

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი



თამარ ივანიძე

**HRV ანალიზის გამოყენება გონებრივი ძალისხმევის და სხვა HCI
კონპონენტების დასადგენად**

ინფორმაციული ტექნოლოგიები
ნაშრომი შესრულებულია ინფორმაციული ტექნოლოგიების მაგისტრის
აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი: გიორგი ჩახუნაშვილი სრული პროფესორი
ნანა ოდიშელიძე ასისტენტ-პროფესორი

თბილისი
2015

ანოტაცია

ადამინ -კომპიუტერის ურთიერთობის(HCI) მრავალი ასპექტის შესწავლა დღითიდღე უფრო საინტერესო და მნიშვნელოვანი ხდება. ერთე-ერთ ასეთ საკითხს წარმოადგენს, სხვადასხვა შემოთავაზებული პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხი: მისი გამოყენებითობა , მოქნილობა და სიმარტივე კომპიუტერის მომხმარებლებისათვის. დღეისათვის მიმდინარეობს უამრავი კვლევა , რომელთა მიზანია შეიქმნას მოდელი თუ როგორ უნდა მოხდეს სხვადასხვა პროგრამული უზრუნველყოფის, შესწავლა და შესაბამისად შეფასება. სისტემათა უმრავლესობას, რომელიც ახდენს ერგონომიკის პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირებას, გააჩნიათ ეფექტიანობის უამრავი საზომი, მაგრამ მათგან მხოლოდ ძალიან მცირე რაოდენობა იყენებს გონებრივ ძალისხმევას(Mental Effort) . ზოგადი განმარტების თანახმად გამოყენებადობა წარმოადგენს, პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის განზომილებას. უფრო ნათლად თუ განვსაზღვრავთ : უკეთესი ხარისხი ნიშნავს ნაკლები ძალისხმევის გამოყენებას, კონკრეტული პროგრამული უზრუნველყოფისათვის.

სწორედ ამიტომ ნაშრომში მოვახდენთ დემონსტრირებას თუ , როგორ შეიძლება დავადგინოთ პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხი გონებრივი ძალისხმევის ცვლილებათა შესწავლით. გონებრივი ძალისხმევის სიმძალავრის გამოთვლა არც ისე მარტივია და მოითხოვს HCI სხვა მრავალი პარამეტრის ცოდნას, თუმცა ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ მეთოდად მიჩნეულია HRV(Heart Rate Variability) გულისცემის ცვალებადობა. ეს მეთოდი წარმოადგენს საიმედო საფუძველს რათა უფრო ღრმად შევისწავლოთ ადამინ -კომპიუტერის ურთიერთობა. ამ მეთოდის განსახორციელებლად გამოყენებულ იქნა პროგრამული უზრუნველყოფა „INTERFACE“. პროგრამის ძირითად უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ მას შეუძლია ონლაინ რეჟიმში დაადგინოს (მოახდინოს ჩაწერა), მომხმარებლის მენტალური ძალისხმევა, მისი გულისცემის ცვალებადობის (HRV) გამოყენებით. ნაშრომში მიმოვიხილავთ, როგორც ამ პროგრამული

უზრუნველყოფის შესაძლებლობებს ასევე განხილული ექსპერიმენტის საშუალებით გამოვკვეთავთ შესაძლო ხარვეზებსა სხვა მსგავს სისტემებთან შედარებით.

Annotation

The Human-Computer Interaction is getting more interesting and important for many aspects of the study. One such issue is, a quality of interactive software: usability, flexibility and simplicity of the program, for the computer-users. At present, a lot of research going on, which aims to create a model of how to study and evaluate a variety of software. The majority of systems that do the ergonomics software testing, possess lots of effectiveness measuring, but only a small number of them use Mental Effort. In general definition usability of a software is a quality dimension of software products- better quality means that less effort is needed for the usage of the particular software.

The paper will demonstrate how can be established software quality, by studying changes in Mental Effort. Mental Effort calculation is not that simple, and requires many other parameters of HCI, but the most effective method is considered to be HRV (Heart Rate Variability). This is a reliable method in order to further explore the Human – Computer Interaction. One of the implementation of this method is the software "INTERFACE". The main advantage of the program is that it can make online records, about a mental effort, using heart rate variability. In this paper we discuss about advantages and opportunities of this software, as well as the possible shortcomings and deficiencies in comparison with other similar systems.

სარჩევი

შესავალი.....	5
გულისცემის ცვალებადობის (HRV) სპექტრის შეფასებით, ადამიანის გონებრივი ძალისხმევის შეფასება.	6
სხვა ფიზიოლოგიური არხები განხორციელებული ადამიანი კომპიუტერის შესწავლის პროცესში	10
განხორციელებული მეთოდოლოგიები:	12
„ინტერფეის“ მეთოდოლოგია.....	12
I თითოეულისესიისგანრიგი.....	16
I.1. მონაწილეები.....	16
I.2. სესიების დაგეგმვა	16
II თამაში-კომპიუტერული თამაში (YETISPORTS)	19
IIIარითმეტიკულიამოცანის-„წვიმისწვეთი“სთამაში	19
გულისცემის ცვალებადობის ანალიზი, სტატისტიკური ანალიზი.....	19
შედეგები.....	20
დასკვნა.....	25
გამოყენებულილიტერატურა:	27

შესავალი

კომპიუტერულად მხარდაჭერილი საგნმანათლებლო ტექნოლოგიების გამოყენება საკმაოდ გავრცელებულია, თუმცა საჭიროებს ვალიდურ და სანდო ხარისხის საზომ ერთეულს. ამიტომ ამ მიდგომის შესახებ დადასტურებული (დამტკიცებული) ინფორმაცია, ხარისხის ინდეტიფიკატორები საშუალებას მისცემს, როგორც მასწავლებლებს შეაფასონ და შეადარონ სხვადასხვა პროგრამული უზრუნველყოფები ასევე, რომ მათ დახვეწონ თავიანთი პროდუქტი.

ზოგიერთი სისტემა რომელიც ახდენს ერგონომიკის პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირებას, გააჩნია ბევრი ეფექტიანობის საზომი, მხოლოდ ძალიან მცირე რაოდენობა იყენებს შემეცნებით (cognitive) ძალისხმევას. ამ მეთოდის ძირითად უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ მას შეუძლია ონლაინ რეჟიმში დაადგინოს (მოახდინოს ჩაწერა), მომხმარებლის მენტალური ძალისხმევა, მისი გულისცემის ცვალებადობის და ადამიან-კომპიუტერის სხვა მახასიათებლების გამოყენებით. ამ გზით შეიძლება წარმოვადგინოთ დეტალური სურათი. ეს მეთოდი წარმოადგენს საიმედო საფუძველს რათა უფრო ღრმად შევისწავლოთ ადამიან-კომპიუტერის ურთიერთობა.

ელემენტარული ქმედებები - როგორებიცაა მომხმარებლების სხვადასხვა გონებრივი ქცევა, კლავიატურისა და მაუსის გამოყენებისას, ჩვეულებრივ წარმოადგენენ ყველაზე კრიტიკულ კომპონენტებს ინფორმაციული ტექნოლოგიების სისტემებისთვის. გონებრივი ძალისხმევის შეფასება, რომელიც ეყრდნობა შეფასების პროგრამული უზრუნველყოფის საერთაშორისო სტანდარტებს, წარმოადგენს ემპირიულ (empirical) მეთოდის მთავარ ასპექტს. აქედან გამომდინარე საჭიროებს ვალიდულ და სანდო მეთოდებს, რომელიც მოახდენს მომხმარებლის გონებრივი ძალისხმევის სტიმულირებას, ასეთი ელემენტარული ქმედებებისას, და დაგვეხმარება დავადგინოთ პროგრამის სისუსტეები.

პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის უმნიშვნელოვანესი განმსაზღვრელი ფაქტორი მისი გამოყენებადობაა. ყველაზე ხაზგასმულ ფაქტორს წარმოადგენს გონებრივი ძალისხმევა (Mental Effort), რომელიც საჭიროა ადამიანის კომპიუტერული ურთიერთქმედებისათვის (შემდეგში-HCI). ზოგიერთი გამნარტების თანახმად გამოყენებადობა წარმოადგენს პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის განზომილებას- დაწესებული პროგრამული პროდუქტის შეფასების საერთაშორისო სტანდარტიდან (ISO/IEC 9126:1991 [1]). თუკი უფრო ნათლად განვსაზღვრავთ საჭირო გონებრივ ძალისხმევას- უკეთესი ხარისხი ნიშნავს ნაკლები ძალისხმევას კონკრეტული პროგრამული უზრუნველყოფისათვის.

