

Saumaton muistijälkittesti — Engramma-järjestelmä

1. TEKNOLOGIA

Engramma on muistijälkittestijärjestelmä kenttäkäyttöä varten. Engrammalla tutkitaan testattavan henkilön reaktioita mittaamalla ihon johtokykyä ja sydämen sykettä. Engrammassa on 4 mittauskanavaa, joista kukin tuottaa 20 näytettä sekunnissa 10-bitin tarkkuudella. Kerätyt tiedot analysoidaan reaaliajassa ja tallennetaan csv-muotoiseen laskentataulukkoon lisäanalyysia varten (esim. Excel, Matlab). Mittausistunnosta tehdään myös videotallenne. Engramma on myös kuulustelujärjestelmän, jossa on kysymyshallinta, ääniviestintäyksikkö ja monikielinen puhesynteesi.

2. MUISTIJÄLKITESTI

Muistijälkittesti (MJT), toisin nimettynä kätkeyn tiedon testi (Concealed Information Test, CIT) tai syyllisen tiedon testi (Guilty Knowledge Test, GKT), käyttää ihmisen fysiologisia vasteita henkilön omaaman tiedon havaitsemiseksi. Testissä henkilölle annetaan tutkittavasta tapauksesta kehitettyjä kuulo- tai visuaalisia ärsykeitä jotka ovat joko kriittisiä (tapaukseen liittyviä) tai neutraaleja (tapaukseen liittymättömiä). Vaihtoehdot valitaan siten, että henkilö, jolla ei ole tietoa tapauksesta, ei voi erotella kriittisiä vaihtoehtoja neutraaleista. Useita fysiologisia ja käyttäytymisindikaattoreita on käytetty tutkittaessa MJT:iin liittyviä ärsykevasteita, tavallisimmin kyseessä on jokin autonomisen hermoston toiminnan tuottama vaste.

Yksi varhaisimmista ja viitatuimmista MJT-indikaattoreista on ihon johtavuuden muutos eli galvaaninen ihoreaktio (Galvanic Skin Reaction, GSR). Vuonna 1959 D. Lykken pystyi kokeissaan erottelemaan 90% osuvuudella syyllisiä syyttömistä. [1] Tämä tulos on onnistuneesti toistettu useita kertoja eri laboratorioissa [2].

Muita indikaattoreita ovat reaktioaika (tutut kohteet tunnistetaan nopeammin kuin tuntemattomat kohteet) [3], aivosähkökäyrä, pulssi ja pulssivälivaihtelu sekä veren virtaus eri elimissä. Muutokset indikaattoreissa tapahtuvat nopeasti, sekunneissa ärsykkeestä. [4] EEG-tutkimuksissa erityisesti herätepotentiaalilin (ERP) P300-aallon ja P3a-komponentin muutokset ovat korreloineet ärsykkeen kanssa. [5, 6]

Myös pupillin koon muutoksia on käsitelty MJT-tutkimuksissa. Tulokset ovat kuitenkin riskitirittäisiä. [7, 8, 9]. MJT-indikaattorina on tutkittu myös ruokatorven lihasfunktioita [10].

Eräs laajasti viitattu ja suosittu tapa MJT-tutkimuksissa on havainnoida ja analysoida henkilön audiovisuaalista käyttäytymistä. Tämä tarkoittaa ilmeiden, kehon liikkeiden ja asennon sekä puheäänien ja puheen semantiikan tarkkailua ja luokittelua. [11] Näiden parametrien arviointi on kuitenkin subjektiivinen prosessi, ja on hyvin vaikeaa laatia johdonmukainen arviointisääntöjä, jotka olisivat tarkkailijasta riippumattomia.

