



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ, ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Επικοινωνία Ανθρώπου-Υπολογιστή Βασισμένη σε  
Ανάλυση και Σύνθεση Οπτικών Πληροφοριών

Διδακτορική Διατριβή

**ΛΩΡΗ (ΚΑΛΛΙΟΠΗ-ΕΙΡΗΝΗ) ΜΑΛΑΤΕΣΤΑ**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός &  
Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π. (2000)

Αθήνα, Νοέμβριος 2009





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ, ΒΙΝΤΕΟ  
ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

## Επικοινωνία Ανθρώπου-Υπολογιστή Βασισμένη σε Ανάλυση και Σύθεση Οπτικών Πληροφοριών

Διδακτορική Διατριβή

**ΛΩΡΗ (ΚΑΛΛΙΟΠΗ-ΕΙΡΗΝΗ) ΜΑΛΑΤΕΣΤΑ**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός &  
Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π. (2000)

Συμβουλευτική Επιτροπή: Στέφανος Κόλλιας  
Ανδρέας-Γεώργιος Σταφυλοπάτης  
Κώστας Καρπούζης

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή την 27η Νοεμβρίου 2009.

...	...	...
Σ. Κόλλιας	Α.-Γ. Σταφυλοπάτης	Κ. Καρπούζης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Ερευνητής Β Ε.Π.Ι.Σ.Ε.Υ.-Ε.Μ.Π.

...	...	...
Γ. Στάμου	Α. Ντελόπουλος	Π. Τσανάκας
Λέκτορας Ε.Μ.Π.	Επ. Καθηγητής Α.Π.Θ.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.

...

Κ. Κοντογιάννης  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2009



Η παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος ΠΕΝΕΔ-2003, της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας. Το πρόγραμμα συγχρηματοδοτήθηκε κατά 80% από την Ευρωπαϊκή Ένωση και κατά 20% από το Ελληνικό Δημόσιο.

This Ph.D. thesis was supported by grant PENED-2003 of the Greek Ministry of Development-GSRT and was co-financed by E.U.-European Social Fund (80%) and National Resources (20%).

...

#### **ΛΩΡΗ (ΚΑΛΛΙΟΠΗ-ΕΙΡΗΝΗ) ΜΑΛΑΤΕΣΤΑ**

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Λώρη (Καλλιόπη-Ειρήνη) Μαλατέστα, 2009.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος - All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο έρευνας της διατριβής αυτής είναι υπολογιστική μοντελοποίηση χαρακτηριστικών της ανθρώπινης μη λεκτικής συμπεριφοράς και η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων στην επικοινωνία ανθρώπου-μηχανής. Η μοντελοποίηση πραγματοποιήθηκε σε δύο επίπεδα, αυτό της υπολογιστικής μοντελοποίησης θεωρητικών προβλέψεων για τη σωματική εκφραστικότητα κατά τη συναισθηματική εμπειρία και αυτό της ανάλυσης οπτικής πληροφορίας με έμφαση στους τρόπους αναπαράστασης των μορφωμάτων που αναγνωρίζονται και στην μεταξύ τους αντιστοίχιση. Προτάθηκε ένας εναλλακτικός τρόπος προσκόμισης δεδομένων αναφοράς για την εκφραστικότητα χειρονομιών, προκειμένου να ξεπεραστεί το σύνθετο πρόβλημα της διαφωνίας ανάμεσα σε λίγους επισημειωτές δεδομένων. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε πειραματική διαδικασία καταγραφής της αντίληψης της ανθρώπινης εκφραστικότητας από μεγάλο πλήθος επισημειωτών. Τα αποτελέσματα του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν για την αντιστοίχιση των παραμέτρων εκφραστικότητας με τις διαστάσεις της ενεργοποίησης και της αξιολόγησης. Τα θεωρητικά αποτελέσματα της μελέτης επαληθεύθηκαν με την ανάπτυξη εικονικών περιβαλλόντων και τη μελέτη ζητημάτων συναισθηματικής υπολογιστικής σε πραγματικές συνθήκες αλληλεπίδρασης.

## ABSTRACT

This thesis sets out to investigate state of the art research issues on affective computing in human computer interaction. It explores methods to computationally model human non-verbal expressivity both in the process of emotion recognition as well as in the process of synthesising human behaviour. An extensive literature review of emotion theories leads to special focus on appraisal theory predictions regarding the emotion elicitation process. Theoretical predictions from Scherer's component process model and the OCC theory by Ortony, Clore and Collins are tested through their computational implementation. Issues of representing affective states are examined and special focus is given on high level multimodal fusion. An alternative way of attaining ground truth data is put forward through a user judgement experiment on human expressivity. The collected results are used as input in a neurofuzzy network in order to map expressivity parameters onto the dimensions of activation and evaluation. Finally issues of affective interaction are studied. Interface adaptation methods are investigated through the implementation of virtual environments that cater various interaction scenarios such as an exertion interface and a first person perspective game in a virtual world.



# Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων	xiii
Πρόλογος	xv
<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1 Συναισθηματική Υπολογιστική	1
<b>2 Μοντέλα και Μορφές Αναπαράστασης Συναισθήματος</b>	<b>7</b>
2.1 Αποσαφήνιση Όρων	7
2.2 Αναπαράσταση σε Κατηγορίες	10
2.2.1 Θεωρίες Διακριτών Συναισθημάτων	10
2.2.2 Ομαδοποίηση Συνώνυμων Συναισθηματικών Εννοιών	10
2.2.3 Διαπολιτισμικές Κατηγορίες Συναισθημάτων	11
2.3 Διαστατικές Αναπαραστάσεις	11
2.4 Θεωρίες Αξιολόγησης	17
2.4.1 Θεωρία Ortony, Clore και Collins	19
2.4.2 Θεωρία Αξιολόγησης Scherer	22
2.4.3 Θεωρία Αξιολόγησης Roseman	23
2.4.4 Θεωρία Τάσεων Δράσης	24
2.5 Ενοποιητική Θεωρία Βασικής Συγκίνησης	24
2.6 Αισθητικά, Εκλεπτυσμένα και Βασικά Συναισθήματα	26
2.7 Συμπεράσματα	29
<b>3 Υπολογιστικά Μοντέλα Συναισθημάτων</b>	<b>31</b>
3.1 Γνωσιακές Αρχιτεκτονικές	31
3.2 Ευφυείς Πράκτορες	32
3.2.1 Ταξινόμηση Πρακτόρων	33
3.3 Το Μοντέλο BDI	35
3.4 Χαρακτήρες Συνομιλητών με Σωματική Υπόσταση	37
3.5 Επισκόπηση Υπολογιστικών Μοντέλων Συναισθημάτων	39
3.5.1 Υπολογιστική Τροποποίηση της Θεωρίας OCC	41
3.6 Υπολογιστική Αναπαράσταση Προβλέψεων Θεωριών Αξιολόγησης	43
3.7 Εμφύχωση Εκφράσεων σε Συνθετικά Μοντέλα Προσώπου	44

3.7.1	FACS: Σύνοψη Παρουσίαση .....	46
3.7.2	Το Πρότυπο MPEG-4.....	46
3.7.3	Σύνθεση Εκφράσεων Προσώπου - Μεθοδολογία .....	46
3.7.4	Σύνθεση Εκφράσεων Προσώπου - Αποτελέσματα Σύνθεσης ....	47
3.8	Μη-λεκτική Εκφραστικότητα σε Εικονικό Περιβάλλον .....	50
3.9	Συμπεράσματα .....	56
<b>4</b>	<b>Πολυτροπική Αναγνώριση Συναισθήματος</b>	<b>59</b>
4.1	Εισαγωγή .....	59
4.2	Συνδυασμός Εκφραστικών Μέσων .....	60
4.3	Αντιστοίχιση Συναισθηματικών Αναπαραστάσεων .....	61
4.3.1	Στάση σώματος .....	63
4.3.2	Αντιστοίχιση Συναισθημάτων με Διαστάσεις .....	64
4.3.3	Παράμετροι Εκφραστικότητας .....	64
4.4	Πειραματική Αντιστοίχιση Παραμέτρων Εκφραστικότητας σε Διαστάσεις .....	68
4.4.1	Προτεινόμενη Μεθοδολογία .....	68
4.4.2	Δεδομένα Αναφοράς .....	69
4.5	Πείραμα Αντίληψης Εκφραστικότητας .....	71
4.5.1	Δεδομένα Πειράματος.....	71
4.5.2	1η Φάση - Πώς Αντιλαμβάνονται Ανθρώπινοι Παρατηρητές τις Παραμέτρους Εκφραστικότητας; .....	72
4.5.3	2η Φάση - Αντίληψη Εκφραστικότητας ως προς Διαστάσεις Ενεργητικότητας και Αξιολόγησης .....	74
4.5.4	Έλεγχος Αξιοπιστίας της Μεθόδου .....	74
4.6	Νευροασαφές Δίκτυο .....	75
4.6.1	Ακριβής Έλεγχος Fisher .....	76
4.6.2	Αποτελέσματα .....	77
4.7	Συμπεράσματα .....	80
<b>5</b>	<b>Αλληλεπίδραση Εμπλουτισμένη με Συναισθήματα</b>	<b>83</b>
5.1	Η αντίληψη των Συναισθημάτων στα Πολυμέσα .....	84
5.2	Διεπαφές έντονης φυσικής προσπάθειας .....	84
5.3	Αρχιτεκτονική Συνδυασμού Μηχανής Ηλεκτρονικών Παιχνιδιών και Παραμέτρων Εκφραστικότητας .....	86
5.3.1	Ανάπτυξη Παιχνιδιού Εξατομικευμένης Αλληλεπίδρασης .....	86
5.3.2	Ανάπτυξη Περιβάλλοντος Εκγύμνασης .....	87
5.3.3	Η Εφαρμογή MusicKiosk.....	88
5.4	Συμπεράσματα .....	91
<b>6</b>	<b>Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις</b>	<b>93</b>
6.1	Συνεισφορά .....	93
6.1.1	Υπολογιστικά Μοντέλα Συναισθημάτων.....	93
6.1.2	Αντιστοίχιση Παραμέτρων Εκφραστικότητας σε Διαστάσεις ....	94
6.1.3	Αλληλεπίδραση Εμπλουτισμένη με Συναισθήματα .....	94
6.2	Μελλοντικές Επεκτάσεις .....	94



Αποδόσεις Όρων	97
Κατάλογος Δημοσιεύσεων	99
Βιβλιογραφία	101
Βιογραφικό Σημείωμα	109



# Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Η γραφική αναπαράσταση του uncanny valley .....	5
2.1	Τροχός συναισθημάτων Whissel .....	12
2.2	Αποτελέσματα της διαπολιτισμικής έρευνας <i>Grid</i> σε άτομα από τρεις γλωσσικές ομάδες (αγγλικών, γαλλικών και ολλανδικών) .....	16
2.3	Τα συναισθήματα ως αντιδράσεις σε γεγονότα, ενέργειες ή αντικείμενα - Μοντέλο OCC .....	21
3.1	Διάγραμμα ιεραρχικής ταξινόμησης πρακτόρων .....	34
3.2	Αρχιτεκτονική μοντέλου BDI.....	36
3.3	Η Greta, χαρακτήρας συνομιλητή με σωματική υπόσταση .....	38
3.4	Διάγραμμα υπολογιστικών μοντέλων/ κατηγοριοποίηση βάσει θεωρίας	39
3.5	ALMA - Μοντέλο Συγκινήσεων Διάφορων Εντάσεων .....	41
3.6	Συναισθηματικές τάσεις για αντίδραση στο αναθεωρημένο μοντέλο OCC	42
3.7	Απεικόνιση των ενδιάμεσων σταδίων του θυμού .....	45
3.8	Προσωπικότητα, διάθεση, συναίσθημα .....	52
3.9	Μεσολάβηση προσωπικότητας στη διάθεση .....	54
3.10	Διάγραμμα μεταβολής των διαθέσεων του χαρακτήρα .....	55
3.11	Στιγμιότυπο εικονικού κόσμου .....	55
4.1	Επίπεδα πληροφορίας και αντιστοιχίσεις .....	62
4.2	Στιγμιότυπα από βίντεο με χειρονομίες .....	68
4.3	Στιγμιότυπα εκτέλεσης της ίδιας χειρονομίας από διαφορετικά άτομα ..	72
4.4	Πείραμα αξιολόγησης εκφραστικότητας - 1η Φάση .....	73
4.5	Πείραμα αξιολόγησης εκφραστικότητας - 2η Φάση .....	75
4.6	Πρόβλεψη νευροασαφούς για ενεργοποίηση .....	77
4.7	Πρόβλεψη νευροασαφούς για ενεργοποίηση .....	78
4.8	Γραφική απεικόνιση 1ου νευροασαφούς κανόνα Ενεργητικότητας .....	78
4.9	Γραφική απεικόνιση 2ου νευροασαφούς κανόνα Ενεργητικότητας .....	79
4.10	Γραφική απεικόνιση 1ου νευροασαφούς κανόνα Αξιολόγησης .....	79
4.11	Γραφική απεικόνιση 2ου νευροασαφούς κανόνα Αξιολόγησης .....	80
5.1	Αρχιτεκτονική της εφαρμογής MusicKiosk .....	89
5.2	Διάγραμμα καταστάσεων της εφαρμογής MusicKiosk .....	90



# Κατάλογος Πινάκων

2.1	Βασικοί όροι κατά Russell.....	25
3.1	Τιμές για ενδιάμεσες εκφράσεις φόβου.....	48
3.2	Τιμές για ενδιάμεσες εκφράσεις θυμού.....	48
3.3	Greta: Πρόβλεψη ενδιάμεσων σταδίων των εκφράσεων προσώπου για την περίπτωση του φόβου.....	49
3.4	Greta: Πρόβλεψη ενδιάμεσων σταδίων των εκφράσεων προσώπου για την περίπτωση του έντονου θυμού.....	50
3.5	Το μοντέλο προσωπικότητας πέντε παραγόντων.....	52
4.1	Τα χαρακτηριστικά στάσης του σώματος που προτείνονται από την Kleinsmith [57].....	63
4.2	Σημαντικά χαρακτηριστικά στάσης σώματος για διαχωρισμό μεταξύ συναισθηματικών διαστάσεων.....	64
4.3	Αντιστοίχιση Συναισθηματικών Κατηγοριών OCC με Διαστάσεις PAD.....	65
4.4	Οι κατηγορίες χειρονομιών στις ακολουθίες βίντεο.....	71
4.5	Πίνακας Αποτελεσμάτων Ανθρώπινης Αντίληψης Παραμέτρων Εκφραστικότητας.....	74
5.1	Συγκεντρωτικός πίνακας από μελέτες πάνω στη σχέση δομικών ιδιοτήτων των οπτικών ερεθισμάτων και του συναισθήματος.....	85



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η τεχνητή νοημοσύνη και ο ρόλος της γνωστικής επιστήμης στην κατανόηση και τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς μου είχαν κεντρίσει το ενδιαφέρον από τις πρώτες μου επαφές με τα εν λόγω ερευνητικά αντικείμενα, τόσο κατά τα τελευταία έτη φοίτησης μου στη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του ΕΜΠ, καθώς και στις μεταπτυχιακές μου σπουδές στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου. Το 2005 μου δόθηκε η ευκαιρία να επανέλθω στον ακαδημαϊκό χώρο με την ένταξή μου στο Εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας, Βίντεο και Πολυμέσων ως υποψήφια διδάκτορας στο ερευνητικό πεδίο της επικοινωνίας ανθρώπου-υπολογιστή.

Η διαδρομή προς την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής αποδείχθηκε ιδιαίτερα επιμορφωτική. Η συνεργασία με ερευνητικές ομάδες συναφούς αντικειμένου από το εξωτερικό, η παρουσίαση της ερευνητικής μου εργασίας σε διεθνή συνέδρια και η γενικότερη ζύμωση με επιστήμονες του χώρου αποτέλεσαν καθοριστικές εμπειρίες για την εξέλιξη και ωρίμανση της ερευνητικής μου δράσης.

Κατά την εκπόνηση της διδακτορικής μου διατριβής είχα τη στενή παρακολούθηση και υποστήριξη του επιβλέποντα καθηγητή ΕΜΠ κ. Στέφανου Κόλλια. Τον ευχαριστώ θερμά για το ενδιαφέρον του και την εξαιρετική του διάθεση καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής μου προσπάθειας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στους κ. Ανδρέα Σταφυλοπάτη, κ. Παναγιώτη Τσανάκα, καθηγητές ΕΜΠ και κ. Αναστάσιο Ντελόπουλο αναπληρωτή καθηγητή ΑΠΘ. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κώστα Καρπούζη, ερευνητή Β βαθμίδας ΕΠΙΣΕΕΥ, με τον οποίο είχα τη χαρά να συνεργαστώ στενά όλα αυτά τα χρόνια. Οι καινοτόμες ιδέες του καθώς και η συστηματική ενασχόλησή του με τον ευρύτερο ερευνητικό χώρο, μαζί με τη διαρκή συμβουλευτική του παρουσία ήταν καθοριστικές στην επιτυχή ολοκλήρωση του ερευνητικού αυτού πονήματος.

Για τη συνεργασία στις επιστημονικές εργασίες που αποτελούν τον κορμό της παρούσας διατριβής, καθώς και για τη συνολική υποστήριξη και αξιοσημείωτη συναδελφικότητα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Αμαρυλλίς Ραουζαίου, Γιώργο Καρυδάκη και Παρασκευή Τζούβελη, Διδάκτορες ΕΜΠ και τον Στέλιο Αστεριάδη, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ. Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στον Μανώλη Μαυρίκη, Διδάκτορα του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου, για τις ατελείωτες κουβέντες πάνω σε πληθώρα ανοιχτών ερευνητικών θεμάτων.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράστασή της και την πίστη της στις δυνατότητές μου και ιδιαίτερα τη νέα άφιξη, την ανιψιά Ναταλία, η οποία απαντάει στο προαιώνιο ερώτημα για το νόημα της ζωής με ένα μόνο βλέμμα.

Λώρη Μαλατέστα  
Αθήνα, Νοέμβριος 2009





# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Η πρόσφατη αναθεώρηση του ρόλου του συναισθήματος στη διαδικασία κατανόησης και μοντελοποίησης της ανθρώπινης νοημοσύνης έχει διαταράξει τα σκληρά όρια μεταξύ επιστημών και έχει ανοίξει νέους διεπιστημονικούς ερευνητικούς ορίζοντες. Η μεταφορά της έρευνας συναισθημάτων σε ένα εύρωστο υπολογιστικό πλαίσιο αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση, μιας και οι μέθοδοι εξασφάλισης επιστημονικής εγκυρότητας ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι ακόμα περιορισμένες. Κρίνεται εύλογος λοιπόν ο σκεπτικισμός με τον οποίο αντιμετωπίζεται ο προσφάτως ορισθείς κλάδος της συναισθηματικής υπολογιστικής.

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να συμβάλει ουσιαστικά στην επέκταση του κλάδου αυτού. Βασικό κίνητρο αποτελεί η ανάγκη προσδιορισμού νέων μεθόδων μοντελοποίησης, καθώς και εξακρίβωσης θεωρητικών προβλέψεων σχετικά με το συναίσθημα και τη συμμετοχή του στην επικοινωνία ανθρώπου-μηχανής. Η συμβολή της εργασίας έγκειται στη συστηματική απάντηση καίριων ερευνητικών ερωτημάτων, όπως αυτά εντοπίστηκαν και προσεγγίστηκαν κατά την εντατική ενασχόληση με τις εξελίξεις του χώρου στα πλαίσια της παρούσας διατριβής. Όπως θα γίνει σαφές και στο κυρίως σώμα της διατριβής, η εξέλιξη του πεδίου τείνει να φέρει τον άνθρωπο στο κέντρο κάθε ερευνητικής διαδικασίας, με αποτέλεσμα η μελέτη της συναισθηματικής υπολογιστικής να μετεξελίσσεται στη μελέτη της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης.

### 1.1 Συναισθηματική Υπολογιστική

Ως συναισθηματική υπολογιστική (affective computing) ορίζεται ο κλάδος μελέτης και ανάπτυξης της τεχνητής νοημοσύνης που εξετάζει το σχεδιασμό συστημάτων και συσκευών που μπορούν να αναγνωρίζουν, να ερμηνεύουν, και να επεξεργάζονται ανθρώπινα συναισθήματα. Είναι ένας διεπιστημονικός τομέας που ανήκει στον ευρύτερο ερευνητικό χώρο της επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής και τοποθετείται ανάμεσα στα πεδία της πληροφορικής, της τεχνητής νοημοσύνης, της ψυχολογίας και της γνωστικής επιστήμης. Η διεπιστημονικότητα αποτελεί ένα καθοριστικό χαρακτηριστικό του πεδίου αυτού, που βοηθάει στην κατανόηση των ιδιαιτεροτήτων και των δυσκολιών.

Ένα πεδίο χαρακτηρίζεται ως διεπιστημονικό (interdisciplinary) όταν οι επιμέρους επιστημονικοί τομείς που το καθορίζουν δεν περιέχουν ήδη τη γνώση για να δοθούν οι ζητούμενες απαντήσεις στα σχετικά ερευνητικά ερωτήματα. Αυτό αναφέρεται σε αντιδιαστολή με τα πολυεπιστημονικά πεδία έρευνας (multidisciplinary) στα οποία οι απαντήσεις προκύπτουν με το συνδυασμό γνώσεων που είναι καταναμημένες στα επιμέρους πεδία. Στη διεπιστημονική περίπτωση, είναι απαραίτητο να παραχθεί νέα

γνώση με αποτέλεσμα οι επιμέρους τομείς να βγουν αλλοιωμένοι/ εξελιγμένοι από τη διαδικασία αυτή. Το χαρακτηριστικό αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη συχνή δυσκολία στη συνεννόηση και στη συμφωνία μιας ενιαίας ορολογίας και μεθοδολογίας ανάμεσα στους επιστήμονες διαφορετικών κατευθύνσεων.

Η προέλευση του τομέα θα μπορούσε να συνδεθεί με τις πρώτες φιλοσοφικές αναζητήσεις σχετικά με το τι είναι το συναίσθημα (What is an emotion?) από τον James [49], αλλά ο πιο σύγχρονος κλάδος της πληροφορικής έχει ως αφετηρία το βιβλίο της Rosalind Picard για τη συναισθηματική υπολογιστική [83]. Βασικό κίνητρο για την έρευνα είναι η δυνατότητα της ενσυναίσθησης. Ως ενσυναίσθηση (empathy) ορίζεται η βαθιά επικοινωνία με τον άλλο μέσω της συναισθηματικής ταύτισης ή κατανόησης<sup>1</sup>. Βασικός σκοπός της έρευνας στον κλάδο είναι να καταστεί ικανή μια μηχανή να ερμηνεύει τη συναισθηματική κατάσταση των ανθρώπων και να προσαρμόζει τις ενέργειες της ανάλογα, δίνοντας για παράδειγμα μια απάντηση κατάλληλη ως προς τη συναισθηματική κατάσταση του ατόμου με το οποίο αλληλεπιδρά.

## Τομείς της Συναισθηματικής Υπολογιστικής

Προκειμένου μια μηχανή να αντιδράσει έξυπνα στα συναισθήματα του χρήστη πρέπει πρώτα να μπορεί να τον παρατηρεί, στη συνέχεια να ερμηνεύει τα δεδομένα της παρατήρησης, να τα συγκεντρώνει και να βγάζει συμπεράσματα με βάθος χρόνου και τέλος να έχει τη δυνατότητα να αντιδρά με τρόπο που να αρμόζει στην κάθε περίπτωση. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί η αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής να κρατάει το ενδιαφέρον του χρήστη σε υψηλά επίπεδα και να κάνει την εμπειρία αξιομνημόνευτη, πιο κοντά στην ανθρώπινη λογική, πιο ικανοποιητική και τελικά πιο αποτελεσματική [83].

## Ανίχνευση Συναισθηματικής Πληροφορίας

Η ανίχνευση συναισθηματικών πληροφοριών μπορεί να πραγματοποιείται με χρήση αισθητήρων που καταγράφουν δεδομένα σχετικά με τη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη και με την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του, χωρίς να υπεισέρχεται (σε πρώτη φάση) κάποια ερμηνεία των δεδομένων αυτών. Η ανίχνευση εστιάζει σε ενδείξεις ανάλογες με αυτές που αξιοποιούν οι άνθρωποι για να αντιληφθούν τη συναισθηματική κατάσταση των άλλων. Παραδείγματος χάριν, μια βιντεοκάμερα καταγράφει εκφράσεις προσώπου, στάση σώματος και χειρονομίες, ενώ ένα μικρόφωνο μπορεί να ηχογραφεί ομιλία, ενώ άλλοι αισθητήρες, πιο παρεμβατικοί, μπορούν να καταγράφουν δεδομένα σχετικά με την ανθρώπινη φυσιολογία, όπως ο καρδιακός παλμός, η θερμοκρασία ή η αγωγιμότητα του δέρματος.

## Αναγνώριση συναισθημάτων

Η αναγνώριση συναισθημάτων απαιτεί την εξαγωγή των σημαντικών σχημάτων/ μορφωμάτων από τα συγκεντρωμένα δεδομένα της ανίχνευσης. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάλυση των δεδομένων μέσω διαφόρων διαδικασιών. Από τα δεδομένα φωνής με την επεξεργασία φυσικής γλώσσας επιτυγχάνεται η αναγνώριση ομιλίας και άρα του σημασιολογικού περιεχομένου της, ενώ με την ανάλυση των χαρακτηριστικών της ομιλίας, όπως η προσωδία και ο τόνος, εξάγεται πληροφορία για το ύφος και τη διάθεση του ομιλούντα. Στα δεδομένα εικόνας/βίντεο πραγματοποιείται η ανίχνευση

<sup>1</sup>Η αντίστοιχη αγγλική λέξη για την ενσυναίσθηση είναι empathy. Παρά την κοινή τους ρίζα με την εμπάθεια, δεν ταυτίζεται με την έννοια της εμπάθειας στα ελληνικά.

εκφράσεων προσώπου, η ανίχνευση χειρονομιών και η παρακολούθηση των μοτίβων πόζας του κεφαλιού, στάσης του σώματος και κατεύθυνσης του βλέμματος.

Η μεγάλη καινοτομία της συναισθηματικής υπολογιστικής κατεύθυνσης είναι ότι ξεπεράστηκε η ιδέα της μονομερούς ανάλυσης ενός και μόνο εκφραστικού μέσου (modality) της ανθρώπινης συμπεριφοράς - είτε αυτό είναι η φωνή είτε οι χειρονομίες ή οι εκφράσεις του προσώπου κ.ο.κ.. Με την ταυτόχρονη μελέτη πολλών εκφραστικών μέσων και το συνδυασμό των αποτελεσμάτων τους παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στα ποσοστά επιτυχούς αναγνώρισης των ζητούμενων μορφωμάτων (χειρονομίες, λέξεις, εκφράσεις). Η βελτίωση αυτή οδηγεί και στην καλύτερη ερμηνεία της συμπεριφοράς ως προς τη συναισθηματική της πληροφορία.

Τα αποτελέσματα της αναγνώρισης ερμηνεύονται προκειμένου να προσδιοριστεί η συναισθηματική κατάσταση του ατόμου υπό παρατήρηση. Η ερμηνεία γίνεται με τη χρήση προχωρημένων αλγορίθμων μάθησης και ταξινόμησης. Οι αλγόριθμοι αυτοί αρχικά εκπαιδεύονται σε κάποια δεδομένα αναφοράς, αποτελέσματα συνήθως της αναγνώρισης και ταξινόμησης αντίστοιχων συναισθηματικών καταστάσεων από ανθρώπους.

### Κατανόηση και Μοντελοποίηση Συναισθημάτων

Η κατανόηση των συναισθημάτων (emotion understanding) αναφέρεται στην ικανότητα μιας συσκευής όχι απλά να ανιχνεύει συναισθηματική πληροφορία, αλλά και να την αποθηκεύει, να την επεξεργάζεται και να χτίζει/συντηρεί ένα μοντέλο συναισθηματικής συμπεριφοράς του ατόμου που την ενδιαφέρει. Τελικός στόχος είναι η μηχανή, ανάλογα με την κατάσταση/ τις συνθήκες/ το περιβάλλον και τις ενδείξεις που συλλέγει από το χρήστη, να αντιδρά με ένα τρόπο που να αρμόζει στην περίπτωση. Πριν όμως φτάσει στο σημείο που πρέπει να εκφράσει, με τη σειρά της, συναίσθημα, πρέπει να έχει κατανοήσει - στο βαθμό που είναι δυνατό για μια μηχανή - τη σημασία της συμπεριφοράς και των αντιδράσεων του ανθρώπου που αλληλεπιδρά μαζί της, στο εκάστοτε εννοιολογικό πλαίσιο.

### Συναισθήματα σε Μηχανές

Μια άλλη περιοχή της συναισθηματικής υπολογιστικής είναι ο σχεδιασμός υπολογιστικών συσκευών/ συστημάτων που να είναι σε θέση είτε να επιδεικνύουν έμφυτες συναισθηματικές ικανότητες, είτε να πείθουν ότι διαθέτουν συναισθήματα χωρίς απαραίτητα να χρησιμοποιούν αντίστοιχους μηχανισμούς με αυτούς του ανθρώπου. Τα συστήματα αυτά παρέχουν μια διεπαφή αλληλεπίδρασης με το χρήστη (interface) που μπορεί να είναι είτε φωνητική είτε γραπτής μορφής ή με τη μορφή εικονικού πράκτορα (virtual agent). Οι πράκτορες αυτοί είναι λογισμικές οντότητες με δυνατότητες προσομοίωσης συναισθημάτων και απεικονίζονται είτε με μια ομιλούσα κεφαλή (talking head) είτε με πλήρη γραφική σωματική υπόσταση.

Η έννοια του *embodiment*, της σωματικής υπόστασης και συγκεκριμένα η ιδέα ότι το σώμα είναι απαραίτητο για τη νοημοσύνη [82], αποτέλεσε καταλύτη για την εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης την τελευταία εικοσαετία. Σε αυτήν οφείλονται οι ρομποτικές εφαρμογές που έχουν κερδίσει τεράστιο ερευνητικό ενδιαφέρον αυτό το διάστημα. Προεκτάσεις της ιδέας αυτής έχουν οδηγήσει τους επιστήμονες που έχουν σαν στόχο να κατανοήσουν τη νοημοσύνη, αντί να χτίζουν ευφυή συστήματα, αφού πρώτα έχουν κατανοήσει επιμέρους διεργασίες νοημοσύνης, να ακολουθούν μεθόδους που διευρύνουν την κατανόηση της νοημοσύνης μέσα από το ίδιο το χτίσιμο ευφυών

συστημάτων. Η κατανόηση διευρύνεται από τις αναδυόμενες ιδιότητες και συμπεριφορές (emergent properties and behaviours) που παρουσιάζουν τέτοια συστήματα κατά την εξέλιξη τους μέσα από την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, με χρήστες ή με άλλα συστήματα.

Στην κατεύθυνση αυτή κινείται η έρευνα της προσομοίωσης συναισθημάτων από οντότητες με σωματική υπόσταση (embodied conversational agents), η οποία έχει κερδίσει ιδιαίτερο έδαφος τα τελευταία χρόνια. Ο στόχος αυτής της προσέγγισης είναι να εμπλουτιστεί και να διευκολυνθεί η αλληλεπίδραση ανθρώπου και μηχανής μέσα από ένα ανθρωπόμορφο γραφικό περιβάλλον. Ενώ τα ανθρώπινα συναισθήματα συνδέονται με μεταβολές στη φυσιολογία του σώματος, όπως είναι οι ορμονικές μεταβολές, τα συναισθήματα στις μηχανές συνδέονται με αφηρημένες καταστάσεις, όπως η εξέλιξη (ή η απουσία εξέλιξης) των αυτόνομων συστημάτων μάθησης.

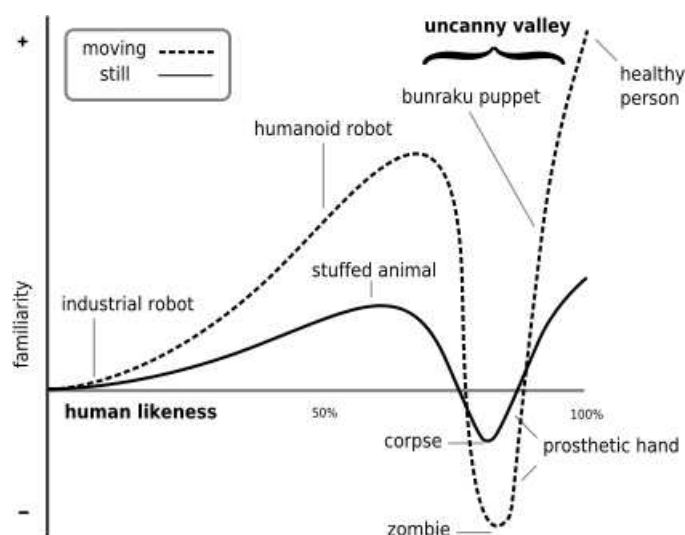
### Διαδικασίες Αξιολόγησης της Εμπειρίας

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του διεπιστημονικού πεδίου της συναισθηματικής υπολογιστικής είναι η αξιολόγηση. Πώς αξιολογείται το πόσο πιστευτό είναι ένα συνθετικό αποτέλεσμα (believable), όπως για παράδειγμα η συνθετική εκφραστικότητα ενός εικονικού χαρακτήρα; Πως υπολογίζεται η πρόσθετη αξία μιας αλληλεπίδρασης εμπλουτισμένης με συναίσθημα σε αντιδιαστολή με μια ‘απλή’ αλληλεπίδραση; Υπάρχει μαθησιακό κέρδος, όταν σε ένα σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης ενσωματωθούν λειτουργίες που λαμβάνουν υπόψη τους τη συναισθηματική κατάσταση του μαθητή και πώς ποσοτικοποιείται κάτι τέτοιο με συστηματικό τρόπο;

Στις αρχές τις δεκαετίας του '70 ένας Ιάπωνας ερευνητής ρομποτικής διατύπωσε την υπόθεση με το όνομα ‘uncanny valley’. Η ιδέα προέρχεται από την φροϊδική έννοια του απόκοσμου και αλλόκοτου (στα γερμανικά Das Unheimliche), όταν ένα ερέθισμα μπορεί την ίδια στιγμή να είναι οικείο και ξένο, με αποτέλεσμα μία άβολη και περίεργη αίσθηση. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, όταν μια τεχνητή ανθρωπόμορφη οντότητα όπως ένα ρομπότ (ή ένας εικονικός χαρακτήρας), αρχίζει να μοιάζει και να προσεγγίζει τον τρόπο που συμπεριφέρονται οι πραγματικοί άνθρωποι προκαλείται μια αντίδραση αποστροφή στους παρατηρητές. Η έννοια της κοιλάδας (valley) αφορά στη μορφή της καμπύλης που αναπαριστά το πώς αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι μια τέτοια οντότητα (Σχήμα 1.1). Ο οριζόντιος άξονας εκφράζει κατά πόσο μια οντότητα μοιάζει με άνθρωπο (human likeness), ενώ ο κατακόρυφος άξονας εκφράζει την οικειότητα που αυτή η οντότητα εγείρει. Ως uncanny valley ορίζεται η περιοχή που ο παρατηρητής αντιδρά με αποστροφή (negative emotional response). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρατήρηση ότι οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται ως λιγότερο ενοχλητικές τις ακίνητες ανθρωπόμορφες οντότητες ενώ όταν αυτές αποκτούν και δυνατότητα κίνησης σημειώνεται μια αύξηση στην αίσθηση του αλλόκοτου.

### Ερευνητικά Ερωτήματα

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι να εντοπίσει αναδυόμενα ανοιχτά ερωτήματα στον τομέα της συναισθηματικής υπολογιστικής και να συμβάλλει ουσιαστικά στην απάντησή τους. Τόσο το ερευνητικό πεδίο της αναγνώρισης συναισθημάτων στους ανθρώπους, όσο και αυτό της σύνθεσης/ προσομοίωσης συναισθηματικής συμπεριφοράς σε εικονικούς χαρακτήρες αποτελούν δύο διακριτές κατευθύνσεις της συναισθηματικής υπολογιστικής, οι οποίες συνδέονται και αλληλοσυμπληρώνονται. Βάση και για



Σχήμα 1.1: Η γραφική αναπαράσταση του uncanny valley

τις δύο κατευθύνσεις αποτελούν σχετικές θεωρίες στον κλάδο της ψυχολογίας σχετικά με τα συναισθήματα καθώς και τα υπάρχοντα συμπεράσματα της υπολογιστικής μοντελοποίησης τέτοιων θεωριών. Κύριο πεδίο εφαρμογής και εξέλιξής τους είναι αυτό της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης (affective interaction).

Ο σχεδιασμός διεπαφών που διαρκώς παρακολουθούν και προσαρμόζονται στη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη αντιμετωπίζει πολλά ανοιχτά ερευνητικά ερωτήματα όπως: Πώς μοντελοποιείται το συναίσθημα; Τι ρόλο παίζει το εννοιολογικό πλαίσιο της αλληλεπίδρασης; Πώς τα διαφορετικά εκφραστικά μέσα (και οι επιμέρους αναπαραστάσεις τους) μπορούν να συνδυαστούν για να εξαχθεί ένα συνολικό συμπέρασμα για τη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη; Ποιες προσαρμογές έχουν νόημα στην εκάστοτε διεπαφή ανάλογα με τα συναισθήματα που ανιχνεύονται και ποια μέθοδος επιλογής τους θεωρείται επιστημονικά έγκυρη;

Η διατριβή ακολουθεί την εξής δομή: Στο **Κεφάλαιο 2** γίνεται μια αποσαφήνιση όρων και παρουσιάζονται οι θεωρίες που αφορούν στο συναίσθημα από την επιστημονική σκοπιά του κλάδου της ψυχολογίας καθώς και οι διάφοροι τρόποι αναπαράστασης του. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις θεωρίες αξιολόγησης, καθώς μελετούν τις διεργασίες γένεσης και εξέλιξης ενός συναισθηματικού επεισοδίου σε βάθος, σε αντιδιαστολή με θεωρίες που εστιάζουν κυρίως στις επιδράσεις των συναισθημάτων στην ανθρώπινη εκφραστικότητα.

Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζονται τα υπάρχοντα state-of-the-art υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων και αναλύεται το πώς αυτά συνδέονται και προκύπτουν από τις εν λόγω θεωρίες και αναπαραστάσεις. Η ανάλυση αυτή οδηγεί στην πρόταση νέων τρόπων υπολογιστικής μοντελοποίησης των υπό μελέτη θεωριών. Έμφαση δίνεται στη διαδικασία μοντελοποίησης και σύνθεσης της ανθρώπινης εκφραστικότητας σε εικονικούς χαρακτήρες σύμφωνα με τις προβλέψεις των θεωριών αξιολόγησης. Γίνεται αναλυτική παρουσίαση νέων μεθοδολογιών μοντελοποίησης της μη λεκτικής εκφραστικότητας σε τεχνητές οντότητες σε δύο επίπεδα: σε επίπεδο εκφράσεων προσώπου και σε επίπεδο σωματικής εκφραστικότητας.

Σε αντιδιαστολή με τη διαδικασία της σύνθεσης, το **Κεφάλαιο 4** πραγματεύεται θέματα ανάλυσης της ανθρώπινης συναισθηματικής έκφρασης. Συγκεκριμένα, ορίζει επίπεδα συναισθηματικής πληροφορίας στη διαδικασία της ανάλυσης. Μελετάει θέματα αντιστοίχισης και τους τρόπους αυτά επηρεάζουν τις μεθόδους συνδυασμού

πληροφοριών που συλλέγονται από διαφορετικά εκφραστικά μέσα (multimodal fusion). Έμφαση δίνεται στις παραμέτρους εκφραστικότητας και προτείνεται μια μέθοδος αντιστοίχισης τους σε μια διαστατική αναπαράσταση. Παρουσιάζεται πείραμα αντίληψης που πραγματοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων αναφοράς από ανθρώπινους παρατηρητές και πώς τα αποτελέσματα του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση ενός νευροασαφούς δικτύου.

Το **Κεφάλαιο 5** υιοθετεί μια εφαρμοσμένη προσέγγιση σε θέματα συναισθηματικής υπολογιστικής, καθώς μόνο έτσι είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων σε αλληλεπιδράσεις όπου η συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα είναι καθοριστική. Εξετάζονται θέματα προσαρμοζόμενης αλληλεπίδρασης (adaptive interaction), μέσα από την ανάπτυξη εφαρμογών οι οποίες είναι ευαίσθητες στη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη. Παρουσιάζονται θέματα και λύσεις ως προς την ανάλυση της ανθρώπινης εκφραστικότητας καθώς και τη σύνθεση αντιδράσεων που να εκφράζουν συναίσθημα από πλευράς της μηχανής. Η μελέτη αυτή οδηγεί στο κλείσιμο του συναισθηματικού βρόχου (affective loop), όπου οι συνθετικές αντιδράσεις ενός συστήματος οδηγούν σε νέες ανθρώπινες συναισθηματικές αντιδράσεις οι οποίες αναγνωρίζονται κ.ο.κ..

Τέλος, το **Κεφάλαιο 6** περιλαμβάνει μια συνοπτική παρουσίαση της έρευνας που έχει εκπονηθεί, της συμβολής της διατριβής στον επιστημονικό τομέα της συναισθηματικής υπολογιστικής και αλληλεπίδρασης καθώς και τις μελλοντικές επεκτάσεις του ερευνητικού πονήματος.

□

## Κεφάλαιο 2

# Μοντέλα και Μορφές Αναπαράστασης Συναίσθηματος

### 2.1 Αποσαφήνιση Όρων

Δεδομένου του εμβρυακού σταδίου της έρευνας στο χώρο της συναισθηματικής υπολογιστικής, σε συνδυασμό με το διεπιστημονικό χαρακτήρα της περιοχής, κρίνεται απαραίτητη μια αναλυτική αποσαφήνιση όρων. Είναι συχνό φαινόμενο να παρατηρούνται αμφισημίες στη χρήση βασικών όρων ανάλογα με την επιστημονική σκοπιά του εκάστοτε κειμένου. Σε αυτή τη φάση, η αποσαφήνιση που προτείνεται δεν έχει σκοπό να διακρίνει σωστές από λανθασμένες χρήσεις όρων, αλλά να καθορίσει με σαφήνεια την ερμηνεία κάθε όρου καθώς και το εννοιολογικό πλαίσιο όπου αυτός χρησιμοποιείται. Στο ερευνητικό πεδίο της ψυχολογίας, είναι πολύ διαδεδομένη η χρήση του αγγλικού όρου *affect*, ο οποίος συνήθως καλύπτει μια πληθώρα από έννοιες όπως είναι τα συναισθήματα, οι διαθέσεις και οι προτιμήσεις. Ο όρος *emotion* τείνει να χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό σχετικά σύντομων, αλλά έντονων εμπειριών, ενώ οι διαθέσεις και οι προτιμήσεις αναφέρονται σε χαμηλότερης έντασης αλλά μεγαλύτερης διάρκειας εμπειρίες [94]. Η διάθεση ενυπάρχει στο συναίσθημα και το χρωματίζει, αλλά σε αντίθεση με το συναίσθημα που αποτελεί συγκεκριμένη αντίδραση, η διάθεση είναι πιο γενική και δεν χρειάζεται να έχει προέλθει από κάποιο συγκεκριμένο ερέθισμα <sup>1</sup> (Ekman [24], Russell [90], Barrett [92]).

#### Τι είναι συναίσθημα;

Η ανάγκη για αυτή την αποσαφήνιση είναι προφανής από το γεγονός ότι η ερώτηση ‘Τι είναι συναίσθημα (*emotion*);’ δεν έχει μοναδική απάντηση. Υπάρχει η άποψη ότι το συναίσθημα ορίζεται από τις φυσιολογικές αντιδράσεις που προκαλούνται στο σώμα (εφίδρωση, αύξηση παλμών κοκ), άλλοι διατείνονται ότι πρόκειται για μια καθαρά

---

<sup>1</sup>Ένα παράδειγμα είναι η διαφορά μεταξύ ενθουσιασμού / αισιοδοξίας και χαράς. Ο ενθουσιασμός είναι μια διάθεση, μπορεί δηλαδή να ξυπνήσω ένα πρωί και να αισθάνομαι ενθουσιασμένος ή αισιόδοξος χωρίς συγκεκριμένο λόγο και αιτία. Η διάθεση αυτή μπορεί να χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά μου για μέρες (διάρκεια) και οπωσδήποτε δεν έχει μεγάλη ένταση, δεν οδηγεί την αδρεναλίνη μου στα ύψη, αλλά απλώς με κάνει να αισθάνομαι όμορφα. Αντιθέτως τη χαρά για να τη νιώσω πρέπει να έχω έναν συγκεκριμένο λόγο - ερέθισμα. Άλλη μια σημαντική διαφορά μεταξύ συναισθήματος και διάθεσης είναι ότι σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο τα συναισθήματα κατηγοριοποιούνται σε διακριτές οικογένειες - υποομάδες, ενώ η διάθεση διαχωρίζεται με βάση το κεντρικό δίπολο αρνητική - θετική συναισθηματική διάθεση.

νοητική διαδικασία, ενώ ιδιαίτερα διαδεδομένες είναι οι υβριδικές θεωρίες - καθεμία ορίζει τον τρόπο και το βαθμό με τον οποίο συμμετέχει η κάθε ανθρώπινη λειτουργία στη συναισθηματική εμπειρία.

Από την οπτική της γνωστικής νευροεπιστήμης (cognitive neuroscience), ο Damasio διαχωρίζει τα συναισθήματα - σωματικές καταστάσεις που μπορούν να παρατηρηθούν δημοσίως - από τα αισθήματα (feelings) - νοητικά γεγονότα αντιληπτά μόνο στο άτομο που τα βιώνει [22]. Σχετικές έρευνες ισχυρίζονται ότι ένα συναισθηματικό επεισόδιο ξεκινάει από ένα συναισθηματικά ικανό ερέθισμα (όπως είναι ένα θελκτικό άτομο ή ένα τρομακτικό γεγονός) το οποίο ο οργανισμός αυτόματα αξιολογεί είτε σαν γεγονός που συντελεί στην επιβίωση / ευεξία είτε σαν γεγονός που δεν συνδράμει στην επίτευξη των επιθυμητών στόχων. Η αξιολόγηση λαμβάνει χώρα ως μια σύνθετη αλληλουχία από σωματικές αντιδράσεις (π.χ. αύξηση παλμών, ένταση στους μύες του προσώπου), η οποία καταγράφεται στον εγκέφαλο. Από αυτή την καταγραφή αναδύεται η αίσθηση του σώματος όταν βιώνει ένα συναίσθημα.

Στην ψυχολογία, βασικό στοιχείο που διαχωρίζει τα συναισθήματα (emotions) από τις υπόλοιπες εμπειρίες συναισθηματικής φύσης είναι ότι τα συναισθήματα εγείρονται από ένα ερέθισμα και επικεντρώνονται σε ένα συγκεκριμένο γεγονός. Αυτό το γεγονός μπορεί να είναι είτε εξωγενές, όπως κάποιο φυσικό φαινόμενο, η συμπεριφορά άλλου ατόμου ή η συμπεριφορά του ίδιου του ατόμου είτε ενδογενές, όπως ξαφνικές σωματικές, νευρο-ενδοκρινικές αλλαγές ή, πιο συχνά, αναμνήσεις/εικόνες που έρχονται κατά νου. Οι νοερές αναπαραστάσεις από γεγονότα μπορούν να επαρκούν για να προκαλέσουν δυνατά συναισθήματα (Goldie [41]). Η επικέντρωση σε ένα γεγονός (event focus) σημαίνει ότι τα συναισθήματα πρέπει κατά κάποιο τρόπο να είναι συνδεδεμένα με ένα συγκεκριμένο γεγονός εξωγενές ή ενδογενές και όχι απλά να αιωρούνται. Για να είναι ένα γεγονός ικανό να εγείρει συναισθήματα πρέπει το ίδιο και οι συνέπειές του να είναι συναφείς σε μείζονα ενδιαφέροντα του ατόμου. Αυτό καθίσταται προφανές αφού οι άνθρωποι δεν συνηθίζουν να είναι συναισθηματικοί για πράγματα ή άτομα που δεν τους ενδιαφέρουν. Αυτή η ιδιότητα των συναισθημάτων τονίζεται ιδιαίτερα από την επιλογή του Frijda [35] να αναφέρεται στα συναισθήματα ως ανιχνευτές συνάφειας (relevance detectors).

## Θεωρίες, Αναπαραστάσεις, Μοντέλα - Πώς συνδέονται;

Είναι σημαντικό να τονιστεί η διαφορά μεταξύ των θεωριών του επιστημονικού πεδίου της ψυχολογίας για το συναίσθημα και των ποικίλων τρόπων αναπαράστασης συναισθηματικών καταστάσεων. Οι θεωρίες ασχολούνται σε βάθος με τις συναισθηματικές εμπειρίες, με το πώς ένα συναίσθημα εγείρεται, ποιες νοητικές και σωματικές διαδικασίες συμμετέχουν, ποια είναι τα εμφανή και τα αφανή συμπτώματα στη συμπεριφορά του ατόμου και ποιος ο αντίκτυπος στην αναθεώρηση των στόχων και τον επιδιώξεων του. Οι αναπαραστάσεις διέπονται από επιστημονικές διαπιστώσεις και θεωρίες για το πώς μπορούν να διακριθούν οι συναισθηματικές καταστάσεις μεταξύ τους, ωστόσο δεν είναι απαραίτητο να συνοδεύονται από εις βάθος μελέτη των μηχανισμών που εμπλέκονται κατά την εκδήλωση συναισθημάτων (σε αντιδιαστολή με την περίπτωση των θεωριών γνωστικής αξιολόγησης- Ενότητα 2.4 ). Συχνά οι θεωρίες που επιχειρούν να αποδώσουν μια δομή στα συναισθηματικά φαινόμενα αναφέρονται στην ψυχολογία και ως μοντέλα. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι τα θεωρητικά μοντέλα συνδέονται αλλά δεν ταυτίζονται με τα υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων, τα οποία μελετώνται στο Κεφάλαιο 3.



Ένας διαχωρισμός μεταξύ θεωριών, ο οποίος διευκολύνει τη μελέτη τους και την αξιοποίησή τους για τις ανάγκες της συναισθηματικής υπολογιστικής, είναι σε προσεγγίσεις που ασχολούνται 'εις βάθος' με τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια συναισθηματικών επεισοδίων, εξετάζοντας τόσο σωματικές όσο και γνωστικές συνιστώσες, και στις προσεγγίσεις που ασχολούνται πιο 'επιφανειακά' με τα ίδια επεισόδια, εστιάζουν δηλαδή στα εμφανή τους συμπτώματα, μελετώντας θέματα δομής και συσχέτισης τους, ενώ δίνουν λιγότερο βάρος στους όποιους υποκείμενους μηχανισμούς.

Στην ομάδα των 'εις βάθος' θεωριών ανήκουν οι προσεγγίσεις που εστιάζουν στη γνωστική συνιστώσα των συναισθηματικών επεισοδίων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι θεωρίες αξιολόγησης (Ενότητα 2.4), οι θεωρίες τάσεων δράσης (Ενότητα 2.4.4) και οι θεωρίες που αναπτύσσουν γνωσιακές αρχιτεκτονικές (Ενότητα 3.1).