როგორც ჩანს, გარდა იმ სუბიექტური მეთოდებისა, როგორცაა კითხვარები, ასევე საჭიროა ობიექტური მეთოდები, რათა გავზომოთ გონებრივი ძალისხმევა. ამ ნაშრომში განხილულია გულისცემის ცვალებადობის (შემდეგში-HRV) ძალა - სპექტრი, გონებრივი ძალისხმევის საზომი მექანიზმი, როგორც დროის ფუნქცია. გარდა ამისა წარმოდგენილია ფიზიოლოგიური არხები რომლებიც ახდენენ ადამიან- კომპიუტერის ურთიერთქმედების შესწავლას. ამ ნაშრომში ნაჩვენებია კვლევის შედეგი, რომელიც განსაზღვრავს HRV მეთოდის საზღვრებს, ბაზის მონაცემების მხარდაჭერას სამომავლო გეგმებისათვის, და ამ პროგრამული უზრუნველყოფის სამომავლო გამოყენებადობის შეფასებას.

გულისცემის ცვალებადობის (HRV) სპექტრის შეფასებით, ადამიანის გონებრივი ძალისხმევის შეფასება.

ზოგიერთ შემთხვევაში გულისცემის მეშვეობით, ხდება გონებრივი ძალისხმევისა და შესაბამისად, გამოყენებადობის შეფასება. თუმცა ეს არ წარმოადგენს ზუსტ და მგრძობიარე საზომს გონებრივი ძალისხმევის და გამოყენებადობის შესაფასებლად. გულისცემის გადახრის ცვალებადობამ კი შეიძლება უკეთესი შეგედი მოგვცეს, მაგრამ ეს ცვალებადობა ასევე მოიცავს გონებრივი ძალისხმევისაგან დამოუკიდებელი ფიზიოლოგიურ მექანიზმებს. სწორედ ამიტომ საჭიროა HRV სპექტრალური ანალიზი.

პრაქტიკაში, გულისცემის პერიოდი შეიძლება გაანალიზდეს უფრო დეტალურად და ისინი შეიძლება გახდეს უფრო გამომხატველი.

HRV-ის გამოყენება ხდება მრავალ სხვადასხვა სფეროში. მიუხედავად ამ მეთოდის სიმარტივისა, მეთოდი მეტად მრავლის მომცემი და გამოყენებადია. ბუნებრივია, არსებობს ამ მეთოდის მთელი რიგი რეალიზაცია მედიცინაში. ამ მეთოდზე უდიდესი გავლენა მოახდინა პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებადობამ.

დროს გულის ცემებს შორის RR (Rhythm-to-Rhythm) ინტერვალი ეწოდება, და ინტრევალი გამოითვლება როდესაც დარტყმა პიკს მიაღწევს, (ასევე ეწოდება R პიკი).

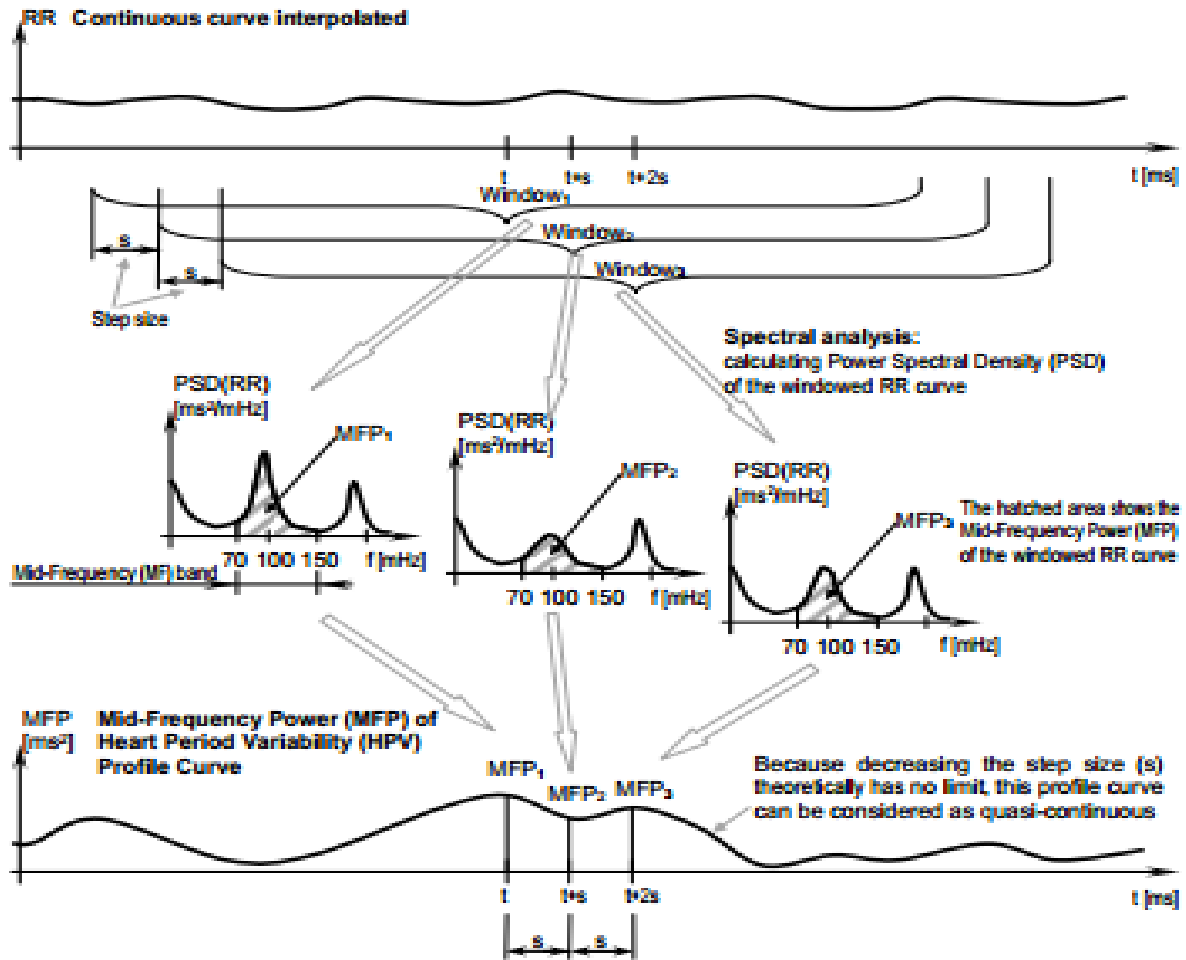
RR ინტერვალების ცვლილების ანალიზმა აჩვენა, რომ მენტალური დატვირთულობის ზრდა იწვევს, გულისცემის ცვალებადობის სპექტრის სიძლიერის საშუალო-სიხშირის შემცირებას (0.07-0.15 Hz-Hertz, ჰერცი).

თუკი ფოკუსირებას მოვახდენთ ძალის სპექტრის სიხშირის სხვა პიკებზე შედეგი შემდეგნაირია: ტიპური პიკი 0.15-0.45 Hz შეესაბამება სუნთქვის სიხშირეს (ე.წ.

რესპირატორული სინუს არითმია); 0.04-0.07 Hz პიკი დაკავშირებულია სისხლძარღვების თერმორეგულატორულ რეაქციებთან. გულისცემის ცვლილების საშუალო-სიხშირე (0.07-0.15 Hz)-ის შენთხვევაში, შეიძლება ასევე ასახავდეს პოსტურალურ ცვლილებებს (არტერიული წნევის კონტროლის მეშვეობით, ე.წ. ბარორეფლექსი).

მენტალური დატვირთულობის, პოსტურალურ ცვლილებების ეფექტებისგან გასარჩევად, შეიძლება გამოყენებულ იქნას 0.1 Hz და მაღალი სიხშირის რესპირატორული კომპონენტი.

თუმცა, ხაზგასმით აღინიშნა, რომ ესპერიმენტულ სიტუაციაში: იმ შემთხვევაში, თუ მონაწილეები იმუშავებენ მუდმივად მჯდომიარე პოზაში (მაგ: კომპიუტერის გამოყენების დროს) და მათი მთავარი კუნთები იმოდრავებს (მაგალითად, გაჭიმვა, გაცინება, დაცემინება, საუბარი და ა.შ.) საბოლოოდ მივიღებთ გაფილტრულ საწყისი ჩანაწერებს (მაგ: ვიდეო ანალიზით), საშუალო სიმძლავრეს (0.07-0.15 Hz) რაც შეიძლება დახასიათდეს, როგორც საკმარისისად მგრძნობიარე გონებრივი ძალისხმევა, როგორც ნაჩვენებია ქვემომდებარე სურათზე.



გულისცემის ცვლილების სპექტრის სპექტრალური კომპონენტის შესაფასებლად შეიქმნა ინტეგრირებული სისტემა ISAX (Integrated System for Ambulatory Cardio-respiratory data acquisition and Spectral analysis, ინტეგრირებული სისტემა ამბულატორიული გულ-რესპირატორული მონაცემების მოპოვებისა და სპექტრული ანალიზისთვის), რომელიც საკმაოდ წარმატებულად გამოიყენება, დაინტეგრირებულია სისტემაში.