Sekä ärsykkeen uutuus että merkitys vaikuttavat MJT-reaktion voimakkuuteen. Miellyttävät tai epämiellyttävät uudet ärsykkeet tuottavat voimakkaampia vasteita kuin emotionaalisesti neutraalit uudet ärsykkeet. [4]

Ärsykevasteen arvioinnissa on otettava huomioon se, että vaste pienenee peräkkäisissä ärsykkeen esityksissä. [12] Tottumisilmiö ihon johtavuusmuutoksessa on havaittu usein MJT-tutkimuksissa. [13]

Toistuvien ärsykkeiden vasteet pienenevät suhteessa ensimmäiseen kertaan, emotionaalisesti merkittävien ärsykkeiden vasteet hitaammin. Emotionaalisesti merkittävien ja neutraalien ärsykkeiden vasteiden väliset erot viittaavat siihen että tunteet vaikuttavat reaktioissa enemmän kuin ärsykkeen uutuus. [4]

3. FYSIOLOGISTEN PARAMETRIEN KÄYTÄNNÖN MITTAUS

Edellisessä luvussa esitetyt tutkimustulokset on saatu kontrolloiduissa testeissä, jotka on tehty tieteellisillä mittauslaitteilla tutkimuslaboratorioissa. Jotta voitaisiin luoda käytännöllinen MJT-laite kenttäkäyttöön, on otettava huomioon tiettyjä lisävaatimuksia, kuten:

- käytetään vain vakiintuneimpia ja hyvin dokumentoituja mittaussuunnitelmia
- yksinkertainen laitteiston antureiden liittäminen testattavaan henkilöön
- tehokas ja johdonmukainen tietojen käsittely ja esittely
- tulosten reaaliaikaisuus
- nopea ja yksinkertainen testausprosessi
- laitteiston instrumentoinnin yksinkertaisuus ja pieni koko.

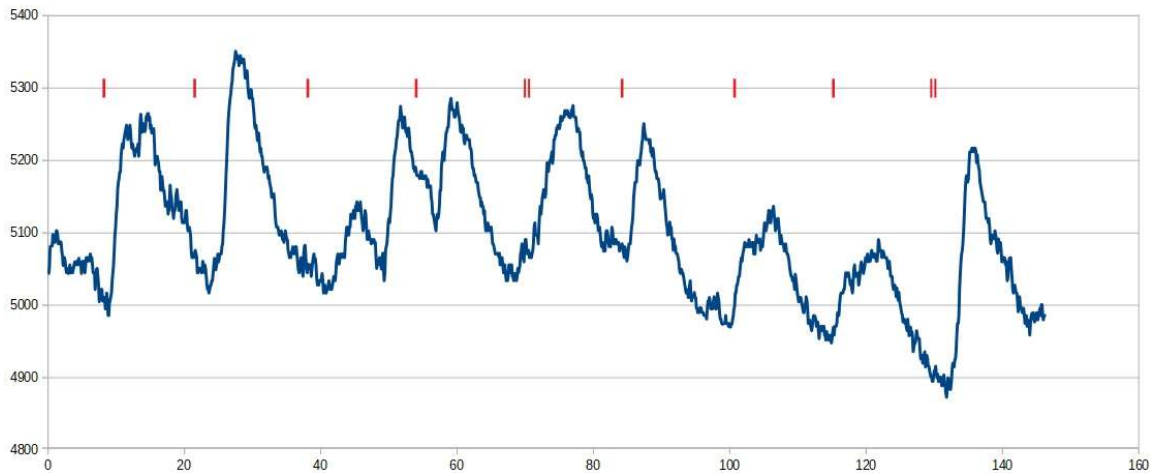
Tutkituin menetelmä, jota käytetään myös laajalti käytännön MJT-järjestelmissä, on GSR. Se on de facto -standardi, jota käytetään viitearvona muiden MJT-menetelmien tutkimuksessa. Lisäksi GSR:n mittaus on suhteellisen helppoa. GSR-signaalia analysoidaan kuitenkin edelleen erilaisilla menetelmillä ja enimmäkseen käytetään tavallista visuaalista analyysiä. Tässä raportissa esitellään GSR-vasteen uusi esitystapa, jota voidaan käyttää MJT-järjestelmissä.

GSR mitataan galvaanisesti kahdella elektrodilla, jotka kytketään sormenpäihin. Nykyaikaisilla tietojenkäsittelymenetelmillä voidaan MJT:n tuottama signaali muodostaa ja esittää reaaliajassa.