Προσπάθειες να αποδοθεί δομή στο συναίσθημα ξεκίνησαν νωρίς στην ιστορία της ψυχολογίας και εξελίχθηκαν στη μελέτη ερωτημάτων όπως 'ποιο είναι το πλήθος των διαστάσεων που μπορεί να περιγράψει τα συναισθηματικά φαινόμενα;' και 'πώς οι διαστάσεις αυτές αλληλοσχετίζονται για να σχηματίσουν μια δομημένη περιγραφή της συναισθηματικής εμπειρίας;'. Θεωρίες που υποστηρίζουν την ύπαρξη διακριτών συναισθημάτων ουσιαστικά αντιμετωπίζουν κάθε συναίσθημα ως ξεχωριστή διάσταση (Ενότητα 2.2.1), υποθέτουν την ύπαρξη ξεχωριστών συστημάτων φυσιολογίας, διαφορετικές εκφράσεις στο πρόσωπο και ανεξάρτητες γνωστικές αναπαραστάσεις για κάθε διακριτό συναίσθημα, θεωρούν ότι δεν υπάρχει υποκείμενη δομή στα συναισθηματικά επεισόδια και στηρίζουν την ιδέα ότι τα ανεξάρτητα συναισθήματα δρουν αθροιστικά. Οι θεωρίες αυτές κατατάσσονται στην 'επιφανειακή' προσέγγιση.

Μια ακόμα προσέγγιση που ασχολείται με τη δομή εισηγείται ότι οι συναισθηματικές καταστάσεις σχετίζονται μεταξύ τους με ένα συστηματικό τρόπο και δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους (Mehrabian [72], Russell [89]). Για παράδειγμα, η θέση ότι η δυστυχία γίνεται αντιληπτή ως αντίθετη με την ευτυχία προκύπτει από ένα διπολικό μοντέλο συναισθημάτων. Σύμφωνα με ένα τέτοιο μοντέλο υποστηρίζονται οι ομοιότητες ανάμεσα στα συναισθήματα, αλλά και η διαφοροποίησή τους σε διάφορες διαστάσεις, όπως ευχάριστο-δυσάρεστο (συναίσθημα) ή ενεργητικό-παθητικό (Ενότητα 2.3).

Είναι σύνηθες, ιδίως στον ερευνητικό χώρο της επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής και συγκεκριμένα στο πεδίο της συναισθηματικής υπολογιστικής, να συναντάμε επιστημονικά έγκυρες μελέτες, οι οποίες υιοθετούν συγκεκριμένες αναπαραστάσεις χωρίς να εξετάζουν τους υποκείμενους μηχανισμούς, όπως μη εμφανείς σωματικές και νοητικές διεργασίες που συμμετέχουν σε συναισθηματικά επεισόδια.

Ένας από τους κεντρικούς σκοπούς της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη των αναπαραστάσεων, των μοντέλων και των θεωριών που τις διέπουν στο βαθμό που ενδιαφέρουν την υπολογιστική μοντελοποίηση τους και η μεταφορά αυτών στη γλώσσα μηχανής, η μετατροπή τους δηλαδή σε υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων. Κατά τη διαδικασία αυτής της μετατροπής υπάρχουν έννοιες, από τις θεωρίες της ψυχολογίας, οι οποίες δεν μπορούν να οριστούν ή να μετρηθούν με την ακρίβεια που απαιτεί η γλώσσα μηχανής. Εμφανίζεται η ανάγκη για αποφάσεις, οι οποίες οφείλουν να στηρίζονται σε κάποια εύρωστη υπολογιστική συλλογιστική και να δικαιολογούνται επιστημονικά. Προκειμένου να τεκμηριωθούν επιστημονικά τέτοιου είδους αποφάσεις στη διαδικασία μοντελοποίησης, πρέπει τα αποτελέσματα να είναι μετρήσιμα και να μπορούν να αναπαραχθούν, ανά πάσα στιγμή, υπό τις προδιαγεγραμμένες συνθήκες <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Στα ερευνητικό πεδίο της ψυχολογίας και της γνωστικής επιστήμης χρησιμοποιείται ο όρος

## 2.2 Αναπαράσταση σε Κατηγορίες

Η πιο απλή και πιο διαδεδομένη μορφή αναπαράστασης συναισθηματικών καταστάσεων είναι αυτή των κατηγοριών. Έχουν προταθεί διάφορα σύνολα κατηγοριών όπως:

- βασικές κατηγορίες συναισθημάτων (Υποενότητα 2.2.1)
- καθημερινά συναισθήματα - ετικέτες (emotion labels) που χαρακτηρίζουν και ομαδοποιούν τα συναισθήματα (Υποενότητα 2.2.2)
- κατηγορίες που να σχετίζονται με συγκεκριμένη εφαρμογή ή να έχουν νόημα σε συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο (context), όπως προτείνει ο Steidl και οι συνεργάτες του [106].
- κατηγορίες που να περιγράφουν ευρύτερες συναισθηματικές εμπειρίες, όπως οι διαθέσεις και οι προτιμήσεις, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μελέτη και η κατηγοριοποίηση συναισθηματικών εμπειριών από τον Scherer [96].

### 2.2.1 Θεωρίες Διακριτών Συναισθημάτων

Η θεωρία διακριτών συναισθημάτων στηρίζεται στην ιδέα της ύπαρξης βασικών κατηγοριών συναισθημάτων. Συγκεκριμένα υποστηρίζεται ότι υπάρχουν έξι βασικά και οικουμενικά αναγνωρίσιμα συναισθήματα (universal emotions) που 'σχηματίζουν' αντίστοιχες αρχετυπικές εκφράσεις στο πρόσωπο του ανθρώπου (Ekman και Friesen [26], Izard [48]). Μια αρχετυπική έκφραση θεωρείται ότι βασίζεται σε έμφυτους νευροκινητικούς μηχανισμούς (innate neuromotor programs), οι οποίοι δρουν ανεξάρτητα από γνωστικές διαδικασίες.

Η επέκταση της θεωρίας αυτής υποστηρίζει ότι υπάρχουν και συνδυασμοί από βασικά συναισθήματα [24]. Προβλέπει ότι συγκεκριμένα συναισθήματα, βασικά ή συνδυασμός βασικών, προκαλούν συγκεκριμένους τύπους αντιδράσεων στις εκφράσεις του προσώπου. Αυτή η προσέγγιση αναγνωρίζει ότι κινήσεις μεμονωμένων μυών που συνιστούν μια αρχετυπική έκφραση θα ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα.

Τέτοιου είδους θεωρίες αντιμετωπίζουν το θέμα της χρονικής εξέλιξης μιας έκφρασης ως μια ομαλή και σύντομη χρονικής διάρκειας μετάβαση από μια ουδέτερη έκφραση σε μια συναισθηματική. Ο Ekman δεν αποκλείει την πιθανότητα να υπάρχουν ελαφρώς διαφορετικές χρονικές εξελίξεις στη συμμετοχή κάθε μεμονωμένου σημείου του προσώπου σε ένα τύπο έκφρασης. Τη διαφορά αυτή την αποδίδει στη διαφορετική μάζα του εκάστοτε μυ που πρόκειται να κινηθεί. Ωστόσο θεωρεί σχετικά απίθανο αυτές οι αποκλίσεις να γίνουν αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι.

### 2.2.2 Ομαδοποίηση Συνώνυμων Συναισθηματικών Εννοιών

Είναι σύνηθες σε ψυχολογικές μελέτες να ζητείται από τους συμμετέχοντες να περιγράψουν τα συναισθήματα που βιώνουν (μια διαδικασία που στην αγγλική βιβλιογραφία αναφέρεται ως self-report ή introspection). Δεδομένου του λεκτικού πλούτου

---

empirically tested για τη διαδικασία τεκμηρίωσης θεωρητικών μοντέλων που αφορούν στην ανθρώπινη συμπεριφορά και στις διεργασίες του νου. Ένα μοντέλο για να θεωρηθεί επιστημονικά έγκυρο, πρέπει να είναι empirically tested - ελεγμένο δηλαδή στην πράξη - και τα αποτελέσματά του να μπορούν να αναπαραχθούν.

των γλωσσών, παρουσιάζεται η ανάγκη ομαδοποίησης των απαντήσεων σε ευρύτερες κατηγορίες συναισθηματικών εμπειριών.

Αντίστοιχα όταν ζητείται από ειδικούς να χαρακτηρίσουν τη συναισθηματική κατάσταση που αναγνωρίζουν σε μία εικόνα, ένα βίντεο ή στο άκουσμα μιας φράσης (διαδικασία επισημείωσης / annotation) απαιτείται μια ενιαία κωδικοποίηση, ώστε να μπορούν να εκληφθούν ουσιαστικά συμπεράσματα. Υπάρχει λοιπόν ανάγκη τυποποίησης της διαδικασίας με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην χάνεται πληροφορία κατά τη γενίκευση, ενώ ταυτόχρονα να είναι δυνατή και η εξαγωγή ουσιαστικών συμπερασμάτων.

Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού δικτύου αριστείας Humaine [78], ο Cowie και οι συνεργάτες, του συγκεντρώνοντας στοιχεία από ποικίλες πηγές, πρότειναν 48 κατηγορίες συναισθημάτων. Οι κατηγορίες αυτές υιοθετήθηκαν και στο πρότυπο επισημείωσης EARL, ένα επίσημο πρότυπο επισημείωσης δεδομένων (data annotation) με συναισθηματικό περιεχόμενο.

### 2.2.3 Διαπολιτισμικές Κατηγορίες Συναισθημάτων

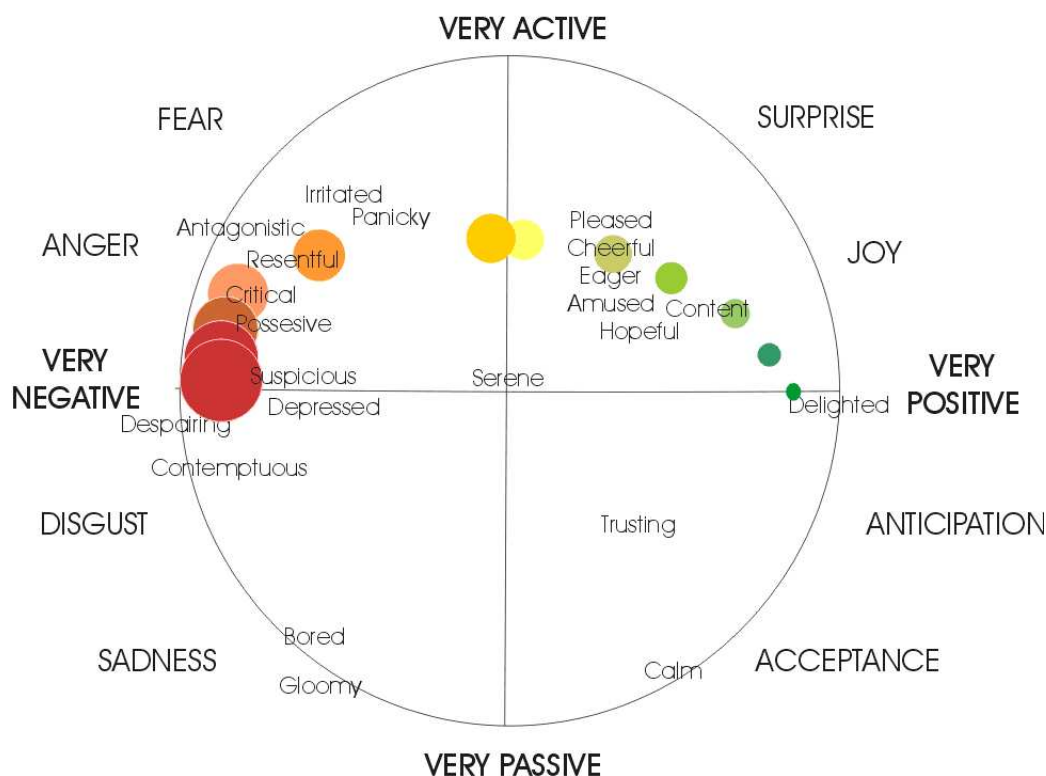
Μια σημαντική παράμετρος στην προσέγγιση του θέματος της κατηγοριοποίησης των συναισθηματικών καταστάσεων είναι το θέμα της γλώσσας. Οι περισσότερες κατηγοριοποιήσεις που έχουν προταθεί αφορούν στην αγγλική γλώσσα. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που προσεγγίζουν το θέμα διαπολιτισμικά και μελετούν την αντιστοίχιση των κατηγοριών σε διάφορες γλώσσες. Η αντιστοίχιση αυτή ενέχει εννοιολογικές παγίδες μιας και ο τρόπος που γίνεται αντιληπτή μια συναισθηματική κατάσταση επηρεάζεται και από πολιτισμικούς παράγοντες.

Η ομάδα του Klaus Scherer [99] αποδελτίωσε μεγάλο όγκο από αγγλικά, γαλλικά και γερμανικά κείμενα και πρότεινε 36 κατηγορίες συναισθηματικών καταστάσεων. Η κάθε κατηγορία αποτελείται από ένα σύνολο συνωνύμων λέξεων για κάθε γλώσσα. Στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης δημιουργήθηκε ένα εργαλείο για την κατηγοριοποίηση συναισθηματικών καταστάσεων, το Geneva Affect Label Coder, το οποίο επιτρέπει έναν ενιαίο και διαπολιτισμικό τρόπο ομαδοποίησης ποικίλων διατυπώσεων για παρόμοιες συναισθηματικές εμπειρίες.

## 2.3 Διαστατικές Αναπαραστάσεις

Μια εναλλακτική μέθοδος για το χαρακτηρισμό συναισθηματικών καταστάσεων είναι αυτή των διαστατικών αναπαραστάσεων. Κύριο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης αναπαράστασης είναι ότι είναι συνεχής, σε αντίθεση με τις κατηγορίες ή τις ετικέτες, οι οποίες είναι διακριτές. Η διαστατική αναπαράσταση εστιάζει σε μετρήσιμες παραμέτρους που παρατηρούνται σε συναισθηματικά επεισόδια και στο πώς αυτές συσχετίζονται. Η συσχέτιση επιτυγχάνεται με την απεικόνιση κάθε συναισθήματος σαν σημείο σε ένα πολυδιάστατο χώρο. Έχουν προταθεί ποικίλα ζευγάρια ή τριάδες από διαστάσεις ως ικανές για την περιγραφή συναισθημάτων.

Ιστορικά, ο πρώτος που εισήγαγε την ιδέα της διαστατικής απεικόνισης ήταν ο Wundt [116] το 1903. Την επανεισήγαγε ο Schlossberg περί τα μέσα του αιώνα, προτείνοντας αρχικά δύο διαστάσεις για το χαρακτηρισμό εκφράσεων του προσώπου, την απόλαυση/δυσαρέσκεια (pleasure/ displeasure) και την προσοχή/απόρριψη (attention/ reject) [102]. Στη συνέχεια εισήγαγε και μια τρίτη διάσταση, αυτή της ενεργοποίησης (activation) [103].



Σχήμα 2.1: Τροχός συναισθημάτων Whissel - Διαστάσεις ενεργοποίησης (κατακόρυφος άξονας) και αξιολόγησης (οριζόντιος άξονας)

Μεταγενέστεροι ερευνητές, όπως ο Russell και η Whissell, πρότειναν την απεικόνιση των συναισθημάτων σε δύο διαστάσεις και μάλιστα σαν σημεία πάνω σε ένα κυκλικό δίσκο [89, 114]. Οι διαστάσεις που προτάθηκαν είναι αυτές της ενεργοποίησης (activation) και της αξιολόγησης (evaluation) που φαίνονται στο Σχήμα 2.1. Το σχήμα αυτό αποτελεί ένα στιγμιότυπο από το εργαλείο Feeltrace [19]. Πρόκειται για ένα γραφικό περιβάλλον που επιτρέπει το χαρακτηρισμό (επισημείωση) δεδομένων που περιέχουν συναισθηματικές συμπεριφορές σε πραγματικό χρόνο. Οι χρήστες του εργαλείου παρακολουθούν βίντεο, τα οποία περιέχουν ανθρώπους που εκφράζουν κάποιο συναίσθημα και σημειώνουν τα συναισθήματα που αναγνωρίζουν την ώρα που τα παρατηρούν στην οθόνη. Το εργαλείο διατηρεί πληροφορίες συγχρονισμού της επισημείωσης με τη χρονική στιγμή του βίντεο στην οποία αντιστοιχεί. Πιο απλά, όταν κάποιος χαμογελάει, ο χρήστης του Feeltrace θα κάνει κλικ στο πρώτο τεταρτημόριο του κύκλου στην περιοχή που αντιστοιχεί στη χαρά. Ο χρήστης είναι εκ των προτέρων εκπαιδευμένος και εξοικειωμένος με τη λειτουργία του εργαλείου, ενώ το γραφικό περιβάλλον και η χρωματική κωδικοποίηση των συναισθημάτων μέσα στον κύκλο τον υποβοηθούν να χαρακτηρίζει σε πραγματικό χρόνο τη συναισθηματική πληροφορία που αναγνωρίζει στην οθόνη.

Με αφετηρία αυτές τις διαστάσεις έχουν γίνει έρευνες κατά πόσο τα συμπεράσματα μιας τέτοιας απεικόνισης μπορούν να γενικευτούν και σε άλλες γλώσσες και κουλτούρες. Συγκεκριμένα ο Russell [93] μελέτησε και απέδειξε ομοιομορφία στην κυκλική απεικόνιση σε δύο διαστάσεις 28 συναισθηματικών όρων στα πολωνικά, τα ελληνικά και τα εσθονικά.

Άλλοι ερευνητές όπως ο Plutchik [84] και ο Daly [21], πρότειναν τριδιάστα-

τες απεικονίσεις που οδήγησαν σε κωνικά μοντέλα. Και οι δύο εισήγαγαν ως τρίτη διάσταση αυτή της έντασης. Ο Daly στηρίχθηκε στις υπάρχουσες δύο διαστάσεις, ενώ ο Plutchik πρότεινε ένα υβριδικό μοντέλο που συνδύαζε την ιδέα των βασικών συναισθημάτων με αυτή της διαστατικής αναπαράστασης. Θεώρησε ως βασικά συναισθήματα την αποδοχή (acceptance), το θυμό (anger), την αναμονή (anticipation), την απέχθεια (disgust), τη χαρά (joy), το φόβο (fear), τη λύπη (sadness) και την έκπληξη (surprise). Χρησιμοποίησε ένα κύκλο, ο οποίος αντιπροσώπευε τους βαθμούς ομοιότητας μεταξύ συναισθημάτων και όπου αντίθετες ομάδες συναισθημάτων τοποθετούνται αντιδιαμετρικά.

Για την επαλήθευση των παραπάνω μοντέλων οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ποικίλες μεθόδους με επικρατέστερη αυτή της παρατήρησης των εκφράσεων του προσώπου. Είναι προφανές ότι στην επικοινωνία ανθρώπου με άνθρωπο υπάρχει πλούσια συναισθηματική πληροφορία σε διάφορα στοιχεία της συμπεριφοράς όπως είναι οι χειρονομίες, η στάση του σώματος, η χροιά της φωνής κτλ. Έτσι και οι εκφράσεις του προσώπου δεν είναι παρά μια από τις συνιστώσες σε μια συναισθηματική εμπειρία.

Σε μια πρόσφατη διαπολιτισμική μελέτη από τους Fontaine et al. το 2007 [32] εξετάστηκαν 144 χαρακτηριστικά συναισθηματικών εμπειριών, τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με τις εξής έξι συναισθηματικές 'συνιστώσες':

- αξιολόγηση γεγονότων (appraisal)
- ψυχοσωματικές αλλαγές (psychophysiological changes)
- κινητικές εκφράσεις (motor expressions)
- ροπές για δράση (action tendencies)
- υποκειμενική αντίληψη της εμπειρίας (subjective feeling)
- συναισθηματική ρύθμιση (emotion regulation)

Η έρευνα αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον με τη διατύπωση ισχυρής επιχειρηματολογίας υπέρ της θέσης ότι απαιτούνται πλέον των δύο διαστάσεων για μια ικανοποιητική απεικόνιση του σημασιολογικού χώρου (semantic space) των συναισθημάτων. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται στο Σχήμα 2.2 συνοψίζουν και ενισχύουν υφιστάμενους ισχυρισμούς για τις πιο σημαντικές διαστάσεις (σε σειρά σπουδαιότητας):

- *αξιολόγηση* (αναφέρεται στα αγγλικά ως evaluation ή pleasantness ή valence): Κοινό χαρακτηριστικό των διαφόρων συναισθηματικών καταστάσεων αποτελεί το γεγονός ότι είναι αποτέλεσμα της επίδρασης που έχουν στο άτομο οι συνάνθρωποι του ή οι διάφορες καταστάσεις που βιώνει. Η επίδραση αυτή αποτιμάται από τη μεριά του χρήστη είτε ως θετική είτε ως αρνητική, η συγκεκριμένη διάσταση δηλαδή εκφράζει πόσο ευχάριστο ή δυσάρεστο είναι ένα ερέθισμα, πόσο συντελεί στους στόχους και στις επιδιώξεις του ατόμου καθώς και τι ροπές προς δράση του προκαλεί (π.χ. να πλησιάσει ή να απομακρυνθεί). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2, τα ευχάριστα συναισθήματα είναι αντιδιαμετρικά των δυσάρεστων στον άξονα αυτό.
- *Κυριαρχία* (αναφέρεται στα αγγλικά ως dominance, potency ή control): Πρόκειται για το επίπεδο κυριαρχίας του ατόμου επί της κατάστασης καθώς βιώνει

ένα συναίσθημα, του ελέγχου της κατάστασης και της δυνατότητας του να αντεπεξέλθει ή όχι σε αυτή. Οι τιμές στη διάσταση αυτή εκφράζουν συναισθήματα δύναμης ή αδυναμίας, διαπροσωπικής κυριαρχίας ή υποταγής, τάσης για δράση ή αποφυγή δράσης καθώς και αλλαγές στο ρυθμό και στην ένταση της ομιλίας και συμπτώματα στο παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα. Σε αυτή τη διάσταση συναντάμε συναισθήματα όπως η περηφάνια (pride), ο θυμός (anger) και η περιφρόνηση (contempt) αντιδιαμετρικά από τη ντροπή (shame), τη λύπη (sadness) και την απόγνωση (despair). Τα συναισθήματα αυτά απεικονίζονται στο γράφημα (c) στο Σχήμα 2.2.

- **Επίπεδο ενεργοποίησης** (αναφέρεται στα αγγλικά είτε ως activation level είτε ως arousal): Ερευνητές έχουν επισημάνει το γεγονός ότι το άτομο, βιώνοντας τις διάφορες συναισθηματικές καταστάσεις, παρουσιάζει τάση συγκεκριμένων αντιδράσεων. Σύμφωνα με αυτή την παρατήρηση έγινε προσπάθεια να χαρακτηριστεί μια συναισθηματική έκφραση με βάση την ενεργοποίηση του προσώπου και του σώματος. Η διάσταση αυτή εκφράζει την ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, όπως είναι η αύξηση των παλμών και η ετοιμότητα για δράση. Στο γράφημα (b) - Σχήμα 2.2 αντιπαρατίθενται συναισθήματα όπως η αγωνία (anxiety), το στρες (stress) και ο θυμός (anger) με την απογοήτευση (disappointment), την ικανοποίηση (contentment) και τη συμπόνια (compassion).

Στην έρευνα του Fontaine εισάγεται και μια τέταρτη διάσταση, αυτή της έκπληξης (αναφέρεται στα αγγλικά ως unpredictability είτε ως novelty) που καθιστά δυνατή τη διαφοροποίηση των συναισθημάτων που χρήζουν άμεσης αντίδρασης σε ένα καινούριο/ μη-οικείο ερέθισμα ή κατάσταση. Η διάσταση αυτή αφορά συμπεριφορές όπως το άνοιγμα του σαγονιού από έκπληξη, το σήκωμα των φρυδιών και τα αυθόρμητα επιφωνήματα και πρόκειται για το αντιδιαμετρικό άκρο των αντιδράσεων σε οικείες και αναμενόμενες καταστάσεις. Εκτός από το συναίσθημα της έκπληξης που διακρίνεται σε αυτή τη διάσταση, παρατηρούνται ουσιαστικές διαφοροποιήσεις και ανάμεσα σε άλλα συναισθήματα, για παράδειγμα ο φόβος (fear) διαφοροποιείται από το στρες (stress) και η αηδία (disgust) από την περιφρόνηση (contempt).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γενικό συμπέρασμα των συγγραφέων της συγκεκριμένης έρευνας [32] που δηλώνει ότι **το βέλτιστο πλήθος των διαστάσεων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν σε μια μελέτη εξαρτάται άμεσα από το ερώτημα που θέτει ο ερευνητής**. Για κάποιον που εστιάζει στην ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος η διάσταση της ενεργοποίησης (arousal) μπορεί να είναι αρκετή. Για κάποιον που μελετάει τις λεπτές διαφορές ανάμεσα σε συγγενή συναισθήματα όπως η ντροπή (shame), η ενοχή (guilt), η αμηχανία (embarrassment) και ο θυμός προς τον ίδιο του τον εαυτό (self-anger) είναι πιθανό οι τέσσερις διαστάσεις να μην είναι αρκετές.

Για την περίπτωση έρευνας που στοχεύει στη γενική μελέτη συναισθηματικών εμπειριών οι Fontaine et al. είναι θερμοί υπερασπιστές της χρήσης τουλάχιστον τεσσάρων διαστάσεων. Στηρίζουν την επιχειρηματολογία τους στο γεγονός ότι τα μοντέλα τείνουν να κατευθύνουν το σχεδιασμό της έρευνας. Περιορίζοντας λοιπόν το πλήθος των διαστάσεων που μελετώνται υπάρχει κίνδυνος μεροληψίας ως προς την επιλογή των μεθόδων καθώς και ως προς την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Απλά διδιάστατα μοντέλα όπως αυτό της αξιολόγησης/ ενεργοποίησης (valence/ arousal), αδυνατούν να συλλάβουν κεντρικές πηγές διαφοροποίησης στο συναισθηματικό πεδίο, δεν μπο-

ρούν να διακρίνουν τη διαφορά ανάμεσα στο φόβο και το θυμό, δυο συναισθήματα που διακρίνονται ξεκάθαρα τόσο στον άξονα της κυριαρχίας όσο και στον άξονα της έκπληξης.

Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, η διάσταση της κυριαρχίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την έρευνα στο συναίσθημα. Η σημασία της δεν περιορίζεται σε κοινωνικές και διαπροσωπικές εμπειρίες κυριαρχίας ή υποτέλειας, όπως στο παρελθόν (βλέπε [90]). Η διάσταση αυτή χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες φωνητικές αντιδράσεις, καθώς και από συγκεκριμένες τάσεις για δράση (action tendencies), όπως είναι η επιθυμία να πάρει κάποιος πρωτοβουλία, σε αντίθεση με μια απαθή στάση. Με τη διάσταση της κυριαρχίας μπορούν να μοντελοποιηθούν και οι αντιδράσεις του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος, ενώ με μια διδιάστατη προσέγγιση αναπαρίστανται μόνο αλλαγές στο συμπαθητικό νευρικό σύστημα.

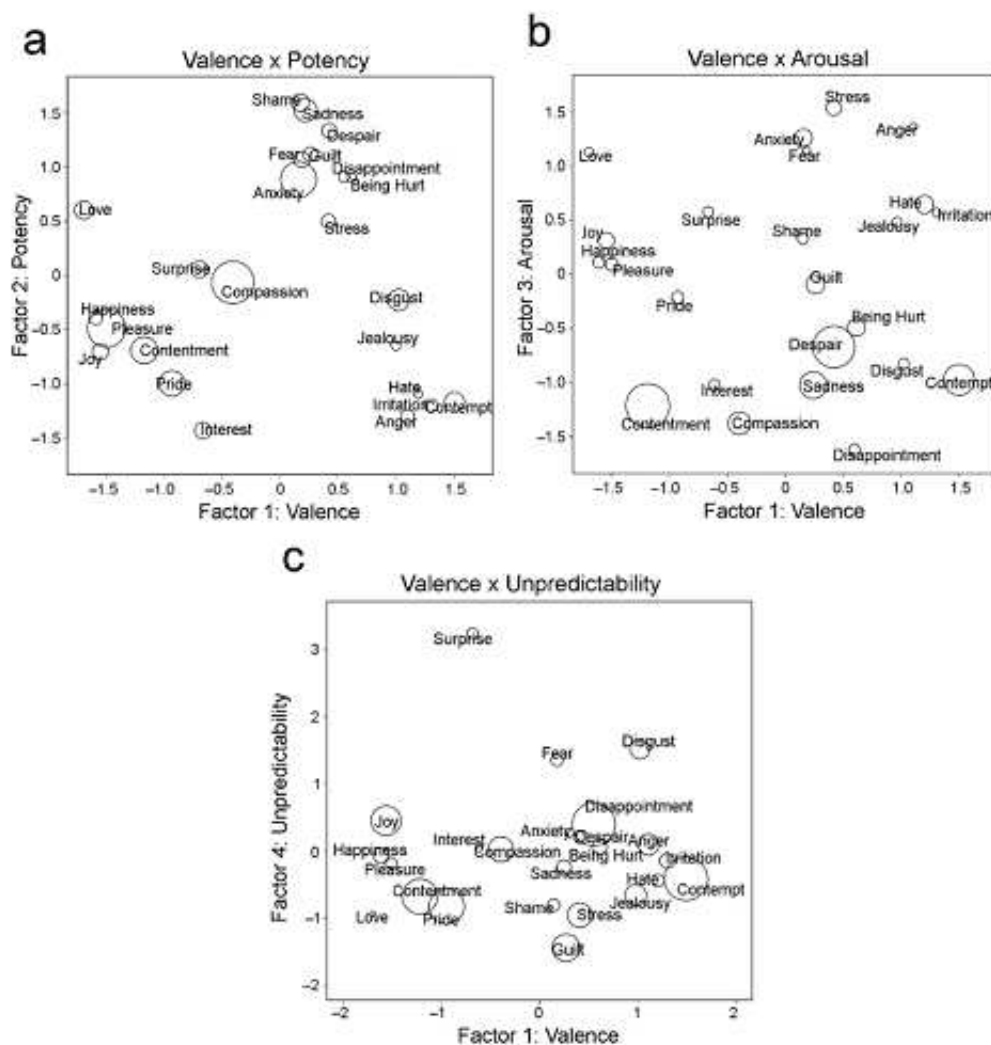
## Αναπαράσταση PAD

Ο Mehrabian [72] έχει δημοσιεύσει συστηματικές έρευνες για την τριάδα Pleasure-Arousal-Dominance και το μοντέλο που προτείνει αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως μοντέλο PAD. Τα δεδομένα που χρησιμοποιεί για να υποστηρίξει την ορθότητα της επιλογής αυτής της τριάδας προέρχονται κυρίως από το χώρο έρευνας συμπεριφοράς καταναλωτών [118, 33]. Όπως σε όλες τις διαστατικές προσεγγίσεις, τα συναισθήματα απεικονίζονται σαν σημεία σε ένα τρισδιάστατο χώρο.

Εναλλακτικά, όταν οι τιμές PAD έχουν κανονικοποιηθεί, κάθε συναισθηματικός όρος μπορεί να περιγραφεί με σαφήνεια με τη χρήση των τιμών του στους άξονες των τριών διαστάσεων του μοντέλου. Ενδεικτικά σε μια κλίμακα από -1 έως +1 ορίζονται τα εξής συναισθήματα: θυμός (-.51, .59, .25), ανία (-.65, -.62, -.33), περιέργεια (.22, .62, -.01), αξιοπρέπεια (.55, .22, .61), ενθουσιασμός (.50, .42, .23), πείνα (-.44, -.14, -.21), αναστολή (-.54, -.04, -.41), αγάπη (.87, .54, -.18), προβληματισμός (-.41, .48, -.33), υπνηλία (.20, -.70, -.44), αδιαφορία (-.13, -.41, .08) και βιαιότητα (-.50, .62, .38). Σύμφωνα με αυτές τις μετρήσεις κάποιος που είναι θυμωμένος είναι σε μια συναισθηματική κατάσταση όπου είναι έντονα δυσαρεστημένος (highly unpleasant), αρκετά ενεργός (highly aroused) και μέτρια υπό έλεγχο της κατάστασης (moderately dominant). Αντίστοιχα κάποιος που νυστάζει είναι μέτρια ικανοποιημένος (moderately pleasant), έντονα μη-ενεργός (extremely unaroused) και μετρίως υποταγμένος (moderately submissive).

Να σημειωθεί ότι οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως το εννοιολογικό πλαίσιο και ο τρόπος μέτρησής τους. Μια βασική πρόκληση (όπως θα γίνει σαφές και στο Κεφάλαιο 3) είναι η εύρεση της μεθοδολογίας που θα οδηγήσει στην αντιστοίχιση τιμών PAD με συναισθηματικές καταστάσεις.

Στο πλαίσιο του μοντέλου PAD, ορίζονται οκτώ βασικές και κοινές ποικιλίες συναισθημάτων όπως αυτές προκύπτουν από όλους τους δυνατούς συνδυασμούς της υψηλής/χαμηλής ικανοποίησης (+P και -P), της υψηλής/χαμηλής ενεργοποίησης (+A και -A) και της υψηλής/χαμηλής κυριαρχίας (+D και -D). Για παράδειγμα, οι καταστάσεις αγωνίας ανήκουν στο ογδοημόριο (-P,+A,-D) και περιλαμβάνουν συναισθήματα όπως δυστυχία, οδύνη ή δυσάρεστη αμηχανία.



**Σχήμα 2.2:** Αποτελέσματα της διαπολιτισμικής έρευνας Grid σε άτομα από τρεις γλωσσικές ομάδες (αγγλικών, γαλλικών και ολλανδικών)

Στις τέσσερις διαστάσεις αναπαρίστανται 24 συναισθήματα. Τα κέντρα των κύκλων αναπαριστούν το μέσο όρο και για τις τρεις γλώσσες. Η διάμετρος κάθε κύκλου αναπαριστά τη μέση Ευκλείδεια απόσταση ανάμεσα στις συντεταγμένες και για τις τρεις γλώσσες. Όσο μικρότερος είναι ο κύκλος τόσο πιο παρεμφερείς οι αντίστοιχοι όροι ανάμεσα στις γλώσσες. Τα τρία γραφήματα αναπαριστούν τα ζευγάρια των διαστάσεων (a) αξιολόγηση X Κυριαρχία, (b) αξιολόγηση X ενεργοποίηση (c) αξιολόγηση X Έκπληξη.



## 2.4 Θεωρίες Αξιολόγησης

### Συμμετέχει ο νους στη συναισθηματική εμπειρία;

Ή αλλιώς, απαιτείται η γνωστική επεξεργασία (cognitive processing) ερεθισμάτων για την ανάπτυξη όποιων τύπων αντιδράσεων σχετίζονται με το εκάστοτε συναίσθημα; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι θεωρητικής σημασίας και καθορίζει αν οι θεωρίες συναισθήματος χρήζουν γνωστικής προσέγγισης ή όχι. Με μια σύντομη ιστορική αναδρομή γίνεται σαφές ότι έχουν διερευνηθεί και οι δύο προσεγγίσεις, καθώς και συνδυασμοί τους. Για παράδειγμα η γνωστική διάσταση των συναισθημάτων μπορεί να λαμβάνεται υπόψη χωρίς να αναλύεται σε βάθος, όπως στην περίπτωση των διαστατικών αναπαραστάσεων όπου η διάσταση της αξιολόγησης περιλαμβάνει διαδικασίες γνωστικής αξιολόγησης των ερεθισμάτων.

Σύμφωνα με το Zajonc [119], το συναισθηματικό και το γνωσιακό σύστημα στον άνθρωπο είναι μεταξύ τους διακριτά και μερικώς ανεξάρτητα και αν και λειτουργούν σε συνδυασμό, τα συναισθήματα γεννιούνται χωρίς πρότερη γνωστική επεξεργασία. Αντίθετα ο Lazarus [63] ήταν από τους πρώτους που ισχυρίστηκαν ότι κάποια γνωστική επεξεργασία είναι απαραίτητη προϋπόθεση για μια συναισθηματική αντίδραση σε ένα ερέθισμα και εισήγαγε την έννοια της γνωστικής αξιολόγησης (αξιολόγηση του νοήματος ή της σημασίας) ως αναπόσπαστο κομμάτι όλων των συναισθηματικών καταστάσεων.

Να σημειωθεί ότι η γνωστική αξιολόγηση δεν είναι απαραίτητα μια συνειδητή διαδικασία. Μπορεί να λαμβάνει χώρα είτε με τρόπο αυτόματο, χωρίς το συνειδητό έλεγχο της διαδικασίας από το άτομο, είτε με τρόπο συνειδητό και εσκεμμένο.

### Γνωστική Αξιολόγηση

Πληθώρα από θεωρίες για το συναίσθημα στηρίζονται στην ιδέα της σύνδεσης των συναισθημάτων με συγκεκριμένα γεγονότα. Μια βασική επέκταση αυτής της ιδέας είναι η υπόθεση ότι η συνάφεια ενός γεγονότος καθορίζεται από μια σύνθετη και ταχεία διαδικασία αξιολόγησης, στην οποία συμμετέχουν διάφορα επίπεδα επεξεργασίας, από αυτόματα και έμμεσα, μέχρι συνειδητά και συλλογιστικά [64]. Ο Scherer αρχικά είχε προτείνει μια διάκριση ανάμεσα σε ενδογενή και εξωγενή αξιολόγηση. Η ενδογενής αξιολόγηση εκτιμά τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου ή ατόμου ανεξάρτητα από τις τρέχουσες ανάγκες και στόχους του ατόμου που εκτελεί την αξιολόγηση. Είναι βασισμένη είτε σε γενετικές προτιμήσεις (π.χ γλυκιά γεύση) είτε σε προτιμήσεις που έχουν αποκομισθεί από εμπειρία (π.χ. γλυκόξινο φαγητό) [95]. Η εξωγενής αξιολόγηση [62] εκτιμά τα γεγονότα και τις συνέπειες τους σε σχέση με τη συμβολή τους σε πρωταρχικές ανάγκες, επιθυμίες ή στόχους του ατόμου.

Μεταγενέστερα, ο Lazarus [62] εξέλιξε τη θεωρία της γνωστικής αξιολόγησης, αποδίδοντας κρίσιμο ρόλο στις συναισθηματικές εμπειρίες. Εμπλούτισε τη θεωρία του Scherer εισάγοντας μια ακόμα υποδιαίρεση, ορίζοντας έτσι τρεις συγκεκριμένες μορφές αξιολόγησης:

- Πρωτεύουσα αξιολόγηση: μια κατάσταση (ή ένα γεγονός) στο άμεσο περιβάλλον θεωρείται/αξιολογείται ως θετική, ως αγχωτική/απειλητική ή ως ανεξάρτητη της εξασφάλισης της ευημερίας του ατόμου.
- Δευτερεύουσα αξιολόγηση: λαμβάνονται υπόψη οι διαθέσιμοι πόροι που έχει το άτομο στη διάθεση του για να αντεπεξεχθεί στην κατάσταση.

- Επαναξιολόγηση: η κατάσταση που αποτέλεσε το ερέθισμα και οι στρατηγικές για να αντεπεξέλθει το άτομο παρακολουθούνται και οι πρωτεύουσες και δευτερεύουσες αξιολογήσεις τροποποιούνται, αν είναι απαραίτητο.

Η τομή σε αυτή την προσέγγιση έγκειται στην εισαγωγή της έννοιας της 'διαρκούς επαναξιολόγησης', η οποία έχει μελετηθεί κατά κόρον έκτοτε ([101, 43, 42]. Η επαναξιολόγηση αυτή αναφέρεται και ως υποσύνολο της διαδικασίας της συναισθηματικής ρύθμισης (emotion regulation) σύμφωνα με τον Gross ([43], [44]). Η ρύθμιση αυτή χωρίζεται σε δύο φάσεις: Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τη διαδικασία επαναξιολόγησης, η οποία τροποποιεί τον τρόπο που αντιλαμβάνεται το άτομο το ερέθισμα, με αποτέλεσμα να τροποποιούνται ανάλογα και οι αντιδράσεις του ως προς αυτό. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει μηχανισμούς ελέγχου/καταστολής έντονων αντιδράσεων. Η ασάφεια στις διαδικασίες που συμμετέχουν στην επαναξιολόγηση και στο πώς αυτές αλληλεπιδρούν στην εξέλιξη των συναισθηματικών εμπειριών αποτελεί την κύρια τροχοπέδη στην ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων των ψυχολογικών θεωριών αξιολόγησης για το συναίσθημα.

### Κεντρική Ιδέα Θεωριών Γνωστικής Αξιολόγησης

Μέχρι σήμερα έχουν διατυπωθεί ποικίλες θεωρίες συναισθημάτων που στηρίζονται στη γνωστική αξιολόγηση. Κάθε μια ορίζει ένα διαφορετικό σύνολο συνιστωσών που απαρτίζουν αυτή τη διαδικασία αξιολόγησης. Υπάρχει όμως μια κεντρική ιδέα που τις διέπει, είναι ο ισχυρισμός ότι: *μπορούμε να διακρίνουμε τις συναισθηματικές καταστάσεις, ανάλογα με το ποιες συνιστώσες αξιολόγησης συμμετέχουν στην εκάστοτε συναισθηματική εμπειρία.*

Υπάρχουν 'βασικές' ή 'θεμελιώδεις' διαστάσεις αξιολόγησης; 'Όσοι απαντάνε θετικά τείνουν να πιστεύουν και σε μικρά σύνολα από θεμελιώδη συναισθήματα (ή οικογένειες από συναισθήματα), έτσι ώστε συγκεκριμένοι συνδυασμοί από αξιολογήσεις να προκαλούν (και άρα να επιτρέπουν αντίστροφα και την πρόβλεψη) μια συναισθηματική εμπειρία. Ερευνητές όπως ο Lazarus, ο Scherer, ο Roseman, και ο Ellsworth (όπως θα γίνει σαφές στις επόμενες παραγράφους) υποδεικνύουν ένα πεπερασμένο σύνολο συνιστωσών που τις θεωρούν ανεξάρτητες της εκάστοτε κατάστασης και των εκάστοτε συνθηκών όπου εξελίσσεται ένα συναισθηματικό επεισόδιο. Δεν αρνούνται την ύπαρξη σημαντικών κοινωνικών και πολιτιστικών επιρροών, τόσο στην ερμηνεία των ερεθισμάτων που εγείρουν συναισθήματα, στην εκφραστικότητα και στη συμπεριφορά, όσο και στην εννοιολογική τους σύλληψη. Αυτό που προτείνουν είναι ότι η σχέση ανάμεσα στις αξιολογήσεις και στα συναισθήματα είναι γενική ανά τις κουλτούρες και ίσως και παγκόσμια. Αν άνθρωποι από διαφορετικές κουλτούρες αξιολογούν μια κατάσταση με τον ίδιο τρόπο, τότε θα βιώσουν το ίδιο συναίσθημα. Αν βιώσουν διαφορετικό συναίσθημα είναι γιατί έχουν αξιολογήσει και την κατάσταση διαφορετικά [28].

Ο Smith και ο Lazarus [104] υποστήριζαν ότι η γνωστική αξιολόγηση αποτελείται από τις ακόλουθες συνιστώσες (αναφέρονται ως appraisal components ή appraisal dimensions):

- Έλεγχος συνάφειας με προσωπικά κίνητρα (πρωτεύουσα αξιολόγηση)
- Έλεγχος σχέσης με προσωπικούς στόχους/ επιδιώξεις (πρωτεύουσα αξιολόγηση)

- Έλεγχος υπευθυνότητας - σε ποιον αποδίδονται τα εύσημα ή η ευθύνη; (δευτερεύουσα αξιολόγηση)
- Έλεγχος της δυνατότητας του ατόμου να αντεπεξέλθει στη λύση προβληματικής κατάστασης (δευτερεύουσα αξιολόγηση)
- Έλεγχος της δυνατότητας του ατόμου να αντεπεξέλθει συναισθηματικά στην κατάσταση (δευτερεύουσα αξιολόγηση)
- Πρόβλεψη για το μέλλον - πόσο πιθανό είναι να αλλάξει η κατάσταση (δευτερεύουσα αξιολόγηση)

Σε αντίθεση με τους υπέρμαχους των θεωριών αξιολόγησης με πεπερασμένες συνιστώσες υπάρχουν και ερευνητές (όπως ο Ortony - Ενότητα 2.4.1) που πιστεύουν ότι το πλήθος των δυνατών διαστάσεων αξιολόγησης και ο αριθμός των διαφορετικών δυνατών συναισθηματικών εμπειριών είναι ουσιαστικά απεριόριστα. Είναι χαρακτηριστική περίπτωση όπου διαφορετικές απόψεις αναδύονται όταν μελετώνται τα κοινά και οι διαφορές ανάμεσα σε διαφορετικά άτομα και σε διαφορετικές κουλτούρες.

### 2.4.1 Θεωρία Ortony, Clore και Collins

Στη βιβλιογραφία της συναισθηματικής υπολογιστικής η θεωρία με τις περισσότερες αναφορές είναι αυτή των Ortony, Clore και Collins, η ονομαζόμενη θεωρία OCC [80]. Πρόκειται για μια από τις πιο χαρακτηριστικές θεωρίες αξιολόγησης. Ο κυριότερος λόγος για αυτή τη 'δημοτικότητα' είναι η δομή της θεωρίας. Ο τρόπος που διατυπώνεται καθιστά τις αρχές της εύκολα μετατρέψιμες σε προτάσεις ενός υπολογιστικού μοντέλου, κυρίως στις περιπτώσεις μοντελοποίησης της συμπεριφοράς εικονικών χαρακτήρων (Ενότητα 3.5.1).

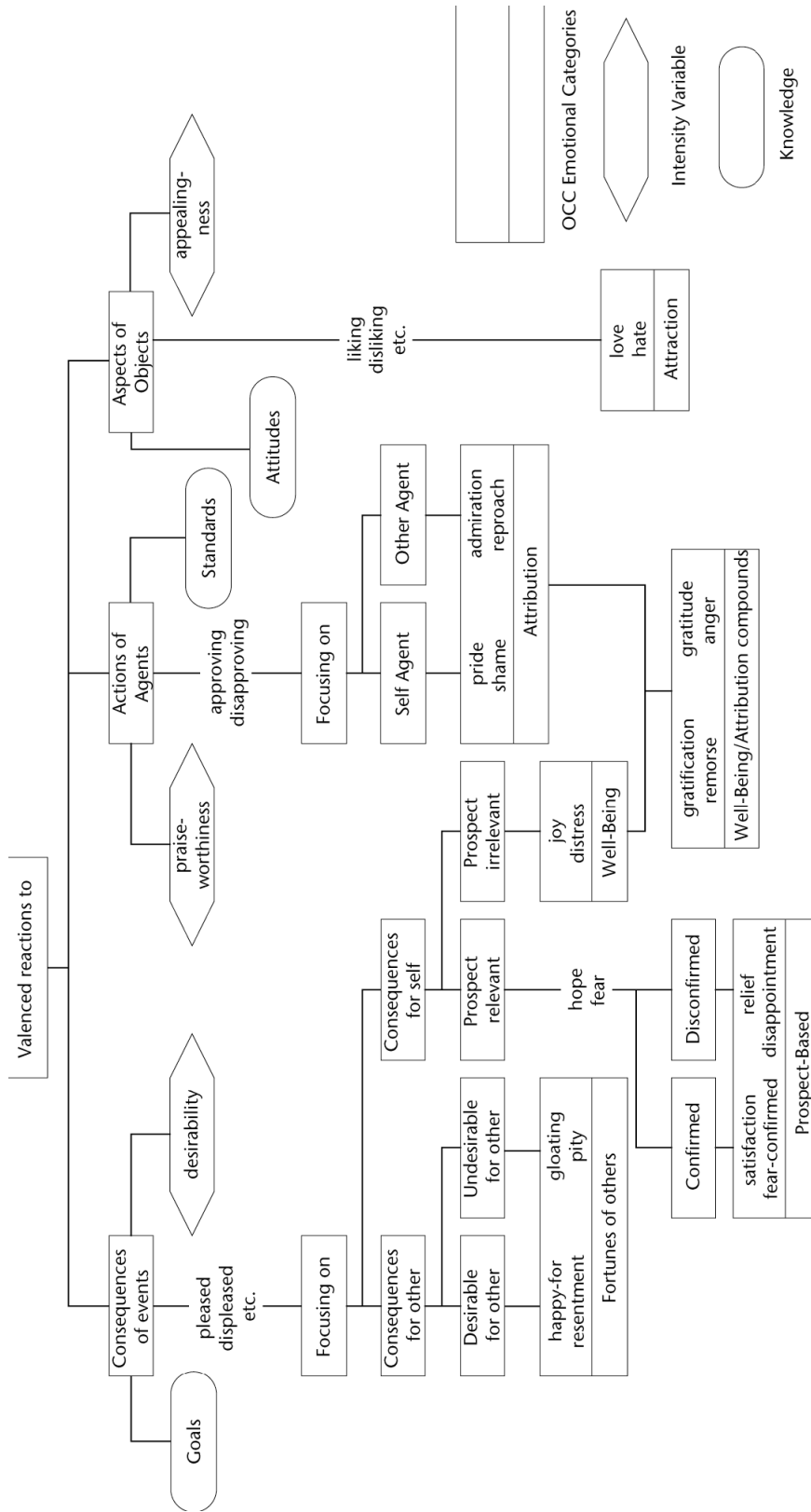
Συγκεκριμένα, η θεωρία των Ortony, Clore και Collins υποθέτει ότι τα συναισθήματα αναπτύσσονται σαν συνέπειες σε συγκεκριμένες γνωστικές διεργασίες και ερμηνείες. Συνεπώς εστιάζει ιδιαίτερα στη γνωστική πλευρά των συναισθημάτων. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία τρεις παράμετροι καθορίζουν τις γνωστικές διεργασίες: τα γεγονότα, τα άτομα (ή γενικότερα οντότητες που μπορούν να εκτελέσουν ενέργειες) και τα αντικείμενα. Τα συναισθήματα αναπαρίστανται σαν θετικές ή αρνητικές αντιδράσεις σε αυτά που αντιλαμβανόμαστε στο περιβάλλον μας. Κάποιος μπορεί να είναι ικανοποιημένος ή δυσαρεστημένος από τις συνέπειες ενός γεγονότος, μπορεί να επιδοκιμάζει ή να απορρίπτει τις ενέργειες ενός ατόμου ή μπορεί να του αρέσουν ή όχι τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου.

Μια σημαντική διαφοροποίηση της θεωρίας από τις περισσότερες θεωρίες αξιολόγησης είναι ότι τα γεγονότα μπορούν να έχουν συνέπειες τόσο για τους άλλους, όσο και για το ίδιο το άτομο και ότι οι ενέργειες ενός ατόμου μπορούν αντίστοιχα να είναι στοχευμένες στον εαυτό τους ή σε άλλα άτομα. Οι συνέπειες ενός γεγονότος για κάποιον μπορούν να χωριστούν σε επιθυμητές και ανεπιθύμητες, οι συνέπειες για το ίδιο το άτομο μπορούν να είναι σχετικές ή άσχετες με τις προσδοκίες του. Τέλος οι σχετικές προσδοκίες για το άτομο μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με το αν τελικά πραγματοποιούνται ή όχι.

Η τομή στην προσέγγιση των Ortony, Clore, and Collins είναι ότι υποστηρίζουν μεν τη γενικότητα των συναισθηματικών μηχανισμών, αλλά όχι και την οικουμενικότητά τους. Σύμφωνα με τους εν λόγω ερευνητές, οι λέξεις που χαρακτηρίζουν συναισθήματα έχουν το πρόβλημα ότι είναι στενά συνδεδεμένες με την πολιτιστική

και τη γλωσσολογική τους προέλευση. Έτσι, λέξεις σπάνια αντιστοιχούν μια προς μια σε συναισθήματα. Ο τρόπος που σκεφτόμαστε για τα συναισθήματα δεν είναι απόλυτος, ούτε οι λέξεις που χρησιμοποιούμε για να τα περιγράψουμε είναι απόλυτες. Τα συναισθήματα δεν εξαρτώνται απαραίτητα από τους παράγοντες που τα εγείρουν, ούτε είναι οικουμενικά. Για να ορίσουν λοιπόν τα συναισθήματα υιοθετούν μια καθαρά γνωστική προσέγγιση και τα αντιλαμβάνονται ως μετρημένες αντιδράσεις (valenced reactions) ως προς τους παράγοντες που τα εγείρουν.

Στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται η ιδέα των μετρημένων αντιδράσεων. Η θεωρία OCC ορίζει 22 κατηγορίες συναισθημάτων, οι οποίες αναγράφονται στο σχήμα μέσα στα διπλά ορθογώνια παραλληλόγραμμα. Η διαδικασία της αξιολόγησης γίνεται ως προς τις συνέπειες γεγονότων (consequences of events), τις ενέργειες ατόμων (actions of agents) και των χαρακτηριστικών των αντικειμένων (aspects objects).



Σχήμα 2.3: Τα συναισθήματα ως αντιδράσεις σε γεγονότα, ενέργειες ή αντικείμενα - Μοντέλο OCC

Με τη βοήθεια αυτών των τυπικών διατυπώσεων ένα σύστημα θα μπορούσε να βγάλει συμπεράσματα για τα συναισθηματικά επεισόδια που του παρουσιάζονται. Οι υποστηρικτές της θεωρίας OCC στη συναισθηματική υπολογιστική (Ενότητα 3.5.1) διαχωρίζουν σαφώς τη θέση τους εξ αρχής και εξηγούν ότι δεν τους ενδιαφέρει αν οι μηχανές μπορούν πραγματικά να 'βιώσουν' συναισθήματα με τον τρόπο που τα βιώνουν οι άνθρωποι. Αντίθετα, εστιάζουν απλά πάνω στην ικανότητα της μηχανής να καταλαβαίνει τα συναισθήματα και να αναπτύξει τρόπους συλλογιστικής σχετικά με αυτά και να μπορεί να εκφράσει συναισθήματα με τα μέσα που διαθέτει.

#### 2.4.2 Θεωρία Αξιολόγησης Scherer

Η θεωρία του Klaus Scherer [95, 97, 98] είναι ευρέως γνωστή με το όνομα Component Process Model. Ο τίτλος πηγάζει από την προσέγγιση της θεωρίας που στηρίζεται στο διαχωρισμό των ανθρώπινων λειτουργιών και στον ορισμό υποσυστημάτων που εμπλέκονται στις συναισθηματικές διαδικασίες. Συγκεκριμένα ορίζει τα εξής υποσυστήματα:

- Ένα υποσύστημα επεξεργασίας πληροφοριών που αξιολογεί τα ερεθίσματα μέσα από την αντίληψη, τη μνήμη και την αξιολόγηση των διαθέσιμων πληροφοριών.
- Ένα υποστηρικτικό υποσύστημα, το οποίο προσαρμόζει την εσωτερική κατάσταση μέσα από τον έλεγχο των νευρο-ενδοκρινικών, των σωματικών και των αυτόνομων καταστάσεων.
- Ένα ηγετικό υποσύστημα που σχεδιάζει, προετοιμάζει και επιλέγει ανάμεσα σε ανταγωνιστικά κίνητρα.
- Ένα υποσύστημα δράσης, το οποίο ελέγχει την κινητική έκφραση και την ορατή συμπεριφορά.
- Ένα υποσύστημα επιτήρησης, το οποίο ελέγχει την προσοχή που δίνεται στις παρούσες καταστάσεις και μεταβιβάζει τα συμπεράσματα στα άλλα υποσυστήματα.

Στη θεωρία του ο Scherer δίνει ιδιαίτερη έμφαση στο υποσύστημα επεξεργασίας πληροφοριών. Συγκεκριμένα, το υποσύστημα αυτό στηρίζεται στις επιμέρους συνιστώσες της διαδικασίας αξιολόγησης, τις οποίες ονομάζει 'ελέγχους αξιολόγησης ερεθισμάτων' (Stimulus Evaluation Checks - SECs). Το αποτέλεσμα αυτών των ελέγχων προκαλεί με τη σειρά του αλλαγές στα υπόλοιπα υποσυστήματα. Ο Scherer απαριθμεί πέντε κεντρικούς ελέγχους αξιολόγησης ερεθισμάτων, τέσσερις από τους οποίους διαιρεί περαιτέρω και σε υπο-ελέγχους. Είναι οι εξής:

- Έλεγχος καινοφάνειας (novelty): εξετάζει κατά πόσο το ερέθισμα που παρουσιάζεται είναι πρωτόγνωρο/ βιώνεται για πρώτη φορά ή όχι. Ο έλεγχος αυτός απαντά στο κατά πόσο εξωτερικά ή εσωτερικά ερεθίσματα έχουν τροποποιηθεί. Αποτελείται από τους υποελέγχους του αιφνιδιασμού (suddenness), της σιγουριάς (confidence) και της προβλεψιμότητας (predictability).
- Έλεγχος εγγενούς ευχαρίστησης (intrinsic pleasantness): προσδιορίζει κατά πόσο είναι ευχάριστο ή δυσάρεστο το ερέθισμα και κατά πόσο ζυπνάει τάσεις για προσέγγιση του ή απομάκρυνση από αυτό.

- Έλεγχος σπουδαιότητας του στόχου (goal significance): εξετάζει αν το γεγονός/ ερέθισμα υποστηρίζει ή παρακωλύει τους στόχους του ατόμου. Αποτελείται από τους υποελέγχους της σχετικότητας του γεγονότος/ερεθίσματος (relevance), της πιθανότητας του αποτελέσματός του (probability of result), της προσδοκίας (expectation) και του πόσο επείγουσα είναι η αντιμετώπισή του (urgency).
- Έλεγχος της δυνητικής ικανότητας του ατόμου να ανταποκριθεί (coping potential): εξετάζει σε ποιο βαθμό το άτομο πιστεύει ότι έχει τα γεγονότα υπό τον έλεγχό του. Οι υποέλεγχοι είναι ο έλεγχος της οντότητας που προκάλεσε το ερέθισμα με την πράξη της (agent), το κίνητρο (motive), ο έλεγχος (control), η δύναμη (power) και η προσαρμοστικότητα (adaptability).
- Έλεγχος συμβατότητας (compatibility): συγκρίνει το γεγονός με εσωτερικά και εξωτερικά πρότυπα και απαρτίζεται από τους αντίστοιχους εσωτερικούς (externality) και εξωτερικούς (internality) υποελέγχους.

Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, κάθε συναίσθημα μπορεί να προσδιοριστεί με σαφήνεια από το συνδυασμό των ελέγχων αξιολόγησης ερεθισμάτων που συμμετέχουν στη συναισθηματική εμπειρία και από τα αποτελέσματά τους. Η αντιστοίχιση συναισθημάτων-ελέγχων παρατίθεται σε μορφή πίνακα στη δημοσίευση των Wehrle et al. [113]. Δεν ορίζεται κάποια συγκεκριμένη σειρά σύμφωνα με την οποία πραγματοποιούνται αυτοί οι έλεγχοι. Αντίθετα, προβλέπεται μια συσσωρευτική επίδραση (cumulative effect) των ελέγχων, που οδηγεί σε αντίστοιχες δράσεις, εκφράσεις κ.ο.κ.

### 2.4.3 Θεωρία Αξιολόγησης Roseman

Η θεωρία του Roseman [87, 88] πρωτοπαρουσιάστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 70 και τροποποιήθηκε αρκετές φορές έκτοτε. Αναγνωρίζει ένα σύνολο από γνωστικές διαστάσεις, οι οποίες καθορίζουν κατά πόσο ένα συναίσθημα εγείρεται και ποιο είναι αυτό το. Αυτές οι διαστάσεις επαναπροσδιορίστηκαν αρκετές φορές. Ωστόσο το μοντέλο που προτάθηκε ποτέ δεν επαληθεύτηκε εμπειρικά. Σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες δημοσιεύσεις ορίζονται επτά διαστάσεις αξιολόγησης:

- αιφνιδιασμός ή αναμενόμενη κατάσταση (unexpectedness)
- η φύση της κατάστασης, περιβάλλον/ συνθήκες (situational state)
- κίνητρα (motivational state)
- πιθανότητα/ απιθανότητα γεγονότος (probability)
- τάση προς δράση (agency)
- έλεγχος/ κυριαρχία επί της κατάστασης (control potential)
- τύπος προβλήματος (problem type)

Εξετάστηκαν 48 συνδυασμοί αυτών των διαστάσεων και έγινε αντιστοίχισή τους σε 13 συναισθήματα. Η δομή της αντιστοίχισης είναι απλή, επιτρέποντας εύκολη μετατροπή της σε κανόνες. Αυτοί οι κανόνες εκφράζουν ακριβώς ποιες αξιολογήσεις εγείρουν ποια συναισθήματα, χαρακτηριστικό που επιτρέπει την υπολογιστική μοντελοποίηση τους.

#### 2.4.4 Θεωρία Τάσεων Δράσης

Κεντρική ιδέα της θεωρίας τάσεων δράσης (action tendency theory), με βασικό υποστηρικτή τον Frijda [35, 37], είναι το *μέλημα*. Ως μέλημα (concern) ορίζεται η προδιάθεση του ατόμου να προτιμάει κάποιες καταστάσεις στο περιβάλλον του και του ίδιου του οργανισμού του. Τα μελήματα δημιουργούν στόχους και προτιμήσεις για το άτομο. Το πρόβλημα προς επίλυση είναι το πώς το άτομο θα πραγματοποιήσει τα μελήματα αυτά και κατά τη διαδικασία αυτή αναπτύσσονται τα συναισθήματα. Η ένταση των συναισθημάτων ορίζεται κυρίως από την ένταση του σχετικού μελήματος.

Για τον Frijda τα συναισθήματα είναι απόλυτα απαραίτητα για να πραγματοποιήσει το άτομο ποικιλία μελημάτων σε ένα αβέβαιο περιβάλλον. Αν προκύψει μια νέα κατάσταση, στη οποία η πραγματοποίηση των μελημάτων αυτών φαίνεται να απειλείται, τότε αναπτύσσονται οι λεγόμενες τάσεις για δράση (action tendencies). Αυτές οι τάσεις είναι στενά συνδεδεμένες με τις συναισθηματικές καταστάσεις και λειτουργούν σαν μηχανισμός ασφαλείας για αυτό που ο Frijda ονομάζει πραγματοποίηση των μελημάτων (concern realization).

### 2.5 Ενοποιητική Θεωρία Βασικής Συγκίνησης

Μια ενδιαφέρουσα θεωρία που διαρκώς κερδίζει έδαφος είναι αυτή του **core affect**, της βασικής συγκινησιακής κατάστασης. Η θεωρία αυτή αναφέρεται και ως ενοποιητική θεωρία (unified theory of affect) καθώς προσπαθεί να συγκεράσει την ιδέα των βασικών συναισθημάτων με μηχανισμούς που εισάγουν οι θεωρίες αξιολόγησης (appraisal theories). Πολλοί ερευνητές, με πιο πρόσφατο εκπρόσωπο τον Russell [91], υποστηρίζουν την ύπαρξη συναισθημάτων, τα οποία είναι *θεμελιώδη* και τα οποία δεν μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω στα συστατικά τους. Ο Russell ισχυρίζεται ότι έννοιες όπως ο θυμός και ο φόβος είναι περισσότερο λαϊκοί παρά επιστημονικοί όροι. Υπογραμμίζει την ανάγκη να καθοριστούν σαφείς επιστημονικοί όροι που να ενοποιούν τις υπάρχουσες θεωρίες για τα συναισθήματα παντρεύουν ιδέες όπως οι διαστάσεις, οι διακριτές κατηγορίες και η αξιολόγηση.

Οι θεμελιώδεις ή βασικές συγκινησιακές καταστάσεις μπορεί να είναι συναισθήματα ή διαθέσεις. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι είναι αυθύπαρκτες, δεν είναι απαραίτητο κάποιο γεγονός/ κάποιο ερέθισμα για να τις βιώσει κανείς. Οι καταστάσεις αυτές είναι μεν πνευματικές (mental), χωρίς όμως να περιλαμβάνουν γνωστικές ή στοχαστικές διεργασίες. Ο άνθρωπος θεωρείται ότι έχει ανά πάσα στιγμή μια βασική συγκινησιακή κατάσταση. Μπορεί να υπάρχει διακύμανση στην έντασή της ή στη διάρκειά της καθώς και στο πόσο συνειδητή είναι στο άτομο, αλλά υπάρχει πάντα.

Για να οριστούν αυτές οι συγκινήσεις, σύμφωνα με τον Russell, αρκούν μόνο δύο διαστάσεις: της ευχαρίστησης (ευχαρίστηση - δυσαρέσκεια) και της ενεργοποίησης (ενεργός - ανενεργός). Σημειωτέον ότι τα ονόματα των διαστάσεων που επιλέγονται δεν εμπεριέχουν καμία διαδικασία αξιολόγησης (όπως συμβαίνει για παράδειγμα στη συγγενική διάσταση της αξιολόγησης που ενέχει τη διαδικασία αξιολόγησης ερεθισμάτων ως ευχάριστα ή δυσάρεστα). Για παράδειγμα, η υπερηφάνεια μπορεί να θεωρηθεί ως το 'να νιώθει κανείς καλά για τον εαυτό του'. Το να 'νιώθει καλά' είναι η βασική συγκινησιακή κατάσταση και το 'για τον εαυτό του' είναι μια επιπλέον γνωστική συστατική (cognitive component). Οι βασικοί όροι που εισάγει ο Russell αναγράφονται στον Πίνακα 2.1.

Έχοντας υπόψη αυτούς τους όρους (Πίνακας 2.1), ένα συναισθηματικό επεισόδιο



Όρος	Περιγραφή
Βασική Συγκινησιακή Κατάσταση (Core Affect)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Είναι μια συναισθηματική κατάσταση που δεν αποδίδεται σε κάποιο αντικείμενο</li> <li>• Είναι θεμελιώδης, δεν αναλύεται, δεν έχει γνωστική συνιστώσα</li> <li>• Πάντα το άτομο είναι υπό κάποια βασική συγκίνηση</li> <li>• Ορίζεται με τις διαστάσεις ευχαρίστησης (ευχαρίστηση/δυσaréσκεια) και ενεργοποίησης (ενεργός/ανενεργός)</li> <li>• Μπορεί να είναι διάθεση ή συναίσθημα</li> </ul>
Αντικείμενο	Ένα άτομο, μια κατάσταση, ένα αντικείμενο ή ένα γεγονός
Συγκινησιακή Ιδιότητα (Affective Quality)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αποδίδεται σε Αντικείμενα</li> <li>• Ορίζεται ως η ικανότητα να προκαλεί ένα Αντικείμενο μεταβολή στη βασική συγκινησιακή κατάσταση</li> </ul>
Αντίληψη της Συγκινησιακής Ιδιότητας	Η αντίληψη της συγκινησιακής ιδιότητας ενός αντικειμένου δεν συνεπάγεται απαραίτητα και αλλαγή στη βασική συγκίνηση
Απόδοση (Affect Attribution)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παρατηρείται μεταβολή στη βασική συγκινησιακή κατάσταση</li> <li>• Έχει γίνει αντιληπτό ένα Αντικείμενο</li> <li>• Αποδίδεται η μεταβολή σε αυτό το Αντικείμενο</li> </ul>
Αξιολόγηση	Γνωστική αξιολόγηση του Αντικειμένου
Δράση	Ενέργειες ως προς το Αντικείμενο
Συναισθηματική Μετα-εμπειρία (Emotional Meta-experience)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η υποκειμενική αντίληψη της εμπειρίας</li> <li>• Κατάταξη της σε κάποια συναισθηματική κατηγορία (από τις 'λαϊκές' κατηγορίες συναισθημάτων)</li> </ul>
Ρύθμιση Συγκινήσεων (Affect Regulation)	Ενέργειες που στοχεύουν στη διαχείριση και/ή τη μεταβολή της βασικής συγκινησιακής κατάστασης (αυτοκυριαρχία - αυτοέλεγχος)

Πίνακας 2.1: Βασικοί όροι κατά Russell

σύμφωνα με τον Russell, αποτελείται από τις εξής συνιστώσες:

- ένα πρότερο γεγονός - αναφέρεται και ως *Αντικείμενο*,
- την αντίληψη της συγκινησιακής ιδιότητας του γεγονότος (εμπεριέχει διαδικασίες αξιολόγησης),
- τη μεταβολή της βασικής συγκινησιακής κατάστασης από το γεγονός - η μεταβολή της κατάστασης μπορεί να είναι διαρκής καθώς το συναισθηματικό επεισόδιο εκτυλίσσεται,
- την απόδοση της μεταβολής της συγκινησιακής κατάστασης στο συγκεκριμένο γεγονός,
- τη γνωστική αξιολόγηση του γεγονότος/ Αντικειμένου, την εκτίμηση της σχέσης του με στόχους, τις επιπτώσεις κτλ
- τη δράση - δεν ορίζεται συγκεκριμένη συναισθηματική δράση και δεν υπάρχουν συγκεκριμένες ενέργειες ή συμπεριφορές που να σχετίζονται με συναισθηματικά επεισόδια,
- τις αλλαγές στη φυσιολογία και στην έκφραση - **δεν** ορίζονται συγκεκριμένες εκφράσεις που να είναι μοναδικές για κάθε συναίσθημα,
- τη συναισθηματική μετα-εμπειρία,
- και τέλος τη ρύθμιση συγκινήσεων.

Ένα συναισθηματικό επεισόδιο είναι ένα γεγονός που ανήκει σε μία συναισθηματική κατηγορία. Έτσι, η γενικότερη κατηγορία μπορεί να είναι ο φόβος, αλλά με αυτή τη θεωρία εξηγείται πως μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές αποχρώσεις του φόβου, όπως ο φόβος όταν βλέπουμε ένα θρίλερ και ο φόβος όταν συναντάμε μια πραγματική αρκούδα.

Είναι σημαντικό ότι δεν ορίζεται καμία σειρά για τις συνιστώσες αυτές που μπορεί να παρουσιάζουν χρονική επικάλυψη, ενώ η συμμετοχή τους στο επεισόδιο δεν είναι απαραίτητη (όπως και στη θεωρία του Scherer - Ενότητα 2.4.2 - όπου δεν συμμετέχουν πάντα όλα τα στάδια ελέγχου και αξιολόγησης των ερεθισμάτων και δεν έχουν συγκεκριμένο χρονισμό). Έτσι, υπάρχουν άπειροι συνδυασμοί που χαρακτηρίζουν διαφορετικά συναισθηματικά επεισόδια. Τα πρωτογενή ή βασικά συναισθήματα είναι ένα υποσύνολο από τα δυνατά επεισόδια, χωρίς όμως να έχουν καμία ιδιαίτερη επιστημονική σημασία σύμφωνα με τον Russell που τα θεωρεί απλά λαϊκά κατασκευάσματα.

## 2.6 Αισθητικά, Εκλεπτυσμένα και Βασικά Συναισθήματα

Τα συναισθήματα στο χώρο της τέχνης αποτελούν ειδική περίπτωση και παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον. Για να προσδιοριστούν τα συναισθήματα που σχετίζονται με την αισθητική και την τέχνη χρησιμοποιείται ο όρος αισθητικά συναισθήματα (aesthetic emotions). Τα αισθητικά συναισθήματα αντιπροσωπεύουν τις συναισθηματικές αντιδράσεις των ανθρώπων στην τέχνη και δεν πρέπει να συγχέονται

με τα συναισθήματα που αναπαρίστανται στην ίδια την τέχνη. Η σύγχυση οφείλεται στο γεγονός ότι τα συναισθήματα που αναπαρίστανται με αυτά που εγείρονται - όπως είναι αναμενόμενο - συχνά ταυτίζονται. Για παράδειγμα, μια θεατρική παράσταση του Τσέχοφ στην οποία ζωντανεύουν θλιβερές ιστορίες διαπροσωπικών σχέσεων αναπαριστά συναισθήματα θλίψης με αποτέλεσμα να τα προκαλεί και στους θεατές της (ανάλογα με το βαθμό ενσυναίσθησης του καθενός). Ωστόσο η διάκριση είναι απαραίτητη, μιας και ο καθένας μπορεί να βιώνει διαφορετικά συναισθήματα στο ίδιο καλλιτεχνικό ερέθισμα καθώς επίσης και ο καλλιτέχνης να εκφράζει με το έργο πληθώρα συναισθημάτων που δεν γίνονται αντιληπτά από όλους τους θεατές.

Στο πλαίσιο της έρευνας στη συναισθηματική υπολογιστική, η διάκριση αυτή είναι κεντρική και διατυπώνεται ως η διαφορά ανάμεσα στα *συναισθήματα που βιώνουμε* (felt emotions) και στα *συναισθήματα που αντιλαμβανόμαστε* (perceived emotions) κατά την αλληλεπίδρασή μας με ένα διαδραστικό σύστημα. Η απόδοση συναισθημάτων από μηχανές ή συστήματα, για παράδειγμα με τη χρήση οπτικοακουστικών μέσων και ο τρόπος που τέτοιου είδους ερεθίσματα γίνονται αντιληπτά σε συγκεκριμένο περιβάλλον, εξετάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο για την αλληλεπίδραση και συγκεκριμένα στην Ενότητα 5.1.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα διάκριση είναι αυτή της αισθητικής ηδονής - ως έννοια απόλαυσης των έργων τέχνης (αυτό που ορίσαμε ως αισθητικά συναισθήματα) - από τη βίωση της ίδιας της πραγματικότητας. Υπάρχουν ερευνητές που ισχυρίζονται ότι αυτές οι δύο έννοιες ταυτίζονται. Για παράδειγμα, ο Belfiore [7] παραθέτει τη συμπνία και το φόβο που βιώνουμε όταν παρακολουθούμε το βασιλιά Οιδίποδα ως το συναισθήματα εξίσου αληθινά με αντίστοιχα που θα νιώθαμε στην πραγματική ζωή και όχι διαφορετικά, ευχάριστα, αισθητικά συναισθήματα. Αυτή η διάκριση χρονολογείται από την εποχή του James [49] με τη διάσημη δημοσίευση 'Τι είναι ένα συναίσθημα;' το 1884. Εκεί αντιπαρατίθενται τα **αδρά συναισθήματα** (coarse emotions), με τα **αισθητικά συναισθήματα** που εγείρονται σε επαφή με την τέχνη.

Τα αδρά συναισθήματα σύμφωνα με τον James εκδηλώνονται με την ίδια την αντίδρασή μας σε ένα ερέθισμα, η αντίδραση δηλαδή αποτελεί τη βίωση του συναισθήματος. Τα συναισθήματα αυτά χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη σωματική αναστάτωση, έντονες αντιδράσεις στη συμπεριφορά σε σύντομο χρονικό διάστημα και σχετικά απλές σχέσεις γεγονός-συναισθήματος. Πρόκειται δηλαδή για τα βασικά συναισθήματα που μελέτησαν μεταγενέστεροι ερευνητές όπως ο Frijda, ο Lazarus και ο Ekman. Ο πιο χαρακτηριστικός τρόπος να εξηγηθούν είναι με ένα γεγονός που εγείρει συναίσθημα όπως το να συναντήσει κάποιος μία αρκούδα στο δάσος. Η διαφορά των αδρών συναισθημάτων από τα αισθητικά είναι ότι τα δεύτερα τα βιώνουμε χωρίς να έχουμε τάσεις να αντιδράσουμε σε αυτά και άρα χωρίς να παρουσιάζουμε έντονες συμπεριφορές (όπως η επίθεση, το πλησίασμα ή η φυγή) κατά τη διάρκεια της εμπειρίας. Αφορούν συνήθως σύνθετα γεγονότα ή λεπτές αποχρώσεις ενός γεγονότος και συνεπώς αδικούνται από τους τίτλους των αδρών συναισθημάτων.

Πιο πρόσφατες έρευνες ενισχύουν αυτή τη διάκριση των συναισθημάτων σε **αισθητικά** και σε **λειτουργικά** (utilitarian). Συγκεκριμένα ο Zentner και οι συνεργάτες του, μελετώντας τα συναισθήματα που εγείρονται ακούγοντας μουσική [120], στηρίζουν την άποψη ότι τα λειτουργικά συναισθήματα αφορούν συγκεκριμένες καταστάσεις και αντιδράσεις που κρίνονται απαραίτητες για την προσαρμογή σε αυτές τις καταστάσεις. Αντίθετα τα αισθητικά συναισθήματα είναι ανεξάρτητα από οποιονδήποτε λειτουργικό περιορισμό. Δεν έχει νόημα ο έλεγχος αν καθώς βιώνουμε ένα καλλιτεχνικό κομμάτι ικανοποιείται κάποιος πρωταρχικός προσωπικός μας στόχος.

Τα αισθητικά συναισθήματα παρουσιάζονται κατά την εκτίμηση των εγγενών χαρακτηριστικών ενός έργου τέχνης ή μιας παράστασης ή της ομορφιάς της φύσης. Παραδείγματα αισθητικών συναισθημάτων είναι η συγκίνηση ή ο θαυμασμός, το δέος και η κατάπληξη, η έκσταση, η ευδαιμονία, η σαγήνη, η αρμονία και ο ενθουσιασμός.

Συνεπώς, είναι προφανές ότι από την πληθώρα των συναισθημάτων, υπάρχουν κάποιες κατηγορίες (ή κάποιες περιοχές, αν χρησιμοποιούμε τη διαστατική περιγραφή) οι οποίες συνήθως **δεν** προκαλούνται από την τέχνη. Στην προαναφερθείσα μελέτη του Zetner ορισμένα συναισθήματα όπως η ζήλια, η ντροπή ή η ενοχή αναφέρονται σπάνια ή καθόλου από τους συμμετέχοντες που ακούν μουσική. Συγκεκριμένα αρνητικά συναισθήματα παρατηρήθηκαν πιο σπάνια. Οι ερευνητές της μελέτης αποδίδουν το γεγονός αυτό στο ότι οι άνθρωποι βιώνουν την τέχνη με ένα πιο αποστασιοποιημένο τρόπο, μακριά από τις ανάγκες του πραγματικού κόσμου. Από την άλλη υπήρχαν συναισθήματα όπως η κατάπληξη ή το αίσθημα γαλήνης που αναφέρθηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα από ότι στην καθημερινότητα. Ο Zetner και οι συνεργάτες του, συλλέγοντας τις παρατηρήσεις των συμμετεχόντων όρισαν ένα μοντέλο συγκεκριμένο για τη μουσική, το οποίο περιλαμβάνει ένα ειδικό λεξιλόγιο που πιάνει τις αποχρώσεις και τις ιδιαιτερότητες των συναισθηματικών αντιδράσεων των ανθρώπων στη μουσική.

Το 2007 οι Frijda και Sundararajan [36] δημοσίευσαν μια μελέτη για τα μη-αδρά συναισθήματα (non-coarse emotions), τα οποία και αποκαλούν 'εκλεπτυσμένα' (refined emotions). Το ενδιαφέρον είναι ότι διατείνονται ότι τα εκλεπτυσμένα συναισθήματα **δεν** αποτελούν υποσύνολο των συναισθημάτων. Αντίθετα ισχυρίζονται ότι η εκλεπτυσση αποτελεί μία εκδοχή ίσως για όλα τα συναισθήματα που μπορούν να οριστούν με τη γλώσσα. Υπάρχει εκλεπτυσμένος θυμός, αγάπη και έκσταση όπως και αδρός και ξεκάθαρος θυμός, αγάπη ή έκσταση. Η ανάλυση τους δείχνει πως τα εκλεπτυσμένα συναισθήματα συνοδεύονται μεν από λίγα εξωτερικά σημάδια, αλλά εξακολουθούν να συνοδεύονται από δυνατά αισθήματα. Συγκεκριμένα, μοιράζονται τα εξής χαρακτηριστικά: εγείρονται υπό αποστασιοποιημένες και συγκρατημένες διαθέσεις, είναι αποτέλεσμα συνεχούς και εκτεταμένης αξιολόγησης των γεγονότων/ ερεθισμάτων που τα προκαλούν (σε μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με μια πρώτη εντύπωση) και περιλαμβάνουν εικονικές καταστάσεις ετοιμότητας για δράση αντί για πραγματικές έντονες αντιδράσεις ή καταπιεσμένες παρορμήσεις.

Σύμφωνα με τον Frijda, ενώ τα εκλεπτυσμένα συναισθήματα μπορούν να εξηγηθούν από τις βασικές θεωρίες για το συναίσθημα, παράλληλα αποκαλύπτουν χαρακτηριστικά της συναισθηματικής ζωής που παραβλέπονται κατά τη μελέτη των βασικών συναισθημάτων. Αν και η θεωρία των εκλεπτυσμένων συναισθημάτων είναι άμεσα συσχετισμένη με την απόλαυση της τέχνης, τα συμπεράσματα αυτά μπορούν να έχουν ισχύ και σε περιπτώσεις όπως είναι η αλληλεπίδραση ανθρώπων με ευφυή συστήματα που έχουν σαν σκοπό τη διασκέδαση.

Εξετάζοντας συνολικά το θέμα παρατηρούνται δύο κεντρικές τάσεις για τα αισθητικά συναισθήματα. Η μια τα αντιμετωπίζει ως υποσύνολο του ευρύτερου συνόλου των συναισθημάτων, χωρίς τάσεις για αντίδραση και χωρίς να συνοδεύονται από έντονες συμπεριφορές, ενώ η άλλη τα θεωρεί ίδιας κατηγορίας με τα υπόλοιπα συναισθήματα, απλά πιο εκλεπτυσμένα. Η αντίφαση αυτή δεν είναι απαραίτητα προβληματική από τη σκοπιά της συναισθηματικής υπολογιστικής. Οι θεωρίες αυτές μας παρέχουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που χρειάζονται για να επιλεχθούν οι συναισθηματικές καταστάσεις προς υπολογιστική μοντελοποίηση. Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι το περιβάλλον, οι συνθήκες και το θέμα στην περίπτωση αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής είναι καθοριστικές παράμετροι για το ποια συναισθήματα επιβάλ-

λεται να ληφθούν υπόψη στη διαδικασία μοντελοποίησης.

## 2.7 Συμπεράσματα

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της διατριβής. Προσεγγίζει ζητήματα ορισμού, κατανόησης και αναπαράστασης συναισθηματικών επεισοδίων από τη σκοπιά των θεωρητικών επιστημών και κυρίως της ψυχολογίας. Μελετήθηκαν οι επικρατέστερες τάσεις και προσεγγίσεις με στόχο την αξιοποίηση τους στην εξέλιξη ζητημάτων συναισθηματικής υπολογιστικής. Ένα πρώτο συμπέρασμα από αυτή τη μελέτη είναι η μεγάλη διαφοροποίηση που παρατηρείται στις επιμέρους θεωρίες και η μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στις ποικίλες αναπαραστάσεις. Καθώς η συναισθηματική υπολογιστική είναι μια διεπιστημονική προσέγγιση που αφορά στην υπολογιστική μοντελοποίηση τέτοιων θεωριών, είναι αναμενόμενο κάποιες από τις θεωρίες μιας επιστήμης να ταιριάζουν περισσότερο στη διαδικασία αναζήτησης νέας γνώσης στον διεπιστημονικό χώρο.

Στην παρούσα μελέτη των θεωριών συναισθημάτων, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε σε αυτές που ασχολούνται εις βάθος με τις γνωστικές και σωματικές διαδικασίες που συμμετέχουν κατά τη διάρκεια ενός συναισθηματικού επεισοδίου. Σε αντιδιαστολή με τις θεωρίες που αντιμετωπίζουν τα εμφανή συμπτώματα του συναισθήματος στην εκφραστικότητα του προσώπου και του σώματος, οι θεωρίες αξιολόγησης παρέχουν μηχανισμούς πρόβλεψης για τα χαρακτηριστικά των συναισθηματικών αντιδράσεων ενός ατόμου ανάλογα με το ερέθισμα που δέχεται και τον τρόπο που το αξιολογεί.

Η έννοια της βασικής συγκίνησης (core affect) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μιας και συνδυάζει χαρακτηριστικά από πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις και καταφέρνει να αναδείξει την ευελιξία στη διαδικασία κατανόησης των συναισθηματικών διεργασιών. Δεν υπάρχει απόλυτος τρόπος και σωστή ή λάθος προσέγγιση. Η θεώρηση ύπαρξης βασικών συναισθημάτων μπορεί να συνυπάρχει με τη μελέτη συναισθηματικών εκφράσεων με τη χρήση δύο ή παραπάνω διαστάσεων.

Σκοπός της παρούσας διατριβής δεν είναι να επεκτείνει τις υπάρχουσες θεωρίες, αλλά να τις χρησιμοποιήσει σαν θεμέλιο για τη μοντελοποίηση συναισθηματικής συμπεριφοράς σε μία μηχανή.

Έτσι, δυνητικά, όλα τα θεωρητικά μοντέλα από το χώρο της ψυχολογίας είναι σημαντικά για τη συναισθηματική υπολογιστική, διότι μπορούν να αποτελέσουν βάση για τον καθορισμό αντίστοιχων υπολογιστικών μοντέλων. Αυτά με τη σειρά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσα/ εργαλεία για να βοηθήσουν στην υποστήριξη ή και στην ανακατασκευή των αρχικών θεωριών. Είναι πηγές παραγωγικής γνώσης που διαθέτουν προβλεπτική και επεξηγηματική ισχύ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διατύπωση νέων υποθέσεων και να βοηθήσουν την επιστημονική ανακάλυψη.

Ενδεικτική είναι η περίπτωση των αισθητικών συναισθημάτων για να γίνει ορατή η σημασία που έχει το πλαίσιο στο οποίο μελετώνται τα συναισθήματα κάθε φορά. Αν και πολλές θεωρίες έχουν διατυπωθεί για το ρόλο της γνωστικής αξιολόγησης στις συναισθηματικές εμπειρίες, οι περισσότερες προσεγγίσεις εστιάζουν σε περιπτώσεις που το άτομο αντιμετωπίζει έντονα και ακραία ερεθίσματα που απειλούν την επιβίωση του. Προφανώς τα συμπεράσματα αυτά δεν μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν στην περίπτωση αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής, που είναι και το κύριο μέλημα της συναισθηματικής υπολογιστικής.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται επισκόπηση στους τρόπους υπολογιστικής μοντελοποίησης της συμπεριφοράς που έχουν επικρατήσει τα τελευταία χρόνια στο χώρο

της τεχνητής νοημοσύνης και της γνωστικής επιστήμης. Οριοθετείται η θέση των υπολογιστικών μοντέλων συναισθημάτων μέσα στην ευρύτερη ερευνητική περιοχή και παρουσιάζεται μια σύνδεση των επικρατέστερων μοντελοποιήσεων σύμφωνα με τις θεωρίες ψυχολογίας που παρουσιάστηκαν στο παρόν κεφάλαιο. Τέλος παρουσιάζονται σε βάθος τα υπολογιστικά μοντέλα που αποτελούν αντικείμενο της παρούσης διατριβής ενώ το βάρος δίνεται στη συμβολή της παρούσας διατριβής στην εξέλιξη τους.

□

# Κεφάλαιο 3

## Υπολογιστικά Μοντέλα Συναισθημάτων

Τα υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων έχουν σαν στόχο να μετατρέψουν τους θεωρητικούς ισχυρισμούς, που μελετήθηκαν στο Κεφάλαιο 2, σε σαφείς κανόνες και συσχετίσεις που να μπορούν να γίνουν κατανοητές από μια μηχανή. Διακρίνονται στα μοντέλα που έχουν σκοπό την αναγνώριση και κατανόηση της ανθρώπινης συναισθηματικής συμπεριφοράς και σε αυτά που στοχεύουν στην προσομοίωση ανθρώπινης συμπεριφοράς από συνθετικούς/εικονικούς χαρακτήρες.

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η υπολογιστική αυτή προσέγγιση στη μοντελοποίηση των συναισθημάτων κρίνεται απαραίτητη πρώτα μια αποσαφήνιση όρων και μια χαρτογράφηση του ερευνητικού πεδίου από τις επιμέρους επιστημονικές σκοπιές της συναισθηματικής υπολογιστικής, όπως αυτή της πληροφορικής, της τεχνητής νοημοσύνης και της γνωστικής ψυχολογίας. Ποια η σχέση των μοντέλων αυτών με τα γνωστικά μοντέλα (cognitive models) (Ενότητα 3.1); Πώς σχετίζονται τα μοντέλα με τις γνωστικές αρχιτεκτονικές (cognitive architectures) και πώς με τους ευφυείς πράκτορες (intelligent agents) (Ενότητα 3.2); Τι είναι το υπολογιστικό μοντέλο BDI, πώς συνδέεται με τους πράκτορες με πρακτική συλλογιστική (rational agents) και πώς με πράκτορες που μπορούν να επιδείξουν συναισθήματα (Ενότητα 3.3);

Το κύριο βάρος, όμως, στο παρόν κεφάλαιο δίνεται στην παρουσίαση και ανάλυση της συμβολής της διατριβής στο χώρο της υπολογιστικής μοντελοποίησης θεωριών συναισθήματος. Παρουσιάζονται δύο προσεγγίσεις, μία σε επίπεδο σύνθεσης εκφράσεων προσώπου (Ενότητα 3.7) και μία σε επίπεδο σύνθεσης μη-λεκτικής συμπεριφοράς μιας οντότητας σε έναν εικονικό κόσμο (Ενότητα 3.8).

### 3.1 Γνωσιακές Αρχιτεκτονικές

Οι γνωσιακές αρχιτεκτονικές (cognitive architectures) είναι ο αντίποδας των έμπειρων συστημάτων. Ενώ τα έμπειρα συστήματα παρέχουν εξειδικευμένη συμπεριφορά σε στενά καθορισμένα πλαίσια, η έρευνα σε επίπεδο αρχιτεκτονικής στοχεύει να καλύψει μεγαλύτερο εύρος πεδίων και εργασιών (tasks). Η αρχιτεκτονική θεώρηση μοντελοποιεί, πέρα από την ευφυή συμπεριφορά, δομικές ιδιότητες σε επίπεδο συστήματος και όχι σε επίπεδο μεθόδων/ διεργασιών.

Ως γνωσιακή αρχιτεκτονική ορίζεται η μεθοδολογία για τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης νόησης με σκοπό τη δημιουργία και την κατανόηση συνθετικών πρακτόρων να που μπορούν να υποστηρίξουν ικανότητες ίδιες με αυτές του ανθρώπου. Εν

αντιθέσει με τα γνωστικά μοντέλα (cognitive models), των οποίων στόχος είναι να μοντελοποιήσουν συγκεκριμένα ανθρώπινα γνωστικά υποσυστήματα και διεργασίες (όπως η επίλυση προβλημάτων, οι τύποι μάθησης, η αντίληψη, η μνήμη, το συναίσθημα κτλ), στόχος της γνωσιακής αρχιτεκτονικής είναι να σχεδιαστούν ολοκληρωμένα συστήματα που να ενεργούν έξυπνα ανεξαρτήτως συνθηκών ή εννοιολογικού πλαισίου (η άποψη αυτή ανήκει στην Ενοποιημένη γνωσιακή θεωρία - Unified theory of cognition [76]). Συνήθως τα συστήματα αυτά δεν εξαρτώνται από τιμές παραμέτρων (σε αντίθεση με τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα), αν και μπορεί να περιλαμβάνουν και διαδικασίες μάθησης.

Οι ερευνητές του χώρου μοιράζονται την άποψη ότι, προκειμένου να γίνει κατανοητή μια γνωστική διεργασία (είτε από άνθρωπο είτε από ζώο ή από μηχανή), είναι απαραίτητο να μπορεί να υλοποιηθεί σε ένα σύστημα που λειτουργεί. Οι απόψεις για το τι μορφή μπορεί να έχει ένα τέτοιο σύστημα δίστανται. Κάποιοι θεωρούν ότι πρέπει απαραίτητα να είναι ένα υπολογιστικό σύστημα, ενώ άλλοι υποστηρίζουν εναλλακτικά μοντέλα, όπως τα δυναμικά συστήματα (dynamical systems).

Δύο βασικές προσεγγίσεις του σχεδιασμού μιας αρχιτεκτονικής είναι: (α) η συμβολική (symbolic), η οποία αντιμετωπίζει το μυαλό σαν υπολογιστή, εστιάζει στη δημιουργία γνώσης και στην εφαρμογή της σε διάφορες καταστάσεις, και (β) η υπο-συμβολική (sub-symbolic), στην οποία δεν υπάρχουν προκαθορισμένοι κανόνες και το σύστημα στηρίζεται στις αναδυόμενες ιδιότητες των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας.

Οι πρώτες θεωρίες γνωσιακής αρχιτεκτονικής, όπως η SOAR [59] (κλασικός εκπρόσωπος συμβολικής προσέγγισης) και η ACT-R [4] (υβριδικής προσέγγισης), αρχικά εστίαζαν στις εσωτερικές διεργασίες επεξεργασίας πληροφοριών ενός ευφυούς πράκτορα όπως είναι η συλλογιστική διαδικασία, ο σχεδιασμός, η επίλυση προβλημάτων και η μάθηση εννοιών. Πιο πρόσφατα, πολλές αρχιτεκτονικές (όπως πάλι η SOAR [58] και η ACT-R καθώς και η ICARUS [60] και CLARION [107]) έχουν επεκταθεί και μοντελοποιούν και μηχανισμούς αντίληψης και δράσης καθώς και συναισθηματικές καταστάσεις, διαθέσεις και κίνητρα.

Από την οπτική γωνία της συναισθηματικής υπολογιστικής είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι παρά τον αναγνωρισμένο κεντρικό ρόλο του συναισθήματος στην ανθρώπινη συμπεριφορά είναι ακόμα λίγα τα συστήματα που μοντελοποιούν τους μηχανισμούς του. Ο Langley σε μια πρόσφατη επισκόπηση του τομέα [61] υπογραμμίζει την ανάγκη οι νέες αρχιτεκτονικές να επιδεικνύουν συναισθήματα με τρόπους που να συνδέονται άμεσα με άλλες γνωστικές διαδικασίες και να επηρεάζουν την ευφυή συμπεριφορά. Τονίζει επίσης, τη σημασία της σωματικής υπόστασης (embodiment) και την έλλειψη μοντελοποίησης των συγκρούσεων που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση σώματος και πνεύματος στους ανθρώπους.

## 3.2 Ευφυείς Πράκτορες

Από τη σκοπιά της πληροφορικής και της τεχνητής νοημοσύνης βασικός σκοπός είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση υπολογιστικών προγραμμάτων που να μπορούν να ενεργούν σαν αυτόνομες, λογικές οντότητες/πράκτορες (autonomous, rational agents), προγράμματα που να μπορούν από μόνα τους να παίρνουν καλές αποφάσεις για το τι ενέργειες πρέπει να εκτελέσουν και να προχωρούν στην εκτέλεσή τους. Τέτοιες εφαρμογές ποικίλουν από μικρά προγράμματα που μπορούν να κάνουν έξυπνες αναζητήσεις στο διαδίκτυο και να αγοράζουν/πουλάνε προϊόντα ηλεκτρονικού εμπορίου, μέχρι αυτόνομα ανεπάνδρωτα διαστημικά εξερευνητικά οχήματα, (χαρακτη-



ριστικό παράδειγμα είναι το space probe της NASA [75]). Σήμερα χρησιμοποιούνται υπολογιστικές οντότητες/πράκτορες για να ταξινομούν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, να προτείνουν σελίδες στο διαδίκτυο ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη, να διευκολύνουν τον προγραμματισμό των υποχρεώσεων ή για να δικτυώνουν άτομα με παραπλήσια ενδιαφέροντα.

Ως πράκτορας (agent) ορίζεται μια οντότητα που αντιλαμβάνεται το περιβάλλον μέσα στο οποίο βρίσκεται με τη βοήθεια αισθητήρων (sensors), είναι μέρος του περιβάλλοντος αυτού, κάνει συλλογισμούς και δρα μέσα σε αυτό με τη βοήθεια μηχανισμών δράσης (effectors), για την επίτευξη κάποιων στόχων. Βασικό χαρακτηριστικό του πράκτορα είναι το λεγόμενο *agency*, η έννοια δηλαδή της αυτονομίας του, της δυνατότητας του να αυτενεργεί για την επίτευξη των στόχων του.<sup>1</sup>

### 3.2.1 Ταξινόμηση Πρακτόρων

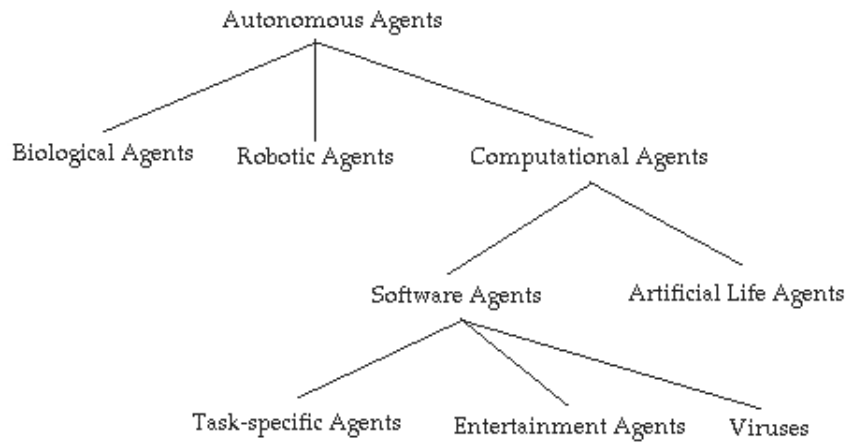
Πολλοί είναι οι τύποι πρακτόρων που συναντώνται στην βιβλιογραφία. Προκειμένου να γίνει σαφές ποιοι πράκτορες ανήκουν στο πεδίο της συναισθηματικής υπολογιστικής, καθώς και πώς συνδέονται με υπολογιστικά μοντέλα συναισθήματος παρατίθεται μια σύντομη κατηγοριοποίηση των τύπων πρακτόρων που συναντώνται στη βιβλιογραφία. Στο Σχήμα 3.1 βλέπουμε μια ιεραρχική ταξινόμηση πρακτόρων όπως αυτή προτάθηκε από τους Franklin και Graesser [34]. Οι βιολογικοί πράκτορες χρησιμοποιούν τις αισθήσεις τους για να αντιληφθούν το γύρω κόσμο, τις γνώσεις τους για να βγάλουν συμπεράσματα για αυτόν, και τα μέρη του σώματος τους για να εφαρμόσουν τις ενέργειες που προκύπτουν από τη συλλογιστική τους. Εκτός από τους βιολογικούς πράκτορες υπάρχουν και οι τεχνητοί, ρομποτικοί και υπολογιστικοί πράκτορες. Οι ρομποτικοί πράκτορες έχουν σαν αισθητήρες και μηχανισμούς δράσης μηχανικά ή ηλεκτρονικά μέρη και δρουν στον πραγματικό κόσμο. Οι υπολογιστικοί πράκτορες χωρίζονται σε ευφυείς λογισμικούς πράκτορες (intelligent software agents ή softbots) που είναι προγράμματα και δρουν σε ένα υπολογιστικό σύστημα και σε πράκτορες οι οποίοι επιδεικνύουν δραματουργικές συμπεριφορές τεχνητής ζωής (artificial life agents).

Επειδή οι πράκτορες αποτελούν κοινό πεδίο ενδιαφέροντος για πολλές περιοχές της επιστήμης υπολογιστών, ανάλογα με τη σκοπιά, από την οποία εξετάζονται χαιρούν και διαφορετικής αντιμετώπισης:

- στην τεχνητή νοημοσύνη θεωρούνται ευφυείς οντότητες
- στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό θεωρούνται οντότητες (αντικείμενα)
- στον παράλληλο προγραμματισμό είναι οντότητες που εκτελούνται παράλληλα
- στο πεδίο επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής είναι οντότητες που παίρνουν πρωτοβουλία σε συνεργασία με το χρήστη για να επιτελέσουν τα καθήκοντά τους

Υπάρχουν οι ακόλουθες δύο σύγχρονες θεωρήσεις για τους πράκτορες:

<sup>1</sup>Η απόδοση του όρου agent ως πράκτορας έχει ήδη καθιερωθεί στην ελληνική βιβλιογραφία. Δυστυχώς η λέξη πράκτορας (ακόμα και στους ειδικούς της επιστημονικής περιοχής) ακόμα παραπέμπει περισσότερο σε μυστικό ή τουριστικό πράκτορα και όχι σε μια διεργασία λογισμικού που εκτελεί ενέργειες και ευφυείς υπολογισμούς. Μια εναλλακτική απόδοση θα ήταν αυτενεργή ηλεκτρονική οντότητα, αλλά αποφεύγεται για λόγους συνέπειας με τα υπάρχοντα κείμενα.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ιεραρχικής ταξινόμησης πρακτόρων

- Χαλαρή θεώρηση (weak notion of agency): Γενικά οι πράκτορες πρέπει να είναι αυτοπροσδιοριζόμενοι (self-contained) και να εκτελούνται ταυτόχρονα με κάποιους άλλους (concurrently executing). Η άποψη αυτή διευρύνει την έννοια πράκτορας στο πλαίσιο της τεχνολογίας λογισμικού και θεωρεί ότι οι πράκτορες δεν πρέπει απαραίτητα να είναι 'ευφυείς'.
- Ισχυρή θεώρηση (strong notion of agency): Από την οπτική γωνία της τεχνητής νοημοσύνης, οι πράκτορες πρέπει να έχουν γνώση (knowledge), πεποιθήσεις (beliefs), επιθυμίες (desires), προθέσεις (intentions) και υποχρεώσεις (obligations). Η άποψη αυτή προϋποθέτει ότι κατέχουν ένα αυστηρά καθορισμένο μοντέλο του κόσμου μέσα στον οποίο λαμβάνουν αποφάσεις με τη χρήση της συλλογιστικής τους.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των πρακτόρων που τους διαφοροποιούν από απλά προγράμματα σύμφωνα με το Wooldridge [115] είναι τα εξής:

- Αυτονομία (autonomy) - λειτουργούν χωρίς την άμεση παρέμβαση των χρηστών ή άλλων πρακτόρων και έχουν αυτοέλεγχο/αυτενέργεια. Έχουν τη δυνατότητα να επιδιώκουν στόχους χωρίς να δέχονται συνέχεια εντολές από το χρήστη ή κάποια άλλη εξωτερική πηγή.
- Κοινωνικότητα (social ability) - επικοινωνούν με άλλους πράκτορες και χρήστες μέσω μιας κοινά κατανοητής γλώσσας έτσι ώστε να μπορούν να συνεργαστούν για την επίτευξη των στόχων τους.
- Αντιδραστικότητα (reactiveness) - μπορούν να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και να αντιδρούν μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια στις αλλαγές και στα γεγονότα.
- Προνοητικότητα (pro-activeness) - δεν αντιδρούν απλά στο περιβάλλον αλλά είναι ικανοί να επιδείξουν και συμπεριφορά που βασίζεται σε στόχους, λαμβάνοντας ουσιαστικά πρωτοβουλία ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος τους. Τόσο η προνοητικότητα όσο και η αντιδραστικότητα απαιτούν σε κάποιο βαθμό τη δυνατότητα συλλογισμού από τον πράκτορα.

Είναι σαφές λοιπόν ότι ένας πράκτορας μπορεί να είναι ένας εικονικός χαρακτήρας με σωματική υπόσταση ή μπορεί να επιδεικνύει στοιχεία ανθρώπινης συμπεριφοράς όπως ομιλία, χωρίς να έχει κάποια γραφική σωματική αναπαράσταση. Μπορεί επίσης απλά να πραγματοποιεί υπολογισμούς και να ενεργεί υπό συγκεκριμένες συνθήκες όπως θα έκανε ένας άνθρωπος και το αποτέλεσμα των ενεργειών να χρησιμοποιείται ως είσοδος σε κάποιο άλλο πρόγραμμα/ σύστημα.