- პრაქტიკული მიზნებისათვის, ჩვენ გვჭირდება, გულისცემის ცვალებადობის სპექტრის საშუალო ძალის სიხშირე

როგორც დროის მოჩვენებითი უწყვეტი ფუნქცია. თუ ჩვენ გვეყენება ასეთი მრუდი, საკმაოდ კარგი დროებითი რეზოლუციით, შესაძლებელი იქნება სისტემატურად მიანიჭო ამ მრუდის გარკვეულ შვერილას, რათა დაკვირვება მოახდინო ადამიან-კომპიუტერის ურთიერთობის მოვლენებზე.

ამ მიზნის მისაღწევად, გავაკეთოთ მხოლოდ ერთი კონკრეტული სეგმენტის ანალიზი , RR ინტერვალთა დასაწყისში . ეს შეიძლება შესრულდეს windowing ფუნქციების გამოყენებით: ამ გზით, შერჩეული სეგმენტი (ჩარჩო) შეიძლება დახასიათდეს გამოთვლილი გულისცემის ცვალებადობის საშუალო სიხშირის ძალით. ჩარჩო ოდნავ შორს გადაინაცვლებს და მეორდება სპექტრული ანალიზი და ასე შემდეგ სანამ დროის ინტერვალების ბოლოს მიაღწევს (იხ ნახ. 1) .

ამ სახის ანალიზი ჩაშენებულია ISAX სისტემაში: windowing ტექნიკა გამოიყენება სენსორული მუდმივი ზომის ჩარჩო მიერ მცირე ბიჯებით ჩაცურებით, გადაადგილებით (ამ ექსპერიმენტში 32-წამიანი შუალედში, ჩარჩო გადადიოდა 1 წამიანი ბიჯით). ამ გზით, გულისცემის ცვლილების საშუალო სიხშირის სპექტრი ავტომატურად ზედიზედ გამოითვლება თითოეული ჩარჩოსათვის და მიიღება სასურველი კვაზი-უწყვეტი დროის მრუდის, ე.წ. საშუალო სიხშირის სპექტრალური მრუდი. მაქსიმალური დაყოვნება ტოლია ბიჯის ზომასა, გულისცემის ცვლილება სპექტრალური მრუდზე შეიძლება აისახოს ერთი წამში.

ამ მეთოდის მთავარი უპირატესობა წინასწარ შემუშავებული HPV დაფუძნებული მეთოდებთან შედარებით ის არის, რომ MF კომპონენტს და HPV შეუძლია, რამდენიმე წამის ფარგლებში , ნათლად აჩვენოს გონებრივი ძალისხმევის ცვლილება (როგორც წინა მეთოდებისგან განსხვავებით როდესაც ცვლილება ხილული ხდებოდა ათეული წამის შემდეგ). ეს მეთოდი განხორციელდა, რადგან:

- გამოყენება შესაბამისი windowing მონაცემთა დამუშავების ტექნიკის Hamming windowing ფუნქცია, რათა შემცირდეს დიაფრაგმის ეფექტი და გაუმჯობესდეს სპექტრის იმიჯი.
- გამოიყენება აუტო- რეგრესიული მეთოდი , მოდიფიცირებული ბურგის ალგორითმის გამოყენების. აუტორეგრესიული მოდელი უკვე გამოიყენება მხოლოდ ერთ ციკლში, და საკმაოდ კარგ შედეგს იძლევა 2-3 ციკლის შემთხვევაში, როდესაც სხვა ალგორითმების გამოყენებისას საჭიროა მინიმუმ 8-10 ციკლი, ეს

ნიშნავს რომ , 0.1Hz შემთხვევაში შედეგი იდება 10 წამში ხოლო 20-30 წამიანი შუალედის შედეგი კი, უკვე შეიძლება საკმაოდ სანდოდ ჩათვალოს.საკმაოდ დაბალი MF –ის დროს (0.07Hz), 15 წამიანი შუალედი იძლევა უკვე რაღაც შედეგს ხოლო 30-45 წამში კი სანდო შედეგს.

- შეიქმნა ზემოხსენებული სპექტრალური მრუდი, რომელიც ეფუძნება გადაფარვას, სპექტრალური და დროებითი რეზოლუციის საუკეთესო თანხვედრის მოძიებით. ფართო window უკეთესი სპექტრალური ხარისხის საშუალებას იძლევა, თუმცა ეს აბუნდოვანებს ეფექტს გრძელ პერიოდზე.

სხვა ფიზიოლოგიური არხები განხორციელებული ადამიანი კომპიუტერის შესწავლის პროცესში

ზემოაღნიშნულის გარდა არსებობს კიდევ მრავალი ფიზიოლოგიური მეთოდი, ადამიან კომპიუტერის ურთიერთობის ანალიზისთვის. ამ მეთოდების ნაწილის მიზანია გამოთვალოს უშუალო მენტალური ძალისხმევა , როდესაც სხვა მეთოდები ემოციური ასპექტების იდენტიფიცირებას ახდენენ ადამიან-კომპიუტერის ურთიერთობაში.ემოციები შეიძლება წარმოადგინო მენტალური ძალისხმევისგან დამოუკიდებელად სხვა განზომილებად, მიუხედავად ამისა, ემოციების მნიშვნელობა შეიძლება საკმაოდ მაღალი იყოს ადამიან-კომპიუტერის ურთიერთობაში.

კანის ელექტრო მახასიათებლის ცვლილებება (ე.წ. ელექტროდერმული აქტიურობა - EDA) შეიძლება გამოწვეული სხვადასხვა ფიზიკური და ემოციური სტიმულით. ჩვენს პრაქტიკაში, პარამეტრები აღებულია კანის გამტარობის (SC) საპასუხო რეაქციიდან, განსაკუთრებით ალტერნატიული გამტარობის საპასუხო რეაქციის კომპონენტი გამოიყენება.

მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს სხვა ტექნიკა გონებრივი ძალისხმევისა და ემოციების გასაზომად, ისინი უფრო რთულია შესაფასებლად და მეტად შემაწუხებელია ექსპერიმენტის თითოეული მონაწილისთვის (მაგალითად, ელექტროენცეფალოგრაფი შემდგეგში- EEG), სხვა მეთოდები საერთო ჯამში იძლევიან საშუალო მაჩვენებელს ,

თუმცა საჭიროა შედარებით ხანგრძლივი დრო, რამდენიმე წუთიდან საათამდე (მაგალითად, ვიზუალური კრიტიკული ციმციმას სიხშირე და პრაქტიკული კვლევები - ქიმიური საზომების მიხედვით)

EEG მოითხოვს ელექტროდების დახვეწილ/გამოცდილ კომპლექტს, მონაწილეებისვის ეს საკმაოდ შემაწუხებელია. გარდა ამისა, ესმრუდი რომელიც ამ მეთოდის შედეგად მიიღება ბევრად უფრო რთული აღსაქმელია. მონაცემებიდან უნდა გაიფილტროს სხვადასხვაეფექტი, როგორცაა თვალის ხამხამი, მრავალი სხვა. ბუნებრივია, EEG შესაძლებელია შეისწავლოთ გონებრივი ძალისხმევის მრავალი სხვა ასპექტივიდრე ECG მეთოდით, თუმცა, თუკი ჩვენი მიზანია მხოლოდ ერთი კონკრეტული მენტალური ძალისხმევა, სიმარტივიდან გამომდინარე უპირატესობა ECG მეთოდს ენიჭება.

გამოყენებადი EEG მეთოდი შეიძლება გახდეს პოტენციური მიმართულება ECG მეთოდოლოგიის შემდგომი განვითარებისა: მოვახდინოთ არა მხოლოდ გონებრივი ძალისხმევის იდენტიფიცირება, არამედ მოვახდინოთ უფრო რთული გონებრივი და ემოციური მდგომარეობის ნიმუშების იდენტიფიცირება (კომპლექსური მეთოდოლოგიური ანალიზის გამოყენებით, კომპლექსური მრუდები, მოვახდინოთ აქტიური ტვინის რეგიონების ლოკალიზება Electromyography (EMG) ზომავს კუნთების აქტიურობას, ზედაპირზე ძაბვის გაზომვით, როდესაც კუნთები დაკავებულია. იზომეტრულ(სამგანზომილებიანი სივრცეში ორგანზომილებიანი გამოსახულების შემნა) პირობებში (უმოდრაობა), EMG მჭიდროდაა დაკავშირებული კუნთების დამაბულობასთან. როდესაც გამოიყენება ყბის კუნთთან, EMG პრაქტიკულად უზრუნველყოფს ძალიან კარგი მაჩვენებელს. სახის კუნთებისთვის, EMG უკვე საკმაოდ წარმატებით გამოიყენება დადებითი და უარყოფითი ემოციების განსასხვაველად. თუმცა EMG მეთოდის ეფექტურობა გაცილებით დაბალია წარბის რეგიონში, ხოლო ნიკაპის არეში კი უფრო მაღალი, როდესაც ემოციები რბილად დადებითია.

