

# [Π1.2] Αναφορά συγκριτικής μελέτης προδιαγραφών, κόστους και καταλληλότητας

Επίπεδο Διάχυσης: <Δημόσιο | Εμπιστευτικό>

Συμφωνηθείσα Ημερομηνία: Μήνας 6, 27/01/2021

Πραγματική Ημερομηνία: Μήνας <X>, <DD/MM/YYYY>

Ενότητα Εργασίας: EE1 - Ανάλυση χρηστών και απαιτήσεις του συστήματος>

Υποενότητα: E1.3 - Μελέτη προδιαγραφών, έρευνα αγοράς και αξιολόγηση αισθητήρων ET και HEG

Τύπος: < Έκθεση >

Στάδιο Έγκρισης: < final >

Έκδοση: 0.3

Πλήθος Σελίδων: 23

Ονομασία Αρχείου: NeuroMkt\_Παραδοτέο\_Π1.2\_final

**Περίληψη:** Η παρούσα έκθεση αφορά τις ενέργειες που έχουν στόχο στη διαμόρφωση ενός συστήματος αισθητήρων που θα πρέπει κατ' ελάχιστο να περιλαμβάνει μία συσκευή καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλικής δραστηριότητας και μία καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων. Οι ενέργειες περιλαμβάνουν τον καθορισμό των προδιαγραφών του συστήματος αισθητήρων, την έρευνα αγοράς και την αξιολόγηση καταλληλότητας υπό το πρίσμα της διαμόρφωσης ενός συστήματος για την αξιολόγηση διαφημιστικών μηνυμάτων. Η αξιολόγηση των συσκευών οδήγησε στην τελική επιλογή των αισθητήρων, με το Wearable Sensing DSI 24 να επιλέγεται για την καταγραφή της ηλεκτροεγκεφαλικής δραστηριότητας και τις Pupil Invisible και Tobbi Pro Fusion για την καταγραφή οφθαλμικών κινήσεων.

Οι πληροφορίες που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο αντικατοπτρίζουν μόνο τις απόψεις του δημιουργού και η Ευρωπαϊκή Ένωση/ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ δεν ευθύνεται για τυχόν χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν. Οι πληροφορίες στο παρόν έγγραφο παρέχονται ως έχουν και δεν παρέχεται καμία εγγύηση ότι οι πληροφορίες είναι κατάλληλες για οποιοδήποτε συγκεκριμένο σκοπό. Ο χρήστης χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες με αποκλειστικό κίνδυνο και ευθύνη.

# Πνευματική ιδιοκτησία

© Πνευματική ιδιοκτησία 2020 της κοινοπραξίας NeuroMkt που αποτελείται από:

1. Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ)
2. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ)
3. MMS ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΗ Α.Ε (MMS)
4. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ ΜΑΣΟΥΤΗΣ Α.Ε. ΣΟΥΠΕΡ ΜΑΡΚΕΤ (ΜΑΣΟΥΤΗΣ)

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ αυστηρά η αναδημοσίευση, ολική, μερική ή περιληπτική αναπαραγωγή, η κατά παράφραση ή διασκευή των κειμένων που περιέχονται στο παρόν έγγραφο με οποιονδήποτε τρόπο (ηλεκτρονικό, μηχανικό, φωτοτυπικό, ηχογράφησης ή άλλο), χωρίς προηγούμενη γραπτή άδεια των μελών της κοινοπραξίας.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Ταμείο  
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ  
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΠΙΧ. & ΤΕ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΟΦΕΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΓΩΝ



ΕΣΠΑ  
2014-2020  
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΙΔΕΚ) (κωδικός έργου: Τ2ΕΔΚ-03661)

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

## ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΓΓΡΑΦΟΥ

Έκδοση	Ημερομηνία	Λόγος Αναθεώρησης	Αναθεωρήθηκε από
v0.1 (Alpha)	20/11/2020	Αρχική έκδοση με τον Πίνακα Περιεχομένων για να διαμοιραστεί στην κοινοπραξία και να εγκριθεί από τον συντονιστή	Κώστας Γεωργιάδης
v0.2 (Beta)	11/01/2021	Ολοκλήρωση προσθήκης περιεχομένου και αποστολή προς εσωτερική αξιολόγηση	Κώστας Γεωργιάδης
v0.2	17/01/2021	Εσωτερική Αξιολόγηση	Ιωάννα Υφαντίδου
v0.3 (Final)	19/01/2021	Ενσωμάτωση σχολίων εσωτερικού αξιολογητή	Κώστας Γεωργιάδης
v0.3 (Final)	22/01/2021	Τελικός έλεγχος	Σπύρος Νικολόπουλος
v0.3 (Final)	27/01/2021	Έγκριση από τον επιστημονικό υπεύθυνο	Ιωάννης Κομπατσιάρης

## ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΕΙΣΦΕΡΟΝΤΩΝ

Φορέας	Όνομα	Στοιχεία Επικοινωνίας
ΕΚΕΤΑ	Κώστας Γεωργιάδης	<a href="mailto:kostas.georgiadis@iti.gr">kostas.georgiadis@iti.gr</a>
ΑΠΘ	Ιωάννα Υφαντίδου	<a href="mailto:yfantidou@gmail.com">yfantidou@gmail.com</a>
ΕΚΕΤΑ	Σπύρος Νικολόπουλος	<a href="mailto:nikolopo@iti.gr">nikolopo@iti.gr</a>
ΕΚΕΤΑ	Ιωάννης Κομπατσιάρης	<a href="mailto:ikom@iti.gr">ikom@iti.gr</a>

## ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Στόχος της παρούσας έκθεσης είναι η διαμόρφωση ενός συστήματος αισθητήρων που θα περιλαμβάνει μία συσκευή καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλικής δραστηριότητας και μία καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τους αγγλικούς όρους Electroencephalography (EEG) και Eye Trackers (ET) αντίστοιχα. Στην παρούσα έκθεση παρουσιάζονται και εξετάζονται μία σειρά από κριτήρια, τα οποία αποτελούν τη βάση για την επιλογή των προαναφερθέντων συσκευών. Τα κριτήρια διαχωρίζονται σε βασικά και δευτερεύοντα, ανάλογα με το συνολικό αντίκτυπο που θα έχουν στην επιλογή της συσκευής. Με βάση αυτά οι συσκευές που επιλέχθηκαν η DSI 24 της Wearable Sensing είναι η συσκευή EEG που επιλέχθηκε, ενώ οι επιλογές για τις ET συσκευές είναι η Pupil Invisible και η Tobbi Pro Fusion.