Käytännön järjestelmän pitää myös mahdollistaa sujuva kysely ja objektiivisten parametrien poiminta ja esitys. Täydelliseen MJT-prosessiin kuuluu kysymyssarjojen kehittäminen, mittaustuntumien ja tulostulosten analyysi, jotka ovat yhtä tärkeitä osatekijöitä.

4. MITTAUSTEN TOTEUTUS

Engramma-järjestelmä mittaa ihon johtavuutta tasavirta-vakiojännitemenetelmällä. Mittausjännite on 1,2 V. Ihokosketus muodostetaan käyttämällä kahta Ag-AgCl-elektrodia. Elektrodigeeliä suositellaan hyvän johtavuuden aikaansaamiseksi, mikä nostaa herkkyyttä. Ihon johtavuus merkitään muuttujalla G_x , yksikkönä nS (nanosiemens, 10^{-9} S). Ihon johtavuuden tyypillinen arvo on alueella 3000 - 10000 nS ja G_x nousee ärsykevasteessa tyypillisesti 0 - 500 nS.



Kuva 1. Tyypillinen ihon johtavuussignaali. Pystysuuntainen asteikko on johtavuus nS:ssä, vaaka-asteikko on aika sekunteina. Punainen palkki kuvaa hetkeä, jolloin ärsyke annetaan.

Kuva 1 esittää 150 sekunnin ihonjohtavuusmittausistunnon. Kuvasta voidaan nähdä, että annetut ärsykkeet vaikuttavat selvästi johtavuuteen. Ärsykkeen johdosta johtavuus kasvaa nopeasti noin kahden sekunnin ajan, minkä jälkeen alkaa hieman hitaampi vajoaminen.

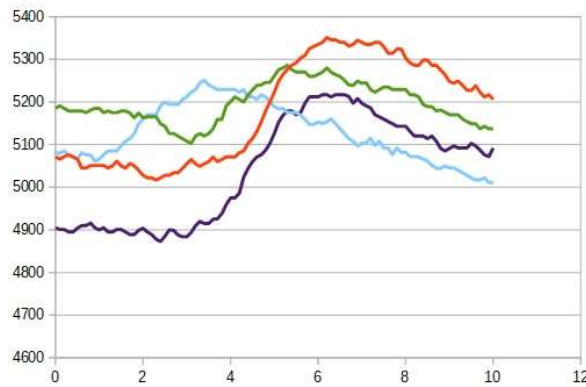
Usein esiintyy kuitenkin poikkeavia reaktioita, jotka johtuvat henkilön itsensä aiheuttamista tunnetiloista ja muista häiriöistä kuten hengityksestä ja liikkeistä, joten vaste ei aina noudata tyypillistä muotoa. Myös käyrän perustaso muuttuu ajan kuluessa. Siksi yksinkertaiset analyysimenetelmät ovat riittämättömiä.

Pulssia Engramma mittaa fotopletysmografisella menetelmällä. Sydämen supistuminen havaitaan fotopletysmografisen signaalin nopeasti muuttuvasta osasta. Engramman näyttämä pulssi lasketaan kahden peräkkäisen sydämen supistuksen väliajasta. Arvo päivittyy jokaisella sydämenlyönnillä.

5. TIETOJENKÄSITTELY

Mitattuun GSR-signaaliin vaikuttavat ryömintäilmiön lisäksi muut kuin MJT:iin liittyvät kehon prosessit. Siksi MJT-vaste tulisi tunnistaa hyödyntämällä niitä piirteitä, jotka ovat juuri MJT:lle ominaisia. Kuvassa 2 on joukko GSR-vasteita, jotka on ajallisesti normalisoitu siten että ärsyke on esitetty hetkellä 0. Kuvasta 1 voidaan todeta, että MJT-reaktiolle on ominaista erityinen:

- viive ärsykkeestä vasteeseen
- johtokyvyn nousunopeus
- reaktion ajallinen pituus.



Kuva 2. Reaktiojoukko, joka on normalisoitu aikaan jolloin ärsyke alkaa. Pystysuuntainen mittakaava nS, vaaka-asteikko s.

Kuvasta 2 voidaan arvioida, että ärsykkeen ja reaktion välinen viive on noin. 2,5 sekuntia, johtokyvyn nousunopeus on noin. 150 nS / s ja reaktion kokonaisaika on noin. 2,5 sekuntia.

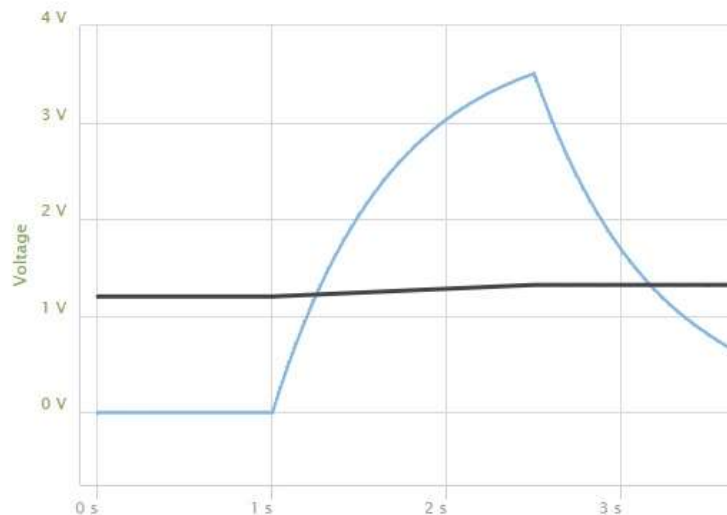
Näillä tiedoilla voidaan kehittää signaalinkäsittelyalgoritmi. Kuten todettiin, johtokyvyn perustasolla ei ole merkitystä, mutta tunnusmerkit täyttävä vaste on erotettava signaalista. Engramman tuottamassa tuloksessa on mitattuun johtokyvyn muutokseen yhdistetty reaktion kesto kaavan (1) mukaisesti.

Engramman tuloskäyrä muodostetaan käyttäen kaavaa

$$V(t) = V_{\text{ref}} \left(1 + A_o \cdot dG_x \right) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (1)$$

jossa $V(t)$ on tulos hetkellä t reaktion alkamisen jälkeen, V_{ref} on johtavuusmittauksessa käytetty jännite ($V_{\text{ref}} = 1,2 \text{ V}$), A_o on vahvistuskerroin ($A_o = 5 \cdot 10^6 \Omega$), dG_x on johtokyvyn muutosnopeus, e on Eulerin luku ($e = 2,71828 \dots$) ja τ on mittauspiirin aikavakio ($\tau = 0,68 \text{ s}$). $V(t)$: n lopullinen arvo (jos muutosnopeus dG_x pysyy samana ja t on paljon suurempi kuin τ) on

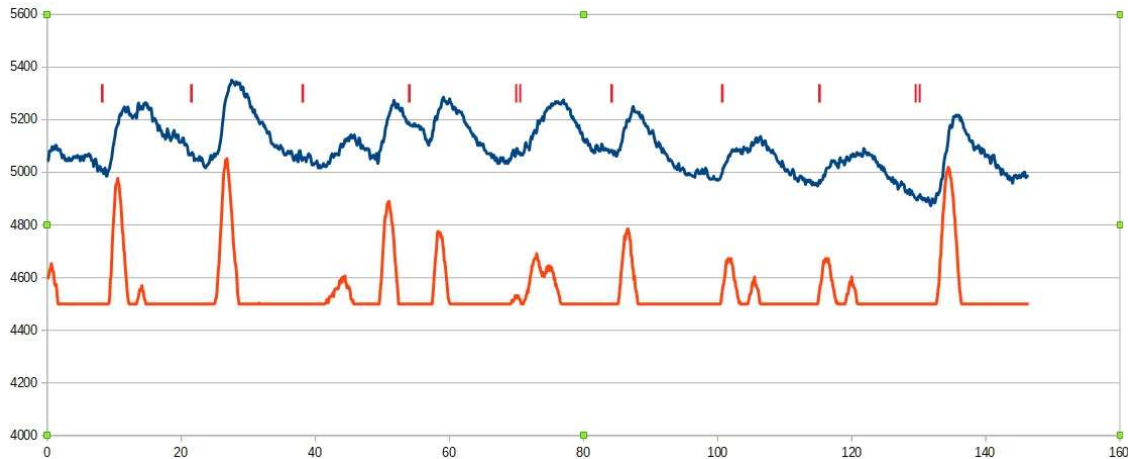
$$V(\infty) = V_{\text{ref}} \left(1 + A_o \cdot dG_x \right) \quad (2)$$



Kuva 3. Esimerkki kaavan (1) tuloksesta. Sininen viiva on $V(t)$, kaava on voimassa alueella 1 s ... 2,5 s. Musta viiva on G_x (pystytaso ei mittakaavassa).

Kuvassa 3 on esitetty simulointitulos käyttäen kaavaa 1. Kuten kuvasta 3 voidaan nähdä, reaktion pituus on 2,5 s ja $V(t)$ -käyrällä on eksponentiaalinen muoto. Käyrä ei saavuta läheskään lopullista arvoaan $V(\infty)$ ennen kuin reaktio lakkaa. Kaavasta 1 saadaan käyrän maksimi-arvo t :n arvolla, joka vastaa reaktioaikaa, esimerkissä 1,5 s.

Käyrän muoto saattaa erota teoreettisesta muodosta todellisessa mittauksessa, koska edellä esitetyt häiriötekijät vaikuttavat. Vakaa ympäristö ja yhteistyöhaluinen henkilö antavat parhaan MJT-vasteen. Kuvassa 4 on kuvan 1 G_x -käyrään lisätty $V(t)$ -signaali. Kaava (1) on suodattanut satunnaiset vaihtelut ja näyttää stimulointivasteiden paikat ja suuruudet.



Kuva 4. Tyypillinen Engramman tulossignaali $V(t)$ punaisella, pysty akseli ei mittakaavassa. Tyypillinen ihonjohtavuussignaali G_x sinisellä. Pystysuuntainen asteikko on johtokyky nS:ssä, vaakasteikkolla aika sekunteina. Punainen palkki näyttää hetken, jolloin ärsyke on esitetty, kaksoispalkilla on merkitty kriittinen ärsyke.

6. VIITTEET

- [1] Lykken, D.: *The GSR in the detection of guilt*. Journal of Applied Psychology, 43 (1959), 385–388.
- [2] Ben-Shakhar, G., & Elaad, E.: *The validity of psychophysiological detection of information with the Guilty Knowledge Test: A meta-analytic interview*. Journal of Applied Psychology, 88 (2003), 131–151.
- [3] Verschuere, B., Crombez, G., Degrootte, T. and Rosseel, Y.: *Detecting concealed information with reaction times: Validity and comparison with the polygraph*. Appl. Cognit. Psychol., 24 (2010): 991-1002.
- [4] Bradley, M.M.: *Natural selective attention: Orienting and emotion*. Psychophysiology. 46 (1): 1–11 2008.
- [5] Rosenfeld, P. J., Cantwell, B., Nasman, V. T., Wojdac, V., Ivanov, S., & Mazzeri, L.: *A modified event-related potential-based guilty knowledge test*. International Journal of Neuroscience, 42 (1988), 157–161.
- [6] Polich, J.: *Overview of P3a and P3b*. In J. Polich (Ed.), Detection of Change: Event-Related Potential and fMRI Findings (pp. 83-98). Kluwer Academic Press: Boston 2003.
- [7] Lubow, R. E., & Fein, O.: *Pupillary size in response to a visual guilty knowledge test: New technique for the detection of deception*. Journal of Experimental Psychology: Applied, 2 (1996), 164–177.
- [8] Robert M. Stelmack David A. T. Siddle: *Pupillary Dilation as an Index of the Orienting Reflex*. Psychophysiology 19(6):706-8 December 1982.
- [9] Steiner GZ, Barry RJ: *Pupillary responses and event-related potentials as indices of the orienting reflex*. Psychophysiology. 2011 Dec;48(12):1648-55.
- [10] Stacher, Georg: *The Responsiveness of the Esophagus To Environmental Stimuli*. In Psychophysiology of the Gastrointestinal Tract - Experimental and Clinical Applications. Hölzl, Rupert (Ed.) Springer 1983.
- [11] Paul Ekman: *Lying and nonverbal behavior: Theoretical issues and new findings*. Journal of Nonverbal Behavior, September 1988, Volume 12, Issue 3, pp 163–175.
- [12] Sokolov, E.N, *Neuronal models and the orienting reflex*. In The Central Nervous System and Behavior, Mary A.B. Brazier, ed. NY: JosiahMacy, Jr. Foundation, 1960, pp. 187–276.
- [13] Ben-Shakhar, G., Frost, R., Gati, I., & Kresh, Y.: *Is an apple fruit? Semantic relatedness as reflected by psychophysiological responsivity*. Psychophysiology, 33 (1996), 671–679.

Termejä:

Aivosähkökäyrä

Aivosähkökäyrä (ElectroEncephaloGraphy; EEG) kuvaa aivojen sähköistä toimintaa. EEG mitataan kiinnittämällä päänahkaan elektrodeja, joilla mitataan aivotoiminnan aiheuttamia sähköisiä potentiaaleja.

Autonominen hermosto

Autonominen hermosto (ANS, Autonomous Nervous System) säätelee verenkiertoelinten, rauhasen, ruoansulatuskanavan ja virtsaelinten toimintoja. ANS koostuu sympaattisesta (SNS, Sympathetic Nervous System) ja parasympaattisesta (PNS, Parasympathetic Nervous System) hermostosta. SNS aktivoituu erityisesti stressitilanteissa ja fyysisessä rasituksessa mm. avartamalla hengitysteitä, lisäämällä sydämen lyöntitiheyttä ja iskuvoimaa, lisäämällä sydämen ja luustolihasverenkiertoa sekä rajoittamalla ihon ja ruoansulatuselimistön verenkiertoa ja laajentamalla pupilleja. PNS vaikuttaa vastakkaisesti samoihin elimiin, valmistamalla elimistöä lepoon ja ruoan sulattamiseen.

ERP

ERP (Event-Related Potential) eli herätepotentiaali syntyy aivoissa kun ulkoinen ärsyke eli heräte aiheuttaa aivosähkökäyrään vasteen. Herätepotentiaalia voidaan pitää myös ärsykkeen kognitiivisena eli tiedollisena vasteena. ERP syntyy minkä hyvänsä aistin ärsykkeestä, tavallisimmin käytetään näkö- tai kuuloärsykeitä.

Fotopletysmografia

Fotopletysmografia (PPG, photoplethysmography) on noninvasiivinen optinen menetelmä, jonka avulla tutkitaan kudoksiin suunnatun valon imeytymistä. PPG:n avulla voidaan tutkia esimerkiksi happisaturaatiota sekä, kuten Engrammassa, pulssiaallon taajuutta ja muotoa.

Pulssi

Pulssi tarkoittaa verisuonissa etenevää paineaaltoa. Pulssi voidaan mitata esimerkiksi ranteesta verisuonen paineen muutoksia tunnustelemalla tai optisesti fotopletysmografian avulla. Sydämen lyöntitiheyttä kutsutaan yleiskielessä myös nimellä pulssi.

Pulssiväli

Pulssiväli (PR, Pulse Rate) tarkoittaa kahden peräkkäisen pulssiaallon välistä aikaa, joka määritetään fotopletysmografian avulla. Pulssivälin käänteisluku on sydämen lyöntitiheys, jota yleiskielessä kutsutaan myös nimellä pulssi.

Pulssivälivaihtelu

Pulssivälivaihtelu (engl. PRV, pulse rate variability) tarkoittaa kahden peräkkäisen pulssiaallon välisen ajan vaihtelua.

Huomautus: Tässä artikkelissa kuvattuja Linnavuo Oy:n tuotteita ja palveluja myydään Linnavuo Oy:n myyntiehtojen mukaisesti. Potentiaalisia asiakkaita kannustetaan hankkimaan uusimmat ja täydelliset tiedot tuotteista ja palveluista ennen tilauksen tekemistä. Linnavuo Oy vastaa sovellusten tuesta, asiakkaiden sovelluksista tai tuotteiden käytöstä, ohjelmistojen suorituskyvystä tai patenttirikkomuksista. Muiden yhtiöiden tuotteiden tai palvelujen mainitseminen ei merkitse Linnavuo Oy:n hyväksyntää, takuuta tai suosittelua.