



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ  
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ**

**AFFECTIVE COMPUTING σε IOT**

**Διπλωματική Εργασία**

**Της φοιτήτριας Δεφίγγου Μαρίας**

**Επιβλέπων: Καθηγητής Γεώργιος Σταμούλης**  
**Επιστημονικός Σύμβουλος: Κωνσταντίνος Κολομβάτσος**

**Λαμία 2019**

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο [«τίτλος εργασίας»] αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Η ΔΗΛΟΥΣΑ

Δεφίγγου Μαρία

Ημερομηνία

17/4/2019

Υπογραφή

**AFFECTIVE COMPUTING σε IOT**

**ΔΕΦΙΓΓΟΥ ΜΑΡΙΑ**

### Τριμελής Επιτροπή:

Όνοματεπώνυμο, Σταμούλης Γεώργιος

Όνοματεπώνυμο, Λουκόπουλος Αθανάσιος

Όνοματεπώνυμο, Κοζύρη Μαρία

### Επιστημονικός Σύμβουλος:

Όνοματεπώνυμο, Κολομβάτσος Κωνσταντίνος

## Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
ΟΡΙΣΜΟΣ .....	6
1. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ .....	8
1.1 Σύντομη περιγραφή Αλγορίθμων μάθησης .....	9
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ .....	12
2.1 Επεξεργασία συναισθήματος στο λόγο .....	12
2.2 Επεξεργασία εκφράσεων προσώπου .....	13
2.2.1 Κίνηση σώματος και χειρονομίες .....	14
2.3 Πολυτροπικό σύστημα.....	15
3. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΟΣ .....	17
3.1 Βάσεις .....	17
3.2 Συστήματα αναγνώρισης συναισθημάτων.....	18
3.3 Βοηθητικά εργαλεία μέτρησης των συναισθημάτων.....	20
4. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ .....	22
4.1 Εφαρμογή σε ηλεκτρονικά παιχνίδια ψυχαγωγίας (video games) /Εκπαιδευτικά .....	22
4.2 Προώθηση ευγένειας και ευγνωμοσύνης με διάχυτη υπολογιστική .....	22
4.3 Έρευνα της ψυχικής υγείας μέσω πλατφόρμας κινητού τηλεφώνου .....	23
4.4 «Παράθυρο» επικοινωνίας με τα αυτιστικά παιδιά .....	24
4.5 Εκπαίδευση μέσω αναγνώρισης συναισθημάτων .....	25
4.6 Ανίχνευση σεξουαλικής επίθεσης .....	27
4.7 Συλλογή συναισθηματικών καταστάσεων πλήθους .....	27
4.8 Αναγνώριση συναισθημάτων στον τομέα του Marketing.....	28
5. ΙΔΑΝΙΚΟ ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΚΟ - ΟΛΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	29
6. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	31
6.1 Ιδιωτικότητα .....	31
6.2 Εν επιγνώση συναίνεση .....	31
6.3 Κατάχρηση δεδομένων .....	31
6.4 Πολυπλοκότητα δεδομένων .....	32
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	34
REFERENCES .....	35

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μπορούν τα ρομπότ να αισθανθούν; Μία ερώτηση που είχε σα δεδομένη και αδιαμφισβήτητη αρνητική απάντηση, μέχρι πρόσφατα. Στο Πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ ένα ρομπότ ονόματι Τσαρλς κάθεται σε έναν προσομοιωτή και συνοφρυώνει τα φρύδια του, εκφράζει ενδιαφέρον ή απορία. Σε ορισμένα αμερικανικά σχολεία ηλεκτρονικοί υπολογιστές καταγράφουν τα συναισθήματα των φοιτητών σε μία προσπάθεια να εντοπίσουν τις στιγμές κατά τις οποίες χάνουν το ενδιαφέρον τους για τη διάλεξη που παρακολουθούν, και τότε αντιθέτως εστιάζουν την προσοχή τους σε αυτό που κάνουν. Συσκευές αφής μπορούν να στείλουν αγκαλιές σε αγαπημένα μας άτομα που βρίσκονται μακριά.

Τα παραπάνω παραδείγματα αντικατοπτρίζουν μία νέα τεχνολογική προσέγγιση, τη λεγόμενη συναισθηματική υπολογιστική επιστήμη, όπου οι υπολογιστές θα έχουν την ικανότητα να διαβάζουν τα συναισθήματά μας. Το ερώτημα πλέον μεταφέρεται στο αν μπορεί το διαδίκτυο να αισθανθεί. Οι άνθρωποι μπορούν με ευκολία να «αναγνωρίσουν» το συναίσθημα στο πρόσωπο του συνομιλητή τους και να λειτουργήσουν αντίστοιχα, διαχειρίζοντας και το δικό τους συναίσθημα.

Αυτά λοιπόν που μέχρι πριν λίγα χρόνια φάνταζαν ως σενάρια επιστημονικής φαντασίας γίνονται πλέον πραγματικότητα. Είναι όμως δυνατόν συσκευές ψηφιακές να μπορούν να αντιληφθούν τα ανθρώπινα συναισθήματα και να αλληλοεπιδράσουν, ιδίως όταν τα ίδια τα συναισθήματα είναι δύσκολο να γίνουν αντιληπτά από τους ίδιους τους ανθρώπους;

Στόχος τη παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση της έννοιας της συναισθηματικής υπολογιστικής, και οι ορισμοί που εμπλέκονται σε αυτό το ερευνητικό κομμάτι. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι μορφές των στοιχείων που χρησιμοποιούνται σαν είσοδοι για την επεξεργασία των ανθρώπινων συναισθημάτων, τα βήματα που ακολουθούνται για την άντληση στοιχείων, η επεξεργασία αυτών και η τελική ανάλυση των συναισθημάτων. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται τα συστήματα και μοντέλα, καθώς και οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση, και τα εργαλεία μέτρησης των συναισθημάτων. Επιπλέον παρουσιάζονται σχετικές σύγχρονες εφαρμογές σε IOT ώστε να γίνει σαφής η χρησιμότητα και στην καθημερινή ζωή. Επίσης, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά ενός ιδανικού συστήματος συναισθηματικής υπολογιστικής. Τέλος, αναφέρονται οι προκλήσεις που παρουσιάζονται από τη συνεχόμενη ανάπτυξη του πεδίου της συναισθηματικής υπολογιστικής. Ποια πρέπει να είναι τα σημεία τα οποία πρέπει να διαλευκανθούν και οριοθετηθούν ώστε να λειτουργήσει προς όφελος του ανθρώπου;

## ΟΡΙΣΜΟΣ

Η **συναισθηματική υπολογιστική (affective computing)** ορίζεται ως η επιστήμη που μελετά και αναπτύσσει συστήματα, συσκευές και εφαρμογές, που μπορούν να αναγνωρίσουν, ερμηνεύσουν, επεξεργαστούν, αναλύσουν, προβλέψουν και προσομοιώσουν ανθρώπινα συναισθήματα. Η έρευνα στο σύγχρονο αυτό επιστημονικό πεδίο αποσκοπεί στην ανάπτυξη ανθρωποκεντρικών υπολογιστών (human-centered), που να μπορούν να κατανοήσουν την κατάσταση ενός ανθρώπου (ταυτότητα, συναισθηματική κατάσταση, κινήσεις) χρησιμοποιώντας οπτικοακουστικά και βιολογικά σήματα και μετά να αλληλοεπιδράσουν μαζί του χρησιμοποιώντας οπτικοακουστική πληροφορία [1]. Αίσθηση προκαλεί το ηλεκτρονικό σκυλάκι που κυκλοφορεί στην παγκόσμια αγορά με την ονομασία AIBO [40]. Σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία το AIBO αναπτύσσει την προσωπικότητά του αλληλοεπιδρώντας με τους ανθρώπους και με το περιβάλλον του. Ικανοποιεί την περιέργειά του, ψάχνει για παιχνίδια, επικοινωνεί με τον ιδιοκτήτη, φορτίζει μόνο του την μπαταρία του. Το AIBO διαθέτει τους κατάλληλους εκείνους μηχανισμούς ώστε να δείχνει συναισθήματα (φόβος, έκπληξη, θυμός, χαρά, λύπη, απέχθεια κ.α.)

Η συναισθηματική υπολογιστική είναι ένας τομέας μελέτης που συνδέει την επιστήμη των υπολογιστών, της ψυχολογίας και της γνωσιακής (μελέτη του νου, cognitive). Οι βασικές έννοιες της σύνδεσης των συναισθημάτων με τους υπολογιστές πρωτοπαρουσιάστηκαν από την R.W Picard το 1997 [2], η οποία κατάλαβε τη δυναμική των υπολογιστών να αναγνωρίζουν, καταλαβαίνουν, εκφράζουν και αναπαράγουν τα ανθρώπινα συναισθήματα.

Ήδη τα πεδία της σύνθεσης και ανάλυσης συναισθημάτων αρχίζουν να ανοίγουν νέους ορίζοντες στους ερευνητές για να σκεφτούν και να δημιουργήσουν αλληλεπιδραστικά υπολογιστικά συστήματα. Ορισμένοι έχουν αρχίσει να δημιουργούν υπολογιστικά συστήματα τα οποία μπορούν να συνθέσουν συναισθηματικές καταστάσεις ενώ κάποιοι άλλοι έχουν εστιάσει το ενδιαφέρον τους στη δημιουργία τεχνικών αναγνώρισης από ακουστικά, οπτικά ή και άλλου είδους δεδομένα.

Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα επιστημών, από τη ψυχολογία και την κοινωνιολογία, ως το μάρκετινγκ. Είναι γνωστό στον τομέα του μάρκετινγκ ότι ένα προϊόν θεωρείται επιτυχημένο όταν μπορεί να προκαλέσει συναισθήματα στο αγοραστικό κοινό. Αυτή η εφαρμογή της συναισθηματικής υπολογιστικής σε πληθώρα πεδίων της καθημερινής ζωής την καθιστά ως ένα από τα σύγχρονα ενεργά πεδία έρευνας, που συνεχώς βρίσκονται σε εξέλιξη με πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα. Είναι φανερό, καθώς βασικό αντικείμενο επεξεργασίας είναι τα ανθρώπινα συναισθήματα, η ανάγκη της γνώσης και συνεργασίας και άλλων επιστημών πέραν της επιστήμης των υπολογιστών, όπως της ψυχολογίας, της φυσιολογίας, και της κοινωνιολογίας.

Ο όρος **Internet of Things (IOT)**, Διαδίκτυο των πραγμάτων [82], είναι μια έννοια που αφορά τα αντικείμενα της καθημερινότητάς μας, από βιομηχανικές συσκευές, μέχρι συσκευές που μπορούν να φορεθούν και χρησιμοποιούν ενσωματωμένους αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων και την ανάληψη κάποιας δράσης σε αυτά μέσα σε ένα δίκτυο. Αποτελούν οι συσκευές αυτές στη σύγχρονη εποχή όλο και περισσότερο αναπόσπαστο κομμάτι των καθημερινών ανθρώπινων δραστηριοτήτων, χωρίς να γίνονται αντιληπτές λόγω του μεγέθους τους και ταυτόχρονα είναι άμεση ακόμα καθώς λόγω της σωματικής επαφής τους με το χρήστη.

Δεδομένων αυτών των χαρακτηριστικών οι IOT συσκευές παρέχουν τη δυνατότητα για συλλογή και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων. Συγκεκριμένα, μπορούν να συλλέξουν στοιχεία των ανθρωπίνων συναισθημάτων του εκάστοτε χρήστη από μία πληθώρα πηγών, όπως είναι οι εκφράσεις του προσώπου, οι χειρονομίες (ρυθμός και ένταση), η στάση του σώματος, το ηχόχρωμα της φωνής, και οι εναλλαγές στη θερμοκρασία του σώματος. Όλες αυτές οι πηγές μπορούν να δώσουν πληροφορίες σχετικά με την εναλλαγή της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη. Η αναγνώριση και ανίχνευση των συναισθημάτων (emotion detection) λοιπόν καταγράφει συναισθήματα όπως άγχος, θυμός, χαρά, χρησιμοποιώντας στοιχεία από όλες τις δυνατές πηγές εισόδου της συσκευής. Η συναισθηματική υπολογιστική προσπαθεί να δώσει στους υπολογιστές αρχικά και στη συνέχεια σε πληθώρα συσκευών το ανθρώπινο γνώρισμα της αναγνώρισης, πρόκλησης και παρέμβασης συναισθημάτων.



## 1. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ

Για τη διαδικασία εξαγωγής των συναισθημάτων και ανάλυσης αυτών χρησιμοποιείται κυρίως η προσέγγιση της μηχανικής μάθησης. Γενικά η έννοια της μάθησης σε ένα δίκτυο, αναφέρεται στη διαδικασία που το υποχρεώνει να αποδώσει μια συγκεκριμένη απόκριση σε μια σαφή είσοδο. Δίνεται στους υπολογιστές η δυνατότητα, χωρίς να έχουν προγραμματιστεί αυστηρά, να μαθαίνουν από την εμπειρία με έναν τρόπο που προσομοιάζει και εμπνέεται από τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου,.

### Κατηγορίες μηχανικής μάθησης:

#### Επιβλεπόμενη μάθηση (Supervised Learning)

Η επιβλεπόμενη μάθηση είναι μία κατηγορία μηχανικής μάθησης, στόχος της οποίας είναι ο χαρακτηρισμός δεδομένων με βάση κάποια δεδομένα εκπαίδευσης [41]. Στο σύστημα παρουσιάζονται δεδομένα εισόδου χαρακτηρισμένα με τις αντίστοιχες επιθυμητές εξόδους και το σύστημα προσπαθεί να μάθει τον τρόπο με τον οποίο οι εισόδοι αντιστοιχίζονται στις εξόδους ώστε μελλοντικά να προβλέπει την έξοδο σε νέα δεδομένα εισόδου [42]. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αλγορίθμων επιβλεπόμενης μάθησης είναι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks ANN) [43], οι Μηχανές Διανυσματικής υποστήριξης (Support Vector Machines SVM) [44] και οι ταξινομητές Bayes [45].

#### Μη επιβλεπόμενη μάθηση (Unsupervised Learning)

Η μη επιβλεπόμενη μάθηση αποτελεί κατηγορία της μηχανικής μάθησης, στόχος της οποίας είναι η ανακάλυψη πιθανής δομής που μπορεί να κρύβεται πίσω από μη χαρακτηρισμένα δεδομένα [46]. Το σύστημα εκπαιδεύεται με δεδομένα που δεν έχουν χαρακτηριστεί από επιθυμητή έξοδο (unlabeled data). Δεν υπάρχει δυνατότητα αξιολόγησης της επίδοσης του δικτύου αφού δεν είναι γνωστή η επιθυμητή απόκριση. Συνήθως σκοπός αυτού του είδους μηχανικής μάθησης είναι η ανακάλυψη κρυφών δομών, προτύπων ή συσχετίσεων πίσω από τα δεδομένα. Καθώς το σύστημα εντοπίζει όλα αυτά, υποβάλλεται σε αλλαγή των παραμέτρων, οι οποίες καλούνται σε αυτοοργάνωση. Στην πιο απλή περίπτωση μη επιβλεπόμενης μάθησης χρησιμοποιείται η συσταδοποίηση των δεδομένων (clustering), δηλαδή ο χωρισμός τους σε ομάδες, έτσι ώστε παρόμοια δεδομένα να ανήκουν στην ίδια συστάδα. Τυπικοί αλγόριθμοι αυτού του είδους μηχανικής μάθησης είναι ο αλγόριθμος ομαδοποίησης k-means (k-means clustering) [47] και ειδικοί τύποι νευρωνικών δικτύων, που καλούνται χάρτες αυτό-οργάνωσης (self-organizing maps-SOMs) [48].

#### Ημι-επιβλεπόμενη μάθηση (Semi-supervised Learning)

Είναι η υβριδική προσέγγιση της μηχανικής μάθησης που συνδυάζει την επιβλεπόμενη και την μη-επιβλεπόμενη μάθηση. Στο σύστημα κατά την εκπαίδευσή του παρουσιάζονται τόσο χαρακτηρισμένα όσο και μη χαρακτηρισμένα δεδομένα (labeled-unlabeled data). Συνήθως τα χαρακτηρισμένα (labeled) δεδομένα, αυτά δηλαδή που συνοδεύονται από επιθυμητή απόκριση, είναι αρκετά λιγότερα και δυσεύρετα σε σχέση με τα unlabeled. Αναλυτικότερα, τα labeled δεδομένα απαιτούν κάποια ανθρώπινη παρέμβαση, κάποιον δηλαδή για να τα χαρακτηρίσει ως προς την επιθυμητή απόκριση. Αυτό σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να γίνει με αυτοματοποιημένο τρόπο, όπως στην ανάλυση συναισθήματος σε κριτικές ταινιών στο διαδίκτυο, όπου κάθε χρήστης μαζί με την κριτική του αφήνει και κάποια βαθμολογία. Συνήθως όμως γίνεται χειροκίνητα από κάποιον άνθρωπο. Έχει παρατηρηθεί ότι συνδυασμός επιβλεπόμενης μάθησης με επαρκή δεδομένα αποδίδει καλύτερα στην πράξη.

## Ενεργητική μάθηση (Active Learning)

Νεότερη υποκατηγορία της ημιεπιβλεπόμενης μάθησης αποτελεί η ενεργητική μηχανική μάθηση[49]. Με αυτήν το πρόγραμμα επιλέγει με ερωτήματα (queries) βάσει συγκεκριμένων στρατηγικών κάποια μη ταξινομημένα δεδομένα για κατηγοριοποίηση. Βάζει σε προτεραιότητα δεδομένα για τα οποία το μοντέλο που χρησιμοποιείται για εκμάθηση δυσκολεύεται να βάλει σε κατηγορίες. Ο στόχος της μεθόδου είναι να μεγιστοποιηθεί η ακρίβεια του προγράμματος μηχανικής μάθησης μέσω των ερωτημάτων που θέτει στα μη κατηγοριοποιημένα δεδομένα που υπάρχουν, ενώ παράλληλα μειώνεται το έργο που θα απαιτηθεί από τους «ειδικούς» (domain experts) του συγκεκριμένου αντικείμενου για την κατηγοριοποίηση/ταμπελοποίηση των υπολοίπων δεδομένων.

## Ενισχυτική μάθηση (Reinforcement Learning)

Στις τεχνικές ενισχυτικής μάθησης [49] το μοντέλο σύστημα προσπαθεί να μάθει μέσα από την άμεση αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Δεν καθοδηγείται από κάποιον εξωτερικό επιβλέποντα για το ποια ενέργεια θα πρέπει να ακολουθήσει, αλλά πρέπει να ανακαλύψει μόνο του ποιες ενέργειες είναι αυτές που θα αποφέρουν το μεγαλύτερο κέρδος.

### 1.1 Σύντομη περιγραφή Αλγορίθμων μάθησης

Όλοι οι αλγόριθμοι που αφορούν τη μάθηση συστημάτων έχουν σα βασική διαδικασία το διαχωρισμό των δεδομένων σε κατηγορίες. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια των ταξινομητών (classifiers). Τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται χωρίζουν τα δεδομένα με γραμμικό τρόπο με σκοπό να προκύψουν στοιχεία κατηγοριοποίησης. Τα μαθηματικά μοντέλα χρησιμοποιούν όλα τα δεδομένα συγχρόνως για να βρουν την καλύτερη κατηγοριοποίηση.

**Linear Discriminant Classifiers (LDC):** χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά ενός αντικείμενου, για την ταξινόμησή του σε ομάδα. Γίνεται γραμμικός συνδυασμός των τιμών που έχουν τα χαρακτηριστικά για να επιτευχθεί η ομαδοποίηση. Η μέθοδος LDC είναι ιδανική σε περιπτώσεις που υπάρχουν πολλές μεταβλητές (χαρακτηριστικά) προσφέροντας μεγάλα επίπεδα ακρίβειας, ενώ ταυτόχρονα είναι εύκολη και γρήγορη [7].

**K-Nearest Neighbor (k-NN):** Ο ταξινομητής K - κοντινότερων γειτόνων (KNN) βασίζεται στον υπολογισμό των K κοντινότερων προτύπων και στην αναζήτηση της συχνότερα εμφανιζόμενης κλάσης των K αυτών προτύπων. Ποιο μέλος μιας ομάδας έχει τα κοντινότερα χαρακτηριστικά με ο αντικείμενο που μας ενδιαφέρει [7].

**Gaussian Mixture Model (GMM):** αναφέρεται σε συνεχείς μεταβλητές οι οποίες μπορούν να περιγραφούν από μια συνεχή συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Την κατανομή αυτή ακολουθούν κατά προσέγγιση τα περισσότερα συνεχή φαινόμενα που μπορεί να συναντήσει κανείς στην καθημερινότητα [7].

**Support Vector Machines (SVM):** Χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση των δεδομένων και εφαρμόζεται με πολύ μεγάλη επιτυχία στην κατηγοριοποίηση των αρχείων κειμένου. Χαρτογραφεί το σύνολο των δεδομένων που μας ενδιαφέρει σε ένα πιθανό πολυδιάστατο χώρο διανυσμάτων και προσπαθεί σε αυτό το χώρο να εντοπίσει ένα πεδίο το οποίο να διαχωρίζει τα θετικά από τα αρνητικά παραδείγματα [7].

**Decision Trees:** Η εκμάθηση με Δέντρο Απόφασης δέχεται σαν είσοδο ένα αντικείμενο ή μια κατάσταση που περιγράφεται από ένα σύνολο ιδιοτήτων και έχει σαν αποτελέσματα μια απόφαση ναι ή όχι [7].

**Artificial Neural Networks (ANN):** Η σχέση εισόδου-εξόδου είναι μη γραμμική. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να μαθαίνουν μη γραμμικές συσχετίσεις εισόδων και εξόδων κατευθείαν από τα δεδομένα εκπαίδευσής τους [11].

**Bayes ταξινομητές:** Βασίζονται στη θεωρία αποφάσεων κατά Bayes [45]. Είναι ένα πιθανοθεωρητικό γραφικό μοντέλο που απεικονίζει ένα σύνολο τυχαίων μεταβλητών και τη μεταξύ τους υποθετική ανεξαρτησία διαμέσου ενός κατευθυνόμενου άκυκλου γράφου. Λόγω της απλοϊκότητάς τους εκπαιδεύονται αποδοτικά.

**Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (convolutional Neural Networks-CNNs) [52]:** αποτελούν ειδική κατηγορία των νευρωνικών δικτύων, τα οποία είναι κατάλληλα για την επεξεργασία πληροφορίας που μπορεί να αναπαρασταθεί σε μορφή πλέγματος. Σειριακά συνδεδεμένα επίπεδα υπολογιστικών μονάδων είναι δυνατόν να τροφοδοτούν τις εξόδους τους είτε μόνο προς τα στρώματα που έπονται (εμπρόσθια διάδοσης) είτε σε στρώματα που προηγούνται (αναδρομικά νευρωνικά δίκτυα). Εμπνέονται από τους μηχανισμούς επεξεργασίας της οπτικής πληροφορίας, που συναντώνται στους ζωντανούς οργανισμούς. Δημιουργήθηκαν αρχικά για εφαρμογές υπολογιστικής όρασης, ωστόσο τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται επιτυχώς σε διάφορους κλάδους της επιστήμης των υπολογιστών, όπως στην επεξεργασία φωνής και σε υποπεριοχές της επεξεργασίας του φυσικού λόγου. Τα βαθιά Συνελικτικά Νευρωνικά δίκτυα αποτελούν παρακλάδι των Συνελικτικών Νευρωνικών Δικτύων, όπου

- χρησιμοποιούν μια αλληλουχία πολλών επιπέδων αποτελούμενων από μη γραμμικούς μετασχηματισμούς για εξαγωγή χαρακτηριστικών
- τα χαρακτηριστικά στα βαθύτερα επίπεδα προέρχονται από χαρακτηριστικά άλλων επιπέδων
- μαθαίνουν πολλαπλά επίπεδα αναπαράστασης της εισόδου

Οι αλγόριθμοι επιβλεπόμενης μάθησης μαθαίνουν από τα δεδομένα εκπαίδευσης, όπου η μάθηση στην ουσία είναι η χρήση των δεδομένων για την υλοποίηση κάποιας διαμέρισης του χώρου σε περιοχές, ώστε τα σημεία της ίδιας περιοχής να αντιστοιχούν στην ίδια κλάση. Οι αλγόριθμοι Bayes και k-NN, στην πράξη εκτελούν τέτοια διαμέριση, παρόλο που δε φαίνεται άμεσα από τη θεωρία. Όταν όμως θέλουμε να ταξινομήσουμε αντικείμενα σε κλάσεις, προτού εφαρμοστεί κάποιος αλγόριθμος κατηγοριοποίησης, είναι απαραίτητο να αναπαραστήσουμε με κάποιο τρόπο τα αντικείμενα αυτά σε διανύσματα ενός χώρου χαρακτηριστικών. Η διαδικασία ονομάζεται εξαγωγή χαρακτηριστικών (feature extraction). Για παράδειγμα θέλουμε να ταξινομήσουμε τα καρκινικά κύτταρα σε καλοήγη ή κακοήγη. Η επιστημονική γνώση είναι αυτή που θα καθοδηγήσει την επιλογή των χαρακτηριστικών. Χρειάζεται δηλαδή συνεργασία με το επιστημονικό πεδίο το οποίο έχει επίγνωση του προβλήματος και γνωρίζει τι είναι αυτό που διαφοροποιεί τις κλάσεις, ώστε να γίνει εξαγωγή χαρακτηριστικών απλά και να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση στην ταξινόμηση. Στην περίπτωση των καρκινικών κυττάρων τα χαρακτηριστικά είναι διακριτά, πχ μέγεθος ή άλλα δεδομένα που μπορεί να μας δώσει η ιατρική. Πως όμως τα παραπάνω μπορούν να εφαρμοστούν στην περίπτωση του συναισθήματος που τα χαρακτηριστικά δεν είναι τόσο εύκολο να διαφοροποιηθούν; Χρειάζεται για παράδειγμα από μία πρόταση ενός χρήστη σε κοινωνικό δίκτυο να βγει συμπέρασμα αν εκφράζει θετικό ή αρνητικό συναίσθημα.

Σε τέτοιες περιπτώσεις παρέχονται στον κατηγοριοποιητή ακατέργαστα δεδομένα (raw data), όχι χαρακτηρισμένα και αυτός πρέπει να βρει υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά που μπορούν να διαφοροποιήσουν τις κλάσεις. Ειδικά τα νευρωνικά δίκτυα βασίζονται στη λογική της αναζήτησης τέτοιων χαρακτηριστικών με τη βοήθεια κρυφών επιπέδων. Για να γίνει κατανοητή η παραπάνω διαδικασία, παρατίθεται ένα παράδειγμα υπολογιστικής όρασης. Υποθέτουμε ότι θέλουμε να κατηγοριοποιήσουμε

εικόνες προσώπων σε κατηγορίες ανάλογα με το συναίσθημα που εκφράζουν και για να απλοποιηθεί ας το περιορίσουμε σε χαρά και λύπη. Με την προσέγγιση της εξαγωγής χαρακτηριστικών, αναζητούμε χαρακτηριστικά στην εικόνα του προσώπου που διαισθητικά πιστεύουμε ότι καθορίζουν το αποτέλεσμα. Η καμπύλη των χειλιών, το σχήμα των ματιών και οι γωνίες του προσώπου. Εναλλακτικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα Pixel της εικόνας και να αφήσουμε το δίκτυο να ανακαλύψει τα υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά. Αυτή η προσέγγιση των συνελκτικών δικτύων μπορεί να εφαρμοστεί σε ευρύ πεδίο ανίχνευσης χαρακτηριστικών, από χειρόγραφους χαρακτήρες ως πρόσωπα σε φωτογραφίες [37].

Στην περίπτωση που έχουμε σαν είσοδο στο σύστημά μας δεδομένα κειμένου (twitter, messenger) και θέλουμε να εξάγουμε χαρακτηριστικά συναισθήματος στα οποία αντιστοιχούν, χρησιμοποιείται η μέθοδος σάκου λέξεων (Bag-of-Words). Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με ένα λεκτικό αναλυτή, όπου εστιάζει στην παρουσία μεμονωμένων λέξεων και στη συχνότητα που παρουσιάζονται. Δεν λαμβάνει υπόψη την αλληλουχία μέσα στις εκφράσεις. Εύκολα όμως κάποιος αντιλαμβάνεται την αδυναμία της μεθόδου, καθώς για την αναγνώριση του συναισθήματος η σειρά των λέξεων είναι καθοριστικής σημασίας. Η απλοικότητα της μεθόδου του Σάκου λέξεων (Bag-of-Words) [53] μπορεί να αποφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν συνδυαστεί με αλγόριθμους όπως τους ταξινομητές Bayes.

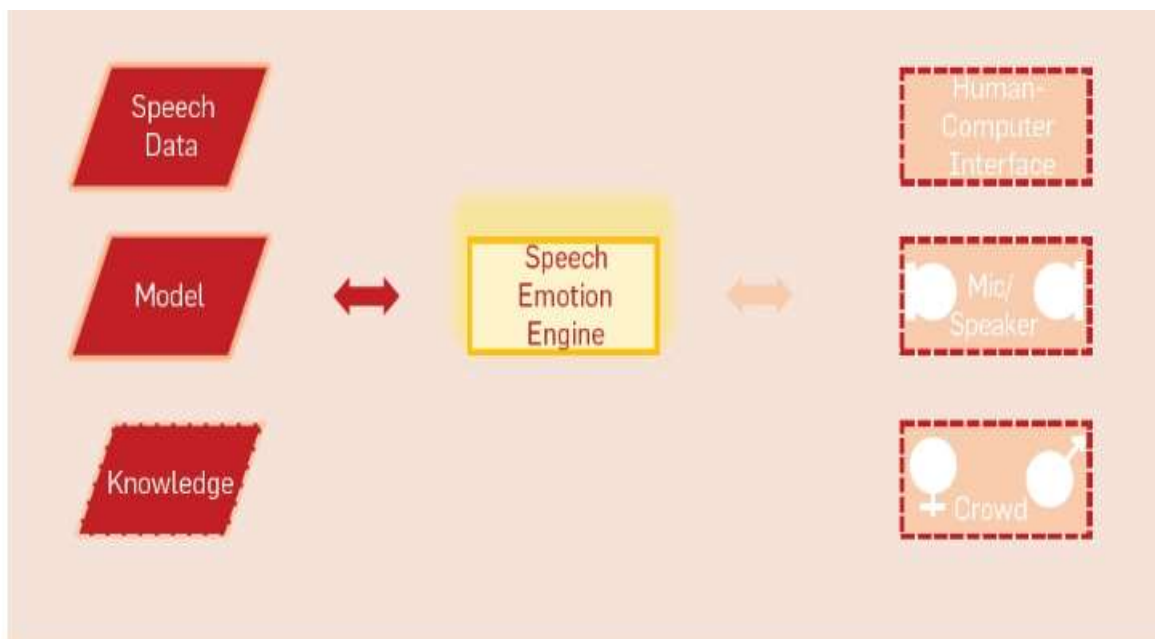
## 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ

### 2.1 Επεξεργασία συναισθήματος στο λόγο

Για την αναγνώριση και ανάλυση του συναισθήματος μέσω του λόγου, εξετάζονται διάφορα χαρακτηριστικά, όπως η προσωδία, ο ρυθμός, ο τόνος και ο επιτονισμός της ομιλίας, καθώς και άλλες φωνητικές παράμετροι [54]. Πλήθος χαρακτηριστικών έχουν χρησιμοποιηθεί ανά περιόδους από διάφορους ερευνητές, ενώ τελευταία υποστηρίζεται ότι αντί να χρησιμοποιηθεί μία παράμετρος για την αναγνώριση του συναισθήματος μπορεί να εφαρμοστεί συνδυασμός των χαρακτηριστικών του λόγου. Η αναγνώριση των συναισθημάτων ή η εξαγωγή στοιχείων για τη συναισθηματική κατάσταση του ομιλητή, από το λόγο του, ορίζεται ως Speech Emotion Recognition (SER) [55].

Με τη χρήση μοντέλων βαθιάς εκμάθησης (Deep Learning Model) [56] ή άλλων που χρησιμοποιούν τους αλγόριθμους που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο της μηχανικής μάθησης, πάντα υπήρχε το θέμα των παρεμβολών στην καταγραφή της ομιλίας από το περιβάλλον, η διαφορετική κουλτούρα των υποκειμένων, καθώς και οι διαφορετικές χρησιμοποιούμενες γλώσσες. Με τα χρόνια λοιπόν, προκειμένου να γίνει μία αξιόπιστη αναγνώριση των συναισθημάτων δημιουργήθηκε η ανάγκη από τις έξυπνες μηχανές να επιτυγχάνουν σύνθεση των συναισθημάτων και της έκφρασης αυτών [24]. Μια σημαντική πτυχή της αυξημένης ευρωστίας είναι η εξέταση άλλων καταστάσεων και χαρακτηριστικών που επηρεάζουν προσωρινά την παραγωγή φωνής. Τα συναισθηματικά χαρακτηριστικά της φωνής μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας συναισθηματικής κατάστασης.

Η τάση είναι η μηχανή επεξεργασίας του λόγου να μπορεί να μαθαίνει και να αποκτά μνήμη. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρειάζονται τα δεδομένα του λόγου και ένα μοντέλο (εικ. 1) [3]. Σημαντικό για την αύξηση της ευρωστίας του συστήματος, είναι να ληφθούν υπόψη και άλλες καταστάσεις και χαρακτηριστικά που μπορεί προσωρινά να επηρεάζουν την παραγωγή της φωνής. Η φωνή μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες που δεν είναι μόνο συναισθηματικοί. Κούραση, κρύωμα, και κατανάλωση αλκοόλ μπορεί να δώσουν διαφορετική εντύπωση για τη συναισθηματική κατάσταση του ατόμου. Για αυτό οι σύγχρονες και μελλοντικές μηχανές αναγνώρισης συναισθημάτων χρειάζεται να δουν ολιστικά το συναίσθημα του ομιλητή χωρίς να επικεντρώνονται αποκλειστικά στο ίδιο το συναίσθημα. Ο συνδυασμός και επισήμανση όλων των χαρακτηριστικών της ομιλίας σε βάσεις δεδομένων μπορεί να δώσει τη δυνατότητα να ξεπεραστεί η δυσκολία της υλοποίησης ενός ολιστικού μοντέλου λόγω του εύρους των χαρακτηριστικών που χαρακτηρίζει την ομιλία.



**Εικόνα 1.** Σύγχρονη μηχανή αναγνώρισης συναισθημάτων μέσω του λόγου. Ολιστικό μοντέλο.

Εξίσου όμως δύσκολη είναι και η συλλογή όλων των απαραίτητων στοιχείων για την κατάρτιση μιας βάσης δεδομένων με όλα τα χαρακτηριστικά της ομιλίας, ενώ πάντα υπάρχει η αδυναμία συνεχούς συλλογής δεδομένων που μπορεί να μην είναι πραγματικά ενδιαφέροντα. Στην αποφυγή του παραπάνω μπορεί να συμβάλει η ενεργητική μάθηση (active learning) [49]. Το σύστημα προεπιλέγει μόνο εκείνες τις περιπτώσεις που δεν έχουν επισημανθεί στο παρελθόν και φαίνονται ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες. Το ενδιαφέρον κατηγοριοποιείται με βάση το εάν ένα δείγμα χαρακτηριστικού ομιλίας είναι πιθανό να είναι από μία διάσταση (σύνολο χαρακτηριστικών) που έχει λιγότερο παρουσιαστεί και καταγραφεί στο παρελθόν. Λόγω της σύγχυσης αναγνώρισης συναισθημάτων που υπάρχει ακόμα και από τον ίδιο τον άνθρωπο, πόσο μάλλον από έναν υπολογιστή, για μία ιδανική καταγραφή τους θα μπορούσε να γίνει παρέμβαση από το ανθρώπινο σύνολο. Συνδυάζοντας την ενεργητική μάθηση με την ημιεπιβλεπόμενη μάθηση, οδηγούμαστε στην ιδιαίτερα αποτελεσματική συνεργατική μάθηση με ανθρώπινη βοήθεια.

Για να γίνει πιο κατανοητό ας δούμε την περίπτωση της αναγνώρισης των συναισθημάτων μέσω της φωνής ενός παιδιού, όπου τα δεδομένα προέρχονται μόνο από την ομιλία του ενός ενήλικα. Με τη βοήθεια του ενήλικα μπορεί να γίνει εμπλουτισμός και επισημάνση των δεδομένων.

Πρόσθετο στοιχείο του εμπλουτισμού των βάσεων δεδομένων με χαρακτηριστικά ομιλίας και της εκμάθησης μοντέλων ομιλίας ώστε να γίνονται πιο πρακτικές, είναι η διαδικασία της σύνθεσης όλων των χαρακτηριστικών της. Με κάποιο χαμηλό κόστος, εύκολα μπορούν να δημιουργηθούν τέτοια δεδομένα με μεγάλη ποικιλία φωνητικών χαρακτηριστικών.

## 2.2 Επεξεργασία εκφράσεων προσώπου

Χαμόγελο, κινήσεις των φρυδιών χρησιμοποιούνται για να επικοινωνήσουμε τα συναισθήματά μας ή τα στοιχεία της προσωπικότητάς μας για την επικοινωνία. Η επεξεργασία των εκφράσεων του προσώπου, όπως και στην ομιλία, περιλαμβάνει κωδικοποίηση, αναγνώριση και παραγωγή στοιχείων, ενώ τα τελευταία χρόνια διενεργούνται εκτεταμένες έρευνες και εφευρίσκονται συνεχώς εξελισσόμενες μέθοδοι σε αυτό το πεδίο. Η διαδικασία παραγωγής μιας κινούμενης εικόνας που αναπαριστά την έκφραση συναισθήματος έχει εξελιχθεί ταυτόχρονα με την ανάπτυξη των δυνατοτήτων του υλικού και του λογισμικού. Πλέον βασίζονται σε εικόνες, οπτικά κανάλια (visemes), PCs, 3D συντεταγμένες, 3D μετρήσεις απόστασης, οπτικές

ροές. Οι εκφράσεις του προσώπου χρειάζεται να συνδυαστούν και να συγχρονιστούν με την απεικόνιση του λόγου. Μια πρόσφατη προσέγγιση είναι η κατασκευή ροής δεδομένων, συγκολλώντας μονάδες δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί σε εκπαιδευτική βάση δεδομένων. Αυτό όμως που αποτελεί ακόμα το επίκεντρο της τελειοποίησης της απεικόνισης εκφράσεων προσώπου σε συνδυασμό με το λόγο είναι η κίνηση των χειλιών. Και κυρίως ο συγχρονισμός των εκφράσεων προσώπου με τα ακουστικά χαρακτηριστικά, όπως η προσωδία, τα οποία είναι μοναδικά.

### 2.2.1 Κίνηση σώματος και χειρονομίες

Οι χειρονομίες και οι κινήσεις του σώματος ορίζονται ως οι θέσεις των αρθρώσεων του σώματος και οι χρονικές εναλλαγές τους[57]. Μέχρι πρόσφατα, οι έρευνες επικεντρώνονταν κυρίως στην παρακολούθηση των χειριών. Το κλειδί προκειμένου να κατανοήσει κανείς τις κινήσεις του σώματος μέσω μιας σειράς εικόνων, είναι να επιβεβαιώσει τη θέση των αρθρώσεων του σώματος βάσει αυτών των εικόνων. Οι μέχρι τώρα μέθοδοι παρουσίαζαν κάποιους περιορισμούς, όπως το διαφορετικό χρώμα των ρούχων, απλές κινήσεις προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις, μονοχρωματισμός του φόντου της φωτογραφίας και κάποιες χειροκίνητες αρχικές σημάνσεις ήταν απαραίτητες. Με αυτές τις μεθόδους, το προφίλ του σώματος-στόχου λαμβάνεται από την αρχή και στη συνέχεια το εικονικό πλαίσιο που είναι παρόμοιο με το πραγματικό πλαίσιο σώματος εξάγεται μέσω ενεργειακής λειτουργίας. Στη συνέχεια οι θέσεις των αρθρώσεων αποφασίζονται βάσει του εικονικού πλαισίου χρησιμοποιώντας γνώσεις ανθρώπινης ανατομίας. Η ενεργειακή λειτουργία μπορεί να απομονώσει ορισμένους θορύβους υπόβαθρου και έχει χαμηλή απαίτηση για την ακρίβεια του τραβηγμένου προφίλ σώματος.

Για την απεικόνιση και μοντελοποίηση των κινήσεων του σώματος παραδοσιακά χρησιμοποιούνται το μοντέλο απεικόνισης της εικόνας (Image appearing model) [58] ή μέθοδοι με 3D Μοντέλα [59]. Φυσικά με τη 3D μοντελοποίηση υπάρχει μεγαλύτερη καταγραφή της πληροφορίας, ωστόσο υπάρχει ακόμα η ανάγκη για απεικόνιση των κινήσεων του σώματος απομονωμένες από παρεμβολές (πλήθος ανθρώπων, πολύ γρήγορη κίνηση), καταγράφοντας την απαιτούμενη πληροφορία σε όσο μεγαλύτερο βαθμό είναι δυνατόν. Οι 3D απεικονίσεις σε συνδυασμό με βαθμονομημένη κάμερα ευρυγώνιου φακού (fisheye), ηλεκτρομαγνητικούς επαγωγείς και τα οπτικά σήματα αντανάκλασης, υπόσχονται μελλοντικά καλύτερες απεικονίσεις.

Στον πίνακα 1 γίνεται καταγραφή των εμφανή και μη σωματικών εκφάνσεων που αντιπροσωπεύουν συναισθήματα.

<b>Εμφανείς σωματικές εκφάνσεις των συναισθημάτων</b>
Εκφράσεις προσώπου
Τόνος της φωνής
Χειρονομίες
Στάση του σώματος
Διαστολή της κόρης των ματιών
<b>Μη εμφανείς σωματικές εκφάνσεις</b>
Αναπνοή
Παλμοί της καρδιάς
Θερμοκρασία
Ηλεκτροδερμικές αντιδράσεις
Μυϊκές συσπάσεις
Πίεση

**Πίνακας 1.** Εμφανείς και μη, σωματικές εκφάνσεις των συναισθημάτων

### 2.3 Πολυτροπικό σύστημα

Όπως και στην πραγματικότητα, η ανθρώπινη διαδραστικότητα είναι πολυμορφική εξορισμού, όπου οι συμμετέχοντες ακολουθούν μία σταθερή ροή σημαντικών εκφράσεων προσώπου, χειρονομίες, στάσεις σώματος, κινήσεις κεφαλιού, λόγια, γραμματικές δομές. Ο συνδυασμός αναγνώρισης ομιλίας, εκφράσεων προσώπου και κινήσεων σώματος θα οδηγούσαν σε μια πιο ζωντανή και ρεαλιστική απεικόνιση της ανθρώπινης διαδραστικότητας. Έχει ευρέως εφαρμοστεί σε περιπτώσεις εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας και έξυπνων δωματίων (smart rooms) [60]. Στο πολυτροπικό μοντέλο, διαφορετικοί τύποι δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ίδιο σκοπό, αλλά με διαφορετικούς συνδυασμούς ποιότητας και κατανάλωσης πόρων και να συσχετιστούν με συγκεκριμένες ομάδες συναισθημάτων. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές συγχώνευσης δεδομένων από διαφορετικές εισόδους, όπως συνδυασμοί σε επίπεδο χαρακτηριστικών, σε επίπεδο απόφασης και σε επίπεδο δεδομένων [29]. Ταυτόχρονα όμως παράγονται και μεγάλοι όγκοι δεδομένα από τους ίδιους τους χρήστες, που μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες, ενώ συνήθως δεν τους δίνεται η απαραίτητη σημασία στην περίπτωση που το μοντέλο εστιάζει στην εξόρυξη συναισθηματικών στοιχείων μεμονωμένα από την ομιλία ή την κίνηση του σώματος. Αν το μοντέλο επεξεργασίας δεδομένων προς ανάλυση εστιάζει αποκλειστικά και μόνο στο κείμενο του χρήστη για παράδειγμα, μπορεί εύκολα να οδηγηθεί σε λανθασμένα συμπεράσματα, καθώς τη συγκεκριμένη στιγμή ο χρήστης μπορεί να παρουσιάζει κάποιο θετικό συναίσθημα στο γραπτό του λόγο, ενώ αν κάποιος έχει ζωντανή εικόνα του χρήστη την παρούσα στιγμή, να καταλάβει ότι ο χρήστης φοβάται ή είναι θυμωμένος.

Η λειτουργία του πολυμορφικού συστήματος μπορεί να γίνει πρακτικά κατανοητή με την περιγραφή της καθημερινής χρήσης ενός έξυπνου κινητού τηλεφώνου [30]. Σήμερα το έξυπνο κινητό τηλέφωνο είναι μία συσκευή που πάντα έχει μαζί του ο άνθρωπος σε κάθε του κίνηση. Έχει αισθητήρες που επιτρέπουν τη συνεχή καταγραφή του περιβάλλοντος του χρήστη καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η καταγραφή όμως αυτή πρέπει να είναι διακριτή και να μη δημιουργεί το αίσθημα της παρακολούθησης. Για να καταγραφούν οι εκφράσεις του προσώπου και η φωνή του χρήστη, χρησιμοποιείται η κάμερα του κινητού τηλεφώνου. Το βίντεο καταγράφεται από την κάμερα που βλέπει προς τα εμπρός όταν ο χρήστης ξεκλειδώνει την οθόνη του κινητού τηλεφώνου. Η φωνή του χρήστη μπορεί επίσης να καταγραφεί από καταγραφείς φωνής και εφαρμογές κλήσης. Ο δέκτης GPS και ο αισθητήρας Bluetooth του κινητού τηλεφώνου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για την καταγραφή του περιβάλλοντος του χρήστη. Μια λίστα επαφών και ένα ημερολόγιο κινητού τηλεφώνου μπορεί να βοηθήσουν στη σύνθεση του κοινωνικού περιβάλλοντος του χρήστη. Επίσης, μπορούν να ληφθούν στιγμιαία μηνύματα για να ανακτηθούν συναισθήματα από το κείμενο. Για να συλλεχθούν αυτά τα δεδομένα, σχεδιάζονται εφαρμογές για κινητά που λειτουργούν ως υπηρεσίες παρασκηνίου και μπορούν εύκολα να απενεργοποιηθούν από το χρήστη. Τα δεδομένα αυτά που μπορούν να συλλεχθούν από τη συσκευή κινητού τηλεφώνου πρέπει να αποθηκευτούν σε μία μονάδα αποθηκευτικού χώρου, την οποία όμως δε διαθέτει τα κινητά τηλέφωνα. Λόγω αυτού του περιορισμού καθώς και της υπολογιστικής δυνατότητας των κινητών τηλεφώνων για επεξεργασία δεδομένων, τα δεδομένα μεταφέρονται σε ένα server-συλλέκτη, μέσω Internet πρωτοκόλλου, για την επεξεργασία τους ανά τύπο δεδομένων.



Τύπος	Χαρακτηριστικά
Κλήση	Αριθμός τηλεφώνου, Είδος κλήσης (εισερχόμενη, εξερχόμενη, αναπάντητη), ώρα έναρξης και λήξης, συνομιλία
Μήνυμα	Τύπος (εισερχόμενο, εξερχόμενο), ώρα, κείμενο, είδος κειμένου (SMS, MMS, κλπ)
GPS	Ώρα, γεωγραφικό πλάτος και μήκος
Bluetooth	Ώρα, σε φόρτιση, σε λειτουργία, γειτονικά Bluetooth
Μπαταρία	Ώρα, σε φόρτιση, σε λειτουργία
Video	Ώρα έναρξης, ώρα λήξης, περιεχόμενο video
Ηχητική καταγραφή	Ώρα έναρξης, ώρα λήξης, περιεχόμενο ηχητικής καταγραφής

**Πίνακας 2.** Δεδομένα από κινητό τηλέφωνο

Όπως φαίνεται από το παραπάνω παράδειγμα του κινητού τηλεφώνου, το πολυτροπικό σύστημα αναγνώρισης συναισθημάτων λαμβάνει από διαφορετικούς αισθητήρες ποικίλων μορφών δεδομένα και πρέπει να τα συσχετίσει με συναισθήματα. Ενώ δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην αξιοποίηση όλων των μορφών δεδομένων, είναι πολύ σημαντική η τεχνική επεξεργασίας του μεγάλου όγκου δεδομένων που προκύπτουν (Big Data) [83]. Στην τεχνολογία Big Data, τα καταγεγραμμένα δεδομένα μεταφέρονται σε cloud storage, μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους δεδομένων στο διαδίκτυο, ξεπερνώντας έτσι τη μη δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλου όγκου δεδομένων στις ίδιες τις IOT συσκευές. Η ασφαλής μεταφορά των δεδομένων απαιτεί κρυπτογραφημένο πρωτόκολλο μεταφοράς, όπως το https [84]. Είτε η επεξεργασία των δεδομένων αφορά μία, δύο ή περισσότερες μορφές η αρχιτεκτονική Big Data μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός εξαιρετικά επεκτάσιμου συστήματος αναγνώρισης συναισθημάτων μέσω των IOT εφαρμογών, ξεπερνώντας τον περιορισμό σε αποθηκευτικό χώρο και υπολογιστική ισχύ πολλών καθημερινών συσκευών.

### 3. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΟΣ

Επόμενο βήμα μετά την αναγνώριση/ καταγραφή των δεδομένων είναι η κατανόηση του συναισθήματος (affect understanding)[61].

Η συναισθηματική κατανόηση χρειάζεται:

- απορρόφηση και καταγραφή στη μνήμη της πληροφορίας
- μοντελοποίηση της παρούσας διάθεσης του χρήστη
- μοντελοποίηση της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη
- εφαρμογή του μοντέλου επηρεασμού του χρήστη
- ενημέρωση του μοντέλου επηρεασμού του χρήστη
- δημιουργία και συντήρηση μιας ταξινομημένης λίστας προτιμήσεων του χρήστη, χτίζοντας μια αμφίδρομη επικοινωνία με το σύστημα αναγνώρισης
- δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου συμπεριφοράς του χρήστη και μια βάση για νέας γενιάς σύνθετου συστήματος επίδρασης [4].

Ένα από τα πολλά υποσχόμενα μοντέλα αποτελεί το OCC (Ortony, Clore, Collins) που ανέπτυξαν οι τρεις επιστήμονες Andrew Ortony, Gerald Clore και Allan Collins [7], όπου βασική είναι η έννοια του τύπου συναισθήματος (emotion type). Ο τύπος συναισθήματος είναι μια συγκεκριμένη κατηγορία συναισθήματος που μπορεί να γίνει αντιληπτό σε διάφορες γνωστές σχετικές μορφές. Ένα παράδειγμα τύπου συναισθήματος είναι ο φόβος που μπορεί να εκφραστεί σε διάφορα επίπεδα έντασης (με λέξεις όπως η ανησυχία και ο τρόμος) και για τα οποία μπορούμε να έχουμε επίσης και διάφορες βαθμίδες έμφασης. Προκειμένου να καταλήξουν σε ένα ικανοποιητικό αριθμό συναισθημάτων, ο άπειρος αριθμός των δυνατών συναισθημάτων πρέπει να μειωθεί αρκετά ώσπου να φτάσει σε ένα διαχειρίσιμο νούμερο. Ο τρόπος με τον οποίο προσπαθούν να οδηγηθούν σε διαχειρίσιμο αριθμό συναισθημάτων είναι να εστιάσουν την προσοχή τους στους διακριτούς τύπους συναισθημάτων και όχι στα συναισθήματα αυτά καθαυτά [5]. Κάθε συναίσθημα μπορεί να έχει άμεση σύνδεση με πολλά άλλα συναισθήματα, τα οποία μπορεί και να φαίνονται στην αντίπερα όχθη, παρόλα αυτά το ένα να είναι αποτέλεσμα του άλλου, λόγω συνθηκών και εξωτερικών παραγόντων. Αναγνώριση των συναισθημάτων και γνωστική λειτουργία αυτών είναι βασικός στόχος στην όλη έρευνα της συναισθηματικής υπολογιστικής.

#### 3.1 Βάσεις

Υπάρχει ένα συνεχώς αυξανόμενο σύνολο βάσεων δεδομένων που περιέχουν φυσικά πολυτροπικά δεδομένα που χαρακτηρίζονται συνεχώς μέσα στο πεδίο διαστασιοποίησης των συναισθημάτων και έχουν δημοσιευθεί για ερευνητικούς σκοπούς. Η **Sensitive Artificial Listener (SAL)** [62] βάση αποτελείται από φυσικά οπτικοακουστικά δεδομένα, με τη μορφή συνομιλιών ενός συμμετέχοντος και ενός χειριστή που αναλαμβάνει το ρόλο του συνομιλητή ενσαρκώνοντας διαφορετικές προσωπικότητες. Στη βάση αυτή έχουν επισημανθεί 4 κωδικοί που παρείχαν συνεχείς σχολιασμούς σε σχέση με το σθένος και τις διαστάσεις διέγερσης της συνομιλίας. Η **Vera am Mittag** [62] βάση αποτελείται από μία 12ωρη οπτικοακουστική εγγραφή ενός Γερμανικού τηλεοπτικού προγράμματος με ετικέτες συναισθημάτων σε κλίμακα συνεχούς αποτίμησης του προτύπου PAD (Pleasure-Arousal-Dominance). Το PAD αποτελεί μία 3D συναισθηματική απεικόνιση των ευχαρίστηση-δυσαρέσκεια, διέγερση- απάθεια και δεσπόζουσα θέση-υποταγή [18]. Η **SEMAINE corpus** [62] αποτελείται από φυσικούς οπτικοακουστικούς διαλόγους ανάμεσα σε έναν συνομιλητή και σε πολλαπλούς εικονικούς χαρακτήρες με διαφορετικές προσωπικότητες. Όλες οι καταγεγραμμένες συνομιλίες έχουν μετεγγραφεί και σχολιαστεί με βάση πέντε συναισθηματικές διαστάσεις (διέγερση, σθένος, δύναμη, προσδοκία και συνολική συναισθηματική ένταση) και εν μέρει έχουν ταυτοποιηθεί 27 άλλες διαστάσεις, χρησιμοποιώντας ίχνη συνεχούς βαθμολόγησης.

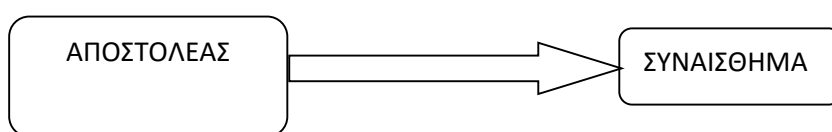
Η **AffectNet** [19] βάση αποτελεί βάση εκφράσεων προσώπου. Έχουν συλλεχθεί πάνω από 1.000.000 εικόνες προσώπου από το διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας τρεις βασικές μηχανές αναζήτησης με 1250 λέξεις-κλειδιά συναισθημάτων, σε έξι διαφορετικές γλώσσες. Έχουν υποσημειωθεί πάνω από τις μισές εικόνες για την ύπαρξη κάποιου από 7 διακριτά συναισθήματα καθώς και του σθένους και της διέγερσης. Αποτελεί τη μεγαλύτερη βάση εκφράσεων προσώπου, σθένους και διέγερσης. Έχουν χρησιμοποιηθεί δύο βασικά νευρωνικά δίκτυα για την ταξινόμηση των εικόνων σε κατηγοριοποιημένο μοντέλο και πρόβλεψη της έντασης του σθένους και της διέγερσης.

Οι πιο πρόσφατη και περισσότερο διευρυμένη βάση συναισθημάτων μέσω video είναι η **LIRIS-ACCEDE** [21]. Η LIRIS-ACCEDE περιλαμβάνει 9.800 αποσπάσματα από 160 ταινίες μεγάλου και μικρού μήκους. Αποτελεί τη μεγαλύτερη βάση δεδομένων video που υπάρχει με σχολιασμό, από έναν ευρύ και αντιπροσωπευτικό πληθυσμό με συναισθηματικά επαγόμενες ετικέτες. Από την άλλη υπάρχει μία πολλά υποσχόμενη, όχι ακόμα τόσο διευρυμένη βάση video, η **CASME** [20]. Δίνει έμφαση στις λεπτομέρειες των εκφράσεων και στον αυθορμητισμό τους, απομακρύνοντας εκφράσεις που δεν περιέχουν συναίσθημα.

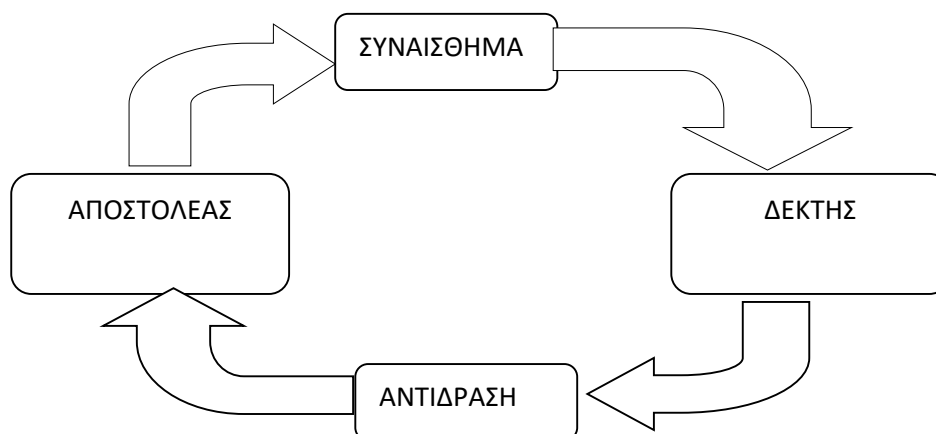
### 3.2 Συστήματα αναγνώρισης συναισθημάτων

Οι εφαρμογές που μπορούν να χαρακτηρισθούν σα σχετιζόμενες με τα συναισθήματα και να επωφεληθούν από τη συναισθηματική υπολογιστική, μπορούν να ποικίλουν: παιχνίδια βασιζόμενα στα συναισθήματα, εργαλεία διάγνωσης, συστήματα διδασκαλίας συναισθημάτων οθόνες συναισθημάτων ή προσομοιωτές προσωπικότητας για εικονικούς χαρακτήρες. Ο διαχωρισμός των συστημάτων που σχετίζονται με τα συστήματα συναισθημάτων, γίνεται στο επίπεδο της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή. Έτσι διακρίνονται σε **μονόδρομης** επικοινωνίας (one-way) και **αμφίδρομης** επικοινωνίας (two-way) [6].

Η μονόδρομη επικοινωνία συμβαίνει όταν δεν υπάρχει βρόχος που να ακολουθεί την πληροφορία που σχετίζεται με το συναίσθημα (εικ. 2). Υφίστανται παρατηρήσεις ή προσομοιώσεις αλλά δεν υπάρχει αντίδραση από το σύστημα. Στην αμφίδρομη επικοινωνία (εικ. 3) η πληροφορία του συναισθήματος ακολουθείται από αντίδραση σε αυτό και δημιουργείται ένας κύκλος συναισθηματικής επικοινωνίας ανάμεσα στον άνθρωπο και το σύστημα.



Εικόνα 2. Μονόδρομη επικοινωνία



Εικόνα 3. Αμφίδρομη επικοινωνία

Περαιτέρω κατηγοριοποίηση υπάρχει στην περίπτωση της μονόδρομης επικοινωνίας, σε **παρακολούθηση του συναισθήματος** (affect monitor) [10] και **προσομοίωση του συναισθήματος** (affect simulator) [10]. Η παρακολούθηση του συναισθήματος είναι ένα σύστημα το οποίο αυτόματα αναγνωρίζει το ανθρώπινο συναίσθημα και η πληροφορία αποθηκεύεται ή και απεικονίζεται, χωρίς όμως να υπάρχει αντίδραση από το σύστημα, σε οποιαδήποτε συναισθηματική κατάσταση του χρήστη. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η γραφική αναπαράσταση της διάθεσης, η οποία προκύπτει από την ανάλυση του κειμένου ποιημάτων [9]. Ο προσομοιωτής συναισθήματος είναι ένα λογισμικό που δεν παίρνει σαν είσοδο δεδομένα από το χρήστη, αλλά παράγει συναισθηματικές καταστάσεις βασιζόμενος σε προκαθορισμένες καταστάσεις. Μπορούν να μοντελοποιήσουν πως τα ανθρώπινα συναισθήματα προκαλούνται, καθώς και να δημιουργήσουν εικονικούς χαρακτήρες. Για τη δημιουργία των εικονικών χαρακτήρων οι προσομοιωτές χρησιμοποιούν χαρακτηριστικά της προσωπικότητας, της διάθεσης και αντιδράσεις σε διάφορα ερεθίσματα, προκειμένου να δημιουργήσουν μια συνεπή και επακόλουθη συμπεριφορά χαρακτήρα.

Η αμφίδρομη συναισθηματική επικοινωνία ανθρώπου-υπολογιστή, συμβαίνει στην περίπτωση που στο σύστημα αναγνωρίζει και προσαρμόζει τη ροή ελέγχου στη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη. Επιμέρους κατηγοριοποίηση αποτελούν οι **συναισθηματικές και συναισθηματικά επηρεαζόμενες εφαρμογές (affective, affect-aware applications)** [63].

Το συναισθηματικό λογισμικό είναι ένα σύστημα που έχει σχεδιαστεί για συναισθηματική αλληλεπίδραση και βασικός σκοπός του είναι να επηρεάσει τη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη. Τέτοιο παράδειγμα αποτελούν τα ηλεκτρονικά παιχνίδια προσαρμοζόμενα στη συναισθηματική κατάσταση του χρήστη.

Οι συναισθηματικές επηρεαζόμενες εφαρμογές, πρόσθετα της αναγνώρισης της συναισθηματικής κατάστασης, περιέχουν μηχανισμούς ελέγχου και λογική εφαρμογής ικανή να διαχειριστεί την πληροφορία του συναισθήματος [10]. Αυτού του είδους οι εφαρμογές μπορούν και πρέπει να παρεμβαίνουν όταν συγκεκριμένοι στόχοι, όπως αποτελεσματικότητα εργασιών, δεν επιτυγχάνονται, ενώ αντίθετα δεν πρέπει να παρεμβαίνουν σε λειτουργίες του χρήστη που είναι αναμενόμενες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι προσαρμοστικές παιδαγωγικές εφαρμογές, που ανταποκρίνονται στη διάθεση του χρήστη και μπορούν να αλλάζουν εκπαιδευτικό μονοπάτι.

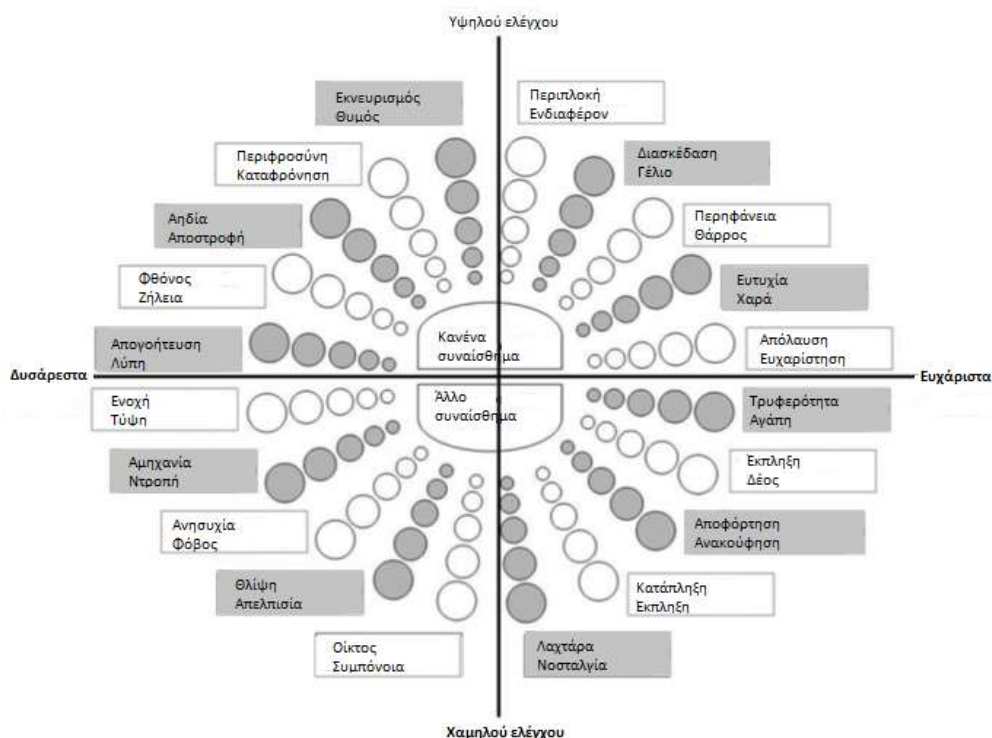
Στην πρώτη λοιπόν περίπτωση η συναισθηματική κατάσταση λόγω της παρέμβασης ερμηνεύεται ως μια υπάρχουσα αποτελεσματική κατάσταση του χρήστη, ενώ στην δεύτερη κατηγορία, η υπόθεση σχετικά με τη συναισθηματική κατάσταση πρέπει να γίνεται με προφύλαξη, καθώς η περιττή παρέμβαση στην εφαρμογή θα ήταν πολύ ανησυχητική και θα μπορούσε να μειώσει την αποτελεσματικότητα της εκτέλεσης των εργασιών του χρήστη.

### 3.3 Βοηθητικά εργαλεία μέτρησης των συναισθημάτων

Εργαλεία αυτοαξιολόγησης συναισθημάτων χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό της εμπειρίας συναισθημάτων:

Το **PrEmo** (Product Emotion Measurement Instrument) [33] αποτελεί εργαλείο μη λεκτικής αυτοαναφοράς, το οποίο μετράει επτά θετικά και επτά αρνητικά συναισθήματα. Χρησιμοποιεί χαρακτηριστικές κινουμένων σχεδίων που απεικονίζουν δυναμικές εκφράσεις προσώπου, σωματικού και φωνητικού χαρακτήρα για να βοηθήσουν τους χρήστες στην αναφορά της συναισθηματικής τους κατάστασης. Το σημαντικό είναι ότι μετράει διακριτά συναισθήματα, ανεξαρτήτως πολιτισμού και κουλτούρας του χρήστη. Πρόσθετα μπορεί να κάνει μετρήσεις σε σύνθετα συναισθήματα. Είναι πολύ βοηθητικό στην αξιολόγηση της συναισθηματικής ανταπόκρισης, δημιουργία διαγραμμάτων και αναλύσεων ή για τη δημιουργία πληροφοριών σχετικά με τη σχέση ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του προϊόντος και τις συναισθηματικές επιπτώσεις. Το PrEmo αποτελεί ποσοτικό εργαλείο (στον προσδιορισμό των πιο ευχάριστων συναισθηματικών επιπτώσεων) αλλά και ποιοτικό (ως εργαλείο συζήτησης/αξιολόγησης σε συνεντεύξεις καταναλωτών) [33].

Το **Geneva Emotion Wheel (GEW)** [64] είναι ένα όργανο μέτρησης για την αυτοαναφορά της συναισθηματικής εμπειρίας. Διαφέρει από τα μέσα που απαιτούν οι χρήστες να αξιολογήσουν τα συναισθήματά τους, μέσω μιας λίστας λέξεων, και στο ότι οργανώνει τις λέξεις που αντιπροσωπεύουν τα προς αξιολόγηση συναισθήματα, σε ένα θεωρητικά δικαιολογημένο διδιάστατο σύστημα, συσχέτισης σθένους και ισχύος. Ένας κύκλος με 20 διαφορετικά συναισθήματα, ο οποίος έχει δύο κεντρικούς άξονες που διαχωρίζει τα συναισθήματα. Ο κάθετος άξονας απεικονίζει τα Υψηλού/Χαμηλού ελέγχου συναισθήματα και ο οριζόντιος τα Ευχάριστα/Δυσάρεστα. Κάθε συναισθήμα έχει 5 βαθμίδες και επιπλέον υπάρχουν δύο πρόσθετες: κανένα συναίσθημα/ Άλλο συναίσθημα. Ο κύκλος παρουσιάζει μία οικογένεια συναισθημάτων όχι ξεχωριστά συναισθήματα. (εικ. 4) [13].



Εικόνα 4. Συναισθηματικός κύκλος Geneva.

Για να γίνει κατανοητή η πολυπλοκότητα της διαδικασίας συναισθηματικής ανάλυσης μέσω υπολογιστικών συστημάτων, ας θεωρήσουμε την περίπτωση ενός κειμένου που έχει γραφτεί από ένα χρήστη σε μία ομάδα κοινωνικού δικτύου. Το λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται διαφέρει από ομάδα σε ομάδα. Λέξεις που σε μία ομάδα μπορεί να έχουν αρνητικό συναίσθημα, σε μία άλλη ομάδα μπορεί να είναι θετικό ή και ουδέτερο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η λέξη “kill” (σκοτώνω), που από τον ορισμό και μόνο είναι αρνητική, σε κάποια ομάδα διαχειριστών υπολογιστικών συστημάτων χρησιμοποιείται συχνά, για τον τερματισμό μιας διεργασίας (kill process). Είναι πολύ πιθανό λοιπόν να γίνει μέτρηση οδηγούμενη σε εντελώς λανθασμένα συμπεράσματα σε μία τέτοια περίπτωση αν δε ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά της ομάδας. Το ανθρώπινο συναίσθημα δε μπορεί να μετρηθεί απομονωμένο από εξωτερικούς παράγοντες και συνδυασμό συνθηκών του περιβάλλοντος του χρήστη.

Συμπερασματικά, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι συναισθηματικής μέτρησης, με πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση, τη μοντελοποίηση, την ανάλυση και την πρόβλεψη των συναισθημάτων. Μεγάλο μέρος της σύγχρονης βιβλιογραφίας εστιάζεται στη σύγκριση των διαφόρων μεθόδων για την εξαγωγή συμπερασμάτων με ακριβείς μετρήσεις συναισθημάτων. Κάθε μέθοδος χρειάζεται να εκπαιδευτεί για όλες τις περιπτώσεις, ώστε να μην προκύψουν αποτελέσματα από το σύστημα που μπορούν να οδηγήσουν σε συμπεράσματα που δεν αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα. Μπορούν αν δοθούν λοιπόν στοιχεία προς ανάλυση ή περαιτέρω ενέργειες, είτε σε αναλυτές ή σε εφαρμογές τα οποία δεν ταυτοποιούν την πραγματική συναισθηματική κατάσταση του ατόμου. Ωστόσο υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός τρόπων μέτρησης, ο καθένας σε διαφορετικές φάσεις ωριμότητας της μεθόδου, οδηγώντας πολύ συχνά στη συνεργασία μεθόδων για δημιουργία ασφαλέστερων συμπερασμάτων. Παράδειγμα τέτοιας συνεργασίας είναι η χρήση deep συνελκτικών νευρωνικών δικτύων (deep CNNs) και ταξινομητών Bayes για την αναγνώριση συναισθημάτων ομάδας ανθρώπων [38].

## 4. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ

### 4.1 Εφαρμογή σε ηλεκτρονικά παιχνίδια ψυχαγωγίας (video games) /Εκπαιδευτικά

Τα παιχνίδια ψυχαγωγίας αποτελούν πλέον καθημερινότητα στη ζωή των χρηστών με τάση στη δημιουργία τους για αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή (Human Computer Interaction HCI). Η αναγνώριση των συναισθημάτων του χρήστη στην περίπτωση των παιχνιδιών ψυχαγωγίας, αποτελεί στόχο των προγραμματιστών παιχνιδιών, καθώς σκοπός τους είναι μέσω της κατανόησης της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη να αποτελεί το παιχνίδι μια ευχάριστη εμπειρία με προκλήσεις. Στην επίτευξη αυτού του στόχου συμμετέχουν τόσο το λογισμικό όσο και τα εξωτερικά εργαλεία του υπολογιστή που χρησιμοποιεί ο χρήστης στο παιχνίδι.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, είναι σημαντικό τα παιχνίδια να μπορούν να είναι προσαρμοστικά και ευαίσθητα προς την κατεύθυνση της αλλαγής ενδιαφερόντων, επικοινωνίας και συναισθηματικής κατάστασης. Ο παίκτης λοιπόν αποτελεί κεντρικό στοιχείο στο σχεδιασμό των παιχνιδιών. Κάτι το οποίο μέχρι πρόσφατα είχε αγνοηθεί από τις εταιρείες υλοποίησης ηλεκτρονικών παιχνιδιών, δημιουργώντας για μεγαλύτερη έμφαση στο σχεδιασμό του περιβάλλοντος του χρήστη.

Οι σύγχρονες πλατφόρμες ηλεκτρονικών παιχνιδιών τόσο μέσω κονσόλας, αλλά και μέσω έξυπνων κινητών τηλεφώνων, οι παίκτες χρησιμοποιούν διάφορες εξωτερικές συσκευές, όπως μικρόφωνα, επιταχυνσιόμετρα, κάμερες, gamepads, χειριστήρια για να τραγουδήσουν, χορέψουν, κουνηθούν, προκειμένου να διεξάγουν διάφορες φυσικές δραστηριότητες, ξεφεύγοντας από την περιοριστική χρήση πληκτρολογίου και ποντικιού. Πρόσθετα, έχει εισαχθεί στο πεδίο των ηλεκτρονικών εφαρμογών μεγάλος αριθμός συσκευών εγκεφάλου-υπολογιστή interface (Brain-Computer Interface). Το BCI επιτυγχάνει την απευθείας επικοινωνία καλωδιωμένου εγκεφάλου με εξωτερικές συσκευές. Επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία σε αντίθεση με τις συσκευές νευροδιαμόρφωσης [14].

Οι παραπάνω συσκευές μπορούν να παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για το σχεδιασμό ενός επιτυχημένου ηλεκτρονικού παιχνιδιού [15].

### 4.2 Προώθηση ευγένειας και ευγνωμοσύνης με διάχυτη υπολογιστική

Ο όρος διάχυτη ή πανταχού παρούσας υπολογιστικής (Ubiquitous computing ή ubicomp) [65], χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατάσταση της ενσωμάτωσης των υπολογιστών στο φυσικό μας κόσμο και στον κατακλυσμό κάθε πτυχής της πραγματικότητας. Η διαδικτυακή πληροφορία και ενέργειες μέσω δικτύου μπορούν να είναι διαθέσιμες σε οποιοδήποτε σημείο βρισκόμαστε στην καθημερινότητά μας, χωρίς να καταβάλλεται ιδιαίτερη προσπάθεια από το χρήστη, ενώ οι συσκευές που χρησιμοποιούνται μπορεί να μη γίνονται καν αντιληπτές.

Σποραδικές μετρήσεις διάθεσης επιτυγχάνονται με ευρηματικότητα μέσω της οθόνης κλειδώματος των έξυπνων τηλεφώνων, διερευνώντας την αλληλεπίδρασή τους με εκφράσεις ευγνωμοσύνης. Μια ομάδα του MIT που ασχολείται με τις εφαρμογές συναισθηματικής υπολογιστικής [12], το 2016 δημιούργησαν μία android smartphone εφαρμογή «Kind and Grateful», ώστε να είναι εύκολο για τους χρήστες να βιώνουν και να εκφράζουν ευγνωμοσύνη στην καθημερινότητά τους. Η εφαρμογή δεν αντικαθιστά, αλλά συγκεντρώνει μόνο τα διάφορα μέσα επικοινωνίας που υπάρχουν στο τηλέφωνο. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εκφράσουν την ευγνωμοσύνη τους απρόσκοπτα καθώς και να την επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας τα κοινωνικά δίκτυα (facebook, Instagram, Snapchat). Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις διαστάσεις στην έκφραση ευγνωμοσύνης. Όποτε οι χρήστες χρησιμοποιούσαν την εφαρμογή για να εκφράσουν την ευγνωμοσύνη τους, αυτόματα τους ζητήθηκε να παρέχουν στοιχεία σχετικά με την ένταση της έκφρασης (βαθμολόγηση

μεταξύ του 1-5), τις συνθήκες (οικογένεια, υγεία πίστη, φύση) και την πυκνότητα (αριθμός ατόμων στους οποίους εκφράζεται η ευγνωμοσύνη). Η τέταρτη διάσταση που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη ήταν η συχνότητα της έκφρασης της ευγνωμοσύνης μέσω της εφαρμογής. Όλα τα παραπάνω στοιχεία αποθηκεύονται προς ανάλυση. Πρόσθετο χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι ότι εμπνέει τους χρήστες με ευχάριστες ειδοποιήσεις, εικόνες και κείμενο, οι οποίες επίσης εναλλάσσονται ανάλογα με την μετακίνηση του χρήστη, τις κοινωνικές συναναστροφές (μέσω Bluetooth), τη σωματική δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις απεικονίζονται γραφικά σε διαγράμματα. Στα αποτελέσματα καταγράφονται οι αλλαγές της διάθεσης στη διάρκεια μιας ημέρας ή μεταξύ δύο διαδοχικών ημερών, ενώ εξετάζεται και το επίπεδο παρέμβασης από τις ειδοποιήσεις της εφαρμογής, μετρήσεις διάθεσης, στιγμιαίας ευγνωμοσύνης, διάθεσης ευγνωμοσύνης και όλα συνδέονται με τα σχετικά δεδομένα της εφαρμογής του κινητού.

### 4.3 Έρευνα της ψυχικής υγείας μέσω πλατφόρμας κινητού τηλεφώνου

Το **Psychlog**[17] αποτελεί εργαλείο σε πλατφόρμα κινητού τηλεφώνου με Windows λειτουργικό, το οποίο έχει σχεδιασθεί για τη συλλογή πληροφοριών ψυχολογικών και φυσιολογικών ενεργειών για τη μελέτη της ψυχικής υγείας του χρήστη. Το εργαλείο επιτρέπει τη διαχείριση ερωτηματολογίων αυτοελέγχου σε συγκεκριμένες ή τυχαίες χρονικές στιγμές στη διάρκεια της ημέρας. Ταυτόχρονα επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων για την καρδιακό ρυθμό και καρδιακή δραστηριότητα μέσω ενός ασύρματου ηλεκτροκαρδιοδιαγράμματος, εξοπλισμένο με τριών αξόνων επιταχυνσιόμετρο. Συνδυάζοντας τα παραπάνω δεδομένα η εφαρμογή έχει τη δυνατότητα να ερευνήσει τη σχέση ανάμεσα στις ψυχολογικές, φυσιολογικές και συμπεριφορικές παραμέτρους, όπως και τις διακυμάνσεις μέσα στο χρόνο [16].

Καθώς τα κινητά τηλέφωνα αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής προσωπικής και κοινωνικής ζωής του χρήστη, μπορούν να παρέχουν συνεχώς στοιχεία της συμπεριφοράς του χρήστη, χωρίς να είναι αναγκαίες επιτηδευμένες ενέργειες του. Επιπλέον τα σύγχρονα έξυπνα τηλέφωνα εξοπλισμένα με ανιχνευτές θέσης (GPS), εγγύτητας προσώπου, φωτισμού περιβάλλοντος χώρου, επιταχυνσιόμετρο, πυξίδα, Gyroscope, βαρόμετρο, μικρόφωνα και κάμερα δίνουν τη δυνατότητα ανίχνευσης και αναγνώρισης και συλλογής πληροφοριών δραστηριοτήτων καθώς και το περιεχόμενο αυτών.

Η δεύτερη αναδυόμενη τάση στο πεδίο της πανταχού παρούσας υπολογιστικής (Ubiquitous computing) είναι οι φορητοί βιοαισθητήρες. Ποικιλία ασύρματων αισθητήρων σώματος χρησιμοποιούνται για την μέτρηση βιολογικών λειτουργιών, όπως ο καρδιακός ρυθμός η αρτηριακή πίεση, κορεσμός οξυγόνου, αναπνευστικός ρυθμός, θερμοκρασία και καρδιακή παροχή.

Τα δεδομένα που μπορούν να συλλεχθούν χάρη στους παραπάνω αισθητήρες κινητών τηλεφώνων, δίνουν μεγάλο πλεονέκτημα στους ερευνητές της Εμπειρίας με βάση τη μέθοδο της Δειγματοληψίας (Experience sampling method ESM) [66] για ενσωμάτωση της ανάλυσης των βιωματικών αποκρίσεων με τις μεταβλητές φυσιολογίας και δραστηριοτήτων επεκτείνοντας έτσι το εύρος της προσέγγισης του αναδυόμενου πεδίου της κινητής υγείας γνωστό και ως m-health [87]. Στη μέθοδο ESM μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω τρία πρωτόκολλα:

- i. **Ενδεχόμενου διαστήματος** [67]. Οι συμμετέχοντες αποκρίνονται συμπληρώνοντας μία φόρμα, σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα (π.χ. κάθε ώρα).
- ii. **Ενδεχόμενου συμβάντος** [67]. Οι συμμετέχοντες αποκρίνονται συμπληρώνοντας μία φόρμα, μόνο όταν συμβεί κάποιο γεγονός ενδιαφέροντος.



- iii. **Ενδεχόμενου σήματος** [67]. Οι συμμετέχοντες καλούνται να ανταποκριθούν σε ένα σήμα που ενεργοποιείται από μία συσκευή, που μεταφέρουν μαζί τους συνεχώς, σε τυχαίες χρονικές στιγμές μέσα στη μέρα.

Το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί ποικίλει ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας. Η αρχιτεκτονική το συστήματος που για τη συλλογή και ανάλυση όλων των παραπάνω στοιχείων αποτελείται κυρίως από τρεις ενότητες: διαχείριση της έρευνας, υπολογιστική και απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Η ανάπτυξη της εφαρμογής PsychLog έγινε σε Windows mobile 6.5 platform με τη χρήση Visual Studio 2008 Professional Edition, . Net Compact Framework 3.5 και αντικειμενοστρεφή γλώσσα C# 3.0. Η επιλογή αυτής της υποδομής έγινε γιατί δίνει τη δυνατότητα εύκολης πρόσβασης σε χαμηλό επίπεδο APIs που χρειάζονται οι μονάδες αισθητήρων.

Παρόμοια εφαρμογή είναι η **Context-Aware Experience Sampling** [68] επίσης open source στιγμιαίο λογισμικό αξιολόγησης, που χρησιμοποιεί αισθητήρες σε συσκευές PDA, με αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης για να επιτρέψει στους ερευνητές να μελετούν τη συμπεριφορά των ανθρώπων σε πραγματικό περιβάλλον.

#### 4.4 «Παράθυρο» επικοινωνίας με τα αυτιστικά παιδιά

Ολοένα και αναπτύσσεται η χρήση των λεγόμενων **αισθητήρων Q** [69] που φοριούνται στο χέρι και μετρούν τη συναισθηματική διέγερση μέσω της αγωγιμότητας του δέρματος και της θερμοκρασίας του, ενώ υπολογίζουν και το επίπεδο δραστηριότητας. Για τα αυτιστικά παιδιά, πολλά από τα οποία δεν μιλούν ή δεν μπορούν να εκφράσουν τα συναισθήματά τους, οι αισθητήρες ανοίγουν ένα παράθυρο που μας επιτρέπει να δούμε την ψυχολογική τους κατάσταση. Με τη βοήθεια της συγκεκριμένης τεχνολογίας μπορούμε να κατανοήσουμε πράγματα για ανθρώπους που εκείνοι δεν μπορούν να μας πουν και να μάθουμε τι είναι αυτό που τους ηρεμεί και τι είναι αυτό που τους εκνευρίζει. Το δέρμα μας είναι κάτι που σκεπάζει, που κρύβει τι συμβαίνει μέσα μας. Είναι πλέον αποδεκτό από όλες τις τάσεις της ιατρικής η σχέση δερματικών παθήσεων με την ψυχολογική κατάσταση του ατόμου. Και από το δέρμα μπορούν να συλλεχθούν στοιχεία που δε μπορούν να κρυφτούν από τον άνθρωπο. Χαρακτηριστικό το κοκκίνισμα στο πρόσωπο όταν κάποιος αισθάνεται ντροπή.

Όταν τα παιδιά με κάποιο είδος αυτισμού στρεσάρονται, συχνά δεν το δείχνουν. Η έντασή τους μπορεί να κορυφωθεί μέχρι σημείου κατάρρευσης. Επειδή τα αυτιστικά παιδιά μπορεί να μην έχουν τη δυνατότητα να εκφράσουν τα συναισθήματά τους, οι δάσκαλοι ή άλλοι φροντιστές τους χρειάζεται να προσπαθήσουν αρκετά για να προβλέψουν και να αποτρέψουν την κατάρρευση. Μία νέα συσκευή, η οποία αναπτύχθηκε από την Affectiva [25], ανιχνεύει και καταγράφει βιολογικά σημάδια άγχους και ενθουσιασμού, μετρώντας ελαφρές αλλαγές στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος. Ο αισθητήρας Q της Affectiva φοριέται μέσω ενός βραχιολιού και επιτρέπει στους ανθρώπους να παρακολουθούν το στρες κατά τις καθημερινές δραστηριότητες. Αποθηκεύει και μεταδίδει τα επίπεδα στρες του χρήστη όλη την ημέρα, δίνοντας στους γιατρούς, τους φροντιστές αλλά και τους ίδιους τους ασθενείς ένα νέο εργαλείο για την παρατήρηση των αντιδράσεων. Αυτά τα δεδομένα θα μπορούσαν να αποτελέσουν έναν αντικειμενικό τρόπο για να δουν και να γνωστοποιήσουν τι μπορεί να προκαλέσει άγχος σε ένα άτομο [25]. Απαραίτητο είναι να υπάρχει ακρίβεια στα δεδομένα καθώς πρόκειται για παρατήρηση χρηστών ευαίσθητων ομάδων. Όταν το άτομο μπαίνει σε μία λειτουργία «πάλης ή φυγής» («flight or fight»), όρος που χρησιμοποιείται στο πεδίο της φυσιολογίας για να περιγράψει την απόκριση του οργανισμού στο στρες και χαρακτηρίζεται από ταχυκαρδία και διεσταλμένες κόρες ματιών [26], υγρασία συλλέγεται κάτω από το δέρμα (που συχνά οδηγεί στην εφίδρωση), ως ανταπόκριση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Αυτή η αυξανόμενη υγρασία κάνει το δέρμα πιο ηλεκτρικά αγωγίμο. Οι αισθητήρες αγωγιμότητας του δέρματος αποστέλλουν ένα μικρό

ηλεκτρικό παλμό σε ένα σημείο της επιδερμίδας και μετρούν τη δύναμη αυτού του σήματος σε άλλο σημείο του δέρματος για να ανιχνεύσουν την αγωγιμότητά του.

Από την παραπάνω λειτουργία δε μπορεί κάποιος να διαπιστώσει αν πρόκειται σίγουρα για αντίδραση στρες. Αυτό που σίγουρα μπορεί να βγει σα διαπίστωση είναι ότι έχει προκύψει συναισθηματική αλλαγή. Η αλλαγή μπορεί να μην αντιστοιχεί σε στρες απαραίτητα, αλλά σε προσμονή, ενθουσιασμό, αλλαγή που πρέπει να βρεθεί η αιτία της. Η διαπίστωση αυτή δίνει τη δυνατότητα στους φροντιστές να αντιληφθούν ότι κάτι έχει επηρεάσει το άτομο και να ψάξουν για την αιτία, κάτι το οποίο μπορούσε να μην είχε γίνει αντιληπτό διαφορετικά. Επιπρόσθετα, η εμπειρία μπορεί να τους βοηθήσει ώστε να αποφευχθούν μελλοντικές τέτοιες πηγές συναισθηματικών αλλαγών που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά το άτομο που φροντίζουν. Σχολεία που φιλοξενούν παιδιά με αυτισμό χρησιμοποιούν αισθητήρες Q για περίπου έξι μήνες, ώστε οι θεραπευτές να δουν ποιες δραστηριότητες, όπως τεχνικές χαλάρωσης και ασκήσεις αναπνοής, επηρεάζουν την ευημερία μεμονωμένων μαθητών. Σίγουρα η διαδικασία με αισθητήρες Q είναι λιγότερο ενοχλητική και πιο εύκολη στη χρήση από τους μαθητές, σε σχέση με μία παραδοσιακή μέθοδο ανάλυσης συναισθηματικών καταστάσεων, όπως παρακολούθηση από μία οθόνη με βιοανάδραση. Αξιοσημείωτη είναι η δυνατότητα να συλλεχθούν πολλές πληροφορίες για τον ύπνο των αυτιστικών παιδιών ο οποίος παρουσιάζει αρκετά προβλήματα, καθώς και η έγκαιρη διάγνωση επιληπτικών κρίσεων.

Ο αισθητήρας Q, εκτός του ότι μπορεί να φορεθεί σε βραχιόλι, μπορεί να ενσωματωθεί σε μικρότερες μονάδες, όπως καπέλο ή μπαντάνα ιδρώτα, ώστε να είναι πιο διακριτικό. Είναι επίπεδος μεγέθους ως τέσσερα εκατοστά, και το ίδιο το βραχιόλι μπορεί να πλυθεί ακόμα και στο πλυντήριο.

Πρόσθετο χαρακτηριστικό της ακρίβειας που προσφέρει είναι ότι μπορεί να διαχωρίσει την περίπτωση που ο χρήστης μπαίνει σε δωμάτιο με υψηλή θερμοκρασία από την περίπτωση που έχει συναισθηματική διακύμανση στρες. Περιέχει επαναφορτιζόμενη μπαταρία διάρκειας μιας μέρας, ρολόι, εξωτερικό κουμπί που επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει δείκτη συμβάντος στα δεδομένα, και αισθητήρα κίνησης σε τρεις κατευθύνσεις. Τα δεδομένα που καταγράφονται μπορούν να αποθηκευτούν σε υπολογιστή με τη χρήση USB και κατάλληλο λογισμικό για την εμφάνιση, ανάλυση, σύγκριση των γεγονότων. Το Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης, έχει ήδη τοποθετήσει αισθητήρες ποδιού στα μωρά για την παρακολούθηση της κανονικής ανάπτυξης του νευρικού τους συστήματος [31].

#### **4.5 Εκπαίδευση μέσω αναγνώρισης συναισθημάτων**

Η χρήση των υπολογιστών στο πεδίο της μάθησης είναι γνωστό ότι έχει συμβάλει ιδιαίτερα και στο επίπεδο διδασκαλίας μέσα σε μία τάξη, πραγματική ή εικονική. Η τεχνητή νοημοσύνη έδωσε έμφαση στην αναπαράσταση της γνώσης και μοντελοποίηση λογικών διαδικασιών (βιολογικές διαδικασίες, λειτουργίες του εγκεφάλου, ανθρώπινη σκέψη, εφαρμογή στατιστικών μεθοδολογιών) ενώ διευκόλυνε την ανάπτυξη θεωριών, όπου η σκέψη και η εκμάθηση θεωρούνται ως επεξεργασία πληροφοριών. Η έρευνα για την ανθρώπινη και τη μηχανική μάθηση έχει επωφεληθεί από την ανταλλαγή ιδεών ανάμεσα στην ψυχολογία και την υπολογιστική. Παρόλο που μέχρι τώρα υπήρχε η θεωρία ότι η υπερβολική συγκίνηση είναι κακή για την ορθολογική σκέψη, τα πρόσφατα ευρήματα υποδηλώνουν ότι όταν στους εγκεφάλους λείπουν οι βασικοί μηχανισμοί συναισθημάτων, τότε παρεμποδίζεται η ευφυής λειτουργία. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος δεν είναι ένα καθαρά γνωστικό σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών, αλλά ένα σύστημα στο οποίο οι συναισθηματικές και οι γνωστικές λειτουργίες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Όταν γίνεται αλλαγή των συναισθηματικών καταστάσεων, τότε αλλάζει και ο τρόπος σκέψης.

Τα περισσότερα πλέον πανεπιστήμια έχουν αναγνωρίσει το εύρος της χρήσης των IoT συσκευών στην καθημερινότητα των μαθητών και προσπαθούν να τα προσαρμόσουν στους νέους τρόπους διδασκαλίας και

τρόπους σκέψης. Μεγάλες επενδύσεις γίνονται στον εξοπλισμό IoT όχι μόνο μεμονωμένων ατόμων αλλά και σχολείων και πανεπιστημίων. Παρακάτω παρουσιάζονται σύγχρονες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις:

1. **Αντεστραμμένη μάθηση (Flipped Learning)** [70] είναι μία μορφή μικτής μάθησης, όπου οι μαθητές μελετάνε στο σπίτι, μέσω διαλέξεων βίντεο μαγνητοσκοπημένων αλλά και σε πραγματικό χρόνο, και στη συνέχεια κάνουν τις εργασίες τους στην τάξη. Ουσιαστικά η μαθησιακή διαδικασία αντί να γίνει μέσω δάσκαλου, γίνεται μαθαίνοντας οι μαθητές ο ένας από τον άλλο μέσα σε μικρές ομάδες. Οι τάξεις, μέσω Wifi και ποικίλων εφαρμογών κινητών συσκευών, δημιουργούν ένα διαδραστικό περιβάλλον, χωρίς όμως να μειώνεται η σημασία των εκπαιδευτών, αφού χρησιμοποιούν διάφορα εργαλεία για να μετρήσουν την ανταπόκριση των μαθητών και παραμένουν δεσμευμένοι μέσα και έξω από την τάξη [36].
2. **Απομακρυσμένη μάθηση (Distance learning)** [71], αποτελεί μοντέλο εκπαίδευσης για μαθητές που δε μπορούν να παρευρίσκονται στο σχολείο. Η παρακολούθηση του μαθήματος της τάξης γίνεται σε πραγματικό χρόνο, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν εργαλεία τηλεδιάσκεψης, φόρουμ τάξεων, μαγνητοσκοπημένα βίντεο, κοινωνικά μέσα δικτύωσης και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Η εκπαίδευση είναι διαθέσιμη για όλους με αυτή τη μέθοδο παρακάμπτοντας προβλήματα απόστασης και χρόνου [36].
3. **Παιχνιδοποίηση (Gamification)** [72], εισάγει την έννοια του παιχνιδιού στη διαδικασία της μάθησης μέσω ηλεκτρονικών εφαρμογών, μέθοδος η οποία πλέον χρησιμοποιείται ευρέως στη διαδικασία της μάθησης, απομακρύνοντας από τη δασκαλοκεντρική μέθοδο. Κύριο σκοπό έχει την αύξηση του ενδιαφέροντος στη διαδικασία της μάθησης κάνοντάς την πιο ελκυστική. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει χρήση ή ενσωμάτωση μηχανισμών ή και χαρακτηριστικών παιχνιδιού σε δραστηριότητες που δε σχετίζονται με το παιχνίδι, με στόχο την εξεύρεση λύσεων μέσω της αλλαγής συμπεριφοράς των χρηστών, καθώς και την αύξηση της συμμετοχικότητας και της δέσμευσής τους. Φανερά αποτελεί ανθρωποκεντρικό μοντέλο όπου δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών. Έχει αποδειχτεί με επιστημονικές μεθόδους ότι μέσα από τη διαδικασία αυξάνεται η συναισθηματική συμμετοχή των παιδιών, επηρεάζεται η συμπεριφορά τους, ενώ παράλληλα διευκολύνεται σημαντικά η επικοινωνία των συναισθηματικών μηνυμάτων και ενισχύεται η αποδοχή τους [35]. Τα βασικά στοιχεία του είναι:
  - Εικονικός κόσμος
  - Χαρακτήρας (avatars)
  - Πρόκληση
  - Πόντοι
  - Σήματα (Badges)
  - Σύστημα κατάταξης (Leaderboards)
4. **Χαρτογράφηση μυαλού (Mind Mapping)** [73] κάνει τη μάθηση διαδραστική και πολυδιάστατη αντί για μονοκατευθυντική και παθητική. Είναι ένα διάγραμμα απεικόνισης των σκέψεων και της σύνδεσης μεταξύ τους. Οι σκέψεις μπορεί να είναι όχι μόνο ενός μόνο ατόμου αλλά και ομάδας. Λογισμικά όπως το Mindmeister [85] και το XMind [86], βασίζονται στη χαρτογράφηση μυαλού.
5. **Ψηφιακή αφήγηση (Digital Storytelling)** [74], μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευσης ενηλίκων και δια βίου μάθησης, σε όλα τα επιστημονικά πεδία και μπορεί να συνδυαστεί με πολλές άλλες στρατηγικές μάθησης όπως το παιχνίδι ρόλων. Προκειμένου η στρατηγική αυτή να εφαρμοστεί αποτελεσματικά, θα πρέπει να αρχίσει με την καταγραφή της αντίδρασης των εκπαιδευόμενων σε μια προτρεπτική εμπειρία και να

ολοκληρώνεται με το διαμοιρασμό των ψηφιακών αφηγήσεων μεταξύ των εκπαιδευόμενων και το σχολιασμό τους.

Με τη χρήση πολυμέσων και ακολουθώντας συγκεκριμένα βήματα οι αφηγητές, μπορούν να παρέχουν μία διαφορετική κάθε φορά περιήγηση στα επεισόδια με συνεχείς ανατροπές. Τόσο οι αφηγητές όσο και οι ακροατές έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν τον προσωπικό και αφηγηματικό τους λόγο να απεικονίσουν τις γνώσεις τους και να λάβουν ανατροφοδότηση.

6. Στην ψηφιακή εκπαίδευση μπορεί να συμπεριληφθεί και η συναισθηματική μάθηση στον τομέα της ψυχολογίας εστιάζοντας σε τρία μοντέλα:
  - Μοντέλο απόδοσης συνοδευόμενης από προσπάθεια, διαρκής παρακολούθηση της απόδοσης του εκπαιδευόμενου συνοδευόμενη από κατάλληλη καθοδήγηση με στόχο την αύξηση της προσπάθειας για την επίτευξη καλύτερης απόδοσης.
  - Μοντέλο αυτορρύθμισης, που εστιάζει στην αυτορρύθμιση του εκπαιδευόμενου.
  - Μοντέλο αυτοπεποίθησης, όπου ενισχύεται η εμπιστοσύνη του εκπαιδευόμενου στις δυνάμεις του, ώστε να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της εκπαιδευτικής δραστηριότητας.

Οι μέθοδοι της συναισθηματικής μάθησης μπορούν να εφαρμοστούν σε περιβάλλοντα εξ' αποστάσεως ηλεκτρονικής μάθησης/ εκπαίδευσης περιθαλπόντων από επαγγελματίες υγείας και ψυχολόγους. Μπορεί να επιτευχθεί η καλύτερη υποστήριξη του υπεύθυνου ψυχολόγου/ εκπαιδευτή μέσω της πληροφόρησης για τη συναισθηματική κατάσταση των εκπαιδευόμενων. Ταυτόχρονα με τις παρεχόμενες πληροφορίες μπορεί να υποστηριχθεί καλύτερα η αυτορρύθμιση τους.

#### 4.6 Ανίχνευση σεξουαλικής επίθεσης

Το **Bindi** [75] είναι ένα αυτόνομο πολυμορφικό σύστημα, που μπορεί να φορεθεί από το χρήστη και βασίζεται σε βιολογικές (physiological) μεταβλητές, τον ήχο που προέρχεται από το περιβάλλον και το χρήστη. Έχουν χρησιμοποιηθεί εμπορικοί αισθητήρες με ενσωματωμένη απλοποιημένη προσέγγιση εκμάθησης μηχανών για την αναγνώριση των συναισθημάτων, χαμηλής κατανάλωσης ενεργειακής και πόρων, ασύρματοι, με φορητό Cyber-Physical System (CPS) [76]. Η καινοτομία του Bindi είναι η αναγνώριση του πανικού η οποία επιτυγχάνεται από την καταγραφή διαφοροποίησης στις προδιαγεγραμμένες μεταβλητές συναισθήματος που βρίσκονται στο χώρο Ευχαρίστηση-Διέγερση-Κυριαρχία-Εξοικείωση. Οι αισθητήρες καταγράφουν την καρδιακή παροχή και τον όγκο παλμού ενώ με επιταχυνσιόμετρα επιτυγχάνεται η απαλοιφή του θορύβου που προέρχεται από την κίνηση. Ταυτόχρονα καταγράφεται η αντίσταση του δέρματος, αργές ή γρήγορες αλλαγές, κατάσταση του σώματος, όπως θερμοκρασία και υγρασία [39].

#### 4.7 Συλλογή συναισθηματικών καταστάσεων πλήθους

Μια αναδυόμενη κατηγορία συσκευών αιχμής που θα οδηγήσει στην εξέλιξη του IoT είναι οι αισθητηριακές και υπολογιστικές συσκευές που είναι συνδεδεμένες με το διαδίκτυο. Σε αυτές περιλαμβάνονται τα έξυπνα τηλέφωνα (iPhone, Google Nexus), συσκευές αναπαραγωγής μουσικής (iPods), και συστήματα παιχνιδιού με ενσωματωμένους αισθητήρες (Wii, Xbox, OBD-II). Εκτός του ότι αυτές οι συσκευές έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς, αποτελούν και ισχυρή πηγή συναισθηματικών δεδομένων. Εξοπλισμένα με δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης, μπορούν να μεταφέρουν τα δεδομένα που παράγονται στο διαδίκτυο. Συνδυάζουν λοιπόν συναισθηματική αναγνώριση και δυνατότητα επικοινωνίας των δεδομένων. Βασικότερο όμως είναι η δυνατότητα κοινοτικής αίσθησης, που σχετίζεται με την παρακολούθηση φαινομένων μεγάλης κλίμακας και τα οποία δε μπορούν να μετρηθούν από ένα μόνο άτομο. Για να έχουμε μία ακριβή παρακολούθηση της κυκλοφοριακής κίνησης ή του καυσαερίου, χρειαζόμαστε στοιχεία από ομάδα ανθρώπων. Εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή στοιχείων από πλήθος ανθρώπων, ονομάζονται **Mobile**

Crowdsensing (MCS) [77]. Ο επίσημος ορισμός του MCS είναι: μέθοδος ανίχνευσης που δίνει τη δυνατότητα στους απλούς πολίτες να συνεισφέρουν δεδομένα τα οποία είναι ανιχνευμένα ή παράγονται από τις κινητές στους συσκευές, συγκεντρώνει και συγχωνεύει τα δεδομένα στο διαδίκτυο για εξαγωγή πληροφοριών από το πλήθος και παροχή υπηρεσιών προς αυτό [32].

Πολλές έρευνες έχουν γίνει για την ανίχνευση της συναισθηματικής κατάστασης πλήθους. Έχουν παρατηρηθεί οι τροχιές που δημιουργούνται από την κίνηση των ανθρώπων, οι σιλουέτες της κίνησής τους καθώς και οι εκφράσεις του προσώπου σε μαζικές κοινωνικές εκδηλώσεις.

#### **4.8 Αναγνώριση συναισθημάτων στον τομέα του Marketing**

Έχει ήδη αναφερθεί η επιτυχία ενός προϊόντος εμπορίου ανάλογα με τα συναισθήματα που μπορεί να προκαλέσει στο αγοραστικό κοινό. Είναι εύλογο λοιπόν να έχει χρησιμοποιηθεί η δυνατότητα αναγνώρισης των συναισθημάτων του πελάτη στον τομέα του εμπορίου. Με δεδομένη πλέον την καθολική χρήση ηλεκτρονικών αγορών, ενδιαφέρει η αναγνώριση των διαθέσεων που δημιουργούνται στον πελάτη όχι μόνο από το ίδιο το προϊόν, αλλά και από την ίδια την πλατφόρμα ηλεκτρονικών αγορών. Ο τρόπος προσφοράς του προϊόντος, η διαφήμισή του, ο σχεδιασμός του ηλεκτρονικού καταστήματος, σχετίζονται με συναισθήματα που προκαλούνται και μπορούν να καταγραφούν.

Στην παρούσα φάση του ηλεκτρονικού εμπορίου θεωρείται δεδομένη η χρήση του chatbot (ηλεκτρονικής συνομιλίας ανάμεσα σε πελάτη και έμπορο). Άμεσα μπορεί να καταγραφεί η αίσθηση της συνολικής υπηρεσίας, του προϊόντος, των επιθυμιών του πελάτη, χωρίς να χρειάζεται να γίνει η χρήση ερωτηματολογίων για τη συλλογή των απόψεων του. Το chatbot έχει άμεση και αυθόρμητη ανταπόκριση ενώ στη διαδικασία των ερωτηματολογίων πάντα ο ερωτηθέν κάνει δεύτερες σκέψεις και οι απαντήσεις δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική αίσθηση που του δημιούργησε η υπηρεσία τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Πρόσθετα μπορούν να συλλεχθούν πολλά στοιχεία που θα βοηθήσουν την βελτιστοποίηση των υπηρεσιών και στην ανάπτυξη ενός ηλεκτρονικού καταστήματος, μέσω της ζωντανής καταγραφής των απόψεων του πελάτη, πέρα από την απλή αξιολόγηση με αστέρια. Η εξόρυξη συναισθηματικών στοιχείων του πελάτη μπορεί να γίνει μέσω του κειμένου της συνομιλίας ή μέσω εικονιδίων, θετικών, αρνητικών ή ουδέτερων. Δίνεται επίσης η δυνατότητα κατάλληλης φροντίδας παρακολούθησης ενός απογοητευμένου πελάτη.

Ιδιαίτερα στον τομέα της ένδυσης η χρήση στοιχείων των συναισθημάτων του πελάτη δεν έχει περιοριστεί μόνο στην ανάλυση του κειμένου αλλά χρησιμοποιεί και την ανάλυση εικόνας για την αγοραστική ικανοποίηση του πελάτη. Ο πελάτης μπορεί να ανεβάσει φωτογραφίες του με διάφορες ενδυμασίες στην πλατφόρμα του ηλεκτρονικού καταστήματος, μέσω εφαρμογής κινητού τηλεφώνου και ανάλογα με τη διάθεση που φαίνεται ότι έχει ο πελάτης με τις διαφορετικές ενδυμασίες, να του προταθούν αντίστοιχα ρούχα [22].

Για να μπορέσει ο πελάτης να εκφράσει τα συναισθήματά του και την κριτική του για υπηρεσίες και προϊόντα, απαραίτητο στοιχείο είναι η εμπιστοσύνη ανάμεσα στον πελάτη και τον πωλητή/παροχέα υπηρεσιών, η οποία άλλωστε χρειάζεται και στην φυσική σχέση πελάτη- πωλητή.

## 5. ΙΔΑΝΙΚΟ ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΚΟ - ΟΛΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

«Ως το 2022, οι προσωπικές συσκευές θα γνωρίζουν περισσότερο για τη συναισθηματική μας κατάσταση, από ότι η ίδια μας η οικογένεια» ανέφερε η Annette Zimmermann, αντιπρόεδρος έρευνας στην Gartner. Μπορεί να μοιάζει εξωπραγματικό, αλλά τα προϊόντα που παρουσιάζονται συνεχώς στα παγκόσμια συνέδρια καινοτομίας δείχνουν ότι η συναισθηματική τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να το κάνει πραγματικότητα.

- Εσωτερικά συστήματα αυτοκινήτου που προσαρμόζουν στην ανταπόκριση των φρένων, στο επίπεδο ανησυχίας του οδηγού.
- Video games
- Στο πεδίο της υγείας, ανιχνευτές συναισθήματος που μπορούν να φορεθούν, μπορούν σταδιακά να παρακολουθούν τη διανοητική υγεία του ατόμου 24\*7 και να αποστέλλουν ειδοποίηση στον υπεύθυνο γιατρό, εάν είναι αναγκαίο. Όπως επίσης και ο γιατρός παρακολουθώντας τον ασθενή μπορεί να επέμβει ανάλογα.

Ανάλογα λοιπόν με την εφαρμογή που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, μπορεί να αποτελεί αντικείμενο μελέτης και παρατήρησης τόσο το πρόσωπο, η φωνή, η θερμοκρασία του σώματος και η συχνότητα των χτύπων της καρδιάς, όσο και η πίεση των πελμάτων στα φρένα του αυτοκινήτου. Οι ανθρώπινες αντιδράσεις στα ερεθίσματα ποικίλλουν και μπορούν να εκφραστούν από διάφορα μέσα. Καθώς το ερέθισμα συνδέεται άρρηκτα με τον κεντρικό νευρικό σύστημα, ο εγκέφαλος είναι αυτός που πρώτος αντιλαμβάνεται το ερέθισμα και επεξεργάζεται. Στη συνέχεια εκδηλώνεται η αντίδραση στο ερέθισμα μέσω μυϊκών συσπάσεων. Η απόκριση του δέρματος είναι η πιο έγκυρη μέθοδος για το συναισθηματικό χαρακτηρισμό ενώ από την άλλη οι αντιδράσεις του προσώπου δε θεωρούνται ακριβείς, καθώς συχνά μπορούν να οδηγήσουν σε ψεύτικα συμπεράσματα [89]. Ο χρόνος αντίδρασης σε οπτικά ερεθίσματα είναι λίγο πιο αργός από ότι στα ακουστικά. Από την πλευρά των αισθητήρων των συσκευών υπάρχει και εκεί μία ποικιλία ευαισθησίας.

Η προσέγγιση της ανάλυσης, επεξεργασίας, αναγνώρισης και καταγραφής των συναισθημάτων μέσω διαφόρων υπολογιστικών μοντέλων που χρησιμοποιούν ως στοιχεία την ανάλυση των ανθρωπίνων αντιδράσεων από μονοδιάστατες πηγές, π.χ. μόνο από την ομιλία ή μόνο από τις εκφράσεις του προσώπου, είναι φανερό ότι μπορούν να οδηγήσουν σε μη ακριβή συμπεράσματα. Η συνδυαστική προσέγγιση με επεξεργασία δεδομένων από πολλές πηγές ταυτόχρονα οδηγεί σε αντιπροσωπευτικότερες και εγκυρότερες πληροφορίες για την έκφραση του ανθρώπινου συναισθήματος.

Ένα ιδανικό πολυμορφικό σύστημα ανάλυσης συναισθημάτων πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [23]:

- Δυνατότητα αυτόματης λήψης πολυμορφικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επεξεργασία αυτών και συναισθηματική αναγνώριση της κατάστασης.
- Διαχείριση και αναγνώριση όλων των πιθανών συναισθηματικών καταστάσεων που μπορεί να εκφράζονται συγχρονισμένα ή ασύγχρονα, με πρόθεση ή αυθόρμητα.
- Διαχείριση μεγάλων κινήσεων του κεφαλιού ή του σώματος, καθώς και κινήσεων μέσα στο χώρο και όχι μόνο στατικών ενεργειών.

- Αντιμετώπιση τόσο με πρόθεση συναισθηματικών δεδομένων όσο και αυθόρμητων, όπου το άτομο μπορεί να μην έχει επίγνωση της καταγραφής, επομένως και δε θα συγκρατήσει τον εαυτό του και θα εκφράσει τα συναισθήματά του αυθόρμητα.
- Αντιμετώπιση περιστατικών απόφραξης (χέρια που κρύβουν το πρόσωπο), θόρυβος, με αποτέλεσμα την ελλιπή καταγραφή δεδομένων.
- Ανίχνευση και ανάλυση εισόδων από πολλές συσκευές (πολλαπλές κάμερες και μικρόφωνα, αισθητήρες οπτικής/γεύσης/αφής).
- Διαχείριση μη ομοιόμορφων συνθηκών φωτισμού ή συνθηκών με θόρυβο.
- Δυνατότητα παρακολούθησης ατόμου για μεγάλο χρονικό διάστημα, ακόμα και για μερικές εβδομάδες, συλλαμβάνοντας όλες τις παραλλαγές συναισθηματικής κατάστασης.
- Αντιμετώπιση θεμάτων διαφορετικής ηλικίας, φύλου και εθνικότητας
- Προσαρμογή του συστήματος στο περιβάλλον του χρήστη και τον ίδιο το χρήστη.
- Δυνατότητα διαχωρισμού-φιλτραρίσματος χρήσιμων δεδομένων και αποκλεισμού αδιάφορων, που οδηγούν σε σπατάλη υπολογιστικών πόρων (αποθηκευτικών χώρων, μνήμη και υπολογιστικής ισχύος) χωρίς να μπορούν προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες στην τελική αναγνώριση συναισθημάτων.

Από μεθοδολογικής απόψεως η σύγχρονη μηχανική νοημοσύνη, στερείται ολιστικής ικανότητας ανίχνευσης και ανάλυσης σε δύο σημεία:

1. Στο πεδίο της εισόδου, η επικοινωνία του ανθρώπου με το σύστημα αντιμετωπίζεται ξεχωριστά, μονότροπα.
2. Στο πεδίο της εξόδου υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός συνδεδεμένων μελετών σχετικά με την αναγνώριση των συναισθημάτων και των χαρακτηριστικών των χρηστών.

Ωστόσο δεν υπάρχει ολιστική αντίληψη που να εξετάζει όλα αυτά τα συνεχή οντολογικά φαινόμενα σε ένα πλαίσιο συνεργασίας.

Πρόσφατα προκειμένου να προσεγγιστεί η ολιστική αντιμετώπιση της συναισθηματικής υπολογιστικής, παρουσιάστηκε η έννοια *deep-fusion*, «βαθιά σύντηξης» [78]. Με την προσέγγιση της βαθιάς σύντηξης, χρησιμοποιούνται όλες οι τρόποι επεξεργασίας και ανάλυσης συναισθημάτων, ενώ προστίθενται στην ανάλυση επεξεργασία «κρυφών» δεδομένων πέρα από το δίπτυχο εικόνα-ήχος. Μπορεί στην επεξεργασία των δεδομένων να προστεθούν απτικές ανιχνεύσεις (εισαγωγή κειμένου, νευρολογικά/βιολογικά σήματα), καθώς και χαρακτηριστικά που εξάγονται από κρυμμένα στρώματα του νευρικού δικτύου.

Την ολιστική ανάλυση συναισθημάτων μέσω IOT συσκευών, έρχεται να ενισχύσει η σύγχρονη τάση ενίσχυσης βάσεων δεδομένων από τον ίδιο το χρήστη, χωρίς απαιτούμενες γνώσεις ή εκπαίδευση, διαδικτυακά, 24x7. Τέτοια εφαρμογή είναι η **VoILA** [79]. Μία δωρεάν διαδικτυακή εφαρμογή εγγραφής ομιλίας, από τον ίδιο το χρήστη, όπου στη συνέχεια μπορεί να εξάγει τα αποτελέσματα ανάλυσης της φωνής του, στα οποία θα έχει μόνο ο ίδιος πρόσβαση.

Άλλες σύγχρονες έρευνες αναφέρονται στο πεδίο τρόπος σκέψης (*thought modality*), αλληλεπίδραση εγκεφάλου-υπολογιστή, ενώ το πεδίο συλλογής στοιχείων από την όσφρηση και τη γεύση βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο.

## 6. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 6.1 Ιδιωτικότητα

Η ιδιωτικότητα αποτελεί μεγάλη πρόκληση στο πεδίο της συναισθηματικής υπολογιστικής. Ο σεβασμός και η διατήρηση του απορρήτου των χρηστών καθώς και η προστασία των προσωπικών τους δεδομένων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας όλων των IoT συστημάτων συλλογής δεδομένων, καθώς οι άνθρωποι είναι ευαίσθητοι ως προς τη χρήση των προσωπικών τους δεδομένων, κυρίως αν τα δεδομένα αυτά αποκαλύπτουν την τοποθεσία στην οποία βρίσκονται, συζητήσεις ή άλλα προσωπικά δεδομένα. Η ανησυχία αυτή αυξάνεται δραματικά όταν σχετίζονται και ευαίσθητα δεδομένα, όπως δεδομένα υγείας ή συναισθηματικής κατάστασης. Ενώ μερικές μελέτες χρησιμοποιούν τις τηλεφωνικές κλήσεις για τον υπολογισμό συγκεντρωτικών πληροφοριών, όπως ο αριθμός των κλήσεων και η διάρκειά τους, άλλες προσπελάζουν πιο ιδιωτικές πληροφορίες, όπως η λίστα επαφών για να υπολογίσουν την ποικιλία των κοινωνικών επαφών σε συνδυασμό με τον υπολογισμό του χρόνου που διατίθεται σε κάθε επαφή. Πολλές έρευνες γίνονται χρησιμοποιώντας πιλοτικές εφαρμογές εγκατεστημένες στα smartphones των συμμετεχόντων. Οι εφαρμογές αυτές πρέπει να είναι συμβατές με τους ηθικούς κώδικες και περιορισμούς των αρχών της ιδιωτικότητας και της ασφάλειας. Θέματα ιδιωτικότητας προκύπτουν όχι μόνο από τους άμεσους χρήστες της εφαρμογής και συμμετέχοντες στη μελέτη, αλλά και από όσους βρίσκονται κοντά τους, λόγω της υψηλής ευαισθησίας των αισθητήρων, όπως κάμερα και μικρόφωνο. Άλλη πτυχή της ιδιωτικότητας στις εφαρμογές είναι αυτή που σχετίζεται με τις μελλοντικές τους καταστάσεις [27]. Το θέμα αυτό επισημαίνεται πλέον από πολλούς ερευνητές καθώς το ποιος είναι ο ιδιοκτήτης των πληροφοριών που προκύπτουν από τα προσωπικά δεδομένα ενός ατόμου είναι ακόμη ένα ζήτημα μη σαφώς καθορισμένο. Ενώ τεχνικές όπως η κρυπτογράφηση και η ανωνυμοποίηση χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της ιδιωτικότητας των χρηστών, στην πραγματικότητα η ιδιωτικότητα δεν είναι εύκολο να διατηρηθεί καθώς όλες οι πληροφορίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως ιδιωτικές όταν συνδυαστούν με άλλα σχετικά δεδομένα [90,91]. Με την υπάρχουσα κατάσταση ο χρήστης βρίσκεται στο δίλημμα: δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων και χρήσης των προοδευτικών μεθόδων συναισθηματικής υπολογιστικής με κίνδυνο όμως τη μη διατήρηση της ιδιωτικότητας του.

### 6.2 Εν επίγνωση συναίνεση

Η ενημερωμένη συγκατάθεση είναι μια ιδέα που συνδέεται στενά με την ιδιωτική ζωή. Στην ιατρική, η ενημερωμένη συναίνεση είναι μια διαδικασία για την απόκτηση άδειας πριν από την πραγματοποίηση μιας παρέμβασης υγειονομικής περίθαλψης σε ένα άτομο. Ο τελικός στόχος των ερευνών δεν γίνεται πάντα γνωστός στους συμμετέχοντες. Η ενημερωμένη συγκατάθεση είναι απαραίτητη πριν τη συμμετοχή σε τέτοιου είδους έρευνες. Σύμφωνα και με την πρόσφατη εφαρμογή του GDPR (General Data Protection Regulation) [80] στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η έννοια της ευρείας συναίνεσης είναι αποδεκτή στις ερευνητικές μελέτες, ενώ σε λίγες μόνο περιπτώσεις το GDPR επιτρέπει τη μη χρήση συναίνεσης. Η εν επίγνωση συναίνεση είναι ένα σημείο που πολλές φορές παραβλέπεται σκοπίμως από τους ερευνητές, στην προσπάθειά τους να επιτύχουν ένα ποιοτικό αποτέλεσμα και να αποφευχθεί η μη αυθόρμητη στάση των ανθρώπων κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης.

### 6.3 Κατάχρηση δεδομένων

Μία άλλη ηθική ανησυχία στο πεδίο της αναγνώρισης των συναισθημάτων μέσω της συναισθηματικής υπολογιστικής, όταν η χρήση τέτοιων εφαρμογών γίνει ευρεία, είναι η πιθανή χρήση της από οργανισμούς ή μεμονωμένα, προκειμένου να χειριστούν, εκμεταλλευτούν ή να επηρεάσουν τα συναισθήματα των



ανθρώπων. Γεννιέται λοιπόν το ηθικό ερώτημα, ποιος έχει το δικαίωμα να επηρεάζει τις προσωπικές απόψεις και συναισθήματα.

Αναγνωρίζοντας τις παραπάνω ηθικές ανησυχίες ο Ευρωπαϊκός Επόπτης Προστασίας Δεδομένων (European Data Protection Supervisor EDPS) [81] με την υποστήριξη της Συμβουλευτικής ομάδας Δεοντολογίας (Ethics Advisory Group), ξεκίνησαν μία εργασία για την ψηφιακή ηθική, όχι μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, σχετικά με τον επαναπροσδιορισμό των ηθικών διαστάσεων των σχέσεων ανάμεσα στα ανθρώπινα δικαιώματα, την τεχνολογία, την αγορά και τα επιχειρησιακά μοντέλα και τις επιπτώσεις τους στην ιδιωτικότητα και την προστασία των δεδομένων στο ψηφιακό περιβάλλον [28]. Όταν για παράδειγμα αποδεικνύεται στατιστικώς (Picard, 2001) ότι το συναίσθημα της μελαγχολίας και της κατάθλιψης είναι ένας προάγγελος θανάτου σε μεγάλο ποσοστό, τότε γίνονται κατανοητές οι έντονες προσπάθειες που καταβάλλονται από κάθε πλευρά για ακριβείς ψυχομετρικές διαδικασίες.

#### 6.4 Πολυπλοκότητα δεδομένων

Η έρευνα στο πεδίο της συναισθηματικής υπολογιστικής, εκτός από τις ηθικές προκλήσεις έχει ακόμα αρκετούς προβληματισμούς στο τεχνικό πεδίο. Σίγουρα δυσκολίες παρουσιάζονται στην προσπάθεια αναγνώρισης, έκφρασης, μοντελοποίησης, μετάδοσης και ανταπόκρισης στα συναισθήματα. Επίσης, τα στάδια και οι διαδικασίες που εμπλέκονται απλά για την αναγνώριση των συναισθημάτων του χρήστη και την άμεση υπολογιστική ανταπόκριση σε αυτήν, είναι πάρα πολλά.

Πρόσθετα, η συναισθηματική υπολογιστική αφορά μεγάλο όγκο προσωπικών δεδομένων, συχνά αδύνατο να αξιολογηθούν. Λόγω έλλειψης πόρων είναι αδύνατο να αποθηκευτούν όλα τα δεδομένα που παράγονται, ενώ και αν γίνει η επένδυση σε αποθηκευτικούς χώρους, είναι πιθανό τελικά να αποθηκευτούν δεδομένα που δε θα χρησιμοποιηθούν ποτέ καθώς ο όγκος τους καθιστά αδύνατη την πρόβλεψη της χρησιμότητάς τους.

Ετερογενείς πλατφόρμες απαιτούνται τόσο για την άμεση μεταφορά των δεδομένων ανάμεσα στις διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούνται από το χρήστη, όσο και στη συνέχεια για την εισαγωγή-εξαγωγή των δεδομένων σε κάθε υπολογιστική συσκευή προς επεξεργασία. Διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, λογισμικά, πρωτόκολλα επικοινωνίας χρειάζεται να συνεργαστούν για να υποστηρίξουν οι εκάστοτε συσκευές τις διαφορετικές υπηρεσίες τους.

Ένα επιπλέον σημείο που χρειάζεται να αναπτυχθεί είναι η δυνατότητα εμβέλειας των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται από τις IOT συσκευές, οι οποίες μπορεί να είναι ενσωματωμένοι σε συσκευές που ο άνθρωπος φέρει πάνω στο σώμα του στην καθημερινότητά του, αλλά και ενσωματωμένοι στο περιβάλλον του. Οι IOT συσκευές μπορεί να έρχονται σε επαφή μεταξύ τους για την ανταλλαγή πληροφοριών και να επικοινωνούν μεταξύ τους. Στην περίπτωση όμως που αυτές απομακρυνθούν, μπορεί να αλλάξει η δομή του δικτύου, αποδιοργανώνοντας το και δημιουργώντας πρόβλημα στην ανταλλαγή των πληροφοριών. Πρωτόκολλα επικοινωνίας και αμοιβαίου εντοπισμού αισθητήρων και συσκευών θα καθιστούσαν δυνατή την ύπαρξη ενός εύρωστου δικτύου συσκευών-αισθητήρων. Επιπλέον, καθώς οι IOT συσκευές χρειάζεται να λειτουργούν αδιάλειπτα στην ανθρώπινη καθημερινότητα, είναι σημαντικό να έχουν τη δυνατότητα παροχής ενέργειας για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Είναι πολύ σημαντική η επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας στην αναγνώριση των συναισθημάτων σε συνδυασμό με χαμηλότερη συχνότητα λανθασμένων συμπερασμάτων. Η επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο των στοιχείων που παρέχει ο χρήστης αποτελεί επίσης πεδίο υπό συνεχή ανάπτυξη. Η επεξεργασία

δεδομένων προς συναισθηματική ανάλυση συγκεκριμένης μορφής, ήχος, εικόνα, κείμενο, μπορεί να δώσει αποτελέσματα, τα οποία όμως δεν αντικατοπτρίζουν τη συνολικά συναισθηματική κατάσταση του ατόμου.

Τα υπάρχοντα μοντέλα συναισθημάτων χρησιμοποιούν ιδιαίτερα στερεοποιημένους τύπους προσωπικότητας και συναισθηματικής ανταπόκρισης οι οποίοι δεν αντιστοιχούν πάντα στην πραγματική ανθρώπινη συμπεριφορά. Υπάρχουν και περιστασιακοί-εξωγενείς παράγοντες στην έκφραση των συναισθημάτων που συχνά γίνονται λανθασμένα κατανοητοί ή δε λαμβάνονται υπόψιν [88].

Η πρωτοπόρος της συναισθηματικής νοημοσύνης Roselline Picard τονίζει τους προβληματισμούς της σχετικά με το γεγονός ότι η έκφραση των συναισθημάτων γίνεται και μέσω του ανθρώπινου σώματος. Στο βαθμό όμως που οι υπολογιστές δεν έχουν φυσικά σώματα, δε μπορούν να εκφράσουν αξιόπιστα και πιστά το συναίσθημα [88]. Επιπλέον τονίζει την ανάγκη για ισορροπία στην αναγνώριση των συναισθημάτων. Δεν υπάρχει η ανάγκη όλες οι συσκευές να έχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης των συναισθημάτων. Μπορεί να υπάρχει η ανάγκη για συναισθηματική έκφραση ή μη, η ανάγκη για κατανόηση των συναισθημάτων ή και μπορεί να πρέπει απλά να αγνοηθούν.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η έκφραση των ανθρώπινων συναισθημάτων μπορεί να γίνει με πάρα πολλούς τρόπους, ακόμα και από άτομα που δε μπορούν να μιλήσουν, όπως τα μωρά ή από ανθρώπους που λόγω προβλημάτων υγείας μπορούν να ανοιγοκλείσουν μόνο τα μάτια τους. Πληροφορίες μπορούμε να πάρουμε από το πρόσωπο, το σώμα, την ομιλία και τη θερμοκρασία του σώματος. Παρουσιάστηκαν παραπάνω οι έννοιες που πλαισιώνουν το πεδίο της συναισθηματικής υπολογιστικής και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε κάθε στάδιο προκειμένου να έχουμε σαν αποτέλεσμα δεδομένα που μπορούν να βοηθήσουν το χρήστη στην καθημερινότητά του. Πλήθος συσκευών και εφαρμογών μπορούν να είναι στην υπηρεσία του χρήστη στην καθημερινότητα του ώστε να μπορεί να επιτύχει καλύτερη ποιότητα ζωής και να προβλεφθούν θέματα υγείας σε πραγματικό χρόνο. Το πεδίο της συναισθηματικής υπολογιστικής συνεχώς αναπτύσσεται δημιουργώντας νέα πεδία έρευνας. Βρισκόμαστε στην εποχή των μηχανών με συναισθήματα, χωρίς όμως οι μηχανές να είναι πραγματικά συναισθηματικές. Αλλά συνδυάζοντας τη συναισθηματική υπολογιστική με την μηχανική μάθηση, τα μεγάλα δεδομένα και την ρομποτική, βρισκόμαστε στο αρχή μίας εποχής όπου οι μηχανές θα φαίνεται να μας ανταποκρίνονται είτε με συμπάθεια είτε με άλλες συναισθηματικές αντιδράσεις.

Η έρευνα της συναισθηματικής υπολογιστικής και η χρήση των IOT συσκευών έχει σα σκοπό την βελτίωση της ανθρώπινης ζωής χρησιμοποιώντας υπολογιστικά συστήματα στην υπηρεσία του ανθρώπου, μέσω της αναγνώρισης των συναισθημάτων. Η χρήση λοιπόν εφαρμογών για την αναγνώριση συναισθημάτων θα πρέπει να γίνεται με σεβασμό προς το χρήστη, κατανόηση της συναισθηματικής του κατάστασης, παύση της διαδικασίας παρακολούθησης του αν αυτό κρίνεται αναγκαίο και συμμόρφωση με του κανόνες ιδιωτικότητας και ασφάλειας των στοιχείων που προκύπτουν. Αυτά έρχονται να ενισχύσουν το νομικό πλαίσιο που ήδη έχει θεσπιστεί, αφήνοντας όμως κενά προς διόρθωση.

## REFERENCES

1. Διαθέσιμο στο [https://en.wikipedia.org/wiki/Affective\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Affective_computing)
2. P.W. Picard, R. Picard. Affective computing, Vol 252, MIT press Cabridge 1997
3. Björn W. Schuller, Speech Emotion Recognition: Two Decades in a Nutshell, Benchmarks, and Ongoing Trends, Vol. 61, Communications of the ACM, May 2018
4. Jianhua Tao and Tieniu Tan, Affective Computing: A Review, First Internaional Conference, ACII 2005
5. Χατζάκης Μιχαήλ, Οπτικοποίηση συναισθημάτων στην Εκπαίδευση, Πτυχιακή Εργασία, 2013
6. Agnieszka Landowska, Affective computing and affective learning-methods tools and prospects, EduAction. Electronic Education Magazine June 2013
7. Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. The cognitive structure of emotions. New York: Cambridge University Press, 1988
8. Διαθέσιμο από [https://en.wikipedia.org/wiki/Affective\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Affective_computing)
9. Kradinac U. , Textual emotion recognition and creative visualization. (Dissertation), 2008
10. Agnieszka Landowska, Affect-awareness framework for intelligent tutoring systems, Proc. of the 6th Int. Conf. on Human System Interaction 2013
11. Παντίδου Β., Μεθοδολογίες ανάπτυξης ευφυών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, Πτυχιακή εργασία, 2011
12. Asma Ghandeharioun, “Kind and Grateful”: A Context-Sensitive Smartphone App Utilizing Inspirational Content to Promote Gratitude, Psychology of Well-Being, 2016
13. Διαθέσιμο από <https://bambusekd.wordpress.com/2014/03/01/gew/>
14. Διαθέσιμο από [https://en.wikipedia.org/wiki/Brain%E2%80%93computer\\_interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Brain%E2%80%93computer_interface)
15. Διαθέσιμο από <https://pdfs.semanticscholar.org/bde4/5f338ed6bfde186380a30a85538dc0a05a2b.pdf> από
16. Gaggioli Giovanni, Pioggia, Gennaro Tartarisco, Giovanni Baldus, Daniele Corda, Pietro Cipresso, Giuseppe Riva, A mobile data collection platform for mental health research, Personal and Ubiquitous Computing, 20 June 2011
17. Διαθέσιμο από <https://sourceforge.net/projects/psychlog/>
18. E. Douglas-Cowie and other, “The humane database: addressing the needs of the affective computing community”, *Proc. ACII*, 2007
19. Ali Mollahosseini, Behzad Hasani, Mohammad H. Mahoor, AffectNet: A Database for Facial Expression, Valence, and Arousal Computing in the Wild, IEEE 2017
20. Wen-Jing Yan, Qi Wu, Yong-Jin Liu, Su-Jing Wang and Xiaolan Fu, CASME Database: A Dataset of Spontaneous Micro-Expressions Collected From Neutralized Faces, 10th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG), 2013
21. Yoann Baveye, Emmanuel Dellandréa, Christel Chamaret, Liming Chen, LIRIS-ACCEDE: A Video Database for Affective Content Analysis, IEEE Transactions on Affective Computing, 2015
22. Διαθέσιμο στο <https://catchoom.com/blog/visual-recognition-fashion-ecommerce/>
23. Dorothy Monekosso, Paolo Remagnino, Yoshinori Kuno , Intelligent Environments Methods, Algorithms and Applications, Springer, 2009
24. Διαθέσιμο από <https://www.affectiva.com/>
25. Kristina Grifantini, Sensor Detects Emotions through the Skin, MIT Technology Review, 2010.
26. Διαθέσιμο από <https://home.cc.umanitoba.ca/~berczii/hans-selye/walter-cannon-fight-or-flight-response.html>
27. Eugenia Politou, Efthymios Alepis, Constantinos Patsakis, A survey on mobile affective computing, Computer Science Review, vol. 25, 2017

28. EDPS starts work on a New Digital Ethics European Data Protection Supervisor PRESS RELEASE, Διαθέσιμο από [http://secure.edps.europa.eu/EDPSWEB/webdav/site/mySite/shared/Documents/EDPS/PressNews/Press/2016/EDPS-2016-05-EDPS\\_Ethics\\_Advisory\\_Group\\_EN.pdf](http://secure.edps.europa.eu/EDPSWEB/webdav/site/mySite/shared/Documents/EDPS/PressNews/Press/2016/EDPS-2016-05-EDPS_Ethics_Advisory_Group_EN.pdf)
29. Wagner, J., Andre, E., Jung, F.: Smart sensor integration: A framework for multimodal emotion recognition in real-time, ACII 2009, 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 10–12 Sept. 2009
30. Yerzhan Baimbetov, Ismail Khalil, Matthias Steinbauer(B), and Gabriele Anderst-Kotsis, Using Big Data for Emotionally Intelligent Mobile Services Through Multi-modal Emotion Recognition, International Conference on Smart Homes and Health Telematics, 2015
31. Richard Ribon Fletcher, Member, Kelly Dobson, Matthew S. Goodwin, Hoda Eydgahi, Oliver Wilder-Smith, David Fernholz, Yuta Kuboyama, Elliott Bruce Hedman, Ming-Zher Poh, Rosalind W. Picard, iCalm: Wearable Sensor and Network Architecture for Wirelessly Communicating and Logging Autonomic Activity, 2010
32. From Participatory Sensing to Mobile Crowd Sensing, Bin Guo, Zhiwen Yu, Xingshe Zhou School of Computer Science Northwestern Polytechnical University Xi'an, P. R. China, Daqing Zhang Telecommunication Network & Services Department Institut TELECOM SudParis Evry Cedex, France
33. Pieter Desmet, Measuring Emotions, 2003
34. Διαθέσιμο στο <https://internetofbusiness.com/athens-international-airport-turns-to-iot-for-environmental-monitoring/>
35. Jonna Koivisto, Juho Hamari, Demographic differences in perceived benefits for gamification, Computers in Human Behavior, March 2014
36. Must-Know Classroom Technology trends that are changing Education, διαθέσιμο από <https://www.securedgenetworks.com/blog/7-must-know-classroom-technology-trends-that-are-changing-education>
37. Μαστραπάς Γεώργιος, Ανάλυση Συναισθήματος σε δεδομένα του Κοινωνικού Δικτύου Twitter με Μεθόδους Μηχανικής Μάθησης, Ιούλιος 2016
38. Surace, Taticchiola, Spataro and others, Emotion Recognition in the Wild using Deep Neural Networks and Bayesian Classifiers, International Journal of Computer Vision, Sep 2017
39. Jose Miranda, Manuel Canabal, Marta Portela Garcia, CeliaLopez-Ongil, Embedded Emotion Recognition: Autonomous Multimodal Affective Internet of Things, 2018
40. Διαθέσιμο στο <https://us.aibo.com/feature/feature1.html>
41. Stuart J. Russell, Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Third Edition 2010
42. Mehryar Mohri, Afshin Rostamizadeh, Ameet Talwalkar, Foundations of Machine Learning, The MIT Press 2012
43. Marcel van Gerven, Sander Bohte, Artificial Neural Networks as Models of Neural Information Processing, Frontiers Media, SA 2018
44. Corinna Cortes, Vladimir Vapnik, Support-Vector Networks, 1995
45. Irina Rish, An empirical study of the naive Bayes classifier, In Proceedings of the IJCAI-01 Workshop on Empirical Methods in Artificial Intelligence, 2001
46. H.B. Barlow, Unsupervised Learning, Neural Computation, Volume 1, Issue 3, 1989
47. J. MacQueen, Some methods for classification and analysis of multivariate observations, University of California Press, 1967
48. Teuvo Kohonen, The self-organizing map, Proceedings of the IEEE, Sep 1990
49. Burr Settles, Active learning literature survey, Technical Report, University of Wisconsin Madison, 2009
50. Leemon Baird, Residual Algorithms: Reinforcement Learning with Function Approximation, Proc. of the Twelfth Int. Conference on Machine Learning, 1995

51. Διαθέσιμο από <https://en.proft.me/2015/12/24/types-machine-learning-algorithms/>
52. S. Haykin, Neural Networks, A Comprehensive Foundation. New York: Macmillan, 1994
53. Yin Zhang, Rong Jin, Zhi-Hua Zhou, Understanding bag-of-words model: a statistical framework, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, August 2010
54. M. El Ayadi, M.S. Kamel, F. Karrey, Survey on speech emotion recognition: Features, classification schemes, and databases, March 2011
55. F. Dellaert, T. Polzin, and A. Waibel, Recognizing emotion in speech, In Proceedings of ICSLP 3, 1996
56. Xi Zhou, J. Gyo, R. Bie, Deep Learning Based Affective Model for Speech Emotion Recognition, IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, July 2016
57. L.A. Schwarz, A. Mkhitarjan, D. Mateus, N. Navab, Human skeleton tracking from depth data using geodesic distances and optical flow, Image Vision Computing, 2012
58. D.M. Gavrilla, L.S. Davis, Towards 3-D model-based tracking and recognition of human movement: a multi-view approach, International Workshop on Face and Gesture Recognition, Zurich, 1995
59. A.C. Downton, H. Drouet, Model-Based Image Analysis for Unconstrained Upper-Body Motion, Proceedings International Conference on Image Processing and its Applications, 1992
60. Διαθέσιμο από <http://vismod.media.mit.edu/vismod/demos/smartroom/>
61. M. Pantic, A. Pentland, A. Nijholt, T.S. Huang, Human computing and machine understanding of human behavior: a survey, Artificial Intelligence for Human Computing, Springer, 2007
62. G. McKeown, M. Valstar, R. Cowie, M. Pantic, M. Schroder, The SEMAINE database: annotated multimodal records of emotionally coloured conversations between a person and a limited agent, IEEE Transactions on Affective Computing, 2007
63. A. Landowska, M. Szwoch, S. Wioleta, AFFINT process. Design of Affect-aware Applications. Introduction, European Conference on e-Learning, May 2016
64. Klaus R. Scherer, What are emotions? And how can they be measured? Social Science Information, 2005
65. Stefan Poslad, Ubiquitous Computing Smart Devices, Smart Environments and Smart Interaction, John Wiley & Sons, 2009
66. Reed Larson, Mihaly Csikszentmihalyi, The experience Sampling Method, New Directions for Methodology of Social and Behavioral Science March 1983
67. HT Reis, SL Gable, Event-sampling and other methods for studying everyday experience. In: Reis HT, Judd CM (eds) Handbook of research methods in social and personality psychology, Cambridge University Press, New York, 2000
68. Διαθέσιμο στο <https://sourceforge.net/projects/caes/>
69. V. Gay, P. Leijdekkers, J. Agcanas, F. Wong, CaptureMyEmotion: Helping Autistic Children Understand their Emotions Using Facial Expression Recognition and Mobile Technologies, 26th Bled eConference, Jan 2013
70. Διαθέσιμο από <https://www.heacademy.ac.uk/knowledge-hub/flipped-learning-0>
71. A. Kaplan, M. Haenlein, Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster, Business Horizons, Aug 2016
72. K. Huotari, J. Hamari, Defining Gamification – A service Marketing Perspective, MindTrek '12, Oct 2012
73. Διαθέσιμο από [https://www.mind-mapping.org/index.php?title=Who\\_invented\\_mind\\_mapping](https://www.mind-mapping.org/index.php?title=Who_invented_mind_mapping)
74. Διαθέσιμο από [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_storytelling](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_storytelling)
75. Διαθέσιμο από [http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/inst\\_estudios\\_genero/proyectos/UC3M4Safety](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/inst_estudios_genero/proyectos/UC3M4Safety)
76. Διαθέσιμο από [https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system)

77. Ganti Raghu, Ye, Fan, Lei Hui , Mobile crowdsensing: current state and future challenges, IEEE Communications Magazine, Nov 2011
78. B.W. Schuller, Y. Zhang, F. Weninger, Three recent trends in Paralinguistics on the way to omniscient machine intelligence, Journal on Multimodal User Interfaces, Dec 2018
79. S. Hantke, T. Olenyi, C. Hausner, B. Schuller, VoiLA: An Online Intelligent Speech Analysis and Collection Platform, First Asian Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, 2018
80. Διαθέσιμο από [https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/reform/what-does-general-data-protection-regulation-gdpr-govern\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/reform/what-does-general-data-protection-regulation-gdpr-govern_en)
81. Διαθέσιμο από [https://europa.eu/european-union/about-eu/institutions-bodies/european-data-protection-supervisor\\_el](https://europa.eu/european-union/about-eu/institutions-bodies/european-data-protection-supervisor_el)
82. Διαθέσιμο από [https://www.sas.com/el\\_gr/insights/big-data/internet-of-things.html](https://www.sas.com/el_gr/insights/big-data/internet-of-things.html)
83. Διαθέσιμο από [https://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](https://en.wikipedia.org/wiki/Big_data)
84. Διαθέσιμο από <https://el.wikipedia.org/wiki/HTTPS>
85. Διαθέσιμο από <https://en.wikipedia.org/wiki/MindMeister>
86. Διαθέσιμο από <https://www.capterra.com/p/128088/XMind/>
87. Διαθέσιμο από <https://en.wikipedia.org/wiki/MHealth>
88. R. Picard. Affective computing: Challenges, MIT 2003.
89. Jared Minkel, Samantha Phillips, Methodological Considerations When Integrating Experimental Manipulations of Sleep and Emotion, Academic Press, 2015
90. A. Narayanan, V. Shmatikov, Robust de-anonymization of large sparse datasets, IEEE symposium on security and privacy, May 2008
91. P. Ohm, Broken promises of privacy: Responding to the surprising failure of anonymization. UCLA L. Rev. 57, 2009