Η οργάνωση του εγγράφου είναι η ακόλουθη: Η Ενότητα 1 προσφέρει μία γενική περιγραφή του συστήματος ενώ παράλληλα αναλύονται τα κριτήρια αξιολόγησης των συσκευών. Οι Ενότητες 2 και 3 παρουσιάζουν τις συσκευές EEG και ET αντίστοιχα. Η Ενότητα 4 παρουσιάζει την αξιολόγηση των αισθητήρων με τη χρήση πινάκων. Η Ενότητα 5 παρουσιάζει τα συμπεράσματα και την τελική επιλογή των συσκευών.

## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

**EEG**      Electroencephalography

**ET**        Eye Tracker

**LSL**      Lab Streaming Layer

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή.....	8
1.1	Σκοπός της συγκριτικής μελέτης προδιαγραφών.....	8
1.2	Περιγραφή του συστήματος.....	8
1.3	Κριτήρια για την αξιολόγηση καταλληλότητας.....	9
1.3.1	Βασικά κριτήρια αξιολόγησης.....	9
1.3.2	Δευτερεύοντα κριτήρια αξιολόγησης.....	10
2	Έρευνα αγοράς συσκευών Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.....	11
2.1	Wearable Sensing DSI 24.....	11
2.2	g. NAUTILUS PRO.....	12
2.3	SMARTING MOBI.....	13
2.4	BioSemi headcap.....	14
3	Έρευνα αγοράς συσκευών Eye Tracking.....	15
3.1	Eye-Trackers Προσαρμοσμένοι σε Οθόνη Υπολογιστή.....	15
3.1.1	Tobii Pro Fusion.....	15
3.2	Φορητοί Eye-Trackers.....	16
3.2.1	Tobii Pro Glasses 3.....	16
3.2.2	Pupil Invisible.....	17
4	Αξιολόγηση Καταλληλότητας.....	18
4.1	Αξιολόγηση Καταλληλότητας Συσκευών Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.....	19
4.1.1	Αξιολόγηση Συνδεσιμότητας.....	19
4.1.2	Αξιολόγηση Αγοραστικής Ικανότητας.....	19
4.1.3	Αξιολόγηση Τεχνικών Χαρακτηριστικών.....	19
4.1.4	Αξιολόγηση Διαστάσεων.....	20
4.2	Αξιολόγηση Καταλληλότητας Συσκευών Eye-Tracking.....	20
4.2.1	Αξιολόγηση Συνδεσιμότητας.....	20
4.2.2	Αξιολόγηση Αγοραστικής Ικανότητας.....	20
4.2.3	Αξιολόγηση Τεχνικών Χαρακτηριστικών.....	20
4.2.4	Αξιολόγηση Διαστάσεων.....	21
5	Συμπεράσματα.....	21
	Βιβλιογραφία.....	22





## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας έκθεσης είναι η μελέτη των προδιαγραφών, η έρευνα αγοράς και η αξιολόγηση καταλληλότητας των αισθητήρων μίας Πολυτροπικής Διεπαφής Εγκεφάλου-Υπολογιστή (ΠΔΕΥ). Οι προς αξιολόγηση αισθητήρες θα είναι μία συσκευή καταγραφής Ηλεκτροεγκεφαλικής (ΗΕΓ) δραστηριότητας ή χρησιμοποιώντας την αγγλικής της εκδοχή Electroencephalogram (EEG) και μία καταγραφής Οφθαλμικών Κινήσεων, ευρύτερα γνωστή ως Eye Tracker (ET). Στην παρούσα έκθεση θα παρατεθούν όλες οι ενέργειες που έχουν στόχο στη διαμόρφωση ενός τέτοιου συστήματος αισθητήρων.

Οι ενέργειες περιλαμβάνουν τον καθορισμό των προδιαγραφών του συστήματος αισθητήρων, την έρευνα αγοράς και την αξιολόγηση καταλληλότητας. Αναμένουμε ότι, ανεξάρτητα από το οικονομικό κόστος, η επιλογή των αισθητήρων θα καθορίσει σε σημαντικό βαθμό το είδος του μηνύματος, την αρχιτεκτονική του συστήματος, τους αλγορίθμους επεξεργασίας δεδομένων και τη διεξαγωγή των πιλοτικών δοκιμών. Όλα τα παραπάνω κριτήρια θα αποτελέσουν το περιεχόμενο του παραδοτέου Π1.2 στα πλαίσια της ενότητας εργασίας ΕΕ1.

### 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ

Σε αυτή την έκθεση, γίνεται προσπάθεια σύγκρισης διαφορετικού τύπου αισθητήρων, οι οποίοι θα αποτελέσουν αναπόσπαστο κομμάτι της υπό ανάπτυξης ΠΔΕΥ, με βάση τις προδιαγραφές, την έρευνα αγοράς και την αξιολόγηση καταλληλότητας. Στόχος είναι να γίνει πλήρης καταγραφή των συσκευών και εξαρτημάτων που απαιτούνται σε κάθε σύστημα, καθώς και των τεχνικών χαρακτηριστικών τους στοχεύοντας στη δημιουργία ενός αξιόπιστου συστήματος μέσω της επιλογή των καταλληλότερων αισθητήρων οι οποίοι θα συμβάλουν στην αξιολόγηση των διαφημιστικών μηνυμάτων. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να αποτελέσουν την βάση για περαιτέρω ανάλυση με στόχο την εκτίμηση του κόστους συστήματος όσον αφορά την υλοποίηση αλλά και την λειτουργία του.

### 1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ΠΔΕΥ θα σχεδιαστεί με σκοπό τη χρήση των προαναφερθέντων αισθητήρων (EEG και ET) στα πλαίσια της αξιολόγησης ενός διαφημιστικού μηνύματος, είτε πρόκειται για στατικό μήνυμα είτε για οπτικοακουστικό μήνυμα. Ένα τέτοιο σύστημα κατατάσσεται στην ευρύτερη κατηγορία των συστημάτων Neuromarketing ή Consumer Neuroscience τα οποία έχουν ως στόχο την αξιολόγηση των διαφημιστικών μηνυμάτων με αντικειμενικά κριτήρια με την υποκειμενική αξιολόγηση η οποία θα δίνεται από τους εν δυνάμει αποδέκτες του μηνύματος μέσω ερωτηματολογίων/συνεντεύξεων να λειτουργεί συμπληρωματικά. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα θα αποτελείται από αισθητήρες ET, οι οποίοι θα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την οπτική προσοχή του αποδέκτη του μηνύματος και από αισθητήρες EEG, οι οποίοι θα καταγράφουν την εγκεφαλική δραστηριότητα του αποδέκτη κατά τη διάρκεια παρακολούθησης του διαφημιστικού μηνύματος. Τα δεδομένα τα οποία θα συλλέγονται από τις δύο συσκευές θα επεξεργάζονται από ένα σύνολο προηγμένων τεχνικών μηχανικής ή βαθειάς μάθησης, στοχεύοντας στην εκτίμηση της απήχηση του μηνύματος. Η πληροφορία που θα προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση θα παρέχεται (κατάλληλα διαμορφωμένη) στους διαφημιστές οι οποίοι με βάση την εμπειρία τους στο χώρο του Marketing αλλά και το στόχο τον οποίο ήθελαν να επιτελέσει το προς ανάλυση διαφημιστικό μήνυμα θα μπορούν να ερμηνεύσουν ποιοτικά την παρεχόμενη πληροφορία και να αποφασίσουν το κατά πόσο αυτό καλύπτει τους στόχους του μηνύματος.

### 1.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ

Τα κριτήρια για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των αισθητήρων (EEG, ET) των οποίων η σύνθεση θα έχει ως αποτέλεσμα την υλοποίηση ενός ΠΔΕΥ συστήματος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: Α) Βασικά κριτήρια αξιολόγησης και Β) Δευτερεύοντα κριτήρια αξιολόγησης. Η πλειονότητα των κριτηρίων των δύο κατηγοριών είναι κοινή για τις συσκευές EEG και ET, ωστόσο οι πρώτες αξιολογούνται με κάποια επιπλέον κριτήρια τα οποία σχετίζονται με τον ποιοτική/ποσοτική καταγραφή των σημάτων. Πιο αναλυτικά:

#### 1.3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η υλοποίηση ενός συστήματος ΠΔΕΥ προϋποθέτει το συγχρονισμό των καταγεγραμμένων σημάτων από τις συσκευές EEG και ET, τα οποία με τη σειρά τους θα πρέπει να είναι συγχρονισμένα με τα εξωτερικά ερεθίσματα τα οποία παρέχονται στους χρήστες του συστήματος. Ως εκ τούτου, ένα από τα βασικότερα στοιχεία που θα πρέπει να χαρακτηρίζουν τους αισθητήρες θα πρέπει να είναι η εύκολη διασύνδεση των σημάτων με υψηλή ακρίβεια στον τομέα του χρόνου. Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος για το συνολικό συγχρονισμό του συστήματος είναι η χρήση του Lab Streaming Layer (LSL) [SCCN 2020], όπως αυτή περιγράφεται στα πλαίσια του παραδοτέου Π3.1. Υπό αυτό το πρίσμα στην παρούσα μελέτη έχουν εξετασθεί αποκλειστικά συσκευές (και των δύο κατηγοριών) οι οποίες είναι συμβατές με το LSL πρωτόκολλο με την πλήρη λίστα των συσκευών τόσο σε ET όσο και σε EEG να βρίσκεται διαθέσιμη εδώ [LSL, 2020]. Στην ίδια κατεύθυνση, ιδιαίτερης σημασίας για το υπό κατασκευή σύστημα είναι η επιλογή συσκευών οι οποίες παρέχουν πρόσβαση σε ακατέργαστα σήματα (raw signals) καθώς η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων αποτελούν τον πυρήνα των λειτουργιών του προτεινόμενου συστήματος. Ως εκ τούτου, περιπτώσεις συσκευών οι οποίες δεν παρείχαν πρόσβαση σε ακατέργαστα σήματα, όπως το Emotiv Eroc [EPOC, 2020] και το Muse [MUSE, 2020], δε λήφθηκαν υπόψη στο πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας.

Επιπλέον βασικό κριτήριο αξιολόγησης αποτελεί το συνολικό κόστος των αισθητήρων στο οποίο συμπεριλαμβάνεται και το κόστος λογισμικού το οποίο είναι απαραίτητο για την καταγραφή των δεδομένων. Καθώς το σύστημα, και ως εκ τούτου και οι συσκευές που θα το απαρτίζουν, απευθύνονται για χρήση από διαφημιστικές εταιρείες και όχι για οικιακή χρήση, δεν υπάρχει η ανάγκη της επιλογής συσκευών με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Παράλληλα, θα πρέπει να αξιολογηθεί και η προσβασιμότητα στην αγορά, εξετάζοντας τη διαθεσιμότητα των συσκευών καθώς και τον απαιτούμενο χρόνο παράδοσης από τους κατασκευαστές/μεταπωλητές.

Τέλος, ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό το οποίο αφορά μόνο τις συσκευές EEG είναι η δυνατότητα αυτόματης απο-θορυβοποίησης των σημάτων (artifact cancellation). Το χαρακτηριστικό αυτό θεωρείται καθοριστικής σημασίας, καθώς η ύπαρξη του εξασφαλίζει τη λήψη πιο «καθαρών» σημάτων, κάτι το οποίο έχει επίδραση και στην ποιότητα των καταγεγραμμένων σημάτων η οποία αναμένεται να είναι σημαντικά υψηλότερη. Παράλληλα, η παραπάνω διαδικασία μειώνει τους απαιτούμενους υπολογιστικούς πόρους, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός εύρωστου και γρήγορου συστήματος. Συνοψίζοντας τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης των αισθητήρων είναι τα ακόλουθα:

- ❖ Η συμβατότητα των αισθητήρων με το LSL πρωτόκολλο
- ❖ Η δυνατότητα πρόσβασης σε ακατέργαστα σήματα (raw signals)
- ❖ Το κόστος των αισθητήρων
- ❖ Η προσβασιμότητα στην αγορά
- ❖ Η διαθεσιμότητα των συσκευών
- ❖ Η δυνατότητα αυτόματης απο-θορυβοποίησης των EEG σημάτων

### 1.3.2 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Πέρα από τα βασικά κριτήρια για την επιλογή των αισθητήρων, υπάρχουν και κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν συνεπικουρικά στη διαδικασία της επιλογής. Ένα από αυτά είναι η συχνότητα δειγματοληψίας των συσκευών, η οποία ορίζει τον αριθμό των δειγμάτων των σημάτων τα οποία λαμβάνουμε στο χρόνο, με συσκευές με μεγαλύτερη συχνότητα δειγματοληψίας να παρέχουν μετρήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια στο πεδίο του χρόνου.

Η φορητότητα των αισθητήρων είναι το επόμενο δευτερεύον κριτήριο αξιολόγησης. Το στοιχείο αυτό δεν κατατάσσεται ως βασικό κριτήριο αξιολόγησης, καθώς στα πλαίσια του NeuroMkt τα πειράματα τα οποία θα εκτελεστούν θα λάβουν χώρα σε εσωτερικούς χώρους. Ωστόσο, καθώς ανάμεσα στις πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος θα μπορούσε να συμπεριληφθεί και η χρήση του σε εξωτερικούς χώρους, όπως για παράδειγμα στο περιβάλλον ενός supermarket, η φορητότητα των αισθητήρων μπορεί να εξελιχθεί ως μία αρκετά χρήσιμη λειτουργία.

Ένα επιπλέον προς αξιολόγηση χαρακτηριστικό είναι οι διαστάσεις των συσκευών τις οποίες θα πρέπει να «φορά» ο χρήστης του προτεινόμενου συστήματος. Πιο συγκεκριμένα τόσο το βάρος όσο και ο όγκος τους θα πρέπει να είναι αρκετά μικρά, με τη στόχευση να αφορά επιλογές οι οποίες θα κάνουν ευχάριστη και ξεκούραστη την εμπειρία χρήσης.

Το τελευταίο δευτερεύον κριτήριο, το οποίο αφορά μόνο τις συσκευές EEG είναι ο αριθμός των ηλεκτροδίων, καθώς οι συσκευές με χαμηλό αριθμό ηλεκτροδίων περιορίζουν σημαντικά τις επιλογές κατά τη διαδικασία επεξεργασίας και ανάλυσης των συλεχθέντων σημάτων. Συνοψίζοντας τα δευτερεύοντα κριτήρια αξιολόγησης των αισθητήρων είναι τα ακόλουθα:

- ❖ Η συχνότητα δειγματοληψίας
- ❖ Η φορητότητα των συσκευών
- ❖ Οι διαστάσεις των συσκευών
- ❖ Ο αριθμός των EEG ηλεκτροδίων

## 2 ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

Η έρευνα αγοράς πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο εύρος προϊόντων με διαφορετικές τεχνολογίες και τεχνικά χαρακτηριστικά. Στόχος ήταν να εξεταστούν διαφορετικού τύπου αισθητήρες EEG με κύριο σκοπό την κάλυψη όσο των δυνατών περισσότερων κριτηρίων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 1.3.

### 2.1 WEARABLE SENSING DSI 24

Η συσκευή DSI 24 (βλέπε Εικόνα 1) έχει σχεδιαστεί από την Wearable Sensing και είναι προσανατολισμένη στο να εξυπηρετεί ανάγκες έρευνας. Πρόκειται για μία εργονομική και φορητή συσκευή, της οποίας το βάρος δε ξεπερνά τα 600 γραμμάρια, αποτελείται από 21 EEG ηλεκτρόδια τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των στεγνών ηλεκτροδίων (dry electrodes) γεγονός το οποίο εξασφαλίζει την εύκολη και γρήγορη τοποθέτηση του συστήματος. Το DSI 24 ανήκει στην κατηγορία συσκευών οι οποίες είναι συμβατές με το LSL πρωτόκολλο με τη συχνότητα δειγματοληψίας να ξεκινάει από τα 300Hz και να φτάνει έως και τα 600Hz. Επιπρόσθετα, παρέχει πρόσβαση στα raw δεδομένα ενώ προσφέρεται και μηχανισμός αυτόματης απο-θορυβοποίησης των σημάτων. Τέλος το κόστος της ανέρχεται στα 18.174,20 ευρώ, ενώ ο χρόνος παράδοσης εκτιμάται μεταξύ οκτώ και δώδεκα εβδομάδων.



Εικόνα 1 - Η EEG συσκευή Wearable Sensing DSI 24

Επιγραμματικά, τα θετικά χαρακτηριστικά του DSI 24 είναι:

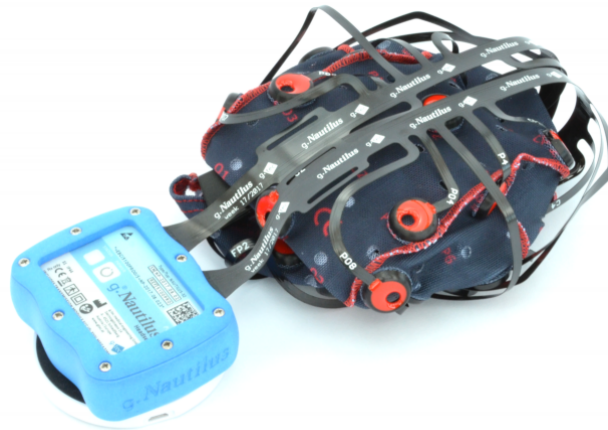
- ✓ Η συμβατότητα με το πρωτόκολλο LSL
- ✓ Η πρόσβαση σε raw δεδομένα
- ✓ Το σχετικά χαμηλό κόστος
- ✓ Η άμεση πρόσβαση στην αγορά του
- ✓ Η παροχή μηχανισμού αποθορυβοποίησης
- ✓ Η αρκετά υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας
- ✓ Η φορητότητα
- ✓ Το μικρό βάρος

Ενώ, τα αρνητικά του χαρακτηριστικά είναι:

- ✘ Ο αρκετά υψηλός χρόνος παράδοσης
- ✘ Ο αρκετά μεγάλος όγκος
- ✘ Ο σχετικά μικρός αριθμός ηλεκτροδίων

## 2.2 G. NAUTILUS PRO

Η συσκευή αισθητήρων g.Nautilus PRO και έχει σχεδιαστεί για την καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας σε κλινικά περιβάλλοντα, ενώ είναι συμβατή με το LSL πρωτόκολλο. Επιπρόσθετα, παρέχεται λογισμικό για την καταγραφή των raw σημάτων με συχνότητα δειγματοληψίας στα 500 Hz το οποίο έχει επιπρόσθετο κόστος που ανέρχεται στα 4.000 ευρώ. Πρόκειται για μία συσκευή η οποία είναι αρκετά μικρή και ελαφριά, με το βάρος της να μη ξεπερνά τα 110 γραμμάρια. Ο αριθμός των διαθέσιμων ηλεκτροδίων ποικίλει, με τις διαθέσιμες υλοποιήσεις να προσφέρουν 8, 16 και 32 ηλεκτρόδια. Μία εκδοχή του g.Nautilus PRO παρουσιάζεται στην Εικόνα 2. Ο αριθμός των ηλεκτροδίων έχει αντίκτυπο και στο κόστος της συσκευής το οποίο φθάνει τα 9.000, 14.000 και 24.000 ευρώ αντίστοιχα, τιμές στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και το κόστος του λογισμικού καταγραφής. Τέλος η προσβασιμότητα στην αγορά της συσκευής είναι άμεση με τον εκτιμώμενο χρόνο παράδοσης να είναι μεταξύ οκτώ και δεκατεσσάρων εβδομάδων.



Εικόνα 2 – Η EEG συσκευή g.Nautilus PRO

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα θετικά χαρακτηριστικά της συσκευής τα οποία είναι:

- ✓ Η συμβατότητα με το πρωτόκολλο LSL
- ✓ Η πρόσβαση σε raw δεδομένα
- ✓ Η άμεση πρόσβαση στην αγορά του
- ✓ Η αρκετά υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας
- ✓ Το μικρό βάρος
- ✓ Ο μικρός όγκος

Αντίστοιχα τα αρνητικά χαρακτηριστικά του g.Nautilus PRO είναι τα ακόλουθα:

- ✘ Η μόνη υλοποίηση με αρκετά μεγάλο αριθμό ηλεκτροδίων (δηλ. 32) έχει αρκετά υψηλό κόστος, ενώ αντίστοιχα η πιο οικονομικές επιλογές προσφέρουν μη ικανοποιητικό αριθμό αισθητήρων
- ✘ Ο αρκετά υψηλός χρόνος παράδοσης
- ✘ Η μη παροχή λογισμικού αποθρομβοποίησης
- ✘ Η αδυναμία φορητότητας

### 2.3 SMARTING MOBI

Η συσκευή SMARTING mobi, η οποία απεικονίζεται στην Εικόνα 3, έχει σχεδιαστεί με στόχο τη χρήση της σε μη κλινικά περιβάλλοντα και την ενσωμάτωση της σε καθημερινές δραστηριότητες. Πρόκειται για μία φορητή συσκευή αρκετά μικρού μεγέθους με το βάρος της να μην ξεπερνά τα 60 γραμμάρια. Το συγκεκριμένο σύστημα αισθητήρων είναι συμβατό με το LSL πρωτόκολλο και παράλληλα παρέχει πρόσβαση στα raw δεδομένα τα οποία καταγράφει, ωστόσο δεν παρέχει κάποιο λογισμικό/μηχανισμό αποθρομβοποίησης. Η εγκεφαλική δραστηριότητα καταγράφεται από 24 ηλεκτρόδια με συχνότητα δειγματοληψίας μεταξύ 250 Hz και 500Hz. Τέλος το συνολικό της κόστος ανέρχεται στα 9.500 ευρώ, με το χρόνο παράδοσης για τη συγκεκριμένη συσκευή να μη ξεπερνά τις δώδεκα εβδομάδες.



Εικόνα 3- Η EEG συσκευή SMARTING mobi

Συμπερασματικά, τα θετικά χαρακτηριστικά αυτής της συσκευής είναι:

- ✓ Η συμβατότητα με το πρωτόκολλο LSL
- ✓ Η πρόσβαση σε raw δεδομένα
- ✓ Το σχετικά χαμηλό κόστος
- ✓ Η άμεση πρόσβαση στην αγορά του
- ✓ Η αρκετά υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας
- ✓ Η φορητότητα
- ✓ Το μικρό βάρος
- ✓ Ο μικρός όγκος

Αντίστοιχα τα αρνητικά της χαρακτηριστικά είναι:

- ✗ Η μη παροχή λογισμικού αποθρομβοποίησης
- ✗ Ο αρκετά υψηλός χρόνος παράδοσης

- ✘ Ο σχετικά μικρός αριθμός ηλεκτροδίων

## 2.4 BIOSEMI HEADCAP

Τα headcaps της BioSemi έχουν σχεδιαστεί κυρίως για κλινικές και ιατρικές εφαρμογές και ως εκ τούτου οι διαθέσιμες υλοποιήσεις προσφέρουν καταγραφές σε ιδιαίτερα υψηλές συχνότητες δειγματοληψίας με τιμές που φθάνουν έως και τα 16kHz. Αντίστοιχα, ο αριθμός των διαθέσιμων ηλεκτροδίων είναι αρκετά υψηλός, ξεκινώντας από τα 32 ηλεκτρόδια και φθάνοντας σε συσκευές οι οποίες υποστηρίζουν 128 ηλεκτρόδια. Ωστόσο, από τα παραπάνω μπορεί εύκολα να προκύψει το συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη συσκευή δε χαρακτηρίζεται από το στοιχείο της φορητότητας, όπως επίσης και πως οι διαστάσεις της είναι αρκετά μεγάλες, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4. Η επικοινωνία μέσω του LSL πρωτοκόλλου είναι εξασφαλισμένη όπως και η πρόσβαση στα raw σήματα. Αντίθετα δεν παρέχεται κάποιο σύστημα αποθρομβοποίησης. Το κόστος της συσκευής είναι μεταβλητό και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (π.χ. τύπος ηλεκτροδίων), με το βασικότερο ωστόσο να είναι το συνολικό πλήθος των ηλεκτροδίων. Οι πιο αραιές υλοποιήσεις (32 ηλεκτρόδια) ξεκινούν από τα 21.650 ευρώ, ενώ το κόστος για τις πιο πυκνές υλοποιήσεις προσεγγίζει τα 45.650 ευρώ. Τέλος, η προσβασιμότητα στην αγορά για τα headcaps της BioSemi είναι άμεση με τον εκτιμώμενο χρόνο παράδοσης να μην ξεπερνά τις τέσσερις εβδομάδες.



Εικόνα 4 – Το EEG headcap της BioSemi

Συνοψίζοντας τα παραπάνω τα θετικά χαρακτηριστικά των headcaps της BioSemi είναι τα εξής:

- ✓ Η συμβατότητα με το πρωτόκολλο LSL
- ✓ Η πρόσβαση σε raw δεδομένα

- ✓ Η άμεση πρόσβαση στην αγορά του
- ✓ Ο αρκετά χαμηλός χρόνος παράδοσης
- ✓ Η ιδιαίτερα υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας
- ✓ Το μικρό βάρος
- ✓ Ο μεγάλος αριθμός ηλεκτροδίων

Αντίστοιχα τα αρνητικά της χαρακτηριστικά είναι:

- ✗ Το ιδιαίτερα υψηλό κόστος
- ✗ Η μη παροχή λογισμικού αποθρομβοποίησης
- ✗ Η αδυναμία φορητότητας
- ✗ Ο μεγάλος όγκος

### 3 ΈΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ EYE TRACKING

Η έρευνα αγοράς για τις συσκευές Eye Tracking, έγινε στα πρότυπα της έρευνας αγοράς που πραγματοποιήθηκε για τις συσκευές EEG, όπως αυτή παρουσιάστηκε στην Ενότητα 2. Η μόνη διαφορά εδώ είχε να κάνει με το διαχωρισμό των ET συσκευών σε δύο διαφορετικές κατηγορίες, σε συσκευές προσαρμοσμένες σε οθόνη υπολογιστή και φορητές συσκευές ET. Ο παραπάνω διαχωρισμός προκύπτει από τις διαφορετικές ανάγκες τις οποίες καλύπτουν οι δύο κατηγορίες συσκευών ET. Στόχος αυτής της έρευνας αγοράς ήταν να εξατασθούν συστήματα αισθητήρων και από τις δύο κατηγορίες με σκοπό να καλύπτουν την πλειονότητα των κριτηρίων επιλογής τα οποία παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 1.3.

#### 3.1 EYE-TRACKERS ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟΙ ΣΕ ΟΘΟΝΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Οι προσαρμοσμένες σε οθόνη ET συσκευές, τοποθετούνται κατά κύριο λόγο στη βάση της οθόνης υπολογιστή (σταθερού ή φορητού), με τη θέση του χρήστη να είναι συγκεκριμένη ως προς την οθόνη και συνεπώς και τη συσκευή. Συνακόλουθα και η παρουσίαση των οπτικών ερεθισμάτων στους χρήστες περιορίζεται στην οθόνη. Τέλος, οι συσκευές της κατηγορίας αυτής χαρακτηρίζονται από αρκετά υψηλές συχνότητες δειγματοληψίας.

##### 3.1.1 TOBII PRO FUSION

Η συσκευή Pro Fusion (βλέπε Εικόνα 5) της Tobbi, έχει σχεδιαστεί για ερευνητικούς σκοπούς και για το λόγο αυτό παρέχεται πρόσβαση στα δεδομένα οφθαλμικών κινήσεων τα οποία καταγράφει. Παράλληλα, η συγκεκριμένη συσκευή όπως και η πλειονότητα των Tobbi ET συσκευών είναι συμβατή με το LSL πρωτόκολλο, ενώ η συχνότητα δειγματοληψίας της είναι 120 Hz. Τέλος το κόστος της ανέρχεται στα 11.250 ευρώ, με την παράδοσή της να είναι άμεση και να ανέρχεται περίπου στις δύο εβδομάδες.





Εικόνα 5- Η ET συσκευή Tobii Pro Fusion

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα θετικά χαρακτηριστικά για τη συγκεκριμένη συσκευή:

- ✓ Η συμβατότητα με το πρωτόκολλο LSL
- ✓ Η πρόσβαση σε raw δεδομένα
- ✓ Το σχετικά χαμηλό κόστος
- ✓ Η άμεση πρόσβαση στην αγορά του
- ✓ Ο αρκετά χαμηλός χρόνος παράδοσης
- ✓ Η αρκετά υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας

Αντίστοιχα, το αρνητικό της χαρακτηριστικό είναι:

- ✗ Η αδυναμία φορητότητας

## 3.2 ΦΟΡΗΤΟΙ EYE-TRACKERS

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι φορητές συσκευές ET, είναι γυαλιά τα οποία έχουν προσαρτημένους καταγραφείς οφθαλμικών κινήσεων στο σκελετό ή στους φακούς των γυαλιών. Η κύρια διαφορά τους με τις συσκευές οι οποίες προσαρμόζονται σε οθόνη υπολογιστή είναι η δυνατότητα φορητότητας.

### 3.2.1 TOBII PRO GLASSES 3

Η πρόταση της Tobii για φορητή συσκευή ET είναι τα Pro Glasses 3. Πρόκειται για ένα ζευγάρι γυαλιών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6 το οποίο καλύπτει τις ανάγκες φορητότητας. Ακόμα, η συγκεκριμένη συσκευή είναι αρκετά ελαφριά, με το βάρος της να μη ξεπερνά τα 80 γραμμάρια. Καθώς η συσκευή έχει δημιουργηθεί για ερευνητικούς σκοπούς παρέχεται τόσο πρόσβαση στα raw σήματα, όσο και η δυνατότητα διασύνδεσης μέσω του LSL πρωτοκόλλου. Η συχνότητα δειγματοληψίας είναι 50 Hz, ενώ το κόστος για ένα ζευγάρι γυαλιών ανέρχεται στα 11.610 ευρώ, με το χρόνο παράδοσης να μην ξεπερνά τις δύο εβδομάδες.



Εικόνα 6- Η ET συσκευή Tobbi Pro Glasses 3

Συνοψίζοντας τα θετικά χαρακτηριστικά των Tobbi Pro Glasses 3 είναι:

- ✓ Η συμβατότητα με το πρωτόκολλο LSL
- ✓ Η πρόσβαση σε raw δεδομένα
- ✓ Η άμεση πρόσβαση στην αγορά του
- ✓ Ο αρκετά χαμηλός χρόνος παράδοσης
- ✓ Η φορητότητα
- ✓ Το χαμηλό βάρος

Αντίστοιχα, τα αρνητικά της στοιχεία είναι τα εξής:

- ✗ Το αρκετά υψηλό κόστος για φορητή συσκευή
- ✗ Η χαμηλή συχνότητα δειγματοληψίας

### 3.2.2 PUPIL INVISIBLE

Η εταιρία Pupil Labs δημιούργησε συσκευή Pupil Invisible, τοποθετώντας τους καταγραφείς οφθαλμικών κινήσεων σε ένα ζευγάρι γυαλιά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7. Η συσκευή αυτή παρέχει πρόσβαση στα raw σήματα και παράλληλα είναι συμβατή με το LSL πρωτόκολλο. Οι διαστάσεις της (βάρος και όγκος) είναι αρκετά μικρές, ενώ η παρεχόμενη συχνότητα δειγματοληψίας είναι 200Hz. Τέλος, το συνολικό κόστος της συσκευής είναι 4.800 ευρώ, ενώ η πρόσβαση στην αγορά της συσκευής είναι άμεση, με το χρόνο παράδοσης να υπολογίζεται μεταξύ δύο και τεσσάρων εβδομάδων.



Εικόνα 7- Η ET συσκευή Pupil Invisible

Από την παραπάνω περιγραφή προκύπτουν τα θετικά χαρακτηριστικά της συσκευής τα οποία είναι:

- ✓ Η συμβατότητα με το πρωτόκολλο LSL
- ✓ Η πρόσβαση σε raw δεδομένα
- ✓ Το χαμηλό κόστος
- ✓ Η άμεση πρόσβαση στην αγορά του
- ✓ Ο αρκετά χαμηλός χρόνος παράδοσης
- ✓ Η ιδιαίτερα υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας για φορητή συσκευή
- ✓ Η φορητότητα
- ✓ Το χαμηλό βάρος

Στον αντίποδα η συγκεκριμένη συσκευή πληροί όλα τα κριτήρια της Ενότητας 1.3. Συνεπώς, δεν υπάρχουν αρνητικά χαρακτηριστικά προς καταγραφή.

#### 4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται συγκριτικοί πίνακες για τα συστήματα αισθητήρων EEG και ET τα οποία αναλύθηκαν στις Ενότητες 2 και 3, με βάση τα κριτήρια που ορίστηκαν στην Ενότητα 1.3. Πιο συγκεκριμένα, η Ενότητα 4.1 παρουσιάζει τους πίνακες συγκριτικής μελέτης για της συσκευές EEG, εξετάζοντας τα βασικά (βλέπε Ενότητα 1.3.1) και τα δευτερεύοντα κριτήρια (βλέπε Ενότητα 1.3.2) αξιολόγησης. Επιπρόσθετα έχει γίνει ομαδοποίηση συναφών χαρακτηριστικών σε ξεχωριστές υποκατηγορίες με στόχο την καλύτερη αξιολόγηση των συστημάτων:

- ❖ Αξιολόγηση συνδεσιμότητας
  - a) Η συμβατότητα των αισθητήρων με το LSL πρωτόκολλο
  - b) Η δυνατότητα πρόσβασης σε ακατέργαστα σήματα (raw signals)
  - c) Η δυνατότητα αυτόματης απο-θορυβοποίησης των EEG σημάτων
- ❖ Αξιολόγηση αγοραστικής ικανότητας
  - a) Το κόστος των αισθητήρων
  - b) Η προσβασιμότητα στην αγορά
  - c) Η διαθεσιμότητα των συσκευών
- ❖ Αξιολόγηση τεχνικών χαρακτηριστικών
  - a) Η συχνότητα δειγματοληψίας
  - b) Η φορητότητα των συσκευών
  - c) Ο αριθμός των EEG ηλεκτροδίων
- ❖ Αξιολόγηση των διαστάσεων
  - a) Το βάρος
  - b) Ο όγκος

Ακολουθώντας την αντίστοιχη λογική, στην Ενότητα 4.2 έχουν ενσωματωθεί οι συγκριτικοί πίνακες για τις ET συσκευές.

#### 4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

##### 4.1.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Πίνακας 1. Αξιολόγηση συνδεσιμότητας συσκευών EEG

Συσκευή Αισθητήρων	Συμβατότητα με LSL πρωτόκολλο	Πρόσβαση σε raw σήματα	Λογισμικό Απο-θορυβοποίησης
Wearable Sensing DSI 24	✓	✓	✓
g.Nautilus PRO	✓	✓	✗
SMARTING mobi	✓	✓	✗
BioSemi Headcaps	✓	✓	✗

##### 4.1.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΓΟΡΑΣΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Πίνακας 2. Αξιολόγηση αγοραστικής ικανότητας συσκευών EEG

Συσκευή Αισθητήρων	Κόστος	Προσβασιμότητα στην Αγορά	Διαθεσιμότητα
Wearable Sensing DSI 24	18.174,20€	ΑΜΕΣΗ	8-12 Εβδομάδες
g.Nautilus PRO	9.000€ - 24.000€	ΑΜΕΣΗ	8-14 Εβδομάδες
SMARTING mobi	9.500€	ΑΜΕΣΗ	12 Εβδομάδες
BioSemi Headcaps	21.650€ - 45.650€	ΑΜΕΣΗ	4 Εβδομάδες

##### 4.1.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Πίνακας 3 Αξιολόγηση τεχνικών χαρακτηριστικών των συσκευών EEG

Συσκευή Αισθητήρων	Συχνότητα Δειγματοληψίας	Φορητότητα	Αριθμός Ηλεκτροδίων
Wearable Sensing DSI 24	300 - 600 Hz	✓	21
g.Nautilus PRO	500 Hz	✗	8/16/32
SMARTING mobi	250 - 500Hz	✓	24
BioSemi Headcaps	Έως 16 kHz	✗	32/64/128

#### 4.1.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Πίνακας 4. Αξιολόγηση διαστάσεων για τις συσκευές EEG

Συσκευή Αισθητήρων	Βάρος	Όγκος
Wearable Sensing DSI 24	600 γραμμάρια	ΜΕΣΣΑΙΟΣ
g.Nautilus PRO	<110 γραμμάρια	ΜΙΚΡΟΣ
SMARTING mobi	60 γραμμάρια	ΜΙΚΡΟΣ
BioSemi Headcaps	170 γραμμάρια	ΜΕΣΣΑΙΟΣ

#### 4.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ EYE-TRACKING

##### 4.2.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Πίνακας 5. Αξιολόγηση συνδεσιμότητας συσκευών ET

Συσκευή Αισθητήρων	Συμβατότητα με LSL πρωτόκολλο	Πρόσβαση σε raw σήματα
Tobii Pro Fusion	✓	✓
Tobii Pro Glasses 3	✓	✓
Pupil Invisible	✓	✓

##### 4.2.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΓΟΡΑΣΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Πίνακας 6. Αξιολόγηση αγοραστικής ικανότητας συσκευών ET

Συσκευή Αισθητήρων	Κόστος	Προσβασιμότητα στην Αγορά	Διαθεσιμότητα
Tobii Pro Fusion	11.250€	ΑΜΕΣΗ	2 Εβδομάδες
Tobii Pro Glasses 3	11.610€	ΑΜΕΣΗ	2 Εβδομάδες
Pupil Invisible	4.800€	ΑΜΕΣΗ	2-4 Εβδομάδες

##### 4.2.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Πίνακας 7. Αξιολόγηση τεχνικών χαρακτηριστικών των συσκευών ET

Συσκευή Αισθητήρων	Συχνότητα Δειγματοληψίας	Φορητότητα
Tobii Pro Fusion	120Hz	✗
Tobii Pro Glasses 3	50Hz	✓
Pupil Invisible	200Hz	✓

#### 4.2.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Πίνακας 8. Αξιολόγηση διαστάσεων για τις συσκευές ET

Συσκευή Αισθητήρων	Βάρος	Όγκος
Tobii Pro Fusion	N/A	N/A
Tobii Pro Glasses 3	80 γραμμάρια	ΜΙΚΡΟΣ
Pupil Invisible	47 γραμμάρια	ΜΙΚΡΟΣ

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκριτική μελέτη προδιαγραφών, κόστους και καταλληλότητας πραγματοποιήθηκε με βάση εκτεταμένη έρευνα και λαμβάνοντας όσο το δυνατόν περισσότερες παραμέτρους υπόψη. Ο στόχος της παρούσας έκθεσης ήταν η διαμόρφωση του συστήματος αισθητήρων που θα περιλαμβάνει μία συσκευή EEG και μία ET. Συσκευές οι οποίες δεν πληρούσαν τα βασικά κριτήρια της παροχής ακατέργαστων δεδομένων και της συμβατότητας με το LSL πρωτόκολλο απορρίφθηκαν εξαρχής από την παρούσα μελέτη. Συνολικά εξετάστηκαν τέσσερις (4) συσκευές EEG και τρεις (3) συσκευές ET. Καταβλήθηκε προσπάθεια από το σύνολο της ερευνητικής ομάδας να επιλέγουν οι καταλληλότεροι αισθητήρες, προσβλέποντας στην επιτυχή υλοποίηση του συστήματος και στην συνέχεια του.

Κατατάσσοντας τις συσκευές EEG με βάση τα κριτήρια που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 1.3, η συσκευή η οποία πληροί την πλειονότητα εξ αυτών είναι η **DSI 24** της Wearable Sensing, με το χαρακτηριστικό που τη διαφοροποιεί σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες να είναι το λογισμικό αποθρομβοποίησης. Επιπλέον, η συγκεκριμένη συσκευή επιλέχθηκε καθώς πληροί όλα τα βασικά κριτήρια όπως αυτά παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 1.3.1 εκτός από αυτό του χρόνου παράδοσης ο οποίος είναι σχετικά υψηλός, αλλά το ίδιο συμβαίνει και με τις υπόλοιπες συσκευές πέραν των headcaps της Biosemi. Τα μειονεκτήματά της αφορούν κυρίως τα δευτερεύοντα κριτήρια (βλέπε Ενότητα 1.3.2), με σημαντικότερο να είναι αυτό του σχετικά μεγάλου βάρους της το οποίο ξεπερνά τα 500 γραμμάρια. Παράλληλα, υπάρχουν διαθέσιμες επιλογές με μεγαλύτερο αριθμός ηλεκτροδίων, ωστόσο το κόστος τους ανεβαίνει σημαντικά, ενώ ταυτόχρονα αυτές δε χαρακτηρίζονται από το στοιχείο της φορητότητας. Τέλος, ως επί το πλείστον, τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των συσκευών σε κάθε κατηγορία, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 4, είναι παρόμοια με αυτά της συσκευής DSI-24 και συνεπώς ο ρόλος τους στην επιλογή της συσκευής δεν κρίνεται σημαντικός. Επιστέγασμα των παραπάνω αποτελεί η επιλογή της συσκευής **DSI 24**, για τη δημιουργία του συστήματος αξιολόγησης ενός διαφημιστικού μηνύματος.

Αναφορικά με τους αισθητήρες ET, η ερευνητική ομάδα του NeuroMkt επέλεξε μία συσκευή από την κάθε κατηγορία (προσαρμοσμένη σε οθόνη και φορητή), με τη δεύτερη να επιλέγεται κυρίως για λόγους συνέχειας του έργου με στόχο την συνεπικουρική της χρήση αλλά και για την πιθανή χρήση της σε σενάρια στα οποία η φορητότητα θεωρείται απαραίτητο στοιχείο. Οι συσκευές που επιλέχθηκαν ήταν η **Tobii Pro Fusion** και η **Pupil Invisible**, με τη δεύτερη να προτιμάται έναντι της Tobii Pro Glasses κυρίως λόγω του σημαντικά χαμηλότερου κόστους της (4800€ - 11.610€) αλλά και της μεγαλύτερης συχνότητας δειγματοληψίας (50Hz – 200Hz) καθώς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των συσκευών (δηλ. συνδεσιμότητα, πρόσβαση στην αγορά και διαστάσεις) ήταν παρόμοια και για τις δύο συσκευές.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

SCCN, 2020, *Lab Streaming Layer*, GitHub, <https://github.com/sccn/labstreaminglayer/>

LSL, 2020, *LSL Supported Devices*, [https://labstreaminglayer.readthedocs.io/info/supported\\_devices.html](https://labstreaminglayer.readthedocs.io/info/supported_devices.html)

EPOC, 2020, *Emotiv EPOC*, <https://www.emotiv.com/epoc/>

MUSE, 2020, *Muse Headbands*, <https://choosemuse.com/>