

Шалгалт өгч байгаа оюутны сэтгэл хөдлөлийн явцыг тодорхойлох

Б.Зориг¹, А.Түвшинжаргал², Ч.Лодойравсал³

^{1,3}МУИС, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн сургууль
Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим

²ШУТИС, Ш.Отгонбилэгийн нэрэмжит Технологийн сургууль
Цахилгаан Механикийн Тэнхим

zorig@seas.num.edu.mn, tuvshinjargal.a@erdenetmc.mn, lodoiravsal@seas.num.edu.mn

Хураангуй - Оюутны сурах явцыг сайжруулахын тулд тэдгээрийн сэтгэл хөдлөлийг судлах нь чухал. Оюутны шалгалтын явцад сандрах, баярлах, түгших зэрэг сэтгэл хөдлөл ба үнэлгээний хамаарлыг судаллаа. Хүний арьс хөлрөхийг түүний цахилгаан дамжуулалтаар хэмжсэн бөгөөд сэтгэл хөдлөлийн идэвхтэй байгааг тодорхойлсон. Харин уруул татах болон хөмсөгний булчингийн хөдөлгөөнийг булчингийн цахилгаан идэвхжилтээр хэмжсэн бөгөөд эерэг, сөрөг сэтгэл хөдлөлийг харгалзуулан авсан болно. Үүний тулд арьсны хөлрөхийг хэмжих схем, булчингийн хөдөлгөөнийг мэдрэгч схемийн мэдээллийг өндөр нарийвчлалтай хэмжих авч компьютер луу дамжуулж дүгнэлт хийсэн болно. Цуглуулсан өгөгдөл болон шалгалтын дүнгийн хамаарлыг шинжлэхэд шалгалтын үед дэх эерэг сэтгэл хөдлөлтэй оюутнууд өндөр оноотой байсан ба сөрөг нь эсрэг болох нь харагдаж байв. Энэ судалгаа нь хүний сэтгэл хөдлөлийг тодорхойлох чадвартай төхөөрөмж бүтээх суурь судалгаа болно.

Түлхүүр үг—Сэтгэл хөдлөл, Оюутан, Арьсны цахилгаан дамжуулалт, Булчингийн цахилгаан идэвхжилт

I. УДИРТГАЛ

Оюутан шалгалт өгөх явцдаа хариултаа тааж хариулах, хариулттай мэдэж байгаа тохиолдолд баярлах, эргэлзэж байгаа тохиолдолд догдлох зэргээр сэтгэл нь хөдөлдөг. Иймээс шалгалтын явцад оюутны сэтгэл зүйг, шалгалтын дүнтэй харьцуулж үнэлэлт хийхийг зорив.

Шалгалт өгч байгаа оюутны сэтгэл хөдлөлийг арьсны цахилгаан дамжуулалт (АЦД), булчингийн цахилгаан идэвхжилт (БЦИ) –ээр тодорхойлно. АЦД ба БЦИ-г хэмжихдээ ямар төрлийн мэдрэгч, хүний аль хэсэгт мэдрэгчээ байрлуулах, секундэд авах хэмжилтийн тоо, хэмжин авах төхөөрөмжийн нарийвчлал зэргийг тооцоолон найдвартай хэмжилт авахад анхаарах хэрэгтэй.

II. АРГА ЗҮЙ

Хүний сэтгэл хөдлөлийг хүний бие дараах үзүүлэлтүүдээр тодорхойлж болно. Үүнд:

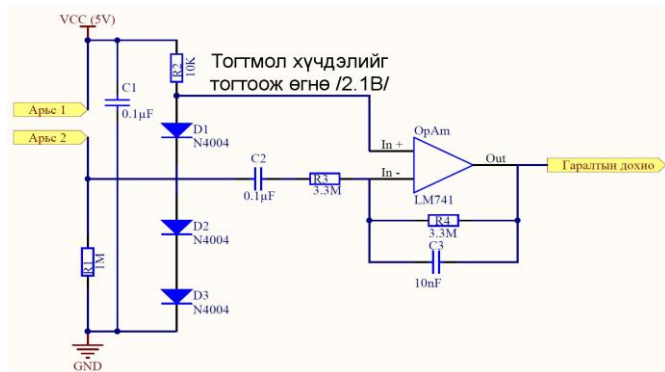
- Арьсны температур
- Зүрхний хэм
- Амьсгалын давтамж