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής μας ενδιαφέρει η οπτική γωνία της επικοινωνίας ανθρώπου μηχανής και συγκεκριμένα της συναισθηματικής υπολογιστικής. Συνεπώς, περισσότερη έμφαση δίνεται στα μοντέλα πρακτόρων που υιοθετούν την ισχυρή θεώρηση (strong notion of agency). Ένας καθιερωμένος διαχωρισμός που συνάδει με αυτή την προσέγγιση είναι αυτός σε:

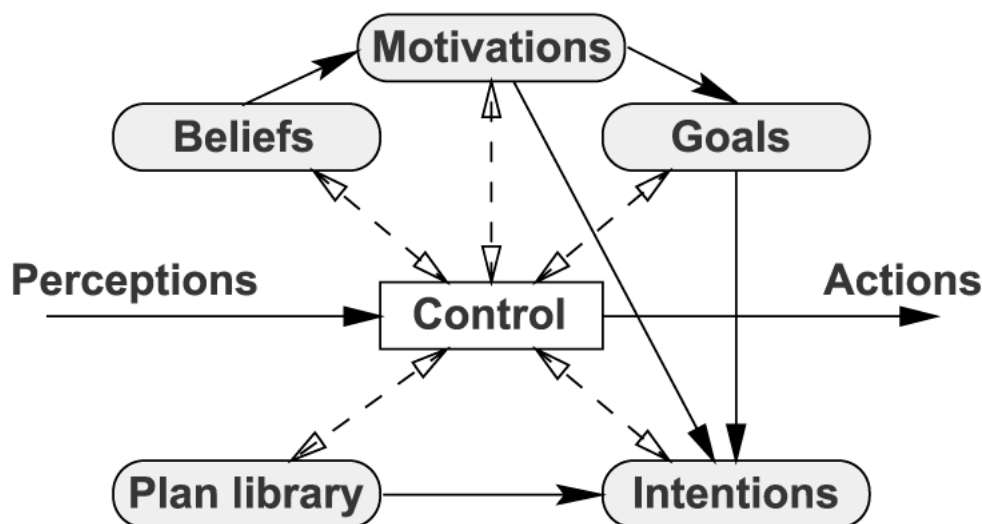
- πράκτορες με εσωτερική κατάσταση - στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι υπολογιστικοί πράκτορες BDI (Ενότητα 3.3), έχουν μια εσωτερική συμβολική αναπαράσταση του περιβάλλοντος και ένα σύνολο κανόνων βάσει των οποίων καθορίζουν την επόμενη ενέργεια τους.
- αντιδραστικούς πράκτορες (reactive agents) - δεν έχουν εσωτερική αναπαράσταση του κόσμου, η συμπεριφορά τους είναι βασισμένη σε μια φιλοσοφία ερεθίσματος/ αντίδρασης (stimulus/response).
- υβριδικοί πράκτορες - στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι χαρακτήρες συνομιλητών με σωματική υπόσταση/ embodied conversational agents (Ενότητα 3.4), αποτελούν το συνδυασμό των δύο προηγούμενων αρχιτεκτονικών και αποτελούνται από τουλάχιστον δύο επίπεδα, ένα για την αντιδραστική συμπεριφορά και ένα για τη συμπεριφορά με εσωτερική κατάσταση.

### 3.3 Το Μοντέλο BDI

Το μοντέλο BDI προέρχεται από το τρίπτυχο Belief-Desire-Intention (απόψεις, επιθυμίες, προθέσεις) και πρόκειται για ένα υπολογιστικό μοντέλο που αναπτύχθηκε για τον προγραμματισμό λογισμικών πρακτόρων (software agents). Στηρίζεται στην ιδέα της μίμησης της λογικής συμπεριφοράς σύμφωνα με θεωρητικά μοντέλα ανθρώπινης συλλογιστικής. Οι πράκτορες αυτοί ανήκουν στην κατηγορία των πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση οι οποίοι ονομάζονται και πράκτορες πρακτικής συλλογιστικής (rational agents).

Μια οντότητα καλείται να ορίσει συγκεκριμένους στόχους (goals) ή να διαχειριστεί συγκεκριμένα γεγονότα και η πληροφορία αυτή περιέχεται στις επιθυμίες (desires) της οντότητας. Πρέπει επίσης να έχει στη διάθεση της ένα σύνολο από σχέδια για να επιτεύξει τους στόχους της, τα σχέδια αυτά είναι οι προθέσεις (intentions). Τέλος κάθε σχέδιο περιγράφει πώς επιτυγχάνεται ένας στόχος υπό διαφορετικά περιβάλλοντα, αυτό αποτελεί μια άποψη (belief).

Η μετατροπή των τριών αυτών όρων και των συσχετίσεων τους σε γλώσσα μηχανής - κατά τον προγραμματισμό ηλεκτρονικών οντοτήτων - επιτρέπει την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Στην ουσία προσφέρει ένα μηχανισμό για το διαχωρισμό της επιλογής ενός σχεδίου (από ένα σύνολο υποψήφιων σχεδίων) και της εκτέλεσης αυτού του σχεδίου. Κατά συνέπεια οι οντότητες BDI μπορούν να μοιράζουν το χρόνο επεξεργασίας ανάμεσα στην επιλογή σχεδίων δράσης και στην εκτέλεση τους. Μια τρίτη



Σχήμα 3.2: Αρχιτεκτονική μοντέλου BDI

διεργασία είναι αυτή της δημιουργίας των σχεδίων (ο σχεδιασμός), που δεν αποτελεί αντικείμενο του μοντέλου BDI και εναπόκειται στο σχεδιαστή του συστήματος.

Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο διαχωρισμός, ένα λογισμικό μοντέλο BDI υλοποιεί τις βασικές αρχές της θεωρίας του Michael Bratman για την ανθρώπινη/πρακτική συλλογιστική (practical reasoning) [12]. Για τον Bratman η πρόθεση και η επιθυμία είναι και οι δύο προδιαθέσεις. Οι προδιαθέσεις ορίζονται ως νοερές στάσεις/διαθέσεις που αφορούν τη δράση (pro-attitudes: mental attitudes concerned with action). Η πρόθεση να είναι αυτή που καθορίζει το τελικό ποιόν του πράκτορα. Για το διαχωρισμό τους χρησιμοποιεί την έννοια της διάπραξης (commitment). Η διάπραξη εξασφαλίζει τη χρονική διάρκεια στα σχέδια και στη δημιουργία περαιτέρω σχεδίων με βάση τα σχέδια που έχουν ήδη διαπραχθεί. Ένα σχέδιο αποτελείται από ένα σύνολο βημάτων, κάποια μπορεί να προκαλούν την εκτέλεση άλλων σχεδίων. Ο ιεραρχικός ορισμός των σχεδίων υπονοεί και τη χρονική τους διάρκεια μιας και το αρχικό σχέδιο που προκάλεσε την εκτέλεση επιμέρους σχεδίων συνεχίζει να είναι υπό εκτέλεση.

Το μοντέλο BDI συνδέεται στενά με τους ευφυείς εικονικούς χαρακτήρες (intelligent virtual agents), αλλά δεν επαρκεί από μόνο του να διασφαλίσει όλα τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με μια τέτοια οντότητα. Για παράδειγμα, δεν προβλέπει τίποτα για την επικοινωνία μεταξύ οντοτήτων. Συνολικά το μοντέλο αυτό είναι περισσότερο μια προσπάθεια να λυθεί το πρόβλημα του σχεδιασμού (με την επιλογή και εκτέλεση σχεδίων) παρά του προγραμματισμού ευφυών οντοτήτων.

Ωστόσο, υπάρχουν υβριδικά μοντέλα που υιοθετούν την προσέγγιση BDI μαζί με συστήματα που επιτρέπουν τη διαχείριση διαλόγου (dialogue management systems) και προσφέρουν τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με ανθρώπινους χρήστες, μέσω διάφορων εκφραστικών μέσων, όπως η ομιλία και οι μη-λεκτικές εκφράσεις. Απαραίτητη προϋπόθεση για την υλοποίηση ενός τέτοιου πράκτορα είναι ο αυστηρός ορισμός του πεδίου δράσης του, του εννοιολογικού πλαισίου της αλληλεπίδρασης (context of interaction). Βάσει αυτού, ορίζονται σε γλώσσα μηχανής οι στόχοι του πράκτορα, η γνώση του για τον κόσμο, καθώς και οι συλλογιστικές μέθοδοι που θα ακολουθεί, οι ενέργειες που θα εκτελεί, το πως θα ερμηνεύει τις σχετικές ανθρώπινες ενέργειες κτλ.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι (μεμονωμένες προς το παρόν) περιπτώσεις που το μοντέλο BDI έχει χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο πρόβλεψης/ αναγνώρισης συναισθηματικών καταστάσεων [51, 1]. Στο πλαίσιο εκπαιδευτικού περιβάλλοντος το μο-

ντέλο BDI επιτρέπει τη μοντελοποίηση της συλλογιστικής του εκπαιδευόμενου, ενώ με την ταυτόχρονη υλοποίηση του μοντέλου αξιολόγησης OCC [80], μπορούν να προβλεφθούν οι συναισθηματικές καταστάσεις του. Πιο συγκεκριμένα, αναγνωρίζοντας τις καταστάσεις που μπορεί να προκαλέσουν συναισθήματα στο χρήστη το σύστημα προσπαθεί να βγάλει συμπεράσματα για τα συναισθήματα του χρήστη βάσει των προβλέψεων του μοντέλου OCC.

### 3.4 Χαρακτήρες Συνομιλητών με Σωματική Υπόσταση

Αποδίδουμε τον όρο ‘*embodied conversational agent*’ (συναντάται στη βιβλιογραφία με τη συντομογραφία ECA) με τη φράση ‘*χαρακτήρας συνομιλητή με σωματική υπόσταση*’ και έτσι αναφερόμαστε σε υπολογιστικούς πράκτορες (computational agents) που έχουν εικονική/ σωματική υπόσταση και έχουν τη δυνατότητα να συνομιλούν και να επιδεικνύουν ανθρώπινη συμπεριφορά με τις αντιδράσεις τους, τις χειρονομίες τους και τις εκφράσεις του προσώπου τους. Πρόκειται λοιπόν για ένα τύπο διεπαφής που αξιοποιεί πολλαπλά εκφραστικά μέσα (multimodal interface). Στην ταξινόμηση των πρακτόρων που συναντήσαμε προηγουμένως (Σχήμα 3.1), οι ECA ανήκουν στην κατηγορία πρακτόρων οι οποίοι επιδεικνύουν δραματουργικές συμπεριφορές τεχνητής ζωής (artificial life agents). Συχνά, σύμφωνα με μια πιο απλοποιημένη θεώρηση αναφέρονται είτε ως ευφυείς εικονικοί πράκτορες (intelligent virtual agents) είτε και ως λογισμικοί πράκτορες (software agents), δεδομένου ότι, σε τελική ανάλυση, είναι άλλο ένα πρόγραμμα λογισμικού που τρέχει σε μια μηχανή.

Οι χαρακτήρες συνομιλητή με σωματική υπόσταση είναι ιδανικοί για πληθώρα μη-παραδοσιακών καταστάσεων αλληλεπίδρασης με μηχανές/ υπολογιστές. Η πιο διαδεδομένη εμφάνιση τους είναι σε παιχνίδια υπολογιστών (computer games), όπου μια τέτοια επικοινωνία είναι πιο συναρπαστική από ένα παραδοσιακό περιβάλλον επικοινωνίας με σκέτο κείμενο (plain text). Επίσης, συνήθης είναι η χρήση των χαρακτήρων αυτών σε περιβάλλοντα εικονικής εκπαίδευσης (virtual training environments), σε ατομικές συσκευές πλοήγησης, σε συστήματα αφήγησης ιστοριών (storytelling systems), καθώς και σε αυτοματοποιημένους παρουσιαστές και σχολιαστές.

Έχει αποδειχθεί ερευνητικά ότι οι χρήστες δείχνουν προτίμηση στη μη-λεκτική επικοινωνία της εσωτερικής κατάστασης ενός πληροφοριακού συστήματος με σωματική υπόσταση, παρά σε μια λεκτική ένδειξη. Το εύρημα αυτό ενισχύει την αξία των επιπλέον εκφραστικών μέσων στην επικοινωνία πέραν του διαλόγου [68]. Ένα βασικό πλεονέκτημα ενός ECA είναι ότι η αλληλεπίδραση μαζί του μπορεί να λαμβάνει χώρα ταυτόχρονα με άλλες εργασίες, χωρίς να αποσπά το χρήστη από αυτές. Επίσης έχει αποδειχθεί ότι η παρουσίαση δεδομένων με τη χρήση ενός εικονικού χαρακτήρα οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα ανάκλησης της πληροφορίας αυτής [8]. Τα ευρήματα αυτά επιδέχονται επιπλέον ελέγχους, δεδομένου ότι οι περισσότεροι χρήστες ακόμα δεν είναι εξοικειωμένοι με τέτοιες οντότητες, επηρεάζοντας έτσι τα αποτελέσματα λόγω καινοφάνειας (novelty effects), επιδράσεις που αναμένεται να εξασθενήσουν στο μέλλον.

Δύο κεντρικά θέματα από τη σκοπιά επικοινωνίας ανθρώπου μηχανής ως προς τους ECA και γενικά τους εικονικούς πράκτορες είναι το πόσο πιστευτοί (believable) είναι σαν οντότητες στους χρήστες με τους οποίους αλληλεπιδρούν, καθώς και κατά πόσο δημιουργούν και διατηρούν την αίσθηση της παρουσίας τους (sense of presence) στο ‘χώρο’. Είναι ενδιαφέρον ότι σε πρώιμες μελέτες παρατηρήθηκε ότι όσο πιο πιστευτός ήταν ένας εικονικός χαρακτήρας, τόσο πιο άβολα ένιωθαν μαζί του οι χρήστες [23].

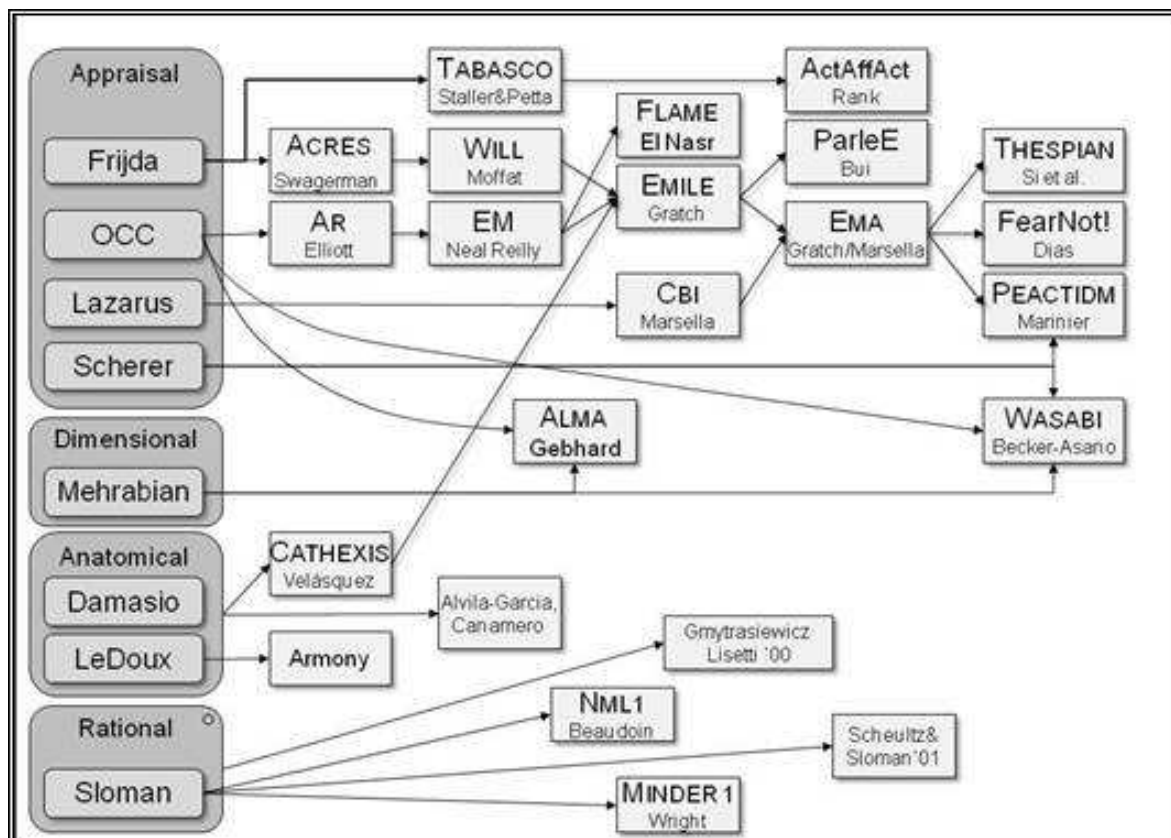


Σχήμα 3.3: Η Greta, χαρακτήρας συνομιλητή με σωματική υπόσταση

Στην ίδια έρευνα καταγράφηκε ότι όσο πιο πιστευτός ήταν ο χαρακτήρας τόσο περισσότερες ήταν οι προσδοκίες των χρηστών από αυτόν. Η κοινωνική αλληλεπίδραση τείνει να αυξάνει το πόσο πιστευτός είναι ένας τέτοιος χαρακτήρας, τον καθιστά πιο αξιόπιστο, ενώ αυξάνεται και η προσήλωση (engagement) του χρήστη στο σύστημα [110].

Μια παρανόηση που συναντάται συχνά όταν γίνεται αναφορά σε ECA είναι η ταύτιση της γραφικής αναπαράστασης του χαρακτήρα με τη συνολική οντότητα του συνομιλητή. Οι ECAs έχουν μια σύνθετη αρχιτεκτονική, ένα κομμάτι της οποίας είναι και η γραφική τους αναπαράσταση ως εικονικοί χαρακτήρες με σωματική υπόσταση. Η αρχιτεκτονική αυτή αποτελείται τουλάχιστον από τα εξής δύο επίπεδα: ένα επίπεδο για την αντιδραστική συμπεριφορά (reactive behaviour) και ένα επίπεδο για τη συμπεριφορά με εσωτερική κατάσταση, καθιστώντας τους έτσι στην κατηγορία των υβριδικών πρακτόρων.

Υπάρχουν ψηφίδες λογισμικού που υλοποιούν τη γραφική αναπαράσταση ενός εικονικού χαρακτήρα, όπως αυτή του Microsoft Agent [2] ή της Java3D [109] καθώς και εξειδικευμένες ψηφίδες που υλοποιούν το πρότυπο MPEG-4 [112] για την απεικόνιση/ εμφύχωση εικονικών χαρακτήρων, όπως η Greta [30] (Σχήμα 3.3) και η Alice του προγράμματος Xface [117]. Η παρανόηση οφείλεται στο γεγονός ότι συχνά στη βιβλιογραφία δεν γίνεται διάκριση στην αναφορά της υποκείμενης μηχανής γραφικών του πράκτορα και στον ίδιο τον πράκτορα ως υπολογιστική οντότητα. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της Greta, ο κώδικας για τη γραφική αναπαράσταση του πράκτορα είναι ελεύθερα διαθέσιμος. Υπάρχει όμως και μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική πίσω από τη γραφική αναπαράσταση, η οποία συνεχώς εξελίσσεται από την ομάδα της Pelachaud και η οποία προσδίδει στην Greta ικανότητες διαλόγου καθώς και μη-λεκτικής συμπεριφοράς. Οι ψηφίδες λογισμικού που αναφέρθηκαν αποτελούν το front end της διεπαφής και επιτρέπουν την υλοποίηση της επικοινωνίας με άλλες ψηφίδες λογισμικού που αναλαμβάνουν την αναγνώριση των ενεργειών και της κατάστασης του χρήστη που αλληλεπιδρά με τον πράκτορα, καθώς και τις διαδικασίες συλλογιστικής, αναπαράστασης γνώσης και επιλογής επόμενων κινήσεων/ ενεργειών. Είναι στο χέρι κάθε ερευνητικής ομάδας πώς θα υλοποιήσει αυτές τις διεργασίες και πώς θα ορίσει τη μεταξύ τους επικοινωνία.



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα υπολογιστικών μοντέλων/ κατηγοριοποίηση βάσει θεωρίας

### 3.5 Επισκόπηση Υπολογιστικών Μοντέλων Συναισθημάτων

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, τα υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων έχουν σαν στόχο να μετατρέψουν τους θεωρητικούς ισχυρισμούς, που μελετήθηκαν στο Κεφάλαιο 2, σε σαφείς κανόνες και συσχετίσεις που να μπορούν να γίνουν κατανοητές από μια μηχανή. Διακρίνονται στα μοντέλα που έχουν σκοπό την αναγνώριση και κατανόηση της ανθρώπινης συναισθηματικής συμπεριφοράς και σε αυτά που στοχεύουν στην προσομοίωση ανθρώπινης συμπεριφοράς από συνθετικούς/εικονικούς χαρακτήρες.

Στο διάγραμμα 3.4 αναγράφονται τα κυριότερα υπολογιστικά μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια, κατηγοριοποιημένα σύμφωνα με την προσέγγιση που υιοθετούν. Παρατίθεται μια σύντομη περιγραφή για ορισμένα από αυτά, έτσι ώστε να γίνει ένα σκαρίφημα με τις ευρύτερες τάσεις του ερευνητικού αυτού χώρου και να είναι ευκρινέστερη η σύνδεση με τη συμβολή της παρούσας διατριβής. Σαν ευρύτερες τάσεις αναγνωρίζονται τα εξής δίπολα: (α) το υπολογιστικό μοντέλο έχει σαν στόχο να κατανοήσει τη συναισθηματική διαδικασία παρατηρώντας την ανθρώπινη συμπεριφορά ή το μοντέλο επικεντρώνεται στη σύνθεση τεχνητής συναισθηματικής συμπεριφοράς, (β) το μοντέλο εστιάζει σε συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο (context) και υιοθετεί αναπαράσταση γνώσης και μεθόδους συλλογιστικές σύμφωνα με αυτό το πλαίσιο ή προσεγγίζει το θέμα ανεξαρτήτως συγκεκριμένων συνθηκών.

## Το Μοντέλο EMA

Το υπολογιστικό μοντέλο EMA (EMotion and Adaptation) των Marsella και Gracth [42, 67], προσπαθεί να ποσοτικοποιήσει τις προβλέψεις θεωριών αξιολόγησης και να συστήσει τη μεθοδολογία που θα καθορίσει την ένταση και τη διάρκεια των συναισθηματικών επεισοδίων. Σκοπός του είναι να ερευνήσει σε βάθος τις σχέσεις των γνωσιακών μηχανισμών αξιολόγησης ερεθισμάτων, των συναισθημάτων και των διαδικασιών αντιμετώπισης τους από το υποκειμένο (coping).

Πρόκειται για ένα εύρωστο μοντέλο που στηρίζεται στη γνωσιακή αρχιτεκτονική SOAR [59, 58], περιλαμβάνοντας αναπαράσταση γνώσης και λαμβάνοντας υπόψη του πληθώρα γνωστικών διεργασιών όπως η προσοχή, η αντίληψη, η κατανόηση, ενημέρωση μιας πεποίθησης, η αναθεώρηση ενός πλάνου/ σχεδίου κ.ο.κ..

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το υπολογιστικό αυτό μοντέλο, ενώ στις πρώτες του εκδόσεις επικεντρωνόταν στην εξομοίωση ανθρώπινης συμπεριφοράς σε εικονικά περιβάλλοντα στρατιωτικής εκπαίδευσης, στην τελευταία αναθεωρημένη έκδοση του εστιάζει στην κατανόηση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα καθώς εγείρεται ένα συναισθηματικό επεισόδιο, σε αντιδιαστολή με μοντέλα όπως το ALMA (Υποενότητα 3.5) και το OCC (Υποενότητα 3.5.1) που έχουν σχεδιαστεί με σκοπό τη σύνθεση τεχνητής συναισθηματικής συμπεριφοράς.

## Το Μοντέλο FLAME

Το μοντέλο FLAME (fuzzy-logic adaptive model of emotion) [27] χρησιμοποιεί ασαφή λογική για την αντιστοίχιση γεγονότων και παρατηρήσεων σε συναισθηματικές καταστάσεις. Στοχεύει στη μοντελοποίηση δυναμικής συμπεριφοράς ενός πράκτορα σε αντιδιαστολή με αντιδράσεις που στηρίζονται σε κανόνες και σε γνώση που έχει οριστεί εκ των προτέρων. Οι προβλέψεις και οι επιδόσεις του FLAME έχουν αξιολογηθεί στο πλαίσιο μιας εξομοίωσης της συμπεριφοράς ενός κατοικίδιου.

## Το Μοντέλο FearNot

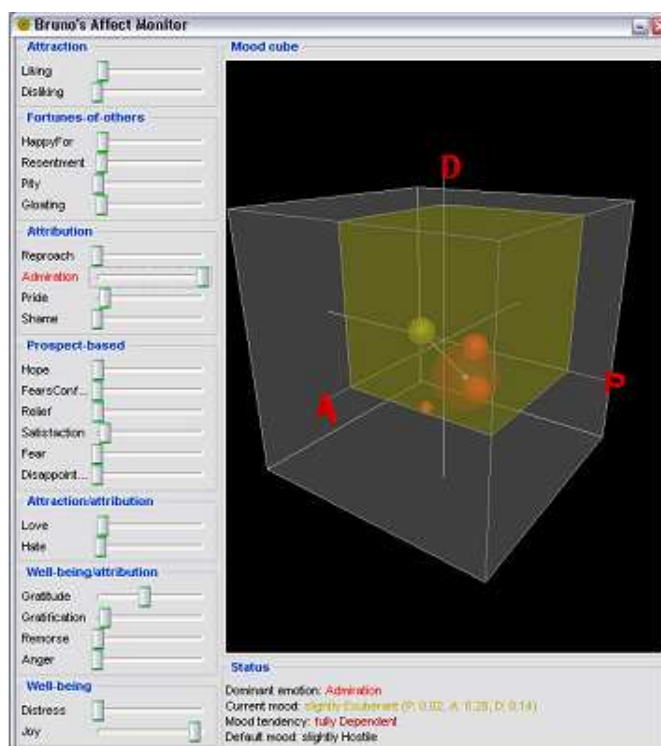
Το μοντέλο FearNot [81] υιοθετεί μια εφαρμοσμένη προσέγγιση και έχει υλοποιηθεί σε ένα μαθησιακό περιβάλλον όπου εικονικοί χαρακτήρες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Απευθύνεται σε παιδιά ηλικίας 8-12 ετών και έχει σαν σκοπό να τα εξοικειώσει με το πώς να αντιδρούν σε σενάρια που κάποιο άλλο παιδί τα φοβερίζει/ ενοχλεί (bullying). Οι εικονικοί χαρακτήρες του FearNot παρουσιάζουν συναισθηματική συμπεριφορά, η οποία καθορίζεται από τις θεωρητικές προβλέψεις του OCC. Πρόκειται για μια προσέγγιση η οποία είναι άρρηκτα δεμένη με το σενάριο του περιβάλλοντος. Κατ' αυτό τον τρόπο δυνατή η αναπαράσταση γνώσης και ο σχεδιασμός επόμενων κινήσεων από ένα ορισμένο εκ των προτέρων σύνολο δυνατών αντιδράσεων.

## Το Μοντέλο ALMA

Το μοντέλο ALMA (A Layered Model of Affect), ένα μοντέλο με διαφορετικά επίπεδα που πρόσφατα ανέπτυξε ο Gebhard [39], επεκτείνει τη μελέτη των συγκινησιακών φαινομένων για να συμπεριλάβει, εκτός από τα συναισθήματα, τις διαθέσεις (moods) και τα χαρακτηριστικά προσωπικότητας (personality traits) (Σχήμα 3.5).

Στηρίζεται στη θεωρία OCC για τη μοντελοποίηση των συναισθημάτων [80], στο μοντέλο προσωπικότητας πέντε παραγόντων (Five Factor Model [71] και στη θεωρία





Σχήμα 3.5: ALMA - Μοντέλο Συγκινήσεων Διάφορων Εντάσεων

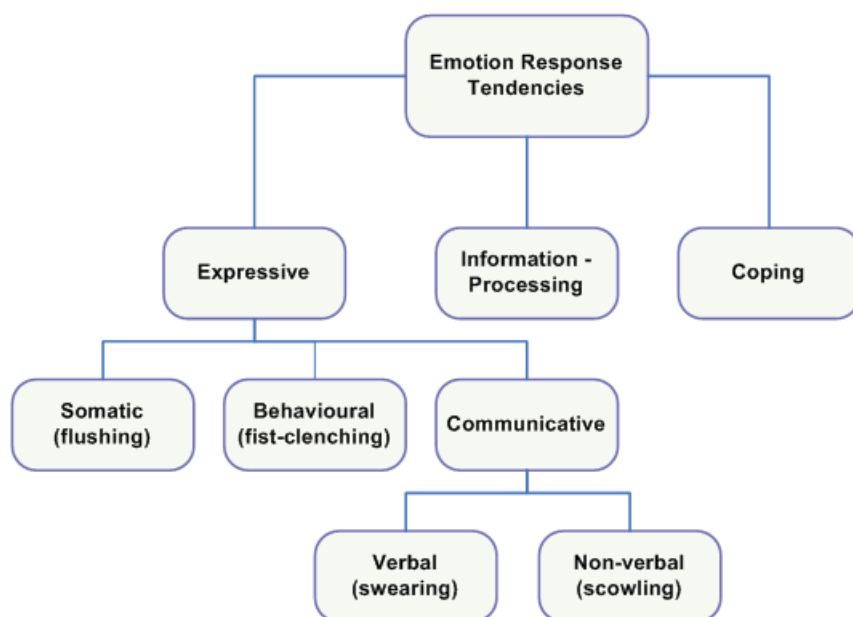
του Mehrabian για τις διαθέσεις, σύμφωνα με την οποία η διάθεση υπολογίζεται ως ο μέσος όρος από τις συναισθηματικές καταστάσεις που βιώνει το άτομο σε μια σειρά από σημαντικά γεγονότα [72].

Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο τρισδιάστατο Σχήμα 3.5, ορίζει με διακριτό τρόπο τη διάθεση του ατόμου ως ένα ογδοημόριο από τις διαστάσεις pleasure, arousal, dominance που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 2.3. Για παράδειγμα, η χαλαρή διάθεση ορίζεται από το ογδοημόριο με θετικό P, αρνητικό A, και θετικό D. Ο Gebhard χρησιμοποιεί τις διαθέσεις για να εντείνει ή να μειώσει την ένταση των συναισθηματικών επεισοδίων και χρησιμοποιεί τα συναισθηματικά επεισόδια για να μοντελοποιήσει αλλαγές στη διάθεση.

Το μοντέλο ALMA έχει υλοποιηθεί ως μηχανή υπολογισμού συναισθηματικής κατάστασης, χωρίς αυτή να συνδεθεί με κάποια οντότητα. Έχει αξιολογηθεί η αληθοφάνεια των συναισθηματικών καταστάσεων και της μετάβασης από κατάσταση σε κατάσταση με τη χρήση γραπτών περιγραφών των συναισθηματικών καταστάσεων [40]

### 3.5.1 Υπολογιστική Τροποποίηση της Θεωρίας OCC

Η θεωρία OCC έχει κριθεί από πληθώρα ερευνητών ως η πλέον αρμόζουσα για τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης συναισθηματικής συμπεριφοράς. Αποτελεί το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα υπολογιστικής εφαρμογής θεωρητικού μοντέλου που μπόρεσε με τα συμπεράσματα του να τροποποιήσει την αρχική θεωρία στην οποία στηρίχθηκε. Για του λόγου το αληθές, ο Ortony λίγο πάνω από μια δεκαετία μετά την αρχική δημοσίευση της θεωρίας OCC διατύπωσε μια απλοποιημένη/αναθεωρημένη μορφή του μοντέλου, η οποία λαμβάνει υπόψη τις εμπειρίες και τα ευρήματα που παρουσίασε η μέχρι τότε μοντελοποίηση της συμπεριφοράς ενός εικονικού χαρακτήρα με OCC από διάφορες ερευνητικές ομάδες [79].



Σχήμα 3.6: Συναισθηματικές τάσεις για αντίδραση στο αναθεωρημένο μοντέλο OCC

Σύμφωνα με το αναθεωρημένο μοντέλο OCC, κάθε τύπος συναισθήματος συνδέεται με μια ποικιλία από πιθανές αντιδράσεις. Θεωρείται ότι όλα τα συναισθήματα μοιράζονται το σύνολο των τάσεων για αντίδραση (response tendencies) και η διαφοροποίηση έγκειται στο βαθμό συμμετοχής κάθε τάσης στην εκάστοτε συναισθηματική κατάσταση. Ο Ortony ορίζει τρεις βασικούς τύπους τάσης για συναισθηματική αντίδραση: σε επίπεδο εκφραστικότητας (expressive), σε επίπεδο επεξεργασίας πληροφοριών και σε επίπεδο ικανότητας του ατόμου να ανταποκριθεί (coping) - Σχήμα 3.6.

Η επεξεργασία συναισθήματος που τελικά οδηγεί στη συμπεριφορά του εικονικού χαρακτήρα είναι, σύμφωνα με την τροποποιημένη έκδοση του OCC, μία διαδικασία πέντε βημάτων [6]:

1. Κατηγοριοποίηση (classification): Ο πράκτορας αποτιμά τα γεγονότα, τις ενέργειες και τα αντικείμενα που 'υπάρχουν' στον κόσμο τη συγκεκριμένη στιγμή, με βάση την εκ των προτέρων γνώση που έχει. Το μοντέλο OCC προβλέπει 22 ξεχωριστές κατηγορίες συναισθημάτων. Ακολουθώντας την κατάλληλη διαδρομή στο Σχήμα 2.3 που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, καταλήγουμε στην κατηγορία συναισθήματος που αναλογεί στον πράκτορα με βάση την τρέχουσα κατάσταση του κόσμου. Τόσο πολλά διακριτά συναισθήματα είναι δύσκολο να αποδοθούν και επιπλέον μερικά μπορεί να είναι πολύ συγγενικά μεταξύ τους. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα του μοντέλου OCC, ο Ortony πρότεινε πέντε θετικές κατηγορίες συναισθημάτων (χαρά, ελπίδα, ανακούφιση, περηφάνια, ευγνωμοσύνη, αγάπη) και πέντε αρνητικές (αναστάτωση, φόβο, απογοήτευση, τύψη, θυμό, μίσος).
2. Ποσοτικοποίηση (quantification): προσδιορίζεται η κατηγορία συναισθήματος που επηρεάζεται, με βάση την ένταση του γεγονότος ή της ενέργειας ή του αντικειμένου που προκάλεσε το συναίσθημα. Ιδιαίτερα χρήσιμη κρίνεται η διατήρηση ενός ιστορικού (history) των γεγονότων / ενεργειών / αντικειμένων που είχαν προηγηθεί της τρέχουσας κατάστασης του κόσμου. Έτσι για παρά-

δειγμα ένα γεγονός που επαναλαμβάνεται, θα έχει όλο και λιγότερη επίδραση στη συναισθηματική κατάσταση του πράκτορα.

3. Αλληλεπίδραση (interaction) (δεν προβλέπεται από το κλασικό μοντέλο OCC): Το συναίσθημα που προκύπτει από την τρέχουσα κατάσταση του κόσμου αλληλεπιδρά και τροποποιεί τη συναισθηματική κατάσταση που είχε διαμορφώσει ο πράκτορας προηγουμένως, π.χ. αν ήταν λυπημένος και γίνει κάτι θετικό δεν θα γίνει κατ' ευθείαν χαρούμενος, αλλά λιγότερο λυπημένος, ανάλογα και με την ένταση του γεγονότος / ενέργειας / αντικειμένου.
4. Αντιστοίχιση (mapping): Το μοντέλο OCC προβλέπει 22 κατηγορίες συναισθημάτων. Αν ένας πράκτορας δεν μπορεί να τις αναπαραστήσει όλες, πρέπει να γίνει κάποια αντιστοίχιση μεταξύ των κατηγοριών που παράγει το μοντέλο και αυτών που πραγματικά μπορεί να αναπαραστήσει ο πράκτορας. Σύμφωνα με τον Ekman, αν χρησιμοποιούμε μόνο εκφράσεις του προσώπου για να αποδώσουμε τα συναισθήματα του πράκτορα, αρκούν έξι βασικές κατηγορίες συναισθημάτων (χαρά, λύπη, θυμός, απέχθεια, φόβος, έκπληξη). Με αυτό το σκεπτικό, όλα τα θετικά συναισθήματα αντιστοιχίζονται σε 'χαρά' (αποδιδόμενη με διάφορα χαμόγελα), ενώ τα αρνητικά σε 'λύπη', 'θυμό', 'απέχθεια' ή 'φόβο', ενώ η 'έκπληξη' δεν αντιστοιχεί σε καμία κατηγορία συναισθημάτων του μοντέλου OCC.
5. Έκφραση (expression): Ο πράκτορας πρέπει να εκφράσει τη συναισθηματική του κατάσταση με τρόπο που να γίνει αντιληπτή. Η έκφραση προσώπου, η ομιλία, η στάση σώματος, και οι ενέργειες του πράκτορα πρέπει να είναι συνεπείς στην απόδοση της ίδιας συναισθηματικής κατάστασης.

Η αναθεωρημένη έκδοση του μοντέλου OCC δεν έχει εξεταστεί μέχρι σήμερα με υπολογιστικό τρόπο. Εξακολουθεί να έχει κάποιες αδυναμίες ως προς τη μοντελοποίηση πραγματικής συμπεριφοράς καθώς δεν συνοδεύεται από κάποιο είδος αναπαράστασης γνώσης. Έτσι, ένας πιθανός εικονικός χαρακτήρας δεν έχει μνήμη ούτε μπορεί να επεξεργάζεται πληροφορίες ή να έχει την ικανότητα να ανταποκρίνεται σε τυχαίες καταστάσεις.

Στην κριτική μελέτη του αναθεωρημένου μοντέλου OCC ο Bartneck [6] προτείνει την επέκτασή του με ιστορικό, αλληλεπίδραση, και με ιδιαίτερη προσωπικότητα για κάθε πράκτορα. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι καθοριστικές για τις επακόλουθες ερευνητικές επιλογές της παρούσας διατριβής.

### 3.6 Υπολογιστική Αναπαράσταση Προβλέψεων Θεωριών Αξιολόγησης

Η συστηματική μελέτη των επικρατέστερων ψυχολογικών θεωριών συναισθημάτων και η μετατροπή τους σε σαφώς ορισμένα υπολογιστικά μοντέλα, καθώς και η πειραματική εξακρίβωση των θεωρητικών προβλέψεων συμβάλλει τόσο στον εμπλουτισμό και την επέκταση των υπάρχοντων υπολογιστικών τρόπων μοντελοποίησης της ανθρώπινης συναισθηματικής συμπεριφοράς όσο και στην ενίσχυση ή ανακατασκευή των αρχικών θεωριών. Η μοντελοποίηση της ανθρώπινης συναισθηματικής συμπεριφοράς, αφορά τόσο στις μεθόδους **αναγνώρισης** συναισθηματικών καταστάσεων κατά την ανθρώπινη παρατήρηση, όσο και στη **σύνθεση** αντίστοιχης συμπεριφοράς σε εικονικούς χαρακτήρες με ανθρώπινη/ σωματική υπόσταση.

Το επόμενο βήμα λοιπόν μετά τη μελέτη των επικρατέστερων ψυχολογικών θεωριών συναισθημάτων είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων εφαρμογής των προβλέψεων τους. Η επισκόπηση των υπολογιστικών μοντέλων οδηγεί στην επιλογή των θεωριών αξιολόγησης (appraisal theories) για υπολογιστική υλοποίηση και ως πεδίο εφαρμογής αυτό της εμφύχωσης εικονικών χαρακτήρων (virtual agent animation). Οι θεωρίες αξιολόγησης αναδεικνύονται οι καταλληλότερες σύμφωνα με απαιτήσεις που ορίζει το πεδίο της συναισθηματικής υπολογιστικής, καθώς παρέχουν συγκεκριμένη πρόβλεψη ενδιάμεσων εκφράσεων/ αντιδράσεων ενός υποκειμένου, ανάλογα με την αξιολόγηση των εξωτερικών ερεθισμάτων, σύμφωνα πάντα με κάποια κριτήρια.

Δεδομένου ότι υπάρχει πληθώρα μοντέλων που στηρίζονται στη θεωρία αξιολόγησης, και στηριζόμενοι στην αναλυτική βιβλιογραφική έρευνα του χώρου (Ενότητα 2.4), επιλέξαμε να ελέγξουμε υπολογιστικά την εγκυρότητα των προβλέψεων για τις θεωρίες αξιολόγησης του Klaus Scherer (Component Process Model - CPM) και των Ortony, Clore και Collins (OCC).

Το CPM παρέχει αναλυτικές προβλέψεις για τις κινήσεις σημείων του προσώπου κατά τη διάρκεια ενός συναισθηματικού επεισοδίου. Η παρούσα διατριβή ελέγχει την εγκυρότητα των θεωρητικών προβλέψεων του CPM μέσα από μια διαδικασία σύνθεσης εκφράσεων στο πρόσωπο ενός εικονικού χαρακτήρα (Ενότητα 3.7).

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ένα τρόπο επέκτασης και επαλήθευσης της αναθεωρημένης θεωρίας OCC 3.5.1 ορίζοντας ένα νέο υπολογιστικό μοντέλο και υλοποιώντας το μέσα από τη σύνθεση της εκφραστικότητας ενός εικονικού χαρακτήρα σε ένα εικονικό περιβάλλον (Ενότητα 3.8).

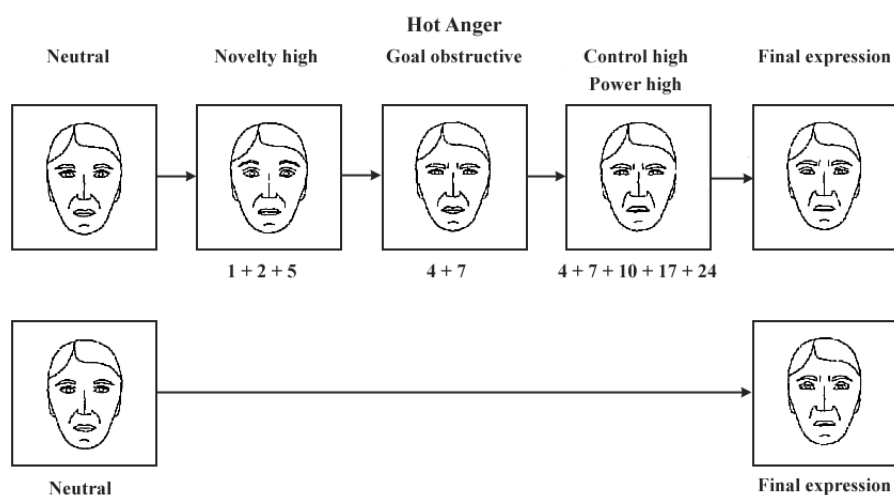
### 3.7 Εμφύχωση Εκφράσεων σε Συνθετικά Μοντέλα Προσώπου

Η θεωρία αξιολόγησης του Scherer και συγκεκριμένα το component process model (Ενότητα 2.4.2) συνδέει τα αποτελέσματα των ενδιάμεσων ελέγχων αξιολόγησης ερεθισμάτων (stimulus evaluation checks - SECs) με συγκεκριμένες μετατοπίσεις μυών στην περιοχή του προσώπου. Σύμφωνα με τις προβλέψεις αυτές κάθε συναίσθημα μπορεί να προσδιοριστεί με σαφήνεια από τα αποτελέσματα των ελέγχων που λαμβάνουν χώρα και από τον αντίκτυπο που αυτοί έχουν στους μύες του προσώπου. Προβλέπεται μια συσσωρευτική επίδραση (cumulative effect) των ελέγχων, η οποία οδηγεί σε αντίστοιχες αντιδράσεις και εκφράσεις.

Ο Wehrle και οι συνεργάτες του [113] πραγματοποίησαν μια πρώτη προσπάθεια επαλήθευσης της θεωρίας component process model (CPM). Σκοπός τους ήταν να παράγουν συνθετικές εικόνες από ανθρώπινες εκφράσεις σύμφωνα με τις προβλέψεις του CPM και να μετρήσουν το κατά πόσο τα συναισθήματα γίνονται αντιληπτά από ανθρώπους που βλέπουν τις εικόνες αυτές. Για την παραγωγή των εικόνων αυτών χρησιμοποίησαν το Facial Action Coding System (FACS), ένα σύστημα που χρησιμοποιείται συχνά από ψυχολόγους (Υποενότητα 3.7.1).

Η έξοδος αυτού του συστήματος είναι στατικές εικόνες σε μορφή σχίτσου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.7. Στην ίδια μελέτη έχει δημοσιευθεί ένας αναλυτικός πίνακας, ο οποίος ορίζει ποιες μυϊκές ομάδες μετατοπίζονται υπό την επίδραση καθενός από τους ελέγχους αξιολόγησης ερεθισμάτων.

Σε μία πιο πρόσφατη μελέτη εκφράσεων προσώπου, ο Scherer και ο Ellgring [100] ισχυρίζονται πως η αξιολόγηση θεωρητικών προβλέψεων οφείλει να πραγματοποιείται



Σχήμα 3.7: Απεικόνιση των ενδιάμεσων σταδίων του θυμού στη μελέτη των Wehrle et al.

με τη μελέτη εκφράσεων προσώπου από ηθοποιούς (actor portrayal study). Τονίζουν τη σημασία αυτής της τεχνητής προσέγγισης, σε αντιδιαστολή με τη διαδικασία της ανάλυσης εκφράσεων προσώπου από εικόνες και βίντεο σε φυσικές συνθήκες. Ο ισχυρισμός αυτός παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αγγίζει τη μία άκρη του διπόλου ‘συναισθήματα που αναπαρίστανται από ηθοποιούς’ (acted emotions) - ‘συναισθήματα που παρατηρούνται σε φυσικές συνθήκες’ (naturallistic emotion episodes).

Το κύριο σώμα της μελέτης στηρίζεται σε δεδομένα από μια βάση μεγάλης κλίμακας με πορτρέτα/ στατικές εικόνες 12 επαγγελματιών ηθοποιών, καθώς απεικονίζουν 14 συναισθήματα. Κεντρικό συμπέρασμα των ερευνητών είναι ότι δεν υπάρχουν τεκμήρια για την ύπαρξη συγκεκριμένων εκφράσεων και μυικών ομάδων που να συνδέονται με συγκεκριμένα συναισθήματα (επιχειρώντας έτσι να διαψεύσουν τις θεωρίες βασικών συναισθημάτων). Τα αποτελέσματα αυτά τα ερμηνεύουν ως ενθαρρυντικά για την περαιτέρω διερεύνηση των προβλέψεων των θεωριών αξιολόγησης που οι ίδιοι προσβέβουν.

Ανάμεσα στις λιτές συνθετικές εικόνες-σκίτσα της πρώτης μελέτης [113] και στη μελέτη εικόνων από ζωντανούς ηθοποιούς [99] υπάρχει ένα ανεξερεύνητο πεδίο, αυτό της σύνθεσης των εκφράσεων με την αξιοποίηση αρτιότερης και πλέον καθιερωμένης τεχνολογίας γραφικής αναπαράστασης εμφύχωμένων χαρακτήρων, αυτή του προτύπου MPEG-4 (Υποενότητα 3.7.2). Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει τη δημιουργία βίντεο που αναπαριστούν τη χρονική εξέλιξη της έκφρασης, από το ξεκίνημα (onset), στο απόγειο της έκφρασης (apex) και μέχρι το τελείωμα της (offset). Όλη η διαδικασία σύνθεσης των βίντεο είναι πλήρως παραμετροποιήσιμη. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης της διαδικασίας σύνθεσης της τελικής εμφύχωσης της έκφρασης (expression animation), αλλάζοντας τη χρονική της εξέλιξη, την ένταση των προβλεπόμενων μετατοπίσεων ή και τη σειρά με την οποία αυτές λαμβάνουν χώρα.

Προκειμένου, λοιπόν, να καταλήξουμε στην ακολουθία των εκφράσεων του προσώπου που προβλέπει η μελέτη [113], μετατρέψαμε τις τιμές των Action Units σε τιμές που δέχεται το ψηφιακό πρόσωπο της Greta [30] (Ενότητα 3.4), σε τιμές δηλαδή σύμφωνα με το πρότυπο κωδικοποίησης MPEG-4. Στη συνέχεια μελετήθηκαν και υλοποιήθηκαν οι πιθανοί τρόποι εμφύχωσης των τιμών αυτών (ένταση, χρονική εξέλιξη, τρόπος συνδυασμού μετατοπίσεων). Τέλος αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα από έμπειρους χρήστες.

### 3.7.1 FACS: Σύντομη Παρουσίαση

Το Facial Action Coding System (FACS) είναι μία ευρέως διαδεδομένη μέθοδος μέτρησης και περιγραφής της ‘συμπεριφοράς’ του προσώπου. Οι Paul Ekman και W.V. Friesen ανέπτυξαν το συγκεκριμένο σύστημα κωδικοποίησης των κινήσεων του προσώπου το 1978, χρησιμοποιώντας γνώση ανθρώπινης ανατομίας και ορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο η σύσπαση κάθε μυός του προσώπου (μεμονωμένα και σε συνδυασμό) αλλάζει την εμφάνιση του προσώπου [26, 25]. Εξέτασαν ακολουθίες κινούμενης εικόνας που απεικονίζουν εκφράσεις προσώπου, ώστε να καθορίσουν τις αλλαγές που συντελούνται από τις συσπάσεις των μυών, καθώς και τους συνδυασμούς αυτών και να καταγράψουν τους πιθανούς συνδυασμούς κινήσεων. Το εγχειρίδιο του FACS πρωτοεκδόθηκε το 1978. Μονάδες μέτρησης του FACS είναι τα Action Units (AUs) για τον καθορισμό των οποίων χρησιμοποιήθηκαν γνώσεις ανατομίας. Δεν επιλέχθηκαν οι μύες, γιατί ορισμένα AUs συνδυάζουν την κίνηση περισσότερων του ενός μυών ή το αποτέλεσμα της σύσπασης ενός μυός εκφράζεται με δύο ή περισσότερα AUs. Είναι 64 το πλήθος και αναλυτική περιγραφή τους υπάρχει στο εν λόγω εγχειρίδιο ([25]).

Ο κωδικοποιητής ενός τέτοιου συστήματος αναλύει την παρατηρούμενη έκφραση σε συγκεκριμένα AUs και δίνει ως αποτέλεσμα μία λίστα των AUs που δημιουργούν την έκφραση. Επίσης είναι δυνατόν να ληφθούν υπόψιν η διάρκεια, η ένταση και η πιθανή ασυμμετρία. Τα αποτελέσματα αυτά είναι μόνο περιγραφικά και δεν παρέχουν στοιχεία σχετικά με τη σημασία της έκφρασης. Σε επόμενο στάδιο είναι δυνατόν τα στοιχεία του FACS να μετατραπούν σε χρήσιμες για την ψυχολογία έννοιες με τη βοήθεια του FACS-AID, ενός συστήματος ερμηνείας της αντίστοιχης βάσης δεδομένων διαθέσιμου στους ερευνητές.

Το σύστημα FACS είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο εργαλείο στους κύκλους των ψυχολόγων και ακόμα και σύγχρονες θεωρίες που κάνουν προβλέψεις σχετικά με τις συνέπειες ενός συναισθήματος στο πρόσωπο, τις εκφράζουν με τη χρήση Action Units.

### 3.7.2 Το Πρότυπο MPEG-4

Το MPEG-4 είναι ένα πρότυπο κωδικοποίησης ψηφιακών δεδομένων εικόνας και ήχου με κυριότερες εφαρμογές την ψηφιακή τηλεόραση, τις διαδραστικές ψηφιακές διεπαφές και τα διαδραστικά πολυμέσα. Στις πρώτες επεκτάσεις του (MPEG-4 έκδοση 2 αρχές 2000), το πρότυπο απέκτησε την επίσημη διεθνή τυποποιημένη μορφή. Τα χαρακτηριστικά του διαρκώς εμπλουτίζονται. Δεδομένου ότι η υλοποίηση των περισσότερων χαρακτηριστικών του προτύπου είναι προαιρετική εξ ορισμού, οι περισσότερες υλοποιήσεις εστιάζουν μόνο σε υποσύνολα ιδιοτήτων/χαρακτηριστικών του.

Αναλυτικός πίνακας αντιστοίχισης των Action Units με τις παραμέτρους του MPEG-4 υπάρχει στη δημοσίευση της Raouzaiou και των συνεργατών της [85]. Τα Action Units αντιστοιχίζονται σε μετατοπίσεις των facial animation parameters (με συντομογραφία FAPs).

### 3.7.3 Σύνθεση Εκφράσεων Προσώπου - Μεθοδολογία

Η θεωρία αξιολόγησης CPM υποστηρίζει μία συσσωρευτική επίδραση των ενδιάμεσων σταδίων της τελικής έκφρασης του συναισθήματος. Η επίδραση αυτή χρειάζεται εμπειρική έρευνα προκειμένου να καθορίσει την κατάλληλη μέθοδο δημιουργίας της έκφρασης.

Διακρίνονται δύο τρόποι απεικόνισης της εξελικτικής διαδικασίας που καταλήγει στη ζητούμενη έκφραση. Η πρώτη μέθοδος απεικονίζει την τελική έκφραση χειριζόμενη αθροιστικά τα ενδιάμεσα στάδια (η τελική έκφραση προκύπτει από την πρόσθεση των προηγούμενων), ενώ η δεύτερη στηρίζεται στη διαδοχική μετατροπή των ενδιάμεσων σταδίων, μέχρι να προκύψει η τελική έκφραση.

Και οι δύο μέθοδοι απαιτούν εμπειρικό έλεγχο της φυσικότητας-αληθοφάνειας της προκύπτουσας έκφρασης. Στην έρευνά μας, η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση του φόβου και η δεύτερη μέθοδος στην περίπτωση του έντονου θυμού.

#### **Additive Animation (πρώτη μέθοδος)**

Στην περίπτωση της πρώτης μεθόδου, για το συναίσθημα του φόβου, ο Πίνακας 3.1 περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των ελέγχων αξιολόγησης ερεθισμάτων (σύμφωνα με τη θεωρία CPM), των Action Units που προβλέπεται ότι συμμετέχουν και των αντίστοιχων FAPs. Στις εικόνες στον Πίνακα 3.3 φαίνεται η τελική έκφραση όπως αυτή προκύπτει προκύπτει από την άθροιση, κάθε φορά, των τιμών των AUs της συγκεκριμένης έκφρασης με τις τιμές των AUs του προηγούμενου σταδίου.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει προβλήματα στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι διαδοχικές εκφράσεις παρουσιάζουν αντικρουόμενες απεικονίσεις. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του έντονου θυμού, κατά το πρώτο ενδιάμεσο στάδιο (Πίνακας 3.2 και Πίνακας 3.4) μεταξύ άλλων ανασηκώνονται τα φρύδια, ενώ το επόμενο στάδιο απαιτεί χαμηλωμένα φρύδια. Αυτή η αντίφαση έχει ως αποτέλεσμα την προβληματική απεικόνιση του συναισθήματος, οπότε στην περίπτωση αυτή προτιμάται η δεύτερη μέθοδος απεικόνισης των εκφράσεων.

#### **Sequential Animation (δεύτερη μέθοδος)**

Με τη μέθοδο αυτή, όλα τα ενδιάμεσα στάδια απεικονίζονται διαδοχικά. Αυτό πραγματοποιείται είτε με την παρεμβολή της ουδέτερης έκφρασης μεταξύ των διαδοχικών σταδίων είτε με τη μετάβαση από το ένα στάδιο στο άλλο θεωρώντας ως βάση τις κοινές μεταβολές. Η πρώτη προσέγγιση έχει λιγότερο αληθοφανή αποτελέσματα σε σχέση με τη δεύτερη, της οποίας το αποτέλεσμα είναι πιο φιλικό στο μάτι, αλλά δεν αποτελεί πραγματική προσομοίωση της ανθρώπινης διαδικασίας παραγωγής μίας έκφρασης.

#### **Direct Animation (τρίτη μέθοδος)**

Η τρίτη μέθοδος εμφύχωσης πραγματοποιήθηκε για λόγους πληρότητας της προσέγγισης. Πρόκειται για μια διαδικασία σύνθεσης της τελικής έκφρασης απ' ευθείας από την ουδέτερη αρχική έκφραση του προσώπου. Αντιστοιχεί στη μετάβαση που φαίνεται στο σχήμα του Σχήματος 3.7. Η μετάβαση έγινε με γραμμική παρεμβολή ανάμεσα στις αρχικές και στις τελικές τιμές των FAPs.

#### **3.7.4 Σύνθεση Εκφράσεων Προσώπου - Αποτελέσματα Σύνθεσης**

Για να συνθέσουμε εκφράσεις προσώπου βασιστήκαμε στις προβλέψεις της θεωρίας του Scherer και χρησιμοποιήθηκε ο MPEG-4 αποκωδικοποιητής GretaPlayer. Η απεικόνιση βασίστηκε στην αντιστοίχιση των Action Units του Ekman με τα FAPs του MPEG-4 [85]. Για τα ενδιάμεσα στάδια των εκφράσεων του έντονου θυμού και του

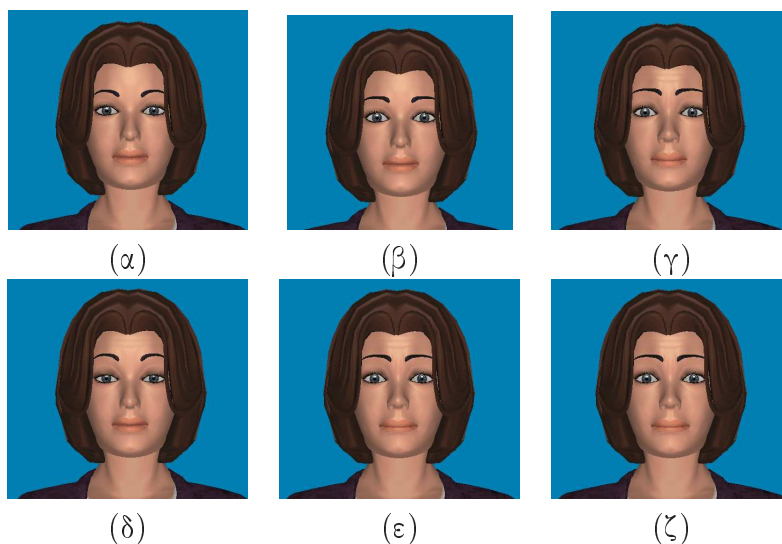
Έλεγχοι SECs/ Αποτελέσματα Ελέγχων	Action Units που προβλέπεται να συμμετέχουν	Αντίστοιχα FAPs που συμμετέχουν
ξαφνικό συμβάν (novelty-sudden)	1: inner brow raiser + 2: outer brow raiser + 5: upper lid raiser	<31,32> + <35,36> + <19,20>
δυσαρέσκεια (unpleasant)	9: Nose wrinkler +  10: Upper lip raiser + 15: Lip corner depressor + 35: Nostril compressor	Δεν υπάρχουν αντίστοιχα FAP για το AU9 <4, 61, 62, 63> + <-12, -13> Δεν υπάρχουν αντίστοιχα FAP για το AU35
αντίφαση (discrepant)	4: Brow lowerer + 7: Lid tightener	< 31 to 38> + <21, 22>
παρεμπόδιση στόχου (goal obstructive)  χαμηλός έλεγχος (low control)	17: chin raiser + 23: lip tightener 20: Lip stretcher + 26: Jaw drops + 27: Mouth stretches	<18> + <5,6,7> <5, 6, 7, 10, 11, -12, -13, 55, 56, 57, 59, 56, 56, 58, 60> Δεν υπάρχουν αντίστοιχα FAP για τα AU26-27

Πίνακας 3.1: Τιμές για ενδιάμεσες εκφράσεις φόβου

Έλεγχοι SECs/ Αποτελέσματα Ελέγχων	Action Units που προβλέπεται να συμμετέχουν	Αντίστοιχα FAPs που συμμετέχουν
ξαφνικό συμβάν (novelty-sudden)	1: inner brow raiser + 2: outer brow raiser + 5: upper lid raiser	<31,32 33,34> + <35,36> + <19,20>
εμπόδιο σε στόχους (goal obstructive)	4: Brow lowerer + 7: Lid tightener	<31 to 38> + <21,22>
υψηλός έλεγχος (high control/power)	4: Brow lowerer + 7: Lid tightener + 10: Upper lip raiser + 17: Chin raiser + 24: Lip pressor	<31 to 38> + <21,22> + <4,61,62> + <18> + <4,5,8,9,10,11>

Πίνακας 3.2: Τιμές για ενδιάμεσες εκφράσεις θυμού





**Πίνακας 3.3:** *Greta*: Πρόβλεψη ενδιάμεσων σταδίων των εκφράσεων προσώπου για την περίπτωση του φόβου, σύμφωνα με τη θεωρία αξιολόγησης του Scherer - (α) ουδέτερο (*neutral*), (β) ξαφνικό συμβάν (*novelty-sudden*), (γ) δυσαρέσκεια (*unpleasant*), (δ) αντιφατικό (*discrepant*), (ε) παρεμπόδιση στόχου (*goal obstructive*), (στ) χαμηλός έλεγχος, τελική έκφραση φόβος (*low control, final expression fear*). Κάθε έκφραση προκύπτει από την έπρόσθεση των AUs των προηγούμενων εκφράσεων και της τελικής.

φόβου δημιουργήσαμε τις εικόνες στους Πίνακες 3.3, 3.4, ενώ επαληθεύσαμε τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας την ευελιξία και την εκφραστικότητα του αποκωδικοποιητή MPEG-4 Xface.

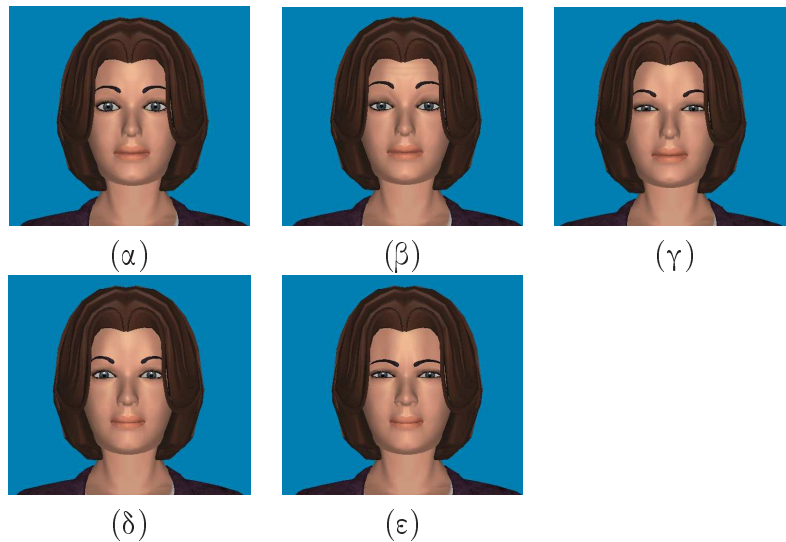
Από τη διαδικασία αυτή προκύπτουν ζητήματα σχετικά με τη χρονική εξέλιξη. Στη μέθοδο προσδιορισμού της τελικής έκφρασης δοκιμάστηκαν και η αθροιστική και η διαδοχική σύνθεση των ενδιάμεσων σταδίων για τα έξι βασικά συναισθήματα. Η ποιότητα του τελικού αποτελέσματος παρουσίασε άμεση συνάρτηση με το συνδυασμό των μετατοπίσεων που προβλέπονται σε κάθε συναισθηματική έκφραση.

Για κάθε συναίσθημα δημιουργήθηκαν τρία βίντεο, ένα με κάθε μέθοδο. Η θεωρία δεν παρέχει πληροφορία για την ένταση και το μέγεθος των μετατοπίσεων των μυών. Έτσι δημιουργήθηκαν μερικές παραλλαγές του κάθε βίντεο και με διαισθητικό τρόπο επιλέχθηκαν τα άνω όρια μετατόπισης για κάθε συναισθηματική έκφραση.

Παρατίθενται τα αποτελέσματα της πρώτης μεθόδου σύνθεσης για την απεικόνιση της λύπης και της δεύτερης μεθόδου σύνθεσης για την απεικόνιση του έντονου θυμού. Και στις δύο περιπτώσεις ζητήματα συγχρονισμού, του χρόνου έναρξης κάθε ενδιάμεσου σταδίου και της ταχύτητας μετάβασης μεταξύ αυτών αντιμετωπίστηκαν με ευρετικό τρόπο.

Τα τελικά βίντεο αξιολογήθηκαν από περιορισμένο αριθμό έμπειρων χρηστών. Οι χρήστες κλήθηκαν να αναγνωρίσουν τα συναισθήματα που εκφράζονται στα βίντεο και να βαθμολογήσουν το βαθμό στον οποίο εκλαμβάνουν τις εκφράσεις ως πιστευτές (*believable*). Όπως ήταν αναμενόμενο, η δεύτερη μέθοδος (*sequential animation*) ήταν αυτή που εκλήφθηκε και ως η λιγότερο ρεαλιστική. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που στις ενδιάμεσες εκφράσεις προβλέπονται διαφορετικές μετατοπίσεις μυικών ομάδων του προσώπου, όπως στην περίπτωση του θυμού και την κίνηση των φρυδιών που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Ένα από τα βασικότερα συμπεράσματα της μεθοδολογίας που προτάθηκε για τη



**Πίνακας 3.4:** *Greta*: Πρόβλεψη ενδιάμεσων σταδίων των εκφράσεων προσώπου για την περίπτωση του έντονου θυμού σύμφωνα με τη θεωρία αξιολόγησης του Scherer - (α) ουδέτερο (neutral), (β) έντονη απόκριση σε ξαφνικό συμβάν (novelty-high), (γ) παρεμπόδιση στόχου (goal obstructive), (δ) υψηλός έλεγχος/ μεγάλη ένταση (control high/power high), (ε) τελική έκφραση έντονος θυμός (final expression hot anger).

σύνθεση εκφράσεων με τη χρήση του προτύπου MPEG-4 είναι ότι η θεωρία αξιολόγησης CPM προβλέπει τη συμμετοχή μεγάλου αριθμού από Action Units με αποτέλεσμα η πλήρης απεικόνιση αυτών των μετατοπίσεων να οδηγεί σε ακολουθίες εικόνων που κρίνονται κουραστικές και αφύσικες.

Δεύτερο συμπέρασμα είναι ότι η θεωρία CPM παρουσιάζει ελλείψεις στην ποσοτικοποίηση των μετατοπίσεων που προβλέπει για κάθε μυϊκή ομάδα καθώς και στη χρονική εξέλιξη της κίνησης των μυών. Μικρές αλλαγές στο μέγεθος της κίνησης ή στο χρονισμό οδηγούν σε ακολουθίες βίντεο που εκλαμβάνονται εντελώς διαφορετικά ως προς τη συναισθηματική τους πληροφορία.

### 3.8 Μη-λεκτική Εκφραστικότητα Πράκτορα σε Εικονικό Περιβάλλον μέσω Αλληλεπίδρασης με Χρήστη

Σε συνέχεια της μελέτης ψυχολογικών μοντέλων συναισθημάτων και των δυνατοτήτων εφαρμογής των προβλέψεων τους στην εμφύχωση εκφράσεων σε συνθετικά μοντέλα προσώπου/ σώματος, αναπτύχθηκε εικονικό περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει την αλληλεπίδραση χρήστη και εκφραστικού εικονικού χαρακτήρα. Προτείνουμε ένα τρόπο επέκτασης και επαλήθευσης της αναθεωρημένης θεωρίας OCC 3.5.1 ορίζοντας ένα νέο υπολογιστικό μοντέλο και υλοποιώντας το μέσα από τη σύνθεση της εκφραστικότητας ενός εικονικού χαρακτήρα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Στην αναθεωρημένη έκδοση ο Ortony εστιάζει στην απλοποίηση της αρχικής θεωρίας στο πλαίσιο της χρήσης της για την προσομοίωση της συμπεριφοράς πιο πιστευτών εικονικών χαρακτήρων.

Έμφαση δόθηκε στη μη-λεκτική αλληλεπίδραση (non-verbal interaction). Το προτεινόμενο υπολογιστικό μοντέλο επιστρέφει τόσο την ποιοτική πληροφορία όσο και τις τεχνικές λεπτομέρειες των αντιδράσεων ενός εικονικού χαρακτήρα. Οι αντιδράσεις

αυτές υπολογίζονται δυναμικά με βάση τις προβλέψεις της θεωρίας OCC. Η συμβολή της προσέγγισης αυτής στο ερευνητικό πεδίο είναι τριπλή. Πρώτον, αποτελεί ένα συστηματικό τρόπο επαλήθευσης των θεωρητικών προβλέψεων του αναθεωρημένου OCC για τις μη-λεκτικές αντιδράσεις. Δεύτερον, επεκτείνει το αρχικό υπολογιστικό μοντέλο με την έννοια της προσωπικότητας του εικονικού χαρακτήρα. Τρίτον, εξετάζεται ο ρόλος του εννοιολογικού πλαισίου στο πως αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος τις αντιδράσεις του εικονικού χαρακτήρα.

Σύμφωνα με τη θεωρία αξιολόγησης, διαφορετικές προσωπικότητες αποτιμούν με διαφορετικό τρόπο τα ίδια ερεθίσματα και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα διαφορετικές αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις μπορούν να ποικίλλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας που θέλουμε να αποδώσουμε στον εκάστοτε χαρακτήρα καθώς και ανάλογα με τη διάθεση του την κάθε χρονική στιγμή. Διατηρώντας λοιπόν το περιβάλλον συγκεκριμένο αναπτύχθηκαν κάποια σενάρια αλληλεπίδρασης του εικονικού χαρακτήρα είτε με άλλους χαρακτήρες είτε απλά με το περιβάλλον.

Κεντρική ιδέα της εργασίας αυτής είναι ότι το εικονικό περιβάλλον αποτελεί την πηγή ερεθισμάτων, η αξιολόγηση των οποίων οδηγεί στη διατήρηση/ τροποποίηση της τρέχουσας συναισθηματικής κατάστασης του συνθετικού χαρακτήρα. Το εικονικό περιβάλλον επιτρέπει να δοθεί έμφαση στη σωματική διάσταση του χαρακτήρα (embodiment). Σαν εργαλείο, παρέχει ευελιξία στην τροποποίηση των ερεθισμάτων και άρα επιτρέπει τη συστηματική μελέτη της διαδικασίας σύνθεσης της εκφραστικότητας σε ποικίλες συνθήκες. Στόχος είναι η μοντελοποίηση της εκφραστικότητας ενός εικονικού χαρακτήρα με έμφαση στη μη-λεκτική αλληλεπίδραση.

Με βάση τη θεωρία OCC, ορίζονται 22 συναισθήματα και κάθε συναισθηματική κατάσταση αποτελείται από ένα σύνολο συναισθημάτων με συγκεκριμένη ένταση το καθένα. Στην αναθεωρημένη έκδοση της θεωρίας [79], αυτοί οι 22 διακριτοί τύποι συναισθημάτων συμπύσσονται σε πέντε διακριτές θετικές και πέντε διακριτές αρνητικές συναισθηματικές αντιδράσεις. Συνεπώς μια συναισθηματική κατάσταση  $e_t$  ορίζεται ως ένα διάνυσμα  $m$ -διαστάσεων όπου  $m$  είναι οι εντάσεις κάθε συναισθήματος και αναπαρίστανται με μια τιμή στο διάστημα  $[0, 1]$ . Η τιμή 0 αντιστοιχεί στην απουσία του συγκεκριμένου συναισθήματος, ενώ η τιμή 1 αντιστοιχεί στη μέγιστη ένταση του συναισθήματος:

$$e_t^T = \begin{cases} [\beta_1, \dots, \beta_m], \forall i \in [1, m] : \beta_i \in [0, 1] \text{ αν } t > 0 \\ 0 \text{ αν } t < 0. \end{cases} \quad (3.1)$$

Σκοπός ήταν να μοντελοποιηθεί η δυναμική εξέλιξη της συναισθηματικής κατάστασης με βάση τις εξωτερικές συνθήκες και την αξιολόγησή τους. Για αυτό το λόγο εισάγεται και η έννοια του ιστορικού συναισθημάτων το οποίο ορίζεται ως:

$$\omega_t = \langle e_0, e_1, \dots, e_t \rangle \quad (3.2)$$

Σε δεύτερη φάση, μαζί με την εξέλιξη των συναισθημάτων, διερευνήθηκε η υιοθέτηση ψυχολογικού μοντέλου που προσωπικότητας. Όπως και στη θεωρία αξιολόγησης, τα ερευνητικά επικρατέστερα μοντέλα προσωπικότητας αποτελούνται από ένα σύνολο διαστάσεων. Η βασική τους διαφορά είναι ότι η προσωπικότητα θεωρείται σταθερή στο χρόνο, ενώ η συναισθηματική κατάσταση μεταβάλλεται. Έτσι η προσωπικότητα ορίζεται ως ένα σύνολο διαστάσεων (ανάλογα με το μοντέλο προσωπικότητας που υιοθετείται, οι διαστάσεις αυτές αλλάζουν) και εκφράζεται από το παρακάτω διάνυσμα, όπου κάθε  $\alpha$  είναι οι επιμέρους διαστάσεις που είτε συμμετέχουν είτε είναι απύσες.

Διάσταση	Περιγραφή	Χαρακτηριστικά
Εξωστρέφεια (Extraversion)	Προτίμηση για κοινωνικές καταστάσεις	ομιλητικός ενεργητικός κοινωνικός
Συμφωνία (Agreeableness)	Αλληλεπίδραση με τους άλλους	έμπιστος φιλικός συνεργάσιμος
Ευσυνειδησία (Conscientiousness)	Οργάνωση, αποτελεσματικότητα στην επίτευξη στόχων	μεθοδικός οργανωμένος υπεύθυνος
Νευρωτισμός (Neuroticism)	Τάση να κάνει, αρνητικές σκέψεις	ανασφαλής συντετριμμένος αναξιοπαθών
Ανοιχτή σκέψη (Openness)	Ανοιχτό μυαλό, ενδιαφέρον για πολιτισμό	ευφάνταστος δημιουργικός διερευνητικός

Πίνακας 3.5: Το μοντέλο προσωπικότητας πέντε παραγόντων

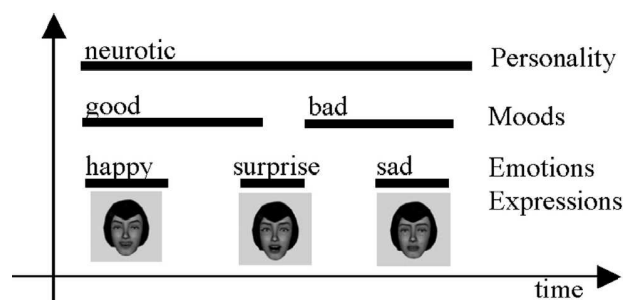
$$p^T = [\alpha_1 \dots \alpha_n], \forall i \in [1, n] : \alpha \in [0, 1] \quad (3.3)$$

Η μελέτη στηρίχθηκε στο επικρατέστερο μοντέλο προσωπικότητας, το λεγόμενο Five Factor Model [71] - μοντέλο προσωπικότητας πέντε παραγόντων που είναι αρκετά διαδεδομένο στο χώρο της συναισθηματικής υπολογιστικής και συγκεκριμένα της προσομοίωσης ανθρώπινης συμπεριφοράς σε εικονικά περιβάλλοντα. Οι διαστάσεις που ορίζονται φαίνονται στον Πίνακα 3.5:

Με την εισαγωγή της έννοιας της προσωπικότητας, η μεταβολή της συναισθηματικής κατάστασης ορίζεται με τη συνάρτηση ενημέρωσης  $\Psi_e(p, \omega_t)$ , η οποία για μια προσωπικότητα  $p$  και το τρέχον συναισθηματικό ιστορικό  $\omega_t$ , υπολογίζει την επικείμενη αλλαγή στην τρέχουσα συναισθηματική κατάσταση:

$$e_{t+1} = e_t + \Psi_e(p, \omega_t) \quad (3.4)$$

Σύμφωνα με τη Rusting [94], η προσωπικότητα μεσολαβεί επηρεάζοντας τη τρέχουσα διάθεση και παίζει καθοριστικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση της συναισθηματικής κατάστασης (Σχήμα 3.9). Συνεπώς, οι εκάστοτε αλλαγές στη διάθεση εξαρτώνται από τις διαφορές στα χαρακτηριστικά προσωπικότητας, για παράδειγμα, ένας εξωστρεφής χαρακτήρας παρουσιάζει την τάση να είναι συχνότερα σε καλή διάθεση.



Σχήμα 3.8: Προσωπικότητα, διάθεση, συναίσθημα

Ο χρονισμός που έχουμε αποδώσει στις έννοιες της προσωπικότητας, της διάθεσης και του συναισθήματος στην Ενότητα 2.1, αναπαριστάται γραφικά στο Σχήμα 3.8.

Η παρούσα έρευνα λοιπόν ελέγχει δύο υποθέσεις:

1. Κατά πόσο απλοποιημένες θετικές ή αρνητικές αντιδράσεις σε ερεθίσματα μπορούν να ερμηνεύονται ως πιο πλούσια συναισθηματική πληροφορία, ανάλογα με το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο αυτές διαδραματίζονται.
2. Κατά πόσο γίνεται αντιληπτή η αναγνώριση διαφορετικών χαρακτηριστικών προσωπικότητας από διαφορετικές αντιδράσεις σε ίδια ερεθίσματα.

Και οι δύο υποθέσεις/ ιδέες στηρίζονται στη μελέτη και την κριτική του αναθεωρημένου μοντέλου OCC (Ενότητα 3.5.1). Επιλέχθηκαν με στόχο να οριστεί μια διαδικασία υλοποίησης και επαλήθευσης του μοντέλου (διαδικασία που δεν είχε πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα), αλλά και να επεκταθεί με την προσθήκη της έννοια της προσωπικότητας στον εικονικό χαρακτήρα.

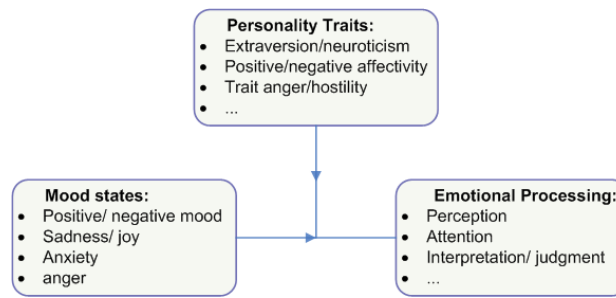
Η πρώτη ιδέα στηρίζεται στο αναθεωρημένο μοντέλο OCC, σύμφωνα με το οποίο κάθε τύπος συναισθήματος συνδέεται με μια ποικιλία από πιθανές αντιδράσεις, οι οποίες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε θετικές και αρνητικές.

Από τις συναισθηματικές τάσεις για αντίδραση που προβλέπονται από το αναθεωρημένο μοντέλο OCC (Σχήμα 3.6) εξετάστηκαν οι σωματικές (somatic), αυτές της συμπεριφοράς (behavioural) και οι επικοινωνιακές (communicative) μόνο για την περίπτωση μη-λεκτικής επικοινωνίας (non-verbal communication).

Η ανάπτυξης μιας ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής είναι πέρα από τους ερευνητικούς μας στόχους στην παρούσα φάση. Έτσι το εν λόγω σύστημα δεν φιλοξενεί και κάποιο είδος αναπαράστασης γνώσης, ο εικονικός χαρακτήρας δεν έχει μνήμη ούτε μπορεί να επεξεργάζεται πληροφορίες ή να έχει την ικανότητα να ανταποκρίνεται σε τυχαίες καταστάσεις. Πρόκειται για ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει τη μελέτη μη-λεκτικής επικοινωνίας μέσω αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον εκάστοτε χαρακτήρα.

Η δεύτερη ιδέα λοιπόν στηρίζεται στη θεωρητική πρόβλεψη ότι η διαφοροποίηση των δύο χαρακτήρων γεννάται από τη διαφορετική αξιολόγηση των ιδίων ερεθισμάτων. Σύμφωνα με τη θεωρία OCC, διαφορετικές αξιολογήσεις οδηγούν και σε διαφορετικές αντιδράσεις και διαφορετική ποιότητα στην εκφραστικότητα του κάθε εικονικού χαρακτήρα. Έτσι ένας εξωστρεφής χαρακτήρας έχει την τάση να αποτιμά τις καταστάσεις θετικά, να είναι συχνά σε καλή διάθεση και να έχει θετικές αντιδράσεις. Αντίθετα, ένας νευρωτικός χαρακτήρας εξ ορισμού έχει την τάση να αποτιμά τις καταστάσεις αρνητικά, να είναι ανυπόμονος και οι κινήσεις του να είναι πιο απότομες.

Ο εικονικός κόσμος κατασκευάστηκε με τη χρήση της μηχανής Torque (Torque Game Engine [38]). Η Torque Game Engine (TGE), ή για συντομία Torque, είναι μία μηχανή παραγωγής ηλεκτρονικών παιχνιδιών (game engine). Πρόκειται για μια λογισμική πλατφόρμα η οποία παρέχει τα εργαλεία για την ανάπτυξη εικονικών κόσμων. Στο περιβάλλον αυτό μπορούν να οριστούν με σαφήνεια οι ιδιότητες των αντικειμένων σε ποικίλα επίπεδα λεπτομέρειας από τα εξωτερικά χαρακτηριστικά τρισδιάστατων μοντέλων οικοδομημάτων και άλλων αντικειμένων μέχρι τις καιρικές συνθήκες του κόσμου. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο παρέχεται η δυνατότητα ορισμού σχέσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ των εικονικών χαρακτήρων που μπορούν να 'υπάρχουν', να κινούνται και να ενεργούν σε ένα τέτοιο περιβάλλον. Στην τελική μορφή του εκάστοτε εικονικού κόσμου ο χρήστης μπορεί να έχει την αίσθηση ότι κινείται στο χώρο μέσω ενός



**Σχήμα 3.9:** Μεσολάβηση προσωπικότητας στη διάθεση (mediation approach)- Αλλαγές στη διάθεση εξαρτώνται από τις διαφορές στα χαρακτηριστικά προσωπικότητας

πράκτορα που τον εκπροσωπεί- αναφέρεται και ως avatar. Έτσι βιώνει την εικονική εμπειρία από την οπτική γωνία του πράκτορα του σαν να ήταν ο ίδιος στη θέση του, εμπειρία δηλαδή σε πρώτο πρόσωπο (first person).

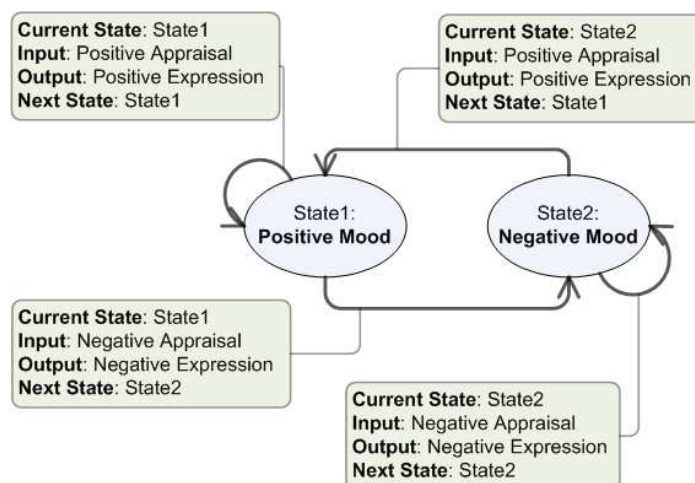
Πέραν από τη συμβατική της χρήση, την ανάπτυξη δηλαδή παιχνιδιών, μια τέτοια μηχανή αποτελεί μια πλατφόρμα με εύχρηστα εργαλεία για διάφορες χρήσεις, είναι σύνθητες, για παράδειγμα, να τη χρησιμοποιούν αρχιτέκτονες. Εισάγοντας ένα τρισδιάστατο μοντέλο ενός κτηρίου που έχουν σχεδιάσει, μπορούν να περιηγηθούν μέσα και έξω από αυτό και να αξιολογήσουν την αίσθηση που δημιουργεί η εμπειρία. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιούμε τη μηχανή για να δημιουργήσουμε ένα εικονικό περιβάλλον στο οποίο ένας χρήστης θα μπορεί να αλληλεπιδρά με ένα συνθετικό χαρακτήρα. Στόχος μας είναι να δούμε πώς αντιλαμβάνεται ο χρήστης την εκφραστικότητα και τις συναισθηματικές αντιδράσεις ενός εικονικού χαρακτήρα, εστιάζοντας στη μη λεκτική επικοινωνία.

Με βάση τις εξισώσεις αυτές, σε συνδυασμό με το ρόλο της προσωπικότητας που ορίστηκε στην Εξίσωση 3.4 και τις τάσεις για συναισθηματικές αντιδράσεις του αναθεωρημένου μοντέλου OCC (Σχήμα 3.6), μελετάται η δυναμική εξέλιξη της συναισθηματικής κατάστασης του εικονικού χαρακτήρα κατά την αλληλεπίδραση του με χρήστες/ επισκέπτες/ γεγονότα ή αντικείμενα του εικονικού χώρου.

Στην προσέγγιση που υιοθετήθηκε η προσωπικότητα είναι η κινητήρια δύναμη για τη συμπεριφορά. Κάποιος τείνει να αντιδράσει με ένα συγκεκριμένο τρόπο σε μια συγκεκριμένη κατάσταση, επειδή είναι τέτοιος τύπος ανθρώπου. Έτσι η προσωπικότητα είναι το κλειδί για τη συνέπεια ανάμεσα στο χαρακτήρα και στη συμπεριφορά του. Τα επιμέρους χαρακτηριστικά μιας προσωπικότητας τείνουν να συνυπάρχουν. Έγινε μια επιλογή από τις διαστάσεις που προτείνει το μοντέλο προσωπικότητας πέντε παραγόντων και υλοποιήθηκαν δύο χαρακτήρες: ο νευρωτικός, που διακρίνεται για την τάση του να βιώνει τις καταστάσεις με αρνητικές σχέψεις, και ο εξωστρεφής που δείχνει προθυμία να επικοινωνήσει και προτίμηση για κοινωνικές καταστάσεις.

Η μεταβολή στη διάθεση του εικονικού χαρακτήρα αναπαρίσταται στο διάγραμμα καταστάσεων του Σχήματος 3.10. Η ποιότητα της μη λεκτικής αντίδρασης του εικονικού χαρακτήρα εξαρτάται κάθε στιγμή από την τρέχουσα διάθεση του, από την προσωπικότητα που του έχει αποδοθεί και από τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνεται το άτομο, γεγονός ή αντικείμενο που αποτελεί το τρέχον συναισθηματικό ερέθισμα.

Στο Σχήμα 3.11 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από τον εικονικό χαρακτήρα μέσα στον εικονικό κόσμο. Η αλλαγή στη συμπεριφορά του και η εκφραστικότητά του αφορούν σε αλλαγές στην ταχύτητα της κίνησης του, στο πλησίασμα ή την απομάκρυνση από το ερέθισμα και στις μη λεκτικές χειρονομίες που είναι είτε επιδοκιμαστικές είτε αποπεμπτικές. Σε αυτή τη φάση δεν παρέχεται η δυνατότητα σύνθεσης εκφράσεων



Σχήμα 3.10: Διάγραμμα μεταβολής των διαθέσεων του χαρακτήρα



Σχήμα 3.11: Στιγμιότυπο εικονικού κόσμου

προσώπου λόγω τεχνικών περιορισμών της μηχανής Torque.

Πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της διεπαφής από έμπειρους χρήστες. Τους ζητήθηκε να αλληλεπιδράσουν με τους δύο χαρακτήρες, τον εξωστρεφή και το νευρωτικό, στις ίδιες συνθήκες και για τα ίδια σενάρια αλληλεπίδρασης. Οι εντυπώσεις των χρηστών καταγράφηκαν μέσω μιας διαδικασίας σύντομης συνέντευξης μετά το πέρας της αλληλεπίδρασης τους με το σύστημα. Τα αποτελέσματα κρίνονται ιδιαίτερα ενθαρρυντικά.

Οι χρήστες δήλωσαν ικανοποιημένοι από την αληθοφάνεια της αλληλεπίδρασης. Η τελική συμπεριφορά του εικονικού χαρακτήρα, αν και φαινομενικά απλή, μιας και διατηρήθηκαν μόνο δύο περιπτώσεις αξιολόγησης, της θετικής και της αρνητικής, ανέδειξε τη σημασία του εννοιολογικού πλαισίου. Ίδιες αντιδράσεις στην εκφραστικότητα του χαρακτήρα ερμηνεύτηκαν διαφορετικά, ανάλογα με το εννοιολογικό πλαίσιο, τις συνθήκες υπό τις οποίες παρατηρήθηκε και το ερέθισμα που τις προκάλεσε.

Επιπλέον, οι χρήστες μπόρεσαν να διαφοροποιήσουν τις δύο υπό μοντελοποίηση προσωπικότητες. Αξίζει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν παραπλήσια τρισδιάστατα μοντέλα για κάθε προσωπικότητα για να μην επηρεάσει η εμφάνιση την κρίση των χρηστών. Οι χρήστες αλληλεπιδράσαν με κάθε χαρακτήρα, ο καθένας με τυχαία σειρά. Στις ερωτοαπαντήσεις σχετικά με το πώς αντιλήφθηκαν τις συμπεριφορές των δύο εικονικών χαρακτήρων, καταγράφηκαν επίθετα τα οποία συνάδουν με την αρχική πρόβλεψη και περιγράφουν τα χαρακτηριστικά του εξωστρεφή και του νευρωτικού όπως αυτά ορίζονται από τη θεωρία.

### 3.9 Συμπεράσματα

Είθισται στη βιβλιογραφία για υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων να δίνεται η έμφαση στην αξιοποίηση των μοντέλων αυτών για την προσομοίωση συναισθηματικής συμπεριφοράς εικονικών χαρακτήρων. Ωστόσο σε αυτό το κεφάλαιο αποδείχθηκε ότι η θεωρία στην οποία στηρίζονται δεν αρκεί για το σαφή ορισμό ενός υπολογιστικού μοντέλου. Ο ερευνητής καλείται να κάνει επιπλέον παραδοχές των οποίων η ορθότητα δεν αποδεικνύεται. Αυτό συμβαίνει μιας και αναγκαστικά υπεισέρχονται σε μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας ανθρώπινες λειτουργίες, όπου δεν είναι ακόμα γνωστές οι ακριβείς διεργασίες που λαμβάνουν χώρα. Στην περίπτωση αυτή, το υπολογιστικό μοντέλο μπορεί να επαληθευτεί ή να απορριφθεί μόνο από το πώς γίνονται αντιληπτά τα αποτελέσματα του από έμπειρους ή και απλούς παρατηρητές.

Στο πλαίσιο αυτής της ερευνητικής περιοχής μελετήσαμε τα υπάρχοντα υπολογιστικά μοντέλα και το πώς αυτά συνδέονται με ευρύτερες επιστημονικές μελέτες στο χώρο της προσομοίωσης της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Επιλέξαμε δύο θεωρίες συναισθημάτων που οι προβλέψεις τους επιτρέπουν τη μετατροπή τους σε υπολογιστικά μοντέλα, το CPM του Klaus Scherer για τις εκφράσεις του προσώπου και τη θεωρία OCC των Ortony, Clore και Collins για την περίπτωση αλληλεπίδρασης ενός εικονικού χαρακτήρα με έναν επισκέπτη εικονικού κόσμου.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το συμπέρασμα ότι η προσπάθεια παραγωγής συναισθηματικής εκφραστικότητας παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα όταν γίνεται σε υψηλότερο επίπεδο, όπως αυτό του εικονικού κόσμου ενώ δεν είναι τόσο πιστευτή όταν γίνεται σε μεγάλη λεπτομέρεια όπως είναι το επίπεδο εκφράσεων προσώπου. Αυτό έχει να κάνει και με τις αδυναμίες των θεωρητικών προβλέψεων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, αλλά και με το φαινόμενο του *uncanny valley*. Σύμφωνα με την ιδέα του *uncanny valley* (Ενότητα 1.1) ορίζεται μια καμπύλη που απεικονίζει το πώς αντιλαμβάνεται ο χρήστης τη συνθετική συμπεριφορά, η αντίληψη βελτιώνεται όσο βελτιώνεται και το επίπεδο λεπτομέρειας, μέχρι ένα σημείο καμπής, όπου παρατηρείται μια κατακόρυφη πτώση στην καμπύλη. Εκεί η λεπτομέρεια θεωρείται πολύ μεγάλη και το αποτέλεσμα παύει να είναι πιστευτό, ενώ η εμπειρία φαντάζει περισσότερο αλλόκοτη παρά ευχάριστη.

Το κεντρικό συμπέρασμα των δύο αυτών προσεγγίσεων είναι η επιβεβαίωση ότι η θεωρητική πληροφορία δεν αρκεί για τη σύνθεση ψηφιακής συμπεριφοράς. Αυτό μας οδήγησε στη διερεύνηση της χρήσης υπολογιστικών μοντέλων στην περίπτωση της αναγνώρισης της ανθρώπινης συναισθηματικής συμπεριφοράς. Μέχρι πρότινος, αυτή η προσέγγιση δεν λαμβανόταν υπόψη, μιας και τα υπολογιστικά μοντέλα θεωρούνταν απλουστευμένες προσεγγίσεις συμπεριφοράς. Ωστόσο, η χρήση πολλαπλών εκφραστικών μέσων, όπως η ομιλία, οι εκφράσεις του προσώπου και οι χειρονομίες, άνοιξαν νέους δρόμους για τη μοντελοποίηση της πληροφορίας που συλλέγεται κατά την παρακολούθηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Στο επόμενο κεφάλαιο μελετάται η υπολογιστική μοντελοποίηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, αξιοποιώντας τα συμπεράσματα από την περιοχή της σύνθεσης συμπεριφοράς σε εικονικούς χαρακτήρες.

Μια βασική συμβολή της διατριβής σχετίζεται με την αληθοφάνεια της συνθετικής συμπεριφοράς. Τα αποτελέσματα της σύνθεσης εκφραστικής συμπεριφοράς ενός χαρακτήρα με σωματική υπόσταση εξέλιξαν την άποψη ότι το να είναι ιδιαίτερα πιστευτός ένας εικονικός χαρακτήρας δεν έχει απαραίτητα θετικό αντίκτυπο για το πώς τον αντιλαμβάνονται οι χρήστες που αλληλεπιδρούν μαζί του [23]. Έγινε σαφές ότι μεγαλύτερη σημασία έχει το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο παρουσιάζεται η εκά-



στοτε συμπεριφορά, από τη μεγάλη λεπτομέρεια στον τρόπο που αυτή συντίθεται. Έτσι βελτιώσεις στην ποιότητα και στη μέθοδο της σύνθεσης έχουν μικρό αντίκτυπο στο πώς αυτές γίνονται αντιληπτές από τους χρήστες, ενώ αλλαγές στο περιβάλλον, στα ερεθίσματα και στις αντιδράσεις που προκαλούν κάνουν την όλη συμπεριφορά πιο πιστευτή. Το εύρημα αυτό έδωσε το κίνητρο στη στροφή της έρευνας προς τη σημασία του εννοιολογικού πλαισίου και στην γενικότερη μελέτη και μοντελοποίηση της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης η οποία περιγράφεται στο Κεφάλαιο 5.

□



# Κεφάλαιο 4

## Πολυτροπική Αναγνώριση Συναισθήματος

### 4.1 Εσαγωγή

Η αναγνώριση συναισθημάτων απαιτεί την εξαγωγή των σημαντικών σχημάτων/ μορφωμάτων (patterns) από δεδομένα που έχουν συλλεχθεί κατά την παρατήρηση συναισθηματικής συμπεριφοράς. Μέχρι πρότινος ένας βασικός περιορισμός της συναισθηματικής υπολογιστικής ήταν ότι η αναγνώριση συναισθήματος στηριζόταν σε μεθόδους που αξιοποιούσαν την πληροφορία από ένα μόνο εκφραστικό μέσο<sup>1</sup> (single modality), όπως είναι η φωνή, οι χειρονομίες ή οι εκφράσεις του προσώπου.

Ένας άλλος περιορισμός είναι το γεγονός ότι οι υπολογιστικές μέθοδοι αναγνώρισης συναισθημάτων παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία, με αποτέλεσμα συνθήκες με ελλειπή ή ασταθή φωτισμό ή με θόρυβο να υποδαυλίζουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Έτσι, οι ερευνητές αρχικά πραγματοποιούσαν αναγνώριση συναισθημάτων σε ακολουθίες βίντεο από ηθοποιούς που εκφράζονται συναισθηματικά σε ένα ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον, ακολουθώντας προκαθορισμένα σενάρια.

Πρωτοπόροι σε αυτή την κατεύθυνση ήταν ο Braathen και οι συνεργάτες του το 2002, οι οποίοι μελέτησαν αυθόρμητες εκφράσεις προσώπου [10]. Παρ' όλα αυτά η υπάρχουσα βιβλιογραφία στην αυτόματη αναγνώριση φυσικών συναισθημάτων ξεκίνησε μόλις το 2003 να μελετάει πληροφορία που περιέχεται στη στάση του σώματος και στις χειρονομίες [47, 55].

Η εξέλιξη στο πεδίο ήρθε από την απλή παρατήρηση ότι η φυσική επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων στηρίζεται σε συνδυασμό πληροφορίας από διάφορα εκφραστικά μέσα (multimodal communication). Συνεπώς είναι συχνό φαινόμενο οι παρατηρήσεις που στηρίζονται σε ένα και μόνο εκφραστικό μέσο να οδηγούν σε συμπεράσματα που στερούνται ακρίβειας ή είναι ελλιπή. Αν και μια θεμελιώδης μελέτη από τους Ambady και Rosenthal το 1992 συμπέραινε ότι τα πιο σημαντικά κανάλια που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά των ανθρώπων είναι τα οπτικά και συγκεκριμένα των εκφράσεων του προσώπου και των χειρονομιών ([3]), μόλις το 1998 επιστήμονες πληροφορικής επεχείρησαν να χρησιμοποιήσουν πολλαπλά εκφραστικά μέσα για την αναγνώριση συναισθημάτων και συναισθηματικών καταστάσεων.

---

<sup>1</sup>Η έννοια του modality είναι ευρύτερη του εκφραστικού μέσου και χρησιμοποιείται για οποιοδήποτε κανάλι πληροφορίας όπως για παράδειγμα το σήμα από έναν γαλβανικό μετρητή αντίδρασης δέρματος. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εξετάζουμε τα κανάλια με εκφραστική πληροφορία και έτσι περιοριζόμαστε στη χρήση της έννοιας modality για τα εκφραστικά μέσα.

Αρχικά παρουσιάστηκε έντονο ενδιαφέρον στο συνδυασμό πληροφορίας από δεδομένα ήχου και εικόνας. Η ερευνητική δράση της Picard το 2001 εμπλούτισε τις δυνατές εισόδους προσθέτοντας πληροφορία από σήματα φυσιολογίας (καρδιακός παλμός, εφίδρωση, σύσπαση μυών) με τη χρήση διάφορων αισθητήρων. Τα πρώτα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά και η χρήση πολλών εκφραστικών μέσων βελτίωσε την ακρίβεια στην αναγνώριση συναισθημάτων, καθιστώντας τη λειτουργία των συστημάτων πιο αποτελεσματική και αξιόπιστη. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται στη βιβλιογραφία και ως *πολυτροπική αναγνώριση συναισθήματος* - *multimodal emotion recognition*. Η διαδικασία σύντηξης ή συνδυασμού των επιμέρους αποτελεσμάτων από κάθε εκφραστικό μέσο ονομάζεται *multimodal fusion* (Ενότητα 4.2).

Είναι πλέον αρκετοί οι ερευνητές που υποστηρίζουν ότι αξιόπιστη αναγνώριση συναισθημάτων οφείλει να στηρίζεται σε ένα συνδυασμό εκφραστικών μέσων και ιδιαίτερα για τα οπτικά δεδομένα, σε ένα συνδυασμό εκφράσεων προσώπου και χειρονομιών. Έχουν προταθεί πληθώρα από τέτοιες προσεγγίσεις όπως των Gunes και Piccardi το 2007 [45], η μελέτη της αγανάκτησης (*frustration*) από τους Kapoor et al. το 2007 [53], η μελέτη αναγνώρισης συναισθηματικών καταστάσεων από εκφράσεις, χειρονομίες και φωνή από τους Karrouzis et al. το 2007 [54], η αναγνώριση συναισθημάτων από φυσιολογικά σήματα από τους Lisetti και Nasoz το 2004 [65] και αναγνώριση συναισθημάτων από τηλεοπτικές συνεντεύξεις από τους Martin et al. το 2006 [70]. Οι προσεγγίσεις αυτές με τη σειρά τους έχουν φέρει στην επιφάνεια νέες ερευνητικές προκλήσεις.

Μια βασική συνεισφορά της πολυτροπικής αναγνώρισης συναισθήματος είναι η ενίσχυση της στροφής από στημένα (*acted*), σε αυθόρμητα δεδομένα, δεδομένα δηλαδή από συναισθηματικές συμπεριφορές που καταγράφονται σε πραγματικές, φυσικές συνθήκες.

Παρά τις πρόσφατες προόδους στην πολυτροπική αναγνώριση συναισθημάτων υπάρχει πληθώρα από ανοιχτά ερευνητικά ζητήματα. Πόσα κανάλια ή εκφραστικά μέσα πρέπει να χρησιμοποιούνται; Τι ρόλο παίζει το κάθε εκφραστικό μέσο; Είναι σταθερός ο ρόλος και η σημασία του ή αλλάζει με τις εκάστοτε συνθήκες; Υπάρχουν εκφραστικά μέσα που είναι πιο αξιόπιστα; Ποιες είναι οι συνθήκες που επιτρέπουν αυτή την αξιοπιστία και ποιες αυτές που την υποδαυλίζουν; Πώς πρέπει να γίνεται ο συνδυασμός της πληροφορίας από τα διαφορετικά κανάλια;

## 4.2 Συνδυασμός Εκφραστικών Μέσων

Η διαδικασία συνδυασμού ή σύντηξης πολλών εκφραστικών μέσων (*multimodal fusion*), όπως η ομιλία, οι χειρονομίες και οι εκφράσεις προσώπου, είναι ένα από τα βασικά ανοιχτά ερευνητικά ζητήματα. Δεν πρόκειται για έναν απλό και επίπεδο συνδυασμό των επιμέρους εκφραστικών μέσων, αλλά για την εις βάθος μελέτη και αξιοποίηση της πληροφορίας που υπάρχει σε κάθε κανάλι. Διερευνάται ο ρόλος και η σημασία της πληροφορίας του κάθε καναλιού στο εκάστοτε πλαίσιο μελέτης. Εξετάζοντας τις τιμές κάθε εκφραστικού μέσου και κάθε συσκευής εισόδου και ταυτόχρονα μελετώντας τους τρόπους που αυτά συσχετίζονται, το χρονοισμό τους και τις μεταβολές τους με την πάροδο του χρόνου, επιτυγχάνεται ένας συνδυασμός των αποτελεσμάτων των επιμέρους καναλιών, που προσφέρει κρίσιμη πληροφορία η οποία δεν είναι προφανής όταν μελετάται κάθε εκφραστικό μέσο μεμονωμένα.

Συνεπώς, ο όρος '*multimodal processing*' εκφράζει τη διαδικασία συνδυασμού πολλαπλών σημάτων εισόδου προκειμένου να βελτιωθεί η λειτουργία ενός συστήμα-

τος. Ορίζονται δύο διαφορετικές μέθοδοι, ο **συνδυασμός σε επίπεδο απόφασης** (decision-level fusion) και ο **συνδυασμός σε επίπεδο χαρακτηριστικών** (feature-level fusion).

Στην πρώτη περίπτωση αναπτύσσονται ανεξάρτητα συστήματα και καθένα από αυτά επεξεργάζεται μόνο τα σήματα που είναι διαθέσιμα σε αυτό. Τα αποτελέσματα από τα διαφορετικά συστήματα θεωρούνται ως ανεξάρτητες πηγές ενδείξεων και η συνολική έξοδος υπολογίζεται με διαδικασίες μέσω ωρών. Αυτή η προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ιδιαίτερα εύκολη στην υλοποίηση, όταν τα ανεξάρτητα συστήματα είναι ήδη διαθέσιμα (όπως είναι για παράδειγμα οι ανεξάρτητες ψηφίδες λογισμικού - software components).

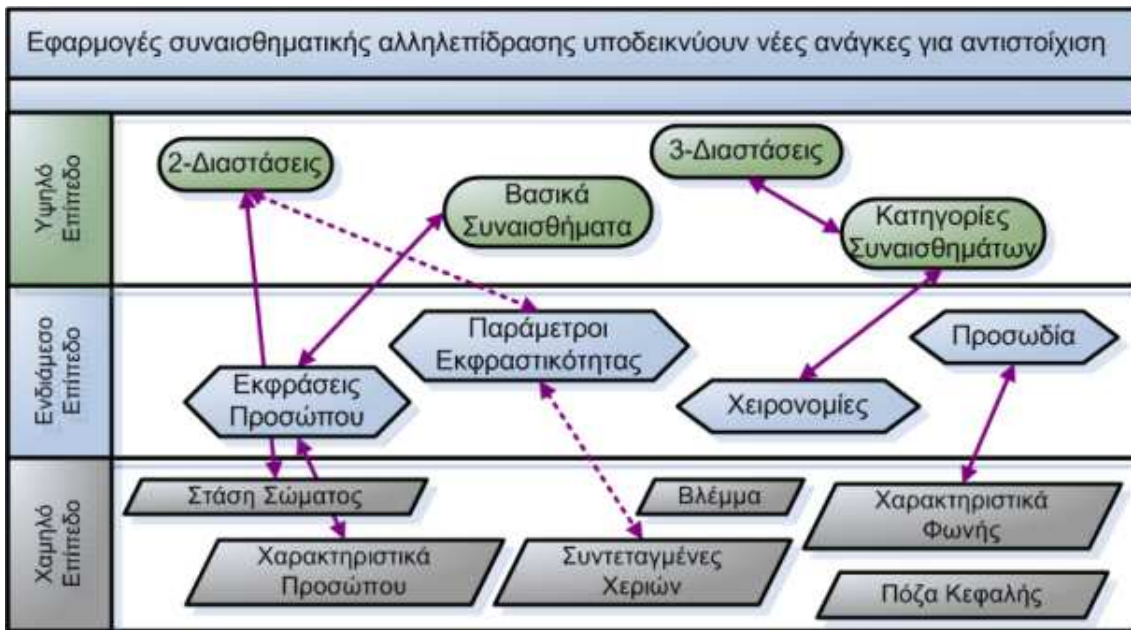
Στη δεύτερη μέθοδο, ένα μοναδικό σύστημα λαμβάνει υπόψη του όλα τα σήματα εισόδου ταυτόχρονα, προκειμένου να οδηγηθεί σε ένα συμπέρασμα. Αυτή η προσέγγιση έχει το μειονέκτημα ότι συχνά παρουσιάζει δυσκολίες στην υλοποίηση. Τα δεδομένα εισόδου διαφέρουν στη φύση τους, καθιστώντας την ενσωμάτωσή τους σε ένα ομοιογενές σχήμα επεξεργασίας μια περίπλοκη διαδικασία. Αν η ενσωμάτωση αυτή επιτευχθεί οδηγεί σε συστήματα με αισθητά καλύτερη απόδοση.

Μια πρόσφατη δημοσίευση από την Castellano και συνεργάτες [17] αποτελεί ένα καλό παράδειγμα των διάφορων μεθόδων σύνθεσης εκφραστικών μέσων. Προκειμένου να συνδυαστούν οι εκφράσεις του προσώπου, οι χειρονομίες και η ομιλία υιοθετούνται και υλοποιούνται οι δύο προαναφερθείσες προσεγγίσεις: (α) συνδυασμός σε επίπεδο χαρακτηριστικών με χρήση ενός Bayesian ταξινομητή (classifier) που παίρνει ως είσοδο τα χαρακτηριστικά από όλα τα εκφραστικά μέσα και (β) συνδυασμός σε επίπεδο απόφασης όπου για κάθε εκφραστικό μέσο χρησιμοποιείται ένας ξεχωριστός ταξινομητής και οι έξοδοι συνδυάζονται εκ των υστέρων. Στη δεύτερη περίπτωση μελετήθηκαν δύο υποπερίπτώσεις. Στην πρώτη υποπερίπτωση επιλέγεται ως έξοδος το συναίσθημα με την καλύτερη πιθανότητα ανάμεσα στα τρία μέσα που μελετήθηκαν. Στη δεύτερη υποπερίπτωση επιλέγεται ως έξοδος το συναίσθημα που συγκεντρώνει την 'πλειοψηφία' των ψήφων από τα τρία εκφραστικά μέσα. Αν δεν επιτυγχάνεται πλειοψηφία (για παράδειγμα κάθε επιμέρους ταξινομητής επιστρέφει διαφορετικό αποτέλεσμα/συναίσθημα), επιλέγεται το συναίσθημα με την καλύτερη πιθανότητα.

Η κατεύθυνση επέκτασης της έρευνας και η συμβολή της διατριβής στον ερευνητικό αυτό χώρο έγκειται στην περίπτωση συνδυασμού (fusion) σε επίπεδο αποφάσεων. Είναι συχνό το φαινόμενο οι επιμέρους ταξινομητές να επιστρέφουν αποτελέσματα σε διαφορετικές αναπαραστάσεις. Αυτό είναι σύνθητες είτε επειδή οι επιμέρους ψηφίδες λογισμικού είναι αυτόνομα σχεδιασμένες με σκοπό το συνδυασμό, αλλά χωρίς να μπορούν να προβλέψουν με ποιες άλλες ψηφίδες πρόκειται να συνεργαστούν είτε επειδή κάποιες αναπαραστάσεις θεωρούνται πιο 'ταιριαστές'/προτιμούνται σχεδιαστικά για κάποια εκφραστικά μέσα. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής μελετήθηκαν οι ανάγκες και οι τρόποι αντιστοίχισης επιμέρους αναπαραστάσεων συναισθημάτων (Ενότητα 4.3). Η βασική ερευνητική συμβολή έγκειται στην αντιστοίχιση παραμέτρων εκφραστικότητας χειρονομιών με τις διαστάσεις Ενεργοποίησης (activation) και Αξιολόγησης (Evaluation) (Ενότητα 4.4).

### 4.3 Αντιστοίχιση Συναισθηματικών Αναπαραστάσεων

Η παρούσα διατριβή ασχολείται με τη μελέτη οπτικών πληροφοριών συμπεριφοράς και συγκεκριμένα με τη μελέτη της μη λεκτικής εκφραστικότητας, τόσο στον τομέα της σύνθεσης συναισθηματικής συμπεριφοράς, όσο και σε αυτόν της αναγνώρισης.



Σχήμα 4.1: Επίπεδα πληροφορίας και αντιστοιχίσεις στη διαδικασία αναγνώρισης συναισθηματικών καταστάσεων

Από τη συστηματική μελέτη της περιοχής της συναισθηματικής υπολογιστικής αυτό που μου κέντρισε το ερευνητικό ενδιαφέρον ήταν η πληθώρα και ποικιλία προσεγγίσεων, θεωριών, αναπαραστάσεων και μοντέλων. Η ενεργός μου συμμετοχή στα ερευνητικά ευρωπαϊκά προγράμματα Humaine [78] και Callas [13] μου έδειξε τη σημασία να βρεθούν τρόποι σύνδεσης ανάμεσα στις διαφορετικές προσεγγίσεις και αναπαραστάσεις συναισθηματικής πληροφορίας. Αυτό γίνεται σαφές στις απαιτήσεις της διαδικασίας συνδυασμού εκφραστικών μέσων (multimodal fusion), αλλά τονίζεται ακόμα περισσότερο και μέσα από τη μελέτη εφαρμογών που υποστηρίζουν τη συναισθηματική αλληλεπίδραση (affective interaction), η οποία εξετάζεται σε βάθος στο επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 5).

Επιχειρώντας μια εννοιολογική διάκριση, προτείνουμε τον εννοιολογικό διαχωρισμό της συναισθηματική πληροφορίας με βάση τα βήματα από τα οποία απαρτίζεται η διαδικασία αναγνώρισης συναισθημάτων (Σχήμα 4.1). Στο χαμηλό επίπεδο είναι η παρακολούθηση και η αναγνώριση χαρακτηριστικών (low level features). Σε αυτό το επίπεδο ανήκουν τα χαρακτηριστικά του προσώπου, του βλέμματος και της πόζας, καθώς και η παρακολούθηση χαρακτηριστικών της κίνησης των χεριών και του σώματος.

Μεσολαμβάνει ένα ενδιάμεσο στάδιο στο οποίο παρακολουθούνται συμπεριφορές και μοτίβα από ομάδες χαρακτηριστικών. Πρόκειται για μια πιο 'έξυπνη' πληροφορία, για παράδειγμα ένα σύνολο δεδομένων κίνησης των χεριών σε αυτό το επίπεδο μπορεί να αναγνωρίζεται ως μια χειρονομία. Στο ενδιάμεσο αυτό στάδιο κατατάσσονται και οι παράμετροι εκφραστικότητας που συλλαμβάνουν ποιοτικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης εκφραστικότητας και αναλύονται σε βάθος σε επόμενη παράγραφο (Υποενότητα 4.3.3).

Ακολουθεί το υψηλό επίπεδο της διαδικασίας που αποφαίνεται ποιοτικά (qualitative level) για συμπεριφορές που έχουν νόημα στη συναισθηματική υπολογιστική, όπως η αναγνώριση μιας έκφρασης προσώπου ή η αναγνώριση μιας χειρονομίας.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη ερευνητική τάση αντιστοίχισης πληροφορίας

χαμηλού επιπέδου, όπως είναι αυτή των χαρακτηριστικών προσώπου ή των χαρακτηριστικών στάσης του σώματος με ποιοτική/ υψηλού επιπέδου πληροφορία, όπως είναι οι διαστάσεις Pleasure - Arousal (Ευχαρίστησης - Ενεργοποίησης). Δίνεται μια σύντομη παρουσίαση ενός αντιπροσωπευτικού τέτοιου παραδείγματος, που είναι η μελέτη των Kleinsmith και Berthouze για τη στάση του σώματος (Υποενότητα 4.3.1). Επιπλέον, παρατίθεται η περίπτωση αντιστοίχισης, που πραγματοποιείται εξ ολοκλήρου στο υψηλό επίπεδο συναισθηματικής πληροφορίας (Υποενότητα 4.3.2). Τα παραδείγματα αυτά παρατίθενται με σκοπό να γίνουν σαφή τα κίνητρα της έρευνας που εκπονήθηκε στο πλαίσιο της διατριβής ως προς τις παραμέτρους εκφρασιμότητας (Υποενότητα 4.4) καθώς και για να αναδειχθεί η αξία των αποτελεσμάτων (Υποενότητα 4.6.2).

### 4.3.1 Στάση σώματος

Η στάση του σώματος (body posture) αποτελεί και αυτή ένα modality, ένα εκφραστικό μέσο που περιέχει πληροφορία για τη συναισθηματική κατάσταση του ατόμου. Έχει αποδειχτεί ότι η στάση του σώματος μπορεί να επικοινωνήσει είτε διακριτές συναισθηματικές κατηγορίες είτε συναισθήματα που κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με διαστάσεις. Οι Kleinsmith και Berthouze, σε μια πρόσφατη μελέτη τους [57] αναγνώρισαν συναισθηματικές καταστάσεις από στατικές εικόνες σωμάτων και πρότειναν ένα σύνολο από χαμηλού επιπέδου χαρακτηριστικά που αναγράφονται στον Πίνακα 4.1. Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται είναι L: Left, R: Right, B: Back, F: Front. Τα χαρακτηριστικά αυτά τα χρησιμοποίησαν για να κατασκευάσουν μοντέλα αναγνώρισης συναισθημάτων με διαστατικές αναπαραστάσεις. Οι διαστάσεις που λήφθηκαν υπόψη ήταν η αξιολόγηση, η δραστηριοποίηση, η κυριαρχία/σημασία και η αποφυγή. Συλλέχθηκαν δεδομένα από 111 στάσεις σώματος.

Code	Posture Features	Code	Posture Features
V4	$Orientation_{XY}$ : B.Head - F.Head axis	V5	$Orientation_{YZ}$ : B.Head - F.Head axis
V6	$Distance_z$ : R.Hand - R.Shoulder	V7	$Distance_z$ : L.Hand - L.Shoulder
V8	$Distance_y$ : R.Hand - R.Shoulder	V9	$Distance_y$ : L.Hand - L.Shoulder
V10	$Distance_x$ : R.Hand - L.Shoulder	V11	$Distance_x$ : L.Hand - R.Shoulder
V12	$Distance_z$ : R.Hand - R.Elbow	V13	$Distance_z$ : L.Hand - L.Elbow
V14	$Distance_x$ : R.Elbow - L.Shoulder	V15	$Distance_x$ : L.Elbow - R.Shoulder
V16	$Distance_z$ : R.Hand - R.Elbow	V17	$Distance_z$ : L.Hand - L.Elbow
V18	$Distance_y$ : R.Hand - R.Elbow	V19	$Distance_y$ : L.Hand - L.Elbow
V20	$Distance_y$ : R.Elbow - R.Shoulder	V21	$Distance_y$ : L.Elbow - L.Shoulder
V22	$Distance_z$ : R.Elbow - R.Shoulder	V23	$Distance_z$ : L.Elbow - L.Shoulder
V24	$Orientation_{XY}$ : Shoulders axis	V25	$Orientation_{XZ}$ : Shoulders axis
V26	$Orientation_{XY}$ : Heels axis	V27	3D - Distance: R.Heel - L.Heel

Πίνακας 4.1: Τα χαρακτηριστικά στάσης του σώματος που προτείνονται από την Kleinsmith [57]

Στον Πίνακα 4.2 παρατίθενται τα χαρακτηριστικά που είναι σημαντικά για το διαχωρισμό μεταξύ συναισθηματικών διαστάσεων. Η τελευταία στήλη περιέχει το ποσοστό σφάλματος για το κάθε μοντέλο. Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται είναι πάλι L: Left, R: Right, B: Back, F: Front.

Affective Dim. Model	Head	Vertical					Frontal					Lateral					Heels		MDA Error	
	V5	V6	V7	V16	V22	V23	V8	V9	V19	V20	V21	V24	V10	V11	V13	V14	V15	V26		V27
Valence HL	3	1																2		16%
Arousal HL	1	2				5							3			4				5%
Potency HL	3		2	1				4						5	6					3%
Avoidance HL	4		1			2								3						7%
Valence HN	4					1					2							3		27%
Arousal HN			1		4		3						2							9%
Potency HN	4		3	1			5			2			8			6		7		19%
Avoidance HN	2				5	1						4	3							14%
Valence LN		3						1	2											28%
Arousal LN		3			1					4	5				2					12%
Potency LN	3	4		1										2						20%
Avoidance LN		1											2							18%

Πίνακας 4.2: Σημαντικά χαρακτηριστικά στάσης σώματος για διαχωρισμό μεταξύ συναισθηματικών διαστάσεων.

#### 4.3.2 Αντιστοίχιση Συναισθημάτων με Διαστάσεις

Για την πρόοδο της έρευνας στην περιοχή, αναγκαία είναι και η αντιστοίχιση μεταξύ πληροφορίας που βρίσκεται σε αυτό που ορίσαμε ως ενδιάμεσο στάδιο και το υψηλότερο στάδιο. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στον Πίνακα 4.3, ο οποίος περιλαμβάνεται στη μελέτη του Gebhard [39]. Πρόκειται για μια αντιστοίχιση ανάμεσα στις 22 συναισθηματικές κατηγορίες OCC και στις τρεις διαστάσεις Pleasure - Arousal - Dominance, η οποία βασίζεται στη θεωρία του Mehrabian [72].

Μια τέτοια αντιστοίχιση είναι απαραίτητη στην περίπτωση του υπολογιστικού μοντέλου ALMA (Υποενότητα 3.5), έτσι ώστε η συλλογιστική του μοντέλου για τη συναισθηματική κατάσταση να μπορεί να γίνεται σε ένα κοινό επίπεδο, αυτό των διαστάσεων.

#### 4.3.3 Παράμετροι Εκφραστικότητας

Η εκφραστικότητα της συμπεριφοράς είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας επικοινωνίας αφού μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την επικρατούσα συναισθηματική κατάσταση, διάθεση και προσωπικότητα ενός ατόμου [111]. Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τα χαρακτηριστικά ανθρώπινης κίνησης και τα έχουν κωδικοποιήσει σε δυαδικές κατηγορίες όπως αργά/γρήγορα, μικρά/ευρεία, αδύναμα/ενεργητικά, μικρά/μεγάλα, δυσάρεστα/ευχάριστα.

Το 2006 ο Hartman και οι συνεργάτες του [46] μελέτησαν τη σχετική βιβλιογραφία στην κοινωνική ψυχολογία και εξήγαγαν ένα σύνολο από διαστάσεις που χαρακτηρίζουν την εκφραστικότητα στην κίνηση του ανθρώπινου σώματος. Σκοπός τους ήταν να γεφυρώσουν ποιοτικές συνιστώσες που υποδηλώνουν συμπεριφορά και προσωπικότητα με παραμέτρους κίνησης χαμηλού επιπέδου, όπως οι γωνίες των αρθρώσεων. Μελέτησαν την εκφραστικότητα από την οπτική γωνία του πώς αυτή γίνεται αντιληπτή από τους άλλους. Για το λόγο αυτό εστίασαν μόνο στα επιφανειακά χαρακτηριστικά της κίνησης και δεν μοντελοποίησαν μη ορατή μυϊκή κίνηση. Οι παράμετροι που πρότειναν είναι οι εξής:

- Καθολική Ενεργοποίηση (Overall Activation): η ενεργητικότητα που παρουσιάζεται καθ'όλη την διάρκεια της κίνησης
- Χωρική Έκταση (Spatial Extent): η έκταση των χειρονομιών στο χώρο



Emotion	P	A	D	Mood Octant
Admiration	0.4	0.3	-0.24	+P+A-D Dependent
Anger	-0.51	0.59	0.25	-P+A+D Hostile
Disliking	-0.4	-0.2	0.1	-P-A+D Disdainful
Disappointment	-0.3	-0.4	-0.4	-P-A-D Bored
Distress	-0.4	0.2	0.5	-P+A+D Hostile
Fear	-0.64	0.60	0.43	-P+A-D Hostile
FearsConfirmed	-0.5	0.3	-0.7	-P-A-D Anxious
Gloating	0.3	-0.3	-0.1	+P-A-D Docile
Gratification	0.6	-0.3	0.4	+P-A+D Relaxed
Gratitude	0.2	0.5	-0.3	+P+A-D Dependent
HappyFor	0.4	-0.2	-0.2	+P-A-D Docile
Hate	-0.4	-0.2	0.4	-P-A+D Disdainful
Hope	0.2	0.2	-0.1	+P+A-D Dependent
Joy	0.4	0.2	0.1	+P+A+D Exuberant
Liking	0.40	-0.16	-0.24	+P-A-D Docile
Love	0.3	0.1	0.2	+P+A+D Exuberant
Pity	-0.4	-0.2	-0.5	-P-A-D Bored
Pride	0.4	0.3	0.3	+P+A+D Exuberant
Relief	0.2	-0.3	-0.4	+P-A-D Docile
Remorse	-0.3	0.1	-0.6	-P+A-D Anxious
Reproach	-0.3	-0.1	0.4	-P-A+D Disdainful
Resentment	-0.2	-0.3	-0.2	-P-A-D Bored
Satisfaction	0.3	-0.2	0.4	+P-A+D Relaxed
Shame	-0.3	0.1	-0.6	-P+A-D Anxious

Πίνακας 4.3: Αντιστοίχιση Συναισθηματικών Κατηγοριών OCC με Διαστάσεις Pleasure-Arousal-Dominance

- Ρευστότητα (Fluidity): η ομαλότητα και η συνέχεια της κίνησης συνολικά (π.χ. ομαλή ή σπασμωδική κίνηση)
- Ενέργεια (Power): οι δυναμικές ιδιότητες της κίνησης (π.χ. αδύναμες ή απότομες/δυνατές κινήσεις)
- Χρονική εξέλιξη (Temporal Extent): η διάρκεια της κίνησης (π.χ. σύντομες ή αργές κινήσεις)

Τις παραμέτρους αυτές τις όρισαν τόσο για να εμπλουτίσουν την κατανόηση της ανθρώπινης εκφραστικότητας ενός εικονικού χαρακτήρα, όπως η Greta ([30]), όσο και για να βελτιώσουν την εκφραστικότητα του ίδιου του ψηφιακού χαρακτήρα.

Οι παράμετροι αυτοί υιοθετήθηκαν στην συνέχεια από αρκετούς άλλους μελετητές, τόσο για να εξελίξουν την έρευνα στην Greta (μοντελοποίηση μίμησης ανθρώπινης συμπεριφοράς από την Greta [14]), όσο και για να βελτιώσουν την αναγνώριση συναισθημάτων σε ακολουθίες βίντεο με ανθρώπους που εκφράζονται συναισθηματικά, είτε βάσει ακολουθιών βίντεο με στημένες (acted) χειρονομίες [15] είτε με μελέτη αυθόρμητων εκφράσεων από τηλεοπτικές συνεντεύξεις [69]. Ικανοποιητικά αποτελέσματα έχουν προκύψει και στην περίπτωση της μοντελοποίησης της κίνησης και χειρονομιών

που καταγράφονται με χρήση αξελερόμετρων, όπως είναι το τηλεχειριστήριο WiiMote ([86]).

Αν και τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ενδιάμεσο στάδιο, λόγω σχεδιασμού, στη διαδικασία αναγνώρισης συναισθήματος, είναι ενδιαφέρον ότι παρατηρήθηκε ευθεία αναλογία μεταξύ της συνολικής ενέργειας και της δύναμης στην κίνηση με τη διάσταση της δραστηριοποίησης, όταν οι ίδιες ακολουθίες βίντεο χαρακτηρίστηκαν και από ειδικούς βάσει διαστατικής αναπαράστασης ([69]).

Ακολουθεί μια αναλυτική περιγραφή του τρόπου υπολογισμού των παραμέτρων εκφραστικότητας χειρονομιών, αφού και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης ψηφίδας λογισμικού αξιοποιούνται ποικιλοτρόπως στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής.

### Υπολογισμός Παραμέτρων Εκφραστικότητας Χειρονομιών

Για λόγους πληρότητας παρατίθεται η μεθοδολογία υπολογισμού των παραμέτρων εκφραστικότητας χειρονομιών [16]. Η διαδικασία αυτή προϋποθέτει τον εντοπισμό της κεφαλής και των χεριών σε κάθε καρέ ενός βίντεο. Για την περιγραφή των μεθόδων εντοπισμού, ο αναγνώστης παραπέμπεται στην εν λόγω διατριβή.

Κατά τη διαδικασία εξαγωγής εκφραστικών παραμέτρων χειρονομιών, θεωρείται μια χειρονομία  $G$  ως μια ακολουθία, μήκους  $T$  πλαισίων, συντεταγμένων του αριστερού και δεξιού χεριού  $(x_{li}^G, y_{li}^G)$  και  $(x_{ri}^G, y_{ri}^G)$ , αντίστοιχα, με το  $i \in [1, T]$ . Οι συντεταγμένες των χεριών είναι σχετικές με το κέντρο του παραλληλόγραμμου που περικλείει την περιοχή του κεφαλιού που θεωρείται ως θέση του κεφαλιού και κανονικοποιημένες με τη διαγώνιο του ίδιου παραλληλογράμμου που θεωρείται ως το μέγεθος του κεφαλιού. Οι μετασχηματισμοί αυτοί είναι απαραίτητοι προκειμένου οι συντεταγμένες να είναι αμετάβλητες σε σχέση με τη θέση του χρήστη στο επίπεδο της εικόνας, αλλά και την απόσταση του από την κάμερα, καθώς αυτές οι τιμές αυτών των παραμέτρων δεν είναι εκ των προτέρων γνωστές. Έτσι τυπικά η χειρονομία ορίζεται ως:

$$G = [((x_{l1}^G, y_{l1}^G), (x_{r1}^G, y_{r1}^G)), ((x_{l2}^G, y_{l2}^G), (x_{r2}^G, y_{r2}^G)), \dots, ((x_{lT}^G, y_{lT}^G), (x_{rT}^G, y_{rT}^G))] \quad (4.1)$$

Για λόγους απλότητας τα ζεύγη  $(x_{li}^G, y_{li}^G)$  και  $(x_{ri}^G, y_{ri}^G)$  αντιστοιχίζονται στις εκφράσεις  $R_i^G$  και  $L_i^G$  αντίστοιχα. Επίσης ορίζεται η ποσότητα μετακίνησης  $D_i$  μεταξύ των πλαισίων ως το μέτρο του διανύσματος που ορίζεται από τα σημεία  $(x_i, y_i)$  και  $(x_{i+1}, y_{i+1})$ ,  $D_i = \left| \overrightarrow{(x_i, y_i)(x_{i+1}, y_{i+1})} \right|$ .

Η καθολική ενεργοποίηση θεωρείται ως η ποσότητα μετακίνησης κατά τη διάρκεια μιας διαλογικής αλληλεπίδρασης. Ποιοτικά κάποιος θα μπορούσε να την αντιστοιχίσει στον άξονα της ενεργοποίησης, αλλά μια τέτοια προσέγγιση θα ήταν αρκετά απλοϊκή καθώς η διάσταση της ενεργοποίησης περιλαμβάνει περισσότερες της μιας έννοιες και σίγουρα δεν μπορεί να περιγραφεί μονοσήμαντα από την εκφραστική παράμετρο της καθολικής ενεργοποίησης. Τυπικά, την ορίζουμε ως το άθροισμα των ποσοτήτων μετακίνησης:

$$OA_G = \sum_{i=1}^{T-1} D_{li}^G + D_{ri}^G \quad (4.2)$$

Η χωρική έκταση εκφράζεται με την επέκταση ή τη σύμπτυξη του χρησιμοποιούμενου χώρου μπροστά από τον πράκτορα/άνθρωπο και, όπως και η καθολική ενεργοποίηση, σχετίζεται, όχι όμως αποκλειστικά, με τον άξονα της ενεργοποίησης, καθώς

κάποιος που γενικά βρίσκεται στο αρνητικό ημιεπίπεδο της ενεργοποίησης, είναι δηλαδή μάλλον παθητικός, είναι απίθανο να επεκτείνει σημαντικά το χώρο χειρονομίας (gesturing space) μπροστά του. Προκειμένου να οριστεί σαφώς ο χώρος έκτασης κατά τη διάρκεια της χειρονομίας, ορίζουμε τη στιγμιαία χωρική έκταση  $e_i$  ως το μέτρο του διανύσματος που ορίζουν τα σημεία  $(x_{li}, y_{li})$  και  $(x_{ri}, y_{ri})$  τη στιγμή  $i$ . Έτσι η εκφραστική παράμετρος της χωρικής έκτασης αντιστοιχεί στη μέγιστη ποσότητα της στιγμιαίας χωρικής έκτασης κατά τη διάρκεια της χειρονομίας:

$$SE_G = \max e_i, i \in [1, T] \quad (4.3)$$

$$e_i = \left| \overrightarrow{(x_{ri}, y_{ri})(x_{li}, y_{li})} \right|$$

Η χρονική παράμετρος εκφραστικότητας της χειρονομίας δηλώνει την ταχύτητα της μετακίνησης κατά τη διάρκεια της χειρονομίας και διαχωρίζει γρήγορες με αργές χειρονομίες. Εφόσον η ποσότητα  $D_i$  ορίζει τη στιγμιαία ταχύτητα για τη στιγμή  $i$  η χρονική εκφραστική παράμετρος ορίζεται ως τον μέσο όρο της ποσότητας αυτής και δεδομένου πως η  $OA$  αντιστοιχεί στο διακριτό ολοκλήρωμα της:

$$TE_G = \frac{OA}{T} \quad (4.4)$$

Ενώ, η παράμετρος εκφραστικότητας της ενέργειας αναφέρεται στη μετακίνηση των χεριών κατά τη διάρκεια φάση κτυπήματος χειρονομίας (π.χ., γρήγορης/συγκρατημένης ενέργειας). Οι χειρονομίες αποτελούνται από τρεις φάσεις: προετοιμασία, κτύπημα και απόσυρση. Το ουσιαστικό μήνυμα τους συγκεντρώνεται στην φάση του κτυπήματος, ενώ τα στοιχεία προετοιμασιών και απόσυρσης αποτελούνται από την κίνηση των χεριών σε και από την ουδέτερη θέση της χειρονομίας. Η τυποποίηση της ενέργειας της χειρονομίας, σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό όμως, είναι εξαιρετικά δύσκολο να πραγματοποιηθεί στην αυτόματη εξαγωγή εκφραστικών παραμέτρων χειρονομιών εφόσον οι φάσεις της χειρονομίας δεν είναι σαφώς διαχωρίσιμες σε πραγματικές συνθήκες αλληλεπίδρασης, ενώ ακόμα και σε ελεγχόμενες συνθήκες με ελεύθερες χειρονομίες αποτελεί μεγάλη πρόκληση και σίγουρα θα έπρεπε να ενσωματώνει γνώση σχετικά με τη φύση, αν όχι την ακριβή κατηγορία της χειρονομίας. Εναλλακτικά, επιλέξαμε να αντιστοιχίσουμε ποιοτικά την παράμετρο αυτή στην πρώτη παράγωγο του μέτρου της  $D$  που παραπέμπει στην επιτάχυνση των χεριών κατά την διάρκεια της χειρονομίας:

$$PO = |D|' \quad (4.5)$$

Η ρευστότητα διαφοροποιεί τις ομαλές/χομψές από τις ξαφνικές/απότομες χειρονομίες. Αυτή η έννοια επιδιώκει να καταγράψει τη συνέχεια μεταξύ των μετακινήσεων και είναι κατάλληλη να μοντελοποιήσει τις αλλαγές στην επιτάχυνση και επιβράδυνση των άκρων. Υπό αυτό το πρίσμα, ορίζουμε την ρευστότητα μιας χειρονομίας ως τη διακύμανση της ενέργειας, όπως τελικά ορίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο:

$$FL = var(PO) \quad (4.6)$$

Σημαντική σημείωση είναι πως η ποσότητα του  $FL$  αντιστοιχεί σε μια ποσότητα αντιστρόφως ανάλογη της έννοιας της ρευστότητας. Έτσι, μια χειρονομία με υψηλή τιμή της εκφραστικής παραμέτρου  $FL$ , επιδεικνύει χαμηλή ρευστότητα και επομένως κατηγοριοποιείται στις ξαφνικές/απότομες χειρονομίες. Η μετατροπή της σε μια έκφραση ανάλογη της έννοιας της ρευστότητας δεν αποτελεί τετρμιμένη διαδικασία



Σχήμα 4.2: Στιγμιότυπα από βίντεο με χειρονομίες

καθώς δεν είναι γνωστές οι τιμές του άνω και κάτω ορίου της ρευστότητας συνολικά για όλες τις κατηγορίες χειρονομιών.

## 4.4 Πειραματική Αντιστοίχιση Παραμέτρων Εκφραστικότητας σε Διαστάσεις

Όπως υπογραμμίστηκε και στην αρχή της ενότητας, οι παράμετροι εκφραστικότητας αποτελούν παράδειγμα μελέτης σε ενδιάμεσο στάδιο μιας και παρακολουθούν ποιοτικά χαρακτηριστικά των ανθρώπινων χειρονομιών. Στηρίζονται στα δεδομένα κίνησης χαρακτηριστικών σε χαμηλό επίπεδο, όπως είναι η κίνηση των χεριών και η θέση του κεφαλιού, αλλά τα συμπεράσματα τους είναι πιο πλούσια/ ποιοτικά επαυξημένα. Δεν θεωρούνται όμως ούτε υψηλού επιπέδου, γιατί, αν και περιέχουν ποιοτική πληροφορία για την κίνηση, δεν περιέχουν σαφή πληροφορία για τη συναισθηματική κατάσταση.

Έχοντας συμμετάσχει επικουρικά στη μελέτη των παραμέτρων εκφραστικότητας [14], στα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν με ασφάλεια και στην αξιολόγηση της μεθόδου, αποφασίστηκε η ανάγκη της συνέχισης της έρευνας αυτής προς την κατεύθυνση της αντιστοίχισης (mapping) των αποτελεσμάτων που προσφέρουν οι παράμετροι εκφραστικότητας σε σχέση με άλλες συναισθηματικές αναπαραστάσεις υψηλότερου επιπέδου.

Έχει ήδη διατυπωθεί η άποψη ότι οι παράμετροι αυτές παρουσιάζουν σχέση με τη διάσταση της ενεργοποίησης (activation). Η παρούσα διατριβή ερευνά και διατυπώνει μια μέθοδο αντιστοίχισης των παραμέτρων εκφραστικότητας με μια πιο σύνθετη διαστατική αναπαράσταση συναισθημάτων, όπως είναι αυτή της δραστηριοποίησης/ αξιολόγησης (Ενότητα 2.3). Επειδή, εξ ορισμού, οι παράμετροι εκφραστικότητας ανήκουν σε αυτό που ονομάζεται ενδιάμεσο στάδιο, λείπει πληροφορία που μπορεί να γεφυρώσει την αναντιστοιχία και να επιτρέψει τη σύνθεση διαφορετικών πληροφοριών.

Η συμβολή αυτής της μελέτης φαίνεται στο Σχήμα 4.1, όπου απεικονίζεται ο εννοιολογικός διαχωρισμός τριών επιπέδων που προτάθηκε. Με συνεχείς γραμμές ορίζονται οι αντιστοιχίσεις που έχουν ήδη μελετηθεί, ενώ με διακεκομμένες γραμμές παρουσιάζονται οι αντιστοιχίσεις που σχετίζονται με την παρούσα διατριβή.

### 4.4.1 Προτεινόμενη Μεθοδολογία

Προτείνεται μια αντιστοίχιση (mapping) των παραμέτρων εκφραστικότητας με τις διαστάσεις της Ενεργοποίησης (Activation) και της Αξιολόγησης (Evaluation). Στη διάθεσή μας είχαμε ένα σύνολο από δεδομένα βίντεο με επτά διαφορετικούς ανθρώπους να εκτελούν χειρονομίες σύμφωνα με συγκεκριμένα σενάρια (Σχήμα 4.2). Για τα βίντεο αυτά υπήρχαν ήδη αυτόματα υπολογισμένες τιμές για τις παραμέτρους εκφραστικότητας με τη χρήση της ανάλογης ψηφίδας λογισμικού [14].

Αρχικά θα προσκομιστεί με πειραματικό τρόπο ένα σύνολο από δεδομένα αναφοράς για το σύνολο των διαθέσιμων βίντεο. Τα δεδομένα αναφοράς θα αποτελούνται

από επισημειώσεις ως προς τις δύο διαστάσεις. Στη συνέχεια θα μελετηθεί η αξιοπιστία της μεθόδου και θα παρουσιαστεί μια μεθοδολογία αντιστοίχισης των αυτόματα υπολογισμένων παραμέτρων εκφραστικότητας με τις διαστάσεις Ενεργοποίησης και Αξιολόγησης.

#### 4.4.2 Δεδομένα Αναφοράς

Η μελέτη που παρουσιάζεται, ερευνά τη δυνατότητα να συμπληρωθεί η πληροφορία που λείπει και τελικά να γίνει αντιστοίχιση των παραμέτρων εκφραστικότητας με διαστατικές αναπαραστάσεις.

Η διαδικασία που συνηθίζεται για να βρεθεί μια αντιστοίχιση κάποιων χαρακτηριστικών με μια συναισθηματική κατάσταση ή με τιμές που τη χαρακτηρίζουν σε δύο διαστάσεις είναι να χρησιμοποιούνται μέθοδοι ταξινόμησης πάνω σε ένα επισημειωμένο σύνολο από δεδομένα (annotated data set). Για παράδειγμα, αν έχουμε ένα σύνολο από βίντεο χρηστών καθώς αλληλεπιδρούν με ένα σύστημα και υπάρχει επισημείωση ανά τακτά χρονικά διαστήματα για το αν ο χρήστης έχει την προσοχή του στραμμένη στην αλληλεπίδραση ή όχι (attentive / non attentive), τότε μπορούμε να υπολογίσουμε τιμές για τα διανύσματα βλέμματος και πόζας κεφαλιού (με μεθόδους όρασης υπολογιστών), να τα αντιστοιχίσουμε με τις επισημειωμένες καταστάσεις και να χρησιμοποιήσουμε αυτό το σύνολο δεδομένων αναφοράς (ως ground truth) για την εκπαίδευση ενός αλγορίθμου ταξινόμησης.

Το ενδιαφέρον χαρακτηριστικό στην περίπτωση των παραμέτρων εκφραστικότητας (όπως και στη γενικότερη περίπτωση πληροφορίας συναισθηματικής κατάστασης) είναι ότι δεν υπάρχει μια απόλυτη αλήθεια και ένας μοναδικός τρόπος υπολογισμού μιας τιμής για τη συναισθηματική πληροφορία. Είναι σύνηθες να ζητείται από έμπειρους ψυχολόγους στο χώρο της ανθρώπινης συμπεριφοράς να επισημειώσουν βίντεο με ανθρώπους να εκφράζουν τα συναισθήματα τους και ο βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στους επισημειωτές (annotators) να είναι χαρακτηριστικά χαμηλός.

#### Υπολογισμός Εντροπίας

Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα που έχει προταθεί από τους Steidl et al. [106] είναι η χρήση της έννοιας της εντροπίας. Η εντροπία χρησιμεύει στον υπολογισμό ενός βαθμού ομοφωνίας ανάμεσα στους επισημειωτές κάποιων δεδομένων. Αν αυτοί συμφωνούν, η εντροπία είναι μηδέν. Όσο περισσότερο διαφωνούν τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της εντροπίας. Η μέθοδος αυτή δοκιμάστηκε (στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής) στην περίπτωση της βάσης δεδομένων από την εφαρμογή SAL - του ευαίσθητου τεχνητού ακροατή (Sensitive Artificial Listener) [19], η οποία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου Humaine [78].

Τα δεδομένα είναι βίντεο ανθρώπων που αλληλεπιδρούν με έναν ακροατή. Τέσσερις διαφορετικοί χαρακτήρες ακροατών, με τη μορφή εικονικών πρακτόρων, εμπλέκονται σε ερωταποκρίσεις με τους χρήστες. Η συμπεριφορά των εικονικών πρακτόρων παράγεται με μια Wizard of Oz προσέγγιση. Τα βίντεο αυτά έχουν επισημειωθεί ως προς το συναισθηματικό τους περιεχόμενο με το εργαλείο FeelTrace (Εικόνα 2.1). Η επισημείωση αποτελείται από τιμές συντεταγμένων για τις διαστάσεις Ενεργοποίηση και Αξιολόγηση. Τελικά κάθε απόσπασμα βίντεο χαρακτηρίζεται από ένα τεταρτημόριο: +/+ είναι θετική τιμή για ενεργοποίηση και αξιολόγηση, +/- θετική ενεργοποίηση, αρνητική αξιολόγηση κ.ο.κ.. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη των Karpouzis et al. [54] ως δεδομένα αναφοράς για την εκπαίδευση ενός αναδρομικού

νευρωνικού δικτύου τύπου Elman [29]. Η αναδρομική σύνδεση επιτρέπει στο δίκτυο να κατασκευάσει και να αναγνωρίσει πρότυπα όπου η χρονική εξέλιξη των εισόδων μεταφέρει κρίσιμη πληροφορία. Τα αποτελέσματα του εν λόγω νευρωνικού δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας διατριβής.

Αυτό που ενδιαφέρει στο πλαίσιο της διατριβής, είναι η εντροπία των επισημειώσεων και ο ρόλος κάθε επισημειωτή (labeller). Ενδιαφέρει επίσης ο υπολογισμός της εντροπίας, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα ταξινόμησης του νευρωνικού. Εκ πρώτης όψεως η συμφωνία ανάμεσα στους επισημειωτές (inter-labeller agreement) είναι χαμηλή. Αυτό είναι αναμενόμενο μιας και έχουμε να κάνουμε με χαρακτηρισμό συναισθηματικών επεισοδίων σε φυσικές συνθήκες. Έγιναν τέσσερις κύκλοι υπολογισμού της εντροπίας, αφήνοντας κάθε φορά τον έναν επισημειωτή εκτός διαδικασίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εντροπία μειώνεται όταν οι επισημειωτές δύο και τρία συμπεριλαμβάνονται στη διαδικασία.

Λαμβάνοντας υπόψη και τα αποτελέσματα του νευρωνικού μαζί με τις επισημειώσεις η διαδικασία υπολογισμού της εντροπίας υπέδειξε ότι το νευρωνικό δίνει καλύτερα αποτελέσματα από το μέσο όρο επισημειωτών, όταν οι επισημειωτές δύο και τέσσερα λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία. Αντίθετα, τα αποτελέσματα του νευρωνικού βρέθηκαν οριακά χειρότερα από το μέσο όρο επισημειωτών, όταν επιλέγονται οι επισημειωτές δύο και τρία. Όταν όλα τα δεδομένα επισημείωσης χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα αναφοράς, τα αποτελέσματα της αυτόματης ταξινόμησης είναι πάλι οριακά χειρότερα από το μέσο όρο επισημειωτών.

Υπολογίστηκε η εντροπία για το μέσο όρο επισημειωτών:

$$H = 0,715387374897428 \quad (4.7)$$

Η εντροπία του νευρωνικού δικτύου υπολογίστηκε:

$$H = 0,7329207842744 \quad (4.8)$$

Τέλος, η αυτόματη ταξινόμηση αξιολογήθηκε συνυπολογίζοντας ένα σύνολο ψευδο-δεδομένων (dummy data) που αντιστοιχούν σε δύο 'αφελείς' επισημειωτές (naive labellers). Ένας από τους αφελείς επισημειωτές διαρκώς χαρακτήριζε το συναισθηματικό επεισόδιο στο δεύτερο τεταρτημόριο, ενώ ο δεύτερος χρησιμοποιούσε διαρκώς το τρίτο τεταρτημόριο. Το νευρωνικό δίκτυο συμπεριφέρθηκε σαφώς καλύτερα από τα ψευδο-δεδομένα αυτά.

Συνολικά οι τιμές που υπολογίστηκαν για την εντροπία είναι οι εξής:

$$\begin{aligned} 1st\ Labeller : H &= 0,718775775783416 \\ 2nd\ Labeller : H &= 0,705130973424894 \\ 3rd\ Labeller : H &= 0,695138875459354 \\ 4th\ Labeller : H &= 0,742503874922049 \\ Neural\ Network : H &= 0,7329207842744 \\ Always\ second\ quadrant : H &= 0,963563000529684 \\ Always\ third\ quadrant : H &= 1,13245116560276 \end{aligned} \quad (4.9)$$

Αυτά τα αποτελέσματα αποτελούν μια απάντηση στο ερώτημα 'πόσο καλά συμπεριφέρθηκε το νευρωνικό στην αυτόματη επισημείωση;'. Μιας και υπήρχε μεγάλη ασυμφωνία ανάμεσα στους επισημειωτές δεν ήταν δυνατή η απλή σύγκριση των αυτόματων αποτελεσμάτων με τα δεδομένα αναφοράς (ground truth). Τα αποτελέσματα της εντροπίας είναι ενθαρρυντικά. Το νευρωνικό φαίνεται να συμπεριφέρεται σχεδόν τόσο καλά όσο ένας άνθρωπος-επισημειωτής.

## Εναλλακτικός Τρόπος Προσκόμισης Δεδομένων Αναφοράς

Η διαδικασία υπολογισμού εντροπίας αποδεικνύει και πρακτικά τη δυσκολία εύρεσης εύρωστων δεδομένων αναφοράς για τη διαδικασία χαρακτηρισμού συναισθηματικών επεισοδίων. Η εμπειρία μας από αυτή τη μελέτη μας οδήγησε στην αναζήτηση νέων τρόπων ορισμού των δεδομένων αναφοράς. Για να ξεπεράσουμε το πρόβλημα της διαφωνίας ανάμεσα στους επισημειωτές, διαλέξαμε να καταγράψουμε πώς αντιλαμβάνεται μια μεγαλύτερη ομάδα ατόμων την εκφραστικότητα στα υπό μελέτη βίντεο. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την εκτέλεση ενός πειράματος αντίληψης της ανθρώπινης εκφραστικότητας.

## 4.5 Πείραμα Αντίληψης Εκφραστικότητας

Προκειμένου να προσδιοριστεί ένας τρόπος μέτρησης του πώς αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος παρατηρητής την εκφραστικότητα στο διαθέσιμο σύνολο δεδομένων, στήθηκε ένα πείραμα αντίληψης εκφραστικότητας το οποίο αποτελείται από δύο φάσεις.

Σε πρώτη φάση κρίθηκε απαραίτητο να ελεγχθεί το κατά πόσο οι πέντε παράμετροι εκφραστικότητας (Υποενότητα 4.3.3) - όπως έχουν οριστεί και με τον τρόπο που υπολογίζονται αυτόματα - γίνονται αντιληπτές και από τους ανθρώπους που παρακολούθησαν τις ίδιες ακολουθίες βίντεο. Η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά ως πρώτη φάση του πειράματος στην Υποενότητα 4.5.2.

Στη συνέχεια ζητήθηκε από παρατηρητές να παρακολουθήσουν το πλήρες σύνολο από τις διαθέσιμες ακολουθίες βίντεο και να τις χαρακτηρίσουν με τη χρήση της κλίμακας ενεργοποίησης (activation) και της κλίμακας αξιολόγησης (evaluation) - Υποενότητα 4.5.3. Η διαδικασία που υιοθετήθηκε ελέγχθηκε για την εγκυρότητα της και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Υποενότητα 4.5.4.

Τα αποτελέσματα του πειράματος χρησιμοποιούνται για την αντιστοίχιση των παραμέτρων εκφραστικότητας με τις διαστάσεις της ενεργοποίησης και της αξιολόγησης. Για τον προσδιορισμό των συσχετίσεων χρησιμοποιήθηκε ένα νευροασαφές δίκτυο - Υποενότητα 4.6.

### 4.5.1 Δεδομένα Πειράματος

Στη διάθεση μας έχουμε 120 σύντομες ακολουθίες βίντεο. Για 66 από αυτές έχουν ήδη υπολογιστεί οι παράμετροι εκφραστικότητας με αυτόματο τρόπο με τη χρήση της ψηφίδας λογισμικού που ανέπτυξε η ομάδα των Caridakis et al. [15].

Κατηγορία Χειρονομίας	Τεταρτημόριο στο Δίσκο Whissel
Εξηγώ	(0,0), (+, +), (+,-), (-, -)
Ωχ, Θεέ μου!	(+, +)
Άσε με ήσυχο	(+, -), (-, -)
Σηκώνω το χέρι/ ερώτηση	(0,0), (+,+), (-, -)
Βαριέμαι	(-, -)
Χαιρετώ	(0,0), (+, +), (-, +), (-, -)
Χειροκροτώ	(0,0), (+, +), (-, +), (-, -)

Πίνακας 4.4: Οι κατηγορίες χειρονομιών στις ακολουθίες βίντεο



Σχήμα 4.3: Στιγμιότυπα εκτέλεσης της ίδιας χειρονομίας από διαφορετικά άτομα

Κάθε βίντεο έχει διάρκεια από 2 έως 5 δευτερόλεπτα και περιλαμβάνει μια από τις χειρονομίες που αναγράφονται στην πρώτη στήλη του Πίνακα 4.5.1. Η κάθε χειρονομία εκτελείται με διαφορετικούς τρόπους εκφραστικότητας, όπως φαίνεται στη δεύτερη στήλη του ίδιου πίνακα, προσδιορίζοντας μια συγκεκριμένη περιοχή στο συναισθηματικό χώρο. Τα δεδομένα αυτά ανήκουν στην κατηγορία της επιτηδευμένης συναισθηματικής εκφραστικότητας.

Στο Σχήμα 4.3 φαίνονται στιγμιότυπα από τις ακολουθίες βίντεο όπου δύο διαφορετικά άτομα εκτελούν την ίδια χειρονομία.

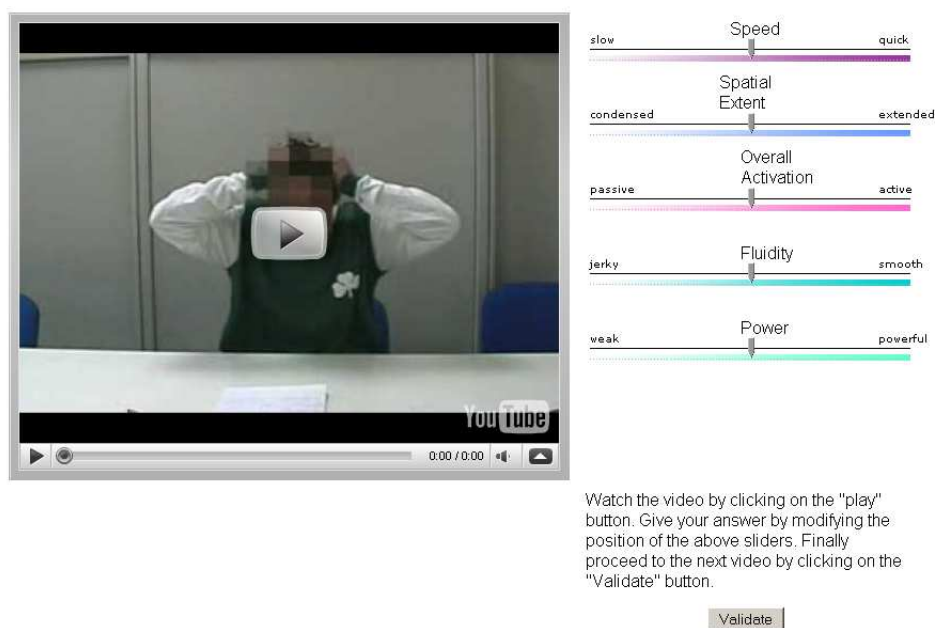
#### 4.5.2 1η Φάση - Πώς Αντιλαμβάνονται Ανθρώπινοι Παρατηρητές τις Παραμέτρους Εκφραστικότητας;

Σε πρώτη φάση θέλουμε να ελέγξουμε το πώς αντιλαμβάνονται οι ανθρώπινοι παρατηρητές τις παραμέτρους εκφραστικότητας για ένα μικρό υποσύνολο από τα βίντεο. Επιλέχθηκαν 16 αντιπροσωπευτικά βίντεο με δείγματα. Για να αποφευχθεί η προδιάθεση της κρίσης των χρηστών κατά την αξιολόγηση της εκφραστικότητας των ακολουθιών, χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα που θολώνουν το πρόσωπο των ατόμων που απεικονίζονται στα βίντεο. Επίσης αφαιρέθηκε και ο ήχος από τα βίντεο, μιας και οι ομιλίες συχνά περιέχουν σημασιολογική πληροφορία, που μπορεί και να επηρεάσει την αντίληψη του θεατή.

Σχεδιάστηκε και στήθηκε δικτυακό περιβάλλον (Σχήμα 4.4) το οποίο επιτρέπει σε χρήστες να παρακολουθούν τις ακολουθίες βίντεο μια-μια και να βαθμολογούν τις παραμέτρους εκφραστικότητας όπως αυτοί τις αντιλαμβάνονται. Αρχικά παρουσιάζεται μια ποιοτική επεξήγηση των παραμέτρων εκφραστικότητας. Στη συνέχεια, τα βίντεο παρουσιάζονται με τυχαία σειρά σε κάθε χρήστη, ώστε να μην επηρεάσει η σειρά παρουσίασης τα αποτελέσματα (ordering effects). Οι χρήστες βαθμολογούν την εκφραστικότητα μετακινώντας μια ένδειξη, η οποία ολισθαίνει πάνω σε έναν άξονα. Επιλέχθηκε αυτή η υλοποίηση επειδή είναι συνεχής και εύκολη στο χειρισμό.

Στη διαδικασία της επισημείωσης συμμετείχαν 20 άτομα, 10 άνδρες και 10 γυναίκες. Επιλέχθηκαν άτομα ίδιας εθνικότητας και παραπλήσιου μορφωτικού επιπέδου που ανήκαν στην ηλικιακή ομάδα από 25 έως 35 ετών για λόγους αποφυγής ανομοιο-





Σχήμα 4.4: Πείραμα αξιολόγησης εκφραστικότητας - 1η Φάση

μορφίας στα αποτελέσματα λόγω διαφορετικού υπόβαθρου.

### Αποτελέσματα 1ης Φάσης

Αξίζει να αναφερθεί σαν πρώτο ποιοτικό αποτέλεσμα ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες εξέφρασαν ιδιαίτερη δυσκολία στον ποιοτικό διαχωρισμό των παραμέτρων, καθώς και στην τελική απόφαση για την ανάθεση τιμής σε κάθε παράμετρο. Αυτό είναι αναμενόμενο, μιας και οι παράμετροι ορίστηκαν με επιστημονικά κίνητρα και με σκοπό να μοντελοποιηθούν από μια μηχανή και όχι να γίνουν κατανοητές από ανθρώπους που αντιλαμβάνονται την εκφραστικότητα με πολύ πιο άμεσο, αλλά και σύνθετο τρόπο.

Αρχικά διερευνήθηκε η αντιστοίχιση των εκφραστικών παραμέτρων που προέκυψαν μέσω της αυτόματης ανάλυσης και της επισημείωσης από τους συμμετέχοντες στο πείραμα για το σύνολο των 16 βίντεο. Στη συνέχεια επαναλήφθηκε ο κύκλος υπολογισμού λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα 12 τελευταία βίντεο. Αυτό έγινε εξαιτίας της παρατήρησης πως οι χρήστες έδειχναν πιο εξοικειωμένοι με τη διαδικασία επισημείωσης αφού είχαν ολοκληρώσει μερικές χειρονομίες. Παράλληλα, καταγράφηκε η συσχέτιση τόσο της μέσης όσο και της ενδιάμεσης τιμής των επισημειωμένων τιμών των παραμέτρων εκφραστικότητας. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 4.5.2.

Στις τιμές παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση μόνο για την παράμετρο της χωρικής έκτασης, ενώ για τα υπόλοιπα παρατηρείται ικανοποιητική συσχέτιση. Η αρνητική συσχέτιση της ρευστότητας οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται (Υποε-νότητα 4.3.3) καθώς ουσιαστικά εκτιμά την απόκλιση από τον μέσο όρο, ποσότητα αντιστρόφως ανάλογη με αυτό που γίνεται αντιληπτό ως ρευστότητα.

Άξιο αναφοράς είναι επιπλέον πως οι χρήστες ανέθεσαν τιμές για τις παραμέτρους έντασης και χρονικής εξέλιξης οι οποίες βρέθηκαν να συσχετίζονται κατά 0.95. Το γεγονός αυτό ενισχύει την αρχική παρατήρηση για τη δυσκολία διαχωρισμού μερικών

	Ενεργοποίηση	Χωρική Έκτ.	Χρονική Ε.	Ρευστότητα	Ένταση
Avg/16	0.38	0.78	0.53	-0.20	0.57
Median/16	0.38	0.76	0.50	-0.21	0.61
Avg/12	0.36	0.74	0.50	-0.22	0.52
Median/12	0.38	0.76	0.48	-0.18	0.55

**Πίνακας 4.5:** Πίνακας Αποτελεσμάτων Ανθρώπινης Αντίληψης Παραμέτρων Εκφραστικότητας

παραμέτρων.

### 4.5.3 2η Φάση - Αντίληψη Εκφραστικότητας ως προς Διαστάσεις Ενεργητικότητας και Αξιολόγησης

Στη δεύτερη φάση της πειραματικής διαδικασίας θέλουμε να ελέγξουμε το πώς αντιλαμβάνονται οι ανθρώπινοι παρατηρητές την εκφραστικότητα των χειρονομιών στο σύνολο των 120 βίντεο. Ενδιαφέρει η επισημείωση αυτή τη φορά να γίνει σε διαστάσεις.

Όπως και προηγουμένως για να αποφευχθεί η προδιάθεση της κρίσης των χρηστών κατά την αξιολόγηση της εκφραστικότητας των ακολουθιών χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα που θολώνουν το πρόσωπο των ατόμων που απεικονίζονται στα βίντεο. Αντίστοιχα αφαιρέθηκε και ο ήχος από τα βίντεο.

Τροποποιήθηκε το αρχικό on line περιβάλλον (Εικόνα 4.5) ώστε να παρουσιάζει σε κάθε χρήστη διαφορετικό υποσύνολο 40 βίντεο από τα συνολικά 120. Επιλέξαμε υποσύνολο των βίντεο μιας και η διαδικασία της επισημείωσης όλων των βίντεο θα ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρα και κουραστική για τους συμμετέχοντες. Η σειρά παρουσίασης πάλι είναι τυχαία. Το περιβάλλον επιτρέπει σε χρήστες να παρακολουθούν τις ακολουθίες βίντεο μια-μια και να βαθμολογούν πώς αντιλαμβάνονται την εκφραστικότητα της κίνησης ως προς τις διαστάσεις της Ενεργητικότητας (λίγο ενεργή / πολύ ενεργή) και της Αξιολόγησης (δυσάρεστη/ ευχάριστη), μετακινώντας κάθε φορά μια ένδειξη η οποία ολισθαίνει πάνω σε έναν άξονα.

Στη διαδικασία της επισημείωσης συμμετείχαν 103 άτομα, 56 άνδρες και 47 γυναίκες. Επιλέχθηκαν άτομα ίδιας εθνικότητας και παραπλήσιου μορφωτικού επιπέδου που ανήκαν στην ηλικιακή ομάδα από 25 έως 45 ετών για λόγους αποφυγής ανομοιομορφίας στα αποτελέσματα λόγω διαφορετικού υπόβαθρου.

Σε δεύτερη φάση της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων αγνοήσαμε τις πρώτες τέσσερις ακολουθίες που παρουσιάζονται σε κάθε συμμετέχοντα. Επειδή οι ακολουθίες εμφανίζονται στο χρήστη με τυχαία σειρά αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα τρία βίντεο που δεν λαμβάνουμε υπόψη να είναι διαφορετικά για κάθε χρήστη.

### 4.5.4 Έλεγχος Αξιοπιστίας της Μεθόδου

Είναι αναγκαίο η πειραματική μεθοδολογία που προτάθηκε να ελεγχθεί για την εγκυρότητα της. Οι κυλιόμενες μπάρες που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή της Ενεργητικότητας και της Αξιολόγησης είναι ένα εργαλείο. Το ερώτημα είναι αν τα αποτελέσματα αυτού του εργαλείου είναι αξιόπιστα και αν μπορούν να αναπαραχθούν, αν είναι δηλαδή επαναλήψιμα (replicable). Για να υπολογιστεί η αξιοπιστία ιδανικά



Σχήμα 4.5: Πείραμα αξιολόγησης εκφραστικότητας - 2η Φάση

θα συγκρίναμε τα αποτελέσματα της μεθόδου μας με τις ‘πραγματικές’ τιμές για την Ενεργοποίηση και την Αξιολόγηση. Προφανώς αυτές οι τιμές δεν είναι διαθέσιμες.

Εναλλακτικά, η αξιοπιστία της μεθοδολογίας υπολογίζεται με τη σύγκριση των βαθμολογιών ανάμεσα στους συμμετέχοντες στο πείραμα (inter-rater reliability). Δυστυχώς η προσέγγιση της εντροπίας (Υποενότητα 4.4.2) δεν εφαρμόζεται στην περίπτωση μας, μιας και κάθε συμμετέχων επισημείωσε διαφορετικό υποσύνολο από τα αρχικά βίντεο.

Ένα άλλο μέτρο αξιοπιστίας είναι ένα στατιστικό μέγεθος με το όνομα Cronbach Alpha [20]. Συγκεκριμένα, επειδή ο κάθε χρήστης βαθμολόγησε μόνο 40 από το σύνολο των 120 βίντεο, χρησιμοποιήθηκε μια τροποποιημένη μέθοδος υπολογισμού της Cronbach Alpha που προτάθηκε από τον Lopez [66] για την περίπτωση αραιών πινάκων.

Επειδή στη μεθοδολογία του πειράματος δεν υπάρχει κάποια αρχική εξοικείωση των χρηστών με τη διαδικασία (στη βιβλιογραφία κάτι τέτοιο αναφέρεται και ως user calibration), από τα 40 βίντεο που βλέπει ο κάθε χρήστης, δεν λάβαμε υπόψη μας τις βαθμολογίες που έδωσε για τα πρώτα τρία βίντεο, μέχρι να εξοικειωθεί με τη χρήση των κυλιόμενων μπαρών. Η τιμή που υπολογίστηκε είναι **0.763**, η οποία πληροί το κριτήριο  $> 0.7$  για να κρίνεται αξιόπιστο το εργαλείο υπό έλεγχο.

## 4.6 Νευροασαφές Δίκτυο

Προκειμένου να εκτιμήσουμε μια σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους εκφραστικότητας και στις τιμές που υπολογίστηκαν πειραματικά για τις διαστάσεις Ενεργοποίηση και Αξιολόγηση, χρησιμοποιούμε ένα ασαφές σύστημα τύπου Sugeno [108]. Τέτοιου τύπου συστήματα, χάρη στις καλές τους επιδόσεις σε θέματα προσέγγισης (approximation) και γενίκευσης (generalization), χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές από απλά νευροασαφή μοντέλα [50] έως ταξινομητές πολλαπλών επιπέδων (multi-layer classifiers) [73]. Χαρακτηριστικό τέτοιων συστημάτων είναι ότι, κατά τη φάση της εκπαίδευσης, γίνεται αυτόματη μάθηση του αριθμού των κανόνων, καθώς και των παραμέτρων που ορίζουν τις συναρτήσεις συμμετοχής.

Οι τιμές των παραμέτρων εκφραστικότητας (είσοδοι στο νευροασαφές) κανονι-

κοποιήθηκαν στο διάστημα από μηδέν έως ένα. Στη συνέχεια τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν με τη χρήση ενός αλγορίθμου sub-clustering [18]. Αυτή η μέθοδος, αντί να χρησιμοποιεί ένα προαποφασισμένο πλέγμα για τον διαχωρισμό των δεδομένων, τα ομαδοποιεί, και έτσι, αποκλείονται κανόνες από το σύστημα που έχουν λίγα έως καθόλου δεδομένα. Η διαδικασία ομαδοποίησης καταλήγει σε λιγότερα σύνολα και έτσι αποφεύγεται η κατάρρα των πολλών διαστάσεων που συνήθως συνοδεύει τέτοιου είδους προβλήματα (curse of dimensionality).

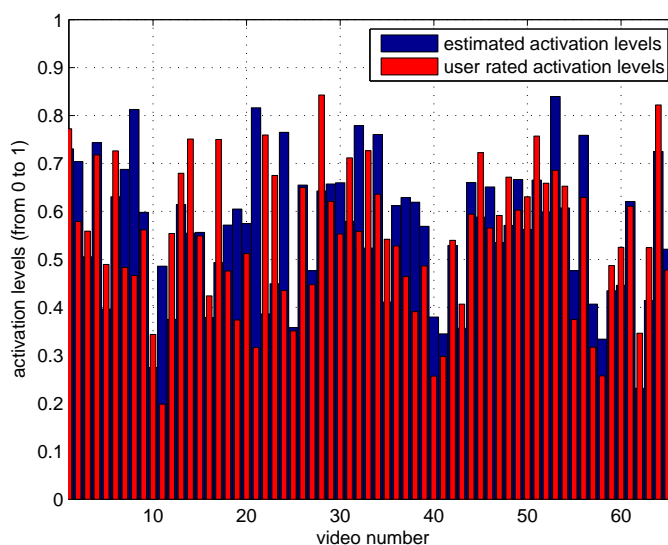
Πριν αξιολογήσουμε τα πειραματικά αποτελέσματα για τις τιμές Ενεργοποίησης και Αξιολόγησης πήραμε 'έξυπνες' μέσες τιμές (τις οποίες και θεωρήσαμε ως εξόδους του νευροασαφούς) ανά βίντεο, για να αποκλείσουμε τις περιπτώσεις ανθρώπινου λάθους (κατά την διαδικασία της επισημείωσης) να επηρεάσουν τα στατιστικά μας αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, για κάθε ακολουθία από βαθμολογίες χρηστών για ένα βίντεο υπολογίσαμε την τυπική απόκλιση. Υπολογίσαμε το μέσο όρο των βαθμολογιών αποκλείοντας τις τιμές που διαφέρουν κατά ποσό τριπλάσιο της υπολογισμένης τυπικής απόκλισης από το μέσο όρο.

Αξίζει να αναφερθεί ότι, για την εκπαίδευση του νευροασαφούς, ακολουθήθηκε μια διαδικασία leave-one-out, ώστε τα σύνολα ελέγχου να μην εμπεριέχονται στα σύνολα εκπαίδευσης, και χρησιμοποιήθηκαν γκαουσιανές συναρτήσεις συμμετοχής. Προέκυψαν 30 κανόνες στην περίπτωση του νευροασαφούς που προσεγγίζει την Ενεργοποίηση, και 53 στην περίπτωση του νευροασαφούς που προσεγγίζει την Επαλήθευση.

#### 4.6.1 Ακριβής Έλεγχος Fisher

Ως φάση προ-επεξεργασίας των δεδομένων (preprocessing) εφαρμόσαμε τον ακριβή έλεγχο Fisher (Fisher's exact test) [31] για να ελέγξουμε ποιες από τις παραμέτρους εκφραστικότητας αρμόζει να λάβουμε υπόψη στην προσπάθεια συσχέτισης τους με την κάθε διάσταση. Για το λόγο αυτό κβαντίσαμε τις πειραματικές τιμές για την Ενεργοποίηση και την Αξιολόγηση σε 0 και 1. Για κάθε παράμετρο εκφραστικότητας δημιουργήθηκαν τέσσερα ιστογράμματα: ένα για ενεργοποίηση 0, ένα για ενεργοποίηση 1, ένα για αξιολόγηση 0 και ένα για αξιολόγηση 1. Κάθε ιστόγραμμα αποτελείται από τρία διαστήματα (3-bins). Έτσι για παράδειγμα για την παράμετρο έντασης και για ενεργοποίηση 0 (χαμηλή ενεργοποίηση), το σύνολο των 66 βίντεο χωρίζεται σε τρία διαστήματα, στο πρώτο διάστημα περιλαμβάνονται τα βίντεο με τιμές στην παράμετρο έντασης από 0-0.33, στο δεύτερο διάστημα τα βίντεο με τιμές 0.34-0.66 και στο τρίτο διάστημα τα βίντεο με τιμές 0.67-1.

Ο έλεγχος Fisher επιτάσσει την απόρριψη μιας παραμέτρου εκφραστικότητας αν οι τιμές της, για τις δύο αντιδιαμετρικές περιπτώσεις της διάστασης υπό εξέταση δεν παρουσιάζουν έντονες διαφοροποιήσεις ( $p > 0.05$ ). Η εφαρμογή του τεστ οδήγησε σε απόρριψη της παραμέτρου καθολικής ενεργοποίησης (overall activation) από το επόμενο στάδιο της διαδικασίας συσχέτισης των παραμέτρων με τις τιμές πειραματικής Ενεργοποίησης. Αυτό εξηγείται ποιοτικά από τη γνώση ότι ο ορισμός της καθολικής ενεργοποίησης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε όλη τη διάρκεια του βίντεο. Έτσι ενώ οι παρατηρητές δίνουν έμφαση στην κυρίως χειρονομία που απεικονίζεται, ο αυτόματος υπολογισμός των παραμέτρων υπολογίζει το σύνολο των καρέ του βίντεο που περιλαμβάνουν και πληροφορία που δεν σχετίζεται με την υπό παρατήρηση χειρονομία (apex και offset φάσεις της χειρονομίας). Αντίστοιχα στην περίπτωση της Αξιολόγησης απορρίφθηκε η παράμετρος της ενέργειας (power). Αυτό εξηγείται ποιοτικά με την ιδέα ότι η ενεργοποίηση μπορεί να εκφράζει είτε ευχαρίστηση είτε δυσαρέσκεια



Σχήμα 4.6: Πρόβλεψη νευροασαφούς (μπλε στήλες) και πειραματικά αποτελέσματα (κόκκινες στήλες) για τη διάσταση της Ενεργοποίησης

σε μια χειρονομία.

#### 4.6.2 Αποτελέσματα

Οι προβλέψεις του νευροασαφούς δικτύου ως προς τα δεδομένα αναφοράς (ground truth) απεικονίζονται με μπλε και κόκκινες μπάρες αντίστοιχα στα παρακάτω διαγράμματα. Από τα αρχικά 120 βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα είχαμε στη διάθεση μας τιμές για τις παραμέτρους εκφραστικότητας μόνο για τα 66 από αυτά.

Στο Σχήμα 4.6 φαίνονται τα αποτελέσματα ως προς την Ενεργοποίηση, ενώ στο Σχήμα 4.7 φαίνονται τα αποτελέσματα ως προς την Αξιολόγηση.

Ως σφάλμα ορίζουμε την απόλυτη διαφορά της τιμής ενεργοποίησης από τα δεδομένα αναφοράς από την εκτιμώμενη τιμή του νευροασαφούς για τη διάσταση αυτή και υπολογίστηκε **0.118**.

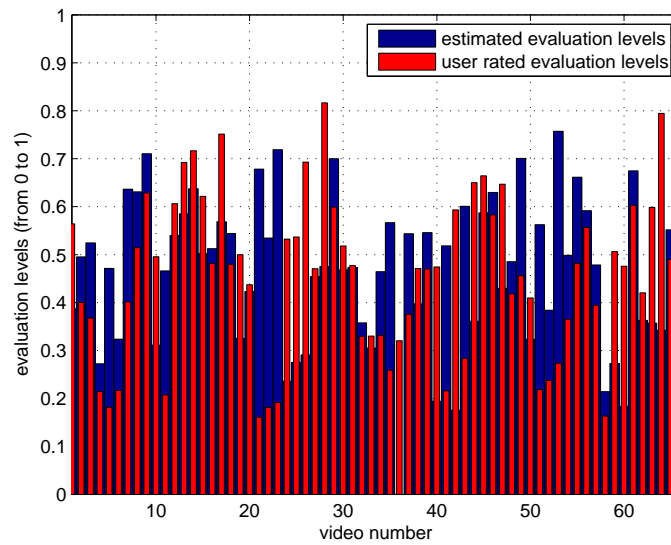
Με την ίδια διαδικασία, το σφάλμα στην περίπτωση της αξιολόγησης υπολογίστηκε **0.18**.

#### Συσχέτιση με Ενεργητικότητα

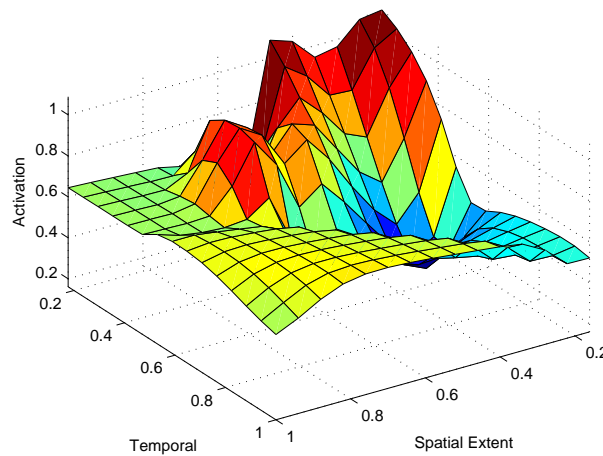
Η μεγάλη πρόσθετη αξία των νευροασαφών δικτύων είναι ότι παρέχουν κανόνες οι οποίοι συσχετίζουν τις μεταβολές των παραμέτρων εκφραστικότητας με τις τιμές στις διαστάσεις της Ενεργοποίησης και της Αξιολόγησης.

Στο Σχήμα 4.8 βλέπουμε ότι μικρή χρονική εξέλιξη και μικρό εύρος κινήσεων αντιστοιχίζονται με μεγάλες τιμές στη διάσταση της Ενεργητικότητας.

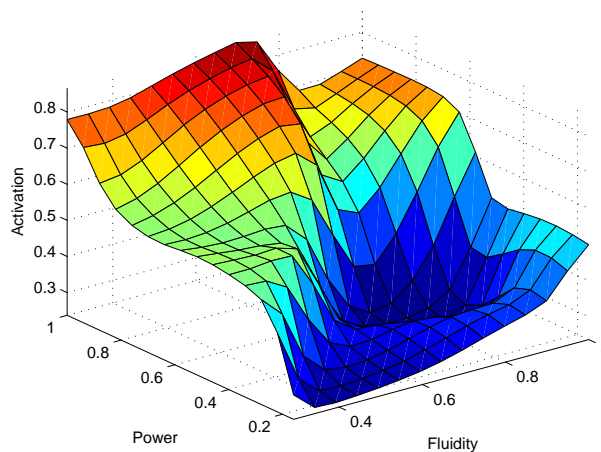
Στο Σχήμα 4.9 παρατηρούμε ότι για χαμηλή ένταση, όσο και να αυξάνεται η ρευστότητα η πρόβλεψη για την Ενεργητικότητα είναι χαμηλή. Αντίθετα όσο αυξάνεται η ένταση μαζί με την τιμή της ρευστότητας, τόσο αυξάνεται και η πρόβλεψη για την τιμή της Ενεργητικότητας. Αυτό εξηγείται διαισθητικά, αφού με τον τρόπο που έχει οριστεί η ρευστότητα, μεγάλες τιμές αντιστοιχούν σε απότομες κινήσεις.



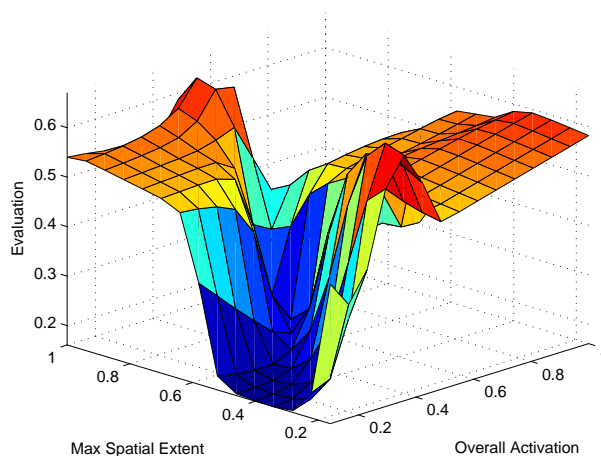
Σχήμα 4.7: Πρόβλεψη νευροασαφούς (μπλε στήλες) και πειραματικά αποτελέσματα (κόκκινες στήλες) για τη διάσταση της Αξιολόγησης



Σχήμα 4.8: Γραφική απεικόνιση νευροασαφούς κανόνα συσχέτισης Ενεργητικότητας με τη Χρονική Εξέλιξη και τη Χωρική Έκταση



Σχήμα 4.9: Γραφική απεικόνιση νευροασαφούς κανόνα συσχέτισης Ενεργητικότητας με Ένταση και Ρευστότητα



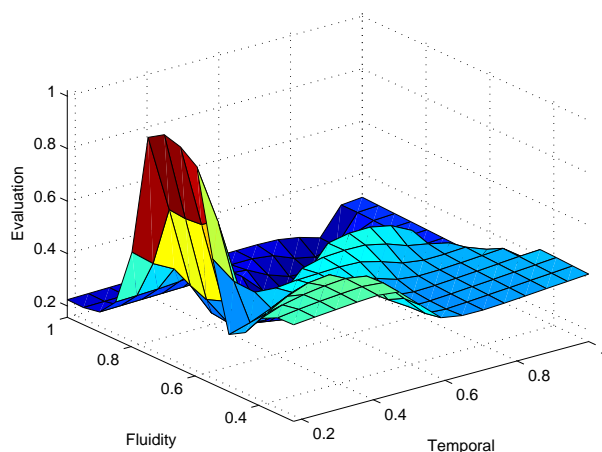
Σχήμα 4.10: Γραφική απεικόνιση νευροασαφούς κανόνα συσχέτισης Αξιολόγησης με Έυρος Κίνησης και Καθολική Ενεργοποίηση

### Συσχέτιση με Αξιολόγηση

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον μιας και δεν έχει ξανα-επιχειρηθεί μια τέτοια συσχέτιση στο παρελθόν.

Στο Σχήμα 4.10 φαίνεται η συσχέτιση της χαμηλής/ υψηλής ευχαρίστησης (διάσταση Αξιολόγησης) χειρονομίας με το εύρος κίνησης και την καθολική ενεργοποίηση. Το μικρό εύρος κίνησης αντιστοιχίζεται με χαμηλή ευχαρίστηση, ενώ το ίδιο ισχύει και για τη χαμηλή καθολική ενεργοποίηση.

Στο Σχήμα 4.11 απεικονίζεται η συσχέτιση της χαμηλής/ υψηλής ευχαρίστησης με τη ρευστότητα και τη χρονική εξέλιξη. Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η παράμετρος της χρονικής εξέλιξης, η ερμηνεία της χειρονομίας τείνει να είναι χαμηλότερης ευχαρίστησης. Παρατηρούμε επίσης ότι, για ένα συγκεκριμένο 'ενδιάμεσο' επίπεδο ρευστότητας, η ευχαρίστηση αυξάνει έντονα.



Σχήμα 4.11: Γραφική απεικόνιση νευροασαφούς κανόνα συσχέτισης Αξιολόγησης με Ρευστότητα και Χρονική Εξέλιξη

## 4.7 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετήθηκε ο τομέας της αναγνώρισης συναισθημάτων από την ανάλυση ακολουθιών εικόνας. Η αναδρομή στις αναδυόμενες ανάγκες του χώρου έστρεψε το ενδιαφέρον στους τρόπους συνδυασμού των διάφορων εκφραστικών μέσων που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση συναισθήματος.

Ιδιαίτερα τονίστηκε η σημασία να βρεθούν τρόποι σύνδεσης ανάμεσα στις διαφορετικές προσεγγίσεις και αναπαραστάσεις συναισθηματικής πληροφορίας. Τόσο από τις απαιτήσεις της διαδικασίας συνδυασμού εκφραστικών μέσων (multimodal fusion), αλλά από τις ανάγκες εφαρμογών συναισθηματικής αλληλεπίδρασης (affective interaction) με ποικίλες εισόδους συναισθηματικής πληροφορίας, καθόρισαν την ανάγκη αντιστοίχισης των παραμέτρων εκφραστικότητας σε ένα υψηλότερο εκφραστικό επίπεδο, αυτό των διαστάσεων.

Ο κύκλος αναγνώριση - αντιγραφή - σύνθεση (copy synthesis) πρωτοεμφανίστηκε στην επεξεργασία ομιλίας και αφορά στη διαδικασία σύνθεσης φωνητικών ακολουθιών με βάση τα συμπεράσματα από την ανάλυση ανθρώπινης φωνής. Αυτή η μέθοδος μεταφέρθηκε και στο χώρο της εικόνας και του βίντεο και μεταφράζεται στην ιδέα οι πληροφορίες που καταγράφονται κατά την αναγνώριση της ανθρώπινης συμπεριφοράς με αυτόματα μέσα, να χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση αντίστοιχης συμπεριφοράς σε εικονικούς/συνθετικούς χαρακτήρες.

Τα αποτελέσματα και η ποιοτική πληροφορία που συλλέχτηκε μπορούν να αξιοποιηθούν και σε ένα κύκλο αναγνώρισης - αντιγραφής - σύνθεσης (copy synthesis). Οι παράμετροι εκφραστικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ορισμό της εκφραστικής συμπεριφοράς ενός εικονικού χαρακτήρα, όπως η Greta. Μια πρώτη τέτοια προσέγγιση έχει πραγματοποιηθεί και δημοσιευθεί στο [14]. Η συσχέτιση των παραμέτρων εκφραστικότητας με τις διαστάσεις της Ενεργοποίησης και Αξιολόγησης συμβάλλει στην ενίσχυση αυτής της προσέγγισης και στην ποιοτικότερη μοντελοποίηση της εκφραστικότητας.

Κεντρική συμβολή λοιπόν της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της γεφύρωσης των ενδιάμεσων σταδίων της αναγνώρισης και συγκεκριμένα της αντιστοίχισης των παραμέτρων ενδιάμεσου σταδίου, όπως είναι οι παράμετροι εκφραστικότητας, με



υψηλού επιπέδου αναπαραστάσεις, όπως είναι οι διαστάσεις. Επειδή η διαδραστικότητα (interaction) ορίζεται ως ένα συνεχές πάρε-δώσε μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, οι μηχανισμοί που μελετήθηκαν τόσο για την αναγνώριση όσο και για τη σύνθεση αληθοφανούς συμπεριφοράς βρίσκονται σε έναν ατέρμονο κύκλο που διαρκώς παρακολουθεί την ανθρώπινη συμπεριφορά/ αναγνωρίζει τη συναισθηματική της σημασία/ ενημερώνει τη βάση γνώσης / αποφασίζει / παράγει συμπεριφορά και πάλι από την αρχή.

Η λογική συνέχεια της παρούσας έρευνας είναι λοιπόν η μελέτη της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης όπου ενοποιούνται οι θεωρίες και οι μέθοδοι που έχουν αναλυθεί και τίθενται σε πράξη.

□



## Κεφάλαιο 5

# Αλληλεπίδραση Εμπλουτισμένη με Συναίσθημα

Ορίζουμε ως affective interaction τη συναισθηματική αλληλεπίδραση ή περιφραστικά την αλληλεπίδραση που λαμβάνει υπόψη της το συναίσθημα. Σύμφωνα με την Berthouze και τους συνεργάτες της [9], υπάρχουν τρία σημεία κλειδιά στη συναισθηματική αλληλεπίδραση, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη συστημάτων που αξιοποιούν συναισθηματική πληροφορία:

- η **σωματική υπόσταση** (embodiment - η εμπειρία της φυσικής πραγματικότητας)
- η **δυναμική** (dynamics) - ως δυναμική ορίζουν την αντιστοίχιση της συναισθηματικής εμπειρίας με μια ετικέτα ή μια αναπαράσταση (π.χ. στις διαστάσεις αξιολόγησης / δραστηριοποίησης)
- και η **εξατομικευμένη αλληλεπίδραση** (adaptive interaction) - η απόδοση συναισθηματικής αντίδρασης του συστήματος και η διόρθωση/προσαρμογή της εξόδου του ανάλογα με την αναγνωρισμένη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη

Στο πλαίσιο της διατριβής μελετήθηκαν θέματα δυναμικής, καθώς και θέματα εξατομικευμένης αλληλεπίδρασης για την περίπτωση ενός διαδραστικού παιχνιδιού που σχεδιάστηκε εξ'ολοκλήρου για αυτό το σκοπό (Ενότητα 5.3.1) καθώς και ενός ψυχαγωγικού συστήματος αλληλεπίδρασης που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου CALLAS (Ενότητα 5.3.3). Συγκεκριμένα μελετήθηκαν (α) διάφοροι τρόποι αντιστοίχισης των δεδομένων αναγνώρισης συμπεριφοράς με συναισθηματικές καταστάσεις που έχουν νόημα στο εννοιολογικό πλαίσιο της αλληλεπίδρασης και (β) η αντιστοίχιση των συναισθηματικών καταστάσεων που εξετάζονται με αλλαγές/ προσαρμογές του περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης. Η αντιστοίχιση αυτή δεν είναι μοναδική και δεν υπάρχει κάποια καθιερωμένη μέθοδος που να επιβεβαιώνει τη μια επιλογή έναντι μιας άλλης.

Σε πρώτη φάση, προκειμένου να γίνει συστηματική μελέτη και των τρόπων που η διεπαφή έχει νόημα να προσαρμόζεται στις συναισθηματικές καταστάσεις που έχει αναγνωρίσει το σύστημα, παρατίθενται δεδομένα state of the art για το πως γίνονται αντιληπτές οι αλλαγές σε στοιχεία πολυμεσικών περιβαλλόντων 5.1.

## 5.1 Η αντίληψη των Συναισθημάτων στα Πολυμέσα

Ο συγκινησιακός αντίκτυπος πολυμεσικών εφαρμογών είναι μια περιοχή που δεν έχει μελετηθεί συστηματικά από τη σκοπιά της επιστήμης των υπολογιστών. Ωστόσο, υπάρχουν μελέτες που σχετίζονται με τον κινηματογράφο, οι οποίες εστιάζουν στο πώς γίνονται ταυτόχρονα αντιληπτά οπτικά και ηχητικά ερεθίσματα καθώς και στο συναισθηματικό τους αντίκτυπο στο θεατή. Είναι κατανοητό μεν ότι οι άνθρωποι μπορούν να αντιλαμβάνονται συναισθήματα σε πολυμεσική πληροφορία, αλλά το πώς λειτουργεί αυτή η αντίληψη είναι ένα ανοιχτό φιλοσοφικό ζήτημα. Ποικίλες θεωρίες έχουν διατυπωθεί για την απάντηση του ερωτήματος αυτού. Μια από τις εξηγήσεις που χρησιμοποιείται συχνά είναι η έννοια της εικονικής σχέσης (iconic relationship). Αυτή η έννοια υποδηλώνει ότι υπάρχει κάποια τυπική ομοιότητα ανάμεσα στη δομή του οπτικοακουστικού υλικού και του συναισθηματικού μηνύματος που μεταφέρει [52]. Η μουσική καταφέρνει να είναι εκφραστική συναισθηματικά μέσα από συγκεκριμένα τυπικά στοιχεία όπως η μελωδία, ο ρυθμός και η δυναμική. Αυτές οι τυπικές δομές εγείρουν την αντίληψη των συναισθημάτων και προσομοιάζουν με συμπεριφορές ή κινήσεις που αναπαριστούν συναισθήματα χαρακτηριστικά στους ανθρώπους. Η δομή ενός αργού ρυθμού με ομαλές μεταβάσεις στην αρμονία για παράδειγμα, θεωρείται παραπλήσια στη σωματική δραστηριότητα της χαλάρωσης.

Μελέτες για τη σχέση των δομικών ιδιοτήτων των οπτικών ερεθισμάτων και των συναισθημάτων που αυτά εγείρουν έχουν πραγματοποιηθεί με τη χρήση μορφής/σχήματος, χρώματος, κατεύθυνσης και ρυθμού. Ο Πίνακας 5.1 περιλαμβάνει μια συνοπτική παρουσίαση από επιλεγμένες μελέτες που σχετίζονται με τις διαστάσεις της δραστηριοποίησης (arousal) και της αξιολόγησης (valence), που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίσουν συναισθηματικές καταστάσεις και έχει συνταχθεί στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής για την αντίληψη των συναισθημάτων στα πολυμέσα [105]. Η αξιολόγηση φαίνεται να σχετίζεται περισσότερο με το χρώμα και το σχήμα, ενώ η δραστηριοποίηση συχνά συσχετίζεται με το ρυθμό και την κίνηση. Τα ευρήματα αυτά ενισχύουν τις θεωρίες που στηρίζονται στην έννοια της εικονικής σχέσης.

## 5.2 Διεπαφές έντονης φυσικής προσπάθειας

Μια κατηγορία από διεπαφές που στηρίζονται στις αρχές της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης είναι οι διεπαφές έντονης φυσικής προσπάθειας (exertion interfaces). Πρόκειται για διεπαφές που συνήθως στηρίζονται σε κάποιο είδος παιχνιδιού με ειδοποίηση διαφορά ότι προκαλούν το χρήστη να εμπλακεί σωματικά στη διαδικασία αλληλεπίδρασης.

Οι διεπαφές αυτές εισάγουν νέες έννοιες ευαισθησίας στη φυσική κίνηση του χρήστη σε αντίθεση με τα συμβατικά παιχνίδια υπολογιστών (και τα συμβατικά περιφερειακά για την αλληλεπίδραση με το χρήστη όπως το ποντίκι, το πληκτρολόγιο ή κάποιο ενσύρματο χειριστήριο). Συνήθως έχουν έντονο το κοινωνικό στοιχείο και ο χρήστης/ παίκτης εμπλέκεται συναισθηματικά στη διαδικασία. Εκτός από την έμφαση στη σωματική υπόσταση της εμπειρίας, δίνεται έμφαση και στον βρόχος μυαλού-σώματος (μια έννοια που συχνά αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως mind-body loop).

Ο ερευνητής Anton Nijholt [77] πρόσφατα δημοσίευσε μια πειραματική μελέτη όπου αρχικά μετρίεται η εγκεφαλική δραστηριότητα, όταν ζητείται στους συμμετέχοντες στο πείραμα να φαντάζονται ότι μετακινούν ένα κουτί. Έστω ότι η εγκεφαλική δραστηριότητα που παρατηρήθηκε σε συγκεκριμένες περιοχές είναι X Volts. Στη συνέ-

Μελέτη	Μεταβλητές		Αξιολόγηση		Ενεργοποίηση	
			Θετική Αρνητική		Υψηλή Χαμηλή	
Proffenberger & Barrows (1924)	Σχήματα Ρυθμός	(w)	Merry	Sad	Agitating, furious	Quiet, lazy
		(s)	Medium rising curve	Slow descending curve	Rapid rising angle	Slow horizontal curve
Hevner (1935b)	Χρώματα Σχήματα Ρυθμός	(w)	Merry, joyous, gay, happy, cheerful, bright	Pathetic, doleful, sad, mournful, tragic, melancholy, frustrated, depressing, gloomy, heavy, dark	Exhilarated, soaring, triumphant, dramatic, passionate, sensational, agitated, exciting, impetuous, restless	Lyrical, leisurely, satisfying, serene, tranquil, quiet, soothing
		(s)	Red Color Circle	Blue Color Straight line	Red Color Curves	Blue Color
Wexner (1954)	Χρώματα	(w)	Cheerful, jovial, joyful	Distressed, disturbed, upset	Exciting, Stimulating	Secure, comfortable
		(s)	Yellow	Orange	Red	Blue
Adams & Osgood (1973)	Χρώματα	(w)	Good	Bad	Active	Passive
		(s)	White, Blue, Green	Black, Grey	Red	Black, Grey
Lyman (1979)	Σχήματα	(w)	Happy	Sad	Excited	Calm
		(s)	Curve	Curve	Angle	Curves
Takahashi (1995)	Συνδυασμός Σχημάτων	(w)	Joy	Depression	Human energy	Tranquility
		(s)	Curving, circular forms Repetition of circles Rounded texture Thin lines	Hatched lines filling the format Curving, descending lines - Thin lines	An exploding image - Rising triangular forms - Repetition of lines - Thick lines	Horizontal lines - No repetition - Smooth texture - Thin lines
Collier (1996)	Σχήματα - Χρώματα	(w)	Proud	Sad	Cheerful	Soothed
		(s)	Star Gold	Square Blue	Circle Yellow	Oval White
Detenber et al. (1998)	Κίνηση	(w)	Positive Valence	Negative Valence	High Arousal	Low Arousal
		(s)	(No Effect)	(No Effect)	Moving	Still

**Πίνακας 5.1:** Συγκεντρωτικός πίνακας από μελέτες πάνω στη σχέση δομικών ιδιοτήτων των οπτικών ερεθισμάτων και του συναισθήματος, (w)=Χρησιμοποιήθηκαν συναισθηματικές λέξεις,(s)=Χρησιμοποιήθηκαν οπτικά ερεθίσματα

χεια ζήτησε από τους ίδιους ανθρώπους πάλι να φανταστούν ότι μετακινούν ένα κουτί αλλά ταυτόχρονα να μετακινούν και τα χέρια τους. Η εγκεφαλική δραστηριότητα που μετρήθηκε ήταν  $> X$  Volts.

Η προστιθέμενη αξία των διεπαφών έντονης φυσικής προσπάθειας και γενικά των διεπαφών που απαιτούν και την έντονη σωματική συμμετοχή του χρήστη συνοψίζεται σε αυτό το παράδειγμα διαφοράς στην εγκεφαλική δραστηριότητα.

Η ιδέα αυτή γίνεται πιο σαφής με το παράδειγμα του συστήματος Guitar Hero - ένα δημοφιλές παιχνίδι που με τη χρήση μιας περιφερειακής συσκευής σε σχήμα κιθάρας προσομοιώνει το παίξιμο μουσικής. Ναι μεν βάζει το χρήστη στη θέση ενός σταρ της μουσικής εμπλουτίζοντας τη διεπαφή με γραφικά και ήχο, αλλά ταυτόχρονα ενισχύει τα συναισθήματα αυτά, ενθαρρύνοντας το χρήστη να εκτελέσει και τις σχετικές κινήσεις. Τέτοιου τύπου ενθαρρύνσεις κάνουν την εμπειρία πολύ πιο συναισθηματική από την περίπτωση που απλά ο χρήστης να πιέζει κάποια κουμπιά.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διεπαφής έντονης φυσικής προσπάθειας είναι αυτό που αναπτύχθηκε από την ομάδα των Mueller et al. [74] στο MIT και επιτρέπει το ηλεκτρονικό παιχνίδι τένις ανάμεσα σε παίχτες που είναι σε μεγάλη απόσταση. Στο παιχνίδι έχουν ενσωματωθεί κάμερες, ώστε οι παίχτες να βλέπουν τις κινήσεις των συμπαικτών τους σε πραγματικό χρόνο. Η συμβολή της προσέγγισης σύμφωνα με τον Mueller έγκειται στο ότι η διεπαφή διευκολύνει την επικοινωνία συναισθημάτων καθώς και στο ότι οι παίχτες μπορούν να προβλέψουν ποια θα είναι η επόμενη κίνηση του συμπαίκτη τους από πληροφορίες όπως η στάση του σώματος του, μια χειρονομία ή η έκφραση του προσώπου του.

Σύμφωνα με μια πρόσφατη επισκόπηση του χώρου από τον Bragt [11], κεντρικός σκοπός τέτοιων διεπαφών είναι η βελτίωση της γυμναστικής εμπειρίας. Ωστόσο ο κλάδος κρίνεται ιδιαίτερα πρώιμος και δεν έχουν αναφερθεί μελέτες που να αξιολογούν με συστηματικό τρόπο την προστιθέμενη αξία τέτοιων προσεγγίσεων.

### 5.3 Αρχιτεκτονική Συνδυασμού Μηχανής Ηλεκτρονικών Παιχνιδιών και Παραμέτρων Εκφραστικότητας

Πρώτη φορά στην Ενότητα 3.8 παρουσιάστηκε η ιδέα της χρήσης μιας μηχανής ηλεκτρονικών παιχνιδιών (game engine) για τον ορισμό περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης έξω από τη στενή έννοια ενός παιχνιδιού. Σε αυτή τη φάση επιστρέφουμε στη χρήση της ίδιας μηχανής, αυτή τη φορά σε μια υλοποίηση πιο κοντά στην κλασική της λειτουργία.

Υλοποιήσαμε μια αρχιτεκτονική συναισθηματικής αλληλεπίδρασης, η οποία στηρίζεται στη μηχανή Torque Game Engine - TGE ([38]) και συνδυάζεται με ένα λογισμικό-γέφυρα (middleware) σε γλώσσα προγραμματισμού Java. Το λογισμικό αυτό επιτρέπει τη συνεχή επικοινωνία πολλαπλών και ποικίλων ψηφίδων λογισμικού (ανεξάρτητα από τη γλώσσα στην οποία έχουν υλοποιηθεί).

#### 5.3.1 Ανάπτυξη Παιχνιδιού Εξατομικευμένης Αλληλεπίδρασης

Σαν πρώτο βήμα στον έλεγχο και την αξιοποίηση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής και στο πλαίσιο της έρευνας στην περιοχή της εξατομικευμένης αλληλεπίδρασης (adaptive interaction), σχεδιάστηκε ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι με χαρακτηριστικά ενός

τυπικού παιχνιδιού φαντασίας, το οποίο περιλαμβάνει ένα φανταστικό εικονικό κόσμο, κάποιους εικονικούς χαρακτήρες NPC <sup>1</sup> και ένα βασικό σενάριο με στόχους για τον παίκτη. Χρήστες μπορούν να συνδεθούν μέσω δικτύου, ώστε να μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα διάφορα στοιχεία του κόσμου.

Ορίζοντας τις παραμέτρους εισόδου και εξόδου της κάθε ψηφίδας, υλοποιήθηκε η επικοινωνία της μηχανής παιχνιδιών με την ψηφίδα που υπολογίζει σε πραγματικό χρόνο τιμές για την ανθρώπινη εκφραστικότητα (Υποενότητα 4.3.3). Η ψηφίδα αυτή παίρνει ως είσοδο την εκφραστικότητα του χρήστη από μια webcam. Επιπλέον συνδέθηκε το AMS (Affective Music Synthesis) [5], μια ψηφίδα λογισμικού η οποία αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο του Reading στο πλαίσιο του έργου Callas [13] και συνθέτει σε πραγματικό χρόνο διαφορετικές εκτελέσεις συγκεκριμένων μουσικών κομματιών, ανάλογα με τη συναισθηματική διάθεση του χρήστη.

Πιο συγκεκριμένα, το λογισμικό-γέφυρα επεξεργάζεται τις παραμέτρους εκφραστικότητας που δέχεται ως είσοδο και εφαρμόζει κανόνες που έχουν προαποφασιστεί ώστε να επιφέρει αλλαγές στο εικονικό περιβάλλον. Έτσι, όταν η εκφραστικότητα του χρήστη είναι μεγάλης έντασης και με απότομες κινήσεις, ο χαρακτήρας του στο εικονικό περιβάλλον κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Όταν ο χρήστης κινείται με ηρεμία και ομαλές χειρονομίες, ο χαρακτήρας του επιβραδύνει.

Αντίστοιχα πειραματιστήκαμε με αλλαγές στο περιβάλλον και στη μουσική του ηλεκτρονικού παιχνιδιού. Πιο συγκεκριμένα, αντιστοιχίσαμε τρία διαφορετικά επίπεδα ενεργοποίησης σε αλλαγές στο χρώμα του ουρανού (λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις του Πίνακα 5.1) και στην ταχύτητα κίνησης που παρουσιάζουν τα σύννεφα. Οι παράμετροι εκφραστικότητας του χρήστη αντιστοιχίζονται σε τιμές Ενεργητικότητας και Αξιολόγησης και λαμβάνονται ως είσοδος στην ψηφίδα AMS με αποτέλεσμα οι προσαρμογές του ηλεκτρονικού παιχνιδιού να συνοδεύονται και με αντίστοιχες αλλαγές στη μουσική ώστε με τη σειρά τους να συνάδουν με την εκφραστικότητα του χρήστη.

Οι χρήστες μετά από παρατήρηση τους κατά την αλληλεπίδραση με το σύστημα φάνηκαν να εκτιμούν την πρόκληση του να ανακαλύψουν πώς η εκφραστικότητα τους επηρεάζει το περιβάλλον και τις κινήσεις του χαρακτήρα τους. Ο τρόπος αντιστοιχίσιων των τιμών εκφραστικότητας με τις αλλαγές στο περιβάλλον και στους εικονικούς χαρακτήρες προφανώς δεν είναι μοναδική. Αποτελεί ανοιχτό πεδίο έρευνας το πώς θα μπορούσε μια τέτοια αντιστοιχίση να είναι βέλτιστη στους εκάστοτε στόχους ποικίλων διαδραστικών εφαρμογών.

### 5.3.2 Ανάπτυξη Περιβάλλοντος Εκγύμνασης

Σε συνέχεια της πρώτης προσέγγισης στην ανάπτυξη περιβάλλοντος εξατομικευμένης αλληλεπίδρασης, στηριχθήκαμε στην ίδια αρχιτεκτονική και αναπτύξαμε ένα εικονικό περιβάλλον εκγύμνασης (virtual training environment). Κίνητρο για αυτή την εργασία αποτέλεσε η σημαντική ερευνητική προσοχή που έχουν προσελκύσει οι διεπαφές έντονης φυσικής προσπάθειας, όπως αναφέρεται αναλυτικά στην Ενότητα 5.2.

Το περιβάλλον επιτρέπει στο χρήστη να ακολουθήσει μια προπόνηση στο επιτόπιο τρέξιμο. Ισχύουν οι ίδιοι κανόνες προσαρμογής του περιβάλλοντος στην εκφραστικότητα του χρήστη, μόνο που στην περίπτωση αυτή η εκφραστικότητα καταγράφεται με τη χρήση του τηλεχειριστηρίου WiiMote. Η συγκεκριμένη προσέγγιση έχει το

<sup>1</sup>NPC: (Non-Player Character) σαν υποκατηγορία της έννοιας AI, συνήθως αναφέρεται σε ανθρωπόμορφα αντικείμενα, που έχουν κατά κανόνα δυνατότητα διαλόγου με το χρήστη

πρακτικό πλεονέκτημα ότι ο χρήστης μπορεί να βάλει το χειριστήριο στην τσέπη του και να συνεχίσει απρόσκοπτα τη γυμναστική του.

Σε αυτή τη φάση υλοποίησης ενδιαφέρει μόνο η διάσταση της ενεργητικότητας. Σε επόμενη φάση θα μπορούσε να προστεθεί μια ψηφίδα η να οποία καταγράφει στοιχειωδώς τις εκφράσεις του χρήστη, ωστόσο μια τέτοια διαδικασία αναμένεται να συναντήσει ιδιαίτερες τεχνικές δυσκολίες δεδομένης της κίνησης των χαρακτηριστικών (λόγω τρεξίματος) στον κάθετο άξονα.

Επειδή η έρευνα στο πεδίο κρίνεται ακόμα ιδιαίτερα πρώιμη, ενδιαφέρει περισσότερο η μεθοδολογία υλοποίησης μιας τέτοιας διεπαφής και τα συμπεράσματα που βγαίνουν από την πειραματική χρήση του. Τα πρώτα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά ως προς τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη. Πέρα από ένα κλασικό εικονικό περιβάλλον εκγύμνασης, το ενδιαφέρον του χρήστη διατηρείται σε υψηλά επίπεδα καθώς παρατηρεί τις αλλαγές που συμβαίνουν δυναμικά, με την αλλαγή τη ενεργητικότητας της κίνησης του. Ζητήματα αξιολόγησης αναμένεται να αντιμετωπιστούν όταν επέλθει μια σχετική ωρίμανση του κλάδου.

### 5.3.3 Η Εφαρμογή MusicKiosk

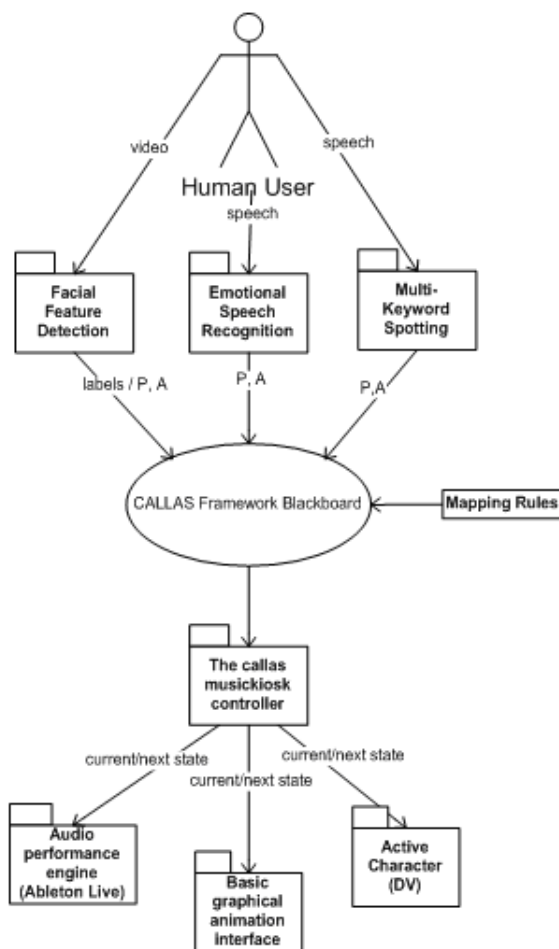
Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα προσαρμογής του περιβάλλοντος στη διάθεση και την εκφραστικότητα του χρήστη είναι αυτό της εφαρμογής MusicKiosk. Πρόκειται για μια διαδραστική καλλιτεχνική εγκατάσταση η οποία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου CALLAS [13]. Σχεδιάστηκε (από την ομάδα XIM) για την Εθνική Ακαδημία της Santa Cecilia (ένα από τα παλαιότερα ινστιτούτα μουσικής στην Ιταλία) ως εκπαιδευτικό εργαλείο με στόχο την εξοικείωση παιδιών ηλικίας 9-11 ετών με μουσική όπερας και μουσική δωματίου. Πρόκειται για ένα εικονικό περιβάλλον το οποίο απαρτίζεται από τέσσερα διαφορετικά μουσικά δωμάτια. Σε κάθε δωμάτιο αναπαράγεται μουσική από διαφορετικό σύνολο μουσικών οργάνων.

Η εφαρμογή είναι ευαίσθητη στις συναισθηματικές αντιδράσεις του χρήστη και προσαρμόζει ανάλογα τον τρόπο αναπαραγωγής της μουσικής (ρυθμός, ένταση, μελωδία) καθώς και τα όργανα που συμμετέχουν στην αναπαραγωγή. Δέχεται είσοδο από πολλαπλά εκφραστικά κανάλια και επιστρέφει μια σύνθετη έξοδο που απαρτίζεται από μουσική και οπτικά εφέ. Ο σχεδιαστικός στόχος της εφαρμογής είναι να προσαρμόζει τη διεπαφή της στις συναισθηματικές αντιδράσεις του θεατή και με αυτό τον τρόπο να προσφέρει μια πιο συναρπαστική και εξατομικευμένη εμπειρία ψυχαγωγίας.

Στο Σχήμα 5.1 αναπαρίσταται η αρχιτεκτονική της εφαρμογής. Στο επίπεδο εισόδου υπάρχουν τρεις λογισμικές ψηφίδες που παρέχουν τη συναισθηματική πληροφορία: (α) η ψηφίδα που ανιχνεύει τα χαρακτηριστικά του προσώπου του θεατή (facial feature detetion), (β) η ψηφίδα που αναγνωρίζει συναισθηματική πληροφορία στην ομιλία (emotional speech recognition) και (γ) η ψηφίδα που ανιχνεύει πολλαπλές λέξεις κλειδιά (multi-keyword spotting). Οι επιμέρους ψηφίδες παρέχουν συναισθηματική πληροφορία σε διαστατική αναπαράσταση και το P, A αντιστοιχεί στις διαστάσεις ευχαρίστησης (ή αλλιώς διατυπωμένη και ως αξιολόγηση) (pleasure) και ενεργοποίησης (arousal). Κάθε ψηφίδα λογισμικού αντιμετωπίζεται ως ένα εκφραστικό μέσο και ο συνδυασμός εκφραστικών μέσων επιτυγχάνεται με την πρόσθεση των τιμών που επιστρέφουν οι επιμέρους ψηφίδες.

Η έξοδος της εφαρμογής είναι η μουσική και η κίνηση μιας εικονικής ορχήστρας, η οποία υλοποιείται από τη μηχανή μουσικής παράστασης (ψηφίδα audio performanc engine). Καθώς ο θεατής κινείται και εκφράζεται, μπορεί να περιηγείται σε 4 διαφορε-

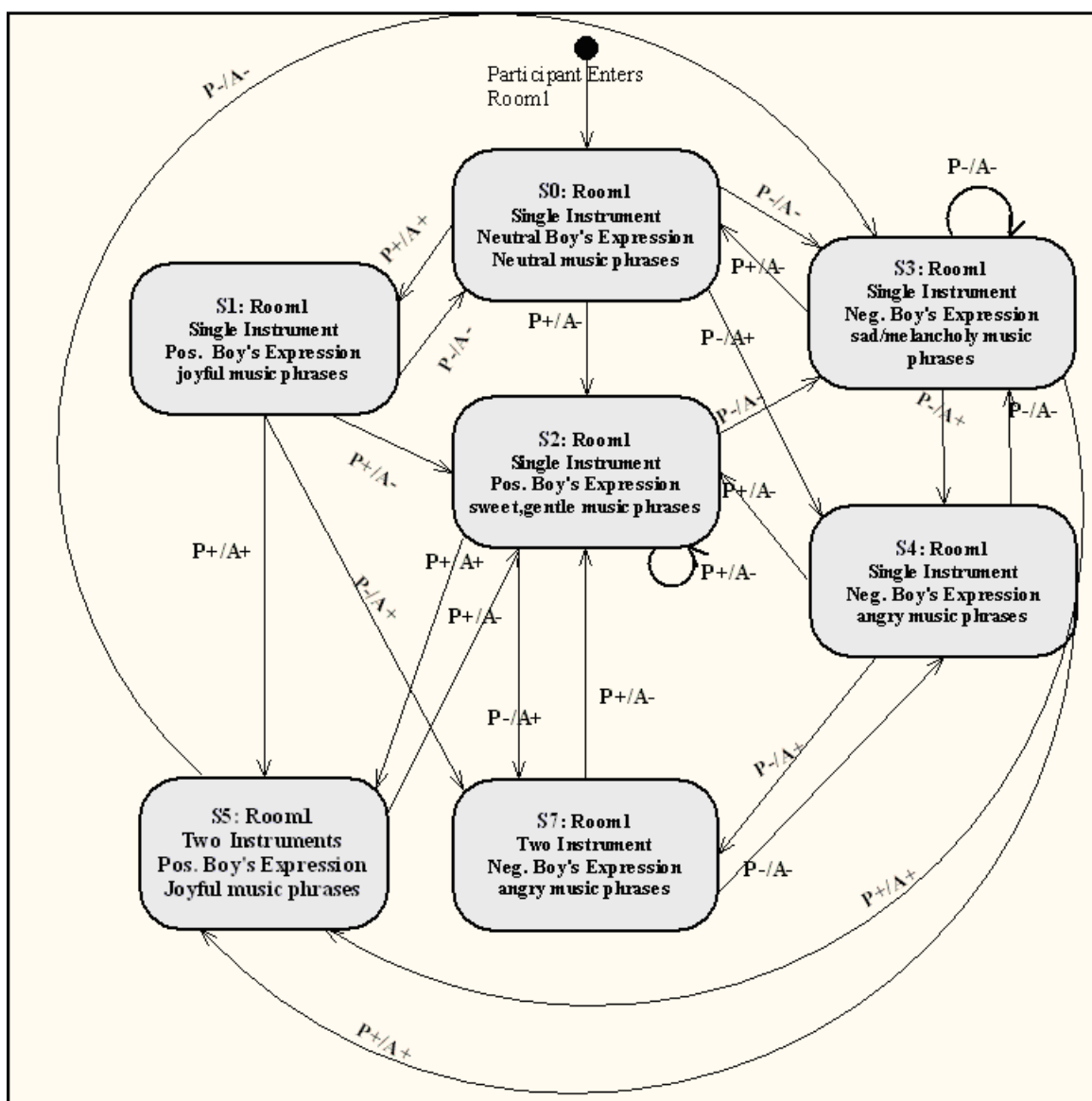




Σχήμα 5.1: Αρχιτεκτονική της εφαρμογής MusicKiosk

τικά εικονικά δωμάτια και να παρακολουθεί διαφορετικές ομάδες μουσικών οργάνων να παίζουν μουσική που αναλογεί στη διάθεση που έχει ανιχνεύσει το σύστημα για το χρήστη εκείνη τη χρονική στιγμή. Στο εικονικό περιβάλλον απεικονίζεται ένα μικρό παιδί που, χωρίς να μιλάει, παίζει το ρόλο του ξεναγού στην όλη εμπειρία (ψηφίδα active character). Οι εκφράσεις του και οι κινήσεις του ευθυγραμμίζονται συναισθηματικά με τις αντίστοιχες που αποδίδει το σύστημα στο θεατή. Το σύστημα αυτό βρίσκεται σε τελικό στάδιο ανάπτυξης. Η ‘συναισθηματική αντίδραση’ του συστήματος ακολουθεί μια συνάρτηση εξασθένισης στο χρόνο.

Στόχος μας είναι να υιοθετήσουμε αρχές σχεδιασμού που να λαμβάνουν υπόψη τους τις εμπειρίες και την αντίληψη της αλληλεπίδρασης από το χρήστη (participatory design) μιας και δεν υπάρχουν απόλυτα μέτρα για να καθορίσουν ποιες προσαρμογές και αλλαγές στη διεπαφή είναι σωστές και συνάδουν με τους ψυχαγωγικούς της στόχους και ποιες όχι.



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα καταστάσεων της εφαρμογής MusicKiosk

Το Σχήμα 5.2 είναι ένα διάγραμμα καταστάσεων όπου αναπαρίσταται μια από τις δυνατές προσεγγίσεις αντιστοίχισης της εκφραστικότητας του θεατή με τις αλλαγές

στη μουσική και στο περιβάλλον. Προηγήθηκαν μια σειρά από δοκιμές άλλων προσεγγίσεων πριν υιοθετηθεί η εικονιζόμενη. Κριτήρια για την υιοθέτηση της ήταν οι εντυπώσεις των χρηστών οι οποίες συλλέχθηκαν με τη διαδικασία σύντομων συνεντεύξεων.

## 5.4 Συμπεράσματα

Το ερευνητικό πεδίο της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης αποτελεί το κύριο πεδίο εφαρμογής της συναισθηματικής υπολογιστικής. Από τα πρώτα δύο κεφάλαια της διατριβής έγινε σαφές ότι η θεωρητική μελέτη της συναισθηματικής συμπεριφοράς ωφελείται από την υπολογιστική υλοποίηση των προβλέψεων. Αντίστοιχος είναι και ο ρόλος της μελέτης της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης. Πρόκειται για το κατ'εξοχήν πεδίο, όπου αναδυόμενες συμπεριφορές (emergent behaviours) - οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί θεωρητικά - αλλάζουν καθοριστικά τον σχεδιασμό και τη θεώρηση των πραγμάτων.

Η πρόκληση που χαρακτηρίζει το χώρο είναι ότι ο ανθρώπινος παράγοντας είναι προφανώς αστάθμητος και για να καταλήξουμε σε έγκυρα συμπεράσματα απαιτούνται διαρκείς επαναλήψεις στον κύκλο μελέτης - σχεδιασμού - υλοποίησης - αξιολόγησης και εκ νέου μελέτης κ.ο.κ.. Στη διαδικασία αυτή, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι εύρωστες στατιστικές μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να ποσοτικοποιήσουν έννοιες, όπως το πώς αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι τις συναισθηματικές ποιότητες κάποιων χαρακτηριστικών, κάποιων αλλαγών στο περιβάλλον και γενικά αντιδράσεων συναισθηματικής χροιάς κάποιου συστήματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μελέτη των Kim et al. [56] για τις συναισθηματικές ποιότητες των επιμέρους χαρακτηριστικών ιστοσελίδων.

Η μελλοντική λύση που φαίνεται να αναδύεται τόσο από τα συμπεράσματα της παρούσας διατριβής, όσο και από τη γενική τάση στο χώρο, είναι η υιοθέτηση ανθρωποκεντρικών τρόπων σχεδίασης διεπαφών (user centered design approach) με έμφαση στη συμμετοχή των χρηστών κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού (participatory design approach). Μια τέτοια προσέγγιση υιοθετήθηκε δοκιμαστικά, τόσο στην περίπτωση των εφαρμογών σε εικονικό κόσμο, όσο και στην περίπτωση του MusicKiosk.

□



# Κεφάλαιο 6

## Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις

### 6.1 Συνεισφορά

Η παρούσα διατριβή έχει ως γενικό στόχο τη γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στην προσέγγιση της συναισθηματικής υπολογιστικής που ταιριάζει στην επιστήμη ενός μηχανικού υπολογιστών και στις σύγχρονες θεωρίες που περιλαμβάνει η ερευνητική περιοχή της επικοινωνίας ανθρώπου μηχανής. Μελετήθηκαν σε βάθος οι διαφορετικές προσεγγίσεις του διεπιστημονικού αυτού χώρου και αναγνωρίστηκαν οι αδυναμίες και οι δυσκολίες στην ποσοτικοποίηση και μοντελοποίηση των αντίστοιχων συναισθηματικών θεωριών.

#### 6.1.1 Υπολογιστικά Μοντέλα Συναισθημάτων

Τα υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων έχουν στόχο τη μοντελοποίηση των προβλέψεων των αντίστοιχων ψυχολογικών θεωριών. Η μοντελοποίηση αυτή, στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, αξιοποιείται κυρίως στη σύνθεση συναισθηματικής συμπεριφοράς από εικονικούς χαρακτήρες και σπανιότερα στην αναγνώριση συναισθηματικών καταστάσεων. Λειτουργεί επίσης και ως τρόπος επαλήθευσης ή διάψευσης των αρχικών θεωρητικών προβλέψεων στις οποίες στηρίχθηκε. Με αυτόν τον τρόπο κλείνει ένας ερευνητικός κύκλος επανεξετάζοντας τις αρχικές θεωρίες και προσαρμόζοντας τις, ανάλογα με τα επιστημονικά ευρήματα της εφαρμογής του υπολογιστικού μοντέλου, στο πλαίσιο αλληλεπίδρασης ανθρώπου μηχανής.

Μελετήθηκαν τα επικρατέστερα θεωρητικά μοντέλα συναισθήματος καθώς και οι διάφοροι τρόποι αναπαράστασης συναισθήματος και συναισθηματικών επεισοδίων. Τα αποτελέσματα της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των θεωριών αξιολόγησης και την υπολογιστική τους υλοποίηση. Η υπολογιστική προσέγγιση έλαβε χώρα σε δύο επίπεδα:

(α) Στο επίπεδο εκφράσεων προσώπου, το CPM παρέχει αναλυτικές προβλέψεις για τις κινήσεις σημείων του προσώπου, κατά τη διάρκεια ενός συναισθηματικού επεισοδίου. Η παρούσα διατριβή ελέγχει την εγκυρότητα των θεωρητικών προβλέψεων του CPM μέσα από μια διαδικασία σύνθεσης εκφράσεων στο πρόσωπο ενός εικονικού χαρακτήρα (Ενότητα 3.7). Δοκιμάστηκαν συστηματικά και αξιολογήθηκαν διαφορετικοί τρόποι σύνθεσης των προβλέψεων αυτών, προτάθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία για τη μετάβαση στην υπολογιστική υλοποίηση της θεωρίας, ενώ παράλληλα υπογραμ-

μίστηκαν οι αδυναμίες της και προτάθηκαν τρόποι αντιμετώπισης τους.

(β) Στο επίπεδο μη λεκτικής εκφραστικότητας ασχοληθήκαμε με ένα τρόπο επέκτασης και επαλήθευσης της αναθεωρημένης θεωρίας OCC (Υποενότητα 3.5.1), ορίζοντας ένα νέο υπολογιστικό μοντέλο και υλοποιώντας το μέσα από τη σύνθεση της εκφραστικότητας ενός εικονικού χαρακτήρα σε ένα εικονικό περιβάλλον (Ενότητα 3.8). Η εκφραστικότητα του εικονικού χαρακτήρα καθορίζεται από το χαρακτήρα που του έχει αποδοθεί καθώς και από τις θεωρητικές προβλέψεις της θεωρίας OCC.

Το κεντρικό συμπέρασμα είναι ότι οι θεωρητικές προβλέψεις των μοντέλων που χρησιμοποιούν συνιστώσες αξιολόγησης δεν δίνουν σαφή πληροφορία για τη σειρά και το χρονισμό τους κατά τη διάρκεια ενός συναισθηματικού επεισοδίου. Για το λόγο αυτό, η έμφαση δόθηκε στη μελέτη και στην επαλήθευση των θεωρητικών ισχυρισμών στη φάση της αναγνώρισης των συναισθημάτων, καθώς και στις εφαρμογές που στηρίζονται στη συναισθηματική αλληλεπίδραση.

### 6.1.2 Αντιστοίχιση Παραμέτρων Εκφραστικότητας σε Διαστάσεις

Μελετήθηκε η γεφύρωση πληροφοριών που ανήκουν σε διαφορετικά στάδια της διαδικασίας της αναγνώρισης συναισθηματικών καταστάσεων. Προτάθηκε και συστηματικοποιήθηκε ένας τρόπος αντιστοίχισης των παραμέτρων ενδιάμεσου σταδίου όπως είναι οι παράμετροι εκφραστικότητας, με υψηλού επιπέδου αναπαραστάσεις όπως είναι οι διαστάσεις, με τη χρήση ενός νευροασαφούς δικτύου και με την προσκόμιση δεδομένων αναφοράς από ένα ειδικά σχεδιασμένο πείραμα αντίληψης.

Η ερευνητική συμβολή έγκειται στην αντιστοίχιση ποιοτικής πληροφορίας της ανθρώπινης εκφραστικότητας με διαστάσεις πέραν αυτής της Ενεργοποίησης, μια αντιστοίχιση που δεν είχε επιχειρηθεί μέχρι σήμερα και η οποία κρίνεται πολύ χρήσιμη στον αποδοτικότερο συνδυασμό διαφορετικών αναπαραστάσεων συναισθηματικής πληροφορίας.

### 6.1.3 Αλληλεπίδραση Εμπλουτισμένη με Συναίσθημα

Η έμφαση της μελέτης δόθηκε σε θέματα αλληλεπίδρασης, μιας και αυτό θεωρείται βασικό πεδίο εφαρμογής της επικοινωνίας ανθρώπου μηχανής. Εξετάστηκαν οι τρόποι που οι διεπάφες προσαρμόζονται στη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη με τον οποίο αλληλεπιδρούν. Έχει σχεδιαστεί ένα ψηφιακό παιχνίδι που επιτρέπει το χειρισμό του ηλεκτρονικού χαρακτήρα του παίκτη μέσα στον εικονικό κόσμο βάσει των κινήσεων και της εκφραστικότητας των χειρονομιών του χρήστη που παίζει το παιχνίδι (Ενότητα 5.3.1). Ως δεύτερο πεδίο εφαρμογής, έχει χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή MusicKiosk (Ενότητα 5.3.3) όπου εξετάζεται ο συμμετοχικός σχεδιασμός των τρόπων που μπορεί δυναμικά να προσαρμόζεται η διεπαφή κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης. Γίνεται μελέτη του ρόλου κάθε προσαρμογής και του αντίκτυπού της ή το πώς αυτή γίνεται αντιληπτή.

## 6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Ως μελλοντικές επεκτάσεις στην κατεύθυνση της παρούσας διατριβής ορίζονται οι εξής:

(α) Η επέκταση των τρόπων μοντελοποίησης της ανθρώπινης εκφραστικότητας στη φάση της αναγνώρισης. Είναι έντονη η ανάγκη της συστηματικής μοντελοποίησης του

ρόλου του περιβάλλοντος και του εννοιολογικού πλαισίου με στόχο τη συμπλήρωση της πληροφορίας που απουσιάζει εξ ορισμού από ένα ενδιαμέσο στάδιο αναπαράστασης, όπως είναι οι εκφραστικές παράμετροι. Μελλοντικός στόχος είναι μια πιο πλούσια αναπαράσταση, όπως είναι αυτή των τριών διαστάσεων PAD (Pleasure, Arousal, Dominance) συνυπολογίζοντας δηλαδή στη διαδικασία και τη διάσταση της Κυριαρχίας. Το εννοιολογικό πλαίσιο προβλέπεται να παίζει καθοριστικό ρόλο για την αποκόμιση της επιπλέον πληροφορίας. Αντίστοιχα η πληροφορία μπορεί να συμπληρωθεί με το συνδυασμό και άλλων εκφραστικών μέσων, όπως είναι η πόζα και η πορεία του βλέμματος. Μια προσέγγιση θεμάτων αντιστοίχισης ευαίσθητη στο περιβάλλον και το εννοιολογικό πλαίσιο, αναμένεται να εξελίξει τις διαδικασίες συνδυασμού πολλών εκφραστικών μέσων, παρέχοντας ένα βαθμό εμπιστοσύνης για κάθε μέσο ανάλογα τις συνθήκες.

(β) Η μελέτη και ο προσδιορισμός εύρωστων μεθοδολογιών στα ανοιχτά ζητήματα της προσαρμοζόμενης αλληλεπίδρασης. Ενώ το σκέλος της αναγνώρισης και της μοντελοποίησης της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη παρουσιάζει ικανοποιητικές ερευνητικές εξελίξεις, το σκέλος μελέτης των τρόπων αντίδρασης ενός συστήματος στην αναγνωρισμένη συναισθηματική πληροφορία φαίνεται να υστερεί. Είτε πρόκειται για εφαρμογές εκπαίδευσης είτε για εγκαταστάσεις ψυχαγωγίας κρίνεται απαραίτητη μια συστηματική μελέτη του σχεδιασμού των 'αντιδράσεων' του συστήματος με κέντρο της διαδικασίας τον ίδιο το χρήστη.

(γ) Άρρηκτα συνδεδεμένες στη μελέτη του σκέλους (β) είναι και οι μέθοδοι αξιολόγησης των τρόπων προσαρμογής και εξατομίκευσης των διεπαφών, ένας τομέας που θεωρείται η αχίλλειος πτέρνα στο χώρο της συναισθηματικής υπολογιστικής και της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης. Στη σύγχρονη βιβλιογραφία έχει καθιερωθεί η 'προσωρινή' άποψη ότι ένα σύστημα εμπλουτισμένο με συναισθηματική ευφυΐα αρκεί να είναι το ίδιο αποτελεσματικό (αν όχι περισσότερο) από το αρχικό σύστημα. Σε σύνδεση με τη συνέχιση της ερευνητικής κατεύθυνσης της παρούσας εργασίας προτείνεται η μελέτη και ο σχεδιασμός συγκεκριμένης διαδικασίας αξιολόγησης, η οποία να ελέγχει κατά πόσο η δυναμική προσαρμογή του περιβάλλοντος μιας διεπαφής, όπως το MusicKiosk (Ενότητα 5.3.3), πετυχαίνει στόχους που έχουν οριστεί εκ των προτέρων, όπως η βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη και η ορθή αντίληψη των μηνυμάτων που θέλει να εκφράσει το σύστημα.

□





# Αποδόσεις Όρων

<b>adaptive interaction</b>	:	προσαρμοζόμενη αλληλεπίδραση
<b>action tendency</b>	:	ροπή προς δράση
<b>action unit</b>	:	μονάδα ενέργειας
<b>aesthetic emotions</b>	:	αισθητικά συναισθήματα
<b>affective computing</b>	:	συναισθηματική υπολογιστική
<b>affective interaction</b>	:	συναισθηματική αλληλεπίδραση
<b>annotation</b>	:	διαδικασία επισημείωσης δεδομένων
<b>appraisal component</b>	:	Συνιστώσα γνωστικής αξιολόγησης
<b>appraisal theory</b>	:	θεωρία αξιολόγησης
<b>classification</b>	:	ταξινόμηση
<b>cognitive appraisal</b>	:	γνωστική αξιολόγηση
<b>context of interaction</b>	:	εννοιολογικό πλαίσιο αλληλεπίδρασης
<b>coarse emotion</b>	:	αδρό συναίσθημα
<b>core affect</b>	:	θεμελιώδης ή βασική συγκινησιακή κατάσταση
<b>categorical emotion description</b>	:	κατηγορική περιγραφή συναισθήματος
<b>dimensional emotion description</b>	:	διαστατική περιγραφή συναισθήματος
<b>embodied conversational agent</b>	:	ενσώματος χαρακτήρας συνομιλητή
<b>embodiment</b>	:	η σωματική διάσταση της ύπαρξης
<b>fusion</b>	:	συνδυασμός
<b>ground truth</b>	:	δεδομένα αναφοράς
<b>interdisciplinary</b>	:	διεπιστημονικός
<b>intrusive</b>	:	παρεμβατικός
<b>multimodal emotion recognition</b>	:	αναγνώριση συναισθήματος με συνδυασμό διαφόρων εκφραστικών μέσων
<b>software agent</b>	:	υπολογιστική οντότητα
<b>software component</b>	:	ψηφίδα λογισμικού
<b>reasoning</b>	:	συλλογιστική διαδικασία
<b>response patterns</b>	:	τύποι αντιδράσεων
<b>refined emotions</b>	:	εκλεπτυσμένα συναισθήματα
<b>physiological</b>	:	από πλευράς φυσιολογίας
<b>principal components analysis</b>	:	ανάλυση κυρίων συνιστωσών
<b>prototypical facial expressions</b>	:	αρχετυπικές εκφράσεις (προσώπου)
<b>stimulus evaluation check - SEC</b>	:	έλεγχος αξιολόγησης ερεθισμάτων
<b>universally recognized emotions</b>	:	οικουμενικά/ καθολικά αναγνωρίσιμα συναισθήματα



# Κατάλογος Δημοσιεύσεων

## Άρθρα σε Περιοδικά

### Δημοσιευμένα

1. L. Malatesta, A. Raouzaïou, K. Karpouzis, S. Kollias, “MPEG-4 facial expression synthesis”, *Personal and Ubiquitous Computing, Special issue on Emerging Multimodal Interfaces*, Volume 13, Number 1, pp. 77-83, Springer, 2009.
2. L. Malatesta, A. Raouzaïou, K. Karpouzis, S. Kollias, “Towards Modelling Embodied Conversational Agent Character Profiles Using Appraisal Theory Predictions in Expression Synthesis”, *Applied Intelligence*, Volume 30, Number 1, pp. 58-64, Springer 2009.
3. G. Caridakis, A. Raouzaïou, E. Bevacqua, M. Mancini, K. Karpouzis, L. Malatesta and C. Pelachaud, “Virtual agent multimodal mimicry of humans”, *Language Resources and Evaluation* 41 (3-4), Special issue on Multimodal Corpora, pp. 367-388, Springer, 2007.

### Υποβληθέντα προς κρίση

4. L. Malatesta, S. Asteriadis, G. Caridakis, K. Karpouzis and S. Kollias, “Expressivity parameters: Machine vs. Human Recognition”, *IEEE Transactions on Affective Computing*

## Κεφάλαια σε Βιβλία

5. G. Caridakis, P. Tzouveli, L. Malatesta, A. Raouzaïou, K. Karpouzis, S. Kollias, “Affective e-Learning System: Analysis of Learners State”, *Affective, Interactive and Cognitive Methods for E-Learning Design: Creating an Optimal Education Experience*, IGI Global publication (in press).
6. L. Malatesta, K. Karpouzis, A. Raouzaïou, “Affective Intelligence: The Human Face of AI”, *Artificial Intelligence: An International Perspective*, pp. 53-70, Springer, 2009.
7. K. Karpouzis, G. Caridakis, L. Kessous, N. Amir, A. Raouzaïou, L. Malatesta, S. Kollias, “Modeling naturalistic affective states via facial, vocal, and

bodily expressions recognition”, T. Huang, A. Nijholt, M. Pantic, A. Pentland (eds.), Lecture Notes in Artificial Intelligence, Special Volume on AI for Human Computing, pp. 91-112, Springer, 2007.

## Ανακοινώσεις σε Συνέδρια

8. L. Malatesta, A. Raouzaïou, K. Karpouzis and S. Kollias, “Shared virtual training in an affect-sensitive environment”, Computer Human Interaction (CHI2008), Workshop on Exertion Interfaces-Florence, Italy, 2008.
9. L. Malatesta, A. Raouzaïou, K. Karpouzis, “Gesture-Based Character Control” Demo in 2nd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII07) Proceedings, 2007.
10. L. Malatesta , G. Caridakis, A. Raouzaïou, K. Karpouzis, “Agent Personality Traits in Virtual Environments Based on Appraisal Theory Predictions”, AISB’07: Artificial and Ambient Intelligence, Language, Speech and Gesture for Expressive Characters, Newcastle upon Tyne, UK, April 2-4, 2007.
11. G. Caridakis, L. Malatesta, L. Kessous, N. Amir, A. Raouzaïou, K. Karpouzis, “Modeling naturalistic affective states via facial and vocal expressions recognition”, International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI’06), Banff, Alberta, Canada, November 2-4, 2006.
12. F. Burkhardt, N. Audibert, L. Malatesta, O. Turk, L. Arslan, V. Auberge, “Emotional Prosody - Does Culture Make A Difference?”, Speech Prosody 2006, Dresden, Germany, May 2-5, 2006.
13. L. Malatesta, A. Raouzaïou, K. Karpouzis and S. Kollias “MPEG-4 Facial Expression Synthesis based on Appraisal Theory”, 3rd IFIP conference in Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI), 2006.

□

# Βιβλιογραφία

- [1] C. Adam, B. Gaudou, A. Herzig, D. Longin, et al. OCC's Emotions: A Formalization in a BDI Logic . *Lecture Notes in Computer Science*, 4183:24, 2006.
- [2] Microsoft Agent. <http://www.microsoft.com/msagent/>.
- [3] N. Ambady and R. Rosenthal. Thin slices of expressive behavior as predictors of interpersonal consequences: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 111(2):256–274, 1992.
- [4] J.R. Anderson and C. Lebiere. *The atomic components of thought*. Lawrence Erlbaum, 1998.
- [5] A. Badii, A. Khan, and D. Fuschi. Ones's own soundtrack: Affective music synthesis .
- [6] C. Bartneck. Integrating the OCC model of emotions in embodied characters . Workshop on Virtual Conversational Characters: Applications, Methods, and Research Challenges, Melbourne, 2002.
- [7] E.S. Belfiore. *Tragic pleasures: Aristotle on plot and emotion*. Princeton university press, 1992.
- [8] R.J. Beun, E. De Vos, and C. Witteman. Embodied conversational agents: effects on memory performance and anthropomorphisation . *Lecture notes in computer science*, pages 315–319, 2003.
- [9] N. Bianchi-Berthouze and C.L. Lisetti. Modelling multimodal expression of users's affective subjective experience. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 12(1):49–84, 2002.
- [10] B. Braathen, MS Bartlett, G. Littlewort, E. Smith, and JR Movellan. An approach to automatic recognition of spontaneous facial actions . In *Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2002. Proceedings*, pages 360–365, 2002.
- [11] J. Bragt. Do Exertion Interfaces Provide Better Exercise Environments . In *2nd Twente Student Conference on IT, The Netherlands*, volume 24, 2005.
- [12] M.E. Bratman and P. Intention. *Practical Reasoning* . Harvard University Press, Cambridge, MA (USA), 1987.

- [13] Callas. Conveying affectiveness in leading-edge living adaptive systems. <http://www.callas-newmedia.eu/>.
- [14] G. Caridakis, A. Raouzaïou, E. Bevacqua, M. Mancini, K. Karpouzis, L. Malatesta, and C. Pelachaud. Virtual agent multimodal mimicry of humans. 2007.
- [15] G. Caridakis, A. Raouzaïou, K. Karpouzis, and S. Kollias. Synthesizing gesture expressivity based on real sequences. Workshop on multimodal corpora: from multimodal behaviour theories to usable models, LREC 2006 Conference, Genoa, Italy, 24-26 May., 2006.
- [16] George Caridakis. *Emotion Analysis in Natural Human Computer Interaction*. PhD thesis, School of Electrical and Computer Engineering, NTUA, 2009.
- [17] G. Castellano, L. Kessous, and G. Caridakis. Multimodal emotion recognition from expressive faces, body gestures and speech . In *Proc. Doctoral Consortium 2 nd Int. Conf. Affective Computing and Intelligent Interaction*, 2007.
- [18] S.L. Chiu. Fuzzy model identification based on cluster estimation . *Journal of intelligent and Fuzzy systems*, 2(3):267–278, 1994.
- [19] R. Cowie, E. Douglas-Cowie, S. Savvidou, E. McMahon, M. Sawey, and M. Schröder. Feeltrace: An instrument for recording perceived emotion in real time. In *ISCA Tutorial and Research Workshop (ITRW) on Speech and Emotion*. ISCA, 2000.
- [20] L.J. Cronbach. Coefficient alpha and the internal structure of tests . *Psychometrika*, 16(3):297–334, 1951.
- [21] E.M. Daly, W.J. Lancee, and J. Polivy. A conical model for the taxonomy of emotional experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(2):443–457, 1983.
- [22] A.R. Damasio. *Looking for Spinoza: Joy, sorrow, and the feeling brain*. Harcourt, 2003.
- [23] D.M. Dehn and S. Van Mulken. The impact of animated interface agents: a review of empirical research . *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(1):1–22, 2000.
- [24] P. Ekman. *The Handbook of Cognition and Emotion*, chapter Facial Expressions., pages 301–320. John Wiley & Sons, Ltd., 1999.
- [25] P. Ekman and W. V. Friesen. *Facial Action Coding System*. Consulting Psychologists Press, 1978.
- [26] P. Ekman and W.V. Friesen. Pictures of facial affect, 1976.
- [27] M. S. El-Nasr, J. Yen, and T. R. Ioerger. Flame—fuzzy logic adaptive model of emotions. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3):219–257, 2000.
- [28] P.C. Ellsworth and K.R. Scherer. Appraisal processes in emotion . *Handbook of affective sciences*, pages 572–595, 2003.

- [29] J.L. Elman. Finding structure in time . *Connectionist Psychology: A Text with Readings*, page 289, 1999.
- [30] Greta MPEG-4 engine:. <http://www.tsi.enst.fr/pelachau/Greta/>.
- [31] R.A. Fisher. *Statistical methods for research workers* . Oliver and Boyd Edinburgh, 1954.
- [32] J.R.J. Fontaine, K.R. Scherer, E.B. Roesch, and P.C. Ellsworth. The world of emotions is not two-dimensional . *Psychological Science*, 18(12):1050–1057, 2007.
- [33] G.R. Foxall and G. Greenley. The affective structure of consumer situations. *Environment and Behavior*, 30:781–798, 1998.
- [34] S. Franklin and A. Graesser. Is it an agent, or just a program . In *Proceedings Third Int*, 1996.
- [35] N.H. Frijda. *The emotions* . Ed. de la Maison des Sciences de l’Homme, 1986.
- [36] N.H. Frijda and L. Sundararajan. Emotion refinement: A theory inspired by Chinese poetics . *Perspectives on Psychological Science*, 2(3):227–241, 2007.
- [37] N.H. Frijda and J. Swagerman. Can computers feel? theory and design of an emotional system. *Cognition & Emotion*, 1(3):235–257, 1987.
- [38] Torque Game Engine: Garage Games. <http://www.garagegames.com/>.
- [39] P. Gebhard. Alma: a layered model of affect . In *Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, page 36. ACM, 2005.
- [40] P. Gebhard and K.H. Kipp. Are computer-generated emotions and moods plausible to humans? . *Lecture Notes in Computer Science*, 4133:343, 2006.
- [41] P. Goldie. Emotion, reason and virtue . *Emotion, Evolution, and Rationality*, pages 249–267, 2004.
- [42] J. Gratch and S. Marsella. A domain-independent framework for modeling emotion. *Cognitive Systems Research*, 5(4):269–306, December 2004.
- [43] J.J. Gross. Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences . *Psychophysiology*, 39(03):281–291, 2002.
- [44] J.J. Gross and Inc ebrary. *Handbook of emotion regulation* . Guilford Press New York, 2007.
- [45] H. Gunes and M. Piccardi. Bi-modal emotion recognition from expressive face and body gestures . *Journal of Network and Computer Applications*, 30(4):1334–1345, 2007.
- [46] B. Hartmann, M. Mancini, and C. Pelachaud. Implementing expressive gesture synthesis for embodied conversational agents. *Lecture Notes in Computer Science*, 3881:188, 2006.

- [47] E. Hudlicka. To feel or not to feel: the role of affect in human-computer interaction. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 59(1-2):1–32, 2003.
- [48] C.E. Izard and C. Ellis. *The face of emotion*. Appleton-Century-Crofts New York, 1971.
- [49] W. James. What is an emotion? *Mind*, pages 188–205, 1884.
- [50] J.S.R. Jang. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system . *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 23(3):665–685, 1993.
- [51] P. A Jaques and R. A. Vicari. A bdi approach to infer student’s emotions in an intelligent learning environment. *Comput. Educ.*, 49:360–384, 2007.
- [52] P.N. Juslin and J.A. Sloboda. *Music and emotion: Theory and research* . Oxford University Press Oxford, England, 2001.
- [53] A. Kapoor, W. Bursleson, and R.W. Picard. Automatic prediction of frustration . *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(8):724–736, 2007.
- [54] K. Karpouzis, G. Caridakis, L. Kessous, N. Amir, A. Raouzaïou, L. Malatesta, and S. Kollias. Modeling naturalistic affective states via facial, vocal, and bodily expressions recognition . *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, 4451:91, 2007.
- [55] K. Karpouzis, A. Raouzaïou, A. Drosopoulos, S. Ioannou, T. Balomenos, N. Tsapatsoulis, and S. Kollias. Facial expression and gesture analysis for emotionally-rich man-machine interaction . *3D Modeling and Animation: Synthesis and Analysis Techniques*, 2003.
- [56] J. Kim, J. Lee, and D. Choi. Designing emotionally evocative homepages: an empirical study of the quantitative relations between design factors and emotional dimensions . *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(6):899–940, 2003.
- [57] A. Kleinsmith and N. Bianchi-Berthouze. Recognizing affective dimensions from body posture . *Lecture Notes in Computer Science*, 4738:48, 2007.
- [58] J.E. Laird. Extending the Soar cognitive architecture . In *Artificial General Intelligence 2008: Proceedings of the First AGI Conference*, page 224. IOS Press, 2008.
- [59] J.E. Laird, P.S. Rosenbloom, and A. Newell. Chunking in soar: The anatomy of a general learning mechanism. *Machine Learning*, 1(1):11–46, 1986.
- [60] P. Langley, K. Cummings, and D. Shapiro. Hierarchical skills and cognitive architectures. In *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pages 779–784, 2004.
- [61] P. Langley, J.E. Laird, and S. Rogers. Cognitive architectures: Research issues and challenges. *Cognitive Systems Research*, 10(2):141–160, 2009.



- [62] R.S. Lazarus. *Emotion and adaptation*. Oxford University Press, USA, 1991.
- [63] R.S. Lazarus and S. Folkman. Transactional theory and research on emotions and coping . *European Journal of Personality*, 1(3), 1987.
- [64] H. Leventhal and K. Scherer. The relationship of emotion to cognition: A functional approach to a semantic controversy . *Cognition & Emotion*, 1(1):3–28, 1987.
- [65] C.L. Lisetti. Using noninvasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals . *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2004(11):1672–1687, 2004.
- [66] M. Lopez. Estimation of Cronbach’s alpha for sparse datasets . In *20th Annual Conference on Computing Qualifications - NACCQ*. Samuel Man and Noel Bridgeman (Eds), 2007.
- [67] S.C. Marsella and J. Gratch. EMA: A process model of appraisal dynamics . *Cognitive Systems Research*, 10(1):70–90, 2009.
- [68] E. Marsi and F. van Rooden. Expressing Uncertainty with a Talking Head in a Multimodal Question-Answering System . In *MOG 2007 Workshop on Multimodal Output Generation*, page 105.
- [69] J.C. Martin, G. Caridakis, L. Devillers, K. Karpouzis, and S. Abrilian. Manual annotation and automatic image processing of multimodal emotional behaviors: validating the annotation of TV interviews . *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(1):69–76, 2009.
- [70] J.C. Martin, R. Niewiadomski, L. Devillers, S. Buisine, and C. Pelachaud. Multimodal complex emotions: Gesture expressivity and blended facial expressions . *International Journal of Humanoid Robotics*, 3(3):269–292, 2006.
- [71] R.R. McCrae and O.P. John. An introduction to the five-factor model and its applications . *Personality: Critical Concepts*, page 295, 1998.
- [72] A. Mehrabian. Pleasure-arousal-dominance: A general framework for describing and measuring individual differences in temperament. *Current Psychology: Developmental, Learning, Personality, Social*, 14:261–292, 1996.
- [73] NE Mitrikis, JB Theocharis, and V. Petridis. A multilayered neuro-fuzzy classifier with self-organizing properties . *Fuzzy Sets and Systems*, 159(23):3132–3159, 2008.
- [74] F. Mueller, S. Agamanolis, and R. Picard. Exertion interfaces: sports over a distance for social bonding and fun . In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, page 568. ACM, 2003.
- [75] N. Muscettola, P.P. Nayak, B. Pell, and B.C. Williams. Remote agent: To boldly go where no AI system has gone before . *Artificial Intelligence*, 103(1-2):5–47, 1998.
- [76] A. Newell. *Unified theories of cognition* . Harvard University Press, 1994.

- [77] A. Nijholt, D. Tan, B. Allison, J.R. Milan, and B. Graimann. Brain-computer interfaces for hci and games . 2008.
- [78] Humaine Network of Excellence. Human-machine interaction network on emotion. <https://www.emotion-research.net/>.
- [79] A. Ortony. On Making Believable Emotional Agents Believable . *Emotions in humans and artifacts*, pages 189–211, 2003.
- [80] A. Ortony, A. Collins, and G.L. Clore. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, 1988.
- [81] A. Paiva, J. Dias, D. Sobral, R. Aylett, P. Sobreperéz, S. Woods, C. Zoll, and L. Hall. Caring for agents and agents that care: Building empathic relations with synthetic agents . In *Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 1*, pages 194–201. IEEE Computer Society Washington, DC, USA, 2004.
- [82] R. Pfeifer, J. Bongard, S. Grand, R. Brooks, and S. Iwasawa. *How the body shapes the way we think: a new view of intelligence* . MIT press, 2007.
- [83] R.W. Picard. *Affective computing*. MIT press, 1997.
- [84] R. Plutchik. A general psychoevolutionary theory of emotion . *Theories of Emotion*, 1, 1980.
- [85] Karpouzis K. Raouzaiou A., Tsapatsoulis N. and Kollias S. Parameterized facial expression synthesis based on mpeg-4. 2002.
- [86] M. Rehm, N. Bee, and E. André. Wave Like an Egyptian Accelerometer Based Gesture Recognition for Culture Specific Interactions . *Proc. of HCI Culture, Creativity, Interaction*, 2008.
- [87] I. J. Roseman. Cognitive determinants of emotions: A structural theory. *Review of Personality and Social Psychology*, 5:11–36, 1984.
- [88] I. J. Roseman, M. S. Spindel, and P. E. Jose. Appraisals of emotion-eliciting events: Testing a theory of discrete emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59:899–915, 1990.
- [89] J. A. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39:1161–1178, 1980.
- [90] J. A. Russell. Culture and the categorization of emotions. *Psychological Bulletin*, 110:426–450, 1991.
- [91] J.A. Russell. Core affect and the psychological construction of emotion . *Psychological Review*, 110(1):145–172, 2003.
- [92] J.A. Russell and L.F. Barrett. Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant . *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(5):805–819, 1999.

- [93] J.A. Russell, M. Lewicka, and T. Niit. A cross-cultural study of a circumplex model of affect . *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(5):848–856, 1989.
- [94] C.L. Rusting. Personality, mood, and cognitive processing of emotional information: Three conceptual frameworks. *Psychological Bulletin*, 124(2):165–196, 1998.
- [95] K.R. Scherer. Toward a dynamic theory of emotion: The component process model of affective states . *Geneva Studies in Emotion*, 1:1–96, 1987.
- [96] K.R. Scherer. Psychological models of emotion . *The neuropsychology of emotion*, 137:162, 2000.
- [97] K.R. Scherer. Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking . *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*, pages 92–120, 2001.
- [98] K.R. Scherer. Feelings integrate the central representation of appraisal-driven response organization in emotion . In *Feelings and emotions: The Amsterdam symposium*, pages 136–157, 2004.
- [99] K.R. Scherer. What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 44(4):695, 2005.
- [100] K.R. Scherer and H. Ellgring. Are facial expressions of emotion produced by categorical affect programs or dynamically driven by appraisal . *Emotion*, 7(1):113–130, 2007.
- [101] K.R. Scherer, A. Schorr, and T. Johnstone. *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research* . Oxford University Press, USA, 2001.
- [102] H. Schlosberg. A scale for the judgment of facial expressions. *Journal of Experimental Psychology*, 29:497–510, 1941.
- [103] H. Schlosberg. Three dimensions of emotion . *Psychological review*, 61(2):81–8, 1954.
- [104] C.A. Smith and R.S. Lazarus. Appraisal components, core relational themes, and the emotions . *Appraisal and Beyond: The Issue of Cognitive Determinants of Emotion*, 7(3/4):233–269, 1993.
- [105] K. Somsaman. The perception of emotions in multimedia: An empirical test of three models of conformance and contest . 2004.
- [106] S. Steidl, M. Levit, A. Batliner, E. N  
”oth, and H. Niemann. Of All Things the Measure is Man - Classification of Emotions and Inter-Labeler Consistency . In IEEE, editor, *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing - ICASSP*, volume 1, pages 317–320. Conference Management Services, Inc., 2005.
- [107] R. Sun. The CLARION cognitive architecture: Extending cognitive modeling to social simulation . *Cognition and Multi-Agent Interaction: From Cognitive Modeling to Social Simulation*, page 79, 2006.

- [108] T. Takagi and M. Sugeno. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control . *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 15(1):116–132, 1985.
- [109] Java 3D Technology. <https://java3d.dev.java.net/>.
- [110] S. Van Mulken, E. André, and J. Müller. The persona effect: how substantial is it? . *People and Computers*, pages 53–66, 1998.
- [111] H.G. Wallbott. Bodily expression of emotion . *European journal of social psychology*, 28(6):879–896, 1998.
- [112] Moving Picture Experts Group (MPEG) Official Website.: <http://www.chiariglione.org/mpeg/>.
- [113] T. Wehrle, S. Kaiser, S. Schmidt, and K.R. Scherer. Studying the dynamics of emotional expression using synthesized facial muscle movements . *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(1):105–119, 2000.
- [114] C.M. Whissell. The dictionary of affect in language . *The Measurement of Emotions: Theory, Research and Experience: The Measurement of Emotions*, page 113, 1989.
- [115] M.J. Wooldridge. *Reasoning about rational agents* . MIT press, 2000.
- [116] W. Wundt. Grundzüge der Physiologischen Psychologie . *Engelmann, Leipzig*, 3, 1903.
- [117] MPEG-4 talking head engine: Xface. <http://xface.itc.it/>.
- [118] Foxall G.R. Yani-de Soriano, M.M. The emotional power of place: The fall and rise of dominance in retail research. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 13:403–416, 2006.
- [119] R.B. Zajonc. Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American psychologist*, 35(2):151–175, 1980.
- [120] M. Zentner, D. Grandjean, and K.R. Scherer. Emotions evoked by the sound of music: Characterization, classification, and measurement. *Emotion*, 8(4):494–521, 2008.

# Βιογραφικό Σημείωμα

Η Αώρη Μαλατέστα γεννήθηκε στην Αθήνα στις 28 Ιανουαρίου 1977. Το Φεβρουάριο του 2000 αποφοίτησε από τη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου και συνέχισε την εκπαίδευσή της αποκτώντας μεταπτυχιακό τίτλο στην Γνωστική Επιστήμη και την Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας από το Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου. Στην συνέχεια εργάστηκε ως μηχανικός υπολογιστών στο Ερευνητικό και Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών για τρία χρόνια, όπου ασχολήθηκε με την ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων για την εκπαίδευση και με διαδικασίες εντοσιοποίησης εκπαιδευτικών λογισμικών στην ελληνική γλώσσα. Το 2005 έγινε δεκτή ως υποψήφια διδάκτορας στο εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας, Βίντεο και Πολυμέσων υπό την επίβλεψη του καθηγητή Στέφανου Κόλλια. Στο πλαίσιο της διδακτορικής της διατριβής έχει δημοσιεύσει άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια, καθώς επίσης έχει συμμετάσχει σε ερευνητικά και αναπτυξιακά προγράμματα.

## Σπουδές

*Ph.D. “Επικοινωνία Ανθρώπου-Μηχανής Βασισμένη στην Ανάλυση και Σύνθεση Οπτικών Πληροφοριών”,*

Εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνων, Βίντεο και Πολυμέσων,  
ΕΜΠ, 2009

*MSc στη Γνωστική Επιστήμη και Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας,*  
Πανεπιστήμιο Εδιμβούργου, 2001

*Δίπλωμα Ηλεκτρολόγου Μηχανικού και Μηχανικού Υπολογιστών,*  
ΕΜΠ, 2000

- Κατεύθυνση: Πληροφορικής και Διαχείρισης Δικτύων
- Διπλωματική Εργασία: Γραφική Διεπαφή Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιακού Δικτύου σε Java

## Ερευνητικό Προφίλ

Ερευνητικά Ενδιαφέροντα:

- Επικοινωνία ανθρώπου-μηχανής και συναισθηματική υπολογιστική
- Υπολογιστικά μοντέλα συναισθημάτων
- Μοντελοποίηση ανθρώπινης εκφραστικότητας
- Συνδυασμός καναλιών εκφραστικής πληροφορίας (multimodal fusion)
- Συναισθηματική αλληλεπίδραση
- Μοντελοποίηση γνωστικών μηχανισμών
- Αλληλεπίδραση σε εικονικά περιβάλλοντα

Συμμετοχή σε 3 ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα (Humaine, Callas, Felix)  
Συγγραφέας 3 άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά, ενός κεφαλαίου βιβλίου και 6 άρθρων σε συνέδρια με κριτές  
Εξωτερικός κριτής σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια  
Συνδιοργανωτής και μέλος επιτροπής προγράμματος συνεδρίων και ημερίδων

### **Διδακτική Εμπειρία**

*Εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας, Βίντεο και Πολυμέσων:*

- Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας και Τεχνολογίες Βίντεο, 2005-2006
- Γραφική με Υπολογιστές (Εικονικά Περιβάλλοντα), 2006-2008

### **Προσωπικά Στοιχεία**

Ξένες γλώσσες: Αγγλικά, Γαλλικά

Μέλος TEE (2000)

Μέλος AISB (Society for the Study of Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour)

Μέλος Humaine Association

Γενικά ενδιαφέροντα:

- Αθλητικές δραστηριότητες: τρέξιμο, κολύμβηση, ποδηλασία
- Ταξίδια, γνωριμία με διαφορετικές κουλτούρες και πολιτισμούς
- Εθελοντικές δράσεις για το περιβάλλον και τον άνθρωπο

□