მცირე ზომის(ელექტროდებს შორის მანძილი მხოლოდ 5 მმ) და სხვადასხვა მიმიკური კუნთების სიახლოვის გამო, ელექტროდების განლაგება უნდა მოხდეს

ძალიან ფრთხილად .გარდა ამისა, მონაწილეებისთვის მეტად უსიამოვნოა ელექტროდებს სახეზე ან თავზე შეგრძნება, ვიდრე SC ელექტროდების თითებზე შეგრძნება , როდესაც ხდება კანის გამტარიანობის (SC) გაზომვა. ამდენად, SC გამოიყენება, როგორც მარტივი და მოხერხებული მეთოდი ემოციური რეაქციის იდენტიფიცირებისათვის, EMG მეთოდისაგან განსხვავებით, რომელსაც არ გააჩნია შესაძლებლობება გამიჯნოს დადებითი და უარყოფითი ემოციები.

გონებრივი ძალისხმევის გაზომვა ვიზუალური კრიტიკული ციმციმას სიხშირით(CFF), და ბიოქიმიური გზით (მაგალითად,ნერწყვში კორტიზოლის დონე) ასევე, მრავალგზის გამოყენებულ იქნა თუმცა საერთო ჯამში საშუალო მაჩვენებელი შედარებით ხანგრძლივი დროს მოითხოვდა რამდენიმე წუთიდან საათამდე. ეს კი არ წარმოადგენს ამ ნაშრომის სამიზნე მეთოდოლოგიას.

ჩვენი მეთოდოლოგიის პერსპექტიული მიმართულება -თვალის დევნება(Eye-tracking):

(1) საიმედოდ შეძლოს ინტერფეისის ელემენტების ლოკალიზება , რომელიც იწვევს მაღალი გონებრივი ძალისხმევას და ემოციურ რეაქციებს , (2) შეძლებს ღრმა ანალიზს, ნერვული სისტემის ძირითადი პარამეტრებიდან გამომდინარე.

Pupillometry (ზომავს თვალის კაკალში შავი ცენტრალური ნაწილის დიამეტრს)მეთოდის განხორციელება ხშირად ხდება eye-tracker აღჭურვილობის გამოყენებით. წარმოადგენს ანარეკლს, როგორც გონებრივი ძალისხმევის ასევე ემოციებს შესახებ .ეს მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვა ფიზიოლოგიური არხებით მიღებული შედეგის გადასამოწმებლად .

განხორციელებული მეთოდოლოგიები:

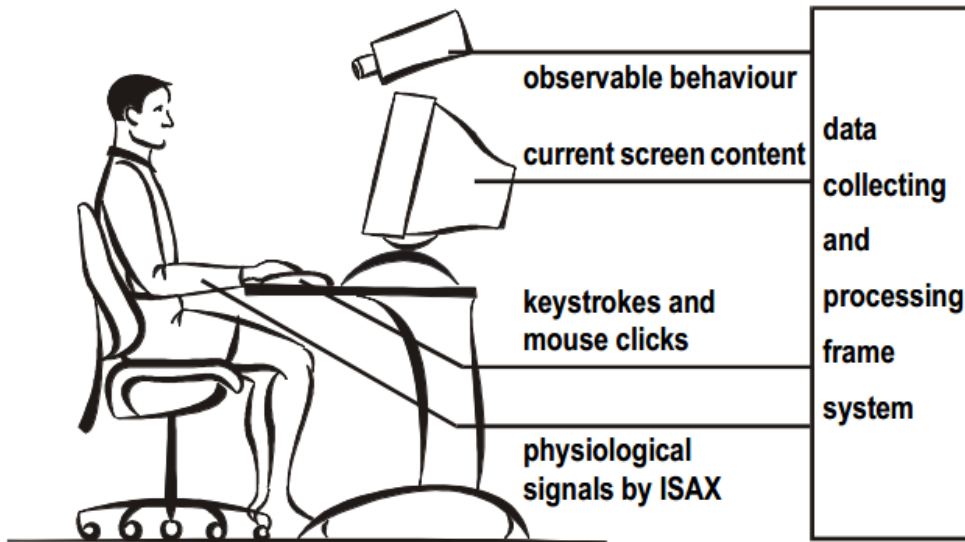
„ინტერფეის“ მეთოდოლოგია

ამ მიზნის მისაღწევად შემუშავებულ ერთ-ერთ საშუალებას წარმოადგენს კომპლექსური მეთოდოლოგია რომელსაც ეწოდება - INTERFACE((Integrated Evaluation and Research Facilitiesfor Assessing Computer-users' Efficiency), ინტეგრირებული შეფასებისა და კვლევის მოწყობილობა რომელიც ახდენს კომპიუტერის - მომხმარებლის ეფექტიანობის

შესწავლას) და წარმოდგენილი ექსპერიმენტები , მომდინარეობს მულტიმედიური შესწავლის სისტემის ხარისხის შესასწავლად. ამიტომ პროგრამული უზრუნველყოფის შემქმნელებისთვის მეტად მნიშველოვანი იყო , რომ მათ ჰქონოდათ ძირეული წარმოდგენა ადამინი - კომპიუტერის ურთიერთობაზე, და პროექტის შექმნის შემდეგ გაგრძელდა სამეცნიერო ანალიზი ადამინი - კომპიუტერის ურთიერთობაზე, და პროგრამა INTERFACE კიდევ უფრო განვითარდა. ეს პირველი შემთხვევაა როდესაც ხდება INTERFACE -ის ახალი მარკირება, ექსპორტი, და სტატისტიკური თვისებები გაუმჯობესება ერთდროულად. გულისცემის ცვალებადობის რაოდენობრივი ანალიზის მრუდის შექმნა, უკეთეს მეთოდს წარმოადგენს ვიდრე ადრეული სტატისტიკები და ხარისხობრივი მეთოდები.

ფიგურა 2-ზე ჩანს კონცეპტუალური ინტერფეისის (კომპიუტერის მომხმარებლების ეფექტურობის ინტეგრირებული შეფასება) სამუშაო გარემო . მეთოდოლოგიის უპირატესობა მდგომარეობს მის შესაძლებლობაში ჩაწეროს უწყვეტად მომხმარებლის მიმდინარე გონებრივი ძალისხმევის მონაცემები, რომელიც მიიღება გულისცემის ცვალებადობის (HPV), სინქრონიზაციით ადამიანი-კომპიუტერული ურთიერთქმედების სხვა მახასიათებლებთან, როგორცაა ეკრანზე ნაჩვენები , ჩანაწერი მაუსისა და კლავიატურის ყველა გამოყენებისა. ამ გზით, შეიძლება მიღებულ იქნას დეტალური სურათი, რითაც შესაძლებელი გახდება ადამიანი-კომპიუტერული ურთიერთქმედების

ფსიქოლოგიური მექანიზმების უკეთ და უფრო ღრმად გაგება

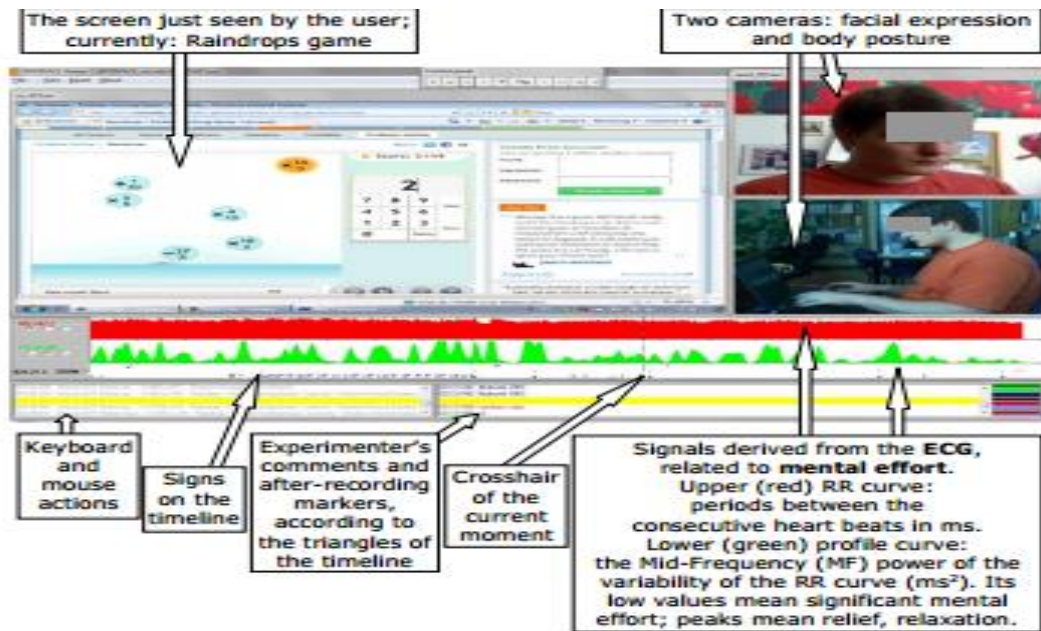


ინტერფეისი ერთდროულად არკვევს შემდეგს:

- მომხმარებელთა დაკვირვებად ქმედებებსა და ქცევებს
 1. კლავიატურასა და მაუსზე ზემოქმედებას;
 2. ვიდეო ჩანაწერი ეკრანზე მიმდინარე შინაარსის შესახებ;
 3. ვიდეო ჩანაწერები მომხმარებელთა ქცევის: (1) სახის გამოხატვის, (2) პოზა და ჟესტები შესახებ.
- ფსიქოფიზიოლოგიური პარამეტრები
 1. გულის ცემის ცვალებადობის ძალის სპექტრი, განიხილება, როგორც ობიექტური საზომი მიმდინარე გონებრივი ძალისხმევებისა - ამ საზომების გამოყენებას წარმატებით ვახდენთ 15 წელზე მეტია.
 2. ზოგიერთ შემთხვევაში, ეს სისტემა დაკომპლექტებულია სხვა ფიზიოლოგიური არხებითაც, როგორცაა კანის გამტარიანობა. გარდა ამისა, შემოწმებადი ელემენტების ქცევის, გამოყენებული კომპლექსური მეთოდი ასევე მოიცავს ტრადიციულ ინტერვიუებს, შეაფასოს გონებრივი მოდელები, სუბიექტური გრძნობები დამომხმარებელთა შთაბეჭდილებები ამოცანა სირთულის და დადლილობის შესახებ.

3. ამ სხვადასხვა მონაცემების ერთდროულად ჩაწერა მოითხოვს უფრო მეტ ტექნიკური რესურსს ვიდრე სხვა ემპირიული მეთოდები პიროვნებაზე დაკვირვებებისა და მარტივი ვიდეოს ჩაწერაზე დაყრდნობით. თუმცა, მრავალჯერადი არხების სინქრონიზაციის საშუალებით, მკვლევარები ზუსტად ახდენენ იდენტიფიცირებას და აძლევენ შესაბამის ინტერპრეტაციას გულისცემის ცვალებადობას.

INTERFACE პროგრამული უზრუნველყოფა:



ინტერფეისი Viewer(საჩვენებელ) ეკრანზე ნაჩვენებია რიგი ექსპერიმენტები. როგორც ჩანს, მომხმარებელი შერჩეულ მომენტში სერიოზულ გონებრივ ძალისხმევას იყენებს - რომელიც გამოიხატება სახის გამომეტყველებითა და პოზით (მრუდზე ნაჩვენებია 24 წუთის განმავლობაში ჩაწერილი მონაცემები).

INTERFACE ყველაზე მნიშვნელოვანი უპირატესობა გამოიხატება იმაში , რომ პროგრამული უზრუნველყოფას აქვს უნარი მოახდინოს სხვადასხვა მონაცემების არხების სინქრონიზაცია ერთდროულად. სურათი 3 გვიჩვენებს ინტერფეისი ეკრანზე მიმდინარე რიგი ექსპერიმენტების ერთობლიობას. ეს მაჩვენებელი ასევე წარმოადგენს ტიპიური

ნიმუშს გონებრივი ძალისხმევის შემოწმებად კომპონენტებს როგორც HRV მრუდით, ასევე ვიდეო გამოსახულებით.

I თითოეულისესიისგანრიგი

I.1. მონაწილეები

საშუალო სკოლის 24 მოსწავლემ მიიღო მონაწილეობა. ჩაუტარდათ საგნებთან შესაბამისი გაკვეთილები, მულტიმედიურ მეთოდის გამოყენებით. მათ ეცნობათ, რომ გარკვეული მონაცემები მათ შესახებ ჩაიწერებოდა და სთხოვეს ელექტროკარდიოგრამის მეშვეობით ელექტროდების გაშვება კისერში, რათა მომხდარიყო მათი გულიცემის ცვალებადობის ჩაწერა, INTERFACE –ის მონეცემების შემგროვებელი მოდულით

მონაწილეებიდან 21-ის ასაკი 14 -16 წლებს შორის მერყეობდა. ცამეტი მათგანი სწავლობდა ეკონომიკის სკოლაში, 8 მათგანი კი ტექნიკურში. 14 იყო გოგო, ხოლო 7 ბიჭი. ასაკისა და სკოლის ტიპის არჩევა მოხდა, ტექნიკური ასპექტების მიუხედავად. ექსპერიმენტი მორგებულ იქნა ინფორმაციული ტექნოლოგიების საგნისთვის -რომელიც საკმაოდ რთულ საგანს წარმოადგენს ამ ასაკის ბავშვებში, სკოლის ტიპის მიუხედავად.

I.2. სესიების დაგეგმვა

თითოეულ სესიას ჰქონდა შემდეგი განრიგი:

1. მონაცემთა შეგროვება, კონკრეტული მომხმარებლის შესახებ, (a) დემოგრაფიული მონაცემებით კითვარების შევსება, კომპიუტერთან და ინტერნეტთან ურთიერთობის გამოცდილება.

(b) მეიერ -ბრიჯის ტიპის იდენტიფიკატორი (MBTI) რათა გამოვლენილიყო მონაწილის შემეცნებითი სტილი (cognitive style), სპეციალურად ამ ექსპერიმენტისთვის ფსიქოლოგებმა შეიმუშავეს ამ ტესტის მორგებული ვერსია.

2. 2-3-წუთიანი შესვენება, რომელსაც მოჰყვებოდა 2-3 წუთიანი გონებრივი დატვირთვა, კალიბრაციის მრუდის მისაღებად, რომელიც დამოკიდებულია გულის ცემის

ცვალებადობაზე

3. კონკრეტულ -მოცემულ მასალაზე თავისუფალი დათვალიერება რათა გაცნობოდნენ ჩვენს სტილსა და CD კონტროლებს.

4. უშუალო შესწავლის დავალება: მოსწავლეებს უნდა მოეძიებინათ და ესწავლათ ორი პარატა თავი 10 წუთში , რომელსაც მოჰყვებოდა 2 წუთიანი ცოდნის შეძენის ტესტი. სესიის ამ ნაწილის მიზანი იყო , რომ მოსწავლეებს გამოეყენებინათ მასალა სტანდარტულად.

5. ძიების დავალება: ეპოვნათ მოკლე პასუხები 11 შეკითხვისთვის(20-25 წუთის განმავლობაში). ეს წარმოადგენდა სესიის ყველაზე მნიშვნელოვან ნაწილს . კითხვების მიმდევრობას მომხმარებელი მოჰყავდა სიტუაციებამდე , სხვადასხვა შესაძლო გამოყენებით პრობლემებით.(usability problems)

6.ინტერვიუ Playback-ის საშუალებით (5 min).

ეს მეთოდი გვეხმარება , რათა დავადგინოთ, რა ტიპის პრობლემებია მეტად/ნაკლებად მნიშვნელოვანი მომხმარებლისთვის. გარდა ამისა, მეორეს მხრივ, მონაცემები 68 დამოუკიდებელი ცვლადის და კიდევ ათობით ცვლადები გამოიყენება როგორც დამოუკიდებელი ცვლადი (მაგ მომხმარებლის ქცევითი მახასიათებლები) მიღებული შემდეგი ნაბიჯები, დაგვეხმარა მივიღოთ ღრმა ანალიზი ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთობის ინდივიდუალური განსხვავებები.დამოუკიდებელი ცვლადების დიდ რაოდენობა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ , პრობლემის ხარისხი და მათი შეფასების სიმძიმე ზოგადად როგორაა ეს ყველაფერი დამოკიდებული მომხმარებლის ტიპსა და მახასიათებლებზე.

ექსპერიმენტის თითოეული სესიას შემდეგნაირი განრიგი აქვს:

ყოველი სესიის დასაწყისშია სტანდარტიზაციის ფაზა:

1.უპირველეს ყოვლისა მონაწილეებს ვთხოვეთ , რომ მოშვებულიყვნენ დაახლოებით ორი წუთი.

მოდუნების ინსტრუქცია კი ყველა შემთხვევაში ერთი და იგივე იყო :

- დამჯდარიყვნენ კომფორტულ პოზაში, ნებისმიერი მოძრაობის გარეშე.
- თვალები ჰქონოდათ გახელილი.
- ეცადათ , რომ არ ეფიქრათ არაფერზე(არ ეფიქრათ რაიმე კონკრეტულზე მინც).

ექსპერიმენტის მიზანი არა არის, ცუდი ან კარგი შედეგის დადება. ჩვენი მიზანია ვიპოვოთ განსხვავება მიმდონარე და შემდგომ შედეგებს შორის .