- Тархины бичлэг
- Арьсны цахилгаан дамжуулалт
- Булчингийн цахилгаан идэвхжилт

Ерөнхий хэмжилтийн схем нь Зураг 1-т үзүүлсний дагуу угсрагдсан АЦД ба БЦИ-тыг секундэд 2048 хэмжилт авч 16 битийн нарийвчлалтайгаар Data Transaction төхөөрөмжийг ашиглан аналог дохиог тоон болгон USB интерфэйсээр компьютерт файл болгон хадгалж авна.



Зураг 1. Хэмжилтийн схем



Зураг 2. Зарим сэтгэл хөдлөлийг харуулав

A. АЦД-г хэмжих.

Зураг 2 АЦД-г хэмжих хэлхээ нь нэг сувагтай, оролтод арьсны хүчдэлийн утгын өөрчлөлтийг

хэмжинэ. 0,48Гц-с 4,8Гц зурвасын шүүлтүүртэй. Гаралтад (0В- 5,0В) хүртэлх хүчдэлийн утгыг гаргана. Арьсны цахилгаан дамжуулалт нь дараах томъёогоор олдоно:

$$S_a = \frac{V_{R_1}}{(5 - V_{R_1}) * R_1}$$

Үүнд:

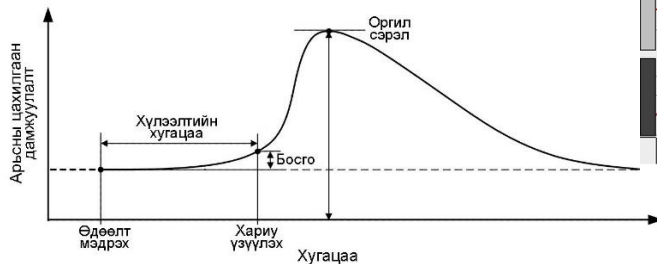
- S_a -Арьсны цахилгаан дамжуулалт,
- V_{R_1} -R1 эсэргүүцэл дээрх хүчдэлийн утга.

V_{R_1} -г дараах байдлаар олно.

$$V_1 = \frac{(Z_{R_3}C_2 + Z_{R_4}C_3)V_{in+} - V_{out} * Z_{R_3}C_2}{Z_{R_4}C_3}$$

Үүнд:

- $Z_{R_4}C_3$ -R4,C3 хоёр элементийн эсэргүүцэл,
- $Z_{R_3}C_2$ -R3,C2 хоёр элементийн эсэргүүцэл,

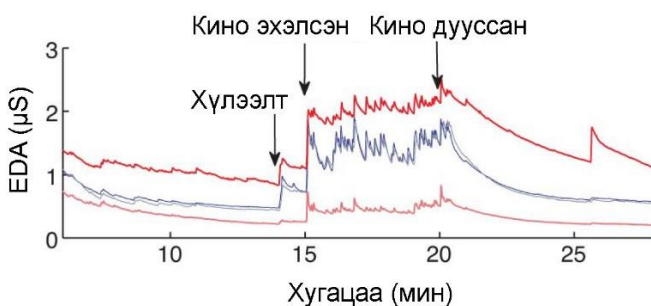


Зураг 3. Арьсны цахилгаан дамжуулалт өдөөлтийн дараа огцом ихсэж байна.

- V_{in+} нь тогтмол 2,1В байна,
- V_{out} Гаралтад хэмжин авсан хүчдэл.

Зураг 3-г үзүүлсний дагуу АЦД нь хүний сэтгэл хөдлөлийг тодорхойлох боломжийг олгодог[2].

Зураг 4-нь “Wearable Sensor for Unobtrusive, Long-



Зураг 4. Нэг хүний 4 өөр газар АЦИ-ын мэдрэгчийг холбож хэмжилт авсан [6].

Term Assessment of Electrodermal Activity” гэсэн эрдэм шинжилгээний өгүүлэл бөгөөд нэг хүнд 4 өөр газар нь 3 төрлийн мэдрэгч байрлуулан хэмжилт авсан. Тайван байх үеийн арьсны цахилгаан идэвхжилт сул, кино үзнэ гэдгийг мэдээд хүлээлт бий болоход АЦД нь бага зэрэг нэмэгдсэн, кино эхлэхэд огцом өсөж, кино дуусахад аажмаар буурсан байна. АЦД-н өндөр мэдрэгч байгаа мэдрэгч нь Ag/AgCl ба дунд ба долоовор хурууны дунд хоёр үед байрлуулан хэмжилт авсан. Энэ

материалд дээр үндэслэн мэдрэгчийг долоовор ба дунд хурууны дунд үед мэдрэгчийг байрлуулж нь хэмжилтүүдийг хийсэн [6] Арьсан хүрэх электрод нь мөн Ag/AgCl болно.

Булчингийн цахилгаан идэвхжилтийг хэмжих

БЦИ-г хэмжих дээ хоёр сувагтай EMG модулийг ашигласан. Нэг сувагт нь 1см зайтай хоёр электродыг холбож тухайн хоёр цэгийн хоорондох хүчдэлийн өөрчлөлтийг 10000 дахин өсгөж гаралтын дохиог хэмжин авсан болно. EMG модулийн тэжээл нь тогтмол 9В.

Зураг 5-д үзүүлсэн байдлаар хацрын булчингийн цахилгаан идэвхжилт хэмжигдэж байгаа болно. Хацрын их, бага булчин эерэг сэтгэл хөдлөлийг харин хөмсөгний булчингууд нь сөрөг шинж чанарыг тодорхойлдог [3].



Зураг 5. Хүний булчингийн цахилгаан идэвхжилт

В. Компьютер руу өгөгдлийг дамжуулах төхөөрөмж, програм.

Зураг 1-д үзүүлсний дагуу “Data translation DT9804” төхөөрөмжөөр аналог дохиог секундэд 2048 удаа дээж аваад USB-р өгөгдлийг компьютер руу “SCOPE” програмаар файл болгон хадгалж авна.

ХҮСНЭГТ 1. DATA TRANSLATION DT9804 ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ТЕХНИКИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Нэр	Data translation DT9804
Аналог оролт	16-нэг оролттой 8-хос оролттой
Сувгийн нягт	16 бит
Оролтын хязгаар	±1.25В, ±2.5В, ±5В
Өгөгдлийн урсгал	100 кХэмжилт/с /секундэд авах хэмжилтийн тоо/
Аналог гаралтууд	2
Сувгийн нягт	16 бит
Оролтын хязгаар	±10В
Гаралтын хурд	50 Гц
Тоон оролт/гаралт	16
Тоолуур/таймер	2

Онцлогууд

- ±500В цахилгаан тусгаарлагчтай /газартай холбогдохоос сэргийлэх, аналог дохионы шуугианыг багасгах болон компьютерыг хамгаална/

- USB-ээр тэжээгдэнэ /гадаад тэжээлийн эх үүсгэвэр шаардлагагүй/
- Нийт дээж авах тоо нь 100 кГц хүртэл.

С. Сэтгэл хөдлөл болон бие судлалын (physiological) үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Бүх сэтгэл хөдлөлийг эерэг болон сөрөг, идэвхтэй ба идэвхгүй гэж тодорхойлж болдог. Зураг 5-д үзүүлсний дагуу сэтгэлзүйн хавтгайг байгуулж болно. Хэвтээ тэнхлэгийн координатыг булчингийн цахилгаан идэвхжлээр, босоо тэнхлэгийн координатыг арьсны цахилгаан идэвхжлээр тодорхойлж болно[1].

- Арьсны цахилгаан дамжуулалт (АЦД) – Арьсны цахилгаан дамжуулалтын үзүүлэлт буюу хүний сэтгэл хөдлөл өдөөлт ихтэй эсвэл нойрмог байгааг илтгэнэ [1].
- Булчингийн цахилгаан идэвхжилт (БЦИ) – Булчингийн идэвхжлийн үзүүлэлт буюу хүний сэтгэл хөдлөл гаслантай эсвэл тааламжтай байгааг тодорхойлно [1].

Ш. ОЮУТНЫ СЭТГЭЛ ХӨДЛӨЛИЙН ХЭМЖИЛТ, ТҮҮНИЙ ҮР ДҮН

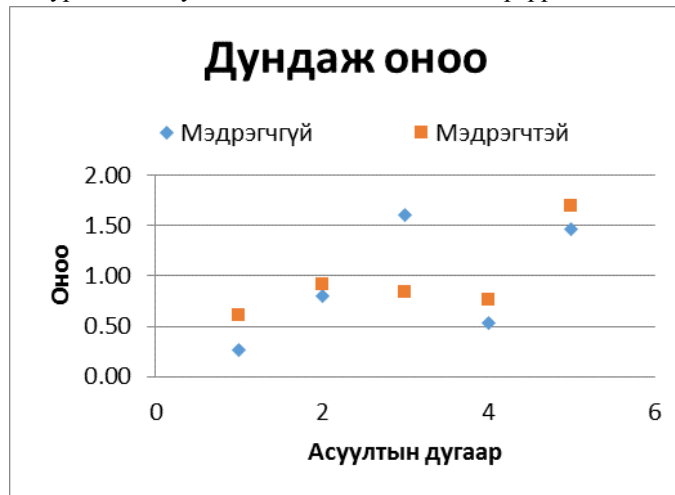
“Микропроцессор ба интерфэйсийн техник” хичээлийг судалж буй 28 оюутнаас 5 асуулт бүхий ам шалгалт авсан бөгөөд 15 оюутнаас энгийн байдлаар, 13 оюутнаас мэдрэгч холбож шалгалт авсан болно. Шалгалтыг хоёр газар 15 ба 13 оюутнаар хуваан зэрэг авсан.

Туршилтыг зураг 1-т үзүүлсний дагуу мэдрэгчүүдийг оюутны хөмсөг болон хацрын булчинд БЦИ мэдрэгч, гарын дунд болон долоовор хуруунд арьсны цахилгаан дамжуулалт мэдрэгч байрлуулан давхар камераар дүрс ба дууг бичиж хэмжилт авсан. Мэдрэгчүүдээс ирсэн дохиог “DT9804” хэмжилтийн модуль ашиглан хэмжсэн. Ингэхдээ 16 битийн сувгийн нягттай, 2кГц давтамжтай дээж авсан.



Зураг 5. Хэмжилтийн схемийн дагуу оюутнаас шалгалт авч байгаа нь

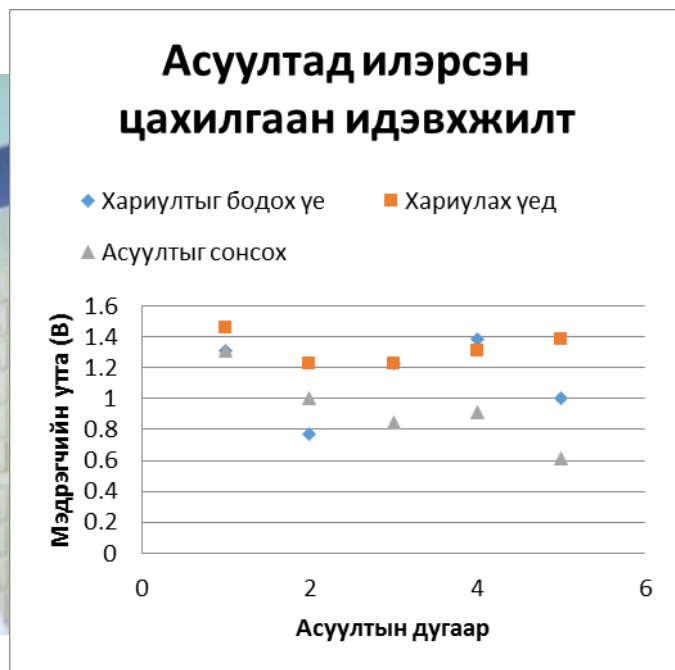
Зураг 5-д оюутнаас хэмжилт авч байгааг үзүүлэв.



Зураг 6. 5 асуултад хариулсан оюутнуудын дундаж оноо

Зураг 6-д мэдрэгчтэй ба мэдрэгчгүй шалгалт өгсөн оюутнуудын авсан онооны дунджийг харьцуулахад, 3-р асуултаас авсан онооноос бусад нь ойролцоо гарч байна. Шалтгааныг нь хоёр өөр багш тус тусдаа авсан учраас(мэдрэгч зүүгээгүй оюутнуудад багш хариултыг дөхүүлж өгч байсан) болсон гэж дүгнэв. Учир нь бүх асуултууд дотроос 3-р асуултыг хариулахад их тайлбар шаардлагатай байсан.

13 оюутны шалгалтын үе дэх сэтгэл хөдлөлийг шалгалтын үр дүнтэй харьцуулалт хийлээ. Ингэснээр шалгалтын явц дахь оюутны сэтгэл хөдлөлийн өөрчлөлтийг анхны байдлаар тодорхойлсон. Ерөнхий цахилгаан идэвхжилт нь нийт хацрын болон хөмсөгний булчингийн цахилгаан идэвхжилтийг хооронд нь хасаж олно[3].



Зураг 7. Асуулт тус бүр дээр илэрсэн цахилгаан идэвхжилт

Зураг 7–д асуултаа сонсох, бодох, хариулах үеийн ерөнхий цахилгаан идэвхжилтийг үзүүлэв. Урьдчилан 20 секунд оюутныг тайвшруулах гэж хүлээх нь ямар ч үр дүнгүй харин эсрэг нөлөө үзүүлсэн нь 1-р асуултыг сонсох үеийн утгаас харагдаж байна.

Асуултаа сонсохдоо оюутнууд ухамсартайгаар өөрийгөө тайвшруулж байгаа нь харагдаж байна. Өндөр оноо авсан 5–р асуултыг сонсох үед хамгийн бага идэвхжилттэй байгаа нь харагдаж байна.

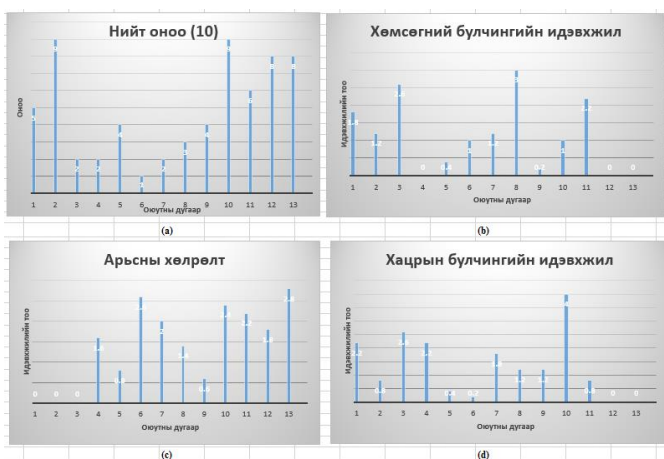
Хариултыг бодох үе нь тухайн хариулт хялбар, хүндээс хамаарч өөр өөр байна. Хариултыг бодох үеийг оноотой харгалзуулан үзвэл: бага оноо авсан үедээ арьсны болон булчингийн цахилгаан идэвхжилт хамгийн их байна.

Хариулах үе нь ерөнхийдөө өндөр сэтгэл хөдлөлтэй байгаа харагдаж байна.

Хүснэгт 1. Хэмжилт бүрэн хийгдсэн оюутнуудын сэтгэл хөдлөлийн ерөнхий төлөв

№	Оюутны дугаар	Сэтгэл хөдлөлийн төлөв	Шалгалтын оноо
1	5	Хэвийн	4
2	6	Бачимдах	1
3	7	Бачимдах	2
4	8	Бачимдах	3
5	9	Амгалан	4
6	10	Баярлах	9
7	11	Бачимдах	6

Хүснэгт 1–с харвал шалгалтад бага оноо авсан буюу буруу хариулсан оюутнуудын сэтгэл хөдлөлийн төлөв бачимдах гэж харагдаж байна.



Зураг 7. Оюутан бүрийн арьсны болон булчингийн цахилгаан идэвхжилт

Мөн өндөр оноо авсан оюутан баярлаж байгаа нь харагдаж байгаа боловч мөн адил оноо авсан хэмжилт дутуу улмаас хүснэгтэд ороогүй 2 дугаартай

оюутан маш тайван байсан нь зураг 7–с харагдаж байна. Үүнээс үзэхэд баярлаж буй 10 дугаартай оюутн шалгалтаа сайн бэлтгэж асуугдаж байгаад баярласан сэтгэгдэл илэрсэн байж боломжтой.

Хацрын булчингийн идэвхжилт оюутан ярьж байх үед идэвхэждэг тул аливаа сэтгэл хөдлөл байгаа эсэхийг тодорхойлоход сөргөөр нөлөөлж байна.

ДҮГНЭЛТ БОЛОН ЦААШИД ХИЙХ АЖИЛ

Оюутанд мэдрэгч зүүн шалгалт авахад мэдрэгч шалгалтын үр дүнд сөрөг нөлөө үзүүлсэнгүй.

Оюутан мэддэг асуултад хариулж байх үедээ арьсны цахилгаан дамжуулалт сул байдаг нь тогтоогдлоо.

Шалгалтад бага оноо авсан оюутны сэтгэл хөдлөл бачимдах төлөвт байжээ. Мөн өндөр оноо авсан 2 оюутан баясгалантай эсвэл тайван төлөвт байсан нь шалгалтын асуултыг баясгалантай төлөвт байгаа оюутан мэдсэн байх магадлалтай юм.

Мөн амаар шалгалт авахад асуултаа сонсохдоо оюутан өөрийн сэтгэл хөдлөлийн аль болох хамгийн тайван төлөвт шилжин анхааралтай сонсохыг хичээж байгаа нь тодорхой харагдлаа.

Шалгалтын өгч байгаа оюутны сэтгэл хөдлөлийг илүү тодорхойлох хэмжиж дүгнэлт хийхэд арьсны цахилгаан дамжуулалтаас гадна зүрхний цохилтын хурдыг зэрэг хэмжвэл илүү үр дүнд хүрнэ гэж үзэж байна. Цаашид олон төрлийн хичээлээр, олон оюутанд туршиж судалгааны үнэн байдлыг нэмэгдүүлэхээр төлөвлөж байна.

Энэхүү судалгааны үр дүн нь шалгалтын явц дахь оюутны сандрах, бачимдах зэрэг сэтгэл хөдлөл шалгалтын дүнд сөргөөр нөлөөлөх нөлөөллийг багасгах, багшид шалгалтын асуултаа зөв сонгоход нь хэрэглэгдэх боломжтой.

Энэ судалгаа нь хүний сэтгэл хөдлөлийг тодорхойлох чадвартай төхөөрөмж бүтээх суурь судалгаа болно.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Arturo Nakasone, "Emotion Recognition from Electromyography and Skin Conductance," 2005.
- [2] P. J. Lang. The emotion probe: Studies of motivation and attention. American Psychologist, 50(5) pp. 372–385, 1995
- [3] BIOPAC application note 118. "Emotional State Recognition via Physiological Measurement and Processing" 2016
- [4] Michael E. Dawson, Anne M. Schell, & Diane L. Filion "The Electrodermal System" pp. 200-223, 2001
- [5] Frederiks, K. Croes, M.J.G. Chen, W. Bambang Oetomo, S. Sterkenburg, P. Sense – a biofeedback system to support the interaction between parents and their child with the Prader-Willi syndrome : a pilot study, Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments 2015
- [6] Ming-Zher Poh, Student Member, IEEE, Nicholas C. Swenson, and Rosalind W. Picard*, Fellow, IEEE, A Wearable Sensor for Unobtrusive, Long-Term Assessment of Electrodermal Activity, IEEE Transactions on Biomedical Engineering 2010