

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΦΟΒΟΥ ΑΠΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

Η
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Υποβάλλεται στην

ορισθείσα από την Γενική Συνέλευση Ειδικής Σύνθεσης
του Τμήματος Πληροφορικής
Εξεταστική Επιτροπή

από την

Βασιλική Δεβελέγκα

ως μέρος των Υποχρεώσεων

για τη λήψη

του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΜΕ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Μάρτιος 2009

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Στον σύζυγο μου Κωνσταντίνο Σακελλαρίου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ πολύ τον επιβλέποντα Καθηγητή Δημήτριο Ι. Φωτιαδή, καθώς και τα μέλη της Μονάδας Ιατρικής Τεχνολογίας και Ευφών Πληροφοριακών Συστημάτων του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά την Κα. Μανθούλα Νταφλού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ
ΑΦΙΕΡΩΣΗ	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iv
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	vi
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	vii
ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ	viii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ix
EXTENDED ABSTRACT IN ENGLISH	x
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Η Ανάγκη Αναγνώρισης του Συναισθήματος του Φόβου	1
1.2. Η Φυσιολογία της Αντίδρασης του Φόβου στον Άνθρωπο	4
1.3. Στόχοι	6
1.4. Δομή της Διατριβής	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Εικονική Πραγματικότητα και Ψυχοθεραπεία	9
2.1. Εικονική Πραγματικότητα	9
2.2. Χρήση της Εικονικής Πραγματικότητας στην Ψυχοθεραπεία	10
2.3. Τα Πλεονεκτήματα της ΕΠ στην Ψυχοθεραπεία	11
2.4. Περιβάλλοντα Εμβύθισης ΕΠ	12
2.5. Ανασκόπηση Πειραματικών Μελετών ΘΕ με ΕΠ	14
2.6. Η Αίσθηση της Παρουσίας στην ΘΕ με ΕΠ	17
2.6.1. Υποκειμενικές μετρήσεις	18
2.6.2. Συμπεριφορικές μετρήσεις	19
2.6.3. Φυσιολογικές μετρήσεις	19
2.7. Διερεύνηση της Αντικειμενικότητας των Φυσιολογικών Μετρήσεων	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Ανίχνευση της Συναισθηματικής Κατάστασης από Φυσιολογικές Αντιδράσεις	25
3.1. Τα Βασικά Συναισθήματα και ο Ρόλος τους – Το Συναίσθημα του Φόβου	25
3.2. Συγκινησιακή Υπολογιστική	28
3.3. Αναγνώριση Συναισθήματος Ατόμων με Υπολογιστή	29
3.4. Σχετικές Εργασίες Αναγνώρισης Συναισθήματος με Τεχνικές Επεξεργασίας Φυσιολογικών Σημάτων	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Αναγνώριση του Συναισθήματος του Φόβου σε Άτομα με Χρήση Φυσιολογικών Σημάτων	37
4.1. Φυσιολογικά Σήματα	37
4.1.1. Ηλεκτροδερμική Δραστηριότητα	37
4.1.2. Καρδιοαγγειακές αντιδράσεις	38
4.1.3. Ηλεκτρομυογράφημα	40
4.1.4. Αναπνευστική λειτουργία	41

4.2. Προτεινόμενη Μεθοδολογία	42
4.2.1. Περιγραφή Πειράματος	45
4.2.2. Προεπεξεργασία Φυσιολογικών Σημάτων	46
4.2.3. Εξαγωγή Χαρακτηριστικών	46
4.2.4. Μείωση της Διάστασης	48
4.2.5. Ταξινόμηση	51
4.3. Αξιολόγηση – Αποτελέσματα	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Συμπεράσματα	58
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	60
ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ	65

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελ
Πίνακας 1.1 Οι Επιδράσεις του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος στα Διαφορά Όργανα του Σώματος.	5
Πίνακας 3.1 Σχετικές Εργασίες Αναγνώρισης Συναισθήματος με Τεχνικές Επεξεργασίας Φυσιολογικών Σημάτων	36
Πίνακας 4.1 Εξαγόμενα Χαρακτηριστικά για κάθε Σήμα	48
Πίνακας 4.2 Πίνακας Σύγκρισης για τον Ταξινομητή KNN με 5 Γείτονες και Επιλογή Χαρακτηριστικών με SFS	56
Πίνακας 4.3 Πίνακας Σύγκρισης για τον Ταξινομητή SVM	56

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα	Σελ
Σχήμα 2.1 Σύστημα Head Mounted Display (HMD).	13
Σχήμα 2.2 Σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας CAVE	14
Σχήμα 4.1 Γραφική Αναπαράσταση ΗΔΔ με την Επίδραση Ερεθίσματος.	38
Σχήμα 4.2 Γενική Μορφολογία ΗΚΓ	39
Σχήμα 4.3 Παράδειγμα Σήματος Ρυθμού Όγκου Αίματος με Αύξηση Αγγειοσυστολής	40
Σχήμα 4.4 Ενδεικτικό Σήμα ΗΜΓ	41
Σχήμα 4.5 Ενδεικτικό Σήμα Πιεζοηλεκτρικής Ζώνης	42
Σχήμα 4.6 Μεθοδολογία Αναγνώρισης Συναισθήματος από Φυσιολογικά Σήματα	44
Σχήμα 4.7 Θεωρητικό Μοντέλο Εγρήγορης / Ευχαρίστησης	45
Σχήμα 4.8 Προβολή των 35 Χαρακτηριστικών στο 1 ^ο Fisher Χαρακτηριστικό	51

ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ

ANFIS: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

BIP: Breaks in Presence

CAVE: Computer Assisted Virtual Environment

CCA: Canonical Correlation Analysis

DFA: Discriminant Function Analysis

HDM: Head Mounded Display

KNN: K-Nearest Neighbor

MBG: Marquardt Backpropagation

MLP: Multy Layer Perceptron

SFS: Sequential Forward Selection

SVM: Support Vector Machines

ΑΝΣ: Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα

ΓΣΘ: Γνωσιακή Συμπεριφορική Θεραπεία

ΕΠ: Εικονική Πραγματικότητα

ΗΛΔ: Ηλεκτροδερμική Δραστηριότητα

ΗΚΓ: Ηλεκτροκαρδιογράφημα

ΗΜΓ: Ηλεκτρομυογράφημα

ΘΕ: Θεραπεία Έκθεσης

ΘΕΕΠ: Θεραπεία Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα

ΠΝΣ: Παρασυμπαθητικό Νευρικό Σύστημα

ΣΝΣ: Συμπαθητικό Νευρικό Σύστημα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασιλική Δεβελέγκα του Φωτίου και της Ευσταθίας. MSc, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Μάρτιος, 2009. Αναγνώριση του Συναισθήματος του Φόβου από Φυσιολογικά Σήματα. Επιβλέπωντας: Δημήτριος Ι. Φωτιάδης.

Στα πλαίσια της Γνωσιακής Συμπεριφορικής Θεραπείας, η χρήση των τεχνολογιών εμπύθησης / Εικονικής Πραγματικότητας προσφέρει έναν εναλλακτικό τρόπο Θεραπείας Έκθεσης για την αντιμετώπιση φοβιών που θα μπορούσε να βελτιώσει την θεραπευτική διαδικασία. Καθώς είναι απαραίτητο να επιβεβαιωθεί η αποτελεσματικότητα τέτοιων τεχνικών, τόσο οι θεραπευτές όσο και οι ειδικοί στην κατασκευή των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας, χρειάζονται εργαλεία παρακολούθησης της επίδρασης της Θεραπείας Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα στους ασθενείς. Μελέτες στο πεδίο της Συγκινησιακής Υπολογιστικής προτείνουν αρκετές τεχνικές για την αναγνώριση του συναισθήματος ατόμων με υπολογιστή. Η παρούσα εργασία διερευνά το πρόβλημα αναγνώρισης του συναισθήματος του φόβου με τεχνικές επεξεργασίας φυσιολογικών σημάτων: ηλεκτρομυογραφήματος προσώπου, ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας, καρδιακού ρυθμού, αναπνευστικής λειτουργίας και θερμοκρασίας του δέρματος. Χρησιμοποιήθηκαν δυο τεχνικές ταξινόμησης, K-Κοντινότεροι Γείτονες (KNN) και Σύστημα Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVM).

EXTENDED ABSTRACT IN ENGLISH

Develegka, Vassiliki. MSc, Computer Science Department, University of Ioannina, Greece. March, 2009. Recognition of the Emotion of Fear Using Physiological Signals. Thesis Supervisor: Prof. Dimitrios I. Fotiadis.

This thesis presents the application of a methodology for the recognition of the emotion of fear based on physiological signals, in order to recognize the emotional state of the patient during Virtual Reality Exposure Therapy.

In the field of Cognitive Behavioral Therapy, the utilization of Virtual reality offers a new paradigm of human-computer interaction, where the patient is actively involved in a three dimensional virtual world, through which, he/she is given the ability to learn to cope with his/her disorder. Phobia is an anxiety disorder that is described as irrational and maladaptive fear of a thing or situation. Traditionally in-vivo or imaginal Exposure Therapy is used to treat phobias. In recent research, Virtual Reality Exposure Therapy has been successfully used to treat a variety of phobias (acrophobia, arachnophobia, social phobia and panic disorder with agoraphobia). Experts believe that Virtual Reality Exposure therapy offers a therapeutic environment, which combines features that are of central importance for a more effective therapy. Although, through clinical trials, Virtual Reality Exposure therapy has been proven to be more effective than no therapy, it has not been concluded that it is more effective than traditional methods. In order to monitor the Virtual Reality Exposure Therapy procedure, as well as, to evaluate its effectiveness as a treatment, tools are necessary that measure both the impact of Virtual Reality Exposure Therapy and the sense of presence provoked by the immersion in the virtual environment.

Affective computing is an interdisciplinary field of computer science that addresses the development of computer systems that serve and support human emotional

intelligence. Emotion recognition involves the observation or sensing of the emotional state of a person. Emotional states can be observed in a number of reaction systems of a person, like face expressions, gestures, tone of voice and physiological reactions. We choose to identify the emotional state of fear through physiological signals, since they are more robust to social masking and need to be moderated in the procedure of Virtual Reality Exposure Therapy.

We applied the methodology of emotion recognition through physiological signals, which involves the recording of selected biosignals, from a number of subjects during exposure to emotional stimuli that is induced by consistent emotional induction techniques. The recorded signals are then preprocessed, in order to remove noise components and to extract the appropriate features. Finally, the resulting annotated data set is used to apply classification techniques and to evaluate the classification models produced, in order to identify the ones that most accurately match feature patterns to emotional states with high generalizability.

We used skin conductivity, heart rate, face electromyogram, respiration and skin temperature physiological signals, from one person who was self – induced to the emotional state of fear and non-fear, during a series of different sessions. Two classifications techniques where used and evaluated, a K-Nearest Neighbor classifier in combination with Sequential Forward Selection for feature reduction - that achieved classification accuracy of 91 % - and a Support Vector Machines classifier - that achieved classification accuracy of 83%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Η Ανάγκη Αναγνώρισης του Συναισθήματος του Φόβου
 - 1.2 Η Φυσιολογία της Αντίδρασης του Φόβου στον Άνθρωπο
 - 1.3 Στόχοι
 - 1.4 Δομή της Διατριβής
-

1.1. Η Ανάγκη Αναγνώρισης του Συναισθήματος του Φόβου

Η παρουσία του φόβου στον άνθρωπο έχει αξία προσαρμογής [1], καθώς προετοιμάζει το άτομο σωματικά να παλέψει ή να διαφύγει, για να αυτο-προστατευτεί από μια απειλητική κατάσταση, κατά συνέπεια με αυτό τον τρόπο επηρεάζει την επιβίωση του. Ωστόσο, ο φόβος μπορεί να είναι δυσπροσαρμοστικός όταν είναι δυσανάλογος των καταστάσεων, ή όταν ενεργοποιείται ή εμμένει χωρίς την παρουσία κάποιου κινδύνου.

Σύμφωνα με τα κριτήρια του Συστήματος Ταξινόμησης και Διαγνώσεων Ψυχικών Διαταραχών DSM-IV [2], ως φοβία ορίζεται ο υπερβολικός, συνήθως ανεξήγητος και παράλογος φόβος προς ένα αντικείμενο ή κατηγορία αντικειμένων ή καταστάσεων (π.χ. πτήσεις, ύψη, ζώα, χορήγηση ένεσης, όψη αίματος). Η έκθεση στο φοβικό ερέθισμα προκαλεί μία άμεση αντίδραση άγχους που οδηγεί το άτομο να υιοθετεί συμπεριφορά αποφυγής ή διαφυγής ως προς το αντικείμενο ή την κατάσταση, που μπορεί να πάρει τη μορφή κρίσης πανικού. Το ίδιο το άτομο αναγνωρίζει ότι ο φόβος του είναι υπερβολικός και παράλογος, όμως κατά κανόνα αποφεύγει την φοβική κατάσταση ή την υπομένει υπό έντονη καταπόνηση. Κατά συνέπεια η φοβική κατάσταση παρεμβαίνει σημαντικά με την καθημερινή δραστηριότητα και τη ζωή του ατόμου (π.χ. σχολείο, εργασία, κοινωνικές δραστηριότητες, σχέσεις).

Οι φοβίες είναι οι πιο συχνές αγχώδεις διαταραχές. Ο επιπολασμός ζωής είναι 12,5 % για τις ειδικές φοβίες και 12,1 % για την κοινωνική φοβία [3]. Όμως το 60 – 85% [4, 5] δεν προσφεύγει σε ειδικούς για την αντιμετώπιση του προβλήματος, μία πιθανή αιτία είναι ότι φοβούνται υπερβολικά να αντιμετωπίσουν το αντικείμενο ή την κατάσταση της φοβίας τους μέσω της θεραπείας [4].

Σύμφωνα με την Γνωσιακή Συμπεριφορική Ψυχοθεραπεία, για την αντιμετώπιση των φοβιών χρησιμοποιείται η τεχνική της Θεραπείας Έκθεσης (Exposure Therapy), κατά την οποία το άτομο εκτίθεται σταδιακά στα αγχογόνα ερεθίσματα της φοβικής κατάστασης, ενώ με την κατάλληλη παρέμβαση επιτρέπει την προοδευτική εξασθένιση του φόβου.

Η Θεραπεία Έκθεσης βασίζεται στην Θεωρία της Συναισθηματικής Επεξεργασίας [6], συμφωνά με την οποία, οι φόβοι ερμηνεύονται ως δομές μνήμης που περιλαμβάνουν πληροφορίες που αφορούν στα *ερεθίσματα*: τα αντικείμενα ή καταστάσεις που διεγείρουν τον φόβο (π.χ. κενά αέρος σε πτήση), στις *αντιδράσεις*: πώς νιώθει και τι πράττει το άτομο όταν έρχεται αντιμέτωπο με τα φοβικά ερεθίσματα (π.χ. αυξημένοι καρδιακοί παλμοί), και στην *σημασία*: τον τρόπο που εκλαμβάνει το άτομο τα ερεθίσματα που του προκαλούν την φοβία και τις αντιδράσεις του σε αυτά (π.χ. το αεροπλάνο θα πέσει ή θα πάθω καρδιακή προσβολή). Η Θεραπεία Έκθεσης είναι μία διαδικασία αλλαγής της δομής της μνήμης του φόβου, κατά την οποία ενεργοποιείται η δομή της μνήμης του φόβου και παρέχονται πληροφορίες ασύμβατες με αυτή, έτσι ώστε να μορφοποιηθεί μια νέα μνήμη.

Παραδοσιακά στην Θεραπεία Έκθεσης η ενεργοποίηση της μνήμης του φόβου μπορεί να επιτευχθεί είτε με παρουσία του ατόμου στην πραγματική φυσική κατάσταση της φοβίας (*in vivo*), είτε μέσω της φαντασίας των αγχογόνων ερεθισμάτων από το άτομο (*imagining*). Όμως τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται η Θεραπεία Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα και αποτελεί εναλλακτικό τρόπο για την παραγωγή των αγχογόνων ερεθισμάτων και την ενεργοποίηση της μνήμης του φόβου, με εμπύθιση του ατόμου σε ένα συνθετικό κόσμο.

Η Θεραπεία Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα εξυπηρετεί την συναισθηματική επεξεργασία, παρέχοντας ένα ευπροσάρμοστο συνθετικό περιβάλλον εμπύθισης που ενεργοποιεί την δομή του φόβου και επιτρέπει στο άτομο να παραμείνει στις περιστάσεις της φοβικής κατάστασης, για όσο χρόνο είναι αναγκαίο, ώστε να επεξεργαστεί πληροφορίες (ταυτόχρονα γνωσιακές και συναισθηματικές), οι οποίες είναι αντιφατικές με το φοβικό ερέθισμα (π.χ. θα υποχωρήσει η ανησυχία, δεν σημαίνει ότι το αεροπλάνο θα πέσει), και να τροποποιηθεί η δομή του φόβου του.

Η ψυχολογική επίδραση της Θεραπείας Έκθεσης δεν μπορεί να αναγνωριστεί άμεσα. Οι θεραπευτές χρειάζεται να ερμηνεύουν κάθε ένδειξη – συνειδητή ή ασυνειδητή – και να χρησιμοποιούν διάφορα εργαλεία για την παρακολούθηση της κατάστασης του ασθενή. Η αξιολόγηση της κατάστασης του ασθενή προκύπτει από την παρακολούθηση των συμπεριφορών / πράξεων του ασθενούς (συμπεριφορικές αντιδράσεις), των υποκειμενικών αναφορών του μέσω ερωτηματολογίων (γνωσιακές αντιδράσεις) και της συναισθηματικής του κατάστασης (συναισθηματικές αντιδράσεις) [7].

Η παρακολούθηση της συναισθηματικής κατάστασης, κατά την αντιμετώπιση φοβιών, αναφέρεται στο συναίσθημα του φόβου. Η μέτρηση του βαθμού με τον οποίο βιώνει ένα άτομο το συναίσθημα του φόβου, κατά την διάρκεια Θεραπείας Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα, είναι αναγκαία, τόσο για να διαπιστωθεί ότι έχει επιτευχθεί η ενεργοποίηση της δομής του φόβου, όσο και για να αξιολογηθεί το επίπεδο εθισμού στα φοβικά ερεθίσματα κατά την διάρκεια και μεταξύ των συνεδριών. Κατά συνέπεια, η μέτρηση του φόβου, αποτελεί σημαντικό κριτήριο για την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την αξιολόγηση της θεραπευτικής διαδικασίας, καθώς και για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του εικονικού περιβάλλοντος. Ο καθιερωμένος τρόπος αποτίμησης του φόβου περιλαμβάνει την υποκειμενική αναφορά του ασθενή, καθώς και την παρακολούθηση των συμπεριφορικών και φυσιολογικών του αντιδράσεων.

1.2. Η Φυσιολογία της Αντίδρασης του Φόβου στον Άνθρωπο

Το ανθρώπινο σώμα για την ρύθμιση των σπλαχνικών λειτουργιών εκκλύει χημικές ουσίες κοντά στα όργανα καθώς και στην κυκλοφορία του αίματος [8]. Οι λειτουργίες αυτές αφορούν τόσο την ομοιοστασία του οργανισμού, δηλαδή την συντήρηση των σωματικών πόρων, όσο και την ανάγκη αντιδράσεων του οργανισμού για να αντεπεξέλθει σε καταστάσεις που απαιτούν έντονη σωματική προσπάθεια ή ακόμη και την αντίδραση «πάλης ή φυγής».

Το τμήμα του νευρικού συστήματος το οποίο ρυθμίζει την περιφερική αντίδραση (την δραστηριότητα των εσωτερικών οργάνων) είναι το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ). Το σύστημα αυτό συμβάλει στον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης, στη ρύθμιση της συχνότητας και της δύναμης συστολής της καρδιάς, στην δραστηριότητα των ιδρωτοποιών αδένων, στον έλεγχο της κινητικότητας και των εκκρίσεων του γαστρεντερικού σωλήνα, στη θερμορύθμιση, στην ρύθμιση της γλυκόζης, των λιπιδίων και της πήξης στο αίμα, καθώς και πλήθος άλλων λειτουργιών των εσωτερικών οργάνων.

Το ΑΝΣ μπορεί να μεταβάλλει τις λειτουργίες των σπλάχνων με εκπληκτική ταχύτητα και έκταση. Για παράδειγμα, μέσα σε μόνο τρία έως πέντε δευτερόλεπτα, μπορεί να αυξάνει τη συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας στο διπλάσιο από το φυσιολογικό επίπεδο. Επίσης η εφίδρωση είναι δυνατό να αρχίζει μέσα σε δευτερόλεπτα. Αυτές οι μεταβολές προκαλούνται από την έκκριση χημικών ουσιών, από δύο διαφορετικούς κλάδους του ΑΝΣ: του Συμπαθητικού Νευρικού Συστήματος (ΣΝΣ) και του Παρασυμπαθητικού Νευρικού Συστήματος (ΠΝΣ).

Το ΠΝΣ κατευθύνει την κατάσταση ηρεμίας και ανάπλασης του οργανισμού – ομοιοστασία – καθώς, ελέγχει τα απαραίτητα συστήματα για την αναδόμηση των ιστών του σώματος και την συντήρηση των σωματικών πόρων. Το ΣΝΣ διαχειρίζεται την αντίδραση του σώματος στο στρες και την προετοιμασία του σε περιόδους έντονης μυϊκής δραστηριότητας. Επίσης, ελέγχει την αντίδραση «πάλης ή φυγής» σε καταστάσεις που εκλαμβάνονται ως επικίνδυνες. Το συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα εμφανίζουν συνεχή δραστηριότητα, και είναι το

επίπεδο διέγερσης των δύο συστημάτων μαζί που καθορίζει την κατάσταση του σώματος.

Πίνακας 1.1 Οι Επιδράσεις του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος στα Διαφορά Όργανα του Σώματος.

Όργανο	Επίδραση Διέγερσης ΣΝΣ	Επίδραση Διέγερσης ΠΝΣ
Οφθαλμός: Κόρη Ακτινωτός μυς	Διεύρυνση Ελαφρά χάλαση	Στένωση Συστολή
Ίδρωτοποιοί αδένες	Άφθονη εφίδρωση (χολινεργικοί) Έκκριση ιδρώτα από τις παλάμες (αδρενεργικοί)	Καμία
Καρδιά: Μυοκάρδιο	Αύξηση συχνότητας και δύναμης συστολής	Ελάττωση συχνότητας και δύναμης συστολής
Πνεύμονες: Βρόγχοι Αγγεία	Διαστολή Ελαφρά συστολή	Συστολή Διαστολή
Έντερο: Αυλός Σφικτήρες	Ελάττωση περισταλιτισμού και τόνου Αύξηση τόνου	Αύξηση περισταλιτισμού και τόνου Χάλαση τόνου
Αρτηρίδια: Κοιλιακά σπλάχνα Μύες Δέρμα	Συστολή Συστολή (Αδρενεργικοί α) Διαστολή (Αδρενεργικοί β2) Διαστολή (Χολινεργικοί) Συστολή	Καμία Καμία Καμία
Αίμα: Πήξη Γλυκόζη Λιπίδια	Αύξηση Αύξηση Αύξηση	Καμία Καμία Καμία
Βασικός μεταβολισμός	Αύξηση έως 100%	Καμία
Μυελός επινεφριδίων: Έκκριση	Αύξηση	Καμία
Διανοητική δραστηριότητα	Αύξηση	Καμία
Ανορθωτήρες μυς των τριχών	Συστολή	Καμία
Σκελετικοί μύες	Αύξηση γλυκογονόλυσης Αύξηση δύναμης	Καμία

Και τα δύο συστήματα του ΑΝΣ λειτουργούν με τον ερεθισμό νευρικών ινών, ο οποίος προκαλεί την έκκριση νευροδιαβιβαστικών ουσιών. Το ΠΝΣ εκλύει τις νευροδιαβιβαστικές ουσίες επιλεκτικά, μόνο στα όργανα που επηρεάζει. Ενώ ο ΣΝΣ εκλύει τις νευροδιαβιβαστικές ουσίες, εκτός από σε συγκεκριμένα όργανα και στην

κυκλοφορία του αίματος, με αυτό τον τρόπο προκαλεί διεγερτικές ή ανασταλτικές επιδράσεις σε όλα τα όργανα που αφορά ταυτόχρονα. Στον πίνακα (Πίνακας 1.1) παρουσιάζονται τα όργανα που επηρεάζονται από το ΠΝΣ και το ΣΝΣ και δίνεται αντίστοιχα η περιγραφή των αντιδράσεων τους.

Η αντίδραση «πάλης ή φυγής» περιλαμβάνει έντονη διέγερση του ΣΝΣ. Με την διέγερση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος γίνεται έκκριση νευροδιαβιβαστικών ουσιών (επινεφρινής και νορεπινεφρίνης) στις νευρικές συνάψεις που προκαλούν διεγερτικές ή ανασταλτικές επιδράσεις στα τελικά όργανα. Οι επιδράσεις αυτές συνοψίζονται στον πίνακα (Πίνακας 1.1), και περιλαμβάνουν αύξηση του καρδιακού ρυθμού και αύξηση της δραστηριότητας των ιδρωτοποιών αδένων με εφίδρωση στις παλάμες. Η αντίδραση των οργάνων επέρχεται μέσα σε δύο με τρία δευτερόλεπτα από την άμεση διέγερση τους και συνεχίζει για ένα έως δύο λεπτά λόγω της επινεφρινής και νορεπινεφρίνης που έχει εκκριθεί στην κυκλοφορία του αίματος από την μυελώδη μοίρα των επινεφριδίων.

1.3. Στόχοι

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εύρεση ενός αυτοματοποιημένου τρόπου ποσοτικοποίησης του επιπέδου βίωσης του συναισθήματος του φόβου, κατά την Θεραπεία Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα, που βασίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια. Αυτός ο τρόπος απαλλάσσει τον θεραπευτή από το έργο της συνεχούς εκτίμησης της συναισθηματικής κατάστασης του ασθενή, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη μηχανισμού έλεγχου των φοβικών ερεθισμάτων στα οποία υποβάλλεται ο ασθενής σε σχέση με το επίπεδο φόβου που βιώνει, έτσι ώστε να παρέχεται αποτελεσματικότερη θεραπεία με λιγότερες απαιτήσεις για επίβλεψη.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζουμε μία μεθοδολογία αναγνώρισης του συναισθήματος του φόβου, η οποία βασίζεται σε φυσιολογικά σήματα. Η μέθοδος αναγνώρισης μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα φερόμενο σύστημα παρακολούθησης φυσιολογικών σημάτων, και παρέχει την δυνατότητα αναγνώρισης αν βιώνει ένα άτομο, το οποίο υπόκειται σε Θεραπεία Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα, το

συναίσθημα του φόβου, ταξινομώντας χαρακτηριστικά που εξάγονται από το ηλεκτρομυογράφημα προσώπου (ΗΜΓ), το ρυθμό όγκου αίματος, την Ηλεκτροδερμική Δραστηριότητα (ΗΔΔ), την αναπνευστική λειτουργία και τη θερμοκρασία του δέρματος.

1.4. Δομή της Διατριβής

Η διατριβή περιέχει 5 κεφάλαια: Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται οι έννοιες του φόβου, της φοβίας και της Θεραπείας Έκθεσης και περιγράφεται η ανάγκη μέτρησης του συναίσθηματος του φόβου στο πλαίσιο της Γνωσιακής Συμπεριφορικής Θεραπείας, όπου η χρήση των νέων τεχνολογιών εμπύθισης μπορεί να βελτιώσει της θεραπευτική διαδικασία. Παρουσιάζεται η φυσιολογία του συναίσθηματος του φόβου. Και περιγράφονται οι στόχοι της παρούσας εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 2, εξηγείται συνοπτικά η έννοια της Εικονικής Πραγματικότητας (ΕΠ) και παρουσιάζονται τα θεμελιώδη στοιχεία που την απαρτίζουν. Περιγράφεται ο ρόλος της ΕΠ στην ψυχοθεραπεία και γίνεται ανασκόπηση των πειραματικών μελετών Θεραπείας Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα. Επίσης, εισάγεται η έννοια της Αίσθησης της Παρουσίας (Sense of Presence) και πώς αυτή συνδέεται με την ανάγκη μέτρησης της συγκινησιακής κατάστασης των ατόμων που υποβάλλονται σε Θεραπεία Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με ανασκόπηση των μελετών που διερευνούν την αξιοπιστία αποτίμησης της συγκινησιακής κατάστασης, σε περιβάλλοντα Θεραπείας Έκθεσης με ΕΠ, από φυσιολογικά σήματα.

Στο Κεφάλαιο 3, αρχικά, περιγράφονται τα βασικά συναισθήματα και ο ρόλος τους, συμφωνά τους ψυχολόγους, με ιδιαίτερη μνεία στο συναίσθημα του φόβου. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη αναφορά στον ορισμό, τη σημασία και τις πιθανές εφαρμογές τις συγκινησιακής υπολογιστικής. Και παρουσιάζεται μία επισκόπηση της ερευνάς που έχει δημοσιευτεί στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, για την εκτίμηση της συναισθηματικής κατάστασης με τεχνικές επεξεργασίας φυσιολογικών σημάτων.

Στο Κεφάλαιο 4, αιτιολογείται η επιλογή των χρησιμοποιούμενων βιοσημάτων (ηλεκτρομυογράφημα προσώπου, ηλεκτροκαρδιογράφημα, οπτική καταγραφή αύξησης όγκου αίματος, ηλεκτροδερμική δραστηριότητα, αναπνευστική λειτουργία). Ακολουθεί η ανάλυση της μεθοδολογίας που υλοποιήθηκε και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται παρουσίαση των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΨΥΧΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

-
- 2.1 Εικονική Πραγματικότητα
 - 2.2 Χρήση της Εικονικής Πραγματικότητας στην Ψυχοθεραπεία
 - 2.3 Τα Πλεονεκτήματα της ΕΠ στην Ψυχοθεραπεία
 - 2.4 Περιβάλλοντα Εμβύθισης ΕΠ
 - 2.5 Ανασκόπηση Πειραματικών Μελετών ΘΕ με ΕΠ
 - 2.6 Η Αίσθηση της Παρουσίας στην ΘΕ με ΕΠ
 - 2.7 Διερεύνηση της Αντικειμενικότητας των Φυσιολογικών Μετρήσεων
-

2.1. Εικονική Πραγματικότητα

Η Εικονική Πραγματικότητα είναι ένα παράδειγμα αλληλεπίδρασης ανθρώπου – μηχανής, όπου ο χρήστης δεν είναι απλά παρατηρητής απεικονίσεων σε μια οθόνη, αλλά συμμετέχει ενεργά σε ένα τρισδιάστατο εικονικό κόσμο [9]. Η Εικονική Πραγματικότητα μπορεί να οριστεί ως η προσομοίωση ενός πραγματικού ή φανταστικού περιβάλλοντος που μπορεί να βιωθεί οπτικά στις τρεις διαστάσεις του πλάτους, του ύψους και του βάθους, και μπορεί επιπλέον να παρέχει οπτική διαδραστικότητα σε πλήρη κίνηση πραγματικού χρόνου σε συνδυασμό με ήχο και πιθανό απτικά ερεθίσματα ή άλλους τύπους ανάδρασης.

Τα θεμελιώδη στοιχεία [10] στη βίωση της εικονικής πραγματικότητας είναι ο εικονικός κόσμος, η εμβύθιση, η αισθητηριακή ανάδραση (ανταπόκριση στα δεδομένα του χρήστη) και η αλληλεπιδραστικότητα.

- Ο *εικονικός κόσμος* είναι η περιγραφή του σύνολο των αντικείμενων ενός φανταστικού ή πραγματικού χώρου και των κανόνων και σχέσεων που διέπουν αυτά τα αντικείμενα.

- Η *εμβύθιση* αναφέρεται στην αίσθηση της παρουσίας (sense of presence) στο περιβάλλον του εικονικού κόσμου και αποτελεί ψυχοσωματική κατάσταση η οποία επιτυγχάνεται με την σωματική είσοδο του χρήστη στο μέσο, ή/ και τον συνθετικό ερεθισμό κάποιων αισθήσεων με την χρήση τεχνολογίας.
- Το σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας περιεχει άμεση *αισθητηριακή ανάδραση* που βασίζεται στην φυσική θέση του χρήστη και τον εντοπισμό της κίνησής του. Κυρίως η αίσθηση της όρασης λαμβάνει στοιχεία ανάδρασης, αλλά και της ακοής και της αφή μπορεί να ανατροφοδοτείται ανάλογα με το είδος του περιβάλλοντος. Η παρακολούθηση του χρήστη περιλαμβάνει τον εντοπισμό της θέσης του και του προσανατολισμού του, των κινήσεων τμημάτων του σώματός του, καθώς και την αλληλεπίδραση με φυσικές συσκευές εισόδου.
- Για να είναι πειστική η εικονική πραγματικότητα θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις ενέργειες του χρήστη, να προσφέρει δηλαδή *αλληλεπιδραστικότητα*.

Η εικονική πραγματικότητα είναι ένα μέσο που *απαρτίζεται* από αλληλεπιδραστικές προσομοιώσεις στον υπολογιστή, που αντιλαμβάνονται την θέση και τις ενέργειες του χρήστη και αντικαθιστούν ή προσαυξάνουν την ανάδραση σε μία ή περισσότερες από τις αισθήσεις του, δίνοντας του την αίσθηση της διανοητικής εμβύθισης ή παρουσίας του στην προσομοίωση του εικονικού κόσμου.

2.2. Χρήση της Εικονικής Πραγματικότητας στην Ψυχοθεραπεία

Την τελευταία δεκαετία υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον στην αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας για την βελτίωση των διαδικασιών περίθαλψης υγείας [11]. Η πιθανή επίδραση της Εικονικής Πραγματικότητας (ΕΠ) στο χώρο της περίθαλψης υγείας είναι ακόμη πιο σημαντικός από ότι προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες επικοινωνιών, καθώς η ΕΠ εκτός από τεχνολογία, αποτελεί μία διεπαφή επικοινωνίας και μία βιωματική εμπειρία.

Οι πρώτες εφαρμογές ΕΠ ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '90 και ήταν σχετικές με τη χειρουργική (χειρουργική εκπαίδευση, προγραμματισμός προσαύξησης της πραγματικότητας κατά το χειρουργική επέμβαση), ενώ στη συνέχεια

διευρύνθηκαν στο χώρο της νευροψυχολογικής αξιολόγησης και αποκατάστασης. Για τους παθολόγους και τους χειρουργούς ο απώτερος στόχος της ΕΠ είναι η αναπαράσταση του ασθενούς με ένα υποκατάστατο medical avatar, που αλληλεπιδρά με εξωτερικές συσκευές όπως χειρουργικά εργαλεία με τον ίδιο τρόπο όπως το πραγματικό μοντέλο (τον ασθενή).

Για τους κλινικούς ψυχολόγους και ειδικούς αποκατάστασης ο στόχος της ΕΠ είναι διαφορετικός. Χρησιμοποιούν την ΕΠ για να προσφέρουν ένα νέο παράδειγμα αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής όπου ο χρήστης δεν είναι πλέον εξωτερικός παρατηρητής απεικονίσεων στην οθόνη του υπολογιστή, αλλά συμμετέχει ενεργά σε ένα τρισδιάστατο εικονικό κόσμο που παράγεται από τον υπολογιστή. Μέσω της ΕΠ το άτομο (ασθενής) έχει την δυνατότητα να μάθει να διαχειρίζεται μία προβληματική κατάσταση που έχει σχέση με την διαταραχή του. Το εικονικό περιβάλλον προσφέρει στους ειδικούς υψηλό επίπεδο ελέγχου της αλληλεπίδρασης με το εργαλείο και εμπλουτισμένη βιωματική εμπειρία στον ασθενή, καθώς είναι ιδιαίτερα ευπροσάρμοστο και μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία ελεγχόμενων ερεθισμάτων (όπως μιας φοβικής κατάστασης), και μπορεί να καταμετρά και να παρακολουθεί ευρεία ποικιλία αντιδράσεων του χρήστη. Αυτή η προσαρμοστικότητα μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε το εικονικό περιβάλλον να προσφέρει συστηματική παλινορθωτική εκπαίδευση στον ασθενή για την διαχείριση της διαταραχής του και κατά συνέπεια να βελτιώσει τον βαθμό μεταφοράς της γνώσης ή την γενίκευση της γνώσης αυτής στο πραγματικό περιβάλλον.

2.3. Τα Πλεονεκτήματα της ΕΠ στην Ψυχοθεραπεία

Η εικονική πραγματικότητα προσφέρει μία ποικιλία από ελκυστικές ιδιότητες για τους ψυχολόγους και τους ειδικούς αποκατάστασης: Την δυνατότητα να κατασκευάζουν τρισδιάστατες προσομοιώσεις της πραγματικότητας, τις οποίες μπορούν να εξερευνούν οι ασθενείς τους, χωρίς να απειλούνται, καθώς αυτές προσφέρονται σε ένα προστατευμένο περιβάλλον όπου απουσιάζουν οι πραγματικοί κίνδυνοι.

Η ΕΠ παίζει το ρόλο μιας διεπαφής επικοινωνίας που βασίζεται σε αλληλεπιδραστική τρισδιάστατη οπτικοποίηση, που συλλέγει και συνενώνει διαφορετικές εισόδους και

σύνολα δεδομένων σε μία εμπειρία που προσομοιώνει την πραγματικότητα. Η διαφοροποίηση της από άλλα μέσα ή συστήματα επικοινωνίας είναι η δυνατότητα της αίσθηση παρουσίας ή αμεσότητας στο εικονικό κόσμο της ΕΠ.

Η ΕΠ προσφέρει ένα απaráμιλλο θεραπευτικό περιβάλλον καθώς συνδυάζει πτυχές που παραδοσιακά θεωρούνται κεντρικής σημασίας για μια αποδοτική θεραπευτική διαδικασία [12]:

- Επιτρέπει την δόμηση της θεραπείας σε ένα ειδικό και προστατευμένο περιβάλλον που αποτελεί ένα ενδιάμεσο βήμα δηλ. έναν «κόσμο προσαρμογής» πριν το πραγματικό περιβάλλον.
- Ο ασθενής μπορεί να ενεργεί σε αυτό το περιβάλλον χωρίς να απειλείται.
- Επιτρέπει στον ασθενή να εξερευνεί, να αναλύει και να δοκιμάζει νέους τρόπους να λειτουργεί σε προβληματικές καταστάσεις
- Δίνει την δυνατότητα στον ασθενή προοδευτικά να κατανοήσει και να αλληλεπιδράσει με την προβληματική (φοβική) κατάσταση.
- Είναι ευπροσάρμοστο στο σχεδιασμό, ώστε να παρέχει προοδευτική δυσκολία στις καταστάσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει ο ασθενής. Έτσι, ο ασθενής, καθώς κατορθώνει να αντιμετωπίσει με επιτυχία τις καταστάσεις, βιώνει τον εαυτό του ως ικανό και αποδοτικό.
- Δίνει την δυνατότητα στον ασθενή να αποστασιοποιηθεί από την προβληματική κατάσταση και να την αντιμετωπίσει με χιούμορ.
- Επιτρέπει απόλυτο έλεγχο της κατάστασης, καθώς αυτή μπορεί να τροποποιηθεί συμφωνά με τις ανάγκες του ασθενή, ή ακόμη και να τερματιστεί αν χρειαστεί.
- Μπορεί να παρουσιάσει καταστάσεις πέραν της πραγματικότητας.
- Παρέχει υψηλό βαθμό εμπιστευτικότητας.

2.4. Περιβάλλοντα Εμβύθισης ΕΠ

Για την σωματική εμβύθισης των ασθενών στο εικονικό περιβάλλον χρησιμοποιούνται δύο βασικά συστήματα ΕΠ [13].

Head Mounted Display (HMD)

Το σύστημα εμπύθισης HMD χρησιμοποιεί σύστημα κεφαλής, μέσω του οποίου ο ασθενής βλέπει και ακούει το εικονικό περιβάλλον, ενώ αποκόπτεται τελείως από τον πραγματικό κόσμο (Σχήμα 2.1). Το σύστημα κεφαλής συνδέεται με έναν υπολογιστή, ο οποίος παρουσιάζει διαφορετικές εικόνες σε κάθε μάτι, έτσι ώστε να δίνεται η αίσθηση του βάθους. Ένα ηλεκτρομαγνητικό σύστημα εντοπισμού, παρακολουθεί την θέση του χρήστη, έτσι ώστε το εικονικό περιβάλλον να προσαρμόζεται στην προοπτική του χρήστη.

Το HMD έχει δυο βασικά μειονεκτήματα. Πρώτον, ο χρήστης αντιλαμβάνεται με καθυστέρηση τις κινήσεις του μέσα στο σύστημα, και δεύτερον, λόγω του αποκλεισμού του εξωτερικού περιβάλλοντος ο χρήστης δεν μπορεί να δει τον εαυτό του ή τους άλλους γύρω του, οπότε τα μέλη του σώματος του χρήστη ή τα άτομα του περιβάλλοντος θα πρέπει να μοντελοποιούνται στο σύστημα αν χρησιμοποιούνται.

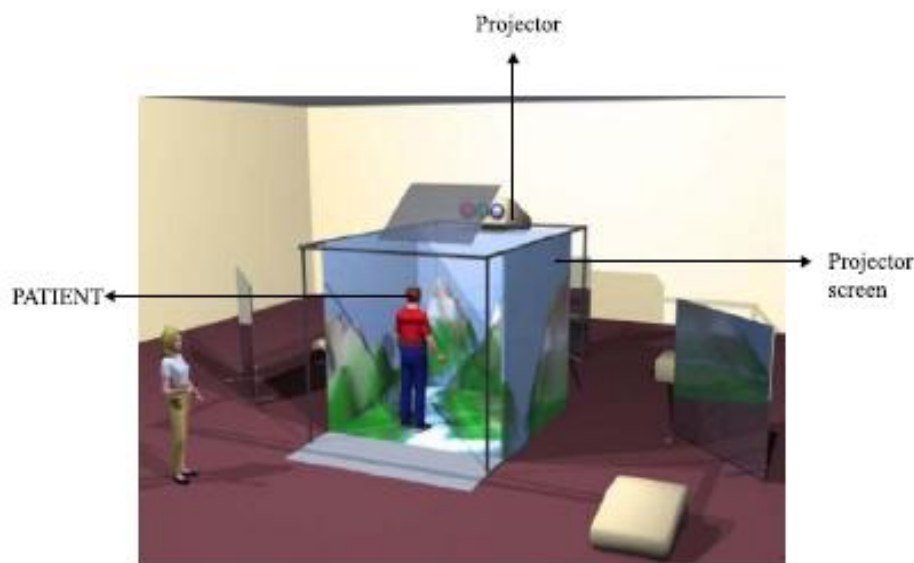


Σχήμα 2.1 Σύστημα Head Mounted Display (HMD).

Computer Assisted Virtual Environment (CAVE)

Στο σύστημα εμπύθισης CAVE ο ασθενής εισέρχεται σε έναν κύβο, οι τοίχοι του οποίου είναι οθόνες προβολής του εικονικού περιβάλλοντος (Σχήμα 2.2). Το

περιβάλλον αυτό, μπορεί να συνδυάζει εικονικά και πραγματικά στοιχεία, ενώ μπορεί να εισέλθει και ο θεραπευτής μαζί με τον ασθενή. Το CAVE χρησιμοποιεί στερεογραφική που στηρίζεται στην χρήση LCD διαφραγματικών γυαλιών για την δημιουργία των τρισδιάστατων εικόνων. Τα διαφραγματικά γυαλιά συσκοτίζουν το ένα μάτι καθώς τροφοδοτούν το άλλο μάτι με μια εικόνα, αυτό συμβαίνει με τέτοιο συγχρονισμό και ταχύτητα, ώστε ο εγκέφαλος να συγχωνεύει τις δύο εικόνες. Επίσης χρησιμοποιείται ηλεκτρομαγνητικό σύστημα εντοπισμού, με έναν αισθητήρα προσαρτημένο στα διαφραγματικά γυαλιά του χρήστη για την παραγωγή της σωστής



προοπτικής όψης.

Σχήμα 2.2 Σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας CAVE

Και το σύστημα CAVE παρουσιάζει το φαινόμενο της καθυστέρησης, και λόγω του ότι το εικονικό περιβάλλον βασίζεται στην θέση του συστήματος εντοπισμού, το εικονικό περιβάλλον μπορεί να φαίνεται παραμορφωμένο από μία διαφορετική οπτική γωνία.

2.5. Ανασκόπηση Πειραματικών Μελετών ΘΕ με ΕΠ

Η χρήση ΕΠ ως μεθόδου Θεραπείας Έκθεσης (ΘΕ) για την αντιμετώπιση αγχωδών διαράχων ξεκίνησε το 1992 από το Human Computer Interaction Group του Clark Atlanta University [14]. Από τότε συνεχίζεται η διεπιστημονική έρευνα και έχουν

παραχθεί πάνω από 50 μελέτες [15] που διερευνούν την αποτελεσματικότητα της ΘΕ με ΕΠ, και καλύπτουν μεγάλο εύρος προγραμμάτων θεραπείας για αγχώδεις διαταραχές. Παρακάτω αναφέρουμε τις πιο πρόσφατες ελεγχόμενες κλινικές μελέτες ανά τύπο φοβίας.

Ακροφοβία: Η περισσότερη ερευνά έχει γίνει πάνω στην αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης της ακροφοβίας. Η ακροφοβία ανήκει στις ειδικές φοβίες του φυσικού περιβάλλοντος και αναφέρεται σε υπερβολικό φόβο στα ύψη (υψοφοβία). Οι Emmelkamp et al. [16] πραγματοποίησαν μελέτη που συνέκρινε την ΘΕ με ΕΠ με την ΘΕ in vivo. Τριάντα τρεις ασθενείς με υψοφοβία, χωρίστηκαν δεκαεπτά στην ομάδα ΘΕ με ΕΠ και δεκαέξι στην ομάδα in vivo. Και οι δυο μέθοδοι θεραπείας περιελάμβαναν τρεις συνεδρίες διάρκειας μίας ώρας, και επιπλέον οι φοβικές καταστάσεις στο εικονικό περιβάλλον ήταν όμοιες με αυτές του πραγματικού περιβάλλοντος. Η ΘΕ με ΕΠ βρέθηκε να είναι το ίδιο αποτελεσματική με την in vivo σύμφωνα με όλες τις υποκειμενικές μετρήσεις, και η βελτίωση των ασθενών διατηρήθηκε σε επανεξέταση μετά από ένα εξάμηνο. Το 2004 η ίδια ερευνητική ομάδα συνέκρινε την αποτελεσματικότητα της ΘΕ με ΕΠ σε δυο διαφορετικές συνθήκες εμπύθισης με διαφορετικό επίπεδο αίσθησης παρουσίας: ένα εξελιγμένο σύστημα CAVE και ένα βασικό σύστημα HMD. Οι τριάντα-επτά ασθενείς ανατέθηκαν τυχαία στις τρεις συνθήκες (ΘΕΕΠ με CAVE, ΘΕΕΠ με HMD και ομάδα ελέγχου χωρίς θεραπεία). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξαν διαφορές στην αποτελεσματικότητα μεταξύ των δύο συστημάτων σε καμία από τις μετρήσεις. Επίσης, παρόλο που η αίσθηση παρουσίας ήταν μεγαλύτερη στο σύστημα CAVE αυτό δεν είχε ως επακόλουθο πιο αποτελεσματική θεραπεία. Η ΘΕ με ΕΠ, γενικά, είχε σημαντικά μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε σχέση με την απουσία θεραπείας.

Φοβία πτήσεων: Στην ελεγχόμενη κλινική μελέτη οι Rothbaum et al. [17] ανέθεσαν με τυχαίο τρόπο εβδομήντα-πέντε ασθενείς με φοβία πτήσεων, σε ΘΕ με ΕΠ, ΘΕ in vivo και ομάδα έλεγχου χωρίς θεραπεία. Η θεραπεία αποτελούνταν από οκτώ συνεδρίες, από τις οποίες οι τέσσερις περιελάμβαναν Εκπαίδευση Διαχείρισης Άγχους (AMT) και οι υπόλοιπες τέσσερις την Θεραπεία Έκθεσης, στην μία περίπτωση με εικονικό αεροπλάνο, και στην δεύτερη με ακινητοποιημένο πραγματικό αεροπλάνο στο αεροδρόμιο. Η προθυμία των ασθενών να πραγματοποιήσουν πτήση μετρήθηκε με την διεξαγωγή αεροπορικού ταξιδιού μετά την θεραπεία. Και οι δύο

μέθοδοι θεραπείας βρέθηκαν να είναι πιο αποτελεσματικές από την ομάδα ελέγχου, αλλά δεν υπήρξαν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ ΘΕΕΠ και in vivo έκθεσης με όλες τις υποκειμενικές μετρήσεις. Επίσης τα αποτελέσματα της θεραπείας έδειξαν να διατηρούνται μετά από 6-μηνο και 12-μηνο επανέλεγχο.

Φοβία οδήγησης: Αν και έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες χρήσης ΘΕΕΠ για την αντιμετώπιση φοβίας οδήγησης, δεν έχουν πραγματοποιηθεί ελεγχόμενες κλινικές μελέτες για την αποτελεσματικότητα της ΘΕ με ΕΠ για αυτή την ομάδα σθενών. Οι έρευνες κυρίως έχουν επικεντρωθεί σε θέματα που αφορούν την επιτυχία εμπύθισης στο προσομοιωμένο περιβάλλον οδήγησης

Αραχνοφοβία: Στην ελεγχόμενη μελέτη [18] συμμετείχαν είκοσι τρεις ασθενείς με αραχνοφοβία, διαμοιρασμένοι σε ομάδα ΘΕ με ΕΠ και ομάδα ελέγχου χωρίς θεραπεία. Η ομάδα ΘΕ με ΕΠ παρακολούθησε τέσσερις ωριαίες συνεδρίες που εμπειρείχαν και απτικά ερεθίσματα. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η ΘΕ με ΕΠ είναι αποτελεσματική για την αντιμετώπιση της αραχνοφοβίας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, σύμφωνα με όλες τις υποκειμενικές μετρήσεις.

Κοινωνική φοβία: Αν και είναι δύσκολο να αναπαρασταθούν με ακρίβεια οι άνθρωποι στο εικονικό κόσμο, μελέτες έχουν αποδείξει ότι η προσομοίωση ανθρώπων με avatars, διεγείρει το είδος του φόβου που βιώνουν οι άνθρωποι σε κοινωνικές καταστάσεις. Σε κλινική μελέτη [19, 20] συμμετείχαν 36 ασθενείς με κοινωνική φοβία σε δύο διαφορετικές ομάδες. Στη μία ομάδα ακολούθησαν Γνωσιακή Συμπεριφορική Θεραπεία (ΓΣΘ), ενώ στην δεύτερη, δώδεκα συνεδρίες ΘΕ με ΕΠ που περιλάμβαναν εμπύθιση σε τέσσερα διαφορετικά εικονικά περιβάλλοντα: δημόσιας διάλεξης, συνομιλίας με αγνώστους, εξεταστικής επιτήρησης από άγνωστα άτομα σε δημόσιο χώρο και διασφάλισης των προσωπικών ενδιαφερόντων σε αντιπαράθεση με αγνώστους. Και οι δύο ομάδες, μετά από κάθε συνεδρία, εκτελούσαν για εξάσκηση σε πραγματικές καταστάσεις τους τρόπους συμπεριφοράς που έμαθαν κατά την θεραπεία. Η ΘΕ με ΕΠ βρέθηκε να είναι το ίδιο αποτελεσματική με την ΓΣΘ στην βελτίωση των ασθενών.

Διαταραχή πανικού με αγοραφοβία: Στην ελεγχόμενη κλινική μελέτη [21] συμμετείχαν σαράντα ασθενείς με διαταραχή πανικού με αγοραφοβία, οι οποίοι

διαμοιράστηκαν με τυχαίο τρόπο: δεκατέσσερις στην ομάδα ΘΕ in vivo, δεκατέσσερις στην ομάδα ΘΕ με ΕΠ, και δώδεκα στην ομάδα ελέγχου χωρίς θεραπεία. Και οι δύο μέθοδοι θεραπείας, ΘΕΕΠ και ΘΕ in vivo, κατάφεραν παρόμοια επίδοση όσον αφορά στις μετρήσεις αποτελεσματικότητας από τους ίδιους τους ασθενείς άλλα και στις μετρήσεις κλινικής χρησιμότητας από κλινικούς και ασθενείς, ενώ ήταν σημαντικά πιο αποτελεσματικές από την ομάδα ελέγχου.

Αν και η ΘΕ με ΕΠ αναγνωρίζεται ως καλλίτερη από καθόλου θεραπεία, δεν έχει αποδειχθεί ως ισάξια ή ανώτερη των καθιερωμένων θεραπειών, καθώς οι μελέτες στο σύνολο τους δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις κατάλληλης μεθοδολογίας, κλίμακας και στατιστικής ισχύος [15].

2.6. Η Αίσθηση της Παρουσίας στην ΘΕ με ΕΠ

Η χρήση της εικονικής πραγματικότητα ως εργαλείο ψυχοθεραπείας έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον την τελευταία δεκαετία. Εντούτοις, παρόλο που η έρευνα έχει δείξει ότι η ΕΠ είναι αποτελεσματική στην Θεραπεία Έκθεσης, υπάρχει αβεβαιότητα ως προς την αιτιολόγηση αυτής της αποτελεσματικότητας. Για αυτό θα πρέπει να κατανοηθεί η επίδραση που έχει η ΕΠ στην ανθρώπινη ψυχή.

Η ΕΠ μπορεί να περιγραφεί ως μια πολυμεσική διαδικασία που δημιουργεί συνθετικές αισθητηριακές πληροφορίες στον χρήστη, οι οποίες τον κάνουν να αισθάνεται ότι βρίσκεται σε μία διαφορετική πραγματικότητα. Οι ερευνητές διαχωρίζουν την έννοια του επιπέδου εμπύθισης, από την αίσθηση παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον.

Το επίπεδο εμπύθισης [22] είναι μία αντικειμενική ιδιότητα του συστήματος εικονικής πραγματικότητας, αφορά στις τεχνολογικές ικανότητες του συστήματος να παρέχει ένα πιστικό περιβάλλον, και μπορεί να μετρηθεί ανεξάρτητα από την ανθρώπινη εμπειρία που δημιουργεί. Οι βασικοί παράμετροι εμπύθισης περιλαμβάνουν: το οπτικό πεδίο, τον αριθμό των αισθητηριακών συστημάτων που προσομοιώνει, την ποιότητα της απόδοσης σε κάθε αίσθηση, τον βαθμό εντοπισμού του χρήστη, τον ρεαλισμό των απεικονίσεων, τον ρυθμό αναπαραγωγής (frame-rate), την καθυστέρηση ανταπόκρισης κ.ά.

Η Αίσθηση της Παρουσίας (Sense of Presence) αναφέρεται στην ανθρώπινη αντίδραση προς το σύστημα, δεν υπάρχει όμως καθιερωμένος ορισμός, καθώς η έννοιά της έχει διατυπωθεί με πολλούς τρόπους από τους ερευνητές. Υπάρχουν δύο ορισμοί που συζητούνται περισσότερο στην βιβλιογραφία [23]. Η πρώτη διατυπώνεται ως «η αίσθηση ότι βρίσκεσαι εκεί» (“sense of being there”) στο χώρο της εικονικής πραγματικότητας, αντί του πραγματικού χώρου που βρίσκεται σωματικά ο χρήστης. Και η δεύτερη είναι «η αντιληπτική ψευδαίσθηση της μη-μεσολάβησης», δηλαδή ότι ο χρήστης έχει την αίσθηση της παρουσίας, όταν παραβλέπει να αντιληφθεί ή να αναγνωρίσει ότι το περιβάλλον τού παρουσιάζεται δια κάποιου μέσου.

Η έλλειψη ενός κοινά αποδεκτού ορισμού, και η υποκειμενική ερμηνεία των παραπάνω ορισμών, δημιουργεί δυσκολία στην ποσοτικοποίηση της παρουσίας του χρήστη. Η προσπάθεια να διερευνηθεί ο τρόπος μέτρησης της παρουσίας, βασίζεται στα αναμενόμενα αποτελέσματα της αίσθησης παρουσίας στον χρήστη. Οι μετρήσεις διαφοροποιούνται σε υποκειμενικές (γνωσιακές αντιδράσεις), που απαιτούν ενδοσκόπηση από τον χρήστη, και αντικειμενικές που απαιτούν παρακολούθηση του χρήστη. Οι αντικειμενικές μετρήσεις διαχωρίζονται περαιτέρω σε συμπεριφορικές (εμφανείς αντιδράσεις) και φυσιολογικές (συναισθηματικές αντιδράσεις).

2.6.1. Υποκειμενικές μετρήσεις

Οι υποκειμενικές μετρήσεις είναι οι πιο κοινά χρησιμοποιούμενες μετρήσεις της αίσθησης παρουσίας και βασίζονται σε υποκειμενικές εκτιμήσεις του χρήστη για το επίπεδο παρουσίας. Υποβάλλονται με την μορφή ερωτηματολογίων, μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εμπύθισης στο περιβάλλον της ΕΠ. Έχουν αναπτυχθεί πολλά διαφορετικά ερωτηματολόγια όπως: Witmer-Singer, SUS, και ITC-SOPI καθώς και ερωτηματολόγια ειδικά για να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένα πειράματα, περιβάλλοντα και περιεχόμενο [23]. Τα ερωτηματολόγια έχουν αποδειχθεί ότι είναι ευμετάβλητα σε προηγούμενη γνώση, και υπάρχουν ενδείξεις ότι οι τυπικές ερωτήσεις δεν κάνουν διάκριση μεταξύ της παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον και της φυσικής πραγματικότητας. Επίσης η χρήση ερωτηματολογίων αντικρούεται, λόγω του ότι έχει παρατηρηθεί ότι δεν μπορεί να αποφευχθεί η

μεθοδολογική περιστροφή – δηλαδή, ότι οι ερωτήσεις σχετικά με την παρουσία μπορούν να επιδράσουν στο ίδιο το φαινόμενο που πρέπει να μετρήσουν [22].

2.6.2. Συμπεριφορικές μετρήσεις

Με τις συμπεριφορικές μετρήσεις, εκτιμώνται οι φανερές αντιδράσεις συμπεριφοράς του χρήστη που παράγονται αυτόματα, χωρίς συνειδητή σκέψη, από ερεθίσματα του εικονικού περιβάλλοντος [23]. Παραδείγματα αποτελούν, η αντίδραση αιφνιδιασμού και η ταλάντευση του σώματος για την αποφυγή σύγκρουσης με κάποιο αντικείμενο. Αυτού του είδους οι συμπεριφορικές μετρήσεις απαιτούν την εισαγωγή χαρακτηριστικών στο περιβάλλον που θα προκαλούσαν μια τέτοια συμπεριφορά (όπως σκύψιμο για την αποφυγή ενός αντικειμένου που έρχεται καταπάνω στο χρήστη). Οι εφαρμογές θεραπείας φοβιών (όπως η ακροφοβία, η αραχνοφοβία κ.ά.) ανήκουν σε αυτή την κατηγορία σχεδιασμού του εικονικού περιβάλλοντος, το οποίο οδηγεί τον χρήστη σε ειδικές αντιδράσεις συμπεριφοράς, όταν βιώνει το κατάλληλο επίπεδο παρουσίας σε αυτό. Για να είναι όμως έγκυρες οι συμπεριφορικές μετρήσεις θα πρέπει να αποδεικνύεται, ότι η παρατηρούμενη συμπεριφορά του χρήστη είναι αποτέλεσμα της αίσθησης παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον και όχι κάποιας άλλης αιτίας, π.χ. η συμπεριφορά της απώλεια της ισορροπίας μπορεί να παρατηρηθεί σε ένα εικονικό περιβάλλον ακροφοβίας, όμως ο χρήστης μπορεί να έχει χάσει την ισορροπία του λόγω άλλων παραγόντων, όπως από χαμηλή απεικονιστική ανταπόκριση του συστήματος, ή ναυτία προσομοίωσης, κτλ.

2.6.3. Φυσιολογικές μετρήσεις

Η διερεύνηση και μέτρηση των φυσιολογικών αντιδράσεων βασίζεται στην υπόθεση ότι, εάν τα ερεθίσματα του εικονικού περιβάλλοντος προκαλούν φυσιολογικές αντιδράσεις στο χρήστη όμοιες με αυτές που προκαλούν τα αντίστοιχα ερεθίσματα του πραγματικού περιβάλλοντος, τότε έχουμε την βίωση αίσθησης παρουσίας.

Υπάρχει πλήθος φυσιολογικών αντιδράσεων που διεγείρονται ακούσια από το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα κατά την παρουσία φοβικών ερεθισμάτων και μπορούν να μετρηθούν, όπως είναι οι αλλαγές: στο ρυθμό της καρδιάς, στην αγωγιμότητα του δέρματος, στη θερμοκρασία του δέρματος, στη δραστηριότητα του εγκεφαλικού φλοιού, στην τάση των μυών του προσώπου, στον ρυθμό αναπνοής και στην πίεση

του αίματος. Από αυτές, οι τρεις πρώτες είναι οι πιο διαδεδομένες και λιγότερο παρεισφρητικές κατά την μέτρηση.

Η διακύμανση του καρδιακού ρυθμού μετρά την αυξομείωση του πλήθους των καρδιακών παλμών ανά δευτερόλεπτο. Ο ρυθμός της καρδιάς μπορεί να μετρηθεί με το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ), το οποίο καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς. Η διακύμανση του καρδιακού ρυθμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την φυσιολογική συμπεριφορά του ατόμου στα φοβικά ερεθίσματα της ΕΠ, αφού επηρεάζεται από την δραστηριότητα του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στατιστικές μετρήσεις στα πεδία του χρόνου και των συχνοτήτων, για την ποσοτικοποίηση της διακύμανσης του καρδιακού ρυθμού, καθώς πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι νευρικές δραστηριότητες του Συμπαθητικού Νευρικού Συστήματος και Παρασυμπαθητικού Νευρικού Συστήματος, επηρεάζουν την διακύμανση του καρδιακού ρυθμού σε διαφορετικές συχνότητες [24]. Η απόκριση του ρυθμού της καρδιάς σε σχέση με ερεθίσματα είναι χρήσιμη για την μελέτη της αντίδρασης του ατόμου σε συγκεκριμένα γεγονότα.

Για την μέτρηση της μεταβολής στην αγωγιμότητα του δέρματος, ένα ζεύγος ηλεκτροδίων τοποθετείται στην παλαμιαία επιφάνεια του δέρματος (συνήθως σε δύο δάκτυλα), διαπερνάται από μικρή ποσότητα ρεύματος και μετριέται η αγωγιμότητα του δέρματος. Η αγωγιμότητα του δέρματος αποτελεί συνάρτηση της δραστηριότητας των ιδρωτοποιών αδένων και του μεγέθους των πόρων του δέρματος. Υπολογίζεται η διακύμανση της αγωγιμότητας (που είναι το αντίστροφο της αντίστασης) σε πραγματικό χρόνο. Καθώς το άγχος που βιώνει ένα άτομο αυξάνεται (ή μειώνεται), η αγωγιμότητα του δέρματος αυξάνεται (ή μειώνεται) ανάλογα.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας του δέρματος μετράται στα άκρα του ανθρωπίνου σώματος. Κατά την αύξηση του άγχους, θερμοκρασία στα άκρα μειώνεται. Η μέτρηση γίνεται με την τοποθέτηση θερμίστορ στην άκρη ενός δακτύλου.

Οι φυσιολογικές μετρήσεις είναι περισσότερο αντικειμενικές από τις υποκειμενικές και τις συμπεριφορικές μετρήσεις. Αποτελούν συνεχείς μετρήσεις κατά τη διάρκεια της Θεραπείας Έκθεσης, για αυτό και μπορούν να παρατηρηθούν σε αυτές, οι ποιοτικές διαφορές της αίσθησης της παρουσίας στις διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Λόγω του ότι διαφορετικά ερεθίσματα μπορούν να προκαλέσουν της ίδιες μεταβολές στις φυσιολογικές αντιδράσεις, θα πρέπει να επιδεικνύεται με σαφήνεια στο εικονικό περιβάλλον η αιτία που προκάλεσε την αντίδραση. Οι φυσιολογικές μετρήσεις μπορεί να διαφέρουν από άτομο σε άτομο, κατά συνέπεια θα πρέπει να καταγράφεται το βασικό επίπεδο των μετρήσεων, και οι μεταβολές να υπολογίζονται σε σύγκριση με τις βασικές τιμές και όχι σε απόλυτο μέγεθος [23].

2.7. Διερεύνηση της Αντικειμενικότητας των Φυσιολογικών Μετρήσεων

Στην εργασία [25] αναλύθηκαν οι φυσιολογικές αντιδράσεις αλλαγής του καρδιακού ρυθμού, της αντίστασης του δέρματος και της θερμοκρασίας του δέρματος, σε έντεκα μη φοβικούς συμμετέχοντες, οι οποίοι υποβλήθηκαν σε δύο διαφορετικές Θεραπείες Έκθεσης με ΕΠ των δεκαπέντε λεπτών, η πρώτη για φοβία πτήσεων και η δεύτερη για φοβία οδήγησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αντίσταση του δέρματος, και ο καρδιακός ρυθμός αποτελούν αντικειμενικές μετρήσεις για την παρακολούθηση των φυσιολογικών αντιδράσεων σε εικονικά περιβάλλοντα. Το επίπεδο της αντίστασης του δέρματος, μειώθηκε κατά την έκθεση στο εικονικό περιβάλλον, και στα δύο πειράματα, το οποίο δείχνει φυσιολογική διέγερση, και είχε αυξητική πορεία για επτά με οκτώ λεπτά, μέχρι να φτάσει στις βασικές τιμές, το οποίο είναι σύμφωνο με την ιδέα της εξοικείωσης του χρήστη. Επίσης, στην περίπτωση της φοβίας οδήγησης, η αντίσταση του δέρματος παρέμεινε σε χαμηλότερα επίπεδα, λόγω της υψηλότερης φυσιολογικής διέγερσης που απαιτεί η ενεργή συμμετοχή του χρήστη (έλεγχος του τιμονιού) στο εικονικό περιβάλλον. Η ανάλυση του λόγου των συχνοτήτων της διακύμανσης του καρδιακού ρυθμού (LF/HF) – δηλαδή, του λόγου της συνιστώσας της χαμηλής συχνότητας προς την συνιστώσα της υψηλής συχνότητας στο ενεργειακό φάσμα της πυκνότητας του καρδιακού ρυθμού που υποδηλώνει την ισορροπία συμπαθητικού/ παρασυμπαθητικού - έδειξε ότι είναι υψηλότερος κατά την έκθεση, το οποίο δηλώνει διέγερση του συμπαθητικού. Επίσης η πορεία του είναι όμοια με την αντίσταση του δέρματος, δηλαδή, παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση της διέγερσης για οκτώ λεπτά μέχρι το επίπεδο εξοικείωσης δηλ. τις βασικές τιμές).

Στο άρθρο [26], για την αντικειμενική εκτίμηση του άγχους χρησιμοποιούνε δεδομένα φυσιολογικών μετρήσεων του καρδιακού ρυθμού, της αντίστασης του δέρματος, και της θερμοκρασίας του δέρματος. Στόχος τους είναι η διερεύνηση των

φυσιολογικών αντιδράσεων μεταξύ μη φοβικών και φοβικών ατόμων, καθώς και η ανάλυση της πορείας των φυσιολογικών αντιδράσεων των φοβικών κατά την θεραπεία με εικονική πραγματικότητα. Αναλύοντας τα δεδομένα μίας ομάδας είκοσι δύο μη φοβικών ατόμων και μίας ομάδας τριάντα έξι ατόμων με φοβία πτήσεων, κατέληξαν ότι η ποσοστιαία μεταβολή της αντίστασης του δέρματος παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ μη-φοβικών και φοβικών ατόμων, ενώ δεν συνέβη το ίδιο με την ποσοστιαία μεταβολή του καρδιακού ρυθμού και της θερμοκρασίας του σώματος. Επίσης στους 33 φοβικούς συμμετέχοντες που κατάφεραν να πραγματοποιήσουν πτήση μετά την θεραπεία, χωρίς την χορήγηση φαρμάκου, η φυσιολογική αντίδραση της αντίστασης του δέρματος επέδειξε προοδευτική πορεία όμοια προς αυτή των μη φοβικών ατόμων, καθώς συνεχιζόταν οι θεραπευτικές συνεδρίες. Οι τρεις που δεν κατάφεραν να πραγματοποιήσουν πραγματική πτήση, παρουσίασαν ακανόνιστα πρότυπα αντίστασης του δέρματος, και η τελευταία συνεδρία δεν επέδειξε καμία ομοιότητα με την πορεία του μη φοβικού. Επίσης επέδειξαν μικρότερη διέγερση των φυσιολογικών αντιδράσεων, αλλά μεγαλύτερη υποκειμενική εκτίμηση του άγχους καθώς προχωρούσε η θεραπεία.

Στην μελέτη [27] ερευνούν την σχέση μεταξύ υποκειμενικής εκτίμησης της αίσθησης παρουσίας και των φυσιολογικών αντιδράσεων του ρυθμού της καρδιάς και της αντίστασης του δέρματος, σε ένα εικονικό περιβάλλον φοβίας πτήσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλό επίπεδο συσχέτισης μεταξύ της βαθμολογίας σε ερωτηματολόγια παρουσίας, επιπέδου ρεαλισμού και εμπύθισης και της ποσοστιαίας μεταβολής των φυσιολογικών μετρήσεων, υποδεικνύοντας ότι ο ρυθμός της καρδιάς και η αντίσταση του δέρματος είναι χρήσιμες φυσιολογικές παράμετροι, για την αντικειμενική μέτρηση της αίσθησης παρουσίας και την μέτρηση σε πραγματικό χρόνο του βαθμού εμπύθισης του ατόμου.

Στην εργασία [28, 29] αξιολογούν τις φυσιολογικές μετρήσεις του ρυθμού της καρδιάς, της αγωγιμότητας του δέρματος και της θερμοκρασίας του δέρματος ως αξιόπιστες, έγκυρες, ευαίσθητες και αντικειμενικές μετρήσεις της αίσθησης παρουσίας σε στρεσογόνα εικονικά περιβάλλοντα. Πραγματοποιούν τρία πειράματα που μελετούν την επίδραση που έχει στην αίσθηση παρουσίας η εφαρμογή πολλαπλών εκθέσεων, η εισαγωγή παθητικών απτικών ερεθισμάτων, και ο διαφορετικός ρυθμός αναπαραγωγής των εικόνων (frame rate). Συγκρίνονται οι

φυσιολογικές αντιδράσεις των χρηστών προς ένα μη-απειλητικό εικονικό δωμάτιο, με τις αντιδράσεις προς ένα εικονικό δωμάτιο που περιλαμβάνει ακροφοβικό ερέθισμα, και συσχετίζονται με αντίστοιχες υποκειμενικές μετρήσεις (ερωτηματολόγια) των χρηστών. Από τις φυσιολογικές μετρήσεις, η μεταβολή του καρδιακού ρυθμού είχε την καλύτερη επίδοση, διαφοροποιείται μεταξύ διαφορετικών συνθηκών με μεγαλύτερη ευαισθησία και μεγαλύτερη στατιστική σημασία από τις άλλες φυσιολογικές μετρήσεις, και έχει την μέγιστη συσχέτιση με τις υποκειμενικές μετρήσεις. Η μεταβολή του επιπέδου αγωγιμότητας του δέρματος είχε σημαντική διαφοροποίηση σε όλα τα πειράματα, εκτός από την ευαισθησία στην μεταβολή του ρυθμού εναλλαγής των εικόνων, αλλά δεν επέδειξε την ίδια συνέπεια με την μεταβολή του καρδιακού ρυθμού. Η μεταβολή της θερμοκρασίας του δέρματος είναι λιγότερο ευαίσθητη, λιγότερο ισχυρή και αντιδρά πιο αργά από την μεταβολή του καρδιακού ρυθμού. Επίσης προέκυψε ότι για την μεταβολή της θερμοκρασίας του δέρματός, είναι απαραίτητη τουλάχιστο ενάμιση λεπτά έκθεση στο ερέθισμα για να διαφοροποιηθεί. Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την υπόθεση ότι, όλες οι μετρήσεις παρουσίας μειώνονται μετά από πολλαπλές εκθέσεις στο ίδιο εικονικό περιβάλλον.

Μια νέα μέθοδος [22] που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της παρουσίας βασίζεται στην ιδέα της διαπίστωσης χρονικών στιγμών στις οποίες απαντώνται διακοπές στην αίσθηση παρουσίας (BIP: Breaks In Presence). Ως BIP ορίζεται οποιοδήποτε φαινόμενο γίνει αντιληπτό στο χρήστη, κατά την διάρκεια της έκθεσης στο εικονικό περιβάλλον, το οποίο επαναφέρει τον χρήστη σε συνειδητοποίηση του πραγματικού περιβάλλοντος, κατά συνέπεια διακόπτει την παρουσία του στον εικονικό κόσμο. Τέτοια παραδείγματα είναι, καταφανή γεγονότα όπως συγκρούσεις με τον εξοπλισμό ή πιο λεπτομερή συμβάντα, όπως η οπτικοποίηση ενός αντικείμενου του εικονικού κόσμου ως έναν πίνακα από ψηφίδες, αντί ως ένα συμπαγές αντικείμενο. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι διακοπές στην παρουσία συνδέονται με φυσιολογικές αντιδράσεις, οπότε η μέθοδος αυτή μπορεί, ενδεχομένως, να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση παρουσίας σε μη αχχογόνα εικονικά περιβάλλοντα.

Στην μελέτη [24, 31] διερευνούν την χρήση φυσιολογικών μετρήσεων του ρυθμού της καρδιάς και της αγωγιμότητας του δέρματος, για την περιγραφή της κατάστασης παρουσίας σε εικονικό περιβάλλον κοινωνικής φοβίας. Το πείραμα περιλαμβάνει

είκοσι έναν συμμετέχοντες που εξερευνούν ένα εικονικό μπαρ σε σύστημα CAVE. Το πείραμα χωρίζεται σε εκπαιδευτική φάση εξοικείωσης και πειραματική φάση. Η πειραματική φάση στο σενάριο του μπαρ περιλαμβάνει δύο είδη γεγονότων, το ένα είναι διακοπές στην παρουσία (BIP) υπό την μορφή εξάλειψης του εικονικού περιβάλλοντος διάρκειας δύο δευτερολέπτων, και το δεύτερο, αναφορές σχολίων προς τον χρήστη από εικονικά πρόσωπα του εικονικού περιβάλλοντος. Μέσω ΗΚΓ γίνεται μέτρηση της διακύμανσης του καρδιακού ρυθμού των αντιδράσεων σε διακοπές στην παρουσία. Οι παράμετροι του ΗΚΓ παρουσιάζουν σημαντικές αλλαγές στο ρυθμό την καρδιάς και την διακύμανση του καρδιακού ρυθμού μεταξύ της εκπαιδευτικής φάσης και της πειραματικής φάσης. Επίσης διαφέρουν μεταξύ φοβικών και μη φοβικών (στην κοινωνική φοβία) συμμετεχόντων. Η ανάλυση παραμέτρων της γαλβανικής αντίδρασης του δέρματος και των μεταβολών του ρυθμού της καρδιάς που σχετίζονται με γεγονότα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φανερώσουν γεγονότα όπως εικονικά άτομα (avatars) να απευθύνουν τον λόγο στον χρήστη και γεγονότα διακοπής της αίσθησης παρουσίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

-
- 3.1 Τα Βασικά Συναισθήματα και ο Ρόλος τους – Το Συναίσθημα του Φόβου
 - 3.2 Συγκινησιακή Υπολογιστική
 - 3.3 Αναγνώριση Συναισθήματος Ατόμων με Υπολογιστή
 - 3.4 Σχετικές Εργασίες Αναγνώρισης Συναισθήματος με Τεχνικές Επεξεργασίας Φυσιολογικών Σημάτων
-

3.1. Τα Βασικά Συναισθήματα και ο Ρόλος τους – Το Συναίσθημα του Φόβου

Το συναίσθημα του φόβου παίζει κρίσιμο ρόλο για την προσαρμογή του ανθρώπου, και θεωρείται ένα από τα βασικά συναισθήματα (ή βασικές οικογένειες συναισθημάτων): χαράς, λύπης, θυμού, φόβου, αηδίας και έκπληξης.

Ο Ekman [33] χαρακτήρισε τα παραπάνω συναισθήματα ως βασικά για δύο λόγους. Πρώτον, διότι κάθε οικογένεια συναισθημάτων μοιράζεται κάποια κοινά χαρακτηριστικά: τον καθολικό τρόπο σηματοδότησης (π.χ. έκφραση προσώπου), την φυσιολογία, και τα καθολικά γεγονότα πρόκλησης, και ταυτόχρονα διαφοροποιείται ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά από τις άλλες οικογένειες. Και δεύτερον, διότι παρουσιάζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά στη λειτουργία τους: ταχύτατη επίδραση, σύντομη διάρκεια, αυθόρμητη εμφάνιση, αυτόματος μηχανισμός αποτίμησης, και συνάφεια μεταξύ των συστημάτων αντίδρασης που αποτελεί αποτέλεσμα της εξέλιξης, δηλ. έχουν διαμορφωθεί για την αξία προσαρμογής τους στην διεκπεραίωση των απαιτήσεων της ζωής (γρήγορη διαχείριση χωρίς περίπλοκη επεξεργασία και προγραμματισμό, με τρόπους που ήταν ευάρμοστοι στο παρελθόν). Επίσης, τα κοινά αυτά χαρακτηριστικά διαφοροποιούν τα βασικά συναισθήματα από

άλλα συναισθηματικά φαινόμενα όπως την συναισθηματική διάθεση (π.χ. δυσφορία, ευφορία, εκνευρισμός), την συναισθηματική στάση (π.χ. αγάπη, μίσος), τα συναισθηματικά χαρακτηριστικά (π.χ. εχθρικός, μελαγχολικός, δειλός, υπεραισιόδοξος), τις συναισθηματικές διαταραχές (π.χ. μείζων κατάθλιψη, μανία, αγχώδεις διαταραχές, παθολογική βία), την συναισθηματική πλοκή (π.χ. πένθος, ζήλια).

Σε υψηλό αφαιρετικό επίπεδο, τα συναισθήματα λειτουργούν για να εξασφαλίσουν την επιβίωση και την αναπαραγωγή του ίδιου του ατόμου ή των σημαντικών άλλων [35]. Τα διαφορετικά συναισθήματα εξυπηρετούν αυτούς τους στόχους, καθώς επιλύουν διαφορετικά προβλήματα προσαρμογής και ευκαιριών. Η λειτουργία της αηδίας είναι η απόρριψη· του θυμού, η καταστροφή· του φόβου, η προστασία· της λύπης, η επανολοκλήρωση· της χαράς, η αναπαραγωγή. Ο στόχος των περισσότερων, κυρίως των αρνητικών συναισθημάτων, είναι να διατηρηθεί σχετικά σταθερή η κατάσταση του ατόμου, κατά την αντιμετώπιση διαπροσωπικών συγκρούσεων, για παράδειγμα, για την αποκατάσταση της κυριαρχίας κάποιου, ή πιο συγκεκριμένα, για την νίκη μιας μάχης. Τα συναισθήματα υποκινούν τα γνωσιακά και σωματικά μέσα για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Σε χαμηλότερο αφαιρετικό επίπεδο, τα συναισθήματα γενικά επιτελούν τουλάχιστο τρεις λειτουργίες [35]. Η πρώτη λειτουργία είναι να κατανείμει το άτομο τους αντιληπτικούς, γνωσιακούς και σωματικούς του πόρους για να εκπληρώσει τους στόχους του συναισθήματος. Η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει προετοιμασία του σώματος για αρχέτυπες συμπεριφορές (π.χ. προσέγγιση, υποχώρηση, επίθεση, άμυνα). Η δεύτερη λειτουργία, είναι η επικοινωνία στους άλλους της συναισθηματικής κατάστασης του ατόμου (π.χ. μέσω της στάσης του σώματος, της έκφρασης του προσώπου, της απόχρωσης του δέρματος, της προσωδίας στην ομιλία). Αυτή η επικοινωνία προσφέρει στους άλλους πληροφορίες για τις πιθανές προθέσεις συμπεριφοράς του και τους δίνει το χρόνο να προσαρμοστούν ανάλογα, πριν ενεργοποιηθούν οι πραγματικές συμπεριφορές. Η τρίτη λειτουργία αφορά στην επαύξηση της ενδο-οργανικής επικοινωνίας και την προστασία του σώματος από βλαπτικές συνέπειες τραυματισμού ή ασθένειας (π.χ. μέσω καρδιαγγειακών αντανεκλαστικών ή αυξημένης ανοσολογικής δραστηριότητας). Η ενδο-οργανική επικοινωνία περιλαμβάνει τον συντονισμό του εγκεφάλου, των σωματο-κινητικών

λειτουργιών και του αυτόνομου νευρικού συστήματος, που διαφορετικά συνδέονται με πιο χαλαρό τρόπο, καθώς και την ανατροφοδότηση από τα όργανα προς τον εγκέφαλο. Η ανατροφοδότηση του εγκεφάλου από τα όργανα αποτελεί βασικό στοιχείο στη θεωρία του William James για τα συναισθήματα [34], σύμφωνα με την οποία, οι σωματικές επιπτώσεις των γεγονότων της ζωής καταγράφονται και αναπαράγονται σε παρόμοιες καταστάσεις, επιτρέποντας στο άτομο να παίρνει πιο συντηρητικές και βελτιωμένες αποφάσεις.

Το συναίσθημα το φόβου βιώνεται ως τρόμος για την δυσμενή έκβαση των γεγονότων, αβεβαιότητα και αίσθημα κινδύνου και αναδύεται στο άτομο με την προοπτική κάποιας σωματικής ή κοινωνικής απειλής, Εξυπηρετεί δε την προστασία του οργανισμού από το να υποστεί κάποια βλάβη.

Όσον αφορά στον καθολικό τρόπο σηματοδότησης από την έκφραση του προσώπου, το αρχέτυπο του φόβου περιλαμβάνει: ανασηκωμένα και συνοφρυωμένα φρύδια, ανασηκωμένα πάνω βλέφαρα και τεταμένα κάτω βλέφαρα, σε συνδυασμό με ανοικτό το στόμα. Συμπεριφορικά ο φόβος χαρακτηρίζεται από επιτακτική τάση αποφυγής, που προετοιμάζει το άτομο να υιοθετήσει συμπεριφορά αποφυγής ή αποχώρησης, με στόχο να καταφέρει να είναι απρόσιτο στον κίνδυνο. Για παράδειγμα, ένα φοβισμένο άτομο για να καταφέρει να αποφύγει ένα κίνδυνο, μπορεί να απομακρυνθεί τρέχοντας, να παραμείνει ακίνητο, να φωνάζει βοήθεια, ή να προτάξει κάποιο όπλο. Το αντικείμενο αποφυγής μπορεί να είναι κάποιο υλικό ερέθισμα (π.χ. μαχαίρι), η αντίληψη κάποιου κινδύνου (π.χ. η πιθανότητα να μαχαιρωθεί) ή οι ψυχολογικές συνέπειες ενός ερεθίσματος ή κινδύνου (π.χ. ο πόνος ενός τραύματος). Όταν όμως, ο φόβος εκλύεται από κάποιο ερέθισμα το οποίο δεν είναι ρεαλιστικά απειλητικό, τότε αυτή η συναισθηματική αντίδραση είναι απροσάρμοστη.

Το συναίσθημα του φόβου καθώς και του θυμού προετοιμάζουν το σώμα για τις ενέργειες που θα ακολουθήσει, σύμφωνα με την βιολογική αντίδραση συναγερμού, που συνήθως αναφέρεται ως αντίδραση πάλης ή φυγής. Η αντίδραση πάλης ή φυγής χαρακτηρίζεται από διέγερση του ΣΝΣ, όπου παρατηρείται αύξηση της καρδιακής συχνότητας (heart rate - HR), σε συνδυασμό με ελάττωση της περιόδου προ-εξώθησης (preejection period - PEP), αυξημένη καρδιακή παροχή (cardiac output), μεταβολές της τοπικής αιμάτωσης που ευνοούν αγγειακές κοίτες ιστών με υψηλές

μεταβολικές ανάγκες, και κατά συνέπεια αύξηση της αρτηριακής πίεσης, και συνοδεύεται από εφίδρωση, διαστολή των βρογχιολίων, και υπέρ-πνοια.

3.2. Συγκινησιακή Υπολογιστική

Η συναισθηματική νοημοσύνη είναι η ικανότητα κάποιου να αναγνωρίζει, να εκφράζει και να έχει συναισθήματα, συνδυασμένη με την ικανότητα να τα ρυθμίζει και να τα χρησιμοποιεί για δημιουργικούς σκοπούς, καθώς και να διαχειρίζεται επιδέξια τα συναισθήματα των άλλων [37]. Τα συναισθήματα είναι ζωτικής σημασίας για τον άνθρωπο ώστε να λειτουργεί με ορθολογική κρίση. Επηρεάζουν άμεσα διαφορές εκφάνσεις της ζωής του όπως τη λήψη αποφάσεων, την επικοινωνία, την κοινωνικότητα, την ικανότητα δημιουργίας και εκμάθησης κ.ά.

Ο όρος συγκινησιακή υπολογιστική [36] αναφέρεται σε ένα νέο πεδίο της επιστήμης των υπολογιστών που συνδυάζει διαφορετικά επιστημονικά αντικείμενα (πληροφορική, ψυχοφυσιολογία, γνωστική ψυχολογία) και έχει στόχο την ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων που να εξυπηρετούν και να υποστηρίζουν την συναισθηματική νοημοσύνη των ανθρώπων.

Η αλληλεπίδραση χρήστη-υπολογιστή τείνει να διέπει κάθε δραστηριότητα του ανθρώπου στις ανεπτυγμένες χώρες - εργασία, επικοινωνία, εκπαίδευση, ψυχαγωγία. Η δυνατότητα, έστω και στοιχειώδους κατανόησης της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη, μπορεί να επιφέρει μεγάλη βελτίωση στην αλληλεπίδραση ανθρώπων – υπολογιστών, προσφέροντας νέα πεδία εφαρμογών, όπως:

- *Μετατροπή κειμένου σε ομιλία*: Άτομα που έχουν χάσει την δυνατότητα ομιλίας μπορούν να χρησιμοποιούν για να επικοινωνούν συστήματα σύνθεσης φωνής, όμως ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν αυτά τα συστήματα είναι ότι όλες οι φράσεις προφέρονται με την ίδια ακριβώς χροιά και τόνο. Εφαρμόζοντας συγκινησιακή υπολογιστική μπορεί να ανιχνευθεί η ψυχοφυσιολογική κατάσταση του χρήστη και να καθοριστεί ποσοτικά ο τρόπος με τον οποίο διαφορετικές συναισθηματικές καταστάσεις επηρεάζουν την χροιά και τον τόνο της φωνής.

- *Εφαρμογές σε άτομα με ειδικές παθήσεις:* Πολλές νευρολογικές παθήσεις όπως ο αυτισμός, η νόσος του Πάρκινσον, η νόσος του Χάντικτον, άλλα και τα εγκεφαλικά επεισόδια, έχουν ως αποτέλεσμα διαταραχές στον τρόπο έκφρασης, βίωσης ή αντίληψης των συναισθημάτων, κατά συνέπεια τα άτομα που πάσχουν από αυτές μπορεί να αντιμετωπίζουν προβλήματα στις διαπροσωπικές σχέσεις, στην επικοινωνία, στη μάθηση, στη λήψη αποφάσεων κτλ.. Με την χρήση της συγκινησιακής υπολογιστικής, οι υπολογιστές μπορούν να βοηθήσουν αυτά τα άτομα να εκπαιδευτούν στην αντίληψη και την κατανόηση συγκεκριμένων συναισθηματικών καταστάσεων.
- *Συστήματα εκπαίδευσης με χρήση υπολογιστή:* Η σύγχρονη ερευνά στη δημιουργία υπολογιστικών εκπαιδευτικών συστημάτων επικεντρώνεται στην ανάπτυξη συστημάτων που ο διδακτικός σχεδιασμός και οι παιδαγωγικές στρατηγικές να καθορίζονται από την ικανότητα αποδοχής γνώσης του εκπαιδευόμενου. Πρέπει να έχουν την δυνατότητα να λύνουν τα προβλήματα εκμάθησης του εκπαιδευόμενου, προτείνοντας του εναλλακτικούς τρόπους, καθώς και να παρακολουθούν την επίδοσή του. Η ικανότητα αποδοχής γνώσης σχετίζεται άμεσα με την συναισθηματική κατάσταση του εκπαιδευόμενου, συνεπώς η δυνατότητα αντίληψης της συναισθηματικής κατάστασης του εκπαιδευόμενου από τέτοια συστήματα, θα τα έκανε πολύ πιο ευέλικτα και αποτελεσματικά.
- *Άλλες εφαρμογές:* Η συγκινησιακή υπολογιστική έχει εφαρμογές σε τομείς όπως: η ψυχαγωγία, οι υπολογιστικοί πράκτορες, οι έξυπνοι διαδραστικοί τηλεφωνητές, η ρομποτική, οι μελέτες εργονομίας, η κατασκευή εύχρηστων διεπαφών, και γενικότερα η μελέτη ανθρωποκεντρικών συστημάτων με χρήση υπολογιστή.

3.3. Αναγνώριση Συναισθήματος Ατόμων με Υπολογιστή

Η αναγνώριση του συναισθήματος περιλαμβάνει την παρατήρηση ή την αίσθηση των συγκινησιακών καταστάσεων ενός ατόμου. Οι συναισθηματικές καταστάσεις προκαλούν επιδράσεις οι οποίες μπορεί να παρατηρηθούν σε διαφορετικά συστήματα απόκρισης του ατόμου, όπως τις εκφράσεις του προσώπου, τον τόνο της φωνής, τις χειρονομίες, και τις φυσιολογικές αντιδράσεις. Οι διαφορετικές αυτές αντιδράσεις

αντιπροσωπεύουν μία πλούσια πηγή γνώσης από την οποία κανείς μπορεί να εξάγει συμπεράσματα για την συναισθηματική κατάσταση ενός ατόμου.

Το πρόβλημα της αναγνώρισης συναισθηματικών καταστάσεων ατόμων με χρήση υπολογιστή έχει προσεγγιστεί με τρεις τρόπους:

(α) *Αναγνώριση συναισθηματικών καταστάσεων ατόμων με την χρήση τεχνικών επεξεργασίας εικόνας ή κινούμενης εικόνας (video)*: Οι τεχνικές αυτές στηρίζονται στην επεξεργασία ψηφιοποιημένων εικόνων ή μικρής διάρκειας βίντεο που απεικονίζουν άτομα με διαφορετικές εκφράσεις στα πρόσωπα τους που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα συναισθήματα, για την εξαγωγή προτύπων. Τα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλά αποτελέσματα στην αναγνώριση των εκφράσεων συγκεκριμένων συναισθημάτων [38], όμως παρουσιάζουν και σημαντικούς περιορισμούς: η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από τις συνθήκες φωτισμού, το πρόσωπο του χρήστη θα πρέπει να είναι πάντοτε στραμμένο προς την κάμερα, και η εκτίμηση του πραγματικού υποκείμενου συναισθήματος δεν είναι πάντα εφικτή, καθώς η έκφραση του προσώπου ενός ατόμου μπορεί να είναι αποτέλεσμα εσκεμμένου προσωπίου και όχι γνήσιου συναισθήματος.

(β) *Αναγνώριση συναισθηματικών καταστάσεων ατόμων με την χρήση τεχνικών επεξεργασίας ομιλίας*: Τα χαρακτηριστικά της ομιλίας που έχουν συσχετιστεί με την συναισθηματική κατάσταση των ατόμων είναι ο ρυθμός ομιλίας, οι μεταβολές στην τονικότητα και η άρθρωση [39]. Η αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης ατόμων αποκλειστικά με την επεξεργασία χαρακτηριστικών ομιλίας παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες και επιπλέον, ο μεγάλος αριθμός διαφορετικών γλωσσών που ομιλούνται στον κόσμο, αποτρέπει την δημιουργία ενός καθολικού συστήματος αναγνώρισης.

(γ) *Αναγνώριση συναισθηματικών καταστάσεων ατόμων με επεξεργασία φυσιολογικών σημάτων*: Η αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης ατόμων με χρήση φυσιολογικών σημάτων βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχουν αντιπροσωπευτικά πρότυπα που μπορούν να εξαχθούν από τα φυσιολογικά σήματα για κάθε συναίσθημα. Αυτή η υπόθεση έχει τεθεί από τον William James το 1890, και από τότε όμως έχει αμφισβητηθεί και υποστηριχθεί αρκετές φορές [40]. Οι πιο πρόσφατες

έρευνες, που χρησιμοποιούν πιο εξειδικευμένες μεθόδους συνδυασμού χαρακτηριστικών για την εύρεση προτύπων, συνηγορούν ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ φυσιολογικών σημάτων και της συναισθηματικής κατάστασης ενός ατόμου. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η έξης, συλλέγονται βιοσήματα από άτομα που βιώνουν κάποια συγκεκριμένα συναισθήματα και από αυτά εξάγονται κατάλληλα χαρακτηριστικά, στα οποία γίνεται επεξεργασία με χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης για την εύρεση προτύπων.

Σημαντικοί περιορισμοί στην αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης με τεχνικές επεξεργασίας φυσιολογικών σημάτων, είναι η δυσκολία στην μοναδική αντιστοίχιση φυσιολογικών προτύπων με συγκεκριμένα συναισθήματα και η ευαισθησία των φυσιολογικών δεδομένων στο θόρυβο λόγω της κίνησης του ατόμου κατά την καταγραφή των σημάτων. Παρόλα αυτά, τα φυσιολογικά σήματα έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς είναι περισσότερο εύρωστα στην κοινωνική προσποίηση, αφού ελέγχονται απευθείας από το αυτόνομο νευρικό σύστημα.

3.4. Σχετικές Εργασίες Αναγνώρισης Συναισθήματος με Τεχνικές Επεξεργασίας Φυσιολογικών Σημάτων

Οι εντατικές προσπάθειες στο χώρο της αναγνώρισης της συναισθηματικής κατάστασης με τεχνικές επεξεργασίας φυσιολογικών σημάτων, ξεκίνησαν από την Picard και τους συνεργάτες της στο MIT Media Laboratory. Στον πίνακα (Πίνακας 3.1) δίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των δημοσιευμένων εργασιών στο χώρο της αναγνώρισης συναισθήματος από φυσιολογικά σήματα, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

Οι Picard και συνεργάτες [37, 41], συγκεντρώσαν φυσιολογικά δεδομένα (ηλεκτρομυογράφημα, ρυθμός όγκου αίματος, καρδιακός ρυθμός, ηλεκτροδερμική δραστηριότητα, αναπνευστική λειτουργία) από ένα άτομο, το οποίο αυτό-υποβλήθηκε σε διαδικασία βίωσης οκτώ διαφορετικών συναισθημάτων (θυμός, μίσος, λύπη, θλίψη, πλατωνική αγάπη, ρομαντική αγάπη, χαρά, ευλάβεια ουδέτερη κατάσταση) με τεχνικές σημάτων λόγου (imagery) και εικόνων (φωτογραφιών), για μία σειρά από είκοσι συνεδρίες. Συνολικά εξήγαγαν σαράντα χαρακτηριστικά στα οποία χρησιμοποίησαν το συνδυασμό δύο μεθόδων για την μείωση των διαστάσεων του

προβλήματος. Εφάρμοσαν την μέθοδο Sequential Floating Forward Search (SFFS) για την επιλογή των καλύτερων χαρακτηριστικών και στην συνέχεια στα επιλεγμένα χαρακτηριστικά εφάρμοσαν την μέθοδο Fisher projection για τον μετασχηματισμό τους σε χώρο μικρότερων διαστάσεων. Χρησιμοποιώντας έναν ταξινομητή Maximum a Posteriori (MAP) κατάφεραν ακρίβεια ταξινόμησης 81 % .

Οι Haag και συνεργάτες [42] προσπάθησαν να αναγνωρίσουν τη συναισθηματική κατάσταση ατόμων στο χώρο διαστάσεων που ορίζεται από το Βαθμό Εγρήγορσης (Arousal) και τον Βαθμό Ευχαρίστησης (Valence). Ο Βαθμός Εγρήγορσης αναφέρεται στο πόσο δυνατό είναι το συναίσθημα, ενώ ο Βαθμός Ευχαρίστησης στο πόσο θετικό ή αρνητικό είναι το συναίσθημα. Συνέλεξαν φυσιολογικά δεδομένα (ηλεκτρομυογράφημα, ρυθμός όγκου αίματος, ηλεκτροκαρδιογράφημα, ηλεκτροδερμική δραστηριότητα, αναπνευστική λειτουργία και θερμοκρασία δέρματος) από ένα άτομο, κατά την διάρκεια επίδειξης έξι συνόλων φωτογραφιών της συλλογής IAPS [43]. Τρία εκ των συνόλων αφορούσαν σε *θετικό* συναίσθημα και τρία σε *αρνητικό*, ενώ το κάθε ένα εκ των τριών, και στις δυο περιπτώσεις, είχε διαφορετική διαβάθμιση Εγρήγορσης (*χαμηλή, μέση και υψηλή*). Για ένα σύνολο δεκατριών χαρακτηριστικών, εκπαίδευσαν δυο διαφορετικά Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα ενός κρυφού επιπέδου, για την Εγρήγορση και την Ευχαρίστηση αντίστοιχα. Η ταξινόμηση του συνόλου έλεγχου (σε εύρος απόστασής 20 % από την πραγματική τιμή) είχε ποσοστό επιτυχίας 97 % στο Βαθμό Εγρήγορσης και 90 % στο Βαθμό Ευχαρίστησης.

Οι Nasoz και συνεργάτες [44] κατέγραψαν φυσιολογικά σήματα (καρδιακός ρυθμός, ηλεκτροδερμική δραστηριότητα και θερμοκρασία δέρματος) από είκοσι εννέα άτομα, κατά την παρακολούθηση τμημάτων ταινιών με περιεχόμενο που διέγειρε διαφορετικό συναίσθημα το καθένα (λύπη, θυμό, έκπληξη, φόβο, απογοήτευση, και διασκέδαση). Από κάθε σήμα υπολόγισαν την κανονικοποιημένη μέση τιμή και χρησιμοποίησαν τρεις ταξινομητές: K-nearest neighbor (KNN) με ακρίβεια 72 %, Discriminant Function Analysis (DFA) με ακρίβεια 74 % και Marquardt Backpropagation (MBG) με ακρίβεια 84 %.

Οι Wagner και συνεργάτες [45], χρησιμοποίησαν τεχνική πρόκλησης συναισθήματος με μουσική. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα μουσικά κομμάτια για την πρόκληση των

τεσσάρων συναισθημάτων: θυμού, χαράς, λύπης και ευχαρίστησης. Η επιλογή των κομματιών έγινε από το εκάστοτε υπό εξέταση άτομο. Κατέγραψαν φυσιολογικά σήματα ηλεκτρομυογραφήματος, ηλεκτροκαρδιογραφήματος, ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας, και αναπνευστικής λειτουργίας, και συνολικά εξήγαν τριάντα δύο χαρακτηριστικά. Χρησιμοποίησαν διαφορετικές μεθόδους για την επιλογή χαρακτηριστικών: Ανάλυση μεταβλητότητας (ANOVA), Sequential Forward Selection (SFS) ή Sequential Backward Selection (SBS), καθώς και την μέθοδο Fisher Projection για προβολή των χαρακτηριστικών σε χώρο λιγότερων διαστάσεων. Τις μεθόδους αυτές τις δοκίμασαν με τρεις ταξινομητές: k-Nearest Neighbor (kNN), Linear Discriminant Function (LDF) και Multy Layer Perceptron (MLP). Χωρίς επιλογή /μείωση των χαρακτηριστικών είχαν ποσοστό επιτυχίας 80 % με όλους του ταξινομητές, ενώ με επιλογή/ μείωση των χαρακτηριστικών: με τον ταξινομητή LDF και επιλογή SFS πέτυχαν ακρίβεια 92 %, με τον ταξινομητή kNN για 5 κοντινότερους γείτονες και συνδυασμό SFS και Fisher Projection πέτυχαν ακρίβεια 91 %, και με τον ταξινομητή MLP με 6 κρυφά επίπεδα και SFS με Fisher Projection πέτυχαν ακρίβεια 89 %, αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσοστό επιτυχία ως προς το επίπεδο εγρήγορσης (θυμός – χαρά: υψηλό, λύπη – ευχαρίστηση: χαμηλό) ήταν 97 %, 94 % και 94 % αντίστοιχα.

Οι Kim και συνεργάτες [46], σχεδίασαν με την βοήθεια ειδικών ένα πρωτόκολλο πρόκλησης συναισθημάτων λύπης, θυμού, στρες και έκπληξης με συνδυασμό διαφορετικών ερεθισμάτων. *Γνωσιακού ερεθίσματος*: διήγηση ιστορίας από ηθοποιό, *οπτικού ερεθίσματος*: παιγνίδι με κατάλληλη εμφάνιση, ρύθμιση κατάλληλου φωτισμού, *ακουστικού ερεθίσματος*: μουσική υπόκρουση, ξαφνική αύξηση ένστασης του ήχου, ξαφνικοί ενοχλητικοί ήχοι. Το πρωτόκολλο πρόκλησης συναισθημάτων εφαρμόστηκε σε πενήντα παιδιά (7 έως 8 ετών), από τα οποία καταγράφηκαν φυσιολογικά σήματα με αισθητήρες μόνο στους βραχίονες και τα δάκτυλα των χεριών. Συνολικά εννέα εξαγχθέντα χαρακτηριστικά από το ηλεκτροκαρδιογράφημα, την ηλεκτροδερμική δραστηριότητα και την θερμοκρασία του δέρματος, εισήχθησαν σε Σύστημα Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVM), επιτυγχάνοντας ακρίβεια ταξινόμησης 78,4 % για τρία συναισθήματα: λύπη, θυμός και στρες, και 61,8 % συμπεριλαμβανομένου και του συναισθήματος της έκπληξης.

Οι Li και Chen [47] κατέγραψαν φυσιολογικά σήματα ηλεκτροκαρδιογραφήματος, ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας, αναπνευστικής λειτουργίας και θερμοκρασίας δέρματος, από εξήντα άτομα θηλυκού γένους, κατά την παρακολούθηση τριών τμημάτων ταινιών, τα οποία διέγειραν αντίστοιχα το συναίσθημα του φόβου, της χαράς, καθώς και την ουδέτερη κατάσταση. Για την ταξινόμηση προτύπων χρησιμοποίησαν Ανάλυση της Κανονικής Συσχέτισης (Canonical Correlation Analysis – CCA) και πέτυχαν ακρίβεια ταξινόμησης 82 % με χρήση μόνο των χαρακτηριστικών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, και 85,3 % με χρήση όλων των χαρακτηριστικών.

Οι Rani και συνεργάτες [48] μελετούν την αναγνώριση και διαβάθμιση του συναισθήματος του άγχους από φυσιολογικά σήματα ηλεκτρομυογραφήματος προσώπου, ηλεκτροκαρδιογραφήματος, ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας και θερμοκρασίας δέρματος. Διεξήγαγαν πείραμα με πέντε συμμετέχοντες, στους οποίους ανατέθηκε η επίλυση προβλημάτων διαφορετικού βαθμού δυσκολίας. Οι τιμές διαβάθμισης του άγχους καθορίστηκαν από τον συνδυασμό των αντιδράσεων (μέσω αυτό-αξιολόγησης με βαθμολογία 0 έως 9) στους δείκτες άγχους (A), φόρτισης (O) και ηρεμίας (C) των συμμετεχόντων, κατά την διεξαγωγή των δραστηριοτήτων, σύμφωνα με το τύπο:

$$\text{Δείκτης άγχους} = \frac{A + O + (9 - C)}{3} \quad \text{Εξ. 3.1}$$

Χρησιμοποίησαν δύο τεχνικές ταξινόμησης: δέντρα απόφασης (regression trees) και εξαγωγή συμπεράσματος ασαφούς λογικής (Fuzzy inference). Για την αξιολόγηση του δέντρου απόφασης σε άγνωστα δεδομένα, πραγματοποίησαν χίλιες δοκιμές, στις οποίες επιλέχθηκαν τυχαία, σταθερού μήκους σύνολα εκπαίδευσης και έλεγχου, και υπολογίστηκε η μέση τιμή του ποσοστιαίου σφάλματος για κάθε δέντρο. Για την σύγκριση των δυο μεθόδων, επιλέχθηκαν οι περιπτώσεις των δέντρων απόφασης με ελάχιστο ποσοστιαίο σφάλμα (καλύτερο δέντρο), μέσο όρο ποσοστιαίου σφάλματος (μέσο δέντρο) και μέγιστο ποσοστιαίο σφάλμα (χειρότερο δέντρο), και σχεδιάστηκαν αντίστοιχα συστήματα ασαφούς λογικής με τα ίδια σύνολα εκπαίδευσης και έλεγχου. Σημαντικό πλεονέκτημα των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν είναι ότι προσφέρουν

επίγνωση και βοηθούν στην κατανόηση για την δυνατότητα πρόβλεψης που έχουν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Οι Katsis και συνεργάτες [49], κατέγραψαν φυσιολογικά σήματα ηλεκτρομυογραφήματος προσώπου, ηλεκτροκαρδιογραφήματος, αναπνευστικής λειτουργίας και ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας από δέκα άτομα σε συνθήκες προσομοίωσης αγωνιστικής οδήγησης και χρησιμοποίησαν σύστημα διανυσμάτων υποστήριξης (SVM) και νευρο-ασαφές προσαρμοστικό σύστημα (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System – ANFIS), για ταξινόμηση σε τέσσερις κατηγορίες: χαμηλό στρες, υψηλό στρες, απογοήτευση και ευφορία. Η ακρίβεια με τον ταξινομητή SMV ήταν 79,3 %, ενώ με τον ταξινομητή ANFIS 76,7 %.

Πίνακας 3.1 Σχετικές Εργασίες Αναγνώρισης Συναισθήματος με Τεχνικές Επεξεργασίας Φυσιολογικών Σημάτων

Άρθρο	Συναίσθημα	Ερέθισμα	Φυσιολογικά Σήματα	Άτομα	Αριθμός Χαρακτηριστικών	Ταξινομητές	Μέθοδοι επιλογής χαρακτηριστικών	Αποτελέσματα
Picard et.al [37]	Θυμός, μίσος, λύπη, πλατωνική αγάπη, ρομαντική αγάπη, χαρά, ευλάβεια, ουδέτερη κατάσταση.	Αυθυποβολή με βοήθεια φωτογραφιών	ΗΜΓ, Ρυθμός όγκου αίματος, καρδιακός ρυθμός, ΗΔΔ, αναπνοή	1	40	MAP	SFFS Fisher projection (FP)	81,25%
Haag et al [42]	Θετικό και αρνητικό συναίσθημα με 3 βαθμίδες εγρήγορσης (χαμηλή, μέση, υψηλή)	Εικόνες IAPS	ΗΜΓ, ΗΚΓ, Ρυθμός όγκου αίματος, ΗΔΔ, αναπνοή, θερμοκρασία δέρματος.	1	13	Multilayer ANN		96,58% Εγρήγορση 89, 07% Ευχαρίστηση
Nasoz et al [44]	Λύπη, θυμός, έκπληξη, φόβος, απογοήτευση, διασκέδαση	Τμήματα ταινιών	Καρδιακός ρυθμός, ΗΔΔ, θερμοκρασία δέρματος.	29	3	KNN DFA MBG		71,7% KNN 74,3% DFA 83,7% MBG
Wagner et al. [45]	Θυμός, χαρά, λύπη, ευχαρίστηση	Μουσικά κομμάτια	ΗΜΓ, ΗΚΓ, ΗΔΔ, αναπνοή	1	32	KNN LDF MLP	ANOVA SFS FP SFS/FP	92,05% LDF-SFS 90,91% SFS/FP-5NN 88,64% SFS/FP-MLP6
Kim et al. [46]	Θυμός, λύπη, στρες, έκπληξη,	Δήγηση ιστορίας με μουσική υπόκρουση και οπτικό ερέθισμα	ΗΚΓ, Ρυθμός όγκου αίματος, ΗΔΔ, θερμοκρασία δέρματος	50	9	SVM		78,4% (μόνο θυμό, λύπη, στρες) 61,8% (όλα)
Li and Chen [47]	Φόβος, χαρά, ουδέτερη κατάσταση	Τμήματα ταινιών	ΗΚΓ, ΗΔΔ, αναπνοή, θερμοκρασία δέρματος	60 (γυναίκες)	22	CCA		82% (17 χαρακτ. ΗΚΓ) 85,3% (20 χαρακτ.) 85,3% (22 χαρακτ.)
Rani et al. [48]	Επίπεδο άγχους (0 – 9)	Επίλυση προβλημάτων διαφορετική δυσκολίας	ΗΜΓ, ΗΚΓ, ΗΔΔ, θερμοκρασία δέρματος	5	18	Regression tree (RT) Fuzzy inference (FI)		Καλύτερο M.O. χειρότερο 94,64 83,82 56,6 RT 78,48 75,41 74,88 FI
Katsis et al. [49]	Υψηλό στρες, χαμηλό στρες, απογοήτευση, ευφορία	Προσομοίωση οδήγησης αγώνων αυτοκινήτου	ΗΜΓ, ΗΚΓ, ΗΔΔ, αναπνοή	10	12	SVM ANFIS		79,3% SVM 76,7% ANFIS

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΦΟΒΟΥ ΣΕ ΆΤΟΜΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

-
- 4.1 Φυσιολογικά Σήματα
 - 4.2 Προτεινόμενη Μεθοδολογία
 - 4.3 Αξιολόγηση - Αποτελέσματα
-

4.1. Φυσιολογικά Σήματα

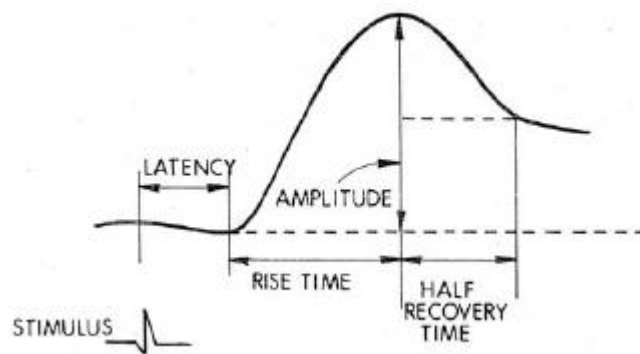
4.1.1. Ηλεκτροδερμική Δραστηριότητα

Η ηλεκτροδερμική δραστηριότητα (ΗΔΔ) [50] είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιημένα συστήματα αντίδρασης στην ψυχοφυσιολογία, και έχει συσχετιστεί στενά με τις έννοιες: συγκίνηση-συναίσθημα, διέγερση και προσοχή. Η ηλεκτροδερμική δραστηριότητα συνδέεται με την δραστηριότητα των ιδρωτοποιών αδένων κατά τη διέγερση του ΣΝΣ, καθώς η αύξηση της εφίδρωσης αυξάνει την αγωγιμότητα της κεράτινης στιβάδας του δέρματος. Η καταγραφή της ΗΔΔ μετρά την αγωγιμότητα του δέρματος (σε μονάδες microSiemens- μS), με την διέλευση μικρής ποσότητας ρεύματος μέσω ζεύγους ηλεκτροδίων σταθερής διαφοράς δυναμικού, που τοποθετούνται στην επιφάνεια του δέρματος της παλάμης.

Η συνήθης τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γίνεται είτε στις μεσαίες, είτε στις ακραίες φάλαγγες του δείκτη και του μέσου ή παράμεσου δακτύλου. Στην καταγραφή της ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην επιλογή των

ηλεκτροδίων, της ειδικής κόλλας των ηλεκτροδίων, στην τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, και στις συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία κ.ά.).

Η καταγραφή της ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας χαρακτηρίζεται από δύο συνιστώσες: το τονικό επίπεδο της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος (tonic SCL), δηλ. τη γραμμή αναφοράς όταν το άτομο είναι σε κατάσταση ηρεμίας, και την φασική αντίδραση της αγωγιμότητας του δέρματος (phasic SCR) που αντιπροσωπεύει παροδική αύξηση της αγωγιμότητας του δέρματος που συμβαίνει στο άτομο λόγω κάποιου ερεθίσματος. Τα χαρακτηριστικά μιας SCR εμφανίζονται ως μία κορυφή όπως στο Σχήμα 4.1, από το οποίο μπορούν να μετρηθούν τα εξής χαρακτηριστικά: καθυστέρηση απόκρισης (latency), πλάτος (amplitude), χρόνος ανόδου (rise time), και χρόνος ημι-ανάκαμψης (half recovery time).



Σχήμα 4.1 Γραφική Αναπαράσταση ΗΔΔ με την Επίδραση Ερεθίσματος.

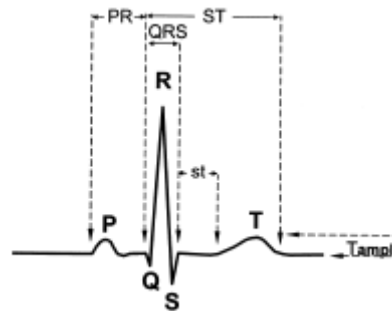
Ως ελάχιστη μεταβολή στο πλάτος της αγωγιμότητας για να θεωρηθεί αντίδραση SCR συνήθως χρησιμοποιούνται τιμές μεταξύ 0,01 και 0,05 μS .

4.1.2. Καρδιαγγειακές αντιδράσεις

Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα [51] καταγράφει την συστολική δραστηριότητα της καρδιάς, ανιχνεύοντας ηλεκτρική τάση στην επιφάνεια του δέρματος από τους παλμούς της καρδιάς. Το καρδιαγγειακό σύστημα ελέγχεται τόσο από το συμπαθητικό, όσο και από το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα. Τα γεγονότα που

συμβαίνουν στην καρδιά, από τον ένα παλμό στον επόμενο, απαρτίζουν τον καρδιακό κύκλο, και χωρίζονται σε δύο εποχές: την διαστολή, κατά την οποία η καρδιά γεμίζει με αίμα και την συστολή, κατά την οποία η καρδιά συστέλλεται εξωθώντας το αίμα.



Σχήμα 4.2 Γενική Μορφολογία ΗΚΓ

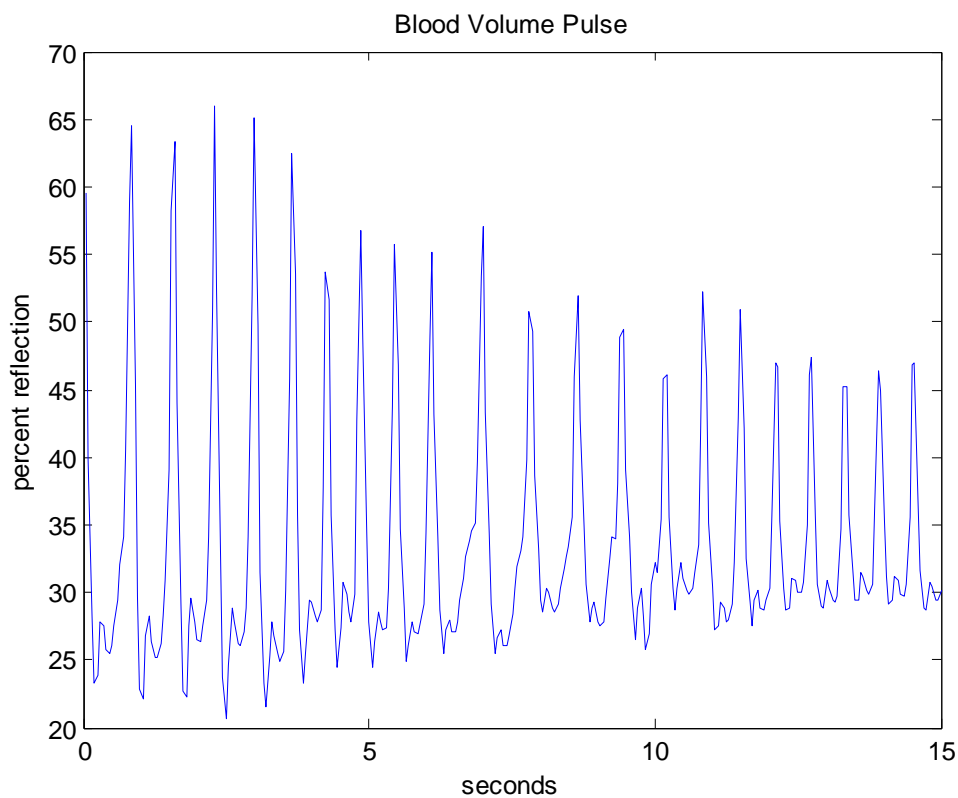
Στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (Σχήμα 4.2), το κύμα P αντιστοιχεί στο κύμα εκπόλωσης της καρδιάς, ακολουθείται από την κοιλιακή συστολή κατά την οποία εμφανίζεται το σύμπλεγμα QRS που αντανακλά την κοιλιακή συστολή και οριοθετεί την έναρξη της συστολής. Στο τέλος της κοιλιακής συστολής έχουμε την επαναπόλωση της καρδιάς, που αντιστοιχεί στο κύμα T του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, κατά την οποία ξεκινά η χαλάρωση των κοιλιών και οριοθετείται η έναρξη της διαστολής.

Η περίοδος της καρδιάς, δηλ. ο χρόνος σε msec μεταξύ δυο γειτονικών κτύπων, μετράται μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών R του ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Από την περίοδο της καρδιάς υπολογίζεται ο καρδιακός ρυθμός σε κτύπους ανά λεπτό (beats per minute). Επίσης, μετρήσεις στη μεταβολή του καρδιακού ρυθμού (HRV), τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και στον πεδίο των συχνοτήτων αποτελούν χαρακτηριστικά που μπορούν να αποδοθούν σε μεταβολές στην δραστηριότητα του ΣΝΣ και του ΠΝΣ.

Ρυθμός όγκου αίματος

Για τη μέτρηση του ρυθμού όγκου αίματος χρησιμοποιείται η τεχνική της οπτικής καταγραφής αύξησης όγκου (photoplethysmography). Η συσκευή οπτικής καταγραφής όγκου εκπέμπει φως και μετρά την ποσότητα του φωτός που

αντανακλάται από την επιφάνεια του δέρματος, η οποία εξαρτάται από την ποσότητα του αίματος στα αγγεία.



Σχήμα 4.3 Παράδειγμα Σήματος Ρυθμού Όγκου Αίματος με Αύξηση Αγγειοσυστολής

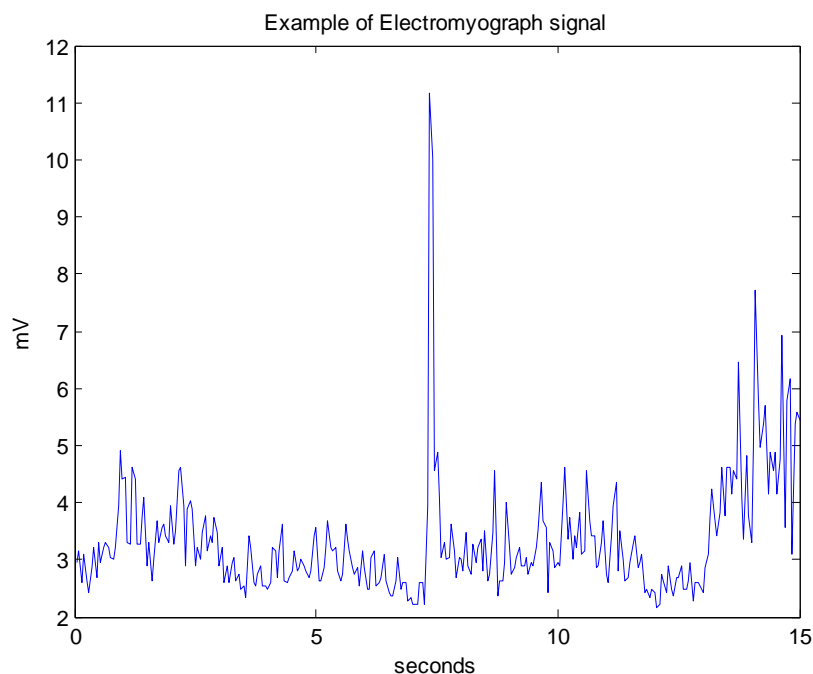
Οι καρδιακοί παλμοί προκαλούν αλλαγές στην ροή του αίματος στα περιφερειακά αγγεία, έτσι από την μέτρηση της αντανάκλασης μπορεί να εξαχθεί ο καρδιακός ρυθμός, από την ακολουθία παλμών, καθώς και το επίπεδο αγγειοσυστολής, από την αναδίπλωση του σήματος (Σχήμα 4.3).

4.1.3. Ηλεκτρομυογράφημα

Το ηλεκτρομυογράφημα είναι μια τεχνική καταγραφής των αλλαγών του ηλεκτρικού δυναμικού ενός μυός που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια μυϊκής σύσπασης. Με την χρήση επιφανειακών ηλεκτρομυογραφημάτων επιλεγμένων μυών του

προσώπου καταγράφεται η μυϊκή τους δραστηριότητα ή η συχνότητα της μυϊκής τάσης.

Οι εκφράσεις του προσώπου καθορίζονται και ελέγχονται από τους μύες του προσώπου. Σύμφωνα με τον Ekman, συγκεκριμένες εκφράσεις του προσώπου αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα συναισθήματα, και με βάση το σύστημα FACS (Facial CODING Action System) υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ της κίνησης συγκεκριμένων μυών του προσώπου και της συναισθηματικής κατάστασης ενός ατόμου [40].



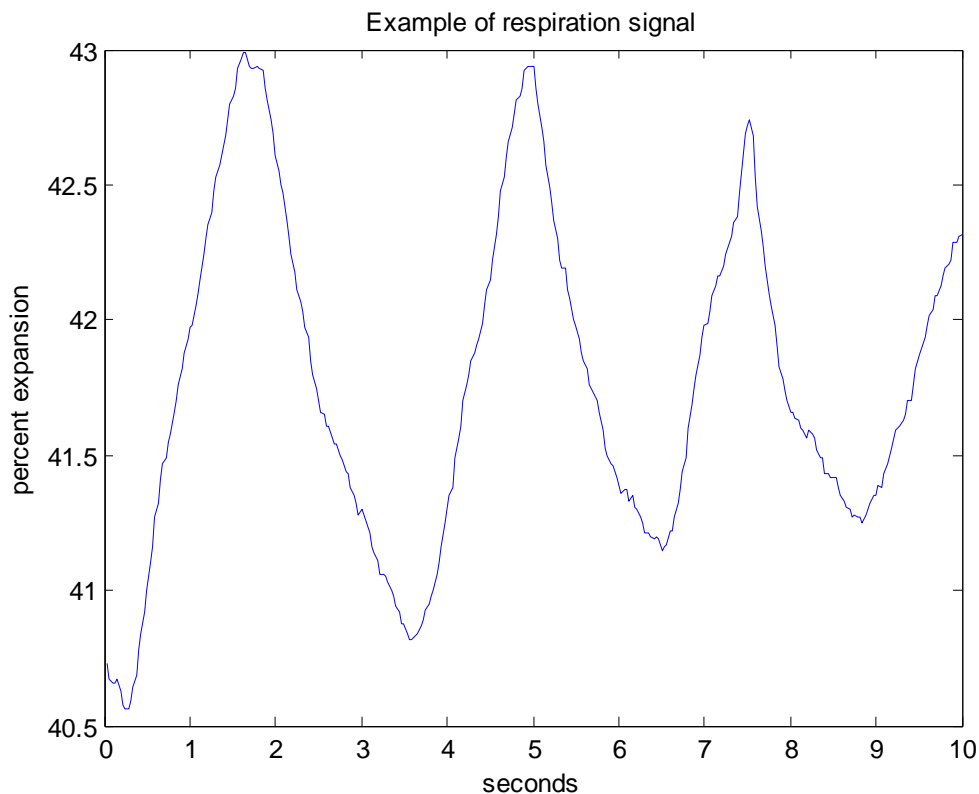
Σχήμα 4.4 Ενδεικτικό Σήμα ΗΜΓ

4.1.4. Αναπνευστική λειτουργία

Η βασική αναπνευστική λειτουργία [52] εξυπηρετεί την ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες, παράλληλα όμως ενεργεί για να προσαρμόζει τον απαραίτητο αέρα για την παραγωγή της φωνής, την απαραίτητη πίεση για την εισροή οσμών στις οσφρητικές μεμβράνες της μύτης, και προλαμβάνει τις μεταβολικές απαιτήσεις των πνευματικών και σωματικών δραστηριοτήτων.

Η αναπνευστική λειτουργία εκτός από αυτόνομο έλεγχο, υπόκειται και σε εκούσιο έλεγχο από το άτομο. Οι μετρήσεις της αναπνευστικής λειτουργίας βασίζονται σε

αλλαγές στον όγκο του θώρακα και της κοιλιάς, κατά την εισπνοή και την εκπνοή, οι οποίες γίνονται αισθητές με ειδικές πιεζοηλεκτρικές ζώνες.



Σχήμα 4.5 Ενδεικτικό Σήμα Πιεζοηλεκτρικής Ζώνης

Η κορυφή μιας εκπνοής (Σχήμα 4.5) ορίζεται ως το ελάχιστο της κυματομορφής μεταξύ δύο κύκλων και η κορυφή μίας εισπνοής ως το μέγιστο, η διαφορά τους δίνει το πλάτος της εισπνοής. Ο αριθμός των εισπνοών σε χρόνο ενός λεπτού λέγεται αναπνευστικός ρυθμός.

Εκτός από την σωματική δραστηριότητα, έχει αναφερθεί ότι και η συναισθηματική διέγερση προκαλεί πιο γρήγορη και βαθύτερη αναπνοή, σε αντίθεση με την ηρεμία και την χαλάρωση

4.2. Προτεινόμενη Μεθοδολογία

Όπως προκύπτει από τις σχετικές εργασίες αναγνώρισης συναισθήματος ατόμων από φυσιολογικά σήματα που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, η μεθοδολογία

(Σχήμα 4.6) περιλαμβάνει μια σειρά εξωτερικών ερεθισμάτων, που εφαρμόζεται σε εθελοντές προκειμένου να βιώσουν προεπιλεγμένες συναισθηματικές καταστάσεις. Κατά την διαδικασία αυτή, πραγματοποιείται λήψη των επιλεγμένων φυσιολογικών σημάτων και καταγραφή τους σε βάση δεδομένων. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά υφίστανται προ-επεξεργασία, για τον κατακερματισμό τους σε εγγραφές και την αφαίρεση θορύβου, και ακολουθεί η εξαγωγή των κατάλληλων χαρακτηριστικών. Τέλος, επιχειρείται η επίλυση του προβλήματος ταξινόμησης της συναισθηματικής κατάστασης με χρήση κατάλληλων ταξινομητών.

Κάθε τεχνική ταξινόμησης περιλαμβάνει έναν αλγόριθμο εκπαίδευσης, ο οποίος προσπαθεί να υπολογίσει το μοντέλο ταξινόμησης που προσεγγίζει καλύτερα την συσχέτιση μεταξύ των χαρακτηριστικών και των ετικετών κλάσης των δεδομένων. Στόχος του μοντέλου ταξινόμησης είναι να έχει καλή γενικευτική ικανότητα, δηλ. να προβλέπει με ακρίβεια την ετικέτα κλάσης σε άγνωστα δεδομένα. Κατά συνέπεια, πραγματοποιείται αξιολόγηση του μοντέλου ταξινόμησης με χρήση μεθόδων διάσπασης του συνόλου δεδομένων σε διαφορετικά σύνολα εκπαίδευσης και σύνολα ελέγχου, π.χ. διασταυρωμένη επικύρωση, και αποτίμηση της συνολικής ακρίβειας του μοντέλου.

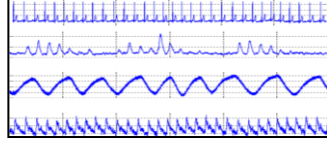
Αν το πλήθος των χαρακτηριστικών είναι μεγάλο, είναι σκόπιμο να προσπαθήσουμε να καθορίσουμε, ποια από τα χαρακτηριστικά είναι πιο σχετικά με την διάκριση των διαφορετικών συναισθηματικών καταστάσεων, και να μειώσουμε το χώρο διαστάσεων, επιλέγοντας μόνο αυτά τα χαρακτηριστικά. Εναλλακτικά ή συμπληρωματικά μπορούμε να μειώσουμε το χώρο διαστάσεων των χαρακτηριστικών με κατάλληλο μετασχηματισμό τους σε χώρο λιγότερων διαστάσεων.

1^ο Στάδιο:
Πείραμα



Υποκειμενικές
Μετρήσεις

Σύστημα Καταγραφής
Σημάτων



Ανεπεξέργαστα
Σήματα

2^ο Στάδιο:

Προεπεξεργασία
Δεδομένων

Προεπεξεργασία Σημάτων

Εγγραφές Καθαρού
Σήματος

Εξαγωγή Χαρακτηριστικών

Εγγραφές
Χαρακτηριστικών

Ετικέτες Κλάσης
Εγγραφών

3^ο Στάδιο:

Ταξινόμηση

Αλγόριθμος Εκπαίδευσης

Μοντέλο Ταξινόμησης

Αξιολόγηση Μοντέλου
Ταξινόμησης

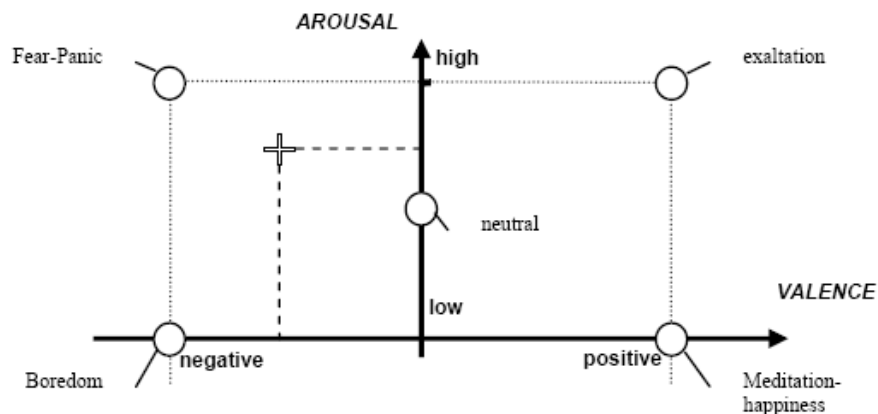
Συνολική Ακρίβεια
Πίνακας Σύγκρισης

Σχήμα 4.6 Μεθοδολογία Αναγνώρισης Συναισθήματος από Φυσιολογικά Σήματα

4.2.1. Περιγραφή Πειράματος

Ιδανικά θα θέλαμε να πραγματοποιήσουμε δικό μας πείραμα με ικανό αριθμό εθελοντών και έκθεση τους σε διαφορετικά ερεθίσματα φόβου. Λόγω όμως του περιορισμένου χρόνου αυτής της εργασίας αυτό δεν ήταν εφικτό. Κατά συνέπεια αναζητήσαμε βάσεις δεδομένων με φυσιολογικά σήματα που να περιλαμβάνουν το συναίσθημα του φόβου από άλλους ερευνητές: από τις σχετικές εργασίες που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3, άλλα και από τον επιστημονικό χώρο της ψυχοφυσιολογίας όπου έχουν διεξαχθεί πειράματα και με φοβικούς ασθενείς. Δυστυχώς η ανταπόκριση δεν ήταν αρκετά επιτυχής, ίσως γιατί τέτοιου είδους δεδομένα διέπονται από κανόνες προστασίας προσωπικών δεδομένων.

Από την μοναδική θετική απάντηση, Herbelin¹ και συνεργάτες [30], καταφέραμε να προμηθευτούμε μία βάση δεδομένων, που όμως δεν εκπληρώνει επαρκώς τις απαιτήσεις του προβλήματος. Τα δεδομένα προέρχονται από ένα μόνο άτομο, συγκεκριμένα έναν ηθοποιό, ο οποίος αυθυποβάλλεται σε πέντε διαφορετικά συναισθήματα: ουδέτερη κατάσταση, φόβο, πλήξη, χαρά, και ενθουσιασμό, για δέκα συνεδρίες. Τα συναισθήματα αυτά βρίσκονται στα ακραία σημεία του θεωρητικού μοντέλου Εγρήγορσης / Ευχαρίστησης (Arousal / Valence) (Σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.7 Θεωρητικό Μοντέλο Εγρήγορσης / Ευχαρίστησης

¹Οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον Prof. Herbelin και τους συνεργάτες του, για την συνεργασία τους και για την ευγενική τους παραχώρηση.

Χρησιμοποίησαν το Physio-Recorder™ της εταιρείας Vienna Test System Corp. για την μέτρηση έξι φυσιολογικών σημάτων: ηλεκτροδερμική δραστηριότητα, μετωπιαίο ηλεκτρομυογράφημα, θερμοκρασία δέρματος, αναπνευστική λειτουργία, καρδιακό ρυθμό και πλάτος όγκου αίματος.

Για το δικό μας πρόβλημα θεωρήσαμε μόνο δυο κατηγορίες συναισθήματος, *φόβο* και *όχι φόβο*. Όπου αντιστοιχίσαμε τις εγγραφές που το άτομο νιώθει φόβο με την κατηγορία *φόβο* και όλες τις άλλα εγγραφές με την κατηγορία *όχι φόβο*.

4.2.2. Προεπεξεργασία Φυσιολογικών Σημάτων

Για την προεπεξεργασία των ακατέργαστων φυσιολογικών σημάτων χρησιμοποιήσαμε χαμηλοπερατό φίλτρο (low pass filter) για να αφαιρέσουμε τον θόρυβο στο ηλεκτρομυογράφημα προσώπου. Οι κινήσεις του σώματος, κατά την λήψη του ηλεκτρομυογραφήματος, έχουν σαν αποτέλεσμα να υπεισέρχεται θόρυβος στο σήμα. Επίσης χρησιμοποιήσαμε φίλτρο κινούμενης μέσης τιμής (moving average filter) για την εξομάλυνση της ηλεκτρικής αγωγιμότητα του δέρματος, καθώς και της αναπνοής. Στη συνέχεια κατακερμάτισαμε την βάση δεδομένων σε έγγραφες των 10 δευτερολέπτων, καταλήγοντας να έχουμε ένα σύνολο με 360 έγγραφες (72 κατηγορίας φόβου και 288 κατηγορίας όχι φόβου).

4.2.3. Εξαγωγή Χαρακτηριστικών

Σαν αρχική προσπάθεια εξάγαμε τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποίησαν οι ίδιοι [30], τα οποία είναι έξι για κάθε σήμα: μέση τιμή (Εξ. 4.1), τυπική απόκλιση (Εξ. 4.2), μέση τιμή της απόλυτης πρώτης διαφοράς (Εξ. 4.3), κανονικοποιημένη μέση τιμή της απόλυτης πρώτης διαφοράς (Εξ. 4.4), μέση τιμή της απόλυτης δεύτερης διαφοράς (Εξ. 4.5), και κανονικοποιημένη μέση τιμή της απόλυτης δεύτερης διαφοράς.

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{Εξ. 4.1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad \text{Εξ. 4.2}$$

$$\delta_1 = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} |x_{n+1} - x_n| \quad \text{Εξ. 4.3}$$

$$\tilde{\delta}_1 = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} |\tilde{x}_{n+1} - \tilde{x}_n| = \frac{\delta_1}{\sigma} \quad \text{Εξ. 4.4}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{N-2} \sum_{n=1}^{N-2} |x_{n+2} - x_n| \quad \text{Εξ. 4.5}$$

$$\tilde{\delta}_2 = \frac{1}{N-2} \sum_{n=1}^{N-2} |\tilde{x}_{n+2} - \tilde{x}_n| = \frac{\delta_2}{\sigma} \quad \text{Εξ. 4.6}$$

Όπου N είναι ο αριθμός των δειγμάτων κάθε σήματος, x_n η τιμή του n -οστού δείγματος του σήματος και \tilde{x}_n η κανονικοποιημένη τιμή του n -οστού δείγματος.

Με στόχο την εξαγωγή χαρακτηριστικών που να μπορούν να διακρίνουν τις μεταβολές στα διαφορετικά βιοσήματα λόγω του συναισθήματος του φόβου, επιλέξαμε να συμπεριλάβουμε χαρακτηριστικά και από την εργασία [48]. Συνολικά εξήχθησαν 35 χαρακτηριστικά, τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1 Εξαγόμενα Χαρακτηριστικά για κάθε Σήμα

ΗΜΓ Προσώπου	$\mu, \sigma, \delta_1, \tilde{\delta}_1, \delta_2, \tilde{\delta}_2, rms$
Καρδιακός Ρυθμός	$\mu, \sigma, \delta_1, \tilde{\delta}_1, \delta_2, \tilde{\delta}_2$
Πλάτος Όγκου Αίματος	Μέσο Πλάτος
Αναπνοή	$\mu, \sigma, \delta_1, \tilde{\delta}_1, \delta_2, \tilde{\delta}_2$
ΗΔΔ (SCL)	$\mu, \sigma, \delta_1, \tilde{\delta}_1, \delta_2, \tilde{\delta}_2$ Μέσος χρόνος ανόδου SCR Μέσο πλάτος SCR Ρυθμός SCR
Θερμοκρασία Δέρματος	$\mu, \sigma, \delta_1, \tilde{\delta}_1, \delta_2, \tilde{\delta}_2$

Η τετραγωνική ρίζα μέσου τετραγώνου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$rms = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \quad \text{Εξ. 4.7}$$

Για την αναπνοή το μέσο πλάτος είναι η μέση τιμή των εκτάσεων του θώρακα, ενώ για την ΗΔΔ, το μέσο πλάτος είναι η μέση τιμή των πλατών των SCR που πραγματοποιούνται στο χρονικό παράθυρο των 10 δευτερολέπτων.

4.2.4. Μείωση της Διάστασης

Από τα 35 χαρακτηριστικά είναι απαραίτητο να επιλέξουμε τα πιο κατάλληλα για την αναγνώριση του συναισθήματος φόβου. Η μείωση των διαστάσεων του χώρου των χαρακτηριστικών έχει δύο πλεονεκτήματα: πρώτον, μειώνεται το κόστος υπολογισμού και δεύτερον, η απαλοιφή πληροφορίας με θόρυβο μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερο διαχωρισμό των κλάσεων [45].

Για την μείωση των χαρακτηριστικών χρησιμοποιήσαμε την αρκετά δημοφιλή μέθοδο της ακολουθιακής προς τα εμπρός επιλογής (sequential forward selection - SFS), η οποία ξεκινά με ένα κενό σύνολο χαρακτηριστικών και σε κάθε επανάληψη πραγματοποιεί εξαντλητική αναζήτηση στο πεδίο των χαρακτηριστικών για να προσθέσει το χαρακτηριστικό που αυξάνει περισσότερο την συνολική ακρίβεια του μοντέλου ταξινόμησης.

Εκτός από την απαλοιφή κάποιων χαρακτηριστικών, η μείωση της διάστασης μπορεί να επιτευχθεί με μετασχηματισμό του χώρου των χαρακτηριστικών σε χώρο λιγότερων διαστάσεων. Δύο γνώστες μέθοδοι είναι η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) και η μέθοδος Fisher Γραμμικής Διακριτικής Ανάλυσης (Fisher Linear Discriminant). Σε αντίθεση με τις μεθόδους επιλογής χαρακτηριστικών, αυτές οι μέθοδοι λαμβάνουν υπόψη τους όλα τα χαρακτηριστικά για την δημιουργία του νέου χώρου. Κατά συνέπεια, στο μετασχηματισμό συμβάλλουν και δεδομένα με θόρυβο.

Η μέθοδος Fisher Γραμμικής Διακριτικής Ανάλυσης (ή Προβολής Fisher) είναι μία γνωστή μέθοδος για μείωση των διαστάσεων ενός προβλήματος [53]. Ο στόχος είναι η εύρεση μιας προβολής \mathbf{W} των δεδομένων σε χώρο λιγότερο διαστάσεων από τον αρχικό, όπου οι κλάσεις διαχωρίζονται καλύτερα. Ο αλγόριθμος περιγράφεται παρακάτω:

1. Ορίζουμε τον πίνακα συνολικής συμεταβλητότητας ανά κλάση (within class):

$$\mathbf{S}_w = \sum_{j=1}^c \sum_{\mathbf{x} \in X_j} (\mathbf{x} - \mathbf{m}_j)(\mathbf{x} - \mathbf{m}_j)^T \quad \text{Εξ. 4.8}$$

όπου c είναι ο αριθμός των κλάσεων, \mathbf{x} είναι τα σημεία του αρχικού χώρου, X_j είναι το υποσύνολο των σημείων μας κλάσης j , και \mathbf{m}_j είναι η μέση τιμή των σημείων μας κλάσης j στον αρχικό χώρο.

2. Ορίζουμε τον πίνακα συμεταβλητότητας μεταξύ κλάσεων (between-class):

$$\mathbf{S}_B = \sum_{j=1}^c n_j (\mathbf{m}_j - \mathbf{m})(\mathbf{m}_j - \mathbf{m})^T \quad \text{Εξ. 4.9}$$

όπου το n_j είναι ο αριθμός των σημείων μας κλάσης j και \mathbf{m} είναι η συνολική μέση τιμή όλων των σημείων.

3. Έστω \mathbf{W} ο πίνακας γραμμικού μετασχηματισμού (που πρέπει να υπολογίσουμε), που προβάλλει τα αρχικά χαρακτηριστικά, \mathbf{x} , σε χώρο λιγότερων διαστάσεων. Τότε να νέα χαρακτηριστικά θα δίνονται από:

$$\mathbf{y} = \mathbf{W}^T \mathbf{x} \quad \text{Εξ. 4.10}$$

και οι πίνακες συμεταβλητότητας στο νέο χώρο δίνονται από:

$$\tilde{\mathbf{S}}_w = \sum_{j=1}^c \sum_{x \in \Psi_j} (\mathbf{y} - \tilde{\mathbf{m}}_j)(\mathbf{y} - \tilde{\mathbf{m}}_j)^T = \mathbf{W}^T \mathbf{S}_w \mathbf{W} \quad \text{Εξ. 4.11}$$

$$\tilde{\mathbf{S}}_B = \sum_{j=1}^c n_j (\tilde{\mathbf{m}}_j - \tilde{\mathbf{m}})(\tilde{\mathbf{m}}_j - \tilde{\mathbf{m}})^T = \mathbf{W}^T \mathbf{S}_B \mathbf{W} \quad \text{Εξ. 4.12}$$

Το κριτήριο $J(\mathbf{W})$ που πρέπει να μεγιστοποιηθεί, ορίζεται ως το κλάσμα της ορίζουσας του πίνακα συμεταβλητότητας μεταξύ κλάσεων, δια την ορίζουσα του πίνακα συμεταβλητότητας ανά κλάση για τα μετασχηματισμένα δεδομένα:

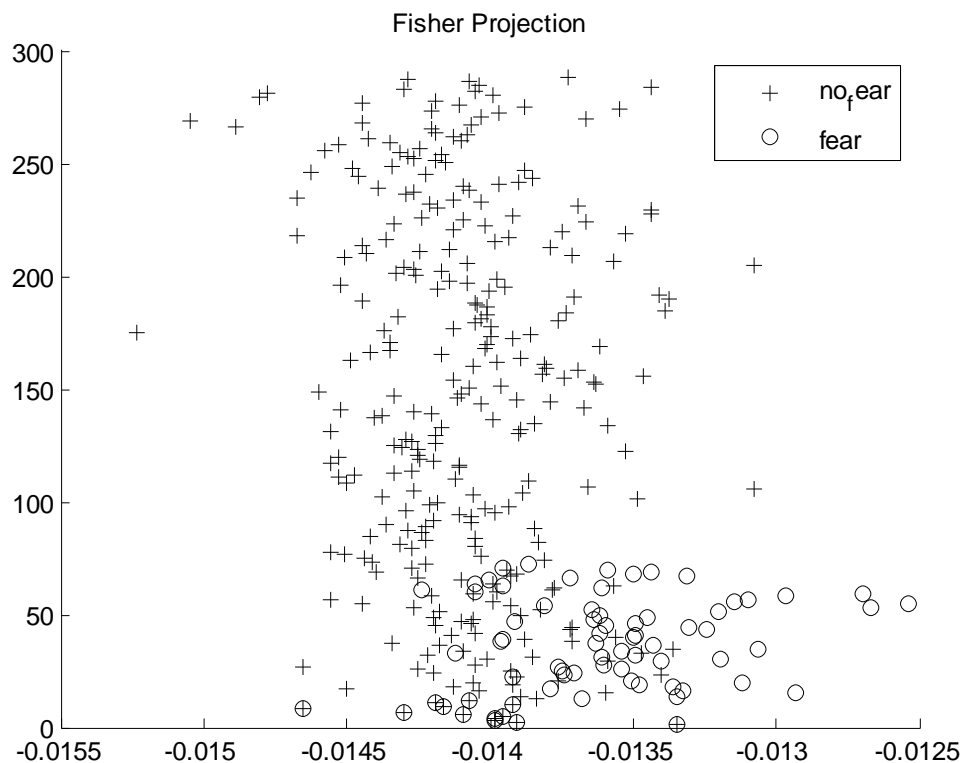
$$J(\mathbf{W}) = \text{Tr} \left\{ (\mathbf{W} \mathbf{S}_w \mathbf{W}^T)^{-1} (\mathbf{W}^T \mathbf{S}_B \mathbf{W}) \right\} \quad \text{Εξ. 4.13}$$

Προκύπτει ότι οι στήλες του πίνακα \mathbf{W} που μεγιστοποιούν το J είναι τα ιδιοδιανύσματα που αντιστοιχούν μας μέγιστες ιδιοτιμές στη:

$$\mathbf{S}_B \mathbf{w}_i = \lambda_j \mathbf{S}_w \mathbf{w}_i \quad \text{Εξ. 4.14}$$

Λόγω της φύσης της μεθόδου προβολής Fisher, τα δεδομένα μπορούν να προβληθούν σε μέχρι $c - 1$ διαστάσεις, όπου c ο αριθμός των κλάσεων.

Για λόγους απεικόνισης των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε την μέθοδο προβολής Fisher (Fisher Projection) στο πρώτο fisher χαρακτηριστικό.



Σχήμα 4.8 Προβολή των 35 Χαρακτηριστικών στο 1^ο Fisher Χαρακτηριστικό

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.8 έχουμε αρκετή επικάλυψη μεταξύ των κλάσεων

4.2.5. Ταξινόμηση

Για την ταξινόμηση χρησιμοποιήθηκαν δύο τεχνικές για την ανάπτυξη των μοντέλων ταξινόμησης, K-Κοντινότεροι Γείτονες (KNN) και Σύστημα Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVM).

4.2.5.1. K-Κοντινότεροι Γείτονες

Η τεχνική K-Κοντινότεροι Γείτονες [54] ανήκει στην κατηγορία ταξινομητών που χαρακτηρίζονται ως *lazy learners*, καθώς η διαδικασία μοντελοποίησης του συνόλου εκπαίδευσης πραγματοποιείται κατά την ταξινόμηση του συνόλου ελέγχου.

Στην τεχνική αυτή κάθε δείγμα αναπαριστάται ως ένα σημείο σε ένα χώρο d διαστάσεων, όπου d είναι ο αριθμός των χαρακτηριστικών. Για κάθε δείγμα $z = (\mathbf{x}', y')$ του συνόλου ελέγχου, υπολογίζεται η απόσταση $dist(\mathbf{x}', \mathbf{x})$ με κάθε δείγμα $(\mathbf{x}, y) \in D$, όπου D το σύνολο εκπαίδευσης. Η συνάρτηση απόστασης $dist(\cdot)$ είναι η Ευκλείδεια Απόσταση, η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$dist(\mathbf{x}', \mathbf{x}) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x'_k - x_k)^2} \quad \text{Εξ. 4.15}$$

όπου n είναι ο αριθμός των διαστάσεων και x'_k και x_k είναι το k -οστό χαρακτηριστικό των \mathbf{x}' και \mathbf{x} αντίστοιχα.

Από τις υπολογισμένες αποστάσεις, επιλέγουμε το υποσύνολο $D_z \subseteq D$ με τα k κοντινότερα δείγματα του συνόλου εκπαίδευσης προς το z . Η ταξινόμηση του z προκύπτει από την πλειοψηφούσα κλάση στα k κοντινότερα δείγματα:

$$y' = \arg \max_v \sum_{(x_i, y_i) \in D_z} I(y = y_i) \quad \text{Εξ. 4.16}$$

όπου v είναι μια ετικέτα κλάσης, y_i είναι η κλάση για έναν από του κοντινότερους γείτονες και $I(\cdot)$ συνάρτηση που επιστρέφει την τιμή 1, αν το όρισμα μας είναι αληθές και την τιμή 0, διαφορετικά. Οι ισοψηφίες επιλύονται τυχαία.

4.2.5.2. Σύστημα Διανυσμάτων Υποστήριξης

Ο στόχος του Συστήματος Διανυσμάτων Υποστήριξης [54] είναι η παραγωγή ενός μοντέλου, από το σύνολο εκπαίδευσης, που προβλέπει τις ετικέτες κλάσης των εγγραφών του συνόλου ελέγχου, από τα χαρακτηριστικά κάθε εγγραφής.

Έστω ότι τα ζεύγη (\mathbf{x}_i, y_i) για $i = 1, \dots, N$ αποτελούν το σύνολο εκπαίδευσης N εγγραφών, όπου το $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})^T$ αντιστοιχεί στο σύνολο χαρακτηριστικών της i -οστής εγγραφής, και το $y_i \in \{-1, 1\}$ στην ετικέτα κλάσης της.

Η ιδέα του SVM είναι η εύρεση ενός υπερεπίπεδου με το μέγιστο περιθώριο, που να διαχωρίζει τα σημεία των δύο κλάσεων. Η εκπαίδευση ενός μοντέλου SVM απαιτεί την λύση στο ακόλουθο πρόβλημα βελτιστοποίησης:

$$\min_{\mathbf{w}, \xi} \left(\frac{\|\mathbf{w}\|^2}{2} + C \sum_{i=1}^N \xi_i \right) \quad \text{Εξ. 4.17}$$

ως προς

$$y_i (\mathbf{w} \cdot \Phi(\mathbf{x}_i) + b) \geq 1 - \xi_i, \quad \xi_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad \text{Εξ. 4.18}$$

όπου b είναι ένας παράγοντας πόλωσης (bias term), \mathbf{w} το διάνυσμα κάθετο στο υπερεπίπεδο $\langle \mathbf{w}, b \rangle$, ξ οι μεταβλητές χαλάρωσης (slack variables) ως παράγοντας σφάλματος ταξινόμησης του υπερεπιπέδου και $C > 0$ παράμετρος κύρωσης για την λανθασμένη ταξινόμηση των εγγραφών του συνόλου εκπαίδευσης.

Η συνάρτηση Φ μετασχηματίζει τα διανύσματα \mathbf{x}_i σε χώρο περισσότερων διαστάσεων όπου ο διαχωρισμός τους είναι γραμμικός.

Το πρόβλημα βελτιστοποίησης λύνεται με την μέθοδο των πολλαπλασιαστών Lagrange και απλοποιείται με τον μετασχηματισμό του στο δυϊκό πρόβλημα:

$$L_D = \sum_{i=1}^n \lambda_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j} \lambda_i \lambda_j y_i y_j K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \quad \text{Εξ. 4.19}$$

Υπολογίζοντας τα λ_i , οι παράμετροι \mathbf{w} και b προκύπτουν από της ακόλουθες εξισώσεις:

$$\mathbf{w} = \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i \Phi(\mathbf{x}_i) \quad \text{Εξ. 4.20}$$

$$\lambda_i \left\{ y_i \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j K(\mathbf{x}_j, \mathbf{x}_i) + b \right) - 1 \right\} = 0 \quad \text{Εξ. 4.21}$$

Και η συνάρτηση απόφασης μπορεί να ταξινομήσει μία εγγραφή \mathbf{z} του συνόλου ελέγχου:

$$f(\mathbf{z}) = \text{sign}(\mathbf{w} \cdot \Phi(\mathbf{z}) + b) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i y_i K(\mathbf{x}_i, \mathbf{z}) + b \right) \quad \text{Εξ. 4.22}$$

όπου $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \equiv \Phi(\mathbf{x}_i) \cdot \Phi(\mathbf{x}_j)$ είναι η συνάρτηση πυρήνα (kernel function), μία μέθοδος υπολογισμού του εσωτερικού γινομένου στον αρχικό χώρο μικρότερης διάστασης. Στην περίπτωση μας η συνάρτηση πυρήνα είναι η πολυωνυμική:

$$K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = (\mathbf{x}_i \cdot \mathbf{x}_j + 1)^p \quad \text{Εξ. 4.23}$$

η οποία ικανοποιεί το θεώρημα του Mercer [54].

Για την εφαρμογή του 2^{ου} και 3^{ου} σταδίου της μεθοδολογίας χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό περιβάλλον MatLab [55], επαυξημένο με τις εργαλειοθήκες Netlab Toolbox [56] και OSU-SVM Toolbox [57].

4.3. Αξιολόγηση – Αποτελέσματα

Για την αξιολόγηση επίσης απόδοσης των μοντέλων ταξινόμησης χρησιμοποιούμε ως μέτρο την *Ακρίβεια (Accuracy)*, η οποία ορίζεται ως:

$$Acc = \frac{\text{αριθμός επιτυχώς ταξινομημένων εγγραφών}}{\text{αριθμός συνολικών εγγραφών}} \quad \text{Εξ. 4.24}$$

καθώς και την *Θετική Προγνωστική Ακρίβεια (Positive Predictive accuracy)* που ορίζεται ως:

$$PPA_x = \frac{\text{αριθμός επιτυχώς ταξινομημένων εγγραφών της κλάσης } x}{\text{αριθμός συνολικών εγγραφών της κλάσης } x} \quad \text{Εξ. 4.25}$$

Ως μέθοδος αξιολόγησης χρησιμοποιείται διασταυρωμένη επικύρωση (k-fold Cross Validation) [54], κατά την οποία το σύνολο δεδομένων διασπάται σε k ισομεγέθη υποσύνολα. Σε κάθε εκτέλεση, ένα από τα υποσύνολα χρησιμοποιείται ως σύνολο ελέγχου και τα υπόλοιπα συγκροτούν το σύνολο εκπαίδευσης. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται k φορές, έτσι ώστε, κάθε υποσύνολο να χρησιμοποιηθεί ακριβώς μία φορά ως σύνολο ελέγχου. Η συνολική ακρίβεια του μοντέλου ταξινόμησης υπολογίζεται αθροίζοντας επίσης ακρίβειες των k εκτελέσεων. Λόγω του μικρού συνόλου δεδομένων, χρησιμοποιούμε μία ειδική περίπτωση επίσης μεθόδου διασταυρωμένης επικύρωσης για $k = N$, όπου N το μέγεθος του συνόλου δεδομένων, η οποία ονομάζεται *leave-one-out*. Στην *leave-one-out* κάθε σύνολο ελέγχου περιλαμβάνει μόνο μία εγγραφή.

Με την τεχνική ταξινόμησης K-Κοντινότεροι Γείτονες, για $K = 5$ και χρήση επίσης μεθόδου SFS για την επιλογή των 9 καλύτερων χαρακτηριστικών, πετύχαμε συνολική ακρίβεια 91,1 %. Ο πίνακας σύγχυσης και η Θετική Προγνωστική Ακρίβεια για κάθε κλάση παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.2 Πίνακας Σύγκρισης για τον Ταξινομητή KNN με 5 Γείτονες και Επιλογή Χαρακτηριστικών με SFS

	Όχι φόβος	Φόβος	Σύνολο	PPA
Ταξινόμηση ως Όχι φόβος	270	18	288	93,8 %
Ταξινόμηση ως Φόβος	14	58	72	80,6 %

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα χαρακτηριστικά με την μεγαλύτερη προγνωστική ακρίβεια, που επιλέχθηκαν με τον SFS, είναι (με φθίνουσα σειρά): ΗΔΔ- μ , θερμοκρασία δέρματος- μ , ΗΜΓ- δ_2 , ΗΜΓ- $\tilde{\delta}_1$, Καρδιακός Ρυθμός- δ_2 , Αναπνοή- $\tilde{\delta}_1$, ΗΜΓ- $\tilde{\delta}_2$ και ΗΔΔ- $\tilde{\delta}_2$.

Με την τεχνική ταξινόμησης Συστήματος Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVM) με συνάρτηση πυρήνα την πολυωνμική 5^{ου} βαθμού, πετύχαμε συνολική ακρίβεια 81,9%. Ο πίνακας σύγκρισης και η Θετική Προγνωστική Ακρίβεια για κάθε κλάση παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3 Πίνακας Σύγκρισης για τον Ταξινομητή SVM

	Όχι φόβος	Φόβος	Σύνολο	PPA
Ταξινόμηση ως Όχι φόβος	256	32	288	88,9 %
Ταξινόμηση ως Φόβος	33	39	72	54,2 %

Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του πίνακα (Πίνακας 3.1) από τις σχετικές εργασίες που σχολιάστηκαν στο κεφάλαιο 3, φαίνεται ότι οι ακρίβειες ταξινόμησης που πετύχαμε – 91,1 % με τον ταξινομητή KNN-SFS, και 82,9 % με το ταξινομητή SVM

– είναι σε καλά επίπεδα. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι, εφόσον οι επίσης μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί σε διαφορετικά σύνολα δεδομένων, τα οποία περιέχουν διαφορετικούς τύπους φυσιολογικών σημάτων και ανόμοιες συγκινησιακές καταστάσεις, δεν είναι δυνατή μια απευθείας σύγκριση μεταξύ επίσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο επίσης παρούσας εργασίας εφαρμόσαμε μεθοδολογία αναγνώρισης συγκινησιακών καταστάσεων με τεχνικές επεξεργασίας φυσιολογικών σημάτων, και διερευνήσαμε τεχνικές ταξινόμησης, σε συνδυασμό με μεθόδους μείωσης των χαρακτηριστικών, για την αναγνώριση του συναισθήματος του φόβου από φυσιολογικά σήματα. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τεχνικές ταξινόμησης K-Κοντινότεροι Γείτονες και Σύστημα Διανυσμάτων Υποστήριξης, και επιτεύχθηκε ακρίβεια ταξινόμησης έως και 91 %, που είναι συγκρίσιμη με αυτή άλλων σχετικών εργασιών στη βιβλιογραφία.

Περιοριστικός παράγοντας στην εφαρμογή επίσης μεθοδολογίας ήταν η αδυναμία εξασφάλισης επίσης επαρκούς συνόλου δεδομένων. Στο σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήσαμε, ο αριθμός των δειγμάτων είναι περιορισμένος, οι κλάσεις αντιπροσωπεύονται ανισομερώς και τα δεδομένα προέρχονται από ένα μόνο άτομο. Επίσης η τεχνική πρόκλησης συναισθήματος, ήταν η αυθυποβολή, κατά συνέπεια δεν μπορούμε να επαληθεύσουμε αντικειμενικά την συγκινησιακή κατάσταση του ατόμου που παρείχε τα φυσιολογικά σήματα.

Πρωταρχικής σημασίας είναι η καταγραφή επίσης αξιόπιστου συνόλου δεδομένων, συνεπώς, σκοπός επίσης είναι να επικεντρωθούμε στο 1^ο στάδιο επίσης μεθοδολογίας (Σχήμα 4.6), δηλ. στην διεξαγωγή ψυχοφυσιολογικού πειράματος με επαρκή αριθμό συμμετεχόντων. Το πρωτόκολλο επίσης ψυχοφυσιολογικής μελέτης θα πρέπει να βασίζεται σε τεχνικές πρόκλησης συναισθήματος, οι οποίες εξασφαλίζουν συνέπεια στα ερεθίσματα που παρουσιάζονται επίσης συμμετέχοντες, και διέπονται από υψηλό βαθμό οικολογικής αξιοπιστίας, επίσης για παράδειγμα, η παρακολούθηση ταινιών τρόμου, που αποτελεί συνηθισμένη δραστηριότητα του ανθρώπου και επιτυγχάνει την πρόκληση του συναισθήματος του φόβου δεοντολογικά.

Επίσης η ψυχοφυσιολογική μελέτη μπορεί να υποστηρίξει την διαβάθμιση του συναισθήματος του φόβου (π.χ. ουδέτερη κατάσταση, μέτριος φόβος, έντονος φόβος, τρόμος), κατά συνέπεια στην συνέχεια να προσαρμόσουμε επίσης τεχνικές ταξινόμησης για περισσότερες κλάσεις.

Ένα σύστημα αυτοματοποιημένης αναγνώρισης του επιπέδου βίωσης του συναισθήματος του φόβου από φυσιολογικά σήματα, μπορεί να ενσωματωθεί σε συστήματα Θεραπείας Έκθεσης με Εικονική Πραγματικότητα, για την μέτρηση σε πραγματικό χρόνο επίσης συγκινησιακής κατάστασης του ασθενή. Αυτό εξυπηρετεί, τόσο το έργο των θεραπειών για την παρακολούθηση του ασθενή, όσο και των ειδικών στην παραγωγή των συστημάτων αυτών, για την μέτρηση επίσης αίσθησης παρουσίας. Επίσης, μπορεί να λειτουργήσει και σε βρόχο ανατροφοδότησης μεταξύ του ασθενή και του εικονικού περιεχομένου, δηλ. η εξέλιξη ή η πορεία του εικονικού περιβάλλοντος να προσαρμόζεται αυτόματα στο επίπεδο φόβου που βιώνει ο ασθενής, συμφωνά πάντα με το πρωτόκολλο θεραπείας και την επίβλεψη των ειδικών θεραπειών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] R. Noyes Jr, M. Roth, and G. D. Burrows. Handbook of Anxiety: Classification, Etiological Factors and Associated Disturbances. Vol. 2. Elsevier. 1988.
- [2] American Psychiatric Organization. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition, Text Revision (DSM-IV-TR)*. Washington DC: American Psychiatric Organization, 2000.
- [3] R. C. Kessler, P. Berglund, O. Demler, R. Jin, K. R. Merikangas, and E. E. Walters. Lifetime Prevalence and Age-of-Onset Distributions of DSM-IV Disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Arch Gen Psychiatry* 62 (6): 593-602, 2005.
- [4] L. F. Hodges, P. Anderson, G. C. Burdea, H. G. Hoffman, and B. O. Rothbaum. Treating Psychological and Physical Disorders with VR. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6): 25-33, Nov/Dec 2001
- [5] N.C. Maatjes. The Treatment of Phobias using Virtual Reality. 3rd Twente Student Conference on IT, Enschede, June 2005.
- [6] E. B. Foa and M. J. Kozak. Emotional processing of fear: Exposure to corrective information. *Psychological bulletin* 99: 20-35. 1986.
- [7] B. Herbelin, F. Vexo, and D. Thalmann. Sense of Presence in Virtual Reality Exposures Therapy. 1st. International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation (VRMHR2002), 2002.
- [8] A. G. Guyton. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Η μυελώδης μοίρα των επινεφριδίων. *Ιατρική Φυσιολογία*, 873 – 890. W.B. Saunders Company. 1991.
- [9] S. Roy. State of the art of virtual reality therapy (VRT) in phobic disorders. *PsychNology Journal*, 1(2): 176-183, 2003.
- [10] W. R. Sherman and A. B. Craig. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. Morgan Kaufmann Publishers. An imprint of Elsevier Science. San Francisco. 2003.

- [11] G. Riva, C. Botella, P. Légeron and G. Optale (Eds.), 1 Cybertherapy in Practice: The VEPSY Updated Project. Cybertherapy: Internet and Virtual Reality as Assessment and Rehabilitation Tools for Clinical Psychology and Neuroscience, Amsterdam: Ios Press, 2004.
- [12] G. Riva, C. Botella, P. Légeron, and G. Optale (Eds.), 3 Virtual Reality and Psychotherapy. Cybertherapy: Internet and Virtual Reality as Assessment and Rehabilitation Tools for Clinical Psychology and Neuroscience, Amsterdam: Ios Press, 2004.
- [13] M. Krijn, P. Emmelkamp, R.P. Olafsson, and R. Biemond. Virtual Reality exposure therapy of anxiety disorders: A review. *Clinical Psychology Review* 24: 259 – 281, 2004.
- [14] M .M. North, S.M. North, & J.R. Coble, Virtual reality therapy: An effective treatment for psychological disorders. In: Riva G. ed. *Psycho-neuro-physiological Assessment and Rehabilitation in Virtual Environments: Cognitive, Clinical, and Human Factors in Advanced Human Computer Interactions*. 59-70, IOS Press: Amsterdam, 1997.
- [15] L. Gregg and N. Tarrier. Virtual Reality in Mental Health: A review of the literature. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 42: 343-354, 2007.
- [16] P. M.G. Emmelkamp, M. Bruynzeel, L. Drost, and C. van der Mast, Virtual Reality Treatment in Acrophobia: A Comparison with Exposure in Vivo, *Cyberpsychology and Behavior*, 4(3): 335-341, June 2001.
- [17] B. O. Rothbaum, P. Anderson, E. Zimand, L. Hodges, D. Lang, and J. Wilson. Virtual Reality Exposure Therapy and Standard (in Vivo) Exposure Therapy in the Treatment of Fear of Flying. *Behavior Therapy* 37(1): 80-90, March 2006.
- [18] A. Garcia-Palacios, H. Hoffman, A. Carlin, T. A. Furness, and C. Botella. Virtual reality in the treatment of spider phobia: a controlled study. *Behaviour Research and Therapy*, Volume 40(9): 983-993, Sept. 2002.
- [19] G. Riva, C. Botella, P. Légeron, and G. Optale (Eds.), 6 Virtual Reality Exposure in the Treatment of Social Phobia. Cybertherapy: Internet and Virtual Reality as Assessment and Rehabilitation Tools for Clinical Psychology and Neuroscience, Amsterdam: Ios Press, 2004.
- [20] E. Klinger, S. Bouchard, P. Legeron, S. Roy, F. Lauer, I. Chemin, and P. Nugues. Virtual Reality Therapy Versus Cognitive Behavior Therapy for Social Phobia: A Preliminary Controlled Study. *CyberPsychology & Behavior* 8(1): 76-88, 2005.
- [21] G. Riva, C. Botella, P. Légeron, and G. Optale (Eds.), 5 The use of VR in the treatment of panic disorders and agoraphobia. Cybertherapy: Internet and Virtual Reality as Assessment and Rehabilitation Tools for Clinical Psychology and Neuroscience, Amsterdam: Ios Press, 2004.

- [22] M. V. Sanchez-Vives and M. Slater. From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6 (4):332-339, 2005.
- [23] B. E. Insko. *Measuring Presence: Subjective, Behavioral and Physiological Methods*. Concepts, effects and measurements of user presence in synthetic environments. Ios Press Amsterdam, 2003.
- [24] M. Slater, C. Guger, G. Edlinger, R. Leeb, G. Pfurtscheller, A. Antley, M. Garau, A. Brogni, and D. Friedman. Analysis of Physiological Responses to a Social Situation in an Immersive Virtual Environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 15, 553-569, 2006.
- [25] D. P. Jang, I. Y. Kim, S. W. Nam, B. K. Wiederhold, M. D. Wiederhold, and S. I. Kim. Analysis of Physiological Response to Two Virtual Environments: Driving and Flying Simulation. *CyberPsychology & Behavior*, 5(1): 11-18, 2002.
- [26] B. K. Wiederhold, D. P. Jang, S. I. Kim, and M. D. Wiederhold. Physiological Monitoring as an Objective Tool in Virtual Reality Therapy. *CyberPsychology & Behavior*, 5(1): 77-82, Feb 2002.
- [27] B. K. Wiederhold, D. P. Jang, M. Kaneda, I. Cabral, Y. Lurie, T. May, I. Y. Kim, M. D. Wiederhold, and S. I. Kim. An Investigation into Physiological Responses in Virtual Environments: An Objective Measurement of Presence, Towards CyberPsychology: Mind, Cognitions and Society in the Internet Age, Amsterdam, IOS Press, pp. 175-183, 2003.
- [28] M. Meehan, B. Insko, M. Whitton, and F. P. Brooks, Jr. Physiological Measures of Presence in Stressful Virtual Environments. In *ACM Trans. Graph.* 2002.
- [29] M. Meehan, B. Insko, M. Whitton, F. P. Brooks, Jr. Physiological Measures of Presence in Virtual Environments.
- [30] B. Herbelin, P. Benzaki, F. Riquier, O. Renault, and D. Thalmann. Using physiological measures for emotional assessment: a computer-aided tool for Cognitive and Behavioural Therapy. *International Journal on Disability and Human Development*, Vol 4(4), Dec. 2005.
- [31] C. Guger, G. Edlinger, R. Leeb, G. Pfurtscheller, A. Antley, M. Garau, A. Brogni, D. Friedmann, and M. Slater, Heart-Rate Variability and Event-Related ECG in Virtual Environments, In *Proceedings: 7th Annual International Workshop on Presence (PRESENCE 2004)*, pp.240-245, Oct. 2004.
- [32] B. Takacs and L. Simon. A Clinical Virtual Reality Rehabilitation System for Phobia Treatment. In: *11th International Conference Information Visualization*, pp. 798 – 806, July 2007.
- [33] P. Ekman. An Argument for Basic Emotions. *Cognition and Emotion*. 6 (3/4) 169-200. 1992.

- [34] W. James, What is an emotion? *Mind*. 9, 188-205, 1884.
- [35] G. Stemmler. *Physiological Processes During Emotion*. Ed: P. Philippot, R. S. Feldman. *The Regulation of Emotion*. Routledge. 2004.
- [36] R. W. Picard. *Affective Computing*. The MIT press, Cambridge, 1997.
- [37] R. W. Picard, E. Vyzas, J. Healey. Towards Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. Vol.23, no 10. 2001.
- [38] Y. Zhang and Q. Ji. Active and dynamic information fusion for facial expression understanding from image sequences. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 27, Issue 5, pp. 699 – 714. 2005.
- [39] I. R. Murray and J. L. Arnott. Toward the simulation of emotion in synthetic speech: a review of the literature on human vocal emotion. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 93, no 2. pp. 1097-1108. 1993.
- [40] P. Ekman, R. W. Levenson, and W.V. Friesen. Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*, vol. 221, no. 4616. 1983.
- [41] J. A. Healey. *Wearable and Automotive Systems for Affect Recognition*. PhD Thesis, MIT, Cambridge. 2000.
- [42] A. Haag, A Goronzy, P. Schaich, and J. Williams. Emotion Recognition Using Bio-Sensors: First Steps Towards an Automatic System. *Affective Dialogue Systems*, Vol. 3068, pp. 36-48. Springer Berlin. 2004.
- [43] Center for the study of Emotion and Attention. *The International Affective Picture System: Digitized Photographs*. University of Florida. Center of Research in Psychophysiology. 2001.
- [44] F. Nasoz, K. Alvarez, C. L. Lisetti, and N. Finkelstein. Emotion Recognition from Physiological Signals for Presence Technologies. *International Journal of Cognition Technology and Work, Special Issues of Presence*, vol. 6(1), 2003.
- [45] J. Wagner, J. Kim, and E. Andre. From Physiological Signals to Emotions: Implementing and Comparing Selected Methods for Feature Extraction and Classification. In: *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 940 – 943. Amsterdam. 2005.
- [46] K. H. Kim, S. W. Bang, and S. R. Kim. Emotion recognition system using short-term monitoring of physiological signals. *Mediacal & Biological Engineering & Computing*, vol. 42, no 3, pp. 419 – 427. 2004.
- [47] L. Li and J. Chen. Emotion Recognition Using Physiological Signals from Multiple Subjects. In *proc: International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, pp. 355-358. Pasadena. 2006.

- [48] P. Rani, N. Sarkar, and J. Adams. Anxiety-based affective communication for implicit human –machine interaction. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 21, pp. 323-334. 2007.
- [49] C. D. Katsis, N. Katertsidis, G. Ganiatsas, and D. I. Fotiadis. Toward Emotion Recognition in Car-Racing Drivers: A Biosignal Processing Approach. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, Vol. 38, no 3, pp. 502 – 512. 2008.
- [50] M. E. Dawson, A. M. Schell, and D. L. Filion. *The Electrodermal System. Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge Univ. Press, 2007.
- [51] G. G. Berntson, K. S. Quigley, and D. Lozano. *Cardiovascular Psychophysiology. Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge Univ. Press, 2007.
- [52] T. S. Lorig. *The Respiratory System. Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge Univ. Press, 2007.
- [53] C. M. Bishop. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Pp 191-192. Springer 2006.
- [54] P.N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar. *Introduction to Data Mining*. Addison Wesley 2006.
- [55] The Mathworks, Inc. *MatLab. The Language of Technical Computing*. Version 7.0. 2004.
- [56] I. T. Nabney. *Netlab Toolbox*. Version 3.3.1. 2004.
- [57] J. Ma, Y. Zhao, S. Ahalt and D. Eads. *OSU-SVM Support Vector Machine Toolbox*. Version 3.0. 2002.

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Η Βασιλική Δεβελέγκα γεννήθηκε στα Ιωάννινα στις 31 Μαρτίου του 1969. Αποφοίτησε από το Λύκειο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων το 1987. Σπούδασε στο Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Κρήτης, από όπου αποφοίτησε το Μάρτιο του 1994. Από τον Απρίλιο του 1994 έως και τον Μάρτιο του 1998, εργάστηκε ως Σύμβουλος Πληροφορικής στο Κοινοφελές Ίδρυμα ΕΓΝΑΤΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ. Από τον Απρίλιο του 1998 έως τον και τον Αύγουστο του 2000, εργάστηκε, ως επιστημονικός συνεργάτης στη Μονάδα Ιατρικής Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Λογισμικού του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Από τον Σεπτέμβριο του 2000 έως σήμερα, εργάζεται ως εκπαιδευτικός πληροφορικής Β΄/βαθμιας Εκπ/σης του Υπουργείου Παιδείας. Το Σεπτέμβριο του 2005 εγγράφηκε στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