2.დასვენებას მოჰყვა ორი წუთი ხელოვნურად გამოწვეული მაღალი გონებრივი ძალისხმევა :მენტალური არითმეტიკა(mental arithmetics). თუმცა, ინსტრუქციის შემდეგ არის ლოდინის პერიოდი (20 წამი) ვაიძულეთ მონაწილე დაელოდოს მომდევნო ამოცანას, რომელიც გონებრივი ძალისხმევას მოითხოვს . ორივეს მოლოდინის პერიოდს და აგრეთვე არითმეტიკული ამოცანას აკონტროლებს PowerPoint slide show. წინასწარი მენტალური არითმეტიკული პერიოდები ასევე ყოველთვის შესაბამისია:

- არანაირი მოძრაობა
- არანაირი საუბარი , არც დათვლა , პირის არანაირი მოძრაობა, უხმოც კი .
- მას შემდეგ, რაც მონაწილეებს მოეცათ საწყისი ნომერი slide show-ზე (ამ შემთხვევაში: 11558), მონაწილეებს მაშინვე უნდა დაეთვალიათ უკან 7-ით (ეს მართლაც რთულია და მოითხოვს მაღალი დონის გონებრივი ძალისხმევა).
- ორი წუთის შემდეგ, slide-Show-ს მიერ მოხდა მოთხოვა რომ დაესახელებინათ დათვლის შედეგი, თუმცა ფაქტობრივი შედეგი ნამდვილად არ იყო მნიშვნელოვანი, ერთადერთი მიზანი იყო ხელოვნურად წარმოექმნათ მენტალური ძალისხმევა.

ექსპერიმენტის მნიშვნელოვანი ელემენტია , რომ ფსიქიკური არითმეტიკული პერიოდის მოწყვა შესვენების პერიოდი: მონაწილეები , მას შემდეგ, რაც პასუხობდნენ ამოცანის დავალებას , 10-20 წამის განმავლობაში ისვენებდნენ .(ახალი მითითებების გარეშე , მხოლოდ გარკვეული დამადასტურებელი ღიმილით).

II თამაში-კომპიუტერული თამაში (YETISPORTS)

ეს თამაში მისი ურთიერთობის სიმარტივიდან გამომდინარე შეირჩა, მოთამაშე იყენებს მხოლოდ მაუსს და აწკაპებს საჭირო დროს, თამაშის მიზანია რომ ბურთულა ავიტანოთ ყველაზე მაღლა და ამისათვის უნდა შევარჩიოთ საუკეთესო დრო მაუსის გამოსაყენებლად, რათა ბურთულა დაბლა არ ჩავარდეს

მიუხედავად იმისა რომ თამაში საკმაოდ მარტივი ჩანს, დამწყებთათვის საკმაოდ რთულია. ნახტომების გაკეთება არაა ადვილი და მოითხოვს ზუსტი დროის შერჩევას. იმედგაცრუების თავიდან ასაცილებლად ყოველმა მონაწილემ პირველივე ჯერზე მოახერხა მინიმუმ ოთხი წარმატებული ნახტომის გაკეთება

III არითმეტიკული ამოცანის-„წვიმისწვეთი“სთამაში

თამაში წარმოადგენს არითმეტიკულ ტესტს , სადაც მონაწილენ უნდა ამოხსნას მცირე ზომის განტოლებები, მაგ: 4+9 ან 18/3, მოცემულ დროში, თითოეული განტოლება ჩნდება ეკრანის ზედა კუთხიდან და მოიწევს ქვემოთ, და უნდა მაოხსნას სანამ ძირს მიაღწევს, განტოლებები თანდათან რთულდება და უფრო ხშირდება.

გულისცემის ცვალებადობის ანალიზი, სტატისტიკური ანალიზი.

მონაცემთა დამუშავება და შეგროვება , ასევე ძალის სპექტრის ანალიზი ჩატარდა ISAX პროგრამული უზრუნველყოფით, სპექტრული მრუდი შეიცავს შემდეგ პარამეტრებს:

- სიხშირე- 0.07-0.15 Hz.
- Windowing-ის ზომა : 32 sec.
- windowing -ის გადაადგილების ბიჯი: 1 წამი.

სტატისტიკური ანალიზი ჩატარდა IBM SPSS -ის გამოყენებით.

შედეგები

გონებრივი ძალისხმევის მნიშვნელობებს შორის სხვაობას ხვადასხვა დავალებების შესრულებისას მრუდ 4-ზე ნაჩვენებია 6 სესიის შედეგები.

მეოთხე სურათზე (წითლად) ნაჩვენებია RR მნიშვნელობები, ქვედა სურათზე(მწანედ) გულისცემის ცვალებადობის სიხშირე .

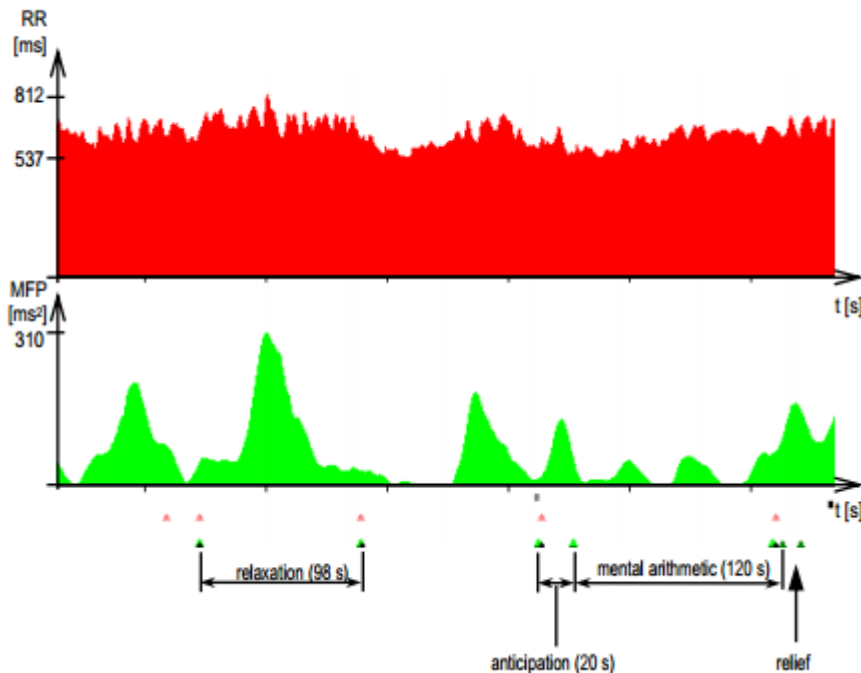
დასვენების პერიოდში სიხშირე იზრდება, ასე რომ მრუდიც მაღლა ადის (ხოლო RR ჩვეულებრივ წამოდგება ზიგზაგებით). “სრულყოფილი“ დასვენების შემთხვევაში, პროფილის ხაზი უწყვეტად მაღლა მიიწევს, მიუხედავად იმისა, რომ ეს არაა მოსალოდნელი ექსპერიმენტის სიტუაციაში: მონაწილეები არ მიეთითათ თუ როგორ უნდა გამოეყენებინათ რელაქსაციის ტექნიკა.

მენტალური ამოცანის კეთების პროცესში , RR მრუდი ხდება უფრო გლუვი ასევე მცირდება სიხშირის მრუდიც, სურათსი ადვილი დასანახია რომ მრუდი ამ პერიოდში საკმაოდ დაბლა იწევს სხვა პერიოდებთან შედარებით.

დავალების შედეგ მონაწილეები ისვენებენ .

მეოთხე სურათზე ჩანს, რომ მონაწილეებს კარგად ისვენებენ(მრუდი აღწევს პიკს დასვენების შუა პერიოდში), თუმცა ექსპერიმენტის მიმდინარეობის პროცესში მონაწილეების უმრავლესობა ვერ ისვენებს კარგად: ისინი დამაბულები არიან და დასვენებასაც კი გარკვეული სახის დავალებად აღიქვამენ .მენტალური არითმეტიკის დავალების დროს მრუდი როგორც სავარაუდო იყო ასეთი, რომ ეს მაჩვენებელი შეგვიძლია ავიღოთ საბაზისო მაჩვენებლად. გარდა ამისა, ხშირ შემთხვევაში, აღნიშნულ მოკლე პერიოდებში დავალებებს შორის , მონაწილეები უფრო მოდუნებულები იყვნენ ვიდრე შეგნებულნი, გამიზნული დასვენებისას : RR და სიხშირე აქ აღწევენ მაქსიმუმს(ამ

მოვლენას ეწოდება „ასხლეტის“ ფენომენი). ასე, რომ მომზადების პერიოდი უფრო მეტად დამასვენებელია მონაწილისთვის ვიდრე ოფიციალური დასვენების.



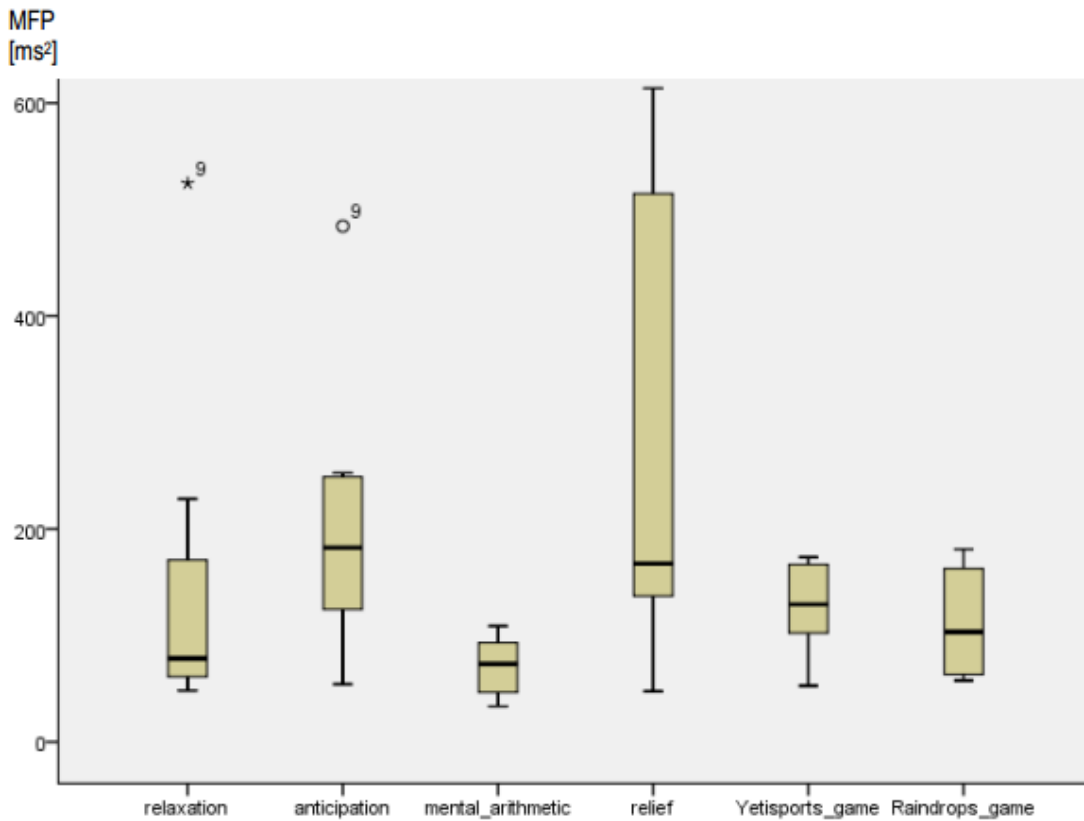
ნახ.4

ნახ.4 დასვენების და მენტალური არითმეტიკის პერიოდების მეექვსე მონაწილის ტიპიური ნიმუში, ზედა სურათი წარმოგიდგენს RR პერიოდებს, ხოლო ქვედა სურათი კი გულიცემის ცვალებადობის სიხშირეს (Mid-frequency-ის).

მეხუთე სურათი ახდენს სიხშირის ცვალებადობის შედარებას თამაშის და შეფასების ფაზაში (calibration). ათი სესიის შედეგების შესწავლის შედეგად დასვენების პერიოდში მრუდები უფრო მაღალ ზღვარს აღწევენ, უფრო მეტი მონაწილის შემთხვევაში კი სავრააუდლოა ეს შედეგი კიდევ უფრო გაიზარდოს.

როგორც მეხუთე სურათში ჩანს ერთი თამაში უფრო ადვილია ვიდრე მეორე ხოლო მესამე ყველაზე რთულია, მიუხედავად ამისა მათ შორის სხვაობის პოვნა სტატისტიკურად მაინც

რთულია შედარებისას დადგინდა რომ სხვაობა შეადგენს sig. 0.069>0.05

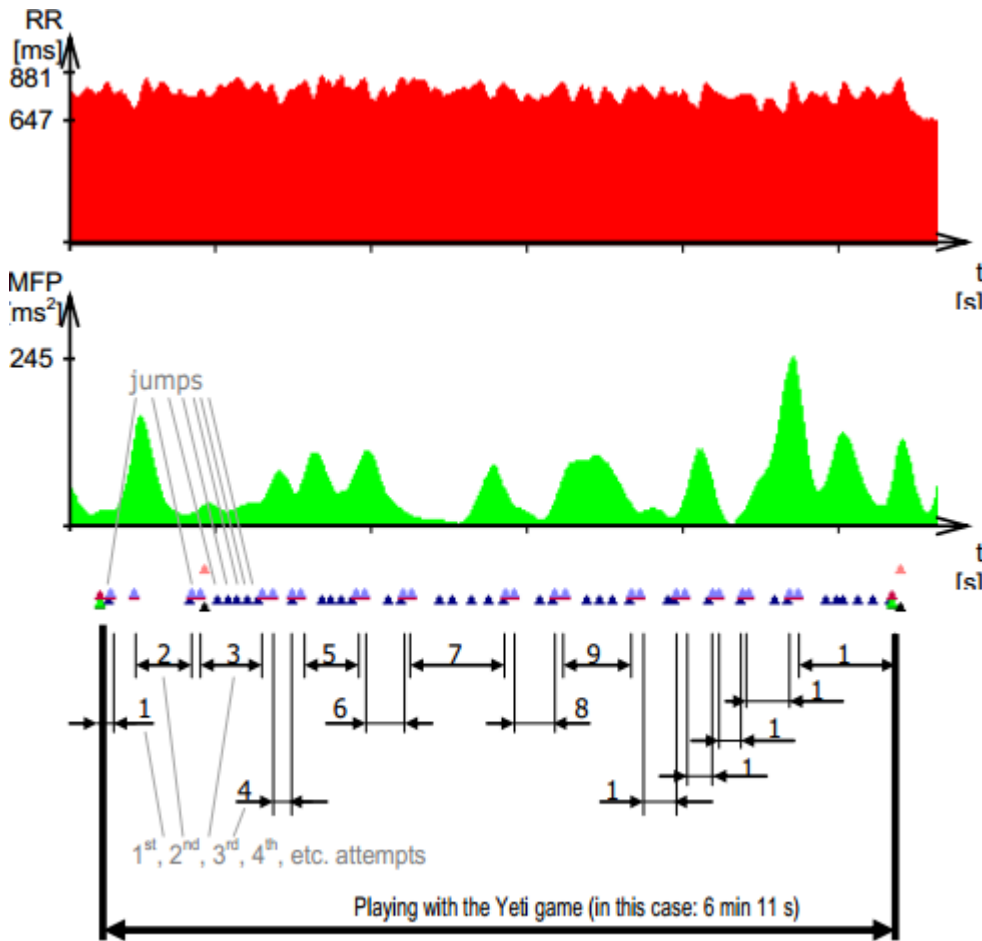


ნახ.5

გულისცემის ცვალებადობის სიხშირის ცვალებადობა სხვადასხვა დავალების შესრულების პერიოდში.

ექსპერიმენტების მნიშვნელოვანი შედეგები: ცვლილებების დამტკიცება მოკლე პერიოდებში , როგორც აღინიშნა YETISPORTS თამაში საკმაოდ რთულია. 5-15 წუთის განმავლობაში თითოეულ მოთამაშეს ჰქონდა 11-35 ცდამდე, რაც იმას ნიშნავს რომ ცდების უმრავლესობა ძალიან მოკლე იყო , და მხოლოდ ერთ ნახტომს შეადგენდა(რათქმაუნდა წარუმატებელ ნახტომებს) , იშვიათ შემთხვევაში შეადგენდა 5-10 ნახტომს, ცდის საშუალო სიგრძე

შეადგენდა 16.4 წამს(მინ.4.5 ხოლო მაქსიმუმი კი 79.4 სტანდარტული გადახრა 11.0)

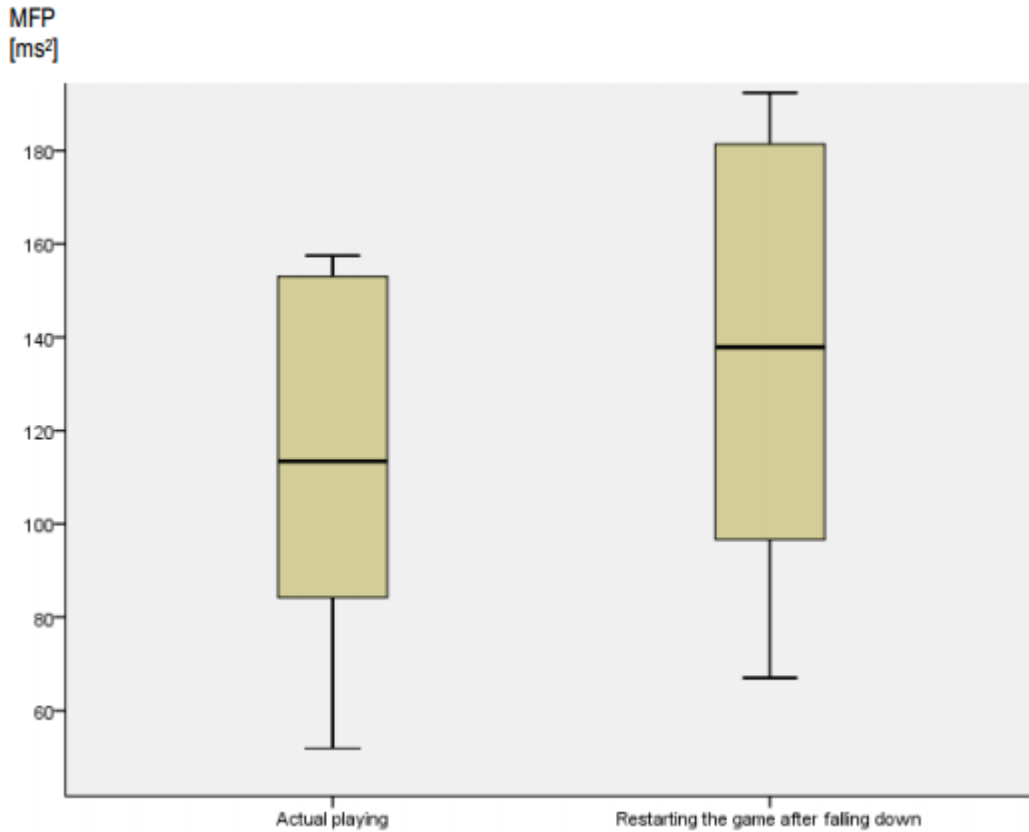


ნახ.6

YetiSports თამაშის შედეგები 10 მონაწილის შემთხვევაში ზედა სურათზე ნაჩვენებია RR მაჩვენებელი , ხოლო ქვემოთ კი გულისცემის ცვალებადობის სიხშირე, ამ კონკრეტულ შემთხვევაში მონაწილეს სცადა 14 ჯერ, ზოგიერთი ცდა წარუმატებელი იყო , ხოლო ზოგი უფრო წარმატებული , ორ ცდას შორის პერიოდი მეტად მოკლეა(4,7 წამი საშუალოდ) როგორც ჩანს, ამ პერიოდში (5 ჯერ დაჭერით თითოეულ უარყოფითი შედეგის შემდეგ, შემდეგ, თამაშის თავიდან დასაწყებად), როგორც წესი, არ ჩანს გონებრივი ძალისხმევა: მათი უმეტესობა მოჰყვება მრუდის პიკებს.

უკვე ითქვა რომ თითოეული ჩამოვარდნის შემდეგ საჭიროა 5 დაკლიკება თამაშის თავიდან დასაწყებად, ეს მეტად მარტივია , მაუსზე 5 მიმდევრობითი დაწკაპუნება, ასე

რომ ორ ცდას შორის პერიოდი მეტად მოკლეა. შესვენება საშუალოდ გრძელდება 6.2 წამს . ცვალებადობის მსგავსი ნიმუში აგრეთვე ნაჩვენებია სურათი 6-ზე.HRV სიხშირის ცვალებადობა მეტად მნიშვნელოვანია , მიუხედავად დროის მცირე მონაკვეთებისა.



ნახ.7

გონებრივი ძალისხმევა, რომელიც საჭირო Yetisports თამაშის მცდელობისას და უფრო მარტივი შესვენების დროს(უბრალოდდაწკაპვით 5-ჯერ რათა ყოველი წაგების შემდეგ გადატვირთოთთამაში) არსებული გონებრივი ძალისხმევის შედარება . იძლევა საშუალო სიხშირის მნიშვნელოვანიგანსხვავებას (sig. 0.006) გულის ცემის ცვალებადობის მაჩვენებლებს შორის .

გამოთვლილი მნიშვნელობების შედარება „უშუალოდ თამაშის“ დროს და „შესვენების დროს“ ნაჩვენებია ზემოთ მოცემულ სურათზე , პერიოდები შედმგენაირი იყო განსაზღვრული :

„უშუალოდ თამაშის დრო“=ბოლო დაწკაპებიდან, როდესაც გამოჩნდა ბურთულა , ბურთულის ჩამოვარდნამდე.

„შესვენების პერიოდი“ =ბურთის გაუჩინარებიდან , შემდეგ გამოჩემანდე.

დასკვნა

განხილული კვლევებიდან გამომდინარე ადვილი დასანახია რომ , INTERFACE პროგრამას შეუძლია გამოკვეთოს საკმაოდ სუსტი დეტალები ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთობიდან, შესაძლოა შევისწავლოთ დროებითი მოვლენები. გულის ცემის ცვალებადობის ფუნქციური გამოსახვა საშუალებას იძლევა კვლევა მოვახდინოთ მეტად მცირე დროის მონაკვეთებზეც. ამ კვლევებით გამოიკვეთა აგრეთვე სხვადასხვა მონაცემების სინქრონიზაციის საჭიროებაც , რაც გვეხმარება უკეთ დავინახოთ საერთო სურათი,(ისეთი მოძრაობები , როგორცაა გაჭიმვა შეიძლება გაიფილტროს მონაცემებიდან). თუმცა აღსანიშნავია , რომ პიკები კარდიოგრამაზე (RR) არ შეიძლება უბრალოდ-მექანიკურად ინტერპრეტირდეს როგორც მაღალი გონებრივი ძალისხმევა, სხვა შემთხვევებში კი შესაძლებელია გრაფზე პიკები წარმოადგენდეს შესვენების პერიოდს, ან დანებების პერიოდს , ამ პერიოდების განსხვავება ხდება მომხმარებლის აქტივობის ეფექტურობიდან გამომდინარე.

არასაჭირო მოქმედებების გაფილტვრის შემდეგ კი გვჩება გრაფი , სადაც დროის პერიოდები უშუალოდ წარმოადგენენ , გონებრივ ძალისხმევას , რომელიც საჭიროა HCI-სთვის, თუმცა მაღალი გონებრივი აქტივობა არ შეიძლება მხოლოდ პროგრამული უზრუნველყოფის ნაკლად ჩაითვალოს , შესაძლებელია ეს მაჩვენებელი მომხმარებლის არასაკმარისი გაცნობიერებულობის შედეგიც იყოს .ინტერპრეტაცია როგორც თავში

აღინიშნა, დაყრდნობილი უნდა იყოს HCI-ს მთავარ კომპონენტებზე, მაუსისა და კლავიატურის გამოყენების ჩანაწერებს.

ამ კვლევებიდან აგრეთვე გამოიკვეთა , ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთობის სხვა საინტერესი ფაქტორების შესწავლის შესალებლობაც. ბევრი სხვადასხვა არხის ჩართვა შესაძლებელს გახდის ამ პროცესს. თუკი სხვადასხვა არხები მიუთითებენ ერთიდა იგივე ატრიბუტს(თუკი HRV მრუდი გამოხატავს HRV სიხშირის შემცირებასა/გაზრდას , ვიდრე აჩვენებს პოზასა და სახის გამომეტყველებას) მაშინ მათი ნაზავი დაგვეხმარება ამ მდგომარეობიდან ინტერპრეტაციაში.

საბოლოო ჯამში ზემოთმოცემულ ნაშრომში გავეცანით HCI ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს - გონებრივ ძალისხმევას , და გონებრივი ძალისხმევის ცვლილებების აღმოსაჩენად და შესაფასებლად , HRV გულისცემის ცვალებადობის სპექტრალური სიხშირის მეთოდის გამოყენება. აგრეთვე გავეცანით პროგრამულ უზრუნველყოფებს ,(INTERFACE,ISAX), რომელთა საშუალებითაც ხდება HRV ანალიზი სხვადასხვა მეთოდით . ამ პროგრამული უზრუნველყოფების საშუალებით შესაძლებელია ჩატარდეს ექსპერიმენტები ახალი პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის დასადგენად, აგრეთვე , მომხმარებელთა კლასიფიკაცია, მათ მიერ გამოყენებული გონებრივი ძალისხმევის მიხედვით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. გულისცემი ცვალებადობის მონიტორინგი ადამინი -კომპიუტერის ურთიერთქმედებისას.
Heart Rate Variability Monitoring during Human-Computer Interaction(Károly Hercegi , Department of Ergonomics and Psychology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary).
2. გულისცემის ცვალებადობის ანალიზის სისტემა . **Heart Rate Variability Analysis System**(Clinical Information version 3.0)
3. მოვლენასთან დაკავშირებული შეფასება მასალები HRV დაფუძნებული მეთოდით, განსხვავებები მომხმარებლებისათვის.
Event-Related Assessment of Hypermedia Based E-Learning Materials With an HRV Based Method That Considers Individual Differences in Users(Károly Hercegi , Department of Ergonomics and Psychology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary).
4. Web-გვერდი გულის ცემის ცვალებადობაზე.
Web Site on Heart Rate Variability: HRV-Site(School of Computer Science. University of Vigo, Ourense, Spain).