν τα πολύπλοκα προβλήματα αυξάνουν, είναι σχεδόν απίθανο να ενσωματωθεί ο απαραίτητος έλεγχος σε μια μοναδική μονάδα απόφασης, ιδιαίτερα όταν αυτή η μονάδα είναι ένας άνθρωπος με περιορισμένη ικανότητα επεξεργασίας.

Η κατανεμημένη λήψη αποφάσεων διαφέρει από την ομαδική λήψη αποφάσεων, όπου στο πρόβλημα θα πρέπει να επιτευχθεί ομοφωνία μεταξύ των μελών της ομάδας, όπου όλοι αυτοί θα πρέπει να είναι ικανοί να κατανοήσουν το πρόβλημα εξ ολοκλήρου. Σε προβλήματα λοιπόν που απαιτείται κατανεμημένη λήψη αποφάσεων δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο. Αντί για αυτού, κάθε λήπτης αποφάσεων έχει μια περιορισμένη συμμετοχή στο πρόβλημα. Ωστόσο, υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα στο πεδίο της κατανεμημένης λήψης αποφάσεων και σε εκείνο της ομαδικής λήψης αποφάσεων, η οποία συχνά απαιτεί την συνεργασία των πηγών γνώσης. Στα προβλήματα τα οποία μελετάει η ομάδα ουσιαστικά ερευνούν την λύση του προβλήματος, η οποία είναι συνήθως τέτοια, όπου κάθε μέλος της ομάδας είναι ικανό να κατανοήσει ολόκληρη την δομή του προβλήματος. Η δυσκολία λοιπόν που ανακύπτει είναι ότι κάθε μέλος της ομάδας δεν έχει όλη την αναγκαία πληροφορία με σκοπό να επιλύσει το πρόβλημα. Έτσι η μελέτη της ομαδικής λήψης αποφάσεων και η επίλυση του ομαδικού προβλήματος αποτελούν σημαντική βοήθεια για την κατανόηση της κατανεμημένης λήψης αποφάσεων, όπου το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο για κάθε άνθρωπο μέσα στην ομάδα να κατανοήσει ολοκληρωτικά το πρόβλημα. Συνεπώς το πρόβλημα που παρουσιάζεται εδώ είναι ο συντονισμός των προσπαθειών των πρακτόρων, οι οποίοι έχουν περιορισμένη απεικόνιση του προβλήματος καθώς και εκείνους τους πράκτορες οι οποίοι δεν έχουν επιτύχει μια συνολική κατανόηση του προβλήματος.

7.2.1 ΟΡΓΑΝΩΣΗ

Τα κατανεμημένα συστήματα χρειάζονται διαφόρων τύποι οργάνωσης με σκοπό να καθοδηγούν τους στόχους της επικοινωνίας και τα αποτελέσματα. Τέτοιοι οργανισμοί ποικίλουν από πολύ χαλαροί (ομάδες ή κοινωνίες) σε πολύ αυστηροί οι λεγόμενοι ιεραρχικοί. Κατά την χαλαρή οργάνωση δεν υπάρχει ιεραρχία και το πρόβλημα επιλύεται όταν ένα από τα μέλη προτείνει μια λύση. Επίσης σύμφωνα με τους πιο χαλαρούς οργανισμούς τα δεδομένα οδηγούν στην λύση του προβλήματος,

στην ιεραρχική. Οργάνωση, οι χαμηλότερου επιπέδου πράκτορες αντιδρούν στις απαιτήσεις των ανωτέρων τους και καθοδηγούνται από τους στόχους τους. Περισσότερο τυπική οργάνωση είναι η ιεραρχική. Κάθε πράκτορας του επιπέδου είναι υπεύθυνος για να επεξεργάζεται το δικό του επίπεδο, διακόπτοντας τα δεδομένα από το επίπεδο που βρίσκεται κάτω από αυτόν, παίρνοντας αυτές τις εξηγήσεις προς τα πάνω στην ιεραρχία και λαμβάνοντας τους στόχους από το πιο πάνω επίπεδο, διακόπτοντας την πληροφορία και μετατρέποντας τον στόχο που λαμβάνουν σε στόχο για το παραπάνω επίπεδο (Rasmussen, Brehmer, Leplat 1991).

7.2.2 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Η επικοινωνία έχει άμεση σχέση κατά κάποιο με την οργάνωση καθώς η ανάγκη για συντονισμό και συνεργασία είναι απαραίτητη για την επικοινωνία. Ωστόσο είναι επιθυμητή η διατήρηση της επικοινωνίας στο ελάχιστο. Σύμφωνα με τους Rasmussen, Brehmer, Leplat 1991 συζητιέται αυτό το πρόβλημα με τρεις βασικές επικεφαλίδες: το παράδειγμα κατά το οποίο η επικοινωνία λαμβάνει χώρα, το σημασιολογικό περιεχόμενο της πληροφορίας, και τα πρωτόκολλα προσαρμόζονται σε αποτελεσματική χρήση του περιορισμένου εύρου ζώνης που είναι διαθέσιμο.

Όσον αφορά το παράδειγμα της επικοινωνίας είναι μια διάκριση ανάμεσα στην επικοινωνία διαμέσου μιας μνήμης και μηνυμάτων. Οι λειτουργίες της μνήμης παρουσιάζεται ως ένα μαυροπίνακας, όπου μηνύματα και αποτελέσματα γράφονται και βοηθούν στην εύρεση πληροφοριών. Ο μαυροπίνακας μπορεί κάποιες φορές να μπλοκάρει το σύστημα αν υπάρχει μια βλάβη στην μνήμη. Μια λύση για κάτι τέτοι είναι η εισαγωγή σειρών από μαυροπίνακες ίσως σε ιεραρχικούς οργανισμούς όπου διάφοροι πράκτορες έχουν πρόσβαση σε διάφορους μαυροπίνακες.

Μια αποτελεσματική κατανομημένη λήψη αποφάσεων απαιτεί υψηλότερου επιπέδου γνωστική διαδικασία σε σχέση με μια συνηθισμένη ατομική λήψη αποφάσεων. Η ανάγκη για επικοινωνία είναι ένας αρκετά σημαντικός συντελεστής για λήψη αποφάσεων. Η πρόκληση για μελέτη της κατανομημένης λήψης αποφάσεων είναι να δοθεί περισσότερη ουσία στις υποθέσεις.

7.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η αδυναμία (Carlsson, Kochetkov 1983) των υπάρχοντων μοντέλων να αντιμετωπίσουν τα πολυδιάστατα πραγματικά προβλήματα των επιχειρήσεων με χρήση ενός μόνο κριτηρίου οδήγησε στην ανάπτυξη της πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων (Multiple Criteria Decision Making). Τα πολυκριτήρια προβλήματα λόγω της παρουσίας πολλαπλών και αντικρουόμενων μεταξύ των κριτηρίων αξιολόγησης των εναλλακτικών αποφάσεων είναι προβλήματα με χαμηλό βαθμό δόμησης. Επομένως το πλήθος των κριτηρίων και η πολυπλοκότητα των μεταξύ των σχέσεων έχουν επίδραση στο σύστημα προτιμήσεων του αποφασίζοντος το οποίο με τη σειρά του χαρακτηρίζεται και αυτό από χαμηλό βαθμό δόμησης. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι λαμβανόμενες αποφάσεις ανήκουν στην κατηγορία των ημιδομημένων αποφάσεων γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη για υποστήριξη του αποφασίζοντος μέσω της ανάπτυξης κατάλληλων πολυκριτήριων μοντέλων.

Με σκοπό να δημιουργηθεί ένα ακριβές πλαίσιο για την παρούσα προσπάθεια μας. Έτσι ορίζεται η πολυκριτήρια λήψη αποφάσεων ως την περιοχή της λήψης αποφάσεων η οποία συμπεριλαμβάνει πολλαπλά χαρακτηριστικά, αντικειμενικούς σκοπούς και στόχους.

- **Χαρακτηριστικά:** αναφέρεται σε αυτούς που περιγράφουν. Διατηρούν τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων που πρόκειται να περιγράψουν.
- **Αντικείμενα:** είναι περισσότερο αναγνωρίσιμα με τις ανάγκες και τις επιθυμίες του χρήστη. Αντιπροσωπεύουν τις προτιμήσεις σε συνδυασμό με τα ατομικά χαρακτηριστικά ή τα πολύπλοκα χαρακτηριστικά.
- **Στόχοι:** είναι αναγνωρίσιμα με τις ανάγκες και τις επιθυμίες του χρήστη. Εδώ εκ των προτέρων έχουν αποφασίσει συγκεκριμένες αξίες ή επίπεδα τα οποία ορίζονται από τα χαρακτηριστικά ή από τα αντικείμενα. Ένα συστατικό στοιχείο αναγνώρισης του στόχου σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να περιλαμβάνεται στην ανάλυση της απόφασης.
- **Κριτήρια:** αποτελούν μέτρα, κανόνες και κάποια στάνταρ τα οποία οδηγούν στην λήψη αποφάσεων. Ουσιαστικά κριτήρια είναι όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά αντικείμενα ή στόχοι τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί με στόχο να δίνεται μια κατάσταση απόφασης από τους λήπτες αποφάσεων.

Κριτήρια είναι τα χαρακτηριστικά ή οι απαιτήσεις, που κάθε εναλλακτική πρέπει να διαθέτει σε μεγαλύτερη ή μικρότερη έκταση.

Η πολυκριτήρια λήψη αποφάσεων δέχεται την ύπαρξη ενός συστήματος αξιών που αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις των αποφασιζόντων σε ένα σύνολο εναλλακτικών ενεργειών και έχει σαν κύριους εκφραστές τους. Το σύστημα αξιών αφορά την διαμόρφωση μιας συνάρτησης χρησιμότητας και των σχετικών βαρών των προτεραιοτήτων. Σύμφωνα με αυτή οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα σε ένα σύνολο εναλλακτικών ενεργειών λαμβάνονται υπόψη στην διαμόρφωση ενός συστήματος αξιών, το οποίο ικανοποιεί ένα σύνολο συνθηκών μέσα από τα οποία ο αποφασίζων θα οδηγηθεί στην επιλογή της σωστότερης λύσης. Οι βασικοί στόχοι της πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων είναι:

- Να καθορισθούν οι συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται ώστε να υφίσταται το σύστημα αξιών.
- Να υποστηρίζει τον αποφασίζοντα ώστε να ανακαλύπτει μέσα από μια διαδικασία ένα σύστημα αξιών και να παίρνει τη σωστή απόφαση.

7.4 ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Τα κυρίαρχα θεωρητικά ρεύματα που επικρατούν είναι:

- Πολυκριτήριος ή πολυστοχαστικός μαθηματικός προγραμματισμός
- Θεωρία πολυκριτήριας χρησιμότητας
- Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής
- Ανάλυση παλινδρόμησης

7.5 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟΣ ΠΟΛΥΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Πολυκριτήριος ή πολυστοχαστικός μαθηματικός προγραμματισμός πρόκειται για μοντέλα μαθηματικού προγραμματισμού με περισσότερες από μία αντικειμενικές συναρτήσεις. Ο πολυκριτήριος ή πολυστοχαστικός μαθηματικός προγραμματισμός αποτελεί μια γενίκευση του κλασικού γραμμικού προγραμματισμού που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλαπλών υπό μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση αντικειμενικών συναρτήσεων. Ο πολυκριτήριος

μαθηματικός προγραμματισμός εκφράζει την επιθυμία του αποφασίζοντα να καταστήσει πιο ρεαλιστικό το μοντέλο του παίρνοντας υπόψη του περισσότερα από ένα κριτήρια. Η ανεύρεση λύσης ενός τέτοιου προβλήματος εξαρτάται από:

- Την πολυκριτήρια μέθοδο ανάλυσης που θα επιλεγεί
- Από τον τρόπο που ο αποφασίζων αλληλεπιδρά και αντιδρά στην προσπάθεια του να φθάσει σε ικανοποιητική λύση.

7.6 ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η θεωρία της πολυκριτήριας χρησιμότητας θεμελιώνεται πάνω σε δυο βασικές παραδοχές:

- Της αποδοχής ότι όλες οι εναλλακτικές ενέργειες/δράσεις είναι δυνατόν να συγκριθούν μεταξύ τους και δεν υπάρχει η περίπτωση δυο από αυτές να μην μπορούν να συγκριθούν.
- Της μεταβατικότητας των προτιμήσεων μεταξύ των εναλλακτικών ενεργειών/δράσεων.

Η λογική της κατάταξης των εναλλακτικών ενεργειών με βάση ένα σύστημα αξιών διευκολύνουν τους αποφασίζοντες που είναι συνηθισμένοι κυρίως σε χρήση ποσοτικών συστημάτων αξιολόγησης.

7.7 ΘΕΩΡΙΑ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ

Σκοπός και βασικό πεδίο έρευνας όλων των μεθόδων που βασίζονται στην θεωρία σχέσεων υπεροχής είναι η ακριβής μαθηματική μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Η μοντελοποίηση των προτιμήσεων επιτυγχάνεται μέσω της συνεργασίας του αναλυτή των αποφάσεων με τον ίδιο τον αποφασίζοντα, με σκοπό τον καθορισμό μιας σειράς παραμέτρων όπως τα βάρη των κριτηρίων, τα όρια προτίμησης και αδιαφορίας, κλπ.

7.7.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Με την ανάλυση αυτή γίνεται χρήση μοντέλων ανάλυσης παλινδρόμησης στη προσπάθεια προσέγγισης της συλλογιστικής των αποφασίζόντων μέσα από μια διαδικασία ανάλυσης- σύνθεσης. Με την μεθοδολογία αυτή καθορίζεται αφενός μεν ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών, αφετέρου δε ένα σύνολο κριτηρίων που τις χαρακτηρίζουν, ενώ καταγράφονται και οι προτιμήσεις των αποφασίζόντων. Τελικά γίνεται η εκτίμηση ενός αναλυτικού μοντέλου χρησιμότητας, το οποίο αναπαριστά με βέλτιστο τρόπο τις προτιμήσεις των αποφασίζόντων.

7.8 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Παρακάτω παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των παραπάνω μεθόδων.

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας	▪ Αναπαράσταση ποιοτικών παραγόντων ▪ Αποτύπωση της λογικής του αποφασίζοντα ▪ Επαναχρησιμοποίηση του μοντέλου απόφασης	▪ Κατανόηση του μοντέλου απόφασης ▪ Παραχωρήσεις μεταξύ κριτηρίων ▪ Αβεβαιότητα των εκτιμήσεων
Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση	▪ Αποτύπωση της λογικής του αποφασίζοντα ▪ Επαναχρησιμοποίηση των αποφάσεων ▪ Ταξινόμηση σε σαφώς ορισμένες κατηγορίες	▪ Κατανόηση του μοντέλου απόφασης ▪ Εισαγωγή των δεδομένων ▪ Υποκειμενικές κρίσεις
Σχέσεις Υπεροχής	▪ Εναλλακτικές ▪ Προφίλ ▪ Κατώφλια κριτηρίων ▪ Κλίμακα κριτηρίων ▪ Συνασπισμοί "συμφωνίας" και "διαφωνίας"	▪ Μοντελοποίηση του προβλήματος ▪ Ονομαστική ταξινόμηση ▪ Αισιόδοξη κι απαισιόδοξη πρόβλεψη
Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης	▪ Μοντελοποίηση του προβλήματος ▪ Αναπαράσταση ποιοτικών παραγόντων ▪ Κατανόηση μοντέλου απόφασης	▪ Μεγάλος αριθμός σχετικών συγκρίσεων ▪ Δύσκολη η επαναχρησιμοποίηση του μοντέλου ▪ Φαινόμενο της αναστροφής των αξιολογήσεων

Εικόνα 7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<http://www.mech.upatras.gr/~nikos/mis-i/notes/notes-05.pdf>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί η αυτόματη λήψη αποφάσεων. Συγκεκριμένα στην παράγραφο 8.2 θα αναζητηθεί η ανάγκη για αυτόματη λήψη αποφάσεων. Στην 8.3 θα μελετηθεί η διαδοχική λήψη αποφάσεων, 8.3.1 και 8.3.2 ,8.3.3,8.3.4 αναλύεται ο πράκτορας, το περιβάλλον, ο σχεδιασμός και τα προβλήματα, στην 8.4 η αυτόματη λήψη αποφάσεων, στην 8.5 θα μελετηθούν κάποιες τεχνολογίες αυτόματης λήψης αποφάσεων, στην 8.6 μελετούνται κάποιες εφαρμογές στην αυτόματη λήψη αποφάσεων. Στην 8.7 μελετούνται κάποια προβλήματα όσον αφορά την διαχείριση και τέλος στην 8.8 γίνεται αναφορά για μελλοντική χρήση της αυτόματης λήψης αποφάσεων.

8.2 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Στο σημείο αυτό θα γίνει μια προσπάθεια των κύριων απόψεων (Felsen 1976) και προσεγγίσεων με σκοπό την τυποποίηση των μη προγραμματισμένων (nonprogrammed) διαδικασιών απόφασης. Συγκεκριμένα, γίνεται ανάπτυξη θεμελιωδών αρχών αντικειμενοστραφούς πλαισίου για υπολογιστές, για την ανάλυση εκείνων των προβλημάτων που επιλύουν διαδικασίες, οι οποίες κρίνονται όταν παρατηρούνται από τους ανθρώπους. Με τον όρο μη προγραμματισμένες διαδικασίες εννοούμε εκείνες τις αποφάσεις οι οποίες είναι καινούριες και μη δομημένες. Δεν υπάρχει τυπική μέθοδος για να χειριστεί το πρόβλημα επειδή αυτή δεν υπήρχε πριν ή επειδή η ακριβής φύση και δομή των μεθόδων ήταν άπιαστη, περίπλοκη, δύσκολη στην κατανόηση, ή ακόμα οι μέθοδοι είναι τόσο σημαντικές που αξίζουν μια τυπική κομψή χρήση. Όταν το πλαίσιο αυτό είναι γενικό και μη ανεξάρτητο στην τεχνολογία

των υπολογιστών τότε χρησιμοποιούμε κάποιες φορές τον μη δομημένο ο οποίος υπονοεί λιγότερη εξάρτηση στους υπολογιστές και περισσότερη εξάρτηση στο βασικό χαρακτήρα της επίλυσης προβλημάτων.

Τα σύνθετα προβλήματα (complex), επιλύουν μη δομημένες καταστάσεις οι οποίες μπορούν να κατανοηθούν σε τρία επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο χαρακτηρίζεται ως “micro-level”. Αυτό αντιστοιχεί σε νευρωνικά δίκτυα τα οποία προσεγγίζουν την τεχνητή νοημοσύνη.

Το δεύτερο σημαντικό επίπεδο είναι η ευριστική προσέγγιση με σκοπό να επιλύει σύνθετα προβλήματα. Εδώ τα σύνθετα προβλήματα αναλύουν διαδικασίες πληροφορίας οι οποίες μπορούν να τυποποιηθούν και να μηχανικοποιηθούν με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Οι υπολογιστές προσφέρουν ένα δυναμικό τρόπο παροχής της απαιτούμενης πληροφορίας η οποία επεξεργάζεται και οργανώνεται με την βοήθεια προγραμμάτων. Αυτά ονομάζονται ευριστικά προγράμματα τα οποία ενσωματώνονται στις ευριστικές μεθόδους. Για παράδειγμα χαρακτηριστικά τα οποία βελτιώνουν με αποτελεσματικό τρόπο την επίλυση του συστήματος.

Το υψηλότερο επίπεδο στην ανάλυση των αποφάσεων εισάγεται με την Τρίτη προσέγγιση. Εδώ το μοντέλο αναπτύσσεται με τέτοιο τρόπο ώστε η συμπεριφορά του να μοιάζει με την συμπεριφορά του ανθρώπου στην λήψη αποφάσεων.

Καθεμία από τις παραπάνω μεθόδους έχει σχέση με την έρευνα τεχνητή νοημοσύνη. Αυτή η έρευνα ακολουθεί δυο βασικές αρχές:

1. προσομοίωση των ανθρώπινων γνωστικών διαδικασιών
2. ανάπτυξη των ευφύων συστημάτων απόφασης χωρίς κάποια δυνατότητα να κάνουν το σύστημα να συμπεριφέρεται σαν τον άνθρωπο.

Υπάρχει πιθανότητα να επιτευχθεί μια συνθετική ευφυΐα κυρίως στους τρόπους όχι τόσο ανάλογη στη ανθρώπινη γνώση. Εντούτοις υπάρχει πάντα ένα θεμελιώδες αίσθημα ότι εάν ένας υπολογιστής οφείλει να αντιγράψει την ανθρώπινη συμπεριφορά και κάτι τέτοιο θα επιτευχθεί επιλύοντας μηχανισμούς του προβλήματος.

Το βασικό θεμελιώδες πλαίσιο για την ανάλυση των αποφάσεων χρησιμοποιείται για την μελέτη των συντελεστών της διαδικασίας της απόφασης η οποία αποτελείται από τέσσερις φάσεις:

1. **δραστηριότητα εξακρίβωσης:** αποτελείται από την αναζήτηση του περιβάλλοντος α) για τις συνθήκες οι οποίες χρειάζονται για τις αποφάσεις, β)

την πληροφορία για την λήψη αποφάσεων. Έτσι αυτή η αναζήτηση θεωρείται σαν μια σύγκριση ανάμεσα στην υπάρχουσα κατάσταση του συστήματος όπως αυτή θεωρείται από τον λήπτη αποφάσεων καθώς και την επιθυμητή κατάσταση όπως αυτή προτείνεται από τους στόχους του συστήματος. Αυτή λοιπόν η σύγκριση ίσως αποκαλύπτει ασυμφωνίες ανάμεσα στην υπάρχουσα και στην επιθυμητή κατάσταση του συστήματος. Η δραστηριότητα εξακρίβωσης συμπεριλαμβάνει έλεγχο του περιβάλλοντος, συλλογή και ανάλυση των πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του προβλήματος.

2. *σχεδιασμό των εναλλακτικών λύσεων* : η λειτουργία της φάσης αυτής είναι η εύρεση, η ανάπτυξη και η ανάλυση εναλλακτικών λύσεων στο πρόβλημα απόφασης. Το αρχικό βήμα στην φάση αυτή είναι η αναζήτηση για περαιτέρω κατανόηση. Κάτι τέτοιο σημαίνει κατανόηση των στοιχείων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των στοιχείων στην εξακρίβωση του προβλήματος. Το πιο σημαντικό είναι η κατανόηση της σημασίας του μοντέλου.

Ο μηχανισμός επίλυσης του προβλήματος χρειάζεται να α) περιέχει μια θεωρία για το πώς το σύστημα λειτουργεί, β) έχει ένα τρόπο να εκτιμά τις συνέπειες της εφαρμογής των εναλλακτικών λύσεων. Κάτι τέτοιο σημαίνει κατασκευή του μοντέλου της διαδικασίας απόφασης και του περιβάλλοντος του συστήματος απόφασης. Για απλά και σχετικά καλά ορισμένα περιβάλλοντα και καθήκοντα, ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος μπορεί να εκφραστεί με την βοήθεια μικρού αριθμού καταστάσεων απόφασης και αναπαριστάται από ένα συντελεστή κατάστασης. Διαφορετικές περίπλοκες τεχνικές αναγνώρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη σύνθετου περιβάλλοντος. Στην παρούσα φάση δεν υπάρχει επάρκεια διαθέσιμων τεχνικών σχεδίασης για τα συστήματα απόφασης τα οποία είναι ικανά να επιτύχουν μια μεγάλη ποικιλία εργασιών σε σύνθετα περιβάλλοντα. Οι διαδικασίες επίλυσης ευριστικού προβλήματος προτείνονται για τον καθορισμό της καλύτερης αλληλουχίας των ενεργειών. Εξαιτίας των ευριστικών διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν, οι βασικές αρχές που εφαρμόστηκαν δεν είναι βέλτιστες. Ωστόσο με την εισαγωγή κατάλληλων διαδικασιών εκμάθησης η διαδικασία επίλυση του προβλήματος μπορεί να βελτιωθεί.

Η κατασκευή τυπικών μοντέλων στην διαδικασία απόφασης είναι βασική στην ανάπτυξη του υπολογιστή ο οποίος βασίζεται σε συστήματα αποφάσεων και περιέχει κάποιο βαθμό ευφυΐας. Η φάση λοιπόν σχεδιασμού είναι αναγκαία στην κατασκευή κατάλληλων μοντέλων απόφασης. Ίσως θεωρηθεί ότι τα αποτελέσματα από την φάση σχεδιασμού, αποτελεί ένας συνδυασμός μοντέλου περιβάλλοντος μαζί με μερικά μοντέλα της διαδικασίας απόφασης. Τα μοντέλα απόφασης χρησιμοποιούνται με σκοπό να παράγουν πιθανές λύσεις. Συνεπώς το αποτέλεσμα της φάσης σχεδιασμού είναι μία ή μερικές τέτοιες εναλλακτικές λύσεις. Η παραγόμενη εναλλακτική σειράς ενεργειών οδηγεί στην φάση επιλογής.

3. *επιλογή και εφαρμογή των καλύτερων εναλλακτικών*, ο σκοπός της φάσης της επιλογής είναι να επιλέξει την βέλτιστη λύση από μια σειρά εναλλακτικών και στην συνέχεια να εφαρμόσει την λύση. Η διαδικασία επιλογής αρχίζει με έναν έλεγχο επιτευξιμότητας. Μερικές από τις διαθέσιμες ενέργειες ίσως να είναι μη εφικτές ή μη αντιληπτές για κάποιους λόγους και συνεπώς να αποκλείονται. Συγκρινόμενες μεταξύ τους οι εναλλακτικές ίσως απαιτήσουν την χρήση ενός μοντέλου απόφασης από το οποίο οι λύσεις παράγονται με σκοπό να διευκρινίσουν τις εναλλακτικές και τις βασικές υποθέσεις. Επίσης η δραστηριότητα επιλογής μπορεί να τυποποιηθεί μόνο με την βοήθεια μοντέλων απόφασης. Η φάση επιλογής μπορεί εύκολα να τυποποιηθεί με την βοήθεια της τεχνολογίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η κλασική θεωρία αποφάσεων έχει σχέση με την φάση επιλογής. Για παράδειγμα η θεωρία παιγνίων και η στατιστική θεωρία αποφάσεων συχνά προσπαθεί να εξηγήσει πως πρέπει να γίνονται οι επιλογές.
4. *εκτίμηση των αποτελεσμάτων και εκμάθηση από τις παλιές εμπειρίες στην λήψη αποφάσεων*, οι καταστάσεις απόφασης στην πραγματική ζωή είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες, μη δομημένες και δυσνόητες όπου υπολογιστές οι οποίοι βασίζονται σε συστήματα αποφάσεων δεν μπορούν να τα σχεδιάσουν βέλτιστα. Έτσι εάν αυτόματο σύστημα επίλυσης προβλημάτων χρειάζεται να χειριστεί με επιτυχία τον πραγματικό κόσμο, αυτό χρειάζεται να εφαρμοστεί σαν ένα σύστημα εκμάθησης, το οποίο βελτιώνει βαθμιαία την εκτέλεση με την εκμάθηση από παλαιότερες εμπειρίες. Η εσωτερική δομή του συστήματος απόφασης ίσως από μέρα σε μέρα να τροποποιείται από μερικές απαιτήσεις κάποιων εργασιών. Έτσι οι αλλαγές του περιβάλλοντος είτε από τις ενέργειες

του συστήματος είτε από άλλους λόγους, το μοντέλο απόφασης πρέπει να ενημερώνεται και να εκφράζει αυτές τις αλλαγές. Νέες πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον χρειάζονται να ενσωματώνονται στα μοντέλα.

Πολλές ίσως οι περισσότερες διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο αντιμετωπίζονται με ένα συγκεκριμένο τρόπο. Ο τρόπος αυτός είναι επίσης άμεσα εφαρμόσιμος στα προβλήματα τα οποία πρόκειται να μελετήσουμε, για παράδειγμα αυτόματη λήψη αποφάσεων υπό συνθήκες αποφάσεων σε περιοδικές καταστάσεις.

Η δραστηριότητα εξακρίβωσης αναζητά το σύστημα και το περιβάλλον για πληροφορία η οποία αποφασίζει την κατάσταση του συστήματος. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται για να ορίσει τα προβλήματα αποφάσεων, για παράδειγμα ασυμφωνίες για την παρούσα κατάσταση του συστήματος και την επιθυμητή. Ο ορισμός των προβλημάτων μαζί με την πληροφορία είναι απαραίτητος για την επίλυση και την έκβαση της φάσης εξακρίβωσης, και αποτελεί κατάλληλη είσοδος για την φάση σχεδιασμού. Στην φάση σχεδιασμού οι εναλλακτικές λύσεις για το πρόβλημα απόφασης αναπτύσσονται.

Οι παραγόμενες λύσεις σε ένα πρόβλημα πρέπει πρώτα να κατανοούν την φύση του προβλήματος. Με τον όρο κατανόηση εννοούμε να δημιουργούμε ένα μοντέλο για την κατάσταση του προβλήματος. Η καλύτερη μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων επιλέγεται και εφαρμόζεται στην φάση επιλογής. Διαμέσου μιας διαδοχικής εξέλιξης της εφαρμοσμένης λύσης εκμάθησης, νέες πληροφορίες παράγονται. Αυτές οι πληροφορίες εξακριβώνονται και χρησιμοποιούνται με σκοπό να τροποποιήσουν την δομή ή να βελτιώσουν την εκτέλεση του συστήματος απόφασης (Felsen 1976).

Η αυτόματη λήψη αποφάσεων αποτελείται από τα ακόλουθα τρία βήματα:

1. ανάπτυξη γενικών τυπικών μεθόδων για την εφαρμογή των παραπάνω τεσσάρων φάσεων στην διαδικασία αποφάσεων
2. εφαρμογή αυτών των μεθόδων με σκοπό τον σχεδιασμό τυπικών διαδικασιών για συγκεκριμένες διαδικασίες απόφασης
3. και τέλος ο προγραμματισμός αυτών των διαδικασιών στον υπολογιστή.

Για δεκαετίες οι υπολογιστές μπορούν να βοηθήσουν τους διευθυντές και τους επαγγελματίες να λαμβάνουν αποφάσεις. Παρόλο της υπερβολικής αύξησης της τεχνητής νοημοσύνης και των ευφυών συστημάτων παρατηρείται υλοποίηση αυτόματης λήψης αποφάσεων. Ένα ευφυές σύστημα υπόσχεται για παράδειγμα να

αυτοματοποιήσει την διάγνωση των ασθενειών αλλά κάτι τέτοιο είναι πολύ δύσκολο να γνωστοποιηθεί και να επιλυθεί. Κάποιες επιχειρήσεις ρυθμίζουν την παροχή της πληροφορίας σε διευθυντές και αναλυτές με την υποστήριξη της απόφασης. Η ιδέα της υποστήριξης της απόφασης έχει εμφανιστεί από τις αρχές του 1970. τα συστήματα υποστήριξης της απόφασης είναι τυπικά σχεδιασμένα με σκοπό να βοηθούν τις αναφορές των διευθυντών, την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων περισσότερο από την εκτέλεση των αποφάσεων των επιχειρήσεων. Κάποιος πρέπει να μεταχειριστεί τα δεδομένα, να επανεξετάσει τις αναφορές και τελικά να πάρει την απόφαση.

8.3 ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

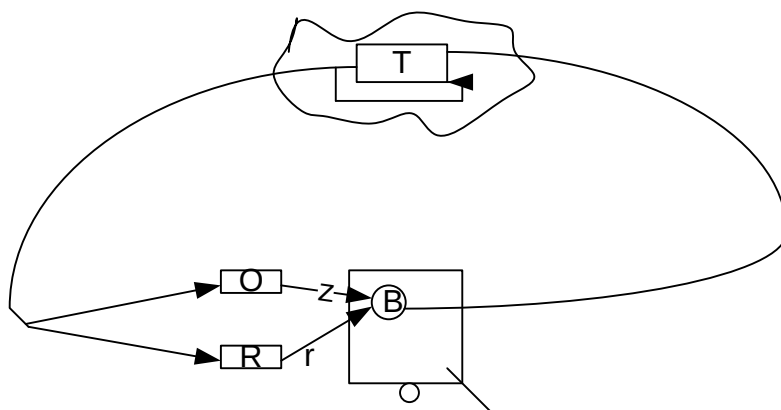
Η διαδικασία διαδοχικής απόφασης ίσως χαρακτηρίζεται από το ακόλουθο γενικό σενάριο: ένας λήπτης αποφάσεων αλληλεπιδρά με ένα διακριτού χρόνου δυναμικό σύστημα με έναν επαναληπτικό τρόπο. Στην αρχή κάθε βήματος το σύστημα είναι σε μια αρχική κατάσταση. Ο πράκτορας παρατηρεί μια αναπαράσταση της τρέχουσας κατάστασης και επιλέγει μια από τις πεπερασμένες ενέργειες οι οποίες βασίζονται στους κανόνες απόφασης του πράκτορα. Σαν αποτέλεσμα του δυναμικού συστήματος γίνεται εισαγωγή σε μια νέα κατάσταση και επιστροφή μιας πληρωμής. Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται αόριστα. Ο στόχος είναι η εύρεση μια σειρά από κανόνες απόφασης οι οποίοι θα μεγιστοποιήσουν την προσδοκώμενη συνολική πληρωμή. Για πολλά διαδοχικά προβλήματα, η περισσότερο τυπική τυποποίηση του προβλήματος περιλαμβάνει καθυστερήσεις στις πληρωμές υπό την έννοια ότι μη μηδενικές πληρωμές συμβαίνουν μόνο όταν ιδιαίτερες συνθήκες υπάρχουν (Grefenstette,Ramsey,Schultz, 1990).

Για την πλήρη κατανόηση ενός διαδοχικής λήψης αποφάσεων, γίνεται μια προσπάθεια περιγραφής του λήπτη αποφάσεων ή του πράκτορα καθώς και του περιβάλλοντος με το οποίο αλληλεπιδρά, η συμπεριφορά που παρουσιάζει και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει(Littman 1996).

8.3.1 Ο ΛΗΠΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ – Ο ΠΡΑΚΤΟΡΑΣ

Η έννοια του πράκτορα έχει πολύ διαφορετική σημασία σε διάφορες ομάδες ανθρώπων. Στην παρούσα φάση ο πράκτορας είναι το σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την αλληλεπίδραση με τον κόσμο και για την λήψη αποφάσεων. Οι πράκτορες ζουν σε ένα περιβάλλον : ένα συγκεκριμένο οικονομικό μοντέλο, ένα τηλεφωνικό δίκτυο κ.α. Η κατάσταση του περιβάλλοντος είναι καθετί που μπορεί να αλλάξει από στιγμή σε στιγμή.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πράκτορας ο οποίος αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του. Ο πράκτορας παρουσιάζεται με μια ρομποτική φιγούρα και από ένα περιβάλλον. Αν και ο πράκτορας είναι μια οντότητα για λήψη αποφάσεων, όμως κάτι τέτοιο δεν είναι αρκετό για λήψη αποφάσεων. Αυτός χρειάζεται να λάβει τις αποφάσεις μέσα από μια επιλογή ενέργειας a που λαμβάνεται με σκοπό να επηρεάσει την κατάσταση του περιβάλλοντος. Η επιλογή της ενέργειας του πράκτορα θα πρέπει να είναι μια συνάρτηση της αντίληψης (perception) z της κατάστασης. Το στοιχείο O αναπαριστά την συνάρτηση αντίληψης του πράκτορα. Για πολλά περιβάλλοντα το O είναι η συνάρτηση ταυτότητας, όπου ο πράκτορας έχει πρόσβαση στην αληθινή κατάσταση του περιβάλλοντος. Με B συμβολίζεται η συμπεριφορά του πράκτορα, το R είναι η συνάρτηση αμοιβής του πράκτορα και το r η αμοιβή του πράκτορα. Η μετάβαση T ελέγχει ποιες ενέργειες αλλάζουν την κατάσταση του περιβάλλοντος με δεδομένο ότι υπάρχουν μια σειρά από ενέργειες a (Littman 1996).



Εικόνα 8 ΕΝΑΣ ΠΡΑΚΤΟΡΑΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ (Littman 1996).

8.3.2 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το περιβάλλον είναι κάτι εξωτερικό στον πράκτορα. Το περιβάλλον τις περισσότερες φορές σχετίζεται με τους στόχους του. Το περιβάλλον αλλάζει από κατάσταση σε ανταπόκριση των ενεργειών του πράκτορα σύμφωνα με τους κανόνες που θέτονται. Η ίδια μετάβαση δεν απασχολεί κάθε φορά τον πράκτορα που κάνει μια συγκεκριμένη ενέργεια σε μια συγκεκριμένη κατάσταση.

Στα περισσότερα προβλήματα του πραγματικού κόσμου υπάρχει πιθανότητα να εξακριβωθούν θέσεις ου περιβάλλοντος οι οποίες συνθέτουν την κατάσταση. Ωστόσο υπάρχουν συχνά θέσεις του συστήματος οι οποίες αλλάζουν συχνά αργά μέσα στον χρόνο. Το περιβάλλον δεν είναι στάσιμο. Στην παρούσα φάση το περιβάλλον θεωρείται σαν μια πλατιά ποικιλία από προβλήματα διαδοχικής λήψης αποφάσεων. Ωστόσο αυτά είναι περισσότερο πολύπλοκα μαθηματικά και λιγότερα τυπικά μοντέλα. Τέτοια προβλήματα συχνά περιγράφονται με το πλαίσιο ενισχυμένης εκμάθησης (**reinforcement learning** αποτελεί μια υπό περιοχή της μηχανής εκμάθησης που ενδιαφέρεται για το πώς ένας πράκτορας οφείλει να δράσει σε ένα περιβάλλον με σκοπό να μεγιστοποιήσει αντίληψη μακροπρόθεσμων ανταμοιβών). Έτσι η λήψη των αποφάσεων γίνεται συχνά με ένα τρόπο μαχητικό και μη προβλέψιμο.

Για την περιγραφή της διαδοχικής λήψης απόφασης δεν είναι αρκετό να ειδικευτούμε στον πράκτορα και στο περιβάλλον. Οι ενέργειες του πράκτορα χρειάζεται να εξυπηρετούν μερικούς σκοπούς: για παράδειγμα έχει ως σκοπό την μεγιστοποίηση της ανταμοιβής. Αυτό λοιπόν απαρτίζεται από μια δήλωση του προβλήματος, ο πράκτορας επιλύει τις διαδικασίες των αλληλεπιδράσεων του με το περιβάλλον. Σε πολλά προβλήματα διαδοχικής λήψης αποφάσεων υπάρχει ένας σχεδιαστής ο οποίος λέει με βεβαιότητα ποιες ενέργειες και καταστάσεις είναι καλές και ποιες κακές και έτσι μπορεί με σαφήνεια να προσδιορίσει την ανταμοιβή.

Μια σημαντική άποψη για τις ανταμοιβές είναι ότι αυτές βασίζονται σε αντικειμενικά κριτήρια και χρησιμοποιούνται για να κρίνουν την εκτέλεση των πρακτόρων. Ωστόσο για ανταμοιβές οι οποίες δεν έχουν καμιά επιρροή στην συμπεριφορά, οι πράκτορες έχουν υποκειμενική πρόσβαση σε αυτές. Στα αφηρημένα μοντέλα, οι ανταμοιβές μπορούν να προβλεφτούν από πράκτορες που χρησιμοποιούν την αντίληψη του περιβάλλοντος. Κάτι τέτοιο ορίζεται ως ιδιοκτησία των μοντέλων (Littman 1996).

8.3.3 ΑΡΧΕΣ

Μια αρχή είναι η συνταγή για την συμπεριφορά του πράκτορα. Γενικά η αρχή του πράκτορα είναι πολύ πολύπλοκη συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στην συμπεριφορά υποτιθέμενων γεγονότων. Ωστόσο όταν η δομή του περιβάλλοντος είναι γνωστή εκ των προτέρων ο πράκτορας μπορεί να συμπεριφερθεί επιτυχημένα με πολύ απλούστερες αρχές.

Ένα σχέδιο (plan), είναι το όνομα για συγκεκριμένο απλό είδος αρχών κατά το οποίο ο πράκτορας μεταφέρει μια αλληλουχία ενεργειών. Αυτός παίρνει μια αλληλουχία ενεργειών χωρίς να τον ενδιαφέρει τι αυτή σημαίνει. Τα σχέδια είναι σημαντικά σε ολοκληρωτικά προβλέψιμα περιβάλλοντα όπου η αρχική κατάσταση του πράκτορα είναι γνωστή εκ των προτέρων, όπως στην περίπτωση με τα κατασκευασμένα ρομπότ.

Ένα υποθετικό σχέδιο (conditional plan) επιτρέπει μια μικρή ποσότητα ποικιλίας των διαδοχικών ενεργειών που επιλέγονται. Ένας υπερβολικός τύπος υποθετικού σχεδίου είναι η στάσιμη αρχή (stationary policy), μερικές φορές ονομάζεται γενικό σχέδιο (universal plan). Αυτός ο τύπος αρχής δεν έχει συγκεκριμένη διαδοχή, παρόλα αυτά οι πράκτορες εξετάζουν ολόκληρη την κατάσταση σε κάθε βήμα και την περισσότερη κατάλληλη ενέργεια για την παρούσα κατάσταση (Littman 1996).

8.3.4 ΔΥΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Αυτές οι αρχές μπορεί να παράγουν δυο διαφορετικά προβλήματα τα οποία διαφέρουν στην πληροφορία που διατίθεται για την κατασκευή των αρχών: σχεδιασμού (planning) και ενισχυμένης εκμάθησης (reinforcement learning).

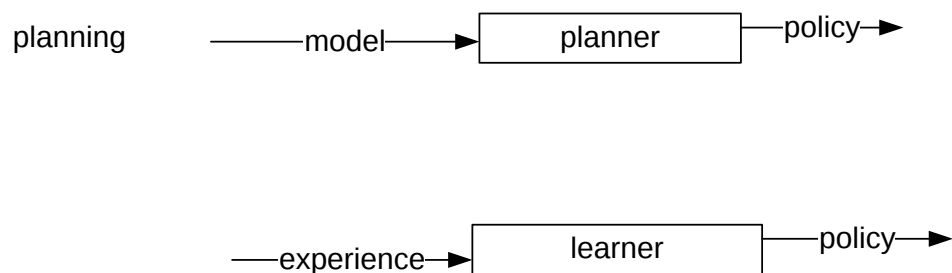
Ο σχεδιασμός (planning), αποτελεί ένα ολόκληρο μοντέλο του περιβάλλοντος γνωστό εκ των προτέρων. Κάτι τέτοιο κάνει πιθανό να γίνει χωρισμός των προβλημάτων λήψης αποφάσεων σε δυο συστατικά : στον σχεδιαστή και στον πράκτορα. Ο σχεδιαστής είναι υπεύθυνος για να κάνει την περιγραφή του περιβάλλοντος και για να

παράγει μια αρχή, τυπικά μια στάσιμη αρχή. Αυτή την αρχή με την σειρά του την παίρνει ο πράκτορας για την εκτέλεση του περιβάλλοντος.

Η ενισχυμένη εκμάθηση (reinforcement learning), σχετίζεται με τον σχεδιασμό αν και τα δυο πλαίσια διαφέρουν στην πληροφορία που διατίθεται σχετικά με το περιβάλλον. Η λειτουργία για ένα σχεδιαστή θα πρέπει να έχει μια ολοκληρωμένη περιγραφή της κατάστασης του περιβάλλοντος, των ενεργειών, των ανταμοιβών και των μεταβάσεων. Η ενισχυμένη εκμάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν ένα μοντέλο του περιβάλλοντος είναι άγνωστο ή δύσκολο να λειτουργήσει άμεσα. Η ενισχυμένη εκμάθηση αφαιρεί την διάκριση ανάμεσα σε πράκτορα και σχεδιαστή. Ένας πράκτορας ενισχυμένης εκμάθησης είναι υπεύθυνος για την συλλογή πληροφορίας σχετικά με το περιβάλλον οργανώνεται για να αποφασίσει μια αρχή και για να συμπεριφερθεί σύμφωνα με την αρχή.

Ένας ιδανικός πράκτορας ενισχυμένης εκμάθησης επιλέγει κάποια ενέργεια με σκοπό να μεγιστοποιήσει μακροπρόθεσμες ανταμοιβές, επιλέγει ανάμεσα από ενέργειες με σκοπό να αποκτήσει πληροφορία σχετικά με το περιβάλλον και ενέργειες για να αποκτήσει ανταμοιβή. Αυτός ο στόχος είναι υπερβολικά δύσκολος να επιτευχθεί και κυρίως με αλγορίθμους ενισχυμένης εκμάθησης που εστιάζουν στην συλλογή πληροφορίας, έτσι μια βέλτιστη στάσιμη αρχή μπορεί να παραχθεί. Ένας ο οποίος μαθαίνει ενισχυμένη εκμάθηση μεταφέρει το σχεδιασμό του στο περιεχόμενο των άμεσων αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον (Littman 1996).

Παρακάτω παρατίθενται μια σειρά από προβλήματα διαδοχικής λήψης αποφάσεων



Εικόνα 9 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (Littman 1996).

8.4 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Παρόλο τους περιορισμούς της τεχνολογίας τα συστήματα αυτόματης λήψης αποφάσεων παίζουν σημαντικό ρόλο σήμερα. Οι εφαρμογές υποστήριξης αποφάσεων παρέχουν στους διευθυντές την κατάλληλη πληροφορία και εργαλεία για να λάβουν αποφάσεις. Οι εφαρμογές αυτόματης λήψης μιας απόφασης σχεδιάστηκαν με σκοπό να ελαχιστοποιήσουν την ανάμειξη του ανθρώπου σε μια συνεχιζόμενη διαδικασία λήψης απόφασης. Στόχος τους είναι η κατανόηση των συνθηκών η κωδικοποίηση της γνώσης και άμεση απόκριση με όσο το δυνατόν την ελάχιστη ανάμειξη του ανθρώπου. Έτσι οι εφαρμογές αυτόματης λήψης αποφάσεων μπορεί να είναι περισσότερο αποτελεσματικές οικονομικά.

Τα τρέχοντα συστήματα βασίζονται και στην τεχνητή νοημοσύνη και σε εργαλεία υποστήριξης της απόφασης. Συνήθως συμπεριλαμβάνουν την επεξεργασία της επιχείρησης καθώς και ανάλυση αλγοριθμική. Αυτά τα συστήματα λαμβάνουν ραγδαία αποδοχή και κεντρίζουν το ενδιαφέρον πολλών βιομηχανιών και επιχειρήσεων. Αυτά τα συστήματα συνήθως παίρνουν αρκετά συνεπείς αποφάσεις σε σχέση με τους ανθρώπους και βοηθούν τους διευθυντές έτσι ώστε να λαμβάνουν αποφάσεις με όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικές ενέργειες. Αυτά τα νέα συστήματα έρχονται όχι μόνο επειδή οι τεχνολογίες έχουν ωριμάσει αλλά επίσης σε απάντηση της ανάγκης των επιχειρήσεων. Η ραγδαία μετακίνηση από την άποψη των ενεργειών είναι περισσότερο σημαντική για υψηλού επιπέδου επιχειρήσεις οι οποίες διαπραγματεύονται την συνεχώς αυξανόμενη πληροφορία, τις προσδοκίες των καταναλωτών οι οποίες απαντούν στις ανάγκες τους, καθώς και το αυξανόμενο κόστος της γνώσης των εργατών. Η νέα γενιά εφαρμογών απόφασης οι οποίες αποτελούν δύναμη για την βιομηχανία, βοηθούν στην μείωση του κόστους της εργασίας, επιταχύνουν τις διαδικασίες λήψης απόφασης, ενισχύουν τις βασικές αρχές, βελτιώνουν την ποιότητα, προσφέρουν μεγαλύτερη άνεση στους πελάτες και τέλος ανταποκρίνονται στην ταχύτητα των πελατών.

Για να κατανοήσουμε πως η υψηλής εκτέλεσης επιχειρήσεις επιτυγχάνουν να επωφεληθούν από την νέα τεχνολογία, μελετούμε συστήματα αυτόματης λήψης αποφάσεων στις τράπεζες στις ασφάλειες και στα ταξίδια, καθώς και στις βιομηχανίες οι οποίες έχουν να κάνουν με ιατρική περίθαλψη και γεωργία.

Τα συστήματα αυτόματης λήψης αποφάσεων έχουν αναπτυχθεί σε πολλές βιομηχανίες για πολλούς εμπορικούς και οικονομικούς σκοπούς. Η ανάγκη κυρίως για τέτοια συστήματα έχει συνήθως υποκινηθεί από αύξηση της χωρητικότητας, του κόστους.

8.5 ΚΟΙΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Οι κοινές τεχνολογίες για την αυτόματη λήψη αποφάσεων είναι :

- οι αισθητήρες οι οποίοι είναι ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες ανιχνεύουν και αναφέρουν διάφορα φαινόμενα
- μηχανισμοί κίνησης, οι οποίοι καθιστούν ικανά τα συστήματα να δρουν σύμφωνα με την ανίχνευση των δεδομένων.
- Αρχιτεκτονικές δεδομένων οι οποίες ορίζουν πως τα δεδομένα συλλέγονται, αποθηκεύονται, συγκεντρώνονται και μοιράζουν δεδομένα στους οργανισμούς
- Μέσα αποθήκευσης δεδομένων, τα οποία επιτρέπουν στους ανθρώπους να χρησιμοποιούν πολύπλοκους αλγορίθμους και να αναζητούν μηχανές για να βρουν δείγματα και συσχετισμούς προϋπάρχουσων βάσεων δεδομένων
- Διαδικασίες αρχών μηχανής (rule engines process), μια σειρά από κανόνες επιχειρήσεων με την χρήση υποθετικών προτάσεων με σκοπό την επίλυση μη αλγοριθμικών προβλημάτων.
- Υπηρεσίες διαδικτύου, είναι δημοσίως διαθέσιμες υπομονάδες από μικροεφαρμογές, οι οποίες δουλεύουν με την βοήθεια του διαδικτύου.
- Η ροή των εφαρμογών οι οποίες είναι software εφαρμογές, και καθιστούν ικανή την διεξοδική πληροφόρηση των διαδικασιών των επιχειρήσεων.
- Επιχειρηματικά συστήματα είναι software εφαρμογές, οι οποίες αυτοματοποιούν, συνδέουν και διευθύνουν την ροή της πληροφορίας καθώς και τις διαδικασίες διεκπεραίωσης σε πολύπλοκους οργανισμούς (Harris,Davenport,2005).

8.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Η αυτόματη λήψη αποφάσεων συμπεριλαμβάνει μερικές προσεγγίσεις οι οποίες απαιτούν ποικίλα επίπεδα κυρίως στα χαμηλά την ανάπτυξη του ανθρώπου. Ο

στόχος σε αυτά τα περιβάλλοντα είναι η χρήση συστήματος υπολογιστή με σκοπό την λήψη αποφάσεων.

Οι εφαρμογές αυτόματων αποφάσεων διαφέρουν από τις παραδοσιακές αποφάσεις υποστήριξης σε δυο σημεία. Στην πρώτη περίπτωση, σε πολλές περιπτώσεις ένα άτομο δεν είναι αναγκαίο να αναγνωρίσει ένα πρόβλημα ή να αρχικοποιήσει μια ανάλυση για ένα σύστημα, με σκοπό να λειτουργήσει. Αντί αυτού η λήψη αποφάσεων ενσωματώνεται στην αυτόματη ροή της λειτουργίας και τυπικά λαμβάνει χώρα χωρίς την μεσολάβηση του ανθρώπου. Κάτι τέτοιο δεν σημαίνει ότι ο άνθρωπος δεν παίζει κανένα ρόλο, συνήθως εξαρτάται από την εφαρμογή. Οι άνθρωποι ίσως να μην αναμειγνύονται ή απλά να αναθεωρούν και να επιβεβαιώνουν μια απόφαση ή ακόμα λαμβάνουν αποφάσεις σε πολύ ιδιαίτερες περιπτώσεις. Επίσης ακόμα και τα πιο αυτόματα συστήματα βασίζονται σε ειδικούς και διευθυντές με σκοπό να συντηρούν κανόνες και να ελέγχουν τα αποτελέσματα. Ένα σύστημα τυπικά σχεδιάζεται με μια σειρά από κανόνες αλλά συμπεριλαμβάνει όλη την πληροφορία και τις τεχνολογίες απόφασης. Κατά την δεύτερη περίπτωση τα περισσότερα συστήματα συνδέονται άμεσα με το βασικό τμήμα επεξεργασίας των επιχειρήσεων με ιδιαίτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα παίρνοντας την απόφαση μέσα από τις ενέργειες.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα αυτόματα συστήματα χρησιμοποιούνται για αποφάσεις οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται γρήγορα και άμεσα από πληροφορία η οποία διατίθεται ηλεκτρονικά. Τα συστήματα αυτόματων αποφάσεων έχουν σχετικά υψηλή δόμηση με συντελεστές απόφασης οι οποίοι εύκολα μπορούν να κατανοηθούν. Εάν οι κανόνες της απόφασης μπορούν να κωδικοποιηθούν από τους ειδικούς και εάν η υψηλή ποιότητα πληροφορίας είναι διαθέσιμη, τότε η απόφαση μπορεί να αυτοματοποιηθεί.

Παρατηρείται ότι οι αυτόματες αποφάσεις εφαρμόζονται σε έξι τύπους προβλημάτων:

- **διαμόρφωση λύσεων:** η διαμόρφωση ενός προϊόντος ή μιας λύσης αποτελεί από τις πρώτες εφαρμογές στις τεχνολογίες των αυτόματων αποφάσεων. Η διαμόρφωση εφαρμόζεται απίστευτα σε διάφορες υπηρεσίες. Η πιο επιτυχημένη αυτόματη εφαρμογή σπάνια παράγει μια απλή λύση. Συνήθως επιλέγεται η καλύτερη ή η περισσότερη κατάλληλη λύση οι οποία βασίζεται σε κάποιες μεταβλητές (κανόνες, δεδομένα και σύνθετες σχέσεις), κάτι το οποίο είναι δύσκολο να υλοποιηθεί.

- **Βέλτιστη απόδοση:** οι αερογραμμές ήταν πρωτοπόρες στην χρήση αυτόματων εφαρμογών με σκοπό να αποφασίσουν την τιμή της θέσης η οποία βασιζόταν στην διαθεσιμότητα και στα δρομολόγια. Περισσότερο πρόσφατα συστήματα διαχείρισης απόδοσης μπορεί να απασχολούν περισσότερους συντελεστές όπως το πόσο πιστός είναι ένας πελάτης και την αξία του τρόπου ζωής στις αποφάσεις τους. Εταιρίες όπως κατασκευαστικές, logistics, μεταφορικές, όπως UPS, εφαρμόζουν εφαρμογές οι οποίες βελτιώνουν αποτελεσματικά το φόρτο λειτουργίας των φορτηγών τους. Μοντέλα με ευμετάβλητες τιμές έχουν αρχίσει να αποκτούν αποδοχή σε βιομηχανίες όπως λιανικής και ψυχαγωγίας. Μερικοί κάτοχοι διαμερισμάτων έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν συστήματα διαχείρισης απόδοσης με σκοπό να βελτιστοποιήσουν τα νοίκια τους.
- **Δρομολογημένες ή τμηματικές αποφάσεις:** μερικές εταιρίες που μελετάμε παρουσιάζουν βελτιώσεις στην παραγωγικότητα από την χρήση «φίλτρου» με σκοπό να δρομολογήσουν τα γεγονότα. Για παράδειγμα, σε μια εταιρία ασφάλειας εγκαθίστανται γραμμές προτεραιότητας με σκοπό να επεξεργαστούν άμεσα οι απαιτήσεις της ασφάλειας. Έτσι η εταιρία αυξάνει τα ποσοστά της από την παρούσα χρήση.
- **Συμμόρφωση με τους κανόνες ή τις αρχές της εταιρίας:** συνηθισμένες αποφάσεις, τέτοιες οι οποίες είναι αναγκαίες να αποφασίσει κάποιος ο οποίος είναι κατάλληλος με σκοπό να αποκτήσει ευημερία ή οφέλη ασφάλειας, συμπεριλαμβάνονται κάποιοι κανόνες. Αυτοί οι κανόνες επιβεβαιώνονται άμεσα.
- **Ανίχνευση απάτης:** οι εταιρίες πιστωτικών καρτών, εφαρμόζουν κάποια επίπεδα αυτόματης ανίχνευσης απάτης. Νέες απαιτήσεις ρυθμίσεων για οικονομικούς ελέγχους ίσως δώσουν κίνητρα στις εταιρίες για να εγκαθιδρύσουν περισσότερο πολύπλοκους ελέγχους με σκοπό να ανιχνεύσουν οικονομικά ατοπήματα.
- **Δυναμική πρόβλεψη:** η καταγραφή του αυξανόμενου πληθυσμού των μικροπωλητών κατά την οποία οι κατασκευαστές συντηρούν επίπεδα πελατών, παρακινούν τους κατασκευαστές να σκέπτονται τρόπους με σκοπό την πρόβλεψη αυτόματων απαιτήσεων καθώς και την αυτόματη

ευθυγράμμιση των προβλέψεων με τον κατασκευαστή και τα σχέδια πώλησης.

- **Λειτουργικός έλεγχος:** μερικά από τα συστήματα αυτόματων αποφάσεων περιέχουν ποικίλες απόψεις για το περιβάλλον και ανταποκρίνονται άμεσα στην βάση των κανόνων ή των αλγορίθμων.

Μια από τις πρώτες βιομηχανίες οι οποίες υιοθέτησαν αυτόματα λήψη αποφάσεων ήταν η ασφάλεια. Η χρήση της τεχνολογίας η οποία βασίζεται σε κανόνες έχει γίνει πειστική σε πολλούς ασφαλιστές. Εφαρμόζεται σε επιχειρήσεις ιδιαίτερα σε μικρές επιχειρήσεις.

Ταξίδια και μέσα μεταφοράς είναι ίσως η πρώτη βιομηχανία η οποία έκανε χρήση της αυτόματης λήψης αποφάσεων. Επίσης η γεωργία κάνει χρήση της αυτόματης λήψης αποφάσεων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται κάποιοι αισθητήρες οι οποίοι ανιχνεύουν την θερμοκρασία, την υγρασία τα επίπεδα της βροχής καθώς και άλλες καιρικές συνθήκες. Έτσι με την χρήση του αισθητήρα με τα δεδομένα υπάρχει δυνατότητα αυτόματα να ληφθούν σημαντικές αποφάσεις.

Ακόμα και αν η διαδικασία απόφασης είναι πλήρως αυτόματη, οι νόμοι και εθνικά θέματα ίσως απαιτούν ανθρώπινη ανάμειξη. Για παράδειγμα σε ιατρικής περίθαλψης βιομηχανία λαμβάνονται αυτόματα αποφάσεις για το ποιο φάρμακο θα πρέπει να χορηγηθεί στον ασθενή. Σε καμία περίπτωση τα συστήματα αυτά δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τους γιατρούς ή τις νοσηλεύτριες.

8.7 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

Αν και η τεχνολογία αυτόματων αποφάσεων μπορεί να βοηθήσει τις εταιρίες να εκτελούν αποτελεσματικές εργασίες, κάτι τέτοιο μπορεί να δημιουργήσει ποικίλα διαχειριστικά προβλήματα. Για παράδειγμα οι διευθυντές αναφέρουν ότι οι ειδικοί συναντούν αρκετές δυσκολίες όταν βρίσκονται μπροστά από μεγάλες προκλήσεις. Οι ειδικοί δεν χρειάζεται μόνο να δημιουργούν ένα σύστημα αλλά και να το βελτιστοποιούν.

Νέα συστήματα επίσης έχουν επίδραση στους εργαζόμενους. Συχνά ακούγεται ότι από την χρήση αυτών των συστημάτων απολύεται μεγάλος αριθμός

εργαζομένων από τις εταιρίες, είναι βέβαιο ότι δεν υπάρχει ανάγκη για ανειδίκευτους εργάτες στις εταιρίες αυτές (οι οποίες εφαρμόζουν τέτοια συστήματα). Από την διαχειριστική πλευρά οι διευθυντές χρειάζεται να επικοινωνούν για το τι είναι πιθανό να συμβεί στην δουλειά τους, πως οι λαμβανόμενες αποφάσεις θα γίνεται αυτόματες και τι είδος αποφάσεων οι άνθρωποι θα πρέπει να λαμβάνουν.

Τα αυτόματα συστήματα μπορούν να μειώσουν την μεγάλη ομάδα των εργαζομένων με περισσότερο έμπειρους ειδικούς. Ένα διαχειριστικό θέμα το οποίο διασφαλίζεται είναι ότι οι ειδικοί έχουν υψηλότερου επιπέδου ικανότητες. Ενώ το προσωπικό χρειάζεται να κατανοήσει την αυτόματη διαδικασία και την σχέση με την δυναμική των επιχειρήσεων. Βέβαια τις περισσότερες φορές η γνώση της διαδικασίας αποκτιέται μετά από χρόνια εμπειρίας σε παρόμοια προβλήματα. Έτσι πρέπει να ελέγχονται οι αλλαγές στις συνθήκες των επιχειρήσεων και να δρουν με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιστοποιούν τους κανόνες για τα οφέλη της εταιρίας.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα διαχείρισης είναι πως θα γίνει χειρισμός των προσδοκιών. Τι συμβαίνει για παράδειγμα όταν ένας υπολογιστής έχει λίγα δεδομένα για να πάρει μια απόφαση. Κάποιοι οργανισμοί προσπαθούν να εξαλείψουν όλες τις προσδοκίες και κάποιοι εργαζόμενοι καταστρέφουν το σύστημα.

Ένα τελικό θέμα σε κάποιους οργανισμούς είναι η ομοφωνία στους κανόνες. Για παράδειγμα σε ένα νοσοκομείο κάποιος γιατρός θέτει μια σειρά από κανόνες. Το γόητρο όμως των υπόλοιπων γιατρών είναι τέτοιο που κανείς δεν προσπαθεί να τον πείσει να υιοθετήσει νέα σειρά κανόνων.

8.8 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Είναι πλέον αποδεκτό ότι οι εφαρμογές αυτόματης λήψης αποφάσεων θα συνεχίζουν να πολλαπλασιάζονται και να έχουν σημαντικές συνέπειες για τους οργανισμούς και τους ανθρώπους που δουλεύουν σε αυτές. Για παράδειγμα θα υπάρχει δυνατότητα να γίνει συλλογή δεδομένων και να ληφθούν αποφάσεις από το σπίτι για την δουλειά, οι αποφάσεις οι οποίες θα λαμβάνονται θα είναι αυτόματες. Οι αναλυτές των δεδομένων και οι εργάτες της πληροφορίας οι οποίοι ξοδεύουν την πλειονότητα του χρόνου τους σε παράγοντας έκθεσης οι οποίες θα κάνουν αυτόματες διάφορες λειτουργίες.

Επίσης θα υπάρχουν πάρα πολλές ευκαιρίες για τους ειδικούς οι οποίοι δουλεύουν με υπολογιστές, αλλά ίσως υπάρχουν περιορισμένες ευκαιρίες για την ύπαρξη των ειδικών. Καθώς οι αποφάσεις θα έχουν γίνει αυτόματες, οι εταιρίες θα έχουν εκπαιδευμένους ειδικούς ή θα μεταφέρουν την γνώση από άλλους πριν αυτοί φύγουν.

Οι οργανισμοί οι οποίοι θα κατέχουν εκτεταμένη γνώση για τις επιχειρήσεις θα χρειάζεται να λαμβάνουν ολοκληρωμένες αυτόματες αποφάσεις. Πολλοί έχουν εφαρμόσει την διαχείριση της γνώσης ή τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων επιτυγχάνοντας μια ολοκληρωμένη λήψη αποφάσεων.

Οι οργανισμοί θα πρέπει λοιπόν να αρχίζουν να σκέπτονται πόσους πολλούς και τι είδη λήπτες αποφάσεων χρειάζεται να αναπτύξουν για το μέλλον. Υπάρχει πιθανότητα η αυτόματη λήψη αποφάσεων να βρίσκεται πάνω από την ιεραρχία των οργανισμών. Εφόσον η υποστήριξη αποφάσεων χρησιμοποιείται σήμερα πιθανότατα οι αυτόματες αποφάσεις θα χρησιμοποιούνται στο μέλλον. Έτσι οι αναλυτές της πληροφορίας ίσως στο μέλλον να θεωρούνται απαρχαιωμένοι. Η ραγδαία διαθεσιμότητα των δεδομένων και της γνώσης σε πολλές βιομηχανίες θα επιταχύνουν την μετακίνηση προς τις αυτόματες αποφάσεις. Οι περισσότερες βιομηχανίες αναπτύσσουν απευθείας βάσεις δεδομένων, τα συστήματα αποφάσεων τα οποία αναλύουν και αποφασίζουν με βάση τα δεδομένα αναπτύσσονται ραγδαία.

Επίσης στο μέλλον πολλές βιομηχανίες θα βρουν εκείνες τις βιομηχανίες οι οποίες έχουν ενσωματωμένες βάσεις με κανόνες. Οι εταιρίες έτσι δεν θα χρειάζονται να αναπτύξουν τα δικά τους συστήματα αποφάσεων. Ήδη κάποιοι πωλητές software προσφέρουν πακέτα εφαρμογές αποφάσεων με μια βάση κανόνων για ασφάλεια και ιατρική περίθαλψη.

Τέλος η υψηλών εφαρμογών επιχειρήσεις χρειάζεται να ενσωματώνουν αυτόματη λήψη αποφάσεων στις στρατηγικές και στην κατοχή τους ή να μην έχουν υψηλού επιπέδου εφαρμοστές για πολύ καιρό. Με λίγα λόγια υπάρχουν τόσα πολλά δεδομένα και τόσες πολλές αποφάσεις οι οποίες χρειάζεται να παρθούν για τους οργανισμούς με σκοπό να χρησιμοποιηθούν στην τεχνολογία (Harris, Davenport 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΩΣ ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΛΗΠΤΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη ποιοτικών αναπαραστάσεων και μεθόδων για αυτόματη λήψη αποφάσεων και για άμεσα μοντέλα όπου οι άνθρωποι λαμβάνουν τις σχετικές αποφάσεις με ένα τρόπο τυποποίησης των εργασιών. Μερικές από αυτές τις ενέργειες αφορούν τις εναλλακτικές ενέργειες, αποτελέσματα, πιθανότητες και προτιμήσεις οι οποίες έχουν ήδη λάβει σημαντική προσοχή.

Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό στην παράγραφο 9.2 μελετάται το θεωρητικό υπόβαθρο για ποιοτική λήψη αποφάσεων 9.3 μελετούνται οι βασικές έννοιες για την ποιοτική θεωρία αποφάσεων. Στην 9.4 το θεωρητικό υπόβαθρο για την ποιοτική θεωρία αποφάσεων. Στην 9.5 η μοντελοποίηση των πρακτόρων ως ποιοτικοί λήπτες αποφάσεων. Στην 9.6 γίνεται ανακεφαλαίωση και τέλος στην 9.7 η μελλοντική χρήση της μοντελοποίησης των πρακτόρων ως ποιοτικοί λήπτες αποφάσεων.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Παραδοσιακά η λήψη αποφάσεων υπό αβεβαιότητα βασίζεται σε ένα πιθανοκρατικό πλαίσιο. Όταν μοντελοποιούμε μια επιλογή του λήπτη αποφάσεων μεταξύ των ενεργειών του προϋποθέτουμε η αβεβαιότητα σχετικά με την κατάσταση του κόσμου (world), η οποία περιγράφεται από μια κατανομή πιθανοτήτων και οι ενέργειες που πραγματοποιούνται κατατάσσονται σύμφωνα με την προσδοκώμενη χρησιμότητα των συνεπειών αυτών των ενεργειών. Κάτι τέτοιο έχει προταθεί από οικονομολόγους το 1950 και κρίθηκε με αξιωματική βάση από τον Savage (1972). Αρκετά πρόσφατα στην τεχνητή νοημοσύνη, αυτές οι αρχές έχουν εφαρμοστεί σε προβλήματα σχεδιασμού υπό αβεβαιότητα και αποτελεί την βάση για την μεθοδολογία των διαγραμμάτων ροής για πολλαπλού επιπέδου προβλήματα απόφασης.

Ωστόσο σε παραλληλία, με αυτές τις θεωρήσεις η τεχνητή νοημοσύνη έχει βεβαιώσει την εμφάνιση ενός νέου παραδείγματος απόφασης το οποίο ονομάζεται ποιοτική θεωρία αποφάσεων (σε επόμενο κεφάλαιο), όπου η λογική για την επιλογή μεταξύ των αποφάσεων δεν βασίζεται πια στην θεωρία των πιθανοτήτων αλλά σε αριθμητικές συναρτήσεις χρησιμότητας.

Από την μια λοιπόν πλευρά υπάρχει η παραδοσιακή διαδικασία συμβολισμού της πληροφορίας με την τεχνητή νοημοσύνη. Και από την άλλη πλευρά η προσέγγιση νέων τεχνολογιών της πληροφορίας τα οποία έχουν παράγει πολλά νέα προβλήματα αποφάσεων συμπεριλαμβανομένων ευφυείς πράκτορες σε πληροφοριακά συστήματα ή αυτόνομα ρομπότ.

Ένα πληροφοριακό σύστημα ουσιαστικά βοηθά έναν τελικό χρήστη να κάνει ανάκτηση της πληροφορίας και να επιλέξει (μεταξύ) μια σειρά ενεργειών που βασίζονται σε περιορισμένη γνώση των αναγκών του χρήστη.

Η προσδοκώμενη θεωρία χρησιμότητας ίσως ακούγεται σαν ένα απαιτούμενο εργαλείο για τον χειρισμό ερωτήσεων του τελικού χρήστη. Οι αριθμητικές συναρτήσεις χρησιμότητας και οι υποκειμενικές πιθανότητες προϋποθέτουν μια διαδικασία εξέλιξης των συμπερασμάτων η οποία αξίζει για την λήψη στρατηγικών αποφάσεων οι οποίες χρειάζεται προσεκτικά να αναλυθούν. Οι χρήστες των πληροφοριακών συστημάτων δεν είναι απαραίτητα ικανοί να περιγράψουν την κατάσταση της αβεβαιότητας διαμέσου μιας κατανομής πιθανοτήτων. Κάτι τέτοιο είναι τυπικά αποτελεί το ηλεκτρονικό εμπόριο. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι περισσότερο ικανοποιητικό να γίνει εφαρμογή μιας μεθόδου επιλογών που βασίζεται στην πληροφορία σχετικά με τις προτιμήσεις του χρήστη και την γνώση. Εξάλλου το κριτήριο της προσδοκώμενης χρησιμότητας δίνει την αίσθηση για επαναλαμβανόμενες αποφάσεις των οποίων τα διαδοχικά αποτελέσματα συσσωρεύονται.

Στην περίπτωση των αυτόνομων ρομπότ, υποθετικά σχέδια συχνά χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν την συμπεριφορά των ρομπότ και το περιβάλλον των ρομπότ είναι κάποιες φορές παρατηρήσιμο. Μια ποιοτική, πεπερασμένη περιγραφή των στόχων και της γνώσης του περιβάλλοντος ίσως είναι κυρίαρχη σε περισσότερο ευπαθής ομάδες.

Είναι σημαντικό να γίνει κατανόηση των κανόνων των αποφάσεων οι οποίοι θα πρέπει να μπορούν να εφαρμοστούν και δεν απαιτούν από τον χρήστη αριθμητική πληροφορία την οποία δεν έχει δυνατότητα να δώσει. Η τυποποίηση των

προβλημάτων αποφάσεων με ένα συμβολικό τρόπο είναι περισσότερη συμβατή με μια δηλωτική έκφραση της αβεβαιότητας και των προτιμήσεων με την γλώσσα η οποία βασίζεται στην λογική.

Έτσι υπάρχει μια ανάγκη για κανόνες ποιοτικών αποφάσεων. Βέβαια δεν υπάρχει συμφωνία στο τι σημαίνει η έννοια ποιοτικός.

Ο Lehman (1996) , πρότεινε μια σειρά από ποιοτικές ιδέες της μηδαιμνότητας μέσα σε ένα πλαίσιο της κλασικής προσδοκώμενης χρησιμότητας. Ο Boutilier (1994) εκμεταλλεύτηκε τα προτιμησιακά συμπεράσματα της μη μονοτονική λογική και έλαβε αποφάσεις με βάση τις περισσότερες εύλογες καταστάσεις της φύσης. Οι Brafman και Tenenholz υιοθέτησαν μια απαισιόδοξη συμπεριφορά στην λήψη αποφάσεων κάνοντας υπολογισμό το μέγιστο των ελαχίστων κριτηρίων με μια λογική σειρά. Οι Dubois και Prade (2002) γενίκευσαν το μέγιστο των ελαχίστων κριτήριο με την θεωρία των πιθανοτήτων και πρότειναν ένα στυλ αξιωματικό. Καμία από αυτές τις προσεγγίσεις δεν είναι σύμφωνη με την περισσότερη κλασική θεωρία αποφάσεων που προτάθηκε από Savage (1972).

Ο Savage (1972) (Dubois, Fargier, Prade, 2002) πρότεινε ένα αξιωματικό πλαίσιο για να δικαιολογήσει την χρήση της προσδοκώμενης χρησιμότητας, η οποία θυμίζει την προσέγγιση της λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα. Ο Savage (1972), ο λήπτης αποφάσεων ενδιαφέρεται να χρησιμοποιήσει το κριτήριο όταν οι ενέργειες ταξινομούνται σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους. Από μια σχέση των ολοκληρωμένων και μεταβατικών προτιμήσεων με τις ενέργειες, έτσι ο Savage πρότεινε μια σχέση πιθανότητας που αναπαριστά την αβεβαιότητα των γεγονότων σε ένα διάγραμμα καταστάσεων και μια σχέση προτιμήσεων σε σχέση με τις συνέπειες. Εάν η προτίμηση των ενεργειών ικανοποιεί κατάλληλες ιδιότητες, σύμφωνα με τις οποίες ο λήπτης αποφάσεων θεωρείται ότι είναι λογικός, τότε η αβεβαιότητα των γεγονότων αναπαρίσταται από μια μοναδική κατανομή πιθανότητας, η σχέση των προτιμήσεων με τις συνέπειες μπορεί να αναπαρίσταται από μια αριθμητική συνάρτηση χρησιμότητας και οι ενέργειες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με την προσδοκώμενη χρησιμότητα.

Θεωρείται ότι ο λήπτης αποφάσεων παρέχει μία σχέση προτίμησης $\geq$ από τις ενέργειες. Μια ενέργεια μοντελοποιείται ως $f : S \rightarrow X$ και χ^s . Η προσέγγιση του Savage απεικονίζεται με μια σειρά από χ^s που θεωρούνται σαν πιθανές ενέργειες. Παρακάτω δίνονται τα αξιώματα:

Αξίωμα 1:

$(\chi^s, \geq)$, είναι αδύνατης τάξης

Αν και ο Savage έχει την δικιά του δικαιολογία του αξιώματος. Αν λοιπόν οι ενέργειες ταξινομηθούν σύμφωνα με την προσδοκώμενη χρησιμότητα, τότε οι προτιμήσεις των ενεργειών θα είναι μεταβατικές, αντανακλαστικές και πλήρης. Τι όμως υπονοεί αυτό το αξίωμα, αν οι X, S , είναι πεπερασμένοι, τότε υπάρχει μια ολοκληρωμένη κλίμακα η οποία λέγεται Λ η οποία μπορεί να εκτιμήσει την αξία των ενεργειών.

Αξίωμα 2:

Σίγουρη αρχή (sure-thing principle) $\forall A, f, g, h, h' \quad fAh \geq gAh$ αν και μόνο αν $fAh' \geq gAh'$.

Το παραπάνω αξίωμα απαιτεί ότι η σχετική προτίμηση ανάμεσα σε δυο ενέργειες δεν βασίζεται στις καταστάσεις όπου οι ενέργειες έχουν τις ίδιες συνέπειες. Με άλλα λόγια οι προτιμήσεις ανάμεσα στις fAh και gAh , δεν βασίζεται στην επιλογή h .

Αξίωμα 3:

$\forall A \subseteq S, A \text{ not null}, (fx \geq fy)$, αν και μόνο αν $x \geq py$.

Μια ενέργεια f ονομάζεται Pareto κυριαρχεί σε μια άλλη ενέργεια g , αν και μόνο αν $\forall s \in S, f(s) \succ_p g(s)$ ή $f(s) = g(s)$, το οποίο ορίζεται $f \succ_p g$. Η κυριαρχία του Pareto υπονοεί αδύναμη προτίμηση για τις ενέργειες.

Αξίωμα 4:

$\forall x, y, x', y' \in \chi \text{ υπό τις προϋποθέσεις } x \succ_p y, x' \succ_p y', xAy \geq xBy \text{ αν και μόνο αν } x'Ay' \geq x'By'$

Αξίωμα 5:

X περιέχει τουλάχιστον δυο στοιχεία x, y τέτοια ώστε $fx > fy$ (ή $x \succ_p y$)

Αξίωμα 6:

Για f, g με $f \succ g$ στο X^S , και $x \in X$, υπάρχει μια διαμέριση των $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ των S τέτοια ώστε $\forall i = 1, \dots, n, xS_i f \succ g \text{ και } f \succ xS_i g$.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Η παραδοσιακή θεωρία αποφάσεων παρέχει μια ποσότητα πληροφορίας, η οποία καταρχήν επαρκεί για την λήψη αποφάσεων. Ωστόσο, πρακτικά ο λήπτης αποφάσεων ίσως δεν έχει ποτέ σκεφτεί τον τύπο επιλογής της ερώτησης, ίσως δεν κατέχει την συγκεκριμένη πληροφορία. Οι ομάδες αναζητούν να πάρουν αποφάσεις καθώς επίσης και ένα άτομο ως λήπτη αποφάσεων ο οποίος έχει την ομάδα ως εσωτερικούς οργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να βρουν άσυλο συναγωνίζοντας τις προτιμήσεις τους και έτσι ίσως χαρακτηρίζονται από περισσότερους περιορισμούς. Ακόμα και όταν λήπτης αποφάσεων συναφής προτιμήσεων γνωρίζει πώς να αποκτήσει την αναγκαία πληροφορία για μια απόφαση, η διαδικασία μπορεί να πάρει κάποιο χρόνο, ακόμα και αν είναι γνωστή μπορεί να υπερβεί τον χρόνο εξαιτίας των διαβουλεύσεων. Από την άλλη πλευρά ο λήπτης αποφάσεων ίσως αισθάνεται αρκετά σίγουρος ότι η απόφαση απαιτεί μόνο λίγες προτιμήσεις που ήδη υπάρχουν.

Η ανάγκη για προσέγγιση της λήψης αποφάσεων βασίζεται σε μεροληπτική πληροφορία παρέχοντας κίνητρα για ποιοτική θεωρία αποφάσεων. Η συχνή εμπειρία δείχνει ανθρώπους να προσφέρουν μονομερή, αφηρημένα, γενική και αβέβαιη πληροφορία κατά την επεξήγηση των αποφάσεων τους. Αυτή η πληροφορία συμπεριλαμβάνει ποιοτική πιθανότητα και γενική προτίμηση της πληροφορίας και γενικούς στόχους.

Επειδή η ποιοτική θεωρία της απόφασης αναζητά να τυποποιήσει την λήψη αποφάσεων από προαπαιτούμενες λήψεις αποφάσεων από την κλασική θεωρία αποφάσεων. Η μελέτη της ποιοτικής θεωρίας αποφάσεων έρχεται πιο κοντά σχετικά με την μελέτη των περιορισμών.

Η ποιοτική θεωρία αποφάσεων μελετά την ποιοτική προσέγγιση του προβλήματος των λήψεων αποφάσεων και την αποτελεσματική προσαρμογή καθώς και ενοποίηση της με τις ποσοτικές προσεγγίσεις. Αν και κάτι τέτοιο κληρονομείται από μια μικρή παράδοση, το πεδίο προσφέρει περισσότερη εστίαση σε ένα μεγάλο αριθμό αναπάντητων ερωτημάτων που συναντούν ενδιαφέρον στην ψυχολογία, στην διαχείριση, στην οικονομία καθώς και στην ψυχολογία.

Το πεδίο της θεωρίας αποφάσεων και της μεθοδολογίας των επιχειρήσεων της ανάλυσης των αποφάσεων διαπραγματεύεται λάθη ή παραλείψεις και στην συνέχεια

λαμβάνει αποφάσεις. Καθώς οι βασικές ιδέες έχουν αναπτυχθεί από φιλοσόφους, οικονομολόγους και μαθηματικούς, έχουν αναπτύξει μεγάλες προσπάθειες για περισσότερο αποτελεσματικές ιδέες και τεχνικές, οι οποίες όλο και περισσότερο επηρεάζουν τις επιστήμες. Παρόλο αυτά τα αξιοσημείωτα επιτεύγματα τα εργαλεία της παραδοσιακής θεωρίας αποφάσεων δεν παρέχουν επαρκή υποστήριξη για αυτόματη λήψη αποφάσεων. Το πεδίο της ποιοτικής θεωρίας αποφάσεων στοχεύει στην παροχή καλύτερης υποστήριξης για αυτόματες προσπάθειες από την ανάπτυξη ποιοτικών και υβριδικών ποιοτικών-ποσοτικών αναπαραστάσεων και διαδικασιών οι οποίες συμπληρώνουν και βελτιώνουν την ποσοτική ικανότητα προσέγγισης, με σκοπό να γίνει γνωστοποίηση των ποικίλων εργασιών της λήψης αποφάσεων με τέτοιο τρόπο ώστε οι εμφανίσεις να εμφανίζονται μέσα σε μεγαλύτερες δραστηριότητες σχεδιασμού, εκμάθησης και συνεργασίας.

Η ποιοτική θεωρία αποφάσεων αναζητά να προσαρμόσει ή να επεκτείνει την παραδοσιακή θεωρητική απόφαση και να αναλύσει τις ιδέες με ένα περισσότερο πλατύ περιεχόμενο, οικοδομώντας κάθε φορά περισσότερο πιθανή σταθερότητα, με το να κάνουν αυτές τις απαιτήσεις να αντιμετωπίζουν τα όρια των θεμελιωδών θεωρητικών παραδοσιακών αποφάσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις τέτοιες ώστε να γίνει αναπαράσταση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο των ενεργειών και των αποτελεσμάτων, αυτοί οι περιορισμοί αντιστοιχούν σε αληθή μη αναπάντητα ερωτήματα σχετικά με την αναπαράσταση της γνώσης, στην αντίληψη των ερωτήσεων πέρα από την θεωρία των ποιοτικών αποφάσεων. Από την άλλη πλευρά οι περιορισμοί αναπαριστούν αδυναμία στην ποιοτική αναπαράσταση, καθώς και στις μεθόδους που χρησιμοποιούν.

Πρόσφατες έρευνες έχουν αρχίσει να χειρίζονται τέτοια προβλήματα αλλά ακόμα κάποια παραμένουν ανεξερευνήτα.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενώ η δουλειά του Savage (1972), έχει μεγάλη σημασία για τους αναλυτές της θεωρίας παιγνίων, κάτι τέτοιο δεν έχει μικρότερη αξία για τους αναλυτές της θεωρίας

αποφάσεων οι οποίοι ενδιαφέρονται με την ερώτηση πώς μπορεί κάποιος να λάβει αποφάσεις. Ενώ υπάρχουν αρκετές αμφιβολίες για την περιγραφική επάρκεια των αξιωμάτων του Savage(1972), υπάρχουν σχετικά λίγες διαφωνίες με την δεοντολογική έκκληση. Εξαιτίας αυτής της έκκλησης και της συνεπής διαδικασίας στις αρχές της ανάλυσης των αποφάσεων και στην στατιστική εκτίμηση Bayesian, τις τελευταίες δεκαετίες έχει γίνει πολύ λίγη δουλειά στην ποιοτική θεωρία αποφάσεων.

Δουλεύοντας την ποιοτική θεωρία αποφάσεων, ο αναλυτής ενδιαφέρεται να απαντήσει στο ακόλουθο ερώτημα: πώς χρειάζεται κάποιος να αποφασίσει όταν δεν διαθέτει πληροφορία σχετικά με την πιθανότητα των διάφορων καταστάσεων του κόσμου, αλλά απλά μια καλή αποτίμηση των διάφορων επιθυμητών αποτελεσμάτων. Αυτό συχνά αναφέρεται στην λήψη αποφάσεων υπό ολοκληρωτική άγνοια. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει καμία παρουσίαση των θεωρημάτων παρόμοια με αυτά του Savage, σχετικά με τα μοντέλα ποιοτικών αποφάσεων.

Στα μοντέλα λήψης αποφάσεων υπό αδιαφορία, γίνεται μια προσπάθεια τροποποίησης αυτών των μοντέλων με σκοπό να αιχμαλωτίσει την ποιοτική πληροφορία. Προκειμένου να γίνει επιβεβαίωση όλων των πιθανών καταστάσεων, με την βοήθεια της ποιοτικής λήψης των αποφάσεων, γίνεται ενσωμάτωση μιας ποιοτικής αντίληψης των πεποιθήσεων, η οποία επιτρέπει στον πράκτορα να κάνει διαχωρισμό ανάμεσα σε αυτό που υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες να συμβεί και σε αυτό που δεν υπάρχουν πιθανότητες.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΣΑΝ ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΛΗΠΤΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.

Στην παρούσα φάση θα γίνει έρευνα της εύρεσης της σημασιολογίας της μεθόδου μοντελοποίησης που χρησιμοποιεί τυπικές έννοιες της διανοητικής κατάστασης με σκοπό να αναπαραστήσει και να επιχειρηματολογήσει σχετικά με τους πράκτορες. Σε αυτή την μέθοδο οι πράκτορες περιγράφονται σαν αυτοί να είναι ποιοτικοί λήπτες αποφάσεων με μια διανοητική κατάσταση η οποία αποτελείται από διανοητικές συνεισφορές όπως πίστη, γνώση και προτιμήσεις. Η χρήση τέτοιων μοντέλων τα οποία αναφέρονται ως διανοητικά -επίπεδα μοντέλα τα οποία προτάθηκαν (από τους McCarthy και Newell), σύμφωνα με τους Brafman, Tennenholtz 1997 και ο στόχος είναι να παρέχουν μια τυπική μέτρηση της σημασιολογίας κατά την διαδικασία

μοντελοποίησης, να κατανοήσουν μερικά από τα σημαντικά θέματα και να διεκπεραιώσουν μερικά από αυτά.

Η ικανότητα μοντελοποίηση των πρακτόρων είναι χρήσιμη σε πολλές κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, στα πολυπρακτορικά συστήματα, η επιτυχία δράσης του ενός ή ο σχεδιασμός βασίζεται στις ενέργειες των άλλων πρακτόρων. Επίσης ένα καλό μοντέλο από αυτούς τους πράκτορες μπορεί να βοηθήσει στην κατασκευή περισσότερο πληροφορημένων σχεδίων τα οποία είναι περισσότερο πιθανόν να επιτευχθούν. Τα μοντέλα πνευματικού επιπέδου προσφέρουν δυο πολλά υποσχόμενες ιδιότητες σε αυτή την εργασία. Αυτά παρέχουν την θεωρητική τους φύση καθώς και μια υλοποίηση ανεξαρτήτου τρόπου αναπαράστασης των πρακτόρων και είναι χτισμένα από διαισθητικές και χρήσιμες συνεισφορές όπως οι πεποιθήσεις, οι στόχοι και οι προθέσεις. Η θεωρητική φύση των μοντέλων πνευματικού επιπέδου έχει έναν αριθμό σημαντικών πρακτικών εφαρμογών.

1. ένας μοναδικός φορμαλισμός μπορεί να αιχμαλωτίσει διαφορετικούς πράκτορες οι οποίοι ενεργούν σε διαφορετικά hardware πλατφόρμες και να υλοποιούνται από σχεδιαστές οι οποίοι έχουν χρησιμοποιήσει διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού και οι οποίες έχουν ακολουθήσει διαφορετικά παραδείγματα σχεδιασμού.
2. υπάρχει δυνατότητα κατασκευής μοντέλων διανοητικού επιπέδου χωρίς το προνόμιο πρόσβασης σε εσωτερικές καταστάσεις των πρακτόρων επειδή η εφαρμογή μικροπραγμάτων δεν εμφανίζεται σε αυτά τα θεωρητικά μοντέλα.
3. λιγότερου χαμηλού επιπέδου μικροπράγματα ίσως εννοούν γρηγορότερο υπολογισμό. Η αφηρημένη φύση των μοντέλων διανοητικού επιπέδου είναι επίσης σημαντική για θεωρητική ανάλυση. Παρέχει μια ενιαία βάση για σύγκριση και ανάλυση των πρακτόρων.

Η δεύτερη ιδιότητα, η διαισθητικότητα είναι πολύτιμη στην έγκριση σχεδιασμού. Για να εγκριθεί ο σχεδιασμός μιας προσέγγισης χρειάζεται μια χαμηλότερου επιπέδου μετατροπή των περιγραφών των πρακτόρων κάτι το οποίο είναι δύσκολο να αναλυθεί, όπως ένα διαδικαστικό πρόγραμμα ή ένας μηχανικός σχεδιασμός διαμέσου διαισθητικών υψηλού επιπέδου μοντέλα. Επιπρόσθετα οι διαισθητικές περιγραφές των πρακτόρων όσον αφορά τις πεποιθήσεις και τους στόχους είναι χρήσιμοι όταν θέλουμε να βοηθήσουμε τους πράκτορες να επιτύχουν τους στόχους τους ή να διορθώσουν τις εσφαλμένες πεποιθήσεις τους. Αυτές οι ικανότητες αναζητούνται

μετά από συνεργασία πολυπρακτορικών συστημάτων, σε ευφυή πληροφοριακά συστήματα.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να διευκρινίσουμε τα τέσσερα βασικά ερωτήματα της μοντελοποίησης του διανοητικού μοντέλου. Αυτά είναι:

1. δομή: τι τάξης μοντέλο χρειάζεται να θεωρούμε.
2. βάση: πως μπορούμε εμείς να βασίσουμε την διαδικασία κατασκευής του μοντέλου σε ορισμένη και αντικειμενική υλοποίηση του πράκτορα.
3. ύπαρξη: υπό ποιες συνθήκες το μοντέλο υπάρχει
4. επιλογή: πως μπορεί να γίνει η επιλογή από διαφορετικά μοντέλα τα οποία είναι συνεπή με τα δεδομένα

Η βάση ίσως να μην φαίνεται κρίσιμο θέμα για κάποια εργασία επειδή οι άνθρωποι σχεδιαστές είναι πιθανόν να βρουν διανοητικές συμπεριφορές φυσικό να καθοριστούν. Ωστόσο η βάση είναι κρίσιμη για μοντελοποίηση εφαρμογών. Το θέμα στο σημείο αυτό είναι ότι δεν μπορεί να γίνει άμεση παρατήρηση της διανοητικής κατάστασης ενός άλλου πράκτορα. Γενικά δεν υπάρχει λόγος να γνωρίζουμε την διανοητική κατάσταση των πρακτόρων οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί από άλλους σχεδιαστές, συγκεκριμένα σε πολυπρακτορικά συστήματα. Ακόμα δεν υπάρχει πάντα δυνατότητα του μέλλοντος της διανοητικής κατάστασης των πρακτόρων, οι οποίοι μαθαίνουν και προσαρμόζονται.

Η δομή του μοντέλου, στο μοντέλο αυτό οι πράκτορες περιγράφονται σαν λήπτες αποφάσεων. Αυτό το μοντέλο περιέχει τρία σημαντικά χαρακτηριστικά: τις πεποιθήσεις, τις προτιμήσεις, και το κριτήριο της απόφασης. Στην φάση αυτή θα γίνει μελέτη των αναγκαίων συστατικών για μια δομή διανοητικού επιπέδου μοντέλου, υπολογίζοντας την αντίληψη του πράκτορα στον κόσμο, τους στόχους του, και τις μεθόδους που επιλέγουν τις ενέργειες τους υπό αβεβαιότητα.

Οι πεποιθήσεις στους πράκτορες ουσιαστικά αποφασίζουν ποιες μεταξύ τις πιθανές καταστάσεις θεωρούνται εύλογες. Οι προτιμήσεις του πράκτορα μας λένε τι αξία παίρνει καθένα από τα αποτελέσματα. Τέλος η επιλογή του πράκτορα στις ενέργειες του επιτυγχάνεται από την εφαρμογή κριτηρίου απόφασης.

Βάση μοντέλου: το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιείται εδώ είναι οι υποθέσεις πρακτορείου, η υπόθεση ότι

1. ένας πράκτορας μπορεί να περιγραφεί από τις πεποιθήσεις του, τις προτιμήσεις και από ένα κριτήριο απόφασης

2. αποδίδεται στον πράκτορα διανοητική κατάσταση σχετική με την παρατηρούμενη συμπεριφορά σε συγκεκριμένους τρόπους.

Υπό αυτές τις υποθέσεις εμείς μπορούμε να βρούμε το πρόβλημα της απόδοσης της διανοητικής κατάστασης σαν ένα περιορισμό του προβλήματος ικανοποίησης. Η απόδοση της διανοητικής κατάστασης του πράκτορα θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

- να μπορεί να παράγεται η παρατηρήσιμη συμπεριφορά
- να είναι συνεπής με το υπόβαθρο της γνώσης.

Έτσι γίνεται μια προσπάθεια να επιτευχθεί η ικανότητα να κατασκευάζονται μοντέλα διανοητικού επιπέδου πρακτόρων τα οποία βασίζονται στην συμπεριφορά τους, μαζί με την συμφωνία της σχέσης ανάμεσα στην μοντελοποίηση της διανοητικής κατάστασης του πράκτορα και στην επόμενη ενέργεια του.

Η ύπαρξη του μοντέλου και η επιλογή του: η επιλογή του μοντέλου πραγματοποιείται μετά από πρόταση μια σειρά κριτηρίων για την επιλογή μεταξύ των μοντέλων. Ένα κριτήριο προτιμά μοντέλα τα οποία κάνουν λιγότερες υποθέσεις σχετικά με τις πεποιθήσεις του πράκτορα ενώ ένα άλλο κριτήριο προτιμά μοντέλα τα οποία έχουν καλύτερη επεξηγηματική δράση. Τότε παρέχονται συνθήκες κάτω από τις οποίες αυτά τα κριτήρια ηγούνται σε μια μοναδική επιλογή μοντέλου, όταν το μοντέλο υπάρχει.

Ένα σημαντικό θέμα για τους οικονομολόγους και τους αναλυτές στην θεωρία παιγνίων είναι το κτίσιμο μοντέλων για οικονομικά συστήματα το πώς γίνεται να μοντελοποιηθεί η συμπεριφορά του πράκτορα. Ένα πρακτορικό μοντέλο θα πρέπει να περιγράφεται με μεγάλη ακρίβεια, για παράδειγμα θα πρέπει άμεσα να προβλέπει την ανθρώπινη συμπεριφορά στο οικονομικό περιεχόμενο. Το μοντέλο θα πρέπει να είναι πρόθυμο στην μαθηματική ανάλυση, έτσι αυτό θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πράξη. Μια από τις περισσότερο σημαντικές προσεγγίσεις που οφείλουν να μοντελοποιούν οικονομικούς πράκτορες σαν οντότητες με διανοητική κατάσταση που αποτελείται από πεποιθήσεις, προτιμήσεις και ένα κριτήριο απόφασης. Ωστόσο, γίνεται χρήση των ποιοτικών μοντέλων, οι πεποιθήσεις μοντελοποιούνται με την χρήση κατανομής πιθανοτήτων, οι προτιμήσεις μοντελοποιούνται με την χρήση συνάρτησης χρησιμότητας και τέλος τα κριτήρια απόφασης προσδοκούν την μεγιστοποίηση της χρησιμότητας. Ενώ αυτό το μοντέλο δεν προσφέρει απαραίτητα ένα υπολογιστικό πλεονέκτημα, αυτό είναι ιδιαίτερα ελκυστικό από μαθηματικής άποψης, και αυτό γιατί τα συνεχόμενα μαθηματικά προσφέρουν ισχυρά εργαλεία

ανάλυσης και η θεωρία πιθανοτήτων αναπτύσσεται πολύ καλά. Περισσότερο σημαντικό είναι το γεγονός ότι επιτρέπεται να αναπαρασταθεί ο βαθμός της πίστης και των προτιμήσεων καθώς επίσης και οι επικίνδυνες συμπεριφορές.

Αλλά ενώ το ποιοτικό πιθανοκρατικό μοντέλο είναι αρκετά κομψό, δεν έχει σχέση ότι αυτό είναι ένα επαρκές μοντέλο της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Συγκεκριμένα οι περισσότεροι άνθρωποι δεν αισθάνονται ότι πραγματοποιούν προσδοκώμενους υπολογισμούς χρησιμότητας, όταν λαμβάνονται διαφορετικές επιλογές. Εδώ βασίζεται μια θεμελιώδης ιδέα πάνω από την οποία η θεωρία της μοντελοποίησης της επιλογής βρίσκεται: εάν ή όχι ο πράκτορας πράγματι λαμβάνει μια απόφαση με την χρήση πιθανοκρατικού συλλογισμού. Το θέμα είναι εάν ή όχι ένα πιθανοκρατικό μοντέλο που εφαρμόζεται έχει την απαιτούμενη ισχύ.

Αυτές οι σκέψεις ηγούνται με σκοπό να δώσουν έμφαση στην ύπαρξη της θεωρίας παιγνίων ή να αναπαραστήσουν τα θεωρήματα. Αυτά τα θεωρήματα λένε στον σχεδιαστή κάτω από ποιες συνθήκες της συμπεριφοράς του πράκτορα το μοντέλο είναι κατάλληλο. Επειδή οι υποθέσεις είναι πάνω στην συμπεριφορά του πράκτορα η οποία είναι αρχικά παρατηρήσιμη, αυτή μπορεί εμπειρικά να ελεγχθεί και να επικυρωθεί.

Η δουλειά του Savage (1972) παρέχει σημαντικά αποτελέσματα στην επιλογή της αναπαράστασης. Ουσιαστικά ο Savage παρέχει μια σειρά από υποθέσεις σχετικά με την προσέγγιση του πράκτορα, με σκοπό να επιλέγει τις ενέργειές του σύμφωνα με το τι αυτός μπορεί να μοντελοποιήσει, σαν να μεγιστοποιεί την προσδοκώμενη χρησιμότητα. Κάτι τέτοιο δεν σημαίνει ότι ο πράκτορας πραγματοποιεί υπολογισμούς προσδοκώμενης χρησιμότητας, αλλά ότι απλά ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να κάνει σωστές προβλέψεις της συμπεριφοράς του. Μια από τις πιο διάσημες συνθήκες του Savage είναι η αρχή του βέβαιου πράγματος (sure-thing).

Πολλοί άνθρωποι βρίσκουν τις υποθέσεις του Savage αρκετά δελεαστικές από μια άποψη. Ωστόσο η περιγραφική επάρκεια δεν είναι σαφής και σημαντικές προσπάθειες έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό τον έλεγχο της εγκυρότητας τους. Ωστόσο εκείνων των μελετών στην περιγραφική επάρκεια των πιθανοκρατικών μοντέλων των τεχνητών πρακτόρων δεν είναι σαφής. Με σκοπό λοιπόν της απόκτησης καλύτερων περιγραφικών μοντέλων ποικίλες αδύναμες παρουσιάσεις θεωρημάτων έχουν προταθεί. Αυτά τα θεωρήματα κάνουν αδύναμες υποθέσεις στον τρόπο με τον οποίο οι πράκτορες επιλέγουν τις ενέργειές τους και χρησιμοποιούν αδύναμες παρουσιάσεις των πεποιθήσεων των μοντέλων των πρακτόρων.

Τα σημαντικά αποτελέσματα του Savage(1972) καθώς επίσης και πολλές άλλες δουλειές που ακολούθησαν καθιστούν δυο σημαντικές απαιτήσεις: πρώτον, χρειάζεται η παροχή μοντέλου όπου προαποφασίζονται όλες οι λειτουργίες από την αρχική κατάσταση μέχρι την τελική, πολλές από τις οποίες αντιστοιχούν σε μη υπαρκτές ενέργειες στον πραγματικό κόσμο. Η πληροφορία αυτή δεν θα είναι διαθέσιμη σε οποιοδήποτε παρατηρητή του συστήματος. Εκτός αυτού απαιτείται μια πιο πλήρης περιγραφή της κατάστασης, όπου για κάθε φυσικό αριθμό n , υπάρχει μια διαμέριση των καταστάσεων του n μέσα στο υποσύνολο. Έτσι ο αριθμός των καταστάσεων θα πρέπει να είναι άπειρος.

Υπάρχει δυνατότητα να παρέχεται σημασιολογία για την χρήση εκείνων των διανοητικών καταστάσεων μέσα στο μοντέλο πρακτόρων. Αυτή είναι μια σημαντική θεώρηση η οποία είναι δοσμένη με αφθονία στην ιδέα των πεποιθήσεων και στην υπερίσχυση της ποιοτικής αναπαράστασης. Εξάλλου από τα ποικίλα κριτήρια αποφάσεων, υπάρχει δυνατότητα για την κάλυψη διάφορων τάξεων των πρακτόρων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ουσιαστικά για να μοντελοποιήσουμε ένα πράκτορα ως λήπτη ποιοτικών αποφάσεων χρησιμοποιούμε διανοητικές συνεισφορές. Στην προσέγγιση λοιπόν αυτή παίρνουμε ένα αριθμό από σημασιολογικές συνεισφορές: προτείνεται λοιπόν μια δομή για περιγραφή του διανοητικού επιπέδου μιας κατάστασης ενός πράκτορα, η οποία κάνει ικανό τον πράκτορα να αποφασίζει υπό αβεβαιότητα, με την βοήθεια του κριτηρίου απόφασης. Έτσι εξηγείται πως η περιγραφή υψηλού επιπέδου θεωρείται λιγότερη αφηρημένη έννοια για την περιγραφή των ενεργειών του πράκτορα. Έτσι προτείνεται μια προσέγγιση η οποία αναφέρεται στην διανοητική κατάσταση του πράκτορα όπως οι πεποιθήσεις, λαμβάνει την σημασία του περιεχομένου των άλλων διανοητικών συνεισφορών όπως είναι οι προτιμήσεις καθώς και ολόκληρη η κατάσταση η οποία σχετίζεται με την συμπεριφορά του πράκτορα.

Γίνεται σύντομη συζήτηση για θέματα αναπαράστασης που απαιτεί ο σχεδιασμός των μοντέλων διανοητικού επιπέδου. Επίσης είναι σημαντικό να

γνωρίζουμε ότι η δομή αναπαράστασης της γνώσης χρειάζεται για να κατασκευάσουμε και να αποθηκεύσουμε μοντέλα διανοητικού επιπέδου.

Ενώ είναι φυσικό και κοινό να γίνει μελέτη της σημασιολογίας των διανοητικών καταστάσεων, κάτι τέτοιο ίσως δεν αποτελεί το κατάλληλο τρόπο της αναπαράστασης αυτών των διανοητικών καταστάσεων. Σε αυτό το σημείο υπάρχουν ποικίλες λογικές για την αναπαράσταση διανοητικών καταστάσεων σαν φυσικά εργαλεία για την αιτιολογία αυτών των μοντέλων. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Brafman, Tennenholtz 1997, η λογική του Boutilier για την ποιοτική θεωρία αποφάσεων είναι αρκετά υποσχόμενη. Έτσι υπάρχει δυνατότητα για ασχολία με τις πεποιθήσεις, προτιμήσεις και ένα περιορισμένο αριθμό από κριτήρια αποφάσεων, και σημασιολογία κοντά σε αυτά. Έτσι υπάρχει ανάγκη για ένα αλγόριθμο για την κατασκευή μοντέλων διανοητικού επιπέδου. Έχουν κατασκευαστεί τέτοιοι αλγόριθμοι αλλά βασίζονται στην αναπαράσταση των καταστάσεων και χρησιμοποιούνται για περαιτέρω κατανόηση.

Επίσης σημαντική είναι η αναφορά στα επίπεδα γνώσης, τα οποία παρέχουν μια αφηρημένη περιγραφή του συστήματος. Η διαδικασία μοντελοποίησης σε αυτή την φάση μπορεί να επιτευχθεί με μια αφηρημένη λογική γλώσσα ή μπορεί απλά να χρησιμοποιεί αφηρημένες προδιαγραφές. Η μοντελοποίηση του πράκτορα ως ποιοτικού λήπτη αποφάσεων θα εφαρμόσει μοντελοποίηση διανοητικών καταστάσεων σε άλλους πράκτορες δομής δεδομένων και αλγορίθμων, που είναι κατάλληλη στον τομέα αυτό.

Τα θεμελιώδη σημασιολογικά μοντέλα φαίνονται αναγκαία για πραγματικές προβλέψεις. Ωστόσο τα μοντέλα διανοητικού επιπέδου παίζουν τον ρόλο των αφηρημένων εργαλείων προδιαγραφών (Brafman, Tennenholtz 1997).

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ

Ποικίλα θέματα παραμένουν για μελλοντική δουλειά. Αρκετές έρευνες αποτελεσματικής αναπαράστασης κατασκευής και τεχνικές απαιτούνται. Η λεπτότητα της δομής του μοντέλου απαιτείται. Συγκεκριμένα ένα ρεαλιστικό μοντέλο πρέπει κάπως να διαπραγματεύεται τις άφθονες ρεαλιστικές πηγές που διαθέτει ένας πραγματικός πράκτορας. Η ιδέα των σκοπών παρέχει κάποια ικανότητα για διαπραγμάτευση νέων κριτηρίων απόφασης. Ωστόσο υπάρχει

πιθανότητα ανόμοιοι άνθρωποι, τεχνητοί πράκτορες, είναι πιθανό να έχουν διαφορετικές αρχιτεκτονικές, έτσι δεν υπάρχει πιθανότητα μια μοναδική επιλογή των κριτηρίων απόφασης να είναι επαρκής για την μοντελοποίηση των πρακτόρων. Τέλος, για την αναγνώριση του σχεδιασμού, για τις τεχνικές για την επιλογή μεταξύ υποψήφιων μοντέλων χρειάζονται περαιτέρω μελέτη (Brafman, Tennenholtz 1997).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΔΡΑΣΗΣ

10.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά στην παράγραφο 10.2 ορίζεται η επιλογή δράσης και στην 10.3 δίνονται τα χαρακτηριστικά ενός προβλήματος επιλογής δράσης. Στην 10.4 γίνεται συζήτηση για τους μηχανισμούς τεχνητής νοημοσύνης της επιλογής δράσης. Έτσι στην συνέχεια αναλύονται αυτοί οι μηχανισμοί. Συγκεκριμένα στην 10.4.1 αναλύονται οι συμβολικές προσεγγίσεις στην 10.4.2 οι κατανεμημένες στην 10.4.3 η δυναμική προσέγγιση σχεδιασμού. Τέλος στην 10.5 αναλύεται η αυτόματη λήψη αποφάσεων στον προγραμματισμό δράσης.

10.2 Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

Η επιλογή της δράσης είναι ένας τρόπος που χαρακτηρίζει τα περισσότερα βασικά προβλήματα στα ευφυή συστήματα, στο τι θα ακολουθήσει μετά. Στην τεχνητή νοημοσύνη και στην υπολογιστική γνωστική επιστήμη το πρόβλημα της επιλογής της δράσης σχετίζεται ουσιαστικά με ευφυής πράκτορες – ευφυή συστήματα τα οποία εκθέτουν σύνθετες συμπεριφορές σε ένα περιβάλλον πρακτόρων. Ένα πρόβλημα για την κατανόηση της επιλογής της δράσης είναι ο προσδιορισμός της έννοιας για μια ενέργεια (http://en.wikipedia.org/wiki/Action_selection).

Οι περισσότεροι ερευνητές δουλεύουν στο πεδίο υψηλών απαιτήσεων των πρακτόρων τους.

- Η δράση του πράκτορα τυπικά πρέπει να επιλέγει τις ενέργειες του σε δυναμικά και μη προβλέψιμα περιβάλλοντα.
- Οι πράκτορες να δρουν τυπικά σε πραγματικό χρόνο
- Οι πράκτορες να δημιουργούνται για να εκτελούν διάφορες εργασίες.
- Το περιβάλλον όπου λειτουργούν οι πράκτορες ίσως συμπεριλαμβάνει ανθρώπους οι οποίοι πραγματοποιούν πράγματα περισσότερο δύσκολα για τους πράκτορες.

- Οι πράκτορες μεταξύ τους συχνά σκοπεύουν να μοντελοποιήσουν ανθρώπους ή ζώα ή την συμπεριφορά τους το οποίο είναι αρκετά πολύπλοκο.

10.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

Το κύριο πρόβλημα για την επιλογή δράσης είναι η πολυπλοκότητα. Αφού όλοι οι υπολογισμοί απαιτούν χρόνο και χώρο στην μνήμη, οι πράκτορες δεν μπορούν πιθανά να θεωρούν κάθε λειτουργία διαθέσιμη σε αυτούς κάθε στιγμή του χρόνου. Συνεπώς πρέπει να βασίζονται και να περιορίζονται από την αναζήτηση με κάθε τρόπο. Για την τεχνητή νοημοσύνη η ερώτηση της επιλογής των ενεργειών είναι ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για περιορισμό της αναζήτησης;

Μια βασική ερώτηση σχετικά με την επιλογή της δράσης είναι εάν αυτό είναι ένα πραγματικό πρόβλημα για ένα πράκτορα ή απλά είναι μια περιγραφή της συμπεριφοράς ενός ανερχόμενου ευφυή πράκτορα. Ωστόσο εάν θεωρηθεί ότι πρόκειται να κτίσουμε ένα ευφυή πράκτορα, τότε γίνεται προφανές ότι θα πρέπει να εφαρμόσουμε κάποιους μηχανισμούς για την επιλογή δράσης. Αυτός ο μηχανισμός ίσως είναι καταναμεμημένος ή ίσως είναι ένα ιδιαίτερο υποσύστημα (module).

- 1 Η επιλογή του μηχανισμού δράσης αποφασίζει όχι μόνο τις ενέργειες των πρακτόρων όσον αφορά την επίδραση στο περιβάλλον αλλά επίσης κατευθύνει την αντίληψη της προσοχής τους και ενημερώνει την μνήμη. Αυτή η εγωκεντρική ταξινόμηση των ενεργειών ίσως έχει ως αποτέλεσμα να τροποποιήσει την βασική χωρητικότητα της συμπεριφοράς, συγκεκριμένα ενημερώνεται η μνήμη χρησιμοποιώντας κάποιους βασικούς τύπους εκμάθησης. Ιδανικά η επιλογή των δράσεων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εκμάθηση και την προσαρμογή αλλά υπάρχουν πολλά προβλήματα σύνθετων συνδυασμών και εύκαμπτα υπολογιστικά, τα οποία ίσως απαιτούν περιορισμένη αναζήτηση χώρου για εκμάθηση (http://en.wikipedia.org/wiki/Action_selection).

10.4 ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΡΑΣΗΣ

Γενικά τεχνητής νοημοσύνης μηχανισμοί για την επιλογή δράσης μπορούν να χωριστούν σε μερικές κατηγορίες: συστήματα που βασίζονται σε σύμβολα, μερικές φορές γνωστά ως κλασικού σχεδιασμού. Κατανεμημένες λύσεις και αντιδραστικός ή δυναμικός σχεδιασμός

10.4.1 ΣΥΜΒΟΛΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Από νωρίς στην ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης, έχει θεωρηθεί ότι ο καλύτερος τρόπος για ένα πράκτορα να επιλέξει την επόμενη ενέργεια του, θα πρέπει να υπολογίσει ένα ευαπόδεικτο βέλτιστο σχέδιο, και να το εκτελέσει. Κάτι τέτοιο ηγείται σε ένα φυσικό σύστημα συμβόλων, όπου ένας φυσικός πράκτορας μπορεί να μεταχειριστεί σύμβολα τα οποία είναι αναγκαία και επαρκούν για την ευφυΐα του.

Πολλοί software πράκτορες ακόμα χρησιμοποιούν την προσέγγιση για την επιλογή δράσης. Αυτοί τυπικά απαιτούν την περιγραφή όλων των ενδείξεων των αισθητήρων, του κόσμου και όλες εκείνες τις ενέργειες και όλους εκείνους τους στόχους με συγκεκριμένη μορφή της προβλέψιμης λογικής. Κριτικοί αυτής της προσέγγισης παραπονιούνται ότι είναι τόσο αργός σε πραγματικό χρόνο σχεδιασμός, που είναι σχεδόν απίθανο να παράγει βέλτιστο σχεδιασμό επειδή μειώνει τις περιγραφές και η λογική είναι μια διαδικασία επιρρεπής στα λάθη.

Ικανοποιήσιμη είναι η στρατηγική λήψη μιας απόφασης, η οποία προσπαθεί να φθάσει στα κατάλληλα κριτήρια περισσότερο από το να εξακριβώσει μια βέλτιστη λύση. Μια ικανοποιήσιμη στρατηγική είναι γενικά βέλτιστη εάν το κόστος της διαδικασίας λήψης μιας απόφασης όπως το κόστος της αποκτώμενης ολικής πληροφορίας θεωρείται υπολογίσιμο αποτέλεσμα.

- Οι αρχιτεκτονικές οδηγούν σε στόχους. Σε αυτές τις συμβολικές αρχιτεκτονικές, η συμπεριφορά του πράκτορα τυπικά περιγράφεται μέσα από μια σειρά από στόχους. Κάθε στόχος μπορεί να επιτευχθεί από μια διαδικασία ή από μια δραστηριότητα, η οποία περιγράφεται από ένα σχέδιο. Ο πράκτορας

θα πρέπει να αποφασίσει ποια διαδικασία θα πρέπει να ακολουθήσει για επιτύχει τον στόχο του. Το σχέδιο μπορεί να επεκταθεί σε υποστόχους οι οποίοι ακολουθούν την διαδικασία περιοδικά επαναλαμβανόμενοι. Τεχνικά τα σχέδια περισσότερο ή λιγότερο εκμεταλλεύονται κανόνες συνθηκών. Αυτές οι αρχιτεκτονικές είναι υβριδικές. Κλασικά παραδείγματα των στόχων που οδηγούν σε αρχιτεκτονικές που εφαρμόζουν την πίστη-επιθυμία-σκοπό είναι αρχιτεκτονικές όπως JAM ή IVE.

- Η εξόρυξη (Excalibur), που αποτελεί μια έρευνα από τον Alexander Nareyek που χαρακτηρίζει κάθε στιγμή τα σχέδια των πρακτόρων για παιχνίδια υπολογιστών. Η αρχιτεκτονική βασίζεται στην δομή της ικανοποίησης των περιορισμών που είναι εξελιγμένες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης.

10.4.2 ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Σε αντίθεση με την συμβολική προσέγγιση τα κατανεμημένα συστήματα της επιλογής των ενεργειών δεν έχουν ανάμειξη του πράκτορα ο οποίος αποφασίζει για την επόμενη ενέργεια. Τουλάχιστον στην ιδανική μορφή, τα κατανεμημένα συστήματα έχουν πολλά υποσυστήματα (modules) που τρέχουν παράλληλα και αποφασίζουν για την καλύτερη ενέργεια. Σε αυτά τα ιδανικά συστήματα η συνολική συνοχή προσδοκάται πιθανά διαμέσου προσεκτικού σχεδιασμού των συστατικών που αλληλεπιδρούν. Αυτή η προσέγγιση συχνά εμπνέεται από νευρωνικά δίκτυα. Πρακτικά υπάρχουν πάντα κάποια κεντρικά συστήματα τα οποία αποφασίζουν ποια υποσυστήματα (modules), είναι περισσότερο ενεργά ή έχουν την περισσότερη περίοπτη θέση. Υπάρχουν στοιχεία τα οποία εφαρμόζονται σε εκτελέσιμα συστήματα αποφάσεων και εκτιμούν ποια συστήματα αξίζουν περισσότερη προσοχή ή είναι περισσότερο ακριβή.

- **Εξάπλωση της δραστηριοποίησης**
- **εκτεταμένα Rosenblatt & Payton** μια αρχιτεκτονική **Εξάπλωσης της δραστηριοποίησης** που αναπτύχθηκε από τον Tyrrell το 1993 (http://en.wikipedia.org/wiki/Action_selection). η συμπεριφορά του πράκτορα

αποθηκεύεται στο τύπο της ιεραρχικής συνδεσιμότητας των δικτύων, τα οποία ο Tyrrell ονόμασε ελεύθερης ροής ιεραρχία (free-flow hierarchy).

- Η συμπεριφορά βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη συμπεριλαμβανομένης αρχιτεκτονικής συλλογισμού (subsumption architecture).
- Όντα (creatures) είναι κατοικίδια από ένα παιχνίδι στον υπολογιστή τα οποία οδηγούνται από ένα τριών στρωμάτων νευρωνικό δίκτυο το οποίο είναι προσαρμόσιμο.

10.4.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Επειδή τα κατανεμημένα συστήματα είναι δύσκολο να κατασκευαστούν, πολλοί ερευνητές έχουν στραφεί στην χρήση κώδικα σχεδιασμού για να αποφασίσουν τις ιδιότητες του συστήματος τους. Ο δυναμικός ή ο αντιδραστικός σχεδιασμός υπολογίζει το επόμενο βήμα σε κάθε στιγμή και βασίζεται στο τρέχων περιεχόμενο και στα σχέδια που έχουν οριστεί. Σε αντίθεση με τις μεθόδους κλασικού σχεδιασμού η αντιδραστική ή η δυναμική προσέγγιση δεν πάσχει από έκρηξη συνδυασμού. Από την άλλη κάποιες φορές τα σχέδια κωδικοποιούνται εκ των προτέρων.

Στην τεχνητή νοημοσύνη αντιδραστικός σχεδιασμός (reactive planning) ορίζεται μια σειρά από τεχνικές για την επιλογή δράσης από αυτόνομους πράκτορες. Αυτές οι τεχνικές διαφέρουν από τον κλασικό σχεδιασμό σε δυο απόψεις. Πρώτον λειτουργούν με ένα άμεσο τρόπο και μπορούν να διαπραγματευτούν δυναμικά και μη προβλέψιμα περιβάλλοντα. Δεύτερον, υπολογίζουν την επόμενη ενέργεια σε κάθε στιγμή βασιζόμενοι στο τρέχων περιεχόμενο. Οι αντιδραστικές σχεδιαστές συχνά εκμεταλλεύονται αντιδραστικά σχέδια τα οποία αποθηκεύουν δομές που περιγράφουν τις ιδιότητες και την συμπεριφορά των πρακτόρων. Συχνά πολλοί ερευνητές όταν αναφέρονται σε αντιδραστικό σχεδιασμό εννοούν δυναμικό σχεδιασμό.

Παραδείγματα μηχανισμών δυναμικού σχεδιασμού είναι:

- Πεπερασμένες μηχανές κατάστασης. Αυτές είναι αντιδραστικές αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται κυρίως για παιχνίδια σε υπολογιστές πρακτόρων. Ουσιαστικά οι Πεπερασμένες μηχανές κατάστασης αποτελεί την

μοντελοποίηση της συμπεριφοράς του συστήματος και χρησιμοποιείται στην επιστήμη των υπολογιστών. Όταν λοιπόν χρησιμοποιείται μια τέτοια μηχανή περιγράφει την συμπεριφορά του πράκτορα που αποτελείται από μια σειρά καταστάσεων και μεταβάσεων ανάμεσα σε αυτές τις καταστάσεις. Οι μεταβάσεις είναι πράγματι υποθετικοί κανόνες ενεργειών. Σε κάθε στιγμή της μηχανής μια κατάσταση είναι ενεργή και οι μεταβάσεις εκτιμούνται. Μετά από μια μετάβαση ενεργοποιείται μια κατάσταση. Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι σε γενικές μεταβάσεις οι κανόνες ακολουθούν την μορφή: εάν ικανοποιείται η υπόθεση τότε ενεργοποιείται νέα κατάσταση. Αυτοί οι κανόνες μπορούν να συνδυαστούν με την fuzzy logic, όπου οι υποθέσεις, οι καταστάσεις και οι ενέργειες αντιστοιχούν σε ναι / όχι (boolean).

- Άλλα δομημένα αντιδραστικά σχέδια έχουν την τάση να φαίνονται λίγο περισσότερο τυπικά σχεδιασμένα συχνά με τρόπο που αναπαριστούνται ιεραρχικές και διαδοχικές δομές (http://en.wikipedia.org/wiki/Action_selection).

10.5 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΔΡΑΣΗΣ

Η αυτόματη λήψη αποφάσεων στον προγραμματισμό δράσης αποτελείται από τον αυτόματο σχεδιασμό και προγραμματισμό που αποτελεί ένα κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης που ενδιαφέρεται για την αντίληψη των στρατηγικών ή των συνεπειών των ενεργειών, τυπικά εφαρμόζεται από ευφυείς πράκτορες, αυτόνομα ρομπότ. Διαφορετικά με την κλασική θεωρία και διευκρίνιση των προβλημάτων οι λύσεις είναι σύνθετες άγνωστες και οφείλουν να ανακαλύψουν και να βελτιστοποιήσουν το πολλών διαστάσεων χώρο.

Σε γνωστά περιβάλλοντα με διαθέσιμο σχεδιασμό μοντέλων μπορεί αυτά να βρίσκονται αδρανή (offline), οι λύσεις μπορούν να εκτιμηθούν πριν την εκτέλεση. Σε δυναμικά άγνωστα περιβάλλοντα η στρατηγική συχνά χρειάζεται να έχει μια επαναλαμβανόμενη άμεση σύνδεση. Τα μοντέλα και οι αρχές χρειάζεται να προσαρμόζονται. Οι λύσεις συχνά καταφεύγουν σε μια επαναληπτική δοκιμαστική και λανθασμένη διαδικασία (trial and error) κοινή στην τεχνητή νοημοσύνη, που

συμπεριλαμβάνει δυναμικό προγραμματισμό, ενισχυμένη εκμάθηση (, **reinforcement learning** αποτελεί μια υπό περιοχή της μηχανής εκμάθησης που ενδιαφέρεται για το πώς ένας πράκτορας οφείλει να δράσει σε ένα περιβάλλον με σκοπό να μεγιστοποιήσει αντίληψη μακροπρόθεσμων ανταμοιβών) και συνδυαστική βελτιστοποίηση (**Combinatorial optimization** αποτελεί ένα κλάδο της βελτιστοποίησης και των εφαρμοσμένων μαθηματικών και της επιστήμης υπολογιστών που σχετίζεται με θεωρία αλγορίθμων και υπολογιστική σύνθετη θεωρία και αλληλεπιδρά σε διάφορα πεδία όπως τεχνητή νοημοσύνη , μαθηματικά).

Ένας τυπικός σχεδιαστής έχει τρεις εισόδους (δεδομένα): μια περιγραφή της αρχικής κατάστασης του κόσμου, μια περιγραφή των επιθυμητών στόχων και μια σειρά από πιθανές ενέργειες τα οποία κωδικοποιούνται σε μια τυπική γλώσσα. Ο σχεδιαστής παράγει μια αλληλουχία ενεργειών οι οποίες ξεκινούν από την αρχική κατάσταση σε μια κατάσταση στόχου. Μια εναλλακτική γλώσσα για την περιγραφή των προβλημάτων σχεδιασμού είναι οι ενέργειες των ιεραρχικών δικτύων, όπου μια σειρά από ενέργειες έχουν δοθεί. Κάθε ενέργεια μπορεί να είναι είτε αντιληπτή από μια αρχική ενέργεια ή να αποτελείται από μια σειρά από ενέργειες.

Η δυσκολία του σχεδιασμού εξαρτάται από την απλοποίηση των υποθέσεων. Οι κλασικοί σχεδιαστές παίρνουν όλες τις υποθέσεις που έχουν να μελετήσουν. Πιο διάσημες τεχνικές συμπεριλαμβάνουν προώθηση της αλυσίδας και επιστροφή της αλυσίδας αναζήτηση του δέντρου προσεγγισιμότητας.

Εάν η υπόθεση της απόφασης έχει εγκαταλειφθεί και ένα πιθανοκρατικό μοντέλο έχει προσαρμοστεί τότε το πρόβλημα αυτό χρειάζεται τις βασικές αρχές του Markov decision process (http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_planning_and_scheduling).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

11.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ύστερα από την υλοποίηση της παραπάνω εργασίας συμπεραίνουμε ότι γενικά προβλήματα τα οποία επιλύουν οι μηχανές υπερβαίνουν την ευφυΐα των σχεδιαστών τους. Κάτι τέτοιο δεν είναι απλά πιθανόν αλλά είναι σχεδόν εγγυημένο.

Ωστόσο στην παρούσα κατάσταση της ανάπτυξης της τεχνητής νοημοσύνης υπάρχει πιθανότητα να προσφερθούν περισσότερα οφέλη από την επιδιόρθωση κάποιων ήδη υπάρχουσων προβλημάτων παρά από την μελέτη εξειδικευμένων προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο. Κατά την εφαρμογή των τεχνικών της τεχνητής νοημοσύνης, οδηγούμαστε στην ανάπτυξη συστημάτων που αντιμετωπίζουν σύνθετα και μη καλά ορισμένα προβλήματα.

Υπάρχει μεγάλη ανάγκη ώστε οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων θα πρέπει να συνδυάζουν τις ικανότητες του υπολογιστή. Μελλοντικοί σχεδιασμοί θα προχωρήσουν σε επιπλέον εμπλούτιση της αυτόματης λήψης αποφάσεων και σε περιοχές ιδιαίτερα δύσκολες.

Τα συστήματα τα οποία βασίζονται σε υπολογιστές θα ενδιαφέρονται για περισσότερα πολύπλοκα και μη δομημένα προβλήματα. Χάρη στην αυτόματη λήψη αποφάσεων αντί να ξοδεύεται χρόνος στην διαδικασία και στην εκτίμηση της πληροφορίας για την λήψη αποφάσεων απλά μπορούν πλέον οι αποφάσεις να λαμβάνονται άμεσα από την θέση που βρίσκεται κάθε λήπτης αποφάσεων. Παρόλο όμως την αυτόματη λήψη αποφάσεων πάντα θα συνεχίσουν να υπάρχουν πράγματα που οι άνθρωποι θα τα κάνουν καλύτερα από τις μηχανές. Έτσι ο άνθρωπος θα συνεχίσει να είναι λήπτης αποφάσεων.

Πλέον στα συστήματα αποφάσεων δεν αφιερώνεται χρόνος στο να υλοποιηθούν οι λειτουργίες, αλλά για την συντήρηση και την βελτίωση των αυτόματων συστημάτων τα οποία ελέγχουν τις λειτουργίες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1 Rasmussen, Brehmer, Leplat, 1991, Distributed Decision Making cognitive Models for cooperative work, A Wiley Series in new technologies and work
- 4 Jerry Felsen 1976 , Decision Making Under Uncertainty: An Artificial Intelligence Approach, CDS Publishing Company New York
- 5 Carlisson, Kochetkon 1983, Theory and Practice of Multiple Criteria Decision Making, North- Holland
- 6 Michael Wooldridge 2002, An Introduction MultiAgent Systems, John Wiley& sons, LTD
- 7 Holloway 1979, Decision Making Under Uncertainty Models and Choices
- 8 Harris, Davenport 2005, Automated Decision Making Comes of Age, accenture Institute for high performance business
- 9 Grefenstette, Connie Loggia Ramsey, Alan Schultz 1990, Learning Decision Rules using simulation models and competition
- 10 Doyle, Thomason 1999, Background to Qualitative Decision Theory, AI Magazine
- 11 Václav Šmídl,2005, Distributed Bayesian Decision Making : early experiments, Institute of Information Theory and automation , Prague
- 12 N. Ματσατσίνης (2005-2006) Ειδικά θέματα Πληροφοριακών Συστημάτων και Συστημάτων Αποφάσεων
- 13 N. Ματσατσίνης (2003-2004) Κατανεμημένη τεχνητή νοημοσύνη και συστήματα πολλαπλών πρακτόρων
- 14 Robert Harris (1998), Introduction to Decision Making, <http://www.virtualsalt.com/crebook5.htm>
- 15 Clemen, R. (1996), Making hard decisions: *An introduction to decision analysis*, 2nd Edition, Belmont, CA: Duxbury Press.
- 16 Brafman,Tennenholtz 1997 Modeling Agents as Qualitative Decision Making
- 17 http://en.wikipedia.org/wiki/Markov_decision_process
- 18 <http://www.mech.upatras.gr/~nikos/mis-i/notes/notes-05.pdf>
- 19 Littman 1996, Algorithms for sequential decision making

- 20 http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_planning_and_scheduling
- 21 http://en.wikipedia.org/wiki/Action_selection
- 22 http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_planning_and_scheduling
- 23 http://en.wikipedia.org/wiki/Reinforcement_learning
- 24 http://en.wikipedia.org/wiki/Combinatorial_optimization
- 25 Dubois, Fargier, Prade, 2002 Qualitative Decision theory: From Savage's Axioms to Nonmonotonic Reasoning
- 26 Καλαπανίδα 2003 Περιβαλλοντική πρόβλεψη με μεθόδους μηχανικής μάθησης
[http://hci.ece.upatras.gr/various/kalapanidas PHD 2003.pdf](http://hci.ece.upatras.gr/various/kalapanidas_PHD_2003.pdf)
- 27 http://en.wikipedia.org/wiki/Partially_observable_Markov_decision_process
- 28 Rodger, Petch 1999 Uncertainty and Risk analysis
- 29 <http://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty>
- 30 http://en.wikipedia.org/wiki/Markov_decision_process
- 31 http://en.wikipedia.org/wiki/Partially_observable_Markov_decision_process
- 32 http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_programming
- 33 Hryniewicz 2003 Possibilistic approach to Bayes decisions - Journal of telecommunications and information technology
- 34 Goel 2004 risk analysis University at Albany, SUNY
- 35 http://www.mit.tut.fi/MIT-3070/Luennot/DMIS_lecture13_05.pdf
- 36 <http://www.fhwa.dot.gov/reports/viisvlif.htm>
- 37 <http://www.answers.com/topic/perfect-information>
- 38 http://en.wikipedia.org/wiki/Expected_value_of_perfect_information
- 39 <http://homepage.univie.ac.at/georg.pflug/science/technicalreports/JBaF4.pdf>
- 40 Turocy, Stengel 2001, Game Theory, CDAM Research Report LSE-CDAM-2001-9
- 41 Keen, PGW and M.S. Scott-Morton (1978), Decision support systems: An organizational perspective, Reading, MA: Addison-Wesley
- 42 Keen, PGW (1980), Decision support systems: A research perspective, Proceedings of an international task force meeting Pergamon Press June 23-25 (23-43)
- 43 Simon, H (1960), The new science of management decision, Harper and Row, New York
- 44 Knight 1921, Risk Uncertainty and Profit Boston,MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Company, 1921.

- 45 Lehmann, D. 1996. Generalized qualitative probability: Savage revisited. In Proceedings of the 12th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (Portland, Ore., Aug.). Morgan Kaufman, San Mateo, Calif., pp. 381--388.
- 46 Boutilier, C. 1994. Towards a logic for qualitative decision theory. In Proceedings of the 4th International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'94, Bonn, Germany, May 24--27). pp. 75--86.
- 47 Savage, L. J. 1972. The Foundations of Statistics. Dover, New York.
- 48 Fenner 2002 Placing Value on Information Vol4,No2 Library philosophy and Practice. University of North California
- 49 Halpern, J.Y and Moses,Y (1992) A guide to completeness and complexity for modal logics of knowledge and belief. Artificial Intelligence, 54, 319-379
- 50 Hintikka,J. (1962), Knowledge and belief. Cornell University Press, Ithaka, NY
- 51 Kripke (1963) Semantical analysis of modal logic. Zeitschrift fur Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik 11, 113-131
- 52 Rosenschein, S and Kaelbling (1996) A situated view of representation and control. In Computational Theories of Interaction and Agency pp.515-540. MIT Press Cambridge MA
- 53 Rao, A.S and Georgeff M.P (1993) A model theoretic approach to the verification of situated reasoning systems. In proceedings of 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence Chambéry France pp.318-324
- 54 Halpern (1987) Using reasoning about knowledge to analyze distributed systems Annual Review of computer science 2 37-68
- 55 Levesque (1996) Golog: a logic programming language of dynamic domains. Journal of logic programming 31, 59-84
- 56 Shoman (1993) Agent oriented programming. Artificial Intelligence 60(1), 51-92
- 57 Durfee and Lesser, (1987) Edmund H. Durfee and Victor R. Lesser. Incremental planning to control a time-constrained, blackboard-based problem solver. Technical Report 87-07, Department of Computer and Information Science, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts 01003, February 1987.
- 58 Grefenstette,Ramsey,Schultz, 1990 Learning sequential decision rules using simulation models and competition, Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands, Machine Learning, 5, 355-381

- 59 Hryniewicz 2003, Possibilistic approach to Bayes decisions, Journal of telecommunication and information